

附件

中华人民共和国行业标准

公路桥涵施工技术规范

JTJ 041—2000

条文说明

1 总 则

1.0.2 条文中改建的含义包括了扩建。桥涵工程的扩建与厂矿的扩建不一样，后者在扩建时，原有的设施基本上可以照常生产，而前者在扩建（例如桥面加宽、载重加大）时原桥结构常不能维持通车，故扩建可包含在改建内。大、中修是指各省市利用养路费改造原有桥涵的项目。

1.0.3 关于桥涵施工的工程质量监督和监理，应按照交通部的有关规定及规范办理。关于桥涵施工中建设单位、设计单位、施工单位、监理单位的关系问题和施工中需要修改设计的问题，应按照交通部颁布的有关规定办理。

1.0.4 桥涵施工准备工作和技术交底、施工组织、施工管理工作是完成施工任务和工程质量的保证条件，故本条予以强调。有关技术操作规程，包括交通部标准，如水泥混凝土、石料、金属等材料的试验规程，以及各省（区）、市等自行编制的施工工艺规程等。

1.0.5 为了加速实现公路桥涵施工现代化，推广使用新技术、新工艺、新材料、新设备是非常必要的。但在推广使用上述“四新”时，必须采取既积极又稳妥的方针，一般应先做试验，以防止发生质量、安全事故，特别是大型桥梁更应慎重。

1.0.6 桥涵施工节约用地、少占农田，主要是指在施工时生产和施工人员生活的临时用地。这类临时用地，在第 1.0.7 条规定桥涵竣工后，应和弃土等及时进行清理，交还原主。桥涵竣工后，虽经过处理，有些土地要恢复原来农产量，已较为困难；或需增加大量农业投入，根据国家土地政策，要求桥涵施工节约用地、少占农田是非常必要的。

环境保护是关系我们民族和子孙后代生存的极为重要的问题，国家对此极为重视，除宪法中对此有专门的条文规定外，还颁发有《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》、《征收排污费暂行办法》、《水土保持工作条例》、《工业“三废”排放试行标准》（CDJ4—3）等法规。根据上述法规，桥涵施工需要注意的环境保护问题是：

1. 开采土、石、砂料,可能导致水土流失的,必须采取水土保持措施;废弃的土、石、砂料和矿渣必须妥善处理,不准倒入江河、水库;工程竣工时,取料场、开挖面等范围内的裸露土地,由施工单位负责采取种植措施和必要的工程措施,保持水土资源。

2. 禁止向一切水域倾倒垃圾、废渣,排放污水必须符合国家标准。工业废水中 pH 值的最高容许排放浓度为 6~9。在钻孔灌注桩施工中所采用的泥浆,为了提高其性能指标,常掺入碳酸钠、硝基腐殖酸钠盐、铬铁木质素黄酸钠盐等化学物质。这些物质超过一定限度,就可能使泥浆的 pH 值大于 6~9 的容许排放范围,因此,施工中应予以注意。

3. 在明挖地基、就地灌注桩基础或沉井基础施工中,常需挖出大量泥渣排入河道;在河中筑岛、筑围堰时,则需填入大量泥土,桥梁竣工后这些泥土如不及时清除,将造成河流堵塞或污染水域。根据上述法规,本规范第 1.0.7 条作了应进行处理的规定。若从钻孔或沉井中取出有可溶性剧毒的渣土,应运至安全场所,并采取防水、防渗措施。严禁就地排入水域中。

1.0.8 文明施工是相对于野蛮施工、混乱施工而言。文明施工的特征是按设计要求及施工技术规范,严密组织施工,并做到施工场地清洁,井然有序,没有随地乱扔的废旧材料、工具,如短钢筋头、元钉、码钉、铁丝、木料、水泥纸袋、扳手、铁锤、钢管、橡皮管等。使用过的机械和多余的材料,在短期内不再使用的应及时归库,不随地乱搁。工人的调度、安排,随着工程需要而定,没有因窝工而到处闲逛或聚坐长时间闲谈的情况。施工中的废水、废渣不随地乱排、乱放。能否做到文明施工是施工单位施工管理水平的体现。

安全生产是我国对职工身体关怀的一贯方针。应当制止那种只顾完成施工任务而不顾职工安全的倾向。安全操作要求,本规范有关章节中,对极易发生安全事故的操作,作了必要的规定。较为详细的可参见交通部颁发的安全操作规程或参考其他部门的安全生产有关规定。

2 术 语

2.0.1 控制测量

建立控制测量网一般可分为平面和高程单独布设,在目前由于建网的手段和技术的发展也可以布设成三维控制网,因此所进行的测量工作各不相同。

2.0.13 贯入度

贯入度的单位按沉桩机具不同而不同,坠锤、单动汽锤在桩尖接近设计标高时着实的打 5 锤取其平均贯入量作为最终贯入度,单位为 mm/击;双动汽锤、柴油锤、振动锤在桩尖接近设计标高时记录最后 100mm 的锤击、振动时间的每分钟平均贯入量作为停打贯入度,单位为 mm/min。

2.0.15 大直径桩

根据目前设计桩径、施工机具、施工方法的实际情况,采用一般施工技术的 2.5m 以下钻孔灌注桩施工已很普通,本规范把直径大于等于 2.5m 的钻孔灌注桩界定为大直径桩。

2.0.32 大体积混凝土

目前我国对大体积混凝土的定义有多种提法, 国标《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204—92) 条文说明第四章混凝土工程第 4.5.3 条中有关内容为:

大体积混凝土在硬化过程中, 产生的水化热不易散发, 施工中如不采取措施, 会由于混凝土内外温差过大而出现裂缝, 因此必须使温差控制在设计要求以内。当设计无要求时, 温差以不超过 25°C 为宜, 是适用于建筑物的基础大体积混凝土 (即最小边尺寸在 $1\sim 3\text{m}$ 范围内)。这一温差值与我国《钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规程》(JGJ3—91) 的要求相一致。即指大体积混凝土为最小边尺寸在 $1\sim 3\text{m}$ 范围内的混凝土。

《普通混凝土配合比设计规程》(JGS55—96) 第 6.5.1 条的描述: “混凝土结构物中实体最小尺寸在 1m 的部位即为大体积混凝土”。

国标《混凝土质量控制标准》(GB50.64—92) 条文说明第 4.6.5 条有关内容为:

关于大体积混凝土的定义, 针对本标准的适用范围是工业与民用建筑用普通混凝土, 大体积混凝土一般指的是最小边尺寸在 1m 以上的结构。

综合以上几种定义, 结合我国的具体情况, 认为这个定义既要能明确大体积混凝土与一般混凝土的区别, 但在实践中又要能容易界定、容易操作。桥涵结构与房建工程有一定的区别, 基础尺寸变化大, 外部环境等因素的影响都比较大, 故其定义应较为宽松。

从施工实践看, 基础结构最小尺寸为 $80\sim 100\text{cm}$ 以上, 混凝土浇筑时, 内外温度差一般大都达到或超过 25°C , 而在此前提下规定一个尺寸范围又比较容易操作。所以可以采用国标《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204—92) 的提法, 即最小边尺寸在 $1\sim 3\text{m}$ 范围内的基础混凝土为大体积混凝土。

2.0.48 箱梁基准块

T 构、连续梁在悬拼预制梁块安装施工时, 墩顶 0 号梁块现浇混凝土强度达到设计要求后, 墩侧 0 号梁块附近首批悬拼的梁块是基准梁块, 基准梁块在预制、安装时精度要求高, 以后接拼的梁块以此梁块为准进行桥轴线及高程控制, 所以基准梁块悬拼就位正确与否对以后的悬臂拼装质量影响很大, 因此箱梁基准梁块的预制及悬拼安装应该重视。

2.0.55 分环 (层) 分段浇筑法

分环 (层) 分段浇筑法, 分段位置应以使拱架受力对称、均匀和变形小为原则, 一般设在拱架受力反弯点、拱架节点、拱顶及拱脚处。各段的接缝面应与拱轴线垂直。

2.0.56 分环多工作面均衡浇筑法

大跨径劲性骨架混凝土拱圈或拱肋受力均衡合理, 不用锚索或水箱调载, 而将拱圈或拱肋的断面分成多环 (层) 多工作面均衡对称浇筑, 以保证先期浇筑混凝土不产生裂缝并与劲性骨架共同承载, 完成拱圈或拱肋的形成过程。

2.0.57 斜拉扣挂分环连接浇筑

大跨径拱桥无支架施工时, 利用劲性拱圈或拱肋浇筑混凝土, 为了浇筑工作连续

进行,根据扣点和扣索的选择和拱圈或拱肋的断面分环(层)分段的浇筑划分,计算出各断面的叠加应力,根据应力值的变化,利用斜拉索的张拉和放松来控制、调整断面应力在允许范围内,以保证劲性拱圈或拱肋的稳定性和施工安全。2.0.61、2.0.62、2.0.63 在施工过程中,对“零件”、“部件”和“构件”有不同的要求,许多情况下不能混淆,文中根据钢结构工程的特点,给出了这3个术语的定义,以使正确理解和操作。

2.0.69 环境温度

由于钢结构的特点,经常对施工环境的温度提出要求,而对环境温度的理解不同,又经常引起争议。因此将“环境温度”加以解释,以便正确操作。

2.0.70 锚碇

锚碇是悬索桥的主要承重构件,主缆两端均锚固于锚碇内,以抵抗来自主缆的巨大拉力并将拉力传递给地基基础。常用的主要有重力式和隧道式。

2.0.72 施工猫道

一般按上、下游分别设置,形状及各部尺寸应能满足悬索桥主缆施工的需要,猫道面层标高到被架设的主缆底面距离沿全长保持一致,一般为1.3~1.5m,猫道净宽一般取3~4m,上、下游猫道间设若干条人行道,以增强抗风稳定性。猫道承重索可用钢丝绳或钢绞线。

猫道面层由抗风面积小的两层大、小方格钢丝网组成。

猫道面层从塔向跨中、锚碇方向铺设,并且上、下游两幅猫道要对称、平衡地进行。铺设过程中设牵引及反拉系统。

中跨、边跨猫道的架设进度,要以塔的两侧水平力差异不超过设计为准。

2.0.73 索鞍

索鞍是专供悬索绕过塔顶的支撑结构,索鞍的上座由肋形的铸钢块件组成,上设有索槽安放悬索。在刚性桥塔中的索鞍,一般还在上座下设一排辊轴,辊轴下设下座板,以把辊轴传来的集中荷载很好地分布在塔柱上。在摆柱式或柔性桥塔中的索鞍,仅设铸钢的上座,并通过螺栓与塔柱固定。

2.0.74 索夹

主缆和吊索的连接一般采用刚性索夹把主缆箍紧,使主缆在受拉时产生收缩变形也不致滑动。索夹的型式,根据主缆的排列常分为六边形和圆形两种型式的钢铸件。

2.0.76 加劲钢箱梁

悬索桥、斜拉桥的主梁可做成钢板梁、钢桁梁和钢箱梁,钢箱梁抗扭刚度大,抗风性能较好,风的阻力系数小,构造简单,易于制造、养护,是目前采用较广的悬索桥、斜拉桥的主梁。

2.0.80 模数式伸缩装置

模数式伸缩装置有如下型式:TS, J—75, SSF, SC, XF 斜向型, COF—MZL 型。公路上采用较多的 GAP—MZL 系列伸缩装置是由专用异形钢材作为主要受力构件,由边梁、中梁、横梁、位移控制系统、密封橡胶带等构件组合而成的系列伸缩装置。其特点是伸缩装置的承重结构和位移控制系统分开,结构上充分考虑了除能满足水平变

位需要外,还能满足桥梁横向、垂直方向和梁端转角产生变形的需要,在公路桥梁的使用上有更大的适用性。

3 施工准备和施工测量

3.1.1 施工单位在编制施工组织设计前,应组织有关人员对设计文件、图纸、资料进行研究和现场核对,必要时进行补充调查。研究设计文件、图纸、资料时,应首先查明是否齐全、清楚,图纸本身及相互之间有无矛盾和错误,如发现图纸和资料欠缺、错误、矛盾等情况,应向建设单位提出,予以补全、更正。较复杂的中桥、大桥和特大桥,可要求建设单位进行设计交底,施工单位可提出修改意见供建设单位考虑。

3.1.3 参考文献《施工组织设计与进度管理》(中国建筑出版社,1995)拟定。

3.1.4 是根据文献《质量振兴纲要》及《质量保证》拟定。

3.2.2 1 三角测量的等级划分是根据文献《工程测量规范》(GB50026—93)制定的。

3.2.2 2 1)三角测量等级(表 3.2.2-1)是根据文献《公路勘测规范》(JTJ061—99)制定的。

三角测量的主要技术要求(表 3.2.2-2)是根据文献《公路勘测规范》(JTJ061—99)及《工程测量规范》(GB50026—93)第 3.1.3 条表 3.1.3 制定的。

水平角方向观测法的技术要求(表 3.2.2-3)是根据文献《公路勘测规范》(JTJ061—99)制定的。

测距的主要技术要求(表 3.2.2-4)、测量精度等级(表 3.2.2-5)是根据文献《公路勘测规范》(JTJ061—99)制定的;表 3.2.2-7 是根据《公路全球定位系统(GPS)测量规范》(JTJ/T066—98)制定的。

3.2.2 2 2) (1)公式(3.2.2-1)是根据文献《公路勘测规范》(JTJ061—99)制定的。

3.2.2 2 2) (2)公式(3.2.2-2)是根据文献《公路勘测规范》(JTJ061—99)制定的。

3.2.2 2 2) (3)公式(3.2.2-3)、公式(3.2.2-4)是根据文献《工程测量规范》(GB50026—93)制定的。

3.2.2 3 桥位测量的精度要求(表 3.2.2-6)是根据文献《公路勘测规范》(JTJ061—99)制定的。

3.2.2 4 公式(3.2.2-5)是根据《公路全球定位系统(GPS)测量规范》(JTJ/T066—98)第 3.1.2 条拟定的。

3.2.2 5 1)水准测量的主要技术要求(表 3.2.2-8)是根据文献《公路勘测规范》(JTJ061—99)及《工程测量规范》(GB50026—93)第 3.2.1 条表 3.2.1 制定的。

3.2.2 5 2) (1)公式(3.2.2-6)是根据文献《工程测量规范》(GB50026—93)第 3.2.8 条公式(3.2.8-1)制定的。

3.2.2 5 2) (2)公式(3.2.2-7)是根据文献《工程测量规范》(GB50026—93)第 3.2.8 条公式(3.2.8.2)制定的。

3.2.2 5 3) 公式 (3.2.2—8) 公式 (3.2.2—9) 公式 (3.2.2—10) 参照原规范第 2.2.15 条公式 (2.2.15—1) 公式 (2.2.15—2) 公式 (2.2.15—3) 制定的。

4 明挖地基

4.1 基 坑

4.1.1 基坑顶面设置防止地面水流入基坑的措施,可防止地面水集中冲刷基坑边坡而影响基坑边坡的稳定,还可减少基坑内需要排出的水量。

基坑顶的动荷载是指从基坑中挖出的弃土和排水设备。这些动荷载离基坑顶边缘越近,影响基坑边坡的稳定性越大。但排水设备如搁置离基坑顶边缘过远,则其进水管道路延长过多,影响抽水效率,故规定如条文。

4.1.2 1 本款对基坑尺寸增大的规定,系指有渗水的基坑而言。对无渗水的基坑尺寸,可以减少设置排水系统所需面积;对无渗水、土质密实(不致坍方)、开挖边缘整齐(如风化岩)而不需设置基础模板的基坑,可按基底平面尺寸开挖。

4.1.2 2 根据土力学原理,斜坡的稳定与斜坡度大小、地质条件、斜坡高度、坡顶有否附加荷载及荷载类别等因素有关。若其余因素相同时,则各因素影响斜坡的稳定规律为:斜坡度越平缓越稳定,越陡峻越易坍塌;土的粘聚力大的(如岩石、粘性土)比粘聚力小的(如砂土)较稳定;土的含水量较少的较稳定;坡顶有荷载特别是动荷载的较不稳定。

规范表 4.1.2 是根据土力学斜坡稳定理论、施工经验和适当的安全系数规定的,适用于基坑深度在 5m 以内的情况。因为常用的离心式抽水机的吸水高度理论上虽可达 10m,但由于机器效率和各种水头摩阻损失,实际吸水高度只约 6m。当坡顶至基坑底高 5m 时,抽水机置于坡顶,则其吸水高度等于抽水机进水管口至坡顶地面高,再加工作水位降至基坑底面以下约 0.5m,即约 6m,与抽水机吸水高大致相同。

当渗水基坑深度 $\geq 8\text{m}$ 以上,采用明挖地基以抽水机排水是否合算,应与其他方法如井点法排水进行技术经济比较决定。

4.1.2 3 在天然含水量范围内时,砂类土的天然坡度大致等于其计算的内摩擦角。粘性土在天然含水量范围内的天然坡度,除考虑其计算的内摩擦角外,还要考虑粘聚力、孔隙比、塑限含水量、容重等因素。

4.1.3 是根据《锚杆喷射混凝土支护技术规范》(GBJ86—85)拟定的。

4.2 围 堰

4.2.1 1 这里的施工期间是指从围堰开始修筑至完成,即从排除堰内积水,边排水边挖除堰内基坑土(石)方,砌筑墩台基础及墩台身(高出施工水位或堰顶高程),到可以撤除围堰时为止。在这期间可能出现的最高水位即作为决定堰顶高程的依据。确定这一水位的方法,一般设计单位在施工组织设计中已经提供。若设计单位未提供时,则应向该河流桥位附近的水文站索取历年水位高程记录、降雨量记录、未来气象中期预报资料,会同水文站分析并考虑一定的安全预留量确定。对某类围堰,其堰顶可随水位上涨而增高的,其预留量可小一点,否则应大一点。

墩台基础施工应尽量安排在枯水期进行,这样,围堰高度可降低,断面可减小,

挖基时排水工作量也可减少。

4.2.1 2 围堰外形有圆形、圆端形 (上下游为半圆形,中部为矩形)、矩形、带三角尖的矩形等。围堰外形的选择,不仅应考虑条文所述的因素,而且要按围堰种类来选择适当的外形。例如钢筋混凝土板桩围堰不宜用于曲线形围堰;而钢板桩围堰可用于圆形或圆端形等。此外,围堰外形还影响其堰内抵抗水压力的支撑受力情况。这些都是在选择围堰外形时均应考虑的因素。

4.2.2 3 围堰内的净面积 (指围堰断面放坡后,原河床表面坡脚净面积)可按规范第 4.1 节规定办理。若采用土围堰、土袋围堰、竹 (铅丝) 笼围堰,堰内基坑挖下去后,可不设支撑维护基坑壁,而依靠放宽坡脚自身稳定,此时围堰内净面积还应满足坑壁放坡所需宽度的要求。围堰内坡脚至基坑顶边缘,无论基坑采用支撑护壁或放坡开挖,都应留有台阶,其宽度根据河床土质及基坑深度而定,但不得小于 1.9m。

4.2.1 4 本条主要是对土围堰、土袋围堰和竹 (铅丝) 笼围堰依靠自身重力抵抗水压力而稳定的围堰而规定的。其验算法可根据土力学、水力学和结构力学的理论进行。当这类围堰高度分别不超过规范第 4.2.2 条、第 4.2.3 条、第 4.2.6 条所述情况时,其围堰断面可分别按各该条下面各款的规定办理。

板桩型围堰其断面尺寸应能满足抗剪应力和抗弯矩应力的要求。

4.2.2 1 土围堰是完全依靠堰本身的重力获得稳定和强度的。填筑土围堰时,内外都须放坡,因此,堰身断面较大,压缩河床断面过多,需用筑堰土料较多,且填筑费时,特别是堰身较高时更甚。实践中有在水深 2m 以上使用土围堰获得成功的先例。由于上述原因,本条推荐土围堰使用范围为水深 1.5m 以内。当河中墩台不多,筑堰土料易得,并采用机械化施工时,堰身高度使用范围,可较条文规定放宽。

河床土质如为渗水量大的砂土,如中砂、细砂、粉砂时,不得使用土围堰。因为这类砂土不仅渗水量大,增加挖基时排水工作量,而且排水时,堰下砂土极易发生管涌、翻砂,使堰下基底沉陷,毁坏围堰。

河床如为不透水的粘土,当然很好,实际上极难遇到,也没有必要如此要求,徒然限制了土围堰的使用范围,故规定如条文。当河床为砾砂、角砾、圆砾、卵石、漂石时,虽然翻砂的可能性较小,但渗水量很大,决定采用土围堰时要慎重,并应考虑相应的排水设施。

当堰外边坡设有防护措施时,流速范围可略超过 0.5m/s 的规定。

4.2.2 2 土围堰因为浸泡在水中,故其边坡比应当较规范表 4.1.2 的规定为缓,以满足土围堰的稳定和强度要求。围堰外坡还要遭受水流冲刷,故条文规定堰外边坡较堰内边坡要求更缓一些。内外边坡比都规定了上下限的范围,可根据使用的筑堰土料类别比照规范表 4.1.2 的规定考虑确定。

土堰坡脚与基坑边缘间设置平台的理由,参见第 4.1.2 条的说明。平台的宽度不仅如条文所述,与土质、基坑深度有关,而且与基坑坑壁是否支撑加固有关。一般土质差、基坑较深、无支撑加固时,平台宽度应加大。

4.2.2 3 采用筑堰土料的原则是不渗水、易压实,遇水不致泡软成泥浆,因此,纯粘土并不是好的筑堰土料。砂土渗水量大,粘聚力小,易发生管涌、翻砂,不能用于

填筑土围堰。

土围堰夯实机具可采用蛙式打夯机、小型手扶压路机或手工夯具等。

4.2.2 4 因混有树根、石块、杂物的填筑土不易夯压并易形成渗水孔道，故施工前应将其清除。

填筑围堰程序是上游开始至下游合龙，这样可减小围堰填筑过程中的水流冲刷，易于填筑牢固。首先填筑的上游部分，可加大围堰宽度，以抵抗水流冲刷力。

4.2.3 1 用草袋、麻袋、玻璃纤维袋和无纺塑料袋等装土码叠而成的围堰统称土袋围堰。

原规范规定水深 3.5m 以内，流速 2.0m/s 以内时，可筑草袋围堰，但施工较困难，亦不经济，现参考文献《桥涵施工手册》修改如条文。

4.2.3 2 土袋围堰的袋与袋之间的空隙易造成漏水通道，防治方法，一为堆码内外两层土袋，在中间填筑防水粘土，厚 0.5 ~ 1.0m；二是不分内外层，在每层堆码间的空隙填以松散粘土层。前法防水性较好，但堰身较厚，后者反之。可根据水深、水流速度和河床允许压缩等因素决定。

土袋中以装不渗水的粘性土为宜，装土量宜为土袋容量的 1/2 ~ 2/3。袋口应缝合。装土过少，用袋太多，不经济；装土过多，堆码不平稳，空隙多，易渗漏。

若采用粘土心的土袋围堰时，也可用砂土装袋。

4.2.3 4 当流速较大时，外围土袋可装小卵石或粗砂，以免袋内土粒被淘空，而使土袋冲走。

4.2.4 1 大漂石及坚硬岩层的河床，不宜使用钢板桩围堰。

4.2.4 2 经过整修或焊接后，钢板桩必须用同类型钢板桩作为锁口通过试验，防止打桩时插打不下去。一般可用 2 ~ 3m 长同类型钢板桩以 5kN 左右的拉力做通过试验。通过的试验拉力不能过大，否则会损坏锁口，在插打时发生困难。

4.2.4 5 2) 锁口内填防水填充材料，系为增强围堰的防水性能。填充料的质量比为黄油:沥青:干锯末:干粘土粉 = 1:1:1:0.5；组拼桩间亦应填防水材料。

4.2.4 5 6) 接长桩上下错开的距离以 2m 为宜。

4.2.5 1 钢筋混凝土板桩围堰，目前我国使用尚不多。但在缺少钢板桩和木材地区，使用钢筋混凝土板桩仍有其无可比拟的优点，因为不仅可用于基坑挡土防水，还可不拔除而作为建筑结构物的一部分，且可作为水中墩台基础的防护结构物。

4.2.5 2、3 钢筋混凝土板桩，目前用空心板桩的较多，可节约制桩材料，桩较轻，故打桩锤亦可较轻，还可利用空心孔道射水加快下沉。空心多为圆形，用钢管做芯模，待混凝土初凝后，将钢管转动以减小粘结力，达到一定强度后可将钢管由桩头用卷扬机拔出。钢筋混凝土桩的榫口以半圆形的较好，因无棱角，在预制吊装时榫口不易损坏，桩尖一般斜度为 1:2.5 ~ 1:1.5。

4.2.6 2 随着水深增加，水流冲击增大，竹笼的高度与宽度相应增加，竹笼内填筑土石后受侧压力也变大，故竹笼必须制作坚固，采用钢筋、螺栓、铁丝等钢材予以加固是非常必要的，采用铅丝笼时，也需用钢筋等加固。

4.2.6 3 水深在 3m 以下时，可采用单层竹笼围堰，笼内填筑土夹石防水，并在堰

外堆以土袋或填土防渗漏。水深超过 3m 时,应采用双层围堰,在两层之间填土防水,此时围堰较宽,抵抗水流的冲击力亦加强。

4.2.7 3 下沉套箱前,可用射水方法清除河床覆盖土,然后由潜水工整平套箱位置的河床基岩。当基岩倾斜过甚时,可照条文所述制成底部倾斜套箱。如倾斜度不大时,可在套箱下面岩基低凹处用装石麻袋垫平。

4.2.8 8 清基的标准,基底上的泥砂清除干净,露出基岩。并按条文规定方法进行,经潜水员检查合格后,方可浇灌水下封底混凝土。清底分区,是要求清理干净(包括清除风化岩层及松动岩层),使封底的水下混凝土连接良好。浇封底混凝土时,应用多根导管,按顺序浇筑。混凝土应满足设计强度,坍落度宜控制在 180 ~ 220mm,混凝土流动半径宜不大于 2.5m。

4.3 挖基和排水

4.3.1 1 无论哪种基础,开工后都应连续不断地快速施工。但各种基础比较,天然地基挖基排水对连续不断地快速施工就显得更为必要,因为基坑排水时,如水泵休息停顿,水就渗满基坑,不仅重新排水费时,而且基坑壁经水浸泡后最易坍塌,要做到连续不断地快速施工,就必须在开工前安排轮班劳力,及各种建筑材料(水泥、砂、石子)和各种机具(水泵、吊机、搅拌机)等的准备工作。

在枯水位或少雨季节开挖基坑的排水,可较大地减少施工困难。

4.3.1 3 在已完成的浅基桥墩周围挖基做防护工程,或在已完成的桥台前面、侧面挖基做护坡、锥坡工程时,既有墩台基础侧面被淘空,由于侧面土压力的影响,会使墩台发生不均匀沉陷甚至坍塌,因此,应有适当的防护措施。

防护措施包括:了解既有墩台基础厚度、基底土的种类、性能;新挖基坑底不宜低于原墩台基底;距原墩台基础尽可能远一点;新基坑施工不可延续过长;挖好后立即浇筑基础;必要时在原墩台周围打桩防护等。

4.3.2 1、2 人工开挖基坑只宜在无机械设备且基坑较小时采用。基坑较大时,宜采用挖掘机,抓斗挖土机挖基。但机械挖基容易超挖,可在机械挖到标高以上 200mm 时改用人工挖基。

无论何种土质,一经暴露于空气中或浸泡水中很容易降低承载力,故挖到基础标高经检验符合要求后,应突击施工砌筑基础。

4.3.2 3 排水困难或发生严重流砂、涌泥现象,或具有水中挖基机具时,应放弃排水挖基方法。

水中挖基达到设计标高后,不能采取排干水砌筑基础,必须按照规范第 7 章沉井封底方法灌注水下混凝土封底。封底之后,能否排干水砌筑墩台,还要看封底标高以上基坑壁的土质是否易于翻砂而定。若是易于翻砂的细砂、粉砂土,则宜采用套箱围堰,以完成墩台砌筑施工。

4.3.3 需要的抽水设备能力应按基坑中渗水量多少而定。这与基坑之大小、围堰种类、工程地质与水文地质条件、距河水远近等情况有关,预先准确测定或计算是困难的,一般可在类似基坑条件下的试坑中做抽水试验得出,或根据基坑各类土质的渗透系数按照经验公式计算得出。

4.4 地基处理

4.4.1 一般岩层倾斜度大于 15° 时, 基底应凿成台阶, 以免滑动。

风化岩层暴露在空气或水中后将加速其风化, 故基坑底基础外围的风化岩层均应以混凝土封闭, 防止基础底岩层风化。

4.4.4 3 倾斜大于 15° 的岩层, 基底可凿成台阶。小于 15° 的倾斜岩层宜凿平, 使承重面与重力线垂直, 以免滑动, 故规定如条文。

4.4.5 2 隔温材料可用煤渣, 中、粗砂或其他材料, 其厚度宜为 300mm 或稍厚一些。

4.5 地基检验

4.5.2 本条所提示的触探, 包括动力触探和静力触探两种。动力触探又分轻型、中型和重型 3 种。重型动力触探按触探头不同分为 I 型 (管式贯入器) 和 II 型 (圆锥头), 前者为标准贯入用具, 适用于细粒砂类土、粘性土; 后者适用于砂类土和圆砾、卵石层。静力触探是利用电测原理确定大的力学性质的一种原位测试方法, 试验时利用静压力装置将探头压入土层, 适用于粘性土及砂类土。

土工试验只在特殊地基处理 (如软土地基等) 时才有必要。荷载试验是研究和取得地基承载力 $[R]$ 形变模量 E_0 的基本方法之一, 但做此试验很费时间, 一般只在大、中桥的特殊地基处理时, 应设计部门的要求才做。

5 沉入桩基础

5.1 一般规定

5.1.3 在一个基坑内沉入较多的桩时, 桩会把土挤紧或使土上拱, 因此, 布置沉桩顺序是很重要的。如采用先沉基坑四周的桩, 后沉中间的桩, 则愈往中间沉, 土就挤得愈紧, 可能使中间的桩很难沉入, 并会造成桩已沉到控制贯入度, 而桩尖的标高达不到规定的标高, 甚至会沉不下去, 导致今后基础不均匀下沉。因此规定, 一般情况可由一端向另一端连续进行, 以减少桩架迁移工作量, 加快沉桩速度。当桩基平面较大, 桩数较多或桩距较小时, 宜由中间向两端或四周沉入, 减小后沉桩沉入的困难, 并减小土被挤紧或上拱现象。先沉深的后沉浅的桩, 可以防止降低后沉桩的极限承载力, 否则应对先沉的浅桩进行复打。在斜坡地带, 先沉坡顶后沉坡脚的桩, 可使坡顶先沉入的桩在土中起加固作用, 以减小土的侧向总压力。

沉入土中的桩, 将使桩周附近约 3~5 倍桩径范围内的土受到相当大的重塑作用, 因此在粘性土层中沉桩, 若桩距较小时, 沉桩顺序更要注意。斜桩在地表面的平面位置随地表面的标高而异, 测量放样时应注意。沉入斜桩时, 桩头常发生干扰, 影响沉桩, 事先应考虑避免。

5.1.4 本条规定锤击沉桩和振动沉桩控制贯入的确定原则, 是以试桩求得的控制贯入度为准。因试桩的目的之一是判断桩的承载力。试桩经过试验, 其承载力符合设计要求, 则沉入试桩时最后贯入度, 即可作为控制贯入度。若试桩承载力比设计要求承载力相差较大时, 则应按修正桩长后的相应贯入度作为控制贯入度。

5.2 试桩与基桩承载力

5.2.2 沉桩时先进行试桩，主要是解决下列问题：

1. 提供桩——土体系荷载承载力的正确资料，以检验所需的桩长与设计桩长是否适宜，使在经济上与技术上达到合理；
2. 了解采用的沉桩工艺及配用的沉桩机具是否合适；
3. 有无假极限或吸入情况，确定是否复打等。

对于一般的中、小桥梁，由于沉桩数量少，地质情况不复杂，若均需要进行试桩，有时在经济上和施工进度上不一定合理。故规定有可靠依据和实践经验，能保证质量的前提下，可以不做试桩。对于特大桥、大桥和地质复杂的中桥，为了做到经济上合理、技术上可靠，要求在施工前先沉试桩。

5.2.3 静压试验是确定单桩承载力方法中最基本、最可靠的方法，各种测定方法（如静力触探、动测法等）的成果，都必须与静压试验相比较，才能判明其准确性。国内外规范一致规定，对重要工程都应通过静载试验。故本条规定对特大桥和地质复杂的大中桥试桩，应采用静载试验确定单桩承载力。静载试验的方法主要与试验要求有关，国内外采用的试验方法主要有慢速维持荷载法、快速维持荷载法、等贯入速率法、循环加卸载法。

5.3 桩的制作要求

5.3.1 2 3) 冷拉的预应力钢筋需要焊接时，应在冷拉前焊接。这是因为冷拉后钢筋的强度增高，伸长率降低，脆性增大，焊接性能变差。并且在冷拉后再进行焊接，将使经冷拉后提高了的强度又降低。在冷拉前焊接可避免上述缺点。钢筋焊接后的技术要求，可按本规范第 10 章有关规定办理。

5.3.1 2 4) 混凝土方桩或矩形桩连接用的法兰盘，一般可采用角钢增焊加劲肋钢板制成。将角钢的一肢焊接在纵向主钢筋上，另一肢位于桩的连接平面端上。桩连接时利用法兰盘两连接端的连接肢用螺栓连接。已张拉的预应力钢筋不允许进行任何焊接。

5.3.1 4 表 5.3.1-2 是根据《公路工程质量检验评定标准》(JTJ071—98)拟定的。

5.4 沉 桩

5.4.2 1、5、8、9 是参照《港口工程桩基规范》(JTJ254—98)第 8.4 节拟定的。

5.4.27 在饱和的细、中、粗砂中连续沉桩时，易使流动的砂紧密挤实于桩的周围，妨碍砂中水分沿桩上升，在桩尖下形成水压很大的“水垫”，使桩产生暂时的极大贯入阻力。休息一定时间之后贯入阻力就降低。这种现象称为桩的“假极限”。

在粘性土中连续沉桩时，由于土的渗透系数小，桩周围水不能渗透扩散而沿着桩身向上挤出，形成桩周围的滑润套，使桩周摩阻力大为减小，但休息一定时间后，桩周围水消失，桩周摩阻力恢复增大。这种现象称为“吸入”。

锤击沉桩发现上述两种情况时，均应进行复打，以确定桩的实际承载力。复打前桩的休息时间，按规范附录 B.2.1 的规定。

桩的上浮有两种情况,被锤击的桩上浮和附近的桩上浮。对于前者,如使用桩锤时,可将桩锤停留在桩头时间长一些;当用柴油锤时,如系空心管桩,桩尖不要封闭,将桩内土排除,可减少桩上浮。无论何种情况,桩都应进行复打。

5.4.2 10 当贯入度已达到控制贯入度,应再锤入 10cm 左右或锤击 30~50 击,如无异常变化时,一般可以说不是遇到障碍物等情况,此时桩尖标高与设计标高相差不大时,即可停锤。若桩尖标高与设计规定标高相差过多时,则需要考虑桩的侧向稳定是否足够,应与有关部门研究确定。

设计桩尖处为一般粘土或其他较松软土层时,则桩尖承载力占桩总承载力的比例不大,桩侧摩阻力是主要因素,因此停锤时应以桩尖标高控制为主,以求沉入一定的桩长。贯入度较大时,应继续锤击至接近控制贯入度。

5.4.3 1、2、3 是参照《港口工程桩基规范》(JTJ254—98)拟定的。

5.4.4 在深水中沉桩,若桩身露出河床面较长时,则桩受波浪、水流、恒载(指斜桩)和突然的冲击,都可能引起桩身过大的力矩,应采用临时支承等方法予以防护,直至桩最后连接到构造物上为止。

6 灌注桩基础

6.1 一般规定

6.1.1 本次修订时,取消了沉管灌注桩和钻、挖孔灌注斜桩,如施工中需要,可参照原规范执行。

6.2 钻孔灌注桩

6.2.1 2 护筒内径要求的大小与钻机的钻锥钻孔时在孔内摆动程度有关,有钻杆导向的钻机钻锥摆动较小,否则摆动较大,条文是按此原则和各地施工经验拟定的。

护筒顶端高出地下水位或施工水位的高度要求与钻孔方法、地层情况有关。无论采用何种钻孔方法,当地质不良(如松散的砂类土)容易坍孔时,应比同类钻孔方法而地质较好,不易坍孔的孔内水头提高 0.5m 以上。

孔内有承压水时,护筒顶端高度应按稳定后的承压水位考虑,否则易造成塌孔。若孔内承压水位时高时低,高低差很大或承压水位高出地面 2m 以上,应按条文规定做试桩,鉴定在该地区采用钻孔灌注桩基的可行性。试桩若不成功,则宜采用沉入桩基。这个问题最好在设计阶段解决。若设计文件已确定为钻孔灌注桩,施工前才发现有大承压水,则较为麻烦。

6.2.2 1、2 规范表 6.2.2 较原规范的表补充了泥皮厚指标。泥皮厚薄与失水量大小有很大关系。泥浆失水量小者,泥皮薄而致密,有利于巩固孔壁;失水量大者易形成厚泥皮,在泥页岩地层易造成地层软化膨胀,产生缩径或坍孔。其泥皮厚指标是参考钻探书刊拟定的。

PHP 泥浆的主要成分:膨润土、碳酸钠、聚丙烯酰胺的水解物、锯木屑、稻草、水泥或有机纤维复合物。

PHP 泥浆的配比应通过试验确定,参考配比如下:

(1) 膨润土为水质量的 6%~8%;

- (2) 碳酸钠为膨润土质量的 0.3% ~ 0.5% ;
- (3) 羧甲基纤维素 (CMC) 为膨润土质量的 0.5% ~ 0.1% ;
- (4) 聚丙烯酰胺 (PHP) 为泥浆量的 0.003%。

孔内有渗漏时,加锯木屑为水质量的 1% ~ 2%,稻草末或水泥填加量为每立方米泥浆 17kg;孔内有承压水或地下水位高,渗漏严重时,加重晶粉、珍珠岩粉及方铅矿粉,填加量为每立方米泥浆 17kg。

应设置泥浆制造、循环、净化系统。

6.3 钻孔施工

6.3.1 2 按不同地层选用适当的钻锥,钻进速度和泥浆性能可以防止钻进时的故障,加速钻孔完成。

6.3.1 4 泥浆的性能在钻进中是不断变化的。为了使泥浆的性能指标随时都符合规范表 6.2.2 的要求,以加快钻孔速度,避免或减少孔壁坍塌事故,故条文规定应经常对泥浆进行试验。

捞取钻孔中土样的目的是为了与勘察设计时的地质剖面图核对,使对泥浆、钻锥、钻进压力和钻进速度的选择更为合适。

6.3.2 1 各种钻孔方法的开孔都具有导向作用,若在开孔时孔位偏移,竖直度、孔径超过允许偏差,则继续钻进时,偏差会越来越大。

6.3.2 2 减压钻进可使钻杆在整个钻进过程中维持竖直状态,使钻进回转平稳,避免或减少斜孔、弯孔和扩孔现象。

6.3.2 3 全护筒下压至挖掘面下多深,或挖掘面深入到护筒底端多少,完全按土质硬度和是否易于坍塌而定。

全护筒压入土内总深度要考虑各地层总摩阻力和拔筒功率,避免压入过深拔不出来。

6.3.2 4 条文规定的目的是为了防止坍孔。

6.4 清 孔

6.4.1 2 掏渣法清孔只能淘取粗粒钻渣,不能降低泥浆相对密度,故只能作为初步清孔。使用高压水管插入孔底射清水时,射入水所需压力应稍大于清孔前泥浆的密度与钻孔深度的乘积。

喷射清孔法采用射水或射风的时间约 3 ~ 5min,所需射水(射风)的压力应比孔底水(泥浆)压力大 0.05MPa,射水压力过大易引起坍孔,过小则水或风射不出来,或虽能射出来,但不能起到翻腾沉淀物的效果。

砂浆置换清孔法也可适用于换浆法清孔后,孔底沉淀物太厚不能满足设计要求的情况。

6.5 灌注水下混凝土

6.5.1 5 钢筋骨架制作和吊放的允许偏差是参照《公路工程质量检验评定标准》(JTJ071—98)及《建筑桩基技术规范》(JGJ94—94)的有关规定拟定的。

6.5.3 4 混凝土拌和物中含砂率较大时,其和易性较好,灌注水下混凝土要求较好

的和易性，故宜用较大的含砂率。

6.5.3 5 混凝土拌和物中掺用外加剂、粉煤灰等材料可以提高其和易性和缓凝性能。

6.5.4 4 在潮汐地区或水位涨落甚急的河流和有承压力地下水地区，其水位高涨时，将使护筒内水头不足，而导致孔壁坍塌，故规定如条文。

6.5.4 5 钻孔灌注桩灌注过程中，导管的最小埋置深度，从理论上说应与灌注深度（漏斗底口至混凝土表面深度）成正比。灌注深度较大时，超压力和冲击力也较大，导管最小埋深宜较大一些，以缓和超压力和冲击力，使冲出导管底口的混凝土拌和物缓缓上升。否则，新灌注的拌和物可能冲破首批混凝土，冒到其上面，将泥浆沉淀物裹入桩中，形成夹层断桩。条文规定的最小埋深 2m 是根据文献“水下灌注预防断桩夹层及钢筋顶托上升技术研究报告”的试验结果并考虑适当的安全系数确定的，与过去常用的经验数据相符。灌注后期，灌注深度小，超压力减小，最小埋深也不宜小于 2m。因为灌注后期，首批混凝土表面的泥浆沉淀增厚，有时还夹有少量坍土。若导管埋深太小，特别是在探测混凝土表面高度不精确时，容易造成导管提漏、进水，造成夹层断桩。

为了防止埋管事故，导管埋深不宜过大。条文规定为 6m。

6.5.4 7 条文规定的目的是为了防止钢筋骨架被混凝土拌和物从漏斗向下灌注混凝土的冲击力转为向上的顶托力而上升。

6.5.4 9 变截面桩的水下混凝土灌注技术要求基本上与单截面的相同，只是在截面变换处须按条文规定办理。

6.5.4 10 护筒底口以上积存的混凝土高度不能太小。因为筒外与井壁之间有一定的空隙，护筒壁本身也有一定的体积，护筒提升后，护筒内的混凝土要填充此项空隙，可能使混凝土表面突然下降，甚至降至护筒底口以下，使护筒进水或涌入泥砂，故规定如条文。

6.6 挖孔灌注桩

6.6.1 1 当地下水位太高、流量太大，挖孔时排水较困难，工人常在水中作业不安全，进度也慢，故规定如条文。

孔内若产生有毒气体或浮尘超过 GB3095—96 的规定，对井下施工人员有害，不得采用人工挖孔施工。

挖孔桩平面尺寸，文献 JTJ024—85 规定不得小于 120cm，人工挖孔时要考虑孔壁支护和便于井下挖掘，应比 120cm 尺寸为大。孔深大于 15m 时，通风较为困难，工人施工有危险，工效也大为降低，一般不宜采用人工挖孔，如设计桩长大于 15m，必须采用人工施工时，应加强机械通风和安全措施，或采用机械挖掘。

6.6.2 1 孔壁支护，为了确保施工人员安全，不论地质松紧和地下渗水情况，均须如条文规定设置孔壁支护。

木、竹等非永久性支护，如不能在浇筑混凝土时拆除，则桩身与孔壁被隔离，因摩阻力产生的桩承载力不复存在，故规定如条文。

有些混凝土护壁是预制框圈，按上、下分节安装，上、下层间不能承受拉力；有

些现浇混凝土护壁因条件限制,质量较差,强度较低,也不能承受拉力,故规定如条文。

挖孔时如有水渗入,开始时水很小,越往下挖,渗水量越大,可能造成孔壁坍塌,故必须加强孔壁支护。用井点法降低地下水位只适宜于砂类土地层和渗水量较大的情况,其设备安装费用大,应进行技术经济比较决定。

在挖孔深度达 10m 时,孔底空气自然流通条件变坏,空气中 CO_2 的含量逐渐积累,当达到 3% 时,就会引起人的呼吸紊乱、头疼、呕吐等症 [文献前苏联,潜水员手册]。为了确保安全和提高工效,条文规定 CO_2 含量达到 0.3% 或挖孔深度达 10m,就应当采取机械通风,一般工地很少配备气体化学分析仪器,可按挖掘深度达 10m,就采用机械通风。

当孔底岩层倾斜时,凿成水平或台阶是为了防桩底承载力产生水平分力。由于有些炸药的质量问题,爆破后不能达到零氧平衡 (氧元素含量恰好使碳、氧元素的含量完全氧化),而为正氧平衡,产生 NO 或 NO_2 ; 或负氧平衡,产生 CO 对人体有毒气体。故规定如条文。若采用化学分析方法检测有困难时,可将小动物送入孔底数分钟后提出检查,如无异状,工人才可下井工作。

6.8 质量检验及质量标准

6.8.3 钻、挖孔成孔质量标准 (表 6.8.3) 中孔底沉淀土厚度和清孔后泥浆指标两项因原规范规定不符合现状,经广泛征求意见予以调整。表 6.8.3 清孔后的泥浆指标检测主要是要保证灌注前符合表内各项要求,注中有特定要求的钻孔桩一般指孔内有承压水、遇透水性很强的地层易坍孔、孔深超过 50m、柱桩等对泥浆有特定要求的钻孔桩。

6.8.4 1 每根桩试件组数 2~4,具体取值按现行《公路工程质量检验评定标准》(JTJ071)规定执行。

6.8.4 2 需要钻取芯样鉴定的数量、合格的规定可参照《桩基低应变动力检测规程》(CJ/T93—95)拟定。钻取法可参见《钻芯法检测混凝土强度技术规程》(CECS03—88)。

附:大直径空心桩施工简介

大直径空心桩近年来在一些地区得到应用,现对这种施工技术作一介绍。

1. 大直径空心桩的类型及适用范围

大直径空心桩按施工方法不同,分成钻埋和沉挖两种。钻埋空心桩适应于一般土质地基,沉挖空心桩适应于砂类土、巨粒土及风化岩。

2. 钻埋大直径空心桩成孔

1) 施工平台与护筒的技术要求

(1) 施工平台:参见本规范第 6.2.1 条的规定;

(2) 护筒:参照本规范第 6.2.1 条的规定。

2) 泥浆与清孔的技术要求

(1) 泥浆的技术要求可参照本规范第 6.2.2 条的规定；

(2) 钻孔、清孔，可按钻孔灌注桩有关规定施工。

3) 成孔验收

大直径钻埋空心桩在终孔前，应特别强调成孔验收，验收标准如下：

(1) 钻孔的倾斜度 $\leq 5\%$ ，检查成孔直径误差 $< 10\text{mm}$ ；

(2) 孔内泥浆含砂率 $\leq 1\%$ ，比重 ≤ 1.08 ，粘度 ≥ 20 ，pH 值 ≥ 10 ；

(3) 为保证桩底无沉淀，可在桩底注入 3m 厚新鲜泥浆。

3. 钻孔、挖孔埋置大直径空心桩

1) 空心桩的预制，一般采用立式预制，为保证接触面密贴，应按节的顺序预制。预制节长按桩长及吊装能力分节，先预制底节、若干中节及顶节，节与节之间的连接由锥形螺纹筋和相应的锚具张拉连接而成。

(1) 模板，在立好的外侧模板上涂刷一层混凝土的缓凝剂，拆模后桩表层混凝土在缓凝剂的作用下不凝固，用水冲洗桩身，使桩表面露出骨料层为止。

(2) 预应力筋孔道的形成，用设计要求直径的钢管按设计位置准确安装固定，钢管在浇筑混凝土时应经常转动，在混凝土初凝后及时拔出。

(3) 空心桩壳的底节是钢板和钢筋混凝土的封闭结构，钢板厚度应经过设计计算，以保证桩尖进行压浆时的安全，压浆孔按设计要求设置。

(4) 预制桩节，长度以设计为准，设计未明确的可按吊装能力分节，一般分节高度为 2~4m，混凝土强度应符合设计要求。

(5) 顶节一般在护筒内，是桩的实心段，与墩帽相似，为减轻自重力，所以此节高度不宜过高；预应力筋的锚具预留位置应准确。

(6) 除以上施工规定外，预制工作的其他要求可参照本规范第 9 章、第 11 章、第 12 章的各有关规定执行。

(7) 桩壳预制技术要求

必须严格控制竖向垂直度，要求误差应小于 1% 节高；内模上、下口中心位置应处于同一铅垂线上。壁厚误差 $\leq 5\text{mm}$ ；桩节长度误差 $\leq 5\text{mm}$ ；预应力孔道位置必须准确竖直，上下节孔道要对齐贯通；管道位置偏差 $< 1\text{mm}$ ；预制桩节上下表面要平整，以便于上下节的连接。

2) 空心桩的沉放要求

(1) 准备工作：

① 桩孔及预制桩节经检查验收符合设计要求；

② 吊装机具经过设计验算，有操作安全防护措施；

③ 安装导向架，导向架与钢护筒或施工平台连接固定，导向架的中心线必须与设计桩孔中心线重合；

④ 支承托架安放在施工平台上，用来临时支承预制桩节，托架的中心线必须与设计桩孔中心线重合；

⑤ 孔底填石厚度应按设计规定施工，若设计无规定时，可按 0.25~0.30 倍桩直径计算确定，一般取 1~2m，孔底为砂土时可取低值；填石的要求是石质坚硬无风

化,规格 20 ~ 40mm 经水洗过的碎石或砾石;填石后的底面要平整,在填石的过程中要检测,最终高差控制在 100mm;在填石过程中,注浆管应同时插入及压入空气,使泥浆不断搅动,以防沉淀,注浆管一般用 4 根直径 50mm 的钢管伸至孔底。

(2) 底节沉放前,应在底节预埋钢板上焊接桩底压浆管;空心桩底节内压浆管上安装阀门并关闭,对桩底各部分进行检查;然后将桩底节沉入钻孔中,检查桩内是否漏水,若有漏水,须提至水面进行堵漏处理,同时保持护筒内水头。

(3) 接缝处理:清除拼合面的污迹后烘干、吹净,再用丙酮清洗;涂抹环氧树脂;再按编号进行,以保证接头牢固、密合,不漏浆。

(4) 桩壳拼接:吊放要稳,预应力筋的预留孔要上下对齐,再接长预应力筋张拉预应力;接缝外涂一层防水沥青,在沥青外缠裹防水纤维布,以防接缝外向内漏水;解除底节上的锚固,拆除夹箍,慢慢下放中节吊点,将桩节沉入孔内一定深度;桩节顶面高度应视工作平台高度而定,一般应高出工作平台 500mm 左右;将第二节夹箍锚固,并防止打滑现象,然后进行下一接缝的处理,依此作业直到桩长满足设计要求。

(5) 顶节拼接:因顶节要锚固预应力筋,张拉时不允许一次张拉到位,应按一放一张,两放两张,三张超张,顶塞锚固的张拉程序进行,其他应注意的事项按本规范第 12 章的规定执行。

(6) 桩的纵、横轴线及高程,在施工过程中要不间断地检查调整,最终满足设计要求后,应连续进行桩周填石工作。

3) 桩周压浆填石混凝土的规定

(1) 洗孔:利用桩底节预埋的压浆管,压入泥浆,将孔底及桩周填石层中的泥砂带出桩底。

(2) 浇注隔离层混凝土,先填与孔内同规格的碎石、砾石,厚 0.5m,接着再填 0.5 ~ 1.0m 厚的细砂和小于 20mm 的碎石,然后浇注 0.5 ~ 1.0m 高的混凝土隔离层,以防桩周压浆时水泥浆渗入桩底。

(3) 桩周设置压浆管:应按设计要求设置,设计无要求时,压浆管直径的选择按桩径及压浆机的排量和压力的大小及分布与设计单位协商选择。

压浆管按桩直径大小布置,按孔深分层分段埋设,每层高度不允许超过 10m,当桩长小于 20m 时,可采用单层;压浆管底端呈梅花形,或在封闭管端壁上钻若干直径为 5mm 的小孔。

(4) 在护筒四周或在桩壁顶面按设计要求设置排污管和扬压管及压重层。

(5) 桩周填石,压浆管设置定位后,即在桩周内均匀地抛填粒径为 20 ~ 40mm、40 ~ 80mm 碎石、砾石各半,填至护筒内桩顶设计标高;抛石应连续作业,质量要求同本简介中的 3.2)。

(6) 桩周清孔:压浆管中开始先注入清水,检查压浆设备及管道,再从第二根管中注入泥浆,清除碎石、砾石中的泥砂;清洗应按从下而上的顺序,先单数管后双数管循环冲洗;待排污管、扬压管排放的泥砂污水变清后,停止冲洗。

(7) 桩周压浆:应用 2 台压浆机,压注按设计配合比配制的水泥砂浆,可将压浆

管交替压浆,压浆时可根据压浆管埋置深度抽拔压浆管,当排浆管孔口流出合格的水泥砂浆后,经检查桩周压浆已饱满,再持压 5 ~ 10min 后关闭扬压管、压浆管,顶层拔出压浆管后,需向孔内再灌满水泥浆。

4) 桩底填石压浆混凝土,当桩周填石压浆混凝土强度达到设计强度的 50% 后,方可进行压浆。

(1) 抽干空心桩内积水,连接桩底压浆管。桩底节钢板上压浆管比回流管的梅花管要长一些,伸出桩底 0.5 ~ 1.0m,在底节压浆管和回流管上接压力表、阀门与法兰;在接好压浆管时,要将各管上的闸阀关闭,以防桩孔底的高压水冒出。

(2) 桩底清孔:可先用桩底压浆管做进浆管,再利用底节钢板上的回流管做回流管,清孔方法同第 3.3)。

(3) 桩底压浆:压浆方法同桩周,关闭回流管继续压浆,当压力达到设计值时,应检查压力是否与设计值相符,当符合要求后稳压 15min 停机。做好压浆机出口管压力的记录。根据绘制的桩底反力与上抬量的关系曲线,与设计值比较,以便调正和检验空心桩的承载力。

5) 压浆标准

(1) 按碎石、砾石的空隙率计算压浆量,以核对实际压浆量;

(2) 压浆压力一般为 0.1 ~ 0.3MPa,但要超过孔深压力。

6) 压浆时注意事项:

(1) 注意压力表的数据,如压力上不去,应分析原因,停机 10min,将水泥浆加浓后再压,如压力急剧增长,可能管道堵塞,要及时停机换管;

(2) 水泥浆用量明显增多时,应加浓水泥浆;

(3) 压浆操作过程应设专人监督,发现问题及时提示;

(4) 压浆操作要有安全措施。

4. 沉挖空心桩

1) 沉挖空心桩的结构特点

沉挖空心桩是将沉井与挖桩相结合的基础型式。在河床上筑岛,就地浇筑钢筋混凝土薄壳沉井,混凝土强度达到设计强度的 75% 时人工开挖下沉,必要时抽水及护壁;沉完一节后再浇筑第二节,依次接至设计长度,安装内模板浇筑钢筋混凝土或填石压浆混凝土;最后封底、浇筑顶盖,形成大直径空心桩。

2) 沉挖空心桩的方法

(1) 预制管沉挖空心桩,当地层中有较大渗水或涌水或有流砂、淤泥土层时,井中现浇护壁不能保证施工安全的情况下,应现浇带刃脚桩壳边下沉边接长,通过该地层后,再按正常挖孔施工。

(2) 钢护筒中挖孔桩:在水中施工平台上,打入钢护筒至风化层,护筒内水下挖孔至风化层,潜水封底;抽水开挖至设计高程,检查验收应符合设计要求。

若采用钢内模填石压浆混凝土,随钢内模直径的变化,可按设计完成变截面大直径空心桩的施工。

3) 沉挖空心桩止水措施

(1) 钢护筒沉入岩面，向沉井内抽水，潜水工将沉井刃脚处与钢套筒间的砂砾掏净，从井上放导管将不分散水泥砂浆灌入，以封闭止水。

(2) 钢护筒与沉井刃脚处由潜水工插入直径 50mm 压浆管，间距按满足压浆要求布设；填碎石或砾石的高度按能保证压浆后止水而定；用装土纤维袋压顶封闭；从井上压注水泥浆。

4) 沉井空心桩的开挖、护壁，人工开挖遇到渗水时，每挖 0.5 ~ 1m 后，支护模板浇护壁混凝土，护壁混凝土的厚度由所承受的力计算确定；有关挖井作业和注意事项按 4.2) 执行。

5) 沉挖空心桩，桩孔检查符合要求后，放钢筋笼及内模板，浇筑混凝土或填石压浆混凝土。

5. 质量检验及质量标准

1) 质量检验

(1) 钢筋骨架、桩节预制的质量检验与质量标准，参照本规范第 10 章、第 15 章的有关规定；

(2) 质量检验

①用无破损法检验水下填石压浆混凝土桩的完整性；

②必要时钻芯取样检验桩周和桩底混凝土的强度和清孔、洗孔质量，钻芯直径不小于 70mm，其检测要求见钻孔灌注桩。

2) 成桩的质量标准见表 1。

表 1 钻孔、挖孔埋置大直径空心桩质量标准

检查内容			规定值或允许偏差
压浆强度（MPa）			不低于设计值
桩位 （mm）	群桩	直径 2.5m	150
		每增 1m	50（其间内插）
	排架桩	直径 2.5m	75
		每增 1m	25（其间内插）
倾斜度			1%
孔径（m）			不小于设计值
孔深（m）			不小于设计值
沉淀厚度（mm）			符合设计要求

7 沉井基础

7.1 一般规定

7.1.1 沉井施工前对沉井范围内的地层及地基重点进行分析研究的目的，是为了查

清下沉沉井时可能遇到诸如大孔隙漏水土层、承压水层、硬质胶结层,大孤石、树根、铁件等障碍物及岩面高差、断层、溶洞等情况,以防临时采取措施,耽误施工工期。此种事例在过去沉井施工中遇到不少,故条文强调此点。

7.1.2 沉井下沉时,位于邻近的土体可能随着下沉,土体范围内的堤防、建筑物和施工设备将受到危害,必须采取有效的防护措施和沉井下沉方案。一般不应采取抽水除土下沉方案。采用不排水取土下沉方案时,还应维持沉井内水位不低于沉井外水位,防止井外土、砂涌进井内而使地面下沉。

7.2 沉井的制作

7.2.2 2 1) 无围堰筑岛是指带边坡的土岛;有围堰筑岛,是指在设有钢板桩、钢筋混凝土板桩等防护围堰内的筑岛。有围堰护道宽度比无围堰护道宽度规定为小,这是考虑有围堰边缘比无围堰边缘坚固的原因。

7.2.2 2 4) 在斜坡上筑岛时,因新筑土体易沿斜坡下滑,使筑成的岛不稳定,浇筑的沉井易产生偏斜或开裂,因此规定应进行设计及采取防滑措施,如将斜坡表面开挖成台阶状等。

7.2.2 4 1) 沉井下设支垫是为了将沉井荷载均匀扩散分布在砂垫层上,并便于均衡下沉沉井。支垫要便于抽除,铺设方向应与刃脚垂直。

7.2.2 4 3) 要求支垫连续通过隔墙与井壁连接处,是为了防止浇筑混凝土时井壁与隔墙产生不同的垂直压力,引起岛面不均匀沉降,使井壁与隔墙连接处发生开裂。若支垫不够长时,其搭接缝应交错分设在连接处两侧一定距离处,使隔墙与井壁下支垫具有一定的整体性。

7.2.2 5 1) 采用土内模支承制作底节沉井时,由于井壁混凝土的重力在刃脚斜面上产生的水平分力,要将刃脚土外模向外推移,若土外模的抗力不足,则使刃脚产生滑移,引起刃脚混凝土开裂。土模顶面高度要填至隔墙的底面,是为了不需另设隔墙底模,还可增加对沉井的承载力。

7.2.2 5 2) 3) 土模表面及刃脚底下的地面,为了防止浇筑沉井混凝土时不与土面粘结,条文规定须铺筑一层 20~30mm 厚水泥砂浆层,或采用油毡等其他隔离层。从填筑土模到挖除土模过程中,应做好排水、防水措施,防止土体受水浸泡后松软变形,产生不均匀沉陷,甚至破坏土模及沉井。

7.2.2 6 沉井分节太高,则施工不便,且易失稳;太低则重力小,下沉慢,且又增加接高次数,影响施工进度。特别对于底节沉井高度更应注意,若太低,在抽除支垫或挖除土模或下沉沉井时,沉井部分被搁支,部分悬空,可能会使沉井开裂。故底节沉井的高度需要满足在最不利的刃脚支承条件下,能有足够的竖向抗挠强度。一般情况下,在取土和稳定条件许可时,沉井分节制作高度应尽可能高一些,一般以不小于 3.0m 为宜。对于松软地基的底节沉井,其重力不宜过大,一般以高度不超过 0.8 倍沉井宽度为宜。

7.2.2 7 2) 抽垫顺序一般是先抽除隔墙下的支垫,然后分区、依次、对称、同步地向沉井壁外抽出刃脚下的支垫。在抽出一批支垫的同时,应立即在刃脚和隔墙下回填适当高度的砂土(或砂砾石),使沉井压力从支垫上逐步转移到砂土上,防止压力

集中在后抽的支垫上,而使沉井倾斜。支垫下土体承受压力以不超过岛面土层的极限承压应力为准。回填土不得从沉井内或筑岛土中挖取,以防沉井倾斜。

7.2.2 7 3) 底节沉井支点处的支垫位置是沉井强度计算的依据,故必须按设计要求的顺序,最后尽快地抽出。

7.3 沉井浮运到位

7.3.1 1 沉井底节在入水前应按其工作压力进行水压试验,以防止底节入水下沉时产生渗水现象。其他需灌水下沉各节,因不便做水压试验,故规定只做水密性试验。

7.3.2 2 底节沉井入水后,一般是初步定位于墩位附近,然后在悬浮状态下接高和下沉。但在这一施工过程中,由于水流受沉井阻力的影响,将使墩位处河床面的冲淤条件发生变化。为使墩位处经冲淤后的河床面高差较小,便于沉井能平稳地落在河床面上,故必须考虑底节沉井的高度、大小、形状和水深、流速、河床土质与高低等情况,综合分析后方能大致估定沉井的初步定位位置。由于影响墩位处河床的冲淤因素很复杂,估定沉井初步定位的位置亦仅是粗略的参考值,重要的是要经常量测墩位处河床冲淤情况,及时采取相应措施。根据一些资料介绍,初步定位位置是在墩位上游 10~30m 处,可供参考。主要的是要经常量测墩位处河床冲刷情况,以便及时采取相应的措施。

7.3.2 3、5 带气筒的浮式沉井,气筒如遭受损坏,则沉井将产生下沉或倾斜,或使井壁超过允许受力的条件,甚至可能使沉井整个沉没,故条文规定对气筒应加以防护。

7.3.3 1 浮式沉井在浮运、就位、下沉时,受到风力或其他外力因素的影响,易倾斜而丧失稳定,故条文规定应对其稳定进行验算。沉井浮运时受力情况如图 7.3.3 所示。图 a) 中沉井重心 G 在浮心 B 之上,且 G 与 B 处于平衡位置(浮力作用总是通过浮心 B),在此种情况下,风浪作用时所产生的力偶则易使沉井倾覆;图 b) 中沉井重心 G 在浮心 B 之下,风浪作用时沉井发生倾斜,沉井重力 W 通过 G 点作用,总浮力 FW 通过瞬时新浮心 B' ,作用,则产生一扶正力 $M = We$,使稳定沉井。

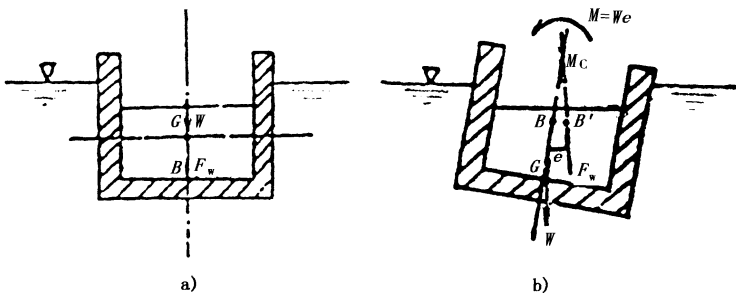


图 7.3.3 浮式沉井浮运时受力情况

沉井重心 G 可由沉井的全部构件对沉井顶或底力矩之和求得;沉井浮心 B 可由沉井外侧的水面到被淹没面积中心的垂直距离求得;沉井的定倾中心 M_c 是通过瞬时

的新浮心位置 B' 作用的总浮力和沉井的原始中线相交点求得；定倾中心至重心的距离 $M_c G$ 可按式 (7.3.3 - 1) 和式 (7.3.3 - 2) 求得：

$$M_c B = \frac{1}{V_s} \quad (7.3.3 - 1)$$

式中： $M_c B$ ——沉井定倾中心至浮心的距离 (m)；

I ——沉井平面面积对旋转轴的惯性矩；

V_s ——沉井沉没部分的体积。

$$M_c G = M_c B \pm GB \quad (7.3.3 - 2)$$

式中： GB ——沉井重心至浮心的距离 (m)，如果 G 在 B 以上，则“-”号，在 B 以下则用“+”号。当 M_c 在 G 以上，沉井是稳定的；当 M_c 在 G 以下，沉井是不稳定的。

7.3.3 2 浮运沉井采用高水位浮运时，则要增加悬浮状态接高沉井的工作量，或增加沉井底节的高度，因此条文规定浮运落床应尽可能安排在能保证浮运工作顺利完成的低水位时进行。

7.4 沉井除土下沉

7.4.1 1 沉井不排水进行挖基，是沉井下沉的基本方法，故条文推荐首先采用。但当缺乏开挖设备时，在稳定的土层中也可以采用排水人工开挖下沉沉井的方法。采用排水人工开挖时，若抽水机需放在井内抽水时，应采用电动水泵，不得采用内燃机水泵，以免废气排入井内，危害人身健康。沉井较深时，应设置通风设备。

7.4.1 2 下沉沉井时，一般不宜使用爆破方法助沉。只有在特殊情况下，如遇大漂石、硬层（包括风化石）等，用一般清除方法无法清除，或当刃脚下土已掏空，采取其他措施不能克服井壁土的摩阻力时，不得已才可采用炮震方法。但必须严格控制炸药用量和操作方法，保证不损伤井壁。

7.4.1 10 5) 空气幕法是通过沉井井壁内预埋管路上的喷气孔向壁外喷射压缩空气，使井壁外的土液化以降低井壁与土层的摩阻力，使沉井加速下沉。特别对水深流急或下沉深度较深的沉井，更为适用。

(1) 气斗，即设在沉井外壁的凹槽及槽中的喷气孔，是空气幕沉井的关键设施。凹槽的主要作用是保护喷气孔，使之避免与土直接磨损，便于气体扩散，使喷出的气压束有一扩散空间，然后较均匀地沿井壁上升形成空气幕。条文所述的气斗形状为 $150\text{mm} \times 50\text{mm}$ 棱锥形，喷气孔直径为 1mm ，是外形简单、制作方便的常用的一种。喷气孔形式，条文规定的 $150\text{mm} \times 50\text{mm}$ 气斗采用的较多，也有的采用 $250\text{mm} \times 80\text{mm}$ 气斗。喷气孔必须钻准、钻通，直径为 1mm ，日本有的使用 $1 \sim 6\text{mm}$ 。喷气孔的数量和布置，沉井下部宜密些，上部可稀些，下部每个气斗作用面积可按 $0.7 \sim 1.3\text{m}^2$ ，上部每个气斗可按 $1.5 \sim 2.0\text{m}^2$ 考虑。

(2) 井壁预埋管路有两种制作形式，一种是同时设环形分气管和垂直管，环形分气管沿井壁半圈或 $1/4$ 圈设一根，视沉井大小及纠偏需要而定，喷气孔设在环形分气管上，垂直管与环形管连接伸出井顶，压气时，气体由垂直管进入环形分气管，然后

由各气斗喷出；另一种是只设垂直管，喷气孔设在垂直管上，此法的优点是管路顺直，空气损耗少，缺点是用料较多，每灌注一节沉井，接长管路的工作量大，故只有在采用特殊气斗时才考虑使用。

(3) 供气系统所需风量可按每个气斗平均耗气 $0.015 \sim 0.023 \text{ m}^3/\text{min}$ 考虑。风压与下沉深度有关，下沉深度 40m 左右的空气幕沉井，风压一般为 $0.4 \sim 0.7 \text{ MPa}$ ，亦可按条文规定的理论水压的 $1.4 \sim 1.6$ 倍计算。

(4) 空气幕沉井施工的要点是均匀除土，勤压气下沉，禁止过分除土而不压气。每次压气时间不宜太长，太长不仅对下沉无效果，而且使沉井外土体扰动太大，停气后气斗易堵塞。

7.4.3 沉井下沉遇到倾斜岩层时，为了防止沉井滑移，应尽量整平。但实际上要全部整平岩层是很难办到的，故条文规定，对于刃脚部分至少要使刃脚周长 $2/3$ 以上搁在岩层上，并嵌入岩层深度不小于 0.25 m 。刃脚以内井底岩层应凿成台阶或榫槽。对于刃脚搁空部分，可以人工（潜土工）袋装混凝土等物填塞缺口，以防清底后在缺口处渗入砂土等。对于表面松软或风化的岩层，应凿除（若风化岩层较厚，设计不要求凿除的除外）。

7.5 基底检验

7.5.2 沉井基底的检验，对于非岩石地基应处理平整；对于岩石地基若全部整平有困难时，可以整理成台阶状。为了保证封底混凝土的浇注质量和基底承载力不小于设计的要求，故条文规定应尽量清除基底面的陡坎、浮泥或岩面残留物等，使清除后基底的有效面积（即沉井底面积扣除在刃脚下一定宽度不可能完全清除干净的面积）不小于设计要求。

7.6 沉井封底

7.6.1 本条规定，沉井封底时若每分钟渗水量上升速度小于或等于 6 mm 时，可按一般无水浇筑混凝土的方法进行封底。这是因为渗水量不大，浇筑混凝土的上升速度可以堵住渗水上升的水头压力。否则须用灌注水下混凝土的方法进行封底。水下混凝土封底的厚度，应根据沉井是空心沉井还是实心沉井而定。空心沉井是在取土井内用砂等填充料填满，或根本不填填充料，其封底厚度按墩台所受的全部最不利荷载组合计算确定；实心沉井是在取土井内浇筑混凝土或砌石，其封底厚度按施工时封底抽水后受力条件计算确定。

7.6.2 4 每根导管开始灌注混凝土时，要求用较小的坍落度，是因为沉井底面积大，若坍落度大，则落下的混凝土流动范围大，不能使水下混凝土面形成一定的坡度，甚至埋不住管底口，难以保证混凝土的质量。

7.6.2 5 导管最小埋入深度应与灌注深度相适应。若灌注深度大，而导管埋入深度过浅，则后灌注的混凝土将冲破先灌注的混凝土而与水接触，发生夹层，影响质量，故规定如表 7.6.2-1。导管埋深还应与两根导管的间距相适应。若导管间距过远，而导管埋入过浅，则由于混凝土表面的流布坡度为 $1/6 \sim 1/4$ ，两根导管中点处会流布不到或混凝土厚度不够，故规定如表 7.6.2-2。施工时应按具体情况，对导管埋入深

度采用两表的最大值。导管埋深也不宜过大。过大时，则混凝土流布速度降低，延长灌注时间，甚至使超压力过小混凝土从导管中流不出来（参见条文说明第 6 章）。

7.6.3 进行水下压浆混凝土封底时，如设计无规定，可按如下要求施工：

1. 压浆混凝土的材料与配合比

- 1) 粗骨料应尽量采用较大粒径，最小粒径应在 15mm 以上，可用碎石或卵石。
- 2) 细骨料以采用圆颗粒的细砂为宜，砂的最大粒径应满足式 (7.6.3 - 1) 及式 (7.6.3 - 2) 的要求：

$$d_{\max} \leq D_h / (15 \sim 20) \leq 2.5\text{mm} \tag{7.6.3 - 1}$$

$$d_{\max} \leq D_{\min} / (8 \sim 10) \tag{7.6.3 - 2}$$

式中： $d_{\max}$ ——砂的最大粒径 (mm)；

D_h ——预填粗骨料的平均粒径 (mm)；

$D_{\min}$ ——预填粗骨料的最小粒径 (mm)。

3) 压注的砂浆应符合下列要求：

- (1) 进入压注管前的流动度宜为 15 ~ 20 (流动度 (稠度) 试验方法见附录 G - 11)；
- (2) 砂浆的压注度不应小于 5 ；
- (3) 砂浆的极限切应力应为 44 ~ 50Pa，粘度应为 0.46 ~ 0.68Pa·s ；
- (4) 砂浆静置 3h 后的泌水率不应大于 1.1% (泌水率的试验方法参见附录 G - 10)；
- (5) 在一个大气压 (0.1MPa) 下水泥砂浆膨胀率宜为 5% ~ 10% ；
- (6) 初凝时间不应早于每一压注区段的压注完成时。

4) 水下压注砂浆中宜掺用木质素磺酸类减水剂，以降低混凝土的用水量并增加其流动度；还应掺入铝粉等膨胀剂，以减少水泥砂浆凝结时的收缩，增大水泥砂浆与粗骨料的粘结力，铝粉掺量约为水泥用量的 0.01% ~ 0.02%。

5) 砂浆中宜掺入粉煤灰，以增加砂浆的流动度并节约水泥，粉煤灰的技术标准及掺量可按照第 11 章有关规定办理。

6) 压浆混凝土的配制强度 (MPa) 一般不应小于设计强度的 1.2 倍，配制的水泥砂浆强度应以压浆混凝土强度除以小于 1 的强度换算系数 α ， α 值应由试验确定，一般为 0.8 ~ 0.9。水泥砂浆的水灰比，根据使用的水泥品种、水泥强度等级和水泥砂浆的强度而定，当水泥砂浆强度为 20MPa 时，水灰比约为 0.45 ~ 0.60。水泥砂浆的灰砂比与水灰比和水泥中混合料掺量的关系，可参考表 7.6. 3 选定。

表 7.6.3 灰砂比与水灰比的关系

水灰比	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65
混合料掺量 (%)	灰 砂 比				
0	1.5	1.1	0.8	0.67	0.56

水灰比	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65
10	1.4	10.3	0.76	0.63	
20	1.3	0.98	0.72	0.59	
30	1.25	0.91	0.68		
40	1.2	0.85	0.64		

注：本表适用于砂浆流动度为 19 ± 2 ，砂的细度模数为 1.55；条件不同时，灰砂比应酌予调整。

2. 压浆混凝土的砂浆压注注意事项

1) 压注管应按设计布置预埋在粗骨料内，当预填石料（碎、卵石或片石）厚度 $< 2\text{m}$ 时，压浆过程中可不提管；当其厚度 $\geq 4\text{m}$ 时，为了减小上拔阻力和防止水下抛石时击坏压注管，宜在压注管下部套一有孔护管筒，护管筒应高出填石高度 1.5m 以上，管底口应切成 45° 的斜面。

2) 压注管的内径与要求的压注流量（ L/min ）和所填粗骨料粒径有关，一般粗骨料的最小粒径为 30mm 、 60mm 、 80mm 时，对于加压灌注，压注管内径可分别采用 $25 \sim 38\text{mm}$ 、 $38 \sim 50\text{mm}$ 、 $38 \sim 55\text{mm}$ ；对于自流灌注，可分别采用 $38 \sim 50\text{mm}$ 、 $50 \sim 56\text{mm}$ 、 $60 \sim 75\text{mm}$ 。

3) 压注管插入水泥浆面的深度宜为砂浆上升极限高度的 $0.4 \sim 0.5$ 倍，一般可控制为 $0.8 \sim 1.2\text{m}$ 。

水泥砂浆用量按式（7.6.3－3）计算：

$$V_c = K_n e v \tag{7.6.2 - 3}$$

式中： V_c ——水泥砂浆用量（ m^3 ）；

K_n ——充填增实系数， $1.03 \sim 1.10$ ；

e ——所填石料的空隙率，由试验得出，一般为 $38\% \sim 48\%$ ；

v ——水下压浆混凝土数量（ m^3 ）。

当采用水灰比较大的水泥砂浆压注时，还应考虑泌水影响，应适当增加水泥用量。

4) 水下压浆混凝土应连续施工，避免水下接缝。

8 地下连续墙

8.1 一般规定

8.1.1 岩溶地区，因有溶洞，挖掘其上面土层时，需要的护壁泥浆易从溶洞中流失，使上面的槽壁坍塌，处理困难；地下承压水很高处的土层多为砂类土，其槽壁极易坍塌。除上述两种地层外，其他各类土层，均适用于以护壁泥浆成槽施工。

8.2 导 墙

8.2.2 2 导墙内侧间距应比地下连续墙墙体稍宽，是考虑川各种型式的成槽机挖槽时，虽然挖槽机上部一般都设有导向装置，但仍难免有些摆动。为了避免机械摆动时

导致槽壁坍塌,故规定导墙内侧间距比地下连续墙墙体厚度稍为增大些。增大的尺度,根据使用的成槽机械的类别而定。机械锥头上部装有导向板的,增大尺度可小一些,否则应大一些。

8.2.2 3 板墙导墙断面最简单,适用于表层土质良好(如紧密的粘质土等)和导墙较矮的情况;U形导墙使用较多,适用于填土、软粘质土等土的承载力较弱的土层。倒L形导墙适用于其上竖向荷载很大时,可根据荷载大小计算确定墙下端伸出部分的长度。

8.2.2 4 导墙底部土层要求按条文规定处理是为了防止导墙沉陷和漏失护壁泥浆;条文提出的基底特殊情况,是基底为软弱上层或松散砂类土时,一般应进行换土处理,可参阅公路施工手册桥涵分册。导墙顶面要求高出原地面是为了防止地面污水流入槽坑,破坏泥浆性能;要求高出水位是为了增加泥浆水头,加大槽壁的抗坍塌能力;导墙顶面应水平是防止护壁泥浆从低处流失;导墙内墙应竖直,一是为挖槽正确导向,二是防止导墙在挖槽施工时倾倒。

8.2.2 5 导墙内部每隔1.0~1.5m设置支撑,可防止导墙被外侧土压力挤垮。

8.3 地下连续墙施工

8.3.5 1 地下连续墙的接头分为施工接头和结构接头两大类。后者是地下连续墙与承台、梁、墩柱连接时的构造性接头。连接处的钢筋、预埋件等构造和施工要求,应按照设计图纸办理。施工接头是地下连续墙划分若干单元节段,可分段挖槽、分段灌注水下混凝土。为使各节段在接头处具有整体性,能传递竖向荷载、横向各项压力和防止渗漏,应在接头处设立施工接头。此类接头有多种型式。如设计有规定时,应按照设计施工。如设计无规定时,应按照本条各项规定办理。

8.3.5 2 如对地下连续墙传力和防渗要求较高时,宜选用接头箱式或隔板式接头。施工工艺较复杂些。详细施工工艺可参阅中国计划出版社出版的《基础工程施工手册》和同济大学出版社1991年出版,赵志缙主编的《高层建筑施工手册》。

8.3.7 1 因地下连续墙墙体截面都是窄而长的矩形,而导管灌注的水下混凝土从导管底部流出以后,向周围成圆形状分布。单元节段长度超过4m时,宜采用2根导管同时灌注,是按灌注半径为2.5m时考虑的。采用多根导管灌注时,导管间的混凝土宁可使其重叠,不可脱节成凹形,故规定导管净距不宜大于3m。导管距节段端部不宜大于1.5m,是考虑接头管(箱)拔出来后留下的空隙,须以混凝土填充。本款是根据中国计划出版社出版的《基础工程施工手册》第四篇第五章拟定的。

9 模板、支架和拱架

9.2.2 2 按部颁标准《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》(JTJ025—86)进行验算时,设计荷载不折减,容许应力的提高系数按1.2.10条表1.2.10临时性结构施工荷载取值。

9.2.2 3 风力可参照《公路桥涵设计通用规范》(JTJ021—89)第2.3.8条的有关规定进行计算。

9.2.3 2 纵向弯曲系数可参照《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》(JTJ025—86)

有关规定计算或取用。

9.2.4 1 (5) 根据《组合钢模板技术规范》(GBJ214—89) 第 4.2.2 条表 4.2.2 拟定的。

9.2.4 2 按原规范第 8.2.3 条拟定。

9.3.2 1 木模接缝是平缝时, 为防止漏浆, 可采取在缝内镶嵌塑料管 (线), 拼缝处钉以铁皮, 或在拼缝外面钉板条、缝内压塑料薄膜或水泥纸袋等措施, 可根据具体情况选定防漏的方法。多次重复使用的木模板, 在内侧钉以薄铁皮, 可以降低木模表面损耗, 增加其周转使用次数。木模的转角加嵌条或做成斜角 (钝角), 可使拆模时构造物的转角处不易损伤破裂, 并较美观。

9.3.3 1 钢框覆面胶合板, 吊环拉应力不应大于 $50\text{N}/\text{mm}^2$, 参考《混凝土结构设计规范》(CBJ10 – – 89) 第 7.9.8 条预制件的吊环拟定的。

9.3.3 2 玻璃钢模板, 采用不饱和树脂粘结材料, 低碱玻璃布作增强材料, 加入引发剂、促凝剂、耐磨材料, 经过拌制, 在模具上铺贴涂刷而成, 可做成不同直径的圆柱模板和其他模板, 特别是重量轻、强度高、韧性好、耐磨等, 形成后的混凝土表面光滑平整。玻璃钢板厚, 根据混凝土的侧压力大小, 柱箍及支承的间距, 经过计算确定, 一般厚度 $4 \sim 5\text{mm}$ 。参考中国建筑正业出版社 1997 年出版, 杨嗣信主编的《建筑工程模板施工手册》第 3.13 条其他模板拟定的。

9.3.4 2 就地灌筑的基础侧模板, 因离地面较低, 且其平面尺寸较大, 在模板外侧设置斜支撑固定模板位置即可。墩、台、梁、板的侧面模板 (包括钢、木模板) 因离地面较高, 除支撑外, 并宜在两侧模板间设置拉杆。梁、板本身不很高时, 拉杆可设在混凝土结构上面; 当墩、台结构本身较高大, 拉杆需要在混凝土中设置多层时, 无论是钢、木模板, 其拉杆位置均应设在模板的肋条处。对需抽拔出来的拉杆, 应在其外周设混凝土套或塑料管套, 待混凝土灌筑完毕, 拉杆拔出时, 用水泥浆填堵孔眼。不抽出的拉杆, 其两端伸出部位应在浇筑完成后锯掉, 或采用两端可拆卸的拉杆。

9.3.4 5 模板设置预拱度的界限和预拱度的线形及计算原则是参照《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTJ023—85) 第 4.2.4 条的规定拟定的。

9.3.5 芯模的种类有充气胶囊芯模、木芯模、钢管芯模和其他材料的芯模。充气胶囊由工厂生产。

9.3.5 3 胶囊芯模在浇筑混凝土时易上浮, 可采取如下措施: 如在浇筑混凝土时, 加工几个与模板联系的弧形卡具, 把胶囊卡紧, 随着混凝土的浇筑位置移动而移动, 可有效的防止上浮, 同时浇筑混凝土时应对称平衡地进行, 防止胶囊因受到浇筑混凝土的偏心压力而位移。

9.3.5 4 空心桩、板的胶囊放气时间与气温高低关系很大, 对于直径为 $250 \sim 300\text{mm}$ 的胶囊, 其放气时间可参考表 9.3.5 确定。

表 9.3.5 胶囊放气时间

气温 ($^{\circ}\text{C}$)	0 ~ 5	5 ~ 15	15 ~ 20	20 ~ 30	> 30
混凝土浇筑完后 (h)	10 ~ 12	8 ~ 10	6 ~ 8	4 ~ 6	3 ~ 4

- 9.3.5 6 采用钢管芯模并应涂刷隔离剂。结构混凝土浇筑完成后,应定时转动芯管模,防止与混凝土粘结。抽拔芯管模的时间,以混凝土抗压强度达到 $0.4 \sim 0.8\text{MPa}$ 时为宜。抽拔时应细心,用力方向应平行于芯管轴线,防止损伤结构混凝土。
- 9.3.6 1 参考中国建筑工业出版社 1997 年出版,杨嗣信主编的《建筑工程模板施工手册》第 3 章 3.7。
- 9.3.6 2 参考中国建筑工业出版社 1997 年出版,杨嗣信主编的《建筑工程模板施工手册》第 3 章 3.8 及同济大学出版社 1991 年出版,赵志缙主编的《高层建筑施工手册》第 16 章拟定的。
- 9.3.6 3 参考 1995 年桥梁学术讨论会《论文集》“虎门大桥高塔施工电动爬架拆翻模板技术”及《桥梁建设》(1993.3)“JPM—I 型高墩爬模的设计与施工”拟定的。
- 9.4.1 1 参考中国建筑工业出版社 1997 年出版,杨嗣信主编的《建筑工程模板施工手册》5.4.5 模板支柱计算拟定的。
- 9.4.1 2 参考《西南公路》(1992.2)“肋式拼合木拱架截面的型式和尺寸”及《西南公路》(1993.1)“桁式梳形木拱架介绍”及人民交通出版社 1961 年出版的高等学校试用教材《桥梁及道路人工构造物》第三分册。
- 9.4.1 3 参考中国铁道出版社 1994 年出版的铁路工程施工技术手册《桥涵》下册第十三章拱桥;人民交通出版社 1992 年出版的公路施工手册《基本作业》第一章第一节及第五节;《贵州交通科技》(1988.3)“扣件式钢管拱架的使用及经济效益”。
- 9.4.2 1 设置施工拱度时需要考虑的因素,不仅要考虑结构物本身的重力,还要加上 $1/2$ 的汽车荷载(不计冲击力),这是因为如全部不考虑动荷载,则梁或拱设置的施工上拱度太小,遇到动荷载时,梁或拱会下挠过大;如按全部荷载考虑,则当荷载未上去时,梁或拱会上凸过大。因此,规定按 $1/2$ 的动荷载计算设置施工拱度,以防梁或拱下挠过大或上凸过大。

预留施工沉落值参考数据见表 9.4.2。

表 9.4.2 预留施工沉落值参考数据

项 目		沉落值 (mm)
接头承压非弹性变形	木与木	每个接头顺纹约为 2, 横纹为 3
	木与钢	每个接头约为 2
卸落设备的压缩变形	砂筒	2 ~ 4
	木楔或木马	每个接缝约 1 ~ 3
支架基础沉陷	底梁置于砂土上	5 ~ 10
	底梁置于粘土上	10 ~ 20
	底梁置于砌石或混凝土上	约 3
	打入砂土中的桩	约 5
	打入粘土中的桩	约 5 ~ 10 (桩承受极限荷载时用 10, 低于极限荷载时用 5)

- 9.4.3 2 木支架、拱架的接头是受力的弱点,而且要多耗用材料,故规定接头应尽量减少。相邻立柱的接头如设在同一水平面上,对承受水平方向的力很不利,故规定

尽量分设在不同的水平面上。压力杆件在接头处最易受压失稳，因此，规定主要压力杆件的接头应采用对接并用夹板夹紧，以弥补其弱点。

9.4.3 3 拱圈轴线是否符合设计，对拱圈受力情况非常重要，现场灌筑混凝土拱圈或砌体圬工拱圈的拱轴线都受拱架顶端高度制约。当各排拱架立柱的长度确定后，则拱架底部支承面的标高是否正确将影响拱架顶端的拱圈轴线，故规定对拱架支撑面标高应详细检查。

9.4.3 4 1) 支架立柱必须安装在有足够承载力的地基上，是为了防止支架沉陷过大，使浇筑或砌筑的混凝土结构或石砌体变形，影响其承受活荷载的能力。若地基承载力达不到上述要求，应采取加固地基或将立柱支承在砖石或混凝土的扩大基础上或基桩上。扩大基础和基桩的构造、尺寸应通过计算确定。

9.5.1 1 1) 为保证非承重侧模板拆模时混凝土表面及棱角不致因拆模而被损坏、断裂，混凝土本身不致不能支持自重而变形、坍塌，这就要求拆模时混凝土的抗拉强度和抗剪强度要大于模板与混凝土间的脱模（粘结）力，其抗压强度则须足以支持其自重。从交通部第一公路工程局设计科研所 1987 年的《混凝土与钢、木模板粘结力试验报告》及《新灌筑混凝土的侧压力试验报告》中查得混凝土的抗拉强度一般为其抗压强度的 1/10～1/16，抗剪强度为抗压强度 1/4～1/6，因此，为控制拆模时混凝土的抗拉强度和抗剪强度，拆模前应测定其抗压强度，一般情况下，抗压强度达到 2.5MPa 时，可满足拆除侧模时所需各项强度，拆模参考时间可见表 9.5.1－1。

表 9.5.1－1 拆除非承重模板的估计期限

混凝土强度（MPa）	水泥品种及强度等级	混凝土强度达 2.5MPa 所需时间（h） 及硬化时昼夜平均温度（℃）						
		+ 5	+ 10	+ 15	+ 20	+ 25	+ 30	+ 35
20	32.5 矿渣水泥	23	16	13	10	9	8	7
40	42.5 矿渣水泥	22	10	9	7	6	5	5
	52.5 普通水泥	15	11	9	8	6	5	4
	52.5 硅酸盐水泥	14	9	7	6	4	4	4

注：①本表拆模期限按混凝土强度达到 2.5MPa 的时间考虑；
②当采用火山灰水泥、粉煤灰水泥时，可参照矿渣水泥考虑；
③混凝土强度小于或等于 C15 时，拆模时间应酌情予以延长。

混凝土与模板间的粘结力可分为受拉和受剪。与模板垂直方向脱模时，其脱模力是受拉，例如结构物底模板整体向下脱模，箱梁内室板利用机械整体脱离混凝土面等；与模板平行方向（切向）脱模时，其脱模力是受剪，例如拉模、滑模等，只适用于混凝土尚未初凝，具有可塑性时的情况，拆除非承重侧模板或承重底模板时都不会使用这种方法。

将模板整体同时法向脱离混凝土面的方法也是不常使用的，因为这需要很大的牵

引脱模力，除了克服模板与混凝土的粘结力外，还要克服大气压力加在模板上的压强，后者可达 0.1MPa，一块 1m² 的模板仅克服大气压力就需要 100kN 之牵引力。故一般拆除模板的方法是采用转角法，即用撬棍或其他机械、液压设备，先将模板的某一边脱离混凝土，然后逐步使全部模板脱离混凝土。这样就不需要考虑大气的压力，同时其脱离面积小，总的牵引力也小得多。模板与混凝土的抗拉粘结力与模板材料 and 是否涂脱模剂及脱模剂种类有关。一般不涂脱模剂的钢模板与混凝土的粘结力约为 14 ~ 16kPa，本条条文规定混凝土抗压强度达到 2500kPa，即其抗拉强度最小已达到 156kPa 时方可拆除侧面模板，此值较脱模受力大 10 倍以上，可保证混凝土表面及棱角不致因拆模而被损坏。

9.5.1 1 3) 钢筋混凝土结构的承重模板和其支架、拱架的拆除，原则上应以混凝土实际抗弯、抗剪强度能承受其自身重力及其他可能的叠加荷载为准，拆模参考时间可见表 9.5.1 - 2。

表 9.5.1 - 3、表 9.5.1 - 4 的数值引自交通部第一公路工程局设计科研所 1987 年的《混凝土与钢、木模板粘结力试验报告》，给出模板与混凝土的粘结力，可作为活动模板设计和拆卸模板期限的参考。

表 9.5.1 - 2 拆除承重模板的估计期限

达到设计 强度(%)	水 泥		拆模期限(d)及硬化时昼夜平均温度(℃)						
	品种	强度等级	+ 5	+ 10	+ 15	+ 20	+ 25	+ 30	+ 35
50	硅酸盐水泥、普通水泥	52.5	6.5	5	4.2	3	3	2.5	2
	矿渣水泥	42.5	17	13	9.5	6	4	3	2.5
	矿渣水泥	32.5	18	15	12	8	6.5	5	3.8
100	硅酸盐水泥、普通水泥	52.5	41	36	32	28	19	15	13
	矿渣水泥	42.5	56	47	39	28	26	19	17
	矿渣水泥	32.5	62	51	41	28	25	22	18

- 注 :①本表按 C20 级以上一般混凝土考虑；
②火山灰水泥、粉煤灰水泥可参照表中矿渣水泥考虑；
③普通水泥强度等级小于或等于 42.5 的 拆模期限应酌情予以延长；
④采用干硬性、低流动性或掺有外加剂的混凝土时 拆模期限可通过试验确定。

表 9.5.1 - 3 混凝土与模板的法向粘结力(kPa)

混凝土强度 (MPa)	钢 模 板				木 模 板			
	机 油		隔 离 剂		机 油		隔 离 剂	
	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值
50	10.6	21.9	6.6	10.7	11.9	22.1	7.4	15.6

混凝土强度 (MPa)	钢 模 板				木 模 板			
	机 油		隔 离 剂		机 油		隔 离 剂	
	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值
35	10.0	18.2	4.1	9.6	10.2	18.8	5.7	11.7
20	7.8	15.1	3.2	8.1	8.7	16.7	4.5	10.2
12.5	3.6	5.7	2.4	6.0	2.7	4.7	2.9	6.3

表 9.5.1－4 混凝土与模板的切向粘结力(kPa)

混凝土强度 (MPa)	钢 模 板				木 模 板			
	机 油		隔离剂		机 油		隔离剂	
	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值
50	15.1	27.5	5.9	18.0	17.6	29.7	8.2	24.2
35	9.5	23.9	3.4	4.9	10.0	22.6	3.8	7.3
20	7.5	15.6	2.9	4.6	8.2	19.6	3.3	6.4
12.5	1.2	2.6	2.7	4.1	2.2	5.4	1.9	3.4

9.5.1 2 1) 当石拱桥封顶合龙，砂浆强度达到设计强度的 70%后，完全可以承受施工荷载所产生的应力，故可以不必等到砂浆强度达到设计强度才卸架。另外，无论混凝土或砂浆，强度增长都比前期缓慢，大跨径拱桥砌拱上结构时，如未先拆卸拱架，有可能使拱圈（拱肋）或拱上建筑开裂。故条文规定达到砂浆强度 70% 即可以卸架，既可保证工程质量与安全，又可缩短工期，而且便于掌握。

9.5.1 2 2) 中小跨径的石拱桥，因施工期短，待拱上建筑或护拱全部砌筑完成并待砂浆强度达到设计强度后一并卸架，这样可加速施工进度。至于大跨度空腹式拱，宜在拱上小拱横墙砌好、未砌小拱圈时卸架的理由如第 1) 项所述，避免开裂。

9.5.1 2 3) 当拱上建筑或护拱未砌筑，进行裸拱卸架时，拱圈的自由长度较大，容易产生顺桥向压屈失稳或横桥向摆动失稳，有时还因拱圈应力超过允许应力而发生危险，故规定应进行验算。验算方法可参考人民交通出版社 1976 年出版的《拱桥设计计算手册》，或其他技术资料。

9.5.2 2 卸落支架或拱架的总的原则要求是对称、少量、多次、逐渐完成，使结构物逐步承受荷载。总的目的是避免结构物在卸架过程中发生开裂等质量事故。拆卸支架、拱架时，用仪器观测拱圈或梁的变形情况，以指导卸架的程序，以免发生变形过大，产生裂缝等质量事故，是完全必要的。作出记录和积累资料可总结经验以指导今后施工，并可作为本桥养护时的原始资料。

9.5.2 3 墩台模板上部构造施工前拆除，可便于检查墩台位置、标高、结构质量，如有问题可及时予以调整、改正。

9.6 质量检验

9. 6. 1 钢框胶合板模板制作允许偏差见表 9.6.1 - 1。

表 9.6.1 - 1 钢框胶合板模板制作允许偏差

项 目		允许偏差 (mm)
外形尺寸	长度	- 1.0
	宽度	- 1.0
	厚 (高) 度	± 0.50
	对角线	1.50
连接孔眼	沿板长度的孔中心距	± 0.60
	沿板宽度的孔中心距	± 0.50
	孔中心与板面的间距	± 0.30
	累计误差	± 1.00
	孔眼直径	± 0.3
板面平整度		1/1000
边板平直度		1/1000
板面与边框成直角		- 0.30
板面与边框部间隙		1.00
边框高与板面		0 ~ 0.5
埋头螺栓与板面距		± 0.30

注：平整度、平直度用 2m 靠尺、塞尺检测。

液压滑动模板构件制作的允许偏差见表 9.6.1 - 2。

表 9.6.1 - 2 液压滑动模板构件制作的允许偏差

项 目			允许偏差 (mm)
钢模板	表面平整度		1
	长度		2
	宽度		- 2
	侧面平整度		2
	连接孔位置		0.5
围圈	长度		- 5
	弯曲	≤ 3m	2
	长度	> 3m	4
提升架	连接孔位置		0.5
	高度		3
	宽度		3
	围圈支托位置		2
	连接孔位置		0.5
支承杆	弯曲		$< \frac{2}{1000} L$
	直径		- 0.5
	丝扣接头中心		0.25

注：① L 为支承杆加工长度；

②表面平整度用 2m 靠尺、塞尺检测。

10 钢 筋

10.1 一般规定

10.1.1 本条附录系摘自国标《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB1499—98)、《钢筋混凝土用光圆钢筋》(GB13013—91)及《低碳钢热轧圆盘条》(GB701—97);环氧树脂涂层钢筋的标准可参照《环氧树脂涂层钢筋》(JC3042—1997)执行。

10.1.3 不论大、中、小桥,使用的钢筋均应具有如条文所述的出厂质量证明书。对无出厂质量证明书的钢筋,原则上不宜使用,必须使用时,应按现行《公路工程金属试验规程》(JTJ055)进行各项力学性能试验,视其符合 GB1499 的何种等级,再按试验结果选用,而且不得使用于承重结构的重要部位上。需要焊接的结构物受力钢筋,还应做可焊性试验。

钢筋的可焊性试验与第 10.3.1 条所规定的钢筋焊接前必须试焊,二者的目的与要求是不同的。可焊性试验是确定钢筋在一定的焊接工艺条件下,能否达到要求的质量标准,如不能满足要求,说明这批钢筋的可焊性差,应不予验收,或者在焊接工艺上采取措施解决,或考虑采用机械连接接头。钢筋可焊性的好坏,主要决定于钢筋的化学成分,一般含碳低的,可焊性较好,含碳量高的则反之。有时需要采取预热、缓冷等工艺措施以防止产生裂缝等缺陷。此外,合金钢中含锰、硅、镍、铬等元素时,也可能影响可焊性。可焊性试验方法很多,可参考有关焊接技术资料,一般可参照《公路工程金属试验规程》(JTJ055)有关的规定进行。10.3.1 条规定是为了考核焊工技术水平,看其能否保证焊件的力学性能和质量。

10.1.4 由于钢筋的供应问题,以另一强度、牌号或直径的钢筋代替设计所规定的钢筋在施工中经常发生,除按照条文规定办理外,一般还应注意下列事项:

1. 应将两者的计算强度进行换算,并对钢筋截面积作相应的改变。
2. 其直径变化范围最好不超过 4~5mm,变更后的钢筋总截面面积差值不小于 -2%,或大于 +5%。
3. 钢筋强度等级的变换不宜超过 1 级,用高一级钢筋代替低一级钢筋时,宜采用改变直径的方法而不宜采用改变钢筋根数的方法来减少钢筋截面积,必要时尚需对构件的裂缝和变形进行校核。
4. 以较粗钢筋代替较细钢筋时,应校核握裹力。
5. 当代用钢筋的排数比原来的增多,截面有效高度减小或改变弯起钢筋的位置时,应复核其截面的抵抗力矩或斜截面的抗剪配筋。

10.1.5 已冷拉过的 I 级钢筋或未冷拉过的 HRB335、HRB400 牌号钢筋,因其冷弯性能较差,用做吊环易发生脆断(特别是在冬季),故本条规定吊环应采用未经冷拉的 I 级热轧钢筋。

10.2 钢筋的加工

10.2.1 用冷拉法调直 I 级钢筋,可同时去掉钢筋表面锈皮,提高除锈工作效率。冷拉率的大小以能将钢筋调直并去掉锈皮为宜,不必也不宜过多的提高冷拉率。因为目前国内生产的 I 级钢筋多属 12mm 以下的光面圆钢筋,且多用于箍筋、分布钢筋或构

造钢筋，没有必要通过冷拉来提高它的强度，故其冷拉率以不过多超过钢筋的屈服点时的伸长率为宜。Ⅰ级钢筋的额定屈服点为 235MPa（规范附录 E - 1），此时的伸长率为 1.1%（Ⅰ级钢筋的伸长率 $\delta_5 = 25\%$ 是抗拉强度 370MPa 时的伸长率）。本条参考《水工混凝土施工规范》（SDJ207—82）规定，Ⅰ级钢筋的调直最大冷拉率不宜大于 2%。HRB335、HRB400、HRB500 牌号钢筋调直冷拉率不宜大于 1%。

10.2.2 本条所指钢筋主要是受力主筋，其弯制的形状由设计规定。为了防止弯钩加工时弯钩部分发生裂纹，降低弯钩部分的抗拉强度，规定了各级钢筋弯钩的最小半径。有些受压截面里的变形钢筋，设计上认为它的粘结力已够，可不设弯钩。有些主钢筋在跨径中弯起，规定其弯曲最小半径是为了防止弯曲处的混凝土被钢筋的合成应力压碎。一般主钢筋末端除应做弯钩外，并应有适当的锚着平直长度，以便发挥其受力作用。锚着平直长度，Ⅰ级钢筋 $\geq 3d$ ；HRB335、HRB400 牌号钢筋应分别 $\geq 5d$ 和 10d。

10.3 钢筋的连接

- 10.3.1 1 本条依据国标《混凝土结构工程施工及验收规范（GB50204—92）修订。
- 10.3.1 2 本条及以下相关条款均依据《钢筋焊接及验收规程》（JGJ18—96）进行了修订。
- 10.3.1 3 钢筋焊接的质量与焊工的技术水平关系极大，故参加钢筋焊接的焊工必须有考试合格证。考试内容和方法可参照《钢筋焊接及验收规程》（JGJ18—96）。
- 10.3.1 4 钢筋接头如采用搭接或帮条电弧焊接而做成单面焊缝时，钢筋产生偏心应力，对钢筋受力情况不利，故条文规定应尽量采用双面焊缝。有时由于钢筋布置密集，双面帮条摆不下去（或其他原因），才允许做成单面帮条电弧焊或单面搭接焊。
- 10.3.1 5 电弧焊缝所需长度按焊缝厚度九不小于 0.3d，焊缝宽度 b 不小于 0.7d（d 为钢筋直径），见《钢筋焊接及验收规程》（JGJ18—96），是按接头强度与钢筋强度等强原则则考虑焊接质量安全系数而定的。
- 10.3.1 6 电弧焊条选用主要原则是焊条熔解后形成的金属强度应与被焊接的钢筋强度相同。表 10.3.1 中焊条型号第 3 位、第 4 位数字为 03 的，是钛钙型焊条，是一种最常用的焊条，在实际生产中，根据具体情况，亦可选用相同熔敷金属抗拉强度的其他药皮类型焊条。

表 10.3.1 钢筋电弧焊焊条型号

钢筋 级别	电弧焊接接头型式			
	帮条焊、搭接焊	坡口焊、熔槽帮条焊 预埋件穿孔塞焊	窄间隙焊	钢筋与钢板搭接焊、 预埋件 T 形角焊
I	E4303	E4303	E4316 E4315	E4303
HRB335	E4303	E5003	E5016 E5015	E4303
HRB400	E5003	E5503	E6016 E6015	—

注：窄间隙焊不适用于余热处理Ⅲ级钢筋。

焊剂应按有关要求使用, 主要指焊剂应存放在干燥的库房内, 当受潮时, 在使用前应经 $250 \sim 300^{\circ}\text{C}$ 烘焙 2h。使用中回收的焊剂应清除熔渣和杂物, 并应与新焊剂混合均匀后使用。

在电渣压力焊和埋弧压力焊中所用的焊剂, 可采用 HJ431 焊剂, 或经技术鉴定, 符合国家有关标准规定的专用焊剂。同时, 氧气的质量应符合现行国家标准《工业用气态氧》(GB3863) 的规定, 其纯度应大于或等于 99.5%; 乙炔的质量应符合现行国家标准《溶解乙炔》(GB6819) 的规定, 其纯度应大于或等于 98.0%。

当采用低氢型碱性焊条时, 应按使用说明书的要求烘焙, 且宜放入保温筒内保温使用; 酸性焊条若在运输或存放中受潮, 使用前亦应烘焙后方能使用。

适用于焊接的钢筋, 其性能应符合附录 E - 1 的规定。对于预埋件接头、熔槽帮条焊接头和坡口焊接头中的钢板和型钢, 宜采用低碳钢或低合金钢, 其性能应符合现行国家标准《碳素结构钢》(GB700) 或《低合金高强度结构钢》(GB/T1591) 的规定。

10.3.1 8 本条规定是依据国标《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204—92) 拟定的。

10.3.1 11 钢筋绑扎接头的最小搭接长度, 依据《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204—92), 较原规定有较大的修改, 已按混凝土的强度等级不同而提出不同的规定。

10.3.2 1 《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ107—96) 中把机械连接接头分为 SA、A、B 三个性能等级, 考虑到桥涵结构基本上都要承受动力荷载并有各级抗震要求, 所以规定采用与上述规程中 SA 级接头性能等级相符的接头。对于抗疲劳性能, 当设计无明确要求时, 亦应满足 (JGJ107—96) (含 1998 年局部修订) 3.0.6 条的规定。

对于墩粗直螺纹钢筋接头, 如其接头性能指标符合附录 E - 3 中附表 E - 3 - 1 的规定, 其材料、接头质量符合相关行业标准, 经主管部门批准, 也可使用。

墩粗直螺纹钢筋接头有关技术要求如下:

墩粗直螺纹钢筋接头适用于 HRB335、HRB400) 热轧带肋钢筋。用于墩粗的钢筋应符合现行国家标准的要求, 套筒与锁母材料宜使用优质碳素结构钢或合金结构钢。

1. 制造工艺要求

- (1) 钢筋下料时, 切口端面应与钢筋轴线垂直, 不得有马蹄形或挠曲;
- (2) 墩粗头的基圆直径应大于丝头螺纹外径, 长度应大于 $1/2$ 套筒长度, 过渡段坡度应小于 1.3;
- (3) 墩粗头不得有与钢筋轴线相垂直的横向表面裂纹;
- (4) 不合格的墩粗头, 应切去后重新墩粗, 不得对墩粗头进行二次墩粗;
- (5) 如选用热墩工艺墩粗钢筋, 则应在室内进行钢筋墩头加工;
- (6) 钢筋丝头的螺纹应与连接套筒的螺纹相匹配, 公差带应符合《普通螺纹公差与配合》(GB197) 的要求。

2. 接头质量要求

(1) 接头拼接时用管钳扳手拧紧,应使两个丝头在套筒中央位置相互顶紧;

(2) 拼接完成后,套筒每端不得有一扣以上的完整丝扣外露,加长型接头的外露丝扣数不受限制,但应有明显标记,以检查进入套筒的丝头长度是否满足要求;

(3) 丝头加工现场检验及套筒出厂检验应合格,检验方法应符合相关行业标准的规定。

接头的标志、包装、运输和储存亦应符合相关行业标准的规定。

10.3.2 2 因为机械连接中连接件的强度比钢筋母材一般高出 10% 以上,局部锈蚀对连接件的影响不如对钢筋锈蚀敏感。此外,连接件保护层厚度是局部问题,要求过严会影响全部受力主筋间距和保护层厚度,故适当放宽。

10.3.2 4 挤压接头规定为直径 16~40mm 的 HRB335、HRB400 牌号带肋钢筋和余热处理钢筋,对进口带肋钢筋可参考应用,但需进行补充试验,符合接头性能要求后方可采用。挤压接头按其挤压方法不同可分为径向挤压和轴向挤压两种,本条是针对径向挤压接头编制的。轴向挤压接头也可参照本条办理。

10.3.2 4 1) 挤压接头可以连接不同直径的钢筋。但当采用的套筒两端直径和壁厚均相同时,连接钢筋的直径不宜相差过大,否则套筒过度变形后塑性严重降低,影响连接接头的性能和质量稳定性。

10.3.2 4 2) 由于目前低温时试验数据代表面不够广,为留有余地,暂定为 -20℃。低于该温度时应补充进行低温试验。

10.3.2 4 3) 本项所述的有关规定,系指应符合本条第 1 款的规定。

10.3.2 4 4) 分类规格的钢筋都要与相应规格的套筒相匹配,避免随意混用。

10.3.2 4 5) 本项是参照《带肋钢筋套筒挤压连接技术规程》(JGJ108—96)“挤压接头的施工”编写的。

10.3.2 5 本条及相关条文是参照《钢筋锥螺纹接头技术规程》(JGJ109—96)编写的,进口钢筋亦可参考本规范应用锥螺纹接头。

(1) 为了保证套丝质量,减少套丝机和梳刀的损坏,钢筋下料时,应做到切口端面垂直钢筋轴线。钢筋平直,切口无马蹄形,且不挠曲。

(2) 鉴于国内现有的钢筋锥螺纹接头的技术参数不相同,其套丝机、螺纹锥度、牙形、螺距等也不一样,为此施工单位采用时要特别注意,对技术参数不一样的接头决不能混用,避免出现质量问题。检查加工质量用的牙形规、卡规或环形规、锥螺纹塞规应由提供钢筋连接技术的单位配套提供。

(3) 钢筋锥螺纹丝头质量好坏直接影响接头的连接质量,为此要求在工人自检的基础上,按每种规格钢筋加工批量的 10% 抽验。决不允许使用牙形撕裂、掉牙、牙瘦、小端直径过小、钢筋纵肋上无齿形等不合格丝头连接钢筋。查出一个不合格丝头,则应重检该批丝头,对不合格丝头可切去一部分,再重新加工出合格丝头,并及时填写检验记录,不得追记。

(4) ①接头的质量和锥螺纹的加工质量有关。如果弄脏或碰伤钢筋丝头会影响接头的连接质量。为此必须保持钢筋丝头及连接套螺纹的干净和完好无损。②上海、南

京、北京地铁车站的顶板、底板与连续墙的水平钢筋连接，曾发生过由于带连接套的钢筋固定不牢，在连续墙钢筋笼下沟槽时，将水平钢筋碰弯或将带连接套的钢筋碰掉，给连接钢筋带来很大困难。为此必须把带连接套的钢筋固定牢固。为了防止水泥浆等杂物进入连接套而影响接头的连接质量，一定要坚持取下一个密封盖连接一根钢筋的施工顺序。

③力矩扳手是连接钢筋和检验接头连接质量的定量工具，可确保钢筋连接质量。为保证产品质量，力矩扳手应由具有生产计量器具许可证的工厂加工制造。产品出厂时应有产品出厂合格证。

④考虑到力矩扳手的使用次数不一样，可根据需要将使用频繁的力矩扳手提前校准。不准用力矩扳手当锤子或撬棍使用，要轻拿轻放，不许坐、踏。不用时，将力矩扳手调到 0 刻度，以保持力矩扳手精度。

⑤连接钢筋时，应先将钢筋对正轴线后拧入锥螺纹连接套筒，再用力矩扳手拧到规定的力矩值。决不应在钢筋锥螺纹没拧入锥螺纹连接套筒，就用力矩扳手连接钢筋，以免损坏接头丝扣，造成接头质量不合格。不许接头拧的过紧的目的是防止损坏接头丝扣。为了防止接头漏拧，每个接头拧到规定的力矩值之后，一定要在接头上做标记，以便检查。

⑥力矩扳手使用一段时间后，精度有可能发生变化。为确保质检用的力矩扳手精度，规定质检用的力矩扳手与施工用的扳手应分开使用，不得混用。

10.4 钢筋骨架和钢筋网的组成及安装

10.4.1 钢筋的安装应尽可能先制成骨架片和网片，放入模板内焊接或扎结成整体。若起重、运输条件许可，应尽可能组成单元，吊入模板内稍加整理即可浇灌混凝土，这对保证钢筋安装质量和加快施工进度都有好处。

10.4.2 跨径较大的 T 梁、箱梁以及预应力混凝土梁等的预留拱度应由设计规定。

10.4.2 1 梁的钢筋骨架放样时应设预留拱度，除考虑焊接变形外，还要考虑建成后由恒载、徐变、部分活载引起的拱度不致过大。装配式 T 梁钢筋骨架的预留拱度可参照表 10.4.2。

表 10.4.2 T 梁钢筋骨架的预留拱度

T 梁跨径 (m)	< 10	10	16	20
工作台上预拱 (mm)	30	30 ~ 50	40 ~ 50	50 ~ 70

10.4.2 5 按照条文规定的施焊顺序进行，可防止或减少骨架的变形。

10.4.3 钢筋网交叉点进行点焊或绑扎的目的，是防止钢筋网在运输和安装过程中变形，导致钢筋不能按设计就位和受力。条文中提出了设置焊点或绑扎点的原则要求和位置，组装钢筋网时应参照办理，以达到牢固不变形。

10.4.4 本条规定的目的，是使箍筋弯钩尽可能地伸入混凝土中，加强箍筋固定主钢筋的作用。

10.4.5 钢筋的保护层厚度以及钢筋的间距，对保持钢筋与混凝土的握裹力，防止钢筋锈蚀，保证结构的耐久性具有重要的作用，因此，必须严格使其符合设计要求。条文中提出了保证保护层厚度的几种方法，重要的是垫块要绑扎牢固，间距不能过大，以达到支垫的效果。对钢筋保护层厚度，当设计未明确提出要求时，应按表 10.4.5 控制。

表 10.4.5 钢筋的混凝土保护层厚度

项 目		保护层厚度 (mm)
钢筋混凝土梁	主钢筋侧面	≥ 25
	主钢筋底面	$\geq 30 \leq 50$
	箍筋、防裂缝筋	≥ 15
预应力混凝土梁先张法	预应力钢筋	≥ 25
预应力混凝土梁后张法	侧面、顶面	≥ 35
	底面	≥ 50
板	主钢筋	≥ 20
	钢筋网上下层钢筋	≥ 15
柱与墩台	受力钢筋侧面	≥ 25
钢筋混凝土肋式桥台	钢筋	≥ 30
涵管	钢筋	≥ 20

注：本表仅适用于一般情况，对处于腐蚀作用的环境，保护层应符合第 11 章的有关规定。

10.5 质量检查和质量标准

10.5.1 本条修订后已与国标《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204—92) 一致。

10.5.2 本条系依据《钢筋焊接及验收规程》(JGJ18—96) 进行修订的。

10.5.3 钢筋的机械连接的相关条文及条文说明均是参照《钢筋机械连接通用技术规程》、《带肋钢筋套筒挤压连接技术规程》、《钢筋锥螺纹接头技术规程》有关章节编写的。

钢盘连接工作开始前及施工过程中，应对每批钢筋进行接头工艺检验，目的是检验接头技术提供单位所确定的工艺参数是否与本工程中的进场钢筋相适应。为了防止某些单位选用面积超公差和超强度的钢筋制作接头试件，以满足附录 E - 3 中附表 E - 3 - 1 的强度要求，造成接头试件的实测数据不能正确反映接头工艺的质量水准和接头对母材强度的削弱状况，故在本条中规定了试件抗拉强度尚应满足大于等于 0.95 倍钢盘母材的实际抗拉强度。附加这项要求后，除提高了工艺检验的可靠性，减少错判概率外，还可提高实际工程中抽样试件的合格率，减少工程使用后再发现问题造成的经济损失。

现场检验也叫施工检验，是由检验部门在施工现场进行的抽样检验。一般只进行外观质量检验和单向拉伸试验。有特殊要求的接头，由设计图纸另行提出相应的检验要求。

按验收批进行现场检验，同批条件为：材料、型式、等级、规格、施工条件相同。批的数量为 500 个接头，不足此数时也按 1 批考虑。

规定了单向拉伸试验的数量（每批在结构工程中随机抽取 3 件）检验要求（附录 E - 3 中附表 E - 3 - 1 中强度指标）和合格条件。同时又规定了复式抽检时的检验规则。钢筋机械接头的破坏形态有三种：钢筋母材拉断、连接件拉断、钢筋从连接件中滑脱。只要满足附录 E - 3 附表 E - 3 - 1 的要求，任何破坏形式均可判为合格。本

条强调要在结构工程中随机截取接头试件作为现场检验的单向拉伸试件,这是为了充分保证试件的随机性和代表性。国内工程经验表明,送样或车间抽样和随机在工程中抽样两种方法的试验结果和合格百分率有不少差异,为了提高抽样的代表性,严把质量关,应坚持在工程中随机抽取。某些类型的机械接头,如锥螺纹接头,在现场结构中(尤其是在柱子中)割取后不能继续再使用锥螺纹接头时,应允许采用焊接或搭接等方法来局部替代被割去的接头。因为被替代的接头数在结构中所占比例通常都很小,它不会造成对结构强度的损害。

现场检验当连续 10 个验收批均一次抽样合格时,表明其施工质量优良且稳定。故检验批接头数量可扩大一倍,即按不大于 1000 个接头为 1 批,以减少检验工作量。

带肋钢筋套筒挤压连接规定接头外观质量检验的内容和要求。对外形尺寸的检查,给出了两个指标,即挤压后的套筒长度和压痕处套筒外径。工地外观检验时任选其中一种方法即可。本条规定外观检验的抽检数,并规定外观质量不合格时进行复检的制度。鉴于外观检查是接头质量(强度和变形性能)的一种附加的辅助性检验手段,因而不能把它作为直接判定接头性能合格与否的标准之一,而只能是影响抽检制度的一种指标,当外观检验合格时为正常抽检制度,外观不合格时,要在外观不合格的接头中补充抽检接头。这种方法较为经济合理,错判的概率比较小。

钢筋锥螺纹接头如发现接头有完整丝扣外露,说明有丝扣损坏或有脏物进入接头丝扣或丝头小端直径超差或用了小规格的连接套;连接套和钢筋之间如有一圈明显的间隙,说明用了大规格连接套连接了细钢筋。出现以上情况应及时查明原因排除故障,重新连接钢筋。如接头已不能重新连接,可采用 E50XX 型焊条补强,将钢筋与连接套焊在一起,焊缝高度不小于 5mm。当连接 HRB400 牌号钢筋时,应先做可焊性能试验,经试验合格后,方可焊接。

11 混凝土及钢筋混凝土工程

11.1 一般规定

11.1.1 水下混凝土及预应力混凝土有与普通钢筋混凝土不同的要求,还应符合相关规定。

11.1.2 混凝土的强度等级,应按立方体抗压强度标准值划分。混凝土强度等级采用符号 C 与立方体抗压强度标准值(以 MPa 计)表示。以边长为 150mm 的立方体混凝土为标准试件系用“等级 C××”来表示其强度分级值,而原规范中规定的以边长为 200mm 的立方体为标准试件则是用“标号”来表示其强度分级值。现取消了原 200mm 立方体试件作标准试件的规定,已与现行国标规定一致。因现行设计图纸仍使用“标号”来表示其强度分级值,在设计图纸未作出改变以前,暂不考虑混凝土的设计“标号”与混凝土的设计强度“等级 C××”的区别。

11.1.3 表 11.1.3 的混凝土试件强度换算系数按国标《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204—92)中的规定采用。标准值的测定系按《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ053—94)拟定的。

11.2 配制混凝土用的材料

11.2.1 1 水泥的类别、定义参照国标《硅酸盐水泥》(GB175—92)及《矿渣水泥、火山灰水泥、粉煤灰水泥》(GB1344—92)拟定的。

11.2.1 2 水泥混凝土的强度与水灰比、集料的配合比等多种因素有关,而关系最大的是水泥的强度(软练砂浆抗压强度)。选用水泥强度应与需要配制的混凝土的强度相适应,若以低强度的水泥配制高强度混凝土,而每立方米混凝土需用的水泥量(kg/m^3)大为增加,不仅不经济,而且水泥用量多,水化热大,易发生收缩裂纹,影响混凝土的质量。若以较高强度的水泥配制低强度混凝土,虽然可以少用水泥,但不能少于规范表 11.3.4 的规定,否则,混凝土的和易性不好,容易离析,浇筑混凝土质量差。水泥的强度与配制混凝土强度的具体比例是参考文献《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204—92)拟定的。

11.2.1.3 对所用水泥应检验其安定性和强度。有要求时尚应检验其他性能。其检验方法应符合现行国家有关标准的规定。

11.2.2 1 一般桥涵混凝土多用河砂,因其质地较坚硬,颗粒较洁净。当工地缺乏河砂时,可采用山砂或机制砂,山砂含泥和杂质较多,用岩石加工的机制砂级配成分不好,且价格昂贵。有关不宜采用海砂的限定系参照《水运工程混凝土质量控制标准》(JTJ269—96)及国标《混凝土质量控制标准》(GB50164—92)修订、当海砂中氯离子含量超过限值时,应通过淋洗,使其降低到小于此限值。如淋洗确有困难,可在拌制的钢筋混凝土中掺入经论证和试验的缓蚀剂。各类砂应分批检验,各项指标合格时方可采用、由于目前尚无测混凝土拌和物中氯离子含量的试验方法标准,但各组成材料的氯离子含量的检测方法均有标准规定,因此可根据各组成材料的氯离子含量通过计算求出混凝土拌和物的总含量。无论采用何种砂,均应符合有关规定的指标。

11.2.2 2 细度模数只反映了砂的全部颗粒粗细程度,而不能反映颗粒级配程度,细度模数相同而级配不同的砂,会具有不同的混凝土配制性质。因此,条文列入了各种级配区如条文中表 11.2.2-2,其中Ⅰ区基本属于粗砂范畴,Ⅱ区基本属于中砂范畴,Ⅲ区基本属于细砂范畴。使用Ⅰ区砂时,因其拌和物内摩擦大,易产生泌水,均匀性不易保证和不易密实成型,增加配制砂率可改善以上情况。采用Ⅲ区砂配制混凝土时,应比用Ⅱ区砂的配制砂率减小,使配成的混凝土粘性增大,比较细软,易插捣成型并节省水泥。

11.2.2 3 机制砂是将石块经机械轧制成粒径小于 0.5mm 并具有一定级配的砂。本条系用硫酸钠饱和溶液渗入砂中形成结晶时的裂胀力对砂产生的破坏程度来间接地判断砂的坚固性,即耐久性。我国河砂或海砂的坚固性一般是合格的,仅在对其实有怀疑时,才做此试验。

11.2.2 4 砂中杂质含量限值,根据原规范并参照有关规定作了相应的修改。增加了对泥块含量的限值,明确了砂中如含有颗粒状硫化物,则要进行耐久性试验。但原规范中的要求基本都予以保留。砂中云母过多时,会削弱水泥的胶结力,降低混凝土的强度;有机物和轻物质过多时,将延缓水泥的硬化过程,降低混凝土的强度,特别是早期强度;含泥量过多,将引起混凝土的拌和物需水量和水泥用量增加,并且降低混凝土的强度和抗渗性、抗冻性。硫化物可与水泥中的铝酸三钙发生化学反应,体积

膨胀 2.5 倍,影响混凝土的强度和耐久性并腐蚀钢筋。故砂中这些杂质应予以限制。

11.2.3 2 本条对原规范该表内连续级配中公称粒级及相应的累计筛余值作了调整。粗骨料的良好级配应是孔隙小、水泥用量少、不易离析及和易性好。连续级配是粗骨料的分级尺寸互相衔接,每级均占一定数量。天然卵石属此种级配,拌制混凝土时和易性好,不易发生离析。单粒级的骨料分级尺寸不相衔接,拌制混凝土时易离析,捣固较困难。一般轧制的碎石有时单粒级多,需经拌制混凝土试验,无离析现象时方可采用。

11.2.3 3 粗骨料最大粒径的规定原则,主要是防止骨料过大被钢筋的间隙卡住,绝对最大粒径为 100mm。条文中泵送混凝土粗骨料最大粒径不宜超过输送管径的 $1/3$ (碎石)或 $1/2.5$ (卵石)的规定,与有关单位使用泵送混凝土的经验相符。但同时应符合混凝土泵生产厂家的有关规定。

11.2.3.5 混凝土结构物处于规范表 11.2.3 - 4 所列环境中时,对粗骨料的抗腐蚀、抗磨损等均甚不利,特别当风化或软弱颗粒过多时更为严重。因此规定在这种情况下,应用硫酸钠法对粗骨料进行坚固性即耐久性试验,以保证结构物的使用寿命。

11.2.3.6 碱—骨料反应在我国的部分地区造成了对桥梁等构造物的严重破坏。尤其是近十几年来水泥含碱量增加,及混凝土中含碱外加剂的应用,使得混凝土含碱量剧增,应该引起足够的重视。为此推出了当碱含量较高时,应对所使用的碎石或卵石进行碱活性检验。同时对检验为有潜在危害的集料应采取措施。碱是产生碱—集料反应的必要条件。各国对使用具有碱—硅反应潜在危害集料的混凝土,为防止碱集料反应限定混凝土的碱含量不同,多数国家限定为 $3\text{kg}/\text{m}^3$,也有的为 $2.5\text{kg}/\text{m}^3$ 或 $1.8\text{kg}/\text{m}^3$,我国在这方面还有待进一步研究。提出抑制措施一是使用含碱量小于 0.6% 的水泥,水泥的碱含量按氧化钠当量计 ($\text{NaO} + 0.658\text{K}_2\text{O}$)。这个碱含量的限值是国际上公认的安全指标。另外国内外的研究与实践均证明某些混凝土掺合料有抑制碱—硅反应的作用,故又提出另一个抑制碱集料反应的方法是采用抑制碱集料反应的材料,一般认为掺 30% 的粉煤灰,或 40% 的矿渣,或 10% 的硅灰可以抑制碱集料反应。但由于混合材料品质有较大差异,混凝土使用状况不同,使用混合材料的品种、掺量要进行试验研究后才能确定。

对属碱—硅反应的集料使用中应指出,当使用含钾、钠离子的外加剂时,必须进行专门试验。一些混凝土外加剂虽含有钾、钠离子,但含量较少,不会对混凝土产生危害。但我国目前使用的早强剂、防冻剂、膨胀剂一般均含硫酸钠、硝酸钠 (钾)、亚硝酸钠、碳酸钾 (钠)、硫酸铝钾等无机盐,且掺量也较高,含碱外加剂的掺入,使混凝土中的含碱量剧增,大大超过了引发碱集料反应的临界值,应禁止使用。故提出必须进行专门试验。

对具有碱——碳酸盐潜在危害的集料,由于目前还没有抑制方法,不宜用做混凝土集料,如必须使用,应以专门的混凝土试验结果作出最后评定。

11, 2.4 水中硫酸盐含量原规范规定不超过 1%,规定太宽,交通部水质规范规定不超过 $1500\text{mg}/\text{L}$ (相当于 0.15%) 似又太严,现参考《水工混凝土施工规范》(SDJ207—82)修改为不超过 0.27%。

11.2.6 混凝土中掺用粉煤灰等混合材料者日益增多。混合材料掺入混凝土中可起两种作用,一为代替部分水泥使硅酸盐水泥或普通水泥成为粉煤灰水泥等掺用混合材料的水泥;二为起填充材料的作用,可改善混凝土的和易性等性能。但混合材料须有一定的技术条件以保证混凝土质量,故将此项材料的技术条件列入规范附录 F-3。

11.3 混凝土的配合比

11.3.1 拌制混凝土用的水泥、骨料、外加剂等材料,质量差异很大,故对配合比除进行设计计算外,并应通过实际试验确定。试验宜进行多次,必要时可先采用早期推定强度的试验方法作为试配配合比的参考。

11.3.2 公路桥涵施工技术水平、材料质量等的变异较大,因此混凝土配制强度在条文中未统一规定,可根据施工部门的具体情况确定。但验收批强度须具有不低于 95% 的保证率并应满足评定标准的要求。为适应具有统计资料的部门合理地确定配合比,在规范附录 F-4 按数理统计法编制了配制强度的计算方法。附录 F4 所提供的有关计算规定均采用《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204—92)第四章第二节的有关内容。

11.3.3 配制混凝土的坍落度越小,则配制同样水灰比、同样强度的混凝土时,可节约越多的水泥。但坍落度越小,和易性越差,越不容易捣实,易产生蜂窝、麻面,故坍落度大小应适当。应根据混凝土捣实条件的难易、含钢筋的稀密情况而定。条文表 11.3.3 中数值未加修改。但表中坍落度未考虑外加剂的作用,掺用减水剂等外加剂时,坍落度可适当放大。

11.3.4 影响混凝土的抗冻性、抗渗性和防止钢筋腐蚀的主要因素是它的渗透性,为了获得耐久性良好的混凝土,混凝土应尽可能密实。为此,除了选择级配良好密实的集料和精心施工、保证混凝土的充分捣实以及采用适当的养护方法来保证水泥的充分水化外,水灰比是影响混凝土密实性的最主要因素。根据《混凝土结构设计规范》(GBJ1089)的局部修订稿与修订中的《公路桥梁结构设计规范》协调制定的。

11.3.5 拌制每立方米混凝土的水泥用量太多,则产生的水化热量很大,混凝土凝结时易产生很多的收缩裂缝,影响混凝土质量,特别是养护条件较差时更甚。一般在配制高强度预应力混凝土时,最易超过最大水泥用量,解决的办法是采用高强度水泥,掺加混合材料的配合比设计合理,加强捣实和养护等。本次修订参阅了大量近期施工实例资料,大量的大体积混凝土配制时水泥用量都在 $350\text{kg}/\text{m}^3$ 以下,所以修改了原规范中的大体积混凝土不宜超过 $300\text{kg}/\text{m}^3$,但实际运用中,以不超过 $350\text{kg}/\text{m}^3$ 为宜。

11.3.6 钢筋混凝土中如含有氯离子并达到一定的含量时,将对钢筋产生很显著的腐蚀,影响钢筋混凝土结构物的使用寿命。同时,目前掺入混凝土的外剂中常常带有一定含量的氯离子,混凝土所用骨料及水也常含有氯化物,所以即使不在钢筋混凝土中掺加氯化物,钢筋混凝土也有可能被组成材料带入氯离子。因此,为保证钢筋混凝土结构的耐久性,除限制氯化物掺量外,并应控制由其他各方面带入的氯离子数量。本次修订除强调工程复验的有关规定外,仍保留原规范条文内容,并增加了对碱含量的限制。

11.3.8 本次修订依据《混凝土结构:工程施工及验收规范》(GB50204—92)修改了

原规范本条的内容。

对于特大桥的施工，主要是须满足高泵程的要求，参照上海市建筑工程材料公司等单位及冯圣清等“南浦大桥主塔工程商品混凝土可泵性优化技术的研究”一文，摘录下列文字供施工时参考：

混凝土的可泵性可用坍落度 S 和压力泌水总量（恒压 30MPa，恒压时间 140s）PB 两个指标来表征。为满足高泵程要求，必须首先确定混凝土可泵性指标。

一般认为， $14\text{cm} \leq S < 23\text{cm}$ 和 $70\text{ml} \leq PB \leq 110\text{ml}$ ，可泵性良好。而根据泵送混凝土的施工实践，混凝土拌和物的坍落度可按表 11.3.8 选用。

表 11.3.8 坍落度与泵送高度的关系

泵送高度 (m)	30 以下	30 ~ 60	60 ~ 100	100 以上
坍落度 (cm)	12 ~ 14	14 ~ 16	16 ~ 18	18 ~ 23

一、基准混凝土组成材料的优化

必须通过各种优化途径来提高混凝土的可泵性，而混凝土组成材料的优化则是首要的基础工作。

1. 石子级配的优化

从试验结果可以认为，对于低用水量和高石子用量，并用泵送剂配制的混凝土，组合石子级配改变所导致的石子比表面积与空隙率变化的两项因素中，空隙率大小对混凝土拌和物的流动性起着关键的作用。

2. 砂子细度模数的优化区间

为了配制稳定的饱和混凝土，以减小混凝土在管道中的阻力，许多国家除了控制最小水泥用量限额外对砂率和砂的细度模数也给予了较充分的重视。对这种低用水量、高石子用量，处于临界饱和状态的混凝土，砂子细度模数的变化对其可泵性起着极其重要的作用。砂子细度模数适宜，混凝土坍落度大于18cm，PB 达70ml，处于流化可泵状态。砂子细度模数过大，混凝土拌和物中集料处于堆聚状态，混凝土不可泵。当细度模数过小时，混凝土竟处于半干硬性状态，泵送剂不起流化作用。因此可认为砂子细度模数的优化区间为 2.3 ~ 2.7。

二、混凝土可泵性优化技术

在基准混凝土组成材料优化的前提下优化混凝土可泵性的基本途径是采用泵送剂与粉煤灰相结合的双掺技术。用双掺技术配制的混凝土，坍落度经时损失小，能使混凝土拌和物中产生均匀的微小气泡，有助于改善混凝土可泵性及硬化混凝土的物理力学性能。由于粉煤灰含有一定数量的玻璃珠，其提高混凝土可泵性的效果相当于等量水泥的两倍。泵送剂改善可泵性的实质是增稠或提高水的粘度，防止水泥浆在压力下泌水或浆体通过集料内部空隙渗透。在基准混凝土组成材料优化的基础上，根据泵送高度调整泵送剂掺量是调整混凝土可泵性的一条技术途径。

三、结语

1. 在低用水量、低水灰比、高石子用量制约条件下，采用优化集料级配，并用

泵送剂与粉煤灰相结合的双掺技术来提高可泵性是实现一次泵送高度达 100m 以上的重要技术措施。

2. 通过混凝土可泵性优化技术研究,在低用水量、高石子用量制约条件下,处于临界饱和状态的混凝土,其可泵性不单纯决定于用水量及泵送剂掺量,而且受石子级配的空隙率、砂子的细度模数及砂子用量所制约,因此优化集料级配、合理选择砂子细度模数及用量是不可忽视的重要因素。

11.4 混凝土的拌制

11.4.1 试验室试配混凝土配合比是以骨料表面干燥时计算的理论配合比。工地进行混凝土的拌制施工时,试验室应根据砂、石骨料的实际含水量换算成实际施工拌制的材料用量配合比(以质量比计),以配料通知单通知工地执行。一般每日开工前应测定砂、石表面含水率一次,以后每隔 4h 再测定一次。如因下雨或其他原因致含水率发生变化,应立即测定。每次测定含水率后,应由试验人员填写配料通知单通知:正地执行。含水率测定方法可参阅《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ053—94)。

11.4.2 考虑到特大桥的施工,表 11.4.2 注⑥系按国标《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204—92)表 4.3.2 注 5 所列。

11.4.3、11.4.4 条文中的规定均是依据国标《混凝土质量控制标准》(GB50164—92)修订的。

11.5 混凝土的运输

11.5.1 混凝土拌和物运输时间过长则将增加离析和降低坍落度而影响拌和物的质量,故规定运输时间限制是必要的。条文表 11.5.1 是参考《水工混凝土施工规范》(SDJ207—82)搅拌设施的运输条件拟定的。在有搅拌设施的运输时,在运输途中同时对拌和物搅拌,不易离析,故运输时间限制可延长。

11.5.3 泵送混凝土,本次修订系采用国标《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204—92)的规定。

11.6 混凝土的浇筑

11.6.1 2 自高处倾卸混凝土应注意的问题是防止混凝土离析。当自由倾落高度超过 2m 时,采用串筒或振动漏管(斜管)可降低混凝土降落速度,限制混凝土倾落范围,并可防止混凝土的离析。对高墩台、索塔或挖孔灌注桩等倾落高度超过 10m 时,应在串筒内设置各个方向不同的斜挡板,以减低混凝土下落速度。串筒料口下面的混凝土,应随落随即转运到各模板内,如堆积高超过 11m,则后落的混凝土拌和物中粗骨料向远方滚去,造成严重离析。

11.6.1 3 混凝土一般是分层浇筑,但为使上下层成为整体,避免形成接缝,浇筑上层时插入式振动器应伸入到下层一定深度(50~100mm),同时下层混凝土须仍保持一定的塑性,因此规定须在下层混凝土初凝或重塑以前浇筑完成上层混凝土。用插入式振动器振捣混凝土时,浇筑层的最大厚度以往多规定不超过振动器作用部分长度的 1.25 倍。但所称作用部分长度比较费解,浇筑层厚度不明确,根据一些插入式振动器规定的浇筑层厚度不超过振动棒长 $2/3 \sim 3/4$ 以及振动棒长多为 500mm 左右的情

况 (见《建筑机械使用手册》及《路桥施工机械手册》), 本条表 11.6.1 - 1 规定用插入式振动器时, 浇筑层厚度不得超过 300mm。

11.6.1 4 1) 插入式振动器移动时插点若相距过远, 则两次振动作用半径之间的混凝土可能未得到振实; 若相距过近, 则一方面施工进度较慢, 另一方面可能造成重复振捣而使混凝土产生离析。

振动器的作用半径除与本身的功率、性能有关外, 还与混凝土的工作度或坍落度 (前者对于硬性混凝土, 后者对塑性混凝土) 大小有关, 最好由工地试验确定。

振动器与侧模板保持 50 ~ 100mm 距离, 是为了防止侧模板受振动影响而变形或振动器碰撞模板、钢筋、预埋件等。振动器插入下层混凝土 50 ~ 100mm 可使—上下层结合成整体, 防止产生工作缝。振动完毕如急速提出, 则振捣器周围的混凝土来不及填补其孔洞, 故规定应边振捣边徐徐提出振动棒。

11.6.1 4 2) 表面振动器仅可用于振捣混凝土表面和薄板结构。表面振动器功率较小, 覆盖已振实部分 100mm 左右可避免发生竖向工作缝。

11.6.1 4 3) 钢筋较密的构件, 用插入式振动器有困难时, 可用附着式振动器, 但模板结构必须坚固, 并有固定振动器的设备。振动器的布置宜经过试验, 使构件任何部位新浇混凝土均能受到振动为准。

11.6.1 5 混凝土浇筑工作在正常情况下应尽可能连续进行, 但遇到停电、搅拌机故障、下雨等意外时 (工人吃饭、休息应轮班, 不得间断浇筑), 间断时间如超过已浇筑前层混凝土的初凝时间或重塑时间, 则应按工作缝处理。如不做处理继续浇筑时, 上下两层或前后两段结合不好, 影响混凝土整体质量。允许间断时间应从混凝土加水搅拌起计, 包括运输时间、前层混凝土浇筑时间和后一层混凝土浇筑振捣时间。

表 11.6.1 - 2 是根据《混凝土结构工: 程施工及验收规程》(GB50204—92) 修订的。

混凝土的初凝时间与水泥品种、外加剂、配合比及气温环境有关, 是以金属测针竖直插入从混凝土拌和物筛出的砂浆中, 使其深度达到 25mm 时的贯入阻力为 3.5MPa 的时间计算的 (引自美国 ASTM 试验方法)。一般混凝土的初凝时间与重塑时间很接近, 但前者须在试验室测试, 后者在施工现场做较方便和可靠, 故重塑试验最好在现场做。有条件时, 也可先在试验室做初凝试验与现场做的重塑试验进行对比。

重塑试验方法: 用插入式振动器靠自重插入混凝土中。振动 15s 后, 周围 100mm 内能泛浆, 并且拔出振动器时, 不留孔沿者即认为能重塑。

11.6.1 6 施工缝不可避免时, 应按条文要求, 进行表面处理。

11.6.1 6 1) 将松弱层凿除, 以免影响混凝土整体强度。根据凿除机具和方法规定了处理层混凝土应达到的强度, 以免处理层下面的混凝土受损伤。

11.6.1 6 2) 涂刷强度较高的水泥砂浆以加强前后两层的粘结。

11.6.1 6 3) 施工缝的抗剪强度较差, 重要部位和有抗震要求的施工缝应插埋锚固钢筋, 以增强其抗剪强度。

11.6.1 6 4) 斜面凿成台阶以防止滑移, 增强抗剪力。

11.6.1 6 5) 施工缝的后层混凝土浇筑振捣时, 为防止前层混凝土被振裂或发生其

他缺陷,条文按结构物类型规定了前层已浇混凝土需要达到 1.2MPa 或 2.5MPa 的强度。如要求施工缝有较高的密实性(不渗水性)时,最好达到 2.5MPa 的强度后,再按条文规定浇筑后层混凝土。混凝土达到 0.5MPa 和 1.2MPa 强度所需时间,参见规范附录 F-5。

对于钢筋混凝土连续梁分段浇筑时的横向工作缝,箱梁或梁悬臂板边需现浇混凝土的纵向垂直工作缝,大体积混凝土的分块垂直工作缝,大型悬索桥锚碇外墙口内侧模板等,施工时可采用一次性金属网模板做工作缝。这种金属网能提供良好的粗粒结构结合面,不再需要仔细凿除打毛。这种一次性金属网,系进口高科技产品。

11.6.1 7 浇筑中混凝土发生泌水较多时,应及时研究其原因和采取减少泌水的措施。泌水原因可从配合比、运输方法和机具、间歇时间过长等考虑,针对其原因采取措施防止泌水继续增多。已发生的泌水宜从上部采用吸管等方法排除,禁止在模板侧面开孔放走泌水,因这样做可能带走水泥砂浆。泌水过多必须设法排除,否则混入后层混凝土中,增大其水灰比,降低其强度,这是不允许的。排净表面泌水后,最好再捣实一遍。

11.6.2 1 在天然地基上浇筑墩台基础混凝土时,如基底过干,混凝土中的水分被基底吸收,影响混凝土与基底的粘结,所以要先将基底润湿,如同砌砖时要把砖润湿一样。基面为岩石时,要加以润湿,铺一层砂浆,再浇筑基础,这样可增强混凝土与基底的粘结,如同处理混凝土施工缝一样。

11.6.2 2 墩台及基础混凝土以承受竖向荷载为主,应在整个范围内水平分层浇筑,使承压面与竖向荷载垂直,不致产生侧向分力,承压效果最好。

11.6.2 3 较大体积的混凝土中埋入片石可以节约水泥,在石料来源丰富的地方,更宜提倡。但沉埋的片石数量不宜过多,否则将影响混凝土的强度。根据《公路桥涵及混凝土桥涵设计规范》(JTJ022-85)的规定,混凝土中按体积掺入 25% 的片石时,其各项极限强度和弹性模量与同强度的未掺片石的混凝土相同。但如混凝土中掺入片石达 50%~60% 时,则成为片石混凝土砌体(它是在混凝土中分层铺入片石,石块净距为 40~60mm)。混凝土与片石混凝土强度相同时,后者的抗压、抗剪和弯曲抗拉的极限强度以及受压弹性模量均较前者为低,故条文按设计要求规定了埋入片石的含量。埋入片石的强度不低于 30MPa 是考虑适应混凝土抗压强度的需要。石块与混凝土的粘结强度通常小于同等级的混凝土强度,《公路桥涵及混凝土桥涵设计规范》(JTJ022-85)规定 C10 混凝土弯曲抗拉强度为 1.6MPa,而同强度片石混凝土砌体只 0.54MPa,故条文规定受拉区混凝土不得埋放石块。当气温低于 0℃ 时,浇筑混凝土须采取冬期施工措施(见本规范第 14 章),也不得埋放石块。

11.6.2 4 采用滑升模板浇筑墩台混凝土时,在模板方面的技术要求应按照本规范第 9 章有关规定办理,本条只列入浇筑混凝土时应注意事项。

11.6.2 5 墩台基础或台身混凝土进行分块浇筑,是当其截面面积大于 100m²,在前层混凝土开始初凝或失去重塑能力前来不及将后层混凝土浇妥捣实时的一种措施。分块浇筑也就是分块间歇浇筑。分块连接面与墩台截面尺寸较小的方向平行,有使结构整体性良好的作用。

11.6.2 6 混凝土墩台基础或台身体积很大时,混凝土在浇筑初期水泥发生大量水化热,内部温度迅速升高,体积膨胀,此时由于受基岩或先期混凝土的约束随即产生压应力。在混凝土硬化后期冷却收缩时,将产生拉应力,且拉应力将大于升温膨胀产生的压应力值。当拉应力超过混凝土的极限抗拉应力时,就会在其内部产生裂缝,并可能发展成为贯穿裂缝,对结构造成较大的危害,因此必须控制大体积混凝土的温差在设计要求以内。当设计无要求时,温差以不超过 25°C 为宜,这一要求适用于最小边尺寸在 $1\sim 3\text{m}$ 范围内的大体积混凝土。

11.7 混凝土的抗冻、抗渗及防腐蚀

11.7.2 随着跨海大桥的兴建及特大型桥涵构造物的修建日益增多,要求混凝土有较高的耐久性能。本条中的相应规定均是依据《水运工程混凝土质量控制标准》(YrJ269—96)制订的。条文中关于南方与北方的划分规定为,当地最冷月平均气温大于 0°C 的地区为南方。

11.7.3 水位变动区是冻融破坏最严重的区域,这是有抗冻性要求的混凝土首先应注意的。混凝土抗冻等级的适当标准是参照《水运工程混凝土质量控制标准》(JTJ269—96)制定的。

11.7.4 混凝土的抗渗性能是混凝土耐久性能的重要部分。本次修订根据近年特大型桥梁的修建日益增多而增加了本条内容。

11.8 混凝土的养护及修饰

11.8.1 1 本条是依据国标《混凝土质量控制》(GB50164—92)修订的。

11.8.1 2 混凝土浇筑成型后,由于其中水泥的水化作用,逐渐开始凝结硬化。混凝土拌和物中所含水分足够水化作用的需要,但由于硬化是逐渐进行,当空气中相对湿度较小时,混凝土中水分就会不断地被蒸发掉,造成混凝土由表到里逐渐脱水(失水),极易产生干燥收缩裂纹。同时,失水过多还会阻滞混凝土的继续硬化甚至停止硬化。为使混凝土有适宜的硬化条件,使强度不断增长,并避免发生干燥收缩裂纹,按照条文规定,对混凝土进行适当的养护是不容忽视的。

11.8.1 3 当气温低于 5°C 时,混凝土的水泥水化凝结速度大为降低,其中的水分也不易蒸发出来,混凝土不会发生如前条所说的脱水(失水)现象,故条文规定不得向混凝土表面洒水,而应当覆盖保温,以加快混凝土中水泥水化凝结速度。

11.8.1 5 决定混凝土养护所需时间的原则,是以混凝土获得正常强度,停止养护后表面不再产生干缩裂纹时为标准,正常强度值大小与水泥品种、气候条件及养护方法有关。条文中洒水养护 7d 的规定是根据国际国内一般实际经验确定的。前条已说明混凝土拌和物中的水分较水泥水化作用所需的水分为多,混凝土浇筑完毕后用塑料薄膜或喷涂化学浆液保护层,可防止混凝土内的水分蒸发散失,不致产生干缩裂纹,可不用洒水养护方法。此法适用于特别缺水地区。

11.8.1 6 当混凝土未达到一定强度以前,与流动的地表水或地下水接触的混凝土结构有被冲刷、侵蚀的危险,故应采取如临时排水、堵塞水流、设置防水围堰、防水层或其他办法的防水措施。 7d 时间的规定是考虑在 5°C 时,混凝土强度约已达到设计

强度的 50%，已有抗水流冲刷的能力。如果水的流速过大，使用缓凝性水泥或水温低，则临时防水时间应酌予延长。条文中提出的侵蚀性地下水，系指一般有海水渗入的地下水。如地下水含有硫酸盐等侵蚀性较强的物质，则除按条文规定的时间和混凝土强度要求外，结构混凝土还应采用抗硫酸盐水泥。

11.8.1 7 本条是根据国标《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204—92)修订的。大体积混凝土在硬化过程中，产生的水化热不易散发，施工中如不采取措施，会由于混凝土内外温差过大而出现裂缝。

11.8.2 2 随着国民经济的发展，公路标准逐渐提高，立交构造逐渐增多，对桥涵的美化问题也日益引起人们的重视。为适应此新形势的发展，本条参考城市道路桥涵工程有关规定，拟定了混凝土表面修整、一般抹灰（水泥砂浆抹面）和装饰抹灰（水刷石、水磨石、剁斧石）等质量标准，列于第 11.11.3 条第 5 款。

11.9 高强度混凝土

11.9.1 1 在不同的历史发展阶段，不同的国家和地区，高强度混凝土的涵义是不同的。条文中高强度混凝土的强度区域系采用《高强度混凝土结构施工指南》(HSCC93—2)的定义值。

关于高性能混凝土，其含意为：具有高强度、高弹性模量、低渗透性和抵抗外界破坏的性能的混凝土。有时，还扩展为具有自密实性、高流动性等性能。目前这仍是一个不断探索的课题。

高性能混凝土与常规混凝土的配比基本上是一样的，不同点是高性能混凝土通常含有微硅粉或含有磨细粉煤灰或磨细高炉矿渣；骨料必须具有高强度、清洁，最大粒径小于普通混凝土使用的骨料，一般介于 10~14mm；细骨料用较好的粗砂，细度模数 2.7~3.0，低水灰比，以及掺相容的高效减水剂等与高强度混凝土的要求是一致的。高强度混凝土本身抗渗性能就高，但还不同于高性能混凝土，高性能混凝土主要指高耐久性。

11.9.2 2 细骨料的矿物组成影响混凝土的强度性能，用有棱角的辉绿岩砂代替石英砂，可使细砂混凝土的抗压强度提高约 15%~25%。砂中夹杂的粘土或杂质对混凝土的强度有十分不利的影响。用于配制高强度混凝土的粗细骨料，如果含泥量不符合要求，必须进行机械加工或振动冲洗。

11.9.2 3 选择不仅具有高强度而且具有坚硬胶结物的集料如花岗岩来拌制高强度混凝土，可增大混凝土的塑性断裂进而大幅度降低混凝土的脆性。另外，选择最佳粗集料粒径，可以在相同原材料的情况下有效地降低混凝土的脆性。据有关资料，粗骨料的最佳粒径为 7~8mm，此时混凝土的脆性约可降低 10%。

11.9.2 5 高效减水剂的减水率可高达 20% 以上。减水率达到 25%~35% 时，才便于配制出既具有高强度又具有大流动性的混凝土。配制时，不应使用引气性外加剂。但在应用外加剂时必然会引入一定数量的空气，适量的引气能增加拌和物的流动性，降低混凝土的脆性。含气量过高会导致强度的下降。下列情况下可降低拌和物的引气量：采用中粗砂，降低砂率，水泥砂浆含量相对较低，拌和水量相对较少，水泥用量相对较高，水泥细度相对较小。

11.9.2 6 活性掺合料对于混凝土的增强作用,在于掺合料中的活性成分参与了混凝土的水化反应,以减水剂为主的化学外加剂能使水泥中的硅酸钙水化,从而激发掺和料的活性。粉煤灰作为一种优良的活性掺合料已有了多年的应用历史,已成为混凝土的第六组成部分,应用于高强混凝土中应为首选的掺和料。一般应选择Ⅰ级粉煤灰,尽可能选用细度大且烧失量低的粉煤灰,必要时通过试验也可使用Ⅱ级粉煤灰。

11.9.3 2 在高强度混凝土的配合比设计上,应遵循低水灰比(或水胶比),低砂率,高骨灰比(或骨胶比)的原则。同时应遵守“先试验,后使用”的原则。

11.9.4 2 采用“二次投料法”的搅拌工艺,可以达到提高水泥砂浆与砂子界面粘结强度的目的。采用这种工艺生产的混凝土,国外称做 SEC 混凝土,即用水泥包裹砂子的混凝土。

采用这一工艺配制的混凝土,各龄期强度都得到较大提高,早期强度提高约 10%,28d 强度提高约 16% ~ 25%。混凝土的其他性能也得到改善,坍落度增大约 5%,含气量减少约 9%,析水量下降约 40%。

11.10 热期、雨期混凝土的施工

混凝土的浇筑温度应控制在 32℃ 以下,是根据《干热地区的混凝土施工(下)》拟定的。

11.11 工程质量检验和质量标准

11.11.1 本条是依据国标《混凝土质量控制标准》(GB50164—92)增订的。进行混凝土质量控制的目的是使所生产的混凝土稳定地保持在所要求的质量水平。原材料的质量及其变异、生产工艺条件和各工序所用生产设备性能的变异、检验测试仪器质量的变异,以及操作人员技术素质的变异等等,均将对混凝土质量产生一定影响。因此,应通过对生产全过程各道工序的质量控制,以保证所生产的混凝土达到合格评定标准。

大桥等重要工程项目为实施质量控制,应定期(月、季、年)对材料的质量检测结果(水泥强度、细骨料细度模数、骨料含泥量等)生产过程中各工序的生产工艺参数、产品质量参数(混凝土搅拌时间,混凝土拌和物的稠度、水灰比及水泥含量,混凝土强度等)等进行统计,应用计量型、计数型等各种管理图表,掌握生产过程的质量动态,保持生产的稳定性,使混凝土质量处于控制状态,并遵循升级循环的方式,制订改进与提高质量的措施,使混凝土质量不断稳定提高。施工单位应结合本单位的实际,配备相应的合格人员和必要的试验检验设备,建立各项规章制度,按有关标准、规范的规定,制定实施细则,进行质量检验、生产控制及合格控制,保证生产出符合质量要求的混凝土。

11.11.2 3 本条对混凝土试件制取组数的规定,基本与《公路工程质量检验评定标准》(JTJ071)一致,但鉴于公路小桥涵一般单座的工程量较小,同时工程地点比较分散,因此补充了小桥涵混凝土当原材料和配合比相同并由同一拌和站拌制时,可几座合并制取的规定。

11.11.2 4 前条规定的混凝土试件,均是在标准养护条件下,于 28d 龄期做抗压试

验以评定混凝土质量用的。而结构物混凝土是在自然条件或人工加热条件下养护的,与试件养护条件不同,且结构物拆模、出池、吊装、预施应力、承受荷载的龄期也不是试件规定的 28d,其强度应根据实际养护条件下构件所达到的实际强度而定,不能由标准条件养护下的各个龄期的试件强度决定,故条文规定应另制取与结构物同条件养护的试件。这种试件的尺寸大小与标养试件相同,试件组数应按实际需要决定。

11.11.3 1 关于验收批的划分

验收批的批量不宜过大,因为批量过大,一旦检验不合格,需作处理的混凝土量太大,造成不必要的经济损失。但批量过小,检验工作量也不会太小。应根据对混凝土取样频率的要求、检验评定方法的规定结合本单位的总体生产条件来确定。对于施工现场现浇混凝土,可按《公路工程质量检验评定标准》(JTJ071—98)第6章桥梁工程“混凝土浇筑”节中所确定的单位工程的验收批项目划分验收批。但根据中国建筑科学研究院的统计调查,同一个验收批的时间范围以不超过一个季度,同时验收批内日平均气温之差小于 15℃为宜。

关于非标准尺寸试件,可按表 11.1.3 进行换算。

关于以数理统计方法进行评定

当试件数量较少时,非统计方法的检验效率较差,即存在着将合格品误判为不合格品(生产方风险)或将不合格品误判为合格品(用户方风险)的可能性较大。为此,对工地混凝土构件,主要应采用统计方法评定。《混凝土强度检验评定标准》(GBJ107—87)规定,“预拌混凝土厂、预制混凝土构件厂和采用现场集中搅拌混凝土的施工单位,应按本标准规定的统计方法评定混凝土强度。对零星生产的预制构件的混凝土或现场搅拌的批量不大的混凝土,可按本标准规定的非统计方法评定。”

不少工地提出,“工地制作的盖梁、梁板等的混凝土强度,可否将同一类型合在一起用统计方法评定?”我们认为,按照“国标”规定,只要强度相同、龄期相同、生产工艺条件和配合比相同,应该而且强调作统计评定,能较真实地反映实际情况。

11.11.3 2 如用钻取芯样法检测混凝土强度,推荐使用由中国工程建设标准化委员会编写的《钻芯法检测混凝土强度技术规程》(CECS03—88)。

12 预应力混凝土工程

12.1 一般规定

12.1.1 保留原规范条文,仅作文字修改。

12.1.2 预应力混凝土工程施工时,应特别注意加强安全技术防护措施。安全防护措施包括三个方面的内容:作业人员的人身安全、操作设备的安全以及结构物本身的安全。为保证施工作业安全地进行,应制定安全作业操作细则,创造良好的工作环境。实际上,为预应力混凝土工程施工提供良好的:正作环境也是保证最终产品优质的前提。施工前,要对所有工作人员进行必要的培训,使之掌握安全操作所需的知识和技能。冷拉或张拉预应力筋时,应由专人负责指挥,严禁任何人站在千斤顶的后方,或踏踩、碰撞预应力筋;量测力筋的伸长值及拧紧螺母时,应停止开动千斤顶或卷扬机;孔道压浆时,作业人员应佩戴防护眼镜,以防灰浆喷出而射伤眼睛。

12.2 预应力筋

12.2.1 国家技术监督局于 1995 年分别发布了钢丝和钢绞线的新标准《预应力混凝土用钢丝》(GB/T5223—1995)和《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T5224—1995),故此次修订中对钢丝和钢绞线按新标准进行了修改,但冷拉钢丝未被本规范采用,这是因为作为预应力钢筋抗拉强度设计值的条件屈服点只有其抗拉强度的 0.75 倍,利用率较低;热处理钢筋仍按《预应力混凝土用热处理钢筋》(GB4463—84)执行。

在本规范施行期间如上述国家标准有修改时,应相应采用新标准执行。

12.2.2 冷拉钢筋本规范仅选用了Ⅳ级钢筋,是为与正在修订的设计规范取得一致,其力学性能根据国家标准《混凝土结构工程施工和验收规范》(GB50204—92)的规定采用。

12.2.3 对精轧螺纹钢,目前还没有相应的国家标准(有关部门正在着手制订行业标准),但实际上已在桥梁工程中大量采用,为保证这种预应力筋的正常使用,促进该项技术的发展,本规范修订时参考有关企业标准对此作出了规定。

12.2.4 预应力筋的进场验收,原规范除对冷拉钢筋和冷拔低碳钢丝的检验有规定外,对于钢丝、钢绞线及热处理钢筋的进场验收,在取样方法、分批取样数量及合格判定方面均无明确规定。故本次修订根据相关国家标准的规定作出了较具体的要求,以确保工程的材料品质。

除大桥等重要工程外,在一般桥梁工程中使用的预应力筋可仅对抗拉强度进行试验,如果对某厂的产品经常使用,证明质量有保证,经有关方面同意后,可不一定屡次、每批都进行全部力学性能复验,而由生产厂家提供试验报告,因此条文中对预应力筋力学性能检验办法有一定的灵活性。但对预应力筋的外观质量以及冷拉钢筋、冷拔低碳钢丝和精轧螺纹钢的力学性能,不论用于何种工程,均应按规定在进场时进行严格检验。

12.3 锚具、夹具和连接器

12.3.1、12.3.2、12.3.3、12.3.4 原规范对锚具、夹具和连接器的性能的规定比较笼统,本次修订参考现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T14370)对其作出了较具体的规定。锚固性能不可靠或承载能力不够的锚具、夹具和连接器不得用于预应力混凝土结构。

12.3.5 本条系参照《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T14370)的规定拟定的。对锚具、夹具和连接器的进场验收原规范的规定不便于操作,本次修订对此作出了比较具体的规定。

12.4 管道

12.4.2 条文中要求金属管道宜尽量采用镀锌材料制作,是基于提高管道及力筋的防锈蚀性能来考虑的。

12.4.3 1、2、3 这 3 款是参照《预应力混凝土用金属螺旋管》(JG/T3013—94)的有关条款制定的,原规范无此内容,为加强对管道的检验,保证工程质量,故规定如条文。

12.4.4 2 规定平滑钢管和聚乙烯管的壁厚不得小于 2mm 的理由是,为防止空管在安置和浇筑混凝土的过程中变形和挠曲;抵抗高的压浆压力;防止由于特殊的环境造成管道损坏。

12.4.4 3 工程实践证明,管道内横截面积的大小与穿束的难易程度有关,用穿束机时更是如此,因此,一般情况下管道面积应不小于预应力钢材净截面积的 2.0~2.5 倍。当束长超过 70m 时,其管道面积与钢束面积之比应大于 2.5 倍,穿束才不致困难;对于更长的多根力筋的钢束,从理论计算的结果来看其穿束并不困难,但实际施工时往往不好穿,特别当穿至力筋的 2/3 以上,尤其是最后几根时,十分困难,甚至无法穿入,故条文规定穿长束时应通过试验来确定其面积比。穿长束时,也可采用穿束网套或将力筋一端按宝塔型电焊成尖头,用卷扬机整束拖拉一次穿入。

12.4.4 4 采用胶管或钢管抽芯法制孔时,抽管时间应根据水泥品种、水灰比、气温和养护方法等条件,通过试验确定。抽管以能顺利抽出来且孔道不坍塌为原则,故抽管时间应在混凝土初凝后终凝前为宜,一般可在 100 温度小时左右时进行。

钢管抽芯法只能用于直线孔道的成形,采用充水或充气的胶管抽芯法,对直线和曲线孔道成形均可适用。胶管充水后管径膨胀,放水后管径缩小,抽管省力,且对抽管时间的要求不如钢管抽芯法严,稍迟仍可抽出。采用充水或充气胶管抽芯时,应预先进行充水充气试验,胶管外径应符合孔道直径要求,管内压力不低于 0.5MPa,并应保持不变,直至抽拔。

12.6 预应力筋制作

12.6.1 1 对同一束中各根钢丝下料长度的相对差值的规定,只有当钢丝束两端采用镦头锚具时才应符合这一规定,当一端采用镦头锚具时无此要求。钢丝束两端采用镦头锚具时,同束钢丝长度的相对差值对钢丝的张拉控制应力是否均匀关系很大,因此下料长度需特别严格的控制,本规范的规定与《公路工程质量检验评定标准》(JTJ071)的规定是一致的。

12.6.1 2 如用电弧切断预应力筋,在高温下将使力筋的抗拉强度降低,故规定如条文。

12.6.2 冷拉钢筋在冷拉前焊接,可防止先冷拉、后焊接时受高温影响而使钢筋抗拉强度降低。

1.Ⅳ级钢筋按牌号不同,其化学成分(%)中含 C 量为 0.36~0.52,平均为 0.44;含 Si 量为 1.1~1.8,平均为 1.5;含 Mn 量为 0.7~1.4,平均为 1.1;按碳当量 $C_q = C + Mn/6 + Si/24$,计算得 $C_q = 0.69$,超过易焊性指标,故Ⅳ级钢筋的焊接性能较差。用预热闪光对焊以后,应进行通电热处理,热处理温度约 750~850℃,然后在空气中自然冷却。

2. 预应力筋的对焊接头,虽然规定有质量要求,但由于施工工艺的各种因素影响,其抗拉强度可能较低,成为薄弱环节。对焊接头处其直径常较预应力钢材为大,为避免薄弱环节和大直径接头集中在一个断面内,故规定如条文。

3. 按条文规定办理可使端杆和接头在冷拉时同时受拉。在整个正艺操作中应对

螺杆妥为保护,以免碰坏螺纹。

12.6.3 预应力钢材镦粗头的方法和机具是根据其硬度和直径大小来决定的。硬度较低、直径较小的冷拔低碳钢丝,可采用人工或电动冷镦器,也可使用小型液压冷镦器;高强钢丝因其硬度较高,一般宜采用最大镦头力为 450kN 的液压冷镦器;冷拉钢筋如其直径大于 12mm,则不能用前述冷镦器,而需采用对焊机进行热镦,直径 25mm 以上的粗钢筋则宜用汽锤镦头;Ⅳ级钢筋热镦头后须进行通电热处理的理由见 12.6.2 条的说明。

冷拉钢筋采用镦头锚时,一般应在冷拉前镦粗头,如此则其质量较冷拉后再进行镦粗头为好。对于两端均使用镦头锚的预应力筋,如先镦粗头,其长度将受到限制,再进行冷拉时可能会出现预应力筋长度不符合要求的现象,在这种情况下只有先进行冷拉,然后按需要长度下料进行镦粗头,但这样处理时,应对镦头逐个进行张拉检查,以保证镦头的使用质量。

12.6.4 钢筋的冷拉工艺已改变了过去“双控”和“单控”的方法,现根据现行国家标准《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204—92)的规定,采用控制应力或控制冷拉率的方法。当采用控制应力的方法时,冷拉控制应力采用钢筋屈服强度(标准值),同时检查钢筋的冷拉率;当采用控制冷拉率的方法时,冷拉应力在前者屈服强度的基础上加 30MPa,并以此应力通过试验确定相应的冷拉率。

冷拉时,如钢筋已达到控制应力,而冷拉率未超过允许值,则认为合格;若钢筋已达到允许冷拉率,而冷拉应力尚小于控制应力,则这根钢筋应降低强度使用。

钢筋冷拉时,使材料内的晶体结构开始变形,拉力达到屈服点后再放松,晶体的平面变成不平的面,阻碍了原来平面的继续滑动,因此提高了屈服点。冷拉应力变动速度如过快,使材料内的晶体来不及顺利地变形,就达不到冷拉后提高屈服点的要求。

由于钢筋材料的不均匀性,以相同应力冷拉后的预应力钢材,其延伸率可能不同。在同一束预应力钢材或同一构件内,应使用延伸率大致相同的预应力钢材,使其受力均匀。故冷拉后,应将预应力钢材按延伸率相近的(不超过 0.5%)编为一组。

12.6.5 冷拔与冷拉相比,后者只是纯拉伸的线应力,而前者是拉伸与压缩兼有的复杂应力。钢筋冷拔后,横向压缩(即断面缩小),纵向往拉伸,材料内部晶体结构产生滑移,抗拉强度可提高 50%~90%(较冷拉提高得多些),塑性降低,硬度提高,呈硬钢性质。

冷拔工艺过程包括除锈、酸洗、扎头(将钢筋端头逐级压细,便于穿过拔丝模孔)和拔丝等。冷拔时不似冷拉时用应力或冷拉率控制,而是按条文规定逐级穿过模孔拉伸即可。冷拔到需要的直径后,应按条文规定进行检验。

12.6.6 按强度高低分别编束的理由见 12.6.4 条说明。编束时,梳理顺直,可防止钢丝或钢绞线在穿束、张拉时由于互相缠绕紊乱而导致的受力不均匀现象,当受力不均匀时,将使有的钢丝达不到张拉控制应力,而有的则可能被拉断。

12.7 混凝土的浇筑

12.7.1 混凝土中掺入氯盐可导致钢筋和预应力筋锈蚀而影响结构物的耐久性,为提

高结构的耐久性和使用寿命,根据有关试验资料及其他国家(如英、美、日、德)的规定,将原规范中氯离子总含量不超过水泥用量的 0.1% 调整为 0.06%。

混凝土中掺入引气剂时,虽可改善和易性,提高抗冻、抗渗和抗侵蚀性能,但强度从 3d 至 28d 标养均有所下降,一般每增加 1% 的空气含量,强度下降约 5%。如能采取使强度不降低的措施,例如减少拌和用水量、降低水灰比等,则经过试验验证认为掺入引气剂不降低混凝土强度时,可酌量掺入引气型减水剂。

12.8 施加预应力

12.8.1 保留原规范条文,原规范为两条,现合并为一条。

12.8.2 本条为新增内容,系参照《FIP 工程实践指南》(1992 年 10 月版本)制定的。

12.8.3 1 对于拉丝体系的后张法构件,设计规范规定了锚下的预应力筋的张拉控制应力,加上锚圈口预应力损失值才是体外最大张拉控制应力。冷拔低碳钢丝不宜超张拉。

12.8.3 2 预应力筋张拉时,实际伸长值与理论伸长值的偏差控制,原规范规定为 6%,国内工程的实践表明,只要在施工中精心操作,均能达到此要求,故本次修订时未作变动,仍保留原规范的规定。

12.8.3 3 条文中式(12.8.3-1 及附录 G-8 为后张法预应力筋张拉理论伸长值的精确计算公式,公式中考虑了孔道局部偏差的摩阻影响和曲线孔道的摩阻影响。采用此公式时,可分为下列不同情况:

1. 当预应力筋为直线且无孔道摩阻影响时, $P_p = P$, L 代表预应力筋长度,得公式

$$\Delta L = \frac{PL}{A_p E_p}$$

2. 对由多曲线组成的曲线预应力筋,或由直线与曲线混合组成的预应力筋,其伸长值宜分段计算,然后叠加。

12.8.3 4 预应力筋张拉时,一般先张拉调整到初应力后再正式分级张拉和量测预应力筋伸长值,而量测的伸长值并未包括从零张拉到初应力时的伸长值,因此,在确定实际伸长值时,除量测的伸长值外,还应计入初应力时的伸长值,以便与理论伸长值相对应。最初张拉时各根(束)预应力筋的松紧、弯直程度不一定一致,所以初应力时的伸长值不宜采用量测方法,而宜采用推算的方法。推算时,可采用相邻级的伸长值,例如初应力 σ_0 为 10% σ_{cm} 时,其伸长值可采用由 10% 张拉到 20% 的伸长值。

12.8.3 6 对原规范中锚固阶段张拉端锚具变形及预应力筋的变形允许值,为与正在修订的设计规范取得一致,进行了适当调整。根据锚固原理的不同,对支承式、锥塞式和夹片式等几类锚具的变形值均作了规定,如此则概括了目前常用的各种锚具。当设计对变形值有专门规定时,可按设计规定确定,设计无具体规定时,可按本条文办理。

JM15 锚具为带有锥形内孔的锚环(圆形或方形)和一组合成锥形的夹片组成。夹片数量和被锚固的钢筋数量相等,每组锚具可锚固 3~6 根 $\phi 12$ 光圆钢筋、 $\Phi 16$ 螺纹钢、7 $\phi 4$ 、7 $\phi 15$ 钢绞线。

12.9 先张法

12.9.2 1 多根预应力钢丝同时张拉时,应按本条文规定用钢丝应力测定仪等仪器抽查钢丝的应力值。考虑到构件受力的整体性,按构件全部钢丝预应力总值计算,如偏差不大于5%即认为合格,否则应检查原因,予以处理。

12.9.2 3 无论使用何种材料的预应力筋,在按设计控制应力 σ_{con} (包括估计到的预应力损失值在内)张拉并持荷到浇筑混凝土期间,预应力筋中的应力都将产生松弛损失,而使实际的张拉应力达不到设计要求。为减少预应力筋的应力松弛损失,可采用条文所述的超张拉程序。

使用夹片式等具有自锚性能的锚具时,因力筋按 $1.05\sigma_{con}$ 施行超张拉后,由于该类锚具具有的自锚性能,在千斤顶回程时力筋即被锚固而不便放松回零,参照国标《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204—95),规定将普通松弛力筋从初应力分级张拉至 $1.03\sigma_{con}$ 后锚固,低松弛力筋从初应力张拉至 σ_{con} 后即可锚固。

超张拉值超过第12.8.3条的限值时,应按该条规定的限值进行张拉,这主要是为安全起见,以避免预应力筋被拉过屈服点或屈服强度。初应力程序的目的是在多根预应力筋同时张拉时,调整其每根预应力筋的应力,使其一致。

12.9.3 1 本款按国标GB 50204—95将放张时混凝土强度的要求提高到75%。

12.9.3 2、3 先张法构件放张的原则,就是要防止在放张过程中构件发生翘曲、裂纹及预应力筋断折等现象。按条文规定放张时,一般可防止发生这些现象。

预应力筋放松,不可采用骤然切割的方法,骤然切断会使构件两端受到冲击力,出现裂纹。一般可采用千斤顶、砂箱、螺杆张拉架和混凝土缓冲块等工具使预应力筋的拉应力逐渐减小,然后再用砂轮锯、钢丝钳(锯)等工具或氧炔焰(注意散热)切断预应力筋。

12.9.3 4 规定由放张端开始逐次切向另一端,是为防止切断过程中发生钢丝自行拉断现象。

12.10 后张法

12.10.1 2 为保证管道定位准确,安装时应采用定位钢筋固定,使之平顺,并在浇筑混凝土时不产生位移,因此其定位钢筋的间距不宜过大,条文对各种管道的定位钢筋间距作出了具体规定。对于曲线管道,应视实际情况适当加密。

12.10.1 3 管道的接头如处理不当,很容易造成漏浆,因此连接管应具有一定长度,并应有足够的密封性能防止水泥浆浸入。

12.10.1 4 压浆孔用于将水泥浆注入管道内;排气孔用于排出空气、水、灰浆和泌水。当认为需要时,可在管道的最低点设置排水孔以防止水的积存,排水孔应保持开放直至压浆开始。压浆孔和排气孔的位置与灰浆流动的方向、管道的倾斜度、锚具和接头及允许的压浆压力有关,在某些情况下,它们应可以互换使其可用以压浆和再次压浆。

12.10.2 1 在混凝土浇筑之前或浇筑之后穿束,将力筋逐根穿入或编束后整体装入管道中,这些方式都是允许的。对浇筑混凝土之后穿束的孔道,应首先用压力水冲

洗,将可能粘附于孔壁的杂物冲洗掉,同时可检查出有无串孔现象,然后用不含油的压缩空气吹干孔道内水分,并用检孔器检查孔道是否畅通,检孔器不能通过的地方,应画上标记,作特殊处理。

12.10.2 2 1) 尽管如本条第 1 款所规定,预应力筋可在混凝土浇筑之前穿入管道,但要注意在穿束期间和穿束后对力筋进行保护,使其力学性能保持不变。因此在施工中由于管道和力筋安装后放置时间过长而需采取额外的防锈蚀措施时,穿束宜尽量推迟,以使穿束与压浆之间的间隔尽可能缩短。当在某种特殊情况下必须这样做时,则应严格执行条文规定的时限,否则应对力筋采取防止锈蚀或其他防腐的措施。

12.10.2 2 2) 力筋装入管道后,湿气的大量进入将会使力筋加速锈蚀,故规定如条文。

12.10.2 2 3) 被电火花损伤的钢丝或钢绞线在张拉时可能会产生断裂,故作此规定。

12.10.2 3 在浇筑混凝土之前穿束,应防止损坏管道,如检查发现有损坏,应及时进行修复。为防止力筋卡在管道内,宜在浇筑混凝土之前先检查力筋能否在管道内自由滑动,发现问题及时处理。

12.10.3 1 如混凝土未达到要求的强度即行张拉,则因混凝土收缩、徐变所引起的预应力损失值将大为增加,严重时可使锚下混凝土产生裂纹甚至破碎。按国标 CB50304—92 调整了构件张拉时的最低强度要求。

12.10.3 2 后张法多根(束)预应力筋张拉时,应使张拉的合力作用线处在构件核心截面以内,以防构件截面产生过大的偏心受压和边缘拉力。因此,张拉宜分批、分阶段、对称地进行。分批先后张拉时,按控制应力先张拉的预应力筋会因后批预应力筋张拉时所产生的混凝土弹性压缩而引起应力损失。但如设计上安排张拉顺序时已考虑到这种应力损失的补偿问题,应按设计规定的顺序和张拉力进行;

12.10.3 4 曲线预应力筋或长度大于等于 25m 的直线预应力筋与孔道壁的摩阻力较大,如采取一端锚固,只在另一端张拉的方法,则摩阻力集中在一端的锚夹具和千斤顶上,实际预应力可能达不到要求,故条文规定在这种情况下应两端同时张拉。如限于设备只能先张拉一端时,可按条文规定先在一端张拉锚固后,再在另一端张拉补足预应力值。

12.10.3 5 增加了对采用有自锚性能的夹片式锚具的预应力筋的张拉程序,理由见第 12, 9.2 条第 3 款的说明。

12.10.3 6 保留原规范条文,仅将钢绞线的检查项目单列一项,以示明确,避免理解困难。

12.10.3 7 预应力筋锚固后的外露长度,主要考虑到热影响不波及锚固部位和外露部分不影响构件的安装。

12.11 后张孔道压浆

12.11.1 预应力钢束孔道压浆的目的,主要是防止预应力筋锈蚀,并通过凝结后的水泥浆将预应力传递至混凝土结构中。对防锈蚀而言,孔道压浆越早越好,而且可防止力筋的松弛,使构件尽快安装。

12.11.2 1 矿渣水泥一般早期强度较低,泌水性较大,如经试验符合要求时也可采用。水泥中不应含有团块及任何对预应力筋有害的杂质。

12.11.2 2 在没有清洁饮用水的情况下,需对水质进行化学分析,符合条文要求的指标的水方可用于拌制水泥浆。

12.11.2 3 外加剂的使用将有助于增加水泥浆在给定的水灰比条件下的流动性,减少泌水,防止在高压压浆时的离析,但所采用的类型和用量应经试验验证确定。

12.11.3 水泥浆的强度应不低于 30MPa 的规定系参照《FIP工程实践指南》(1989年10月版)制定的,国标GB 50204—92规定为不小于 20MPa 。如12.11.1条说明所述,孔道压浆的目的主要是为防止力筋的锈蚀,应强调的是压浆的密实性,而水泥浆与力筋之间的粘结力起着向结构传递预应力的作用,因此水泥浆亦应具有一定的粘结强度及剪切强度,故规定水泥浆的强度应不低于 30MPa 。

为使水泥浆能全部充满预应力筋周围的孔隙,以压注纯水泥浆为宜。当孔隙较大,且为单根力筋时,为节约水泥和减少收缩,可在水泥浆中掺入适量(不大于水泥质量的50%)细砂。

为减少水泥浆凝结时的收缩,增加压注的密实性,水灰比不宜过大,以 $0.40 \sim 0.45$ 为宜;掺外加剂时,水灰比可减小到 0.35 。

水泥浆中掺入一定数量的膨胀剂,可增加其密实性,但掺量过大时,将显著降低水泥浆的强度,故条文中规定膨胀率须小于10%。

原规范推荐的泌水率、膨胀率及稠度试验方法简单方便。予以保留,仅在文字上作了调整。

12.11.4 压浆前将孔道用高压水冲洗,可冲走杂物并将孔道内壁予以湿润,还可防止干燥的孔壁吸收水泥浆中的水分而降低浆液的流动度;对于金属管道亦有必要进行冲洗以清除管道内可能有的杂物。中性洗涤剂或皂液必须对预应力筋和管道无腐蚀作用,方可用于清洗管道内可能发生的油污。曲线孔道内低凹处的积水,可用不含油的压缩空气排除。

12.11.5 水泥浆拌制好后,应尽快使用,如延续时间过久,将降低其流动度,增加压注时的压力,且不易密实。条文规定在压注前和压注过程中应经常搅动,是为防止水泥浆沉淀泌水、过快地降低流动度。

12.11.6 因为空气和水的密度较水泥浆小,压浆时由最低的压浆孔压入,可使空气和水聚集在水泥浆上面,逐步由最高点的排气孔排除,如从高点压入,则空气易窜入水泥浆内形成气塞,阻碍水泥浆的流动,并在水泥浆凝结后产生气孔。

先压注下层孔道的好处是下层的预应力筋抗弯力矩较大,先压浆,使其松弛损失少一些,对结构较为有利。

12.11.8 孔道压浆的次数一般宜为两次,这是考虑如仅压注一次,在水泥浆有泌水和凝结收缩时,会使孔道上部产生空隙,对孔道进行二次压浆,可使水泥浆完全充满孔道,但二次压浆的间隔时间应掌握好,宜以先压注的水泥浆既充分泌水又未初凝为度。

12.11.9 压浆泵有活塞式和风压式两类,后者可能使空气窜入水泥浆中产生气孔,

故条文规定应使用前者,不得使用后者。压浆泵需要的压力,以能将水泥浆压入并充满孔道孔隙为原则,一般在出浆口先后排出空气、水、稀浆、浓浆时,封闭出浆口,并保持不小于 0.5MPa 的压力 2min 以上,再拔出喷嘴,立即用木塞塞住。

12.11.11 规定试模为有底试模,留取试件要按标准条件养护 28d 时的强度作为质量评定依据。

12.12 质量检验及质量标准

12.12.2、12.12.3 结构允许偏差本规范的规定与《公路工程质量检验评定标准》(JTJ071)的规定是一致的。

13 砌 体

13.1 一般规定

13.1.2 砌体基础工程属于隐蔽工程,故在基坑开挖至设计高并进行相应的处理后,须经有关方面检查签证方可开始砌筑。基坑渗透水是难免的,而砌筑砂浆中的水泥比混凝土更易被水冲走,因此砌筑基础时,必须采取可靠的排水措施。

13.2 材 料

13.2.1 1 现行的《公路砖石及混凝土桥涵设计规范》(JTJ022—85)规定,石料强度标号为 20cm×20cm×20cm 含水饱和试件的极限抗压强度。用较小的试件时,应乘以表 13.2.1 所列系数。

表 13.2.1

试件尺寸 (cm)	20×20×20	15×15×15	10×10×10	7.07×7.07×7.07	5×5×5
换算系数	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6

13.2.1 2 抗冻性差的石料,含有一定水分时,经过多次冻结与融化,将会产生脱层、裂缝等损伤,因此,寒冷地区所用石料需具备一定的抗冻性。一月份一般为一年气温最低的月份,因此本条规定需进行抗冻性试验的地区,实际上是气温最低月份平均气温低于 -10℃ 的地区。

13.2.1 3、4、5 片石、块石、粗料石规格的划分,主要依石料的形状、尺寸和表面粗糙程度而定。所耗加工量依次递增,以同样强度砂浆砌筑的三种石料,其砌体抗压强度也依次递增,砌体表面美观程度也是如此。施工时,对石料规格的选择应按设计规定。设计允许施工单位选择时,可根据石场情况、工期和美观要求决定。

13.2.1 6 拱圈承受的压力较墩台及基础、挡土墙为大,故设计规范要求拱石材料和砌筑砂浆的最低强度等级较高,因而对拱石的施工要求也相应地高些。无论采用何种规格的石料,其层面应尽量与拱轴线垂直,以免产生切向分力。粗料石拱石要求做成楔形,就是这个原因。

13.2.2 混凝土预制块的规格应与粗料石相同,其强度应符合第 11 章的有关规定,尺寸应根据砌体形状确定。预制块作拱石时,应比封顶时间提前 2~4 个月预制,以减少混凝土的收缩。

13.2.3 1 砌筑用砂浆一般应采用水泥砂浆, 但为就地取材, 规定在缺乏水泥地区可采用石灰水泥砂浆。但设计有规定时, 应按设计规定的砂浆类别和强度采用。

13.2.3 2 砂浆中砂的最大粒径是按各种砌体设计规定的最大砌缝宽度而定的。片石因形状不规则, 未规定砌缝宽度, 但一般不大于 40mm, 故可用粒径较粗的砂; 块石形状需大致方正, 砌缝一般不大于 30mm; 粗料石砌体的砌缝宽度不大于 20mm; 混凝土砌块砌体缝宽不大于 10mm, 故只能用较细的砂。

砂浆中砂的含泥量限制较混凝土用砂的规定为松, 主要是因为设计规定砌体的极限强度较混凝土的为低。虽然含泥量限制较松, 并可使用粘土混合砂浆, 但砂浆中含泥量愈多, 则其砂浆强度愈低, 故条文按砂浆强度分别规定最大含泥量。原规范中砂浆强度按标号计, 修订后砂浆强度以 $M \times \times$ 表示, 它们之间的换算关系为: $M5.0$ 级 = 50 号, $M2.5$ 级 = 25 号等等。

13.2.3 5 砂浆的稠度应根据不同的基材、气候条件、施工方法和砌筑要求确定。

13.2.3 6 水泥砂浆中掺入微沫剂可改善和易性, 节约水泥, 故参考国标《砖石工程施工及验收规范》(GBJ203—83) 等资料将该法列入本条内。

13.2.4 1、2、3 小石子混凝土多用于砌筑片石或块石拱圈, 它比同强度等级砂浆砌筑的片石、块石砌体抗压极限强度高 30% ~ 10%, 可以节约水泥和砂。条文内规定的各项指标是参考交通部第一公路工程局所拟《小石子混凝土浆砌片石拱圈操作须知》提出的。

13.3 浆砌石块及混凝土预制块墩台、挡土墙

13.3.13 砌体分层砌筑可使基底受荷均匀, 避免不均匀沉陷。但当砌体较长 (如挡土墙), 第一层砌完再回转来砌第二层时, 第一层间的砂浆可能已初凝, 在其上面铺砌加荷可能使下面砂浆振动开裂, 影响其粘结力, 故须分段又分层砌筑。分段位置宜设在变形缝 (包括沉降缝和伸缩缝) 处。规定相邻工作段高差不超过 1.2m, 是为了防止在施工过程中产生过大的不均匀沉陷。

13.3.1 4 石砌墩台, 为使外表美观, 常选择较整齐的石料砌筑外层。里层则可使用一般石料, 但应注意里外交错地连接成一体, 不可砌成外面一环后, 里面杂乱填芯。

位于流冰或有严重漂流物河流中的墩台所受摩擦力和冲击力较大, 应如条文规定, 表面采用较硬石料或高强度混凝土预制块。

13.3.2 2 片石为形状大小不整齐的石料, 为了使结构物便于砌筑成型和美观, 应选择形状较方正、尺寸较大的片石, 稍经修凿后作为转角和曲线讫点等处的标石。

13.3.2 3 在石块下面如用高于砂浆砌缝的小石片支垫, 则石块重力集中在小石片上, 易将小石片压碎, 使石块倾斜不稳, 影响结构的安全稳定, 故规定如条文。

13.3.3 1、2 块石一般由成层的岩石开出, 再按需要尺寸断开成长条形。此种石料如条文规定采取平砌时, 则每层高度可基本一致, 这对结构物的稳固和承受竖直荷载均有利。砌筑时按丁顺相间或两顺一丁相间, 则结构物内外咬合较紧密。上下层竖缝错开距离较大, 荷载自上向下传布时, 可分布在较大面积上。否则, 易造成自上而下的通缝, 构造物基础不能均匀受荷, 且可能产生不均匀沉陷。

砂浆强度比石材强度标号低,故平缝和竖缝均不宜过宽,否则将影响砌体总体强度,而且多耗用水泥。

13.3.4 1 用粗料石和混凝土预制块砌筑的结构物,因强度要求较高并要求外表整齐和美观,砌缝厚度就不能大于 20mm 和 10mm,若想用逐层改变砌缝厚度的方法来调整砌体累计高度是很困难的,故应先计算层数,选好料。此外,还应预先预制一些不同高度的砌块用以调节砌体高度。

13.3.4 2 第 13.3.1 条第 4 款已规定位于流冰或有严重漂流物河流中的墩台选用石料或混凝土砌块时在强度方面的要求,本条则规定了桥墩上游破冰体的形状、砌缝等较详细的要求。破冰体的作用是在流冰顺流冲向桥墩时,能以被动压力将流冰顶破使其向两旁通过桥孔流走,故破冰体砌筑高应为从最低流冰水位到最高流冰水位再分别加上 0.5m 及 1.0m,作为安全储备。流冰水位的确定,一般应由设计规定。

13.4 浆砌石块及混凝土预制块拱圈

13.4.1 1 拱圈放样时的预拱度,可根据跨度大小、拱架类型、拱架刚度、地质情况和恒载大小等因素决定,一般取计算跨度的 $1/400 \sim 1/800$ 。一般拱桥的预拱度在拱顶为总量,拱脚为零,其间按抛物线计算分配于各节。对于跨径小于 20m 的拱桥,亦可简化按直线比例分配。拱顶预拱度总量应按本规范第 9 章有关规定计算。

13.4.1 5 不甚陡的砌缝,砂浆铺垫在拱石表面下不致顺坡滑落,再放另一块拱石可利用其自重压紧,并可保证整个砌缝都充满砂浆。过陡的砌缝,砂浆铺贴在拱石上会立即滑落,故只能预留砌缝,待砌块安妥后再将砂浆分层填塞、捣实。

13.4.2 2 拱圈砌筑程序安排原则,除按条文规定保持对称、均衡外,还应考虑拱圈逐步砌筑时砌块加在拱架上的重力逐步增加而使拱架沉降。满布式拱架和拱式拱架的沉降情况是不同的,前者拱圈跨径间的立柱较多,砌块荷载大部通过其拱架下的立柱传到地基,对四旁拱架沉降影响较少。而后者一般只两墩旁有立柱支撑,跨径间无或很少有立柱支撑,每一砌块的荷载都需经过拱架传到墩旁立柱再传到地基,因此每一砌块的加载都影响全拱架的挠度(有下沉或上凸两种情况),故条文对两种拱架砌筑程序分别作了规定。

13.4.2 3 跨径 13 ~ 20m 的拱圈,因跨径较大,拱圈较厚,无论何种拱架,如砌筑程序不当,砌块重力分布不匀,则在砌筑过程中,拱架变形过大,故规定分 6 段砌筑,防止拱架发生较大变形和已砌拱圈开裂。

13.4.2 4 跨径 ≥ 25 m 的拱圈,可能设计为变厚度的悬链线拱轴,分段砌筑程序较为复杂,一般设计有规定。如无规定时,应按条文规定的原则进行施工设计。

13.4.2 5 多孔连续拱桥,相邻孔的施工顺序应按设计规定的控制条件确定,尽量平衡邻孔所产生的水平推力,以保证每一施工阶段在施工荷载作用下桥墩及拱圈(拱肋)截面应力和偏心距以及稳定性都能满足设计要求。否则将导致桥墩及拱圈破坏。多孔连续拱桥施工工序也不宜分的过多,否则对施工进度、技术管理都带来一定困难。一般可按拱圈、边墙(或立柱、腹拱)和填腹(桥面系)三个工序安排。

13.4.3 1 分段砌筑或不分段从拱脚直砌至拱顶,都需要在节段间或拱脚处设置空缝。设置空缝是为了当拱架变形时,拱圈各节段有一相对活动的余地,从而避免节段

间砌缝砂浆开裂。预留空缝的位置为拱圈易于变形开裂的部位。设置空缝还可以在填塞砂浆捣实时产生挤压力 ($1.0 \sim 1.7\text{MPa}$), 挤紧各砌缝砂浆, 并可使拱圈受挤压升高脱离模板, 便于拱架的拆除。

13.4.3 2 拱圈底面和外露侧面的空缝宽度与相应的砌块类别的砌缝相同, 一般为 $10 \sim 15\text{mm}$, 这样, 从外面看各条砌缝宽度相同, 较美观; 拱圈顶面和内腔的空缝宽度则为 $30 \sim 40\text{mm}$, 空缝较宽, 砂浆容易填塞、充入、捣实, 且不易从底面或侧面挤压出来。

拱圈内各砌缝中承受的压力离拱脚越近越大, 而且跨径越大压力越大。当跨径 $\geq 16\text{m}$ 时, M2.0 水泥砂浆垫块已不能承受拱脚以上拱圈的压力, 故条文要求跨径 $\geq 16\text{m}$ 时要用铸铁垫块隔垫。一般跨径 $16 \sim 25\text{m}$ 时, 由拱脚起的两道空缝, 跨径 $30 \sim 40\text{m}$ 时, 由拱脚起的三道空缝宜用 $30\text{mm} \times 30\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的铸铁块隔垫。因填塞空缝的砂浆经捣固后向两侧砌体挤压, 空缝变宽, 铸铁垫块可抽出以便倒用, 故可多用铸铁垫块少用水泥垫块 (水泥垫块不抽出)。

填塞空缝捣固砂浆时, 对拱圈产生一定的冲击力和挤压力, 故应待拱圈砌缝砂浆达到设计强度的 70% 后才能填塞空缝。

13.4.4 1 拱圈封顶合龙一般均在各空缝砂浆填塞完毕并有一定强度后进行。若设计规定封顶时不采取刹尖封顶 (用铁楔击入, 多用于小跨径拱圈) 时, 则待空缝砂浆强度达到设计强度等级的 50% 即可进行, 否则应待空缝砂浆强度达到设计强度等级的 70% 后方可进行。若采用千斤顶在合龙前对拱顶两侧拱圈预加压力, 则应按照设计规定的强度进行。几种封顶方法对强度要求不同, 采用刹尖法时会对两侧已砌拱圈产生压力, 对空缝砂浆强度要求较高。若用千斤顶预加压力时, 则关系到压力大小、施加方法、时间等许多问题, 一般应由设计规定。

13.4.4 2 不卸拱架施工拱上构造时, 主拱圈和砂浆尚未承受拱上结构的荷载, 只是受到拱上构造施工时的振动, 主拱圈混凝土和砂浆达到设计强度等级的 30% 时可承受此项振动荷载, 故规定达到 30% 即可施工。空腹式的腹拱拱圈, 为防止卸架时主拱圈各段沉降不均匀而发生开裂, 故拱上构造宜在卸架后砌筑。卸架后砌筑拱上构造时, 荷载全部由拱圈承受, 故须待砂浆强度达到设计强度等级的 70% 后进行。

13.4.5 1 一般砌筑用的小石子混凝土其设计强度等级较水泥砂浆高, 砌体极限强度也可较高, 因此用小石子混凝土砌筑拱圈时, 其砌缝比砂浆的可较宽。但也不宜过宽, 以防止小石子混凝土凝结时过多的收缩, 产生不利影响。

13.5 桥涵附属工程

13.5.1 铺砌层下面的垫层为排水倒滤层, 既要有一定的稳固性, 又要有透水作用, 因此泥砂含量均应有一定的限制。

13.5.2 3 本条是根据《公路路基施工技术规范》(JTJ033—95) 及近年施工情况制定的。

13.5.2 4 本条是为防止因台背填土引起桥台位移制定的。台背填土的顺序如果设计有要求, 应首先满足; 对不同桥台的填土顺序要求, 这里用的都是“宜”, 这是因为各地施工具体情况不同, 设计对台背填土的要求也有区别, 在保证不至因台背填土

引起桥台位移的情况下允许稍有选择,但条件许可时首先这样做。

13.6 砌体勾缝及养护

13.6.1 砌体表面勾缝主要是为了美观并可将靠近砌体表面砌缝空隙用砂浆填塞,提高砌体强度。

13.7 质量检验及质量标准

13.7.1 小石子混凝土抗压强度的评定可与一般混凝土相同,但因数量一般不大,可采用非统计的方法。

14 冬期施工

14.1.1 2 国标 (GBJ50204—92) 规定用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥配制的混凝土的抗冻强度为设计强度的 30%,用矿渣水泥配制的混凝土的抗冻强度为设计强度的 40%,考虑公路桥涵冬季施工的气温、湿度等环境条件较差,因此本规范将抗冻强度各提高 10%,分别定为 40%和 50%。

14.2.1 1 在室外环境温度低于 -5°C 条件下进行钢筋闪光对焊或电弧焊时,除应按常温焊接的有关规定外,还应调整焊接工艺参数 (包括焊接电流、电弧电压、焊接通电时间、调伸长度、闪光留量、引弧提升高度等),使焊缝和热影响区缓慢冷却。风力超过四级时,应采取挡风措施。环境温度低于 -20°C 时,焊接不能保证质量,故不宜施焊。

14.2.1 2 钢筋冷拉是以超过钢筋屈服点的拉应力拉伸钢筋,使钢筋产生塑性变形,以提高屈服点强度,节约钢材。低温时钢筋的屈服点较常温时略有升高,而拉伸率与常温时差不多,故条文规定低温时冷拉控制应力应酌予提高,否则就达不到冷拉钢筋提高屈服点强度的目的。提高值应经过试验确定,因拉应力过大可能发生冷脆拉断,过小则达不到目的,30MPa 是参考国标 (GBJ50204—92) 拟定的。

14.2.1 3 预应力钢材不论是钢丝、钢绞线或冷拉钢筋,其屈服强度与抗拉极限强度相差较小,常温下张拉时就应小心,低温下张拉时安全性更差,因此张拉时气温不宜低于 -15°C 。

14.2.2 1 冬期施工选用混凝土水泥的原则是早期强度较高,能较早地达到耐冻的强度。用矿渣水泥拌制的混凝土用蒸汽养护时,其后期强度不降低,故用蒸汽养护混凝土时宜优先选用矿渣硅酸盐水泥。冬季施工使用高炉矿渣水泥或火山灰水泥等混合料较多的水泥时,因其抗冻性能较差,应同时掺入适量的抗冻剂,以提高混凝土的抗冻性。用高铝水泥拌制的混凝土,在硬化过程中,环境温度如超过 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$,则由于水化将形成水化铝酸三钙,使强度大大降低,故不能用加热法养护用高铝水泥拌制的混凝土。

14.2.2 2 混凝土中掺入引气型减水剂后,在拌和过程中产生大量均匀而封闭的微小气泡,这些气泡可以缓冲由于游离水冻结而产生的膨胀压 (一般水分在冻结时,其体积膨胀 9%),避免混凝土破损。氯盐 (包括氯化钙、氯化钠等) 促进混凝土硬化和早强的机理是它能使水泥在水中充分分散,增加水泥颗粒对水的吸附能力,降低水泥浆的沉降度,使水化和硬化速度加快。而且氯盐加入后,可形成水化氯铝酸钙,发

生胶体膨胀，使混凝土孔隙减小，密实性增大，从而可提高混凝土的强度。氯盐的掺量与水泥的品种、混凝土类别、养护条件等有关，应结合工程要求（如强度、凝结时间等指标）和施工条件通过试验选择最优用量。一般对无筋混凝土可为水泥质量的 1% ~ 3% ；在钢筋混凝土中可为 0.2% ~ 0.5% 。含氯盐的钢筋混凝土如用蒸汽养护，将加速钢筋的锈蚀，故不宜用蒸汽养护。

14.2.2 3 附录 J 是根据国际 (GBJ50204—92) 附录三拟定的，条文表 14.2.2 中规定了拌和用水的最高温度，表注中又规定了水泥不可与 80℃ 以上的水直接接触，这是因为水泥与高于 80℃ 以上的水接触时，将使水泥发生假凝现象，影响水泥颗粒的分散和与骨料充分包裹，而就将降低混凝土的强度。

14.2.4 2 以蓄热法养护混凝土时，为了使混凝土在入模浇筑成型后其水化热能满足强度增长的需要，应有一定的入模温度。否则强度增长慢，就不能达到混凝土本身抗冻的要求。

14.2.4 3 在已硬化的温度过低的混凝土上续浇混凝土时，续浇的混凝土温度将迅速降至 5℃ 以下，从而使其强度不能增长或增长很慢，有被冻坏的可能，故规定如条文。

冬期施工用蒸汽养护混凝土注意事项，一般与第 11 章有关规定相同，本条只编列冬期施工时的特殊要求，其主要目的是防止混凝土内外温差过大，构件裂缝。

14.2.4 6 混凝土温度与外界气温相差 20℃ 时，应对拆模后的外露面加以覆盖，防止混凝土表面冷却过快，产生收缩裂纹。

14.2.4 7 2) 3) 是根据现行国家标准《混凝土结构工程施工及验收规范》 (GB50204—92) 第 7 章冬期施工，第五节混凝土养护拟定的。

14, 3.1 2、3 是根据中国计划出版社 1996 年《基础工程施工手册》第七编第二章冬期施工，第二节砌筑工程冬期施工拟定的。

14.3.2 2 1) 是参照国家标准《砖石工程施工及验收规范》 (GBJ203—89) 第六章冬期施工拟定的。

14.3.2 3 表 14.3.2 是在保温棚中或露天气温在 5℃ 以上时，砂浆 (小石子混凝土) 中掺入氯化钙早强剂后早期强度对比，与第 14, 3.3 条抗冻砂浆的作用不同。

表 14.3.2 氯化钙掺量和砂浆相对强度

砂浆龄期 (d)	氯化钙与水泥用量比			砂浆龄期 (d)	氯化钙与水泥用量比		
	1%	2%	3%		1%	2%	3%
1	180	210	240	5	130	150	160
2	160	200	230	7	120	130	140
3	140	170	190				

注：以未加早强剂的同龄期砂浆强度为 100。

14.3.3 抗冻砂浆是在砂浆内掺入一定数量的抗冻化学剂 (一般为氯盐) ，使砂浆在

一定负温下不冻结，且强度能够继续缓慢增长；或在砌筑后慢慢受冻，而在冻结前便达到一定强度（一般为 20% 以上）。此种砂浆解冻后其强度与粘结力仍和在常温下一样能继续上升，强度不受损失或损失很小。抗冻砂浆在使用前不得低于 5℃，这样可使砂浆有较好的和易性，并在气温降到砂浆的冻结温度时，强度还可慢慢增长。抗冻砂浆的抗冻剂掺量见表 14.3.3。

表 14.3.3 抗冻砂浆的抗冻剂掺量

抗冻剂类别	砌后预计 7d 内最低气温 (℃)				
	- 5	- 10	- 15	- 20	
	掺量 (%)				
单盐氯化钠	6	10	—	—	
单盐氯化钙	8	10	—	—	
氯化钠 + 氯化钙	3 + 3	6 + 4	8 + 5	10 + 5	

注：①掺量按拌和水质量的百分数计；
②表中掺量可根据具体情况和强度增长速度要求，参照可靠经验或通过试验增减，不允许严重析盐的砌体，应采用较小掺量。

14.4.1 6 加热养护的混凝土采用不适宜的水泥时，后期强度可能降低，因此条文规定增加与结构同条件加热养护后再标养 28d 的试件，以检验和保证其强度。

15 钢筋混凝土和预应力混凝土梁式桥

15.2.1 交通部公路一局现使用的一套模架构造如下：

每套模架由 2 组钢梁组成，承重部分为钢箱梁，由 6 个单元组成，长 61.25m，高 2.25m，宽 1.90m，前后分别有钢桁架导梁，前导梁长 31.25m，后导梁长 21.25m，全长 113.75m。钢梁各单元之间均用高强螺栓连接。前后导梁与承重梁连接处分别有一可水平转动的铰，以适应弯桥需要。自移设备在承重钢箱梁的箱内，通过液压夹头夹紧钢索后，用长杆千斤顶驱动。钢梁下弦底部装有不锈钢带，以便在托架的四氟滑板上滑行。前导梁上各有一组 150kN 液压式卷扬机，用以提升托架等部件。每套钢箱梁质量约 497t。

外侧模每节长 1.25m，通过可调节高度和水平位置的螺杆支座固定在钢梁上，预拱度即用此螺杆来调整。内模为每节长 5m 的钢支架结构，伸缩采用液压装置，装拆方便，其竖杆下端支承于钢轨上，钢轨下垫有与箱梁同强度等级的混凝土预制块。在前方有一工作平台固定在前导梁上，平台上设牵引绞车，可将内模逐节牵引就位。底模每节长 1.25m，与侧模配套使用，在与侧模架联接处用钢销销紧。底模的装拆可采取吊车及卷扬机等配合使用，拆下的底模放在车上或船上，运至下一孔位置安装。墩身内外侧均设有托架，每个托架上有 4 台大千斤顶，用以顶升钢梁，托架下有钢立柱支承于下部承台顶面。

浇筑箱梁时，钢梁前支点通过前横梁上的长杆千斤顶支承在墩顶，中间支点直接搁置在托架上，后支点则是通过横梁上的 4 根吊杆将钢梁悬挂在已完成箱梁悬臂端

上,悬挂点在距支座中心线 6.25m 处。参见文献《厦门高集海峡大桥主桥上部箱梁采用移动式模架逐孔施工》。

15.2.1 1 每一跨施工阶段采用可移动的支架,支架总长一般为桥跨的 2.5 倍。参见文献肖恩源《预应力混凝土连续梁桥逐跨施工的设计》。

15.2.1 3 第一次浇筑到第二孔的第一个反弯点处,此处的位置一般为 0.2l 附近,以后每次都把工作缝设在此处。

15.2.2 参照文献《刚构—连续组合梁》,王文涛主编,人民交通出版社出版;汤俊生《桥梁建设》1993 年第二期。

支架不均匀下沉,会造成混凝土产生裂缝。应特别注意,支撑在承台上与土基上的支架很难做到均匀下沉,因此施工时此部分最好设施工缝分开浇筑。

15.2.2 2 支架上浇筑混凝土可采取支架预压、设置预拱度、合理的浇筑顺序和分段浇筑、使用缓凝剂等措施,防止因支架变形引起混凝土开裂和梁体线形不顺适。

15.3.1 1 参照文献《预应力混凝土梁悬臂施工及发展》及《刚构—连续组合梁》。

15.3.2 4 对称、平衡浇筑是为了不产生或产生不大的扭矩、力矩。施工时不可能做到绝对平衡,偏差应不超过设计规定。

15.3.2 5 连续箱梁悬浇施工时的预拱度,应根据梁本身可能产生的挠度进行设计和预留。可能产生的挠度一般应包括:各墩上分段悬浇时形成的“T 构”静定体系的挠度,各墩上悬臂梁跨进行浇筑直至形成连续梁体系的挠度和全联连续体系形成后由于静荷载、活荷载和后期混凝土收缩、徐变引起的挠度。对挂篮受重后的下垂变形,应分次及时调整。

15.3.3 2 1) 对称张拉为避免偏心力矩。

15.3.3 2 3) 参照文献《刚构—连续组合梁》。

1.3.4 3 悬浇连续梁合龙前,合龙梁段两端悬臂受温度变化的影响可能产生纵向伸缩使合龙口间距变化,从而导致合龙梁段混凝土凝固过程中受到张拉或压缩的超应力的影响而产生裂缝。需将合龙跨一侧墩的临时锚固改换成活动支座,以减少影响。同时,在浇筑合龙段混凝土前应将两端悬臂临时联结,临时形成刚性连接,保护合龙段混凝土完整,一直到合龙段混凝土养护到一定强度并施加预应力与悬臂形成整体。联结方法是在合龙口设置支撑型钢或钢管(可兼作制孔管用)并张拉一部分预应力钢材。

临时联结力应大于支座摩阻力,以使联结构造与悬臂共同变形。

15.3.4 4 预应力连续梁在悬臂浇筑施工时,是悬臂静定结构体系,梁与墩是临时固结;浇筑混凝土合龙并张拉预应力钢材后,转换为连续梁超静定结构体系。在转换体系时,应将临时固结解除,将梁落于正式支座上,并按标高调整支座高度和反力。

15.3.6 2 参照文献帅长斌等“樟树大桥施工简介”,《公路》(1996.11)。

15.4.2 1 2) 预应力连续梁桥、悬臂梁桥主梁与桥墩间设有支座(不是与墩连成整体)的结构,不能承受不平衡力矩,需要采取如条文所述的临时措施,以承受墩两侧悬臂可能产生的不平衡力矩。硫磺水泥砂浆块作为临时支承较纯水泥块好,前者拆除时只需用加热即可逐步熔化,使梁下落到正式支座上,为避免烧热熔化硫磺水泥砂浆

块而将正式支座中的四氟板和橡胶板烧坏,应在硫磺水泥砂浆块与正式支座间设置石棉垫等隔热层。梁通过硫磺水泥砂浆块与桥墩是否需设置锚固筋应按照设计规定办理。

15.4.2 1 3) (1) 吊装设备在吊装前按设计荷载分 3 级加载分别进行荷载试验,可在正式吊装构件前发现问题,能提前予以调整、解决,避免正式起吊时发生事故。

15.4.2 1 3) (5) 悬臂拼装时,随着块件一对对的安装,悬臂端块件和已安装的中间块件的挠度经常在变化,事先绘制主梁各块件安装时的挠度变化曲线,以控制块件安装高程是非常必要的。此曲线由设计提供,当设计未提供时,施工单位应会同设计单位绘制。

15.4.2 2 2) (4) (5) 参照文献兰远钧等“在桥墩上修建 V 形支撑的施工方法”《桥梁建设》(1996.2)。

15.4.3 1 1) 采用环氧树脂胶接缝时,涂胶并将块件靠拢调正后,即可开始张拉,对块件进行挤压。因为一般粘胶剂涂抹在被粘胶物体内部,都须进行挤压,才能粘结良好。挤压力大小与粘胶剂种类有关。

15.4.3 1 3) 同一截面中的预应力筋根数较多,位置各异,不能也不宜将所有预应力筋同时张拉,必须分批张拉。每批张拉先后次序和每批张拉根数均应按照设计规定办理。

15.4.3 1 4) 气温在 0°C 以下张拉预应力筋易脆断。拼装块件是高空作业,在五级以上大风中进行是危险的,故规定如条文。

15.4.3 2 每块块件在拼装过程中,起重吊钩要始终悬挂着块件。当块件预应力钢材按设计要求被张拉后,能保证稳固时才允许放松吊钩,以免发生块件掉落事故。需要张拉多少根预应力钢材才允许放松吊钩,应通过计算确定。

15.4.3 3 明槽中的预应力筋是暴露在大气中且不与明槽的混凝土粘结的,为了避免预应力筋长期暴露在大气中发生锈蚀及产生意外,故规定明槽混凝土在设计许可下应尽快浇筑。混凝土浇筑一开始悬臂的挠度即可完成大部分,向根部靠近后,其增加的挠度逐渐减小,原已浇筑久的混凝土不致因挠度变化过大而开裂。

15.4.3 4 预应力连续桥梁在用悬臂拼装时,梁顶部是承受负弯矩,即预应力筋都布置在梁截面上部,两个悬臂在跨中合龙以后,跨中附近变为正弯矩,即该部位梁截面下部成为受拉状态,梁上部变换成受压状态,若在合龙前不采取措施,则原在梁截面上部张拉的预应力筋拉应力松弛,如预应力筋置于明槽内侧可能向上漂浮,如梁下部未曾张拉预应力筋时,则拼装的块件就会折断坠落。

15.5.1 1 1) 条文所述桥轴线包括纵坡和平曲线的轴线,因顶推法在纵坡上和平曲线上均适用。为了确保顶推的导梁端部通过第一跨时的稳定性,预制场地应适当往后布置。

15.5.1 1 2) 预制场长度一般可按 2 倍预制梁段长加 2m 决定,宽度可按桥梁宽度加 $2 \times 2.5\text{m}$ 为准。

15.5.1 1 4) 预制台座地基或引桥的强度、刚度和稳定性很重要,如地基有沉陷,或引桥挠度过大,将使预制的梁段底面不平整,并增大了梁底板厚度,导致顶推摩擦阻

力增加和梁重力增加,造成顶推作业困难。设在路基上的预制台座顶面应比路基设计标高低一个梁高,故宜选在填方路基上,避免设在挖方地段。预制台座应尽可能利用引桥,可减少临时支墩和地基处理工作量以及防水、排水设施等费用。

15.5.3 1 顶推安装的预应力连续梁,由于在顶推过程中,各截面要多次承受交替变化的正负弯矩,因此梁段中的预应力索有些是从顶推开始到连续梁就位都必须具有的永久索;有些是在顶推过程中所必需的,但到连续梁顶推就位后须拆除的临时索;还有一些是为了减小在顶推过程中产生过大的反向弯矩,适当地减少张拉索数,待全梁顶推就位后再按需要添加的补充索。以上3种预应力索均应严格按照设计规定进行穿束张拉或拆除,不得随意增减或漏拆。

15.5.3 2 需拆除的临时索,如灌浆就不能拆除了,故规定如条文。其锚具外露多余的预应力索,不宜立即切除,可在预应力索上画线注明锚具的位置,以便在顶推时检查锚具是否松动。

15.5.3 3 对较长的永久索,因孔道上下弯曲,不可能用一根索从孔道头穿到尾,这样的索也不便于张拉,故采取分段穿索用连接器连接是必要的。

15.5.4 1、2 导梁以采用刚度大、变形小的钢板梁为好。限于条件,国内目前多采用万能杆件或贝雷杆件或贝雷拼装的钢桁梁。有的桥梁曾因对导梁的安装和导梁与梁体的连接注意不够,造成导梁个别杆件局部变形,使连接处梁体混凝土开裂,影响了顶推工作的正常进行,为此,条文对导梁的施工作了有关规定。

15.5.4 3 临时墩可以减小主梁的顶推跨径,从而减小顶推时最大正负弯矩和它所产生的主梁截面应力。临时墩应能承受顶推时的最大荷载,不致产生不能容许的沉陷;承受顶推时的最大水平摩阻力,不致发生不能容许的水平位移。在通航或流冰河流中设立临时墩,还要能防范船只和流冰的冲撞。某桥曾发生过因流冰冲毁一个临时墩的事故,不得不重建2个临时墩(原墩位不能利用)补救。拆除临时墩的方法,应在建墩时即布置。拆墩时,墩顶应与主梁底面脱开。

15.5.5 1 各种顶推方式均有其优缺点,集中顶推方式的动力设备数量少,易于集中控制和同步,但要求动力设备的功率大,传递给墩台的水平力较大;分散顶推方式的动力设备数量多,功率小,不易集中控制和同步,但传递给墩台的水平力较小;水平一竖直千斤顶顶推方式,全部操作可在墩台顶上进行,传力直接,但在顶推循环过程中,每次循环均需竖向顶梁,对梁体受力不利;拉杆顶推方式不需顶起梁,对梁体受力易于掌握,不易产生意外,但顶推力通过拉杆传递给梁,梁体内需预埋连接零件,而且每次顶推循环后拆移拉杆时,有时会出现高空作业。施工时可根据施工条件选择适当的顶推方式。

15.5.5 3 1) 计算顶推力是按多种因素如滑动装置的摩擦系数和滑动装置使用中变形情况以及梁段底板的平整度、预制梁段各部尺寸、千斤顶的工作效率等都较为理想的情况下考虑的,为了防止因发生意外而使水平顶力过小而影响顶推工作的顺利进行。

15.5.5 3 4) 左右两条顶推线如横向不同步运行,就可能使被顶推的梁体发生偏离。这里的“同步”包括同时顶推,而且左右的顶推力大小相等。多点顶推时,纵向

各墩的水平千斤顶如不同步运行,则加重了早启动千斤顶的负担,甚至超过其顶推能力,而使顶推工作不能顺利进行。

15.5.5 3 5)在顶推过程中,往往由于左右两条顶推线未能完全同步,各墩顶的滑动装置的摩阻力也不尽一致,使梁的走向偏离中轴线是经常发生的,故需采用导向装置纠偏。

15.5.5 3 6)用竖向千斤顶将梁顶高的最大升高必须有所限制,否则梁被顶高时将产生临时局部弯矩,此值如过大就可能使箱梁顶板和底板的上缘发生裂纹。各支承点最大相对的顶高差值要控制在主梁能容许的竖向变位范围内,其值与墩距(含临时墩)、梁高、梁顶板和底板厚等有关,最好由设计方面通过计算决定。为了便于拉回滑块,梁底一次顶高一般不宜小于5mm。设计无规定时,最大一次顶高不超过5~10mm。顶推跨径较大时可采用上限。

15.5.5 3 7)顶推装置的墩、台水平顶推力如小于梁段(包括导梁)压在其他墩、台上的摩阻力,则梁不会前进,而在滑块与梁底间做相对滑移运动(即打滑)。

15.5.5 4 拉杆式的水平:千斤顶一般采用穿心式的,使拉杆一端能穿过千斤顶锚固在千斤顶活塞顶端,另一端穿过拉锚器用尾套锚固。为了减少拉杆的根数,增强拉锚器和千斤顶的锚固力,可使用高强度螺纹钢钢筋做拉杆。拉锚器常通过箱梁外侧的预埋钢板固定在箱梁上,但为了拆装方便,减轻高空作业的劳动强度,拉锚座常制成插销式活动装置,见文献《包头黄河大桥施工技术总结》。

15.5.5 5 1)、2)、3)顶推过程中,应对条文所述各注意事项加强检查,这些部分如出了问题,后果是严重的。顶推的速度虽重要,但更重要的是顶推过程中的质量与安全。

15.5.5 5 4)顶推过程中最常见的故障是滑板被卡住,梁体不能前进,常用千斤顶将梁顶起取出滑板或调整滑板。条文对起顶反力值和起顶高度值的限制,主要为了控制主梁竖向位移所产生的附加应力,防止梁体开裂。

15.5.6 1 1)水平一竖向千斤顶顶推滑动装置的摩擦垫、滑板、滑块等部件的尺寸大小,均应按其使用材料的容许承载力计算决定。否则,在顶推过程中被压破,更换处理费时误事。

四氟板的容许应力分无侧限和有侧限两种,且与工作时的温度高低有关,温度低时其屈服点强度高。四氟板与金属板摩擦时,产生的热量多由金属板排走,如果两块四氟板互相摩擦移动,则产生的热量很多,温度很高,易使四氟板被烧坏,故滑动装置不采用上下两层四氟板互相滑移。四氟板的容许应力是参考文献《公路施工手册·桥涵》拟定的。对滑道的基本要求是表面光滑、摩擦系数小、不锈蚀。用不锈钢或镀铬带制作可符合要求。滑道长度和宽度的规定,是考虑在滑动过程中,滑道容纳滑板数应不少于3块和防止滑板偏离滑道。滑道顶面高差的规定是防止滑板局部受力而被压坏。

15.5.6 1 3)滑动装置的摩擦系数,主要取决于四氟滑板与滑道面的摩擦系数,研究试验结果表明,启动摩擦系数为动摩擦系数的1.1~1.5倍;摩擦系数与滑道所用材料无关,而与滑道表面的光洁度关系大;滑道磨损变形或折皱,摩擦系数会增大;

摩擦系数随单位压力增加而减小；随温度降低而增加；摩擦系数随荷载压在四氟板上滞留时间延长而增加。故顶推工作一经开始，最好一气完成该节梁段。在四氟板与滑道之间涂以矿物油脂如轻机油或钾肥皂，可使摩擦系数降低。条文所列启动摩擦系数与动摩擦系数的推荐值是根据一般试验结果拟定的。

15.5.6 3 多联顶推目前常用的伸缩缝临时连接方案有两种：一是在各联相邻间伸缩缝中灌注硫磺砂浆，冷凝后张拉临时预应力索，然后照正常程序进行顶推施工，待全桥顶推完毕，即可拆除临时预应力索，并把缝中硫磺砂浆加温融化掉，落梁后进行伸缩缝的施工；另一方案是在两梁段之间以塑料布隔开，张拉临时预应力索，然后按正常程序施工，待后一梁段达到设计位置，拆除临时预应力索，再将前面一联的连续梁向前顶推到伸缩缝所需距离，达到设计位置时，再落梁进行伸缩缝施工。单点顶推时只能采用第一方案，多点顶推则两方案均可适用。

15.5.7 1 平曲线桥的曲率如变化太大，则其预制台座和预制的梁段均需随曲率变化而变动。顶推过程中的方向也需经常调整改变，这些都很难，故条文规定顶推安装的平曲线桥只适用同半径的圆曲线桥。与桥头引道衔接的桥梁两端为变曲率缓和曲线时，可采取特殊措施，见《公路施工手册·桥涵》。

顶推法安装的平曲线桥的另一主要限制条件，是其平曲线半径不能太小。如果每孔曲线桥的平面重心落在相邻两座桥墩上箱梁底板的弦连接线以外，箱梁就会倾覆，当然谈不上顶推了。满足条文所述条件，不仅与曲线桥的半径大小有关，而且与箱梁底板的宽度有关。设曲线梁的弦中距 M 值小于 $1/2$ 箱梁底板宽度，则一定可满足上述条件。

当梁的重心在底板范围以内时，还要验算桥墩所受的偏心荷载反力所产生的应力及梁本身产生的扭转挠曲应力，见《公路施工手册·桥涵》。

15.5.7 2 与上条所述理由相同，用顶推法安装的竖曲线桥只适用于同曲率的竖曲线桥。自一端顶推全桥时，开始一段是向上坡顶推，水平顶推力应按顶推平坡时的摩阻力加上坡阻力考虑，顶过坡顶以后，水平顶推力应按顶推平坡时的摩阻力减去下坡阻力考虑。若纵坡太大，顶推下坡时，虽不施加顶推力，全梁也自动往下滑时，则下坡时不宜采取顶推施工。

15.5.8 落梁工作包括：全桥顶推就位后，按营运阶段内力，将补充预应力筋进行穿束、张拉、锚固、压浆；再将临时预应力筋按设计规定顺序拆除，安装正式支座，将梁顶起，取出滑动装置，然后将全梁落于正式支座上。为了消除由于预制产生的箱梁底部高程误差，支座安设中的高程误差和预加应力所引起的二次力矩，使梁体受力状态符合于其自重力引起的弯矩和反力，落梁时千斤顶顶力应以支座反力调整控制为主，同时适当考虑梁底高程。

15.6.1 2 构件移运、堆放或吊装时，混凝土只承受构件本身自重产生的弯曲应力或轴心压应力（按规定另考虑动力系数），比受荷后的应力要小得多，故条文规定构件混凝土强度达到设计强度的 75% 时进行构件脱底模、移运、堆放、吊装等工作，应当是安全的。

15.6.1 3 条文中支承结构（墩、台、盖梁、拱座等）应符合所要求的强度，系指

安装上面的构件时所要求的强度,一般也不应小于混凝土设计强度的 75%。

15.6.1 8 混凝土预制构件或砌块与新浇混凝土砌筑砂浆的粘着强度,与接触面的粗糙度关系甚大,据《铁路桥涵施工规范》试验资料介绍,同样配合比的砂浆,凿毛的比未凿毛的表面其粘着强度高出一倍以上,故规定须按施工缝处理。

15.6.2 1 3) 预制混凝土梁、板构件时,应考虑梁体拱度对桥面铺装的影响,如预计的上拱度偏大,宜在预制台座上设置反拱。

15.6.2 2 2) T形梁腹板底面的扩大断面(马蹄形断面)从腹板上部往下浇筑混凝土时,由于扩大断面内的空气不易排出,最易造成空洞,一般可在扩大断面顶板处开临时浇筑窗,从窗口向下灌入混凝土,待充满并捣实后再封闭窗口。

15.6.2 2 3) 浇筑 U 形梁时,宜将底板上面的模板暂不安装,待底板混凝土浇筑完并振捣后再安装底板上面的模板,继续从腹板顶部往下灌注。

15.6.3 1 2) 直杆一点吊时,常以一端搁地另一端先吊起,此时杆件离着地端某处发生最大正弯矩,吊点处发生最大负弯矩,当这两项弯矩值相等时,杆件内发生的弯矩值在起吊时最为有利。经计算,等截面直杆吊点位置设在距一端 $0.29L$ 处时,符合上述要求。同理,两点吊吊点设在距两端 $0.21L$ 处,杆件内发生的弯矩值亦最为有利。

15.6.3 1 4) 板式构件上、下布筋不同,如上、下面吊错必然断折。有些预制板埋有吊钩,不易弄错,有些预制板只有吊孔,有些甚至无吊孔,靠用绳索捆绑起吊,最易弄错上下方向,应特别注意,需在预制完毕时用油漆在每块板的同一位置处注明上下方向。

15.6.3 2 4) 水平多层堆放板式构件时,层与层之间以垫木隔开极为重要,因它可以明确板的支搁位置在设计支点附近,否则由于板的上下面不平整,凸出处成为支点,使板产生负弯矩,造成顶面开裂或折断等事故。支垫位置应靠近设计点(即吊点)上下各层垫木必须在同一条竖直线上,也是为了防止板的开裂或折断。

15.6.5 2 2) 斜桥、弯桥安装时的特殊要求,主要是斜交方向、斜交角度较大时的支座型式及其安装问题,弯桥的超高与支座安装以及桥梁内侧与外侧长度不同等问题,这些都应按照设计规定办理。

15.7.5 是根据广东佛开高速公路《九江大桥施工》(1996 年 11 月)第五章 5.4.1 拟定的。

16 拱 桥

16.1 一般规定

16.1.1 拱桥按构造可分为板拱、肋拱、箱形拱、箱肋组合拱、桁架拱、刚构拱、系杆拱、提篮拱等;按拱轴线形可分为圆弧拱、悬链线拱和抛物线拱;按静力体系可分为三铰拱、两铰拱和无铰拱;按行车道位置可分为上承式拱桥、中承式拱桥和下承式拱桥;按建筑材料可分为圬工拱桥、混凝土拱桥、钢筋混凝土拱桥、预应力混凝土拱桥、钢管混凝土拱桥、劲性骨架拱桥、钢拱桥等。双曲拱桥工序复杂、跨度小,是我国 70 年代的产物,目前已被箱形拱桥所取代,故本规范不包含双曲拱的条文规定。

16.1.2 施工技术人员必须掌握施工过程中的结构强度和稳定性验算,对各个施工状态下的结构安全系数心中有数。施工组织设计中应包含施工安全措施,大跨度拱桥应组织专门人员对施工全过程进行监测和控制,确保施工安全。

16.1.5 施工过程中的大跨度拱桥承受施工荷载,其安全系数比成桥后承受恒载时小得多,在施工过程因对灾害性天气估计不足造成损毁的事故已有先例,故条文规定要求掌握气象资料,尽量避开可能突发的灾害性天气,并提前采取适当措施防患于未然。

16.2 就地浇筑混凝土拱圈

16.2.1 1 跨径小于 16m 的拱圈或拱肋,其全孔的混凝土数量较少,连续浇筑需要的时间较短,有可能在全拱浇筑完毕时最先浇筑的混凝土仍具有可塑性,不致因拱架下沉而使拱圈或拱肋开裂。如果拱圈或拱肋混凝土连续浇筑不能在最先浇筑的混凝土初凝前完成,则应在拱脚处留一隔缝,以防拱脚处最先浇筑的混凝土开裂。

16.2.1 2 跨径大于或等于 16m 的拱圈或拱肋,为避免先浇筑混凝土因拱架下沉而开裂,应沿拱跨方向分段浇筑,各段之间留间隔槽。当拱架沉陷时,拱圈(肋)各节段有相对活动的余地,从而避免拱圈开裂。预留间隔槽的位置为拱圈易于产生裂缝的部位,如条文规定的各处。分段浇筑还可避免混凝土连续浇筑的收缩应力,并使拱架易于拆除。连续浇筑完成时,拱圈因收缩影响,拱轴缩短,使压在拱架上的荷载增加,拆除拱架困难,分段浇筑时此影响很小,较大跨径拱圈还可在间隔槽内用千斤顶施加压力调整应力,使拱架更易于拆除。间隔槽如过小,对拱段两侧接合面按施工缝处理和端面模板的安装均不方便;如过大则本身有较大的收缩量,不利于拱与拱段接合。条文规定为 0.5~1.0m,可按拱圈断面大小选择。

16.2.1 3 分段的长度和数量,应根据拱架形式、拱架和拱圈的受力情况以及浇筑混凝土的方法等方面确定,一般分段长度为 6~15m,应做出设计和进行必要的计算。分段浇筑程序应先下后上,左右对称均衡进行,使拱架变形均匀和尽可能小,以保证浇筑过程中拱圈变形均匀,不发生开裂。拱圈是以轴向受压为主的结构,因此施工缝应处理成垂直于拱轴线的平面或台阶式接合面。

16.2.1 4 等待拱圈分段混凝土浇筑完成,且强度达到 75% 设计强度后再浇筑间隔槽混凝土,其间隔时间较长,可使拱圈各段混凝土在合龙前完成一部分收缩,以减少合龙后拱圈内产生的收缩应力,从而减少收缩裂缝。

间隔槽合龙时温度应符合设计要求或接近当地年平均温度,如白天气温较高可在夜间合龙,如夜间气温仍嫌高,可在拱圈上浇水,降低温度防止以后气温过低时发生收缩裂缝。

16.2.1 5 大跨径钢筋混凝土拱肋浇筑时,如纵向钢筋为整根钢筋,将随气温变化和拱架的沉陷而产生附加应力或隆起变形。为避免产生这种现象,条文规定不得采用整根钢筋,以便在拱架沉陷时在接头处调节钢筋的长度,使钢筋保持正确的位置和受力情况。有钢筋接头间隔槽的数目,一般选择 2 个对称的即可,数日过多会增加钢筋接头焊接或绑扎的麻烦。

16.2.1 6 分环分段浇筑拱圈并分环合龙的施工方法可使已合龙的环层产生拱架作

用,在浇筑后一环层混凝土时,可减轻拱架的负担,使拱架结构及安装简单。但各环层受力复杂和施工周期较长,故适用于大跨径拱圈混凝土浇筑。

先后环层混凝土浇筑时间不同,各环间所受荷载、混凝土收缩徐变影响以及温差影响均不同,因此分环分段方法、浇筑次序、养护时间、各环间的结合等必须按照计算控制施工质量。浇筑上环时,下环混凝土强度应达到设计规定要求。

16.2.1 7 这是一种预制和现浇结合以现浇为主的施工方法。在拱架上组装时,先将腹板、横隔板的接头钢筋焊接固定,待全部组装完成后,才能浇筑接头和底板混凝土。由于安装腹板及横隔板对拱架起了预压作用,且各板间通过钢筋连接,垫块可以传力,起到部分拱的作用。此时拱架已完成了部分变形,变形已基本稳定,因此,浇筑底板的分段及间隔缝可减少。当底板浇筑完成且达到一定强度后,已形成开口槽形箱,能承担一定荷载,如有必要并经过验算,在施工顶板前可以拆除拱架。

16.2.2 1 条文所列三种方法,分别成功地应于用重庆万县长江大桥、四川宜宾金沙江南门大桥和广西邕宁邕江大桥的主拱施工中。劲性骨架混凝土拱圈或拱肋,施工阶段多,施工周期长,主拱截面逐步形成,内力不断变化,应特别注意在钢骨架安装、拱圈或拱肋混凝土浇筑及桥面系安装阶段结构的变形、强度和稳定性,事先做出加载程序设计和详细的结构分析计算,并在施工过程中进行监测和控制。

16.2.2 2 分环多工作面浇筑劲性骨架混凝土拱圈(拱肋)的关键是分次多点均衡加载,使劲性骨架变形均匀,并有效地控制结构内力和稳定性。例如万县长江大桥,其主拱圈三室箱形截面分8次浇筑完成,每次纵向浇筑混凝土采用“六工作面”法,即将拱圈沿纵轴线等分为6个工作面,每工作面底板混凝土又分为13个工作段,顶板混凝土分12个工作段,腹板混凝土分6个工作段。各工作面要求对称、均衡浇筑,最多允许有一个工作段的进度差。

16.2.2 3 水箱压载法,即在拱圈(或拱肋)顶部布置水箱,随着混凝土浇筑面从拱脚向拱顶的推进,根据拱圈(或拱肋)变形和应力的观测值,通过对水箱注水加载和放水卸载来实现对拱轴线竖向变形的控制。

水箱加载的一般规律是,当混凝土浇筑至 $L/4$ 区域时,拱 $L/4$ 截面高程下降,拱顶上升,两者达到最大值,同时水箱加载也达到最大值。这是整个拱圈(拱肋)施工的关键阶段,要及时控制好竖向、横向变位,防止钢骨架弦杆应力超限而导致失稳。

16.2.2 4 斜拉扣挂法就是在拱圈(拱肋)适当位置选取扣点,用钢绞线作为扣索(斜拉索),两岸设置临时塔架,在混凝土浇筑过程中,根据各断面的应力情况进行张拉或放松,实现从拱脚到拱顶连续浇筑混凝土。

扣点作为施加在拱肋上拉力的作用点,其位置很重要,可根据受力要求并考虑钢骨架吊装大段的接头位置合理选择。

扣索的索力可采用指定应力法来确定。即指定拱肋断面的应力在某一范围内,在浇筑某一环混凝土时,如应力在此范围内,可不张拉扣索,如超出指定范围,则用扣索来调整应力。扣索的张拉与放松过程,一般是从拱脚往上浇筑混凝土时,拱脚附近的截面上缘受拉,这时就需要靠张拉扣索来调整应力,浇至一定长度后,拱脚转而受压,趋于全拱均匀受荷,就要逐渐放松扣索。混凝土浇完扣索已松完,转变为纯拱受

荷体系。

16.2.2 5 条文所规定的相对高差和横向位移值,是根据宜宾金沙江南门大桥、广西邕宁邕江大桥和重庆万县长江大桥三座桥的实践得出的。对应截面的高差如超过 30mm,高程低的一岸就停止浇筑,另一岸加快进度,待两边高程大致对称时,再同时并进。在浇筑混凝土过程中,拱肋发生横向变形时,利用八字缆风进行调整,把横向变形控制在规定值内。

16.3 装配式混凝土、钢筋混凝土拱圈

16.3.1 1 箱肋组合拱是指将预制 T、U 或 || 形 (单拱肋吊装合龙后再横向组成的多肋箱形拱或开门箱形拱,即通常所称的箱形拱、刚架拱与桁架拱大致相同,但刚架拱的节点都是刚性连结,节间数目较少,杆件较长,其安装方法与桁架拱基本相同。

少支架是对应满堂支架而言,仅在拱肋或拱片接头处设立单排或双排支架以支搁接头,便于接头连接施工,称为少支架安装施工。

16.3.1 2 装配式拱桥的各个施工阶段的强度和稳定安全度,常小于拱桥建成后的安全度,因此,对拱圈、拱肋必须在条文所述各个阶段进行强度和稳定性的施工验算,以保证安全 and 质量。对吊运、安装过程中的验算尚应考虑 1.2 ~ 1.5 的冲击安全系数,验算方法和验算公式可参考有关文献。

16.3.1 3 拱桥合龙时在上缘开口,可在口中嵌塞不同厚度的铁片以调整拱轴线;如果下缘开口,则铁片从下插入困难,而且易掉落,故规定如条文。

16.3.2 1 只要河床地形允许,无洪水威胁,应采用少支架施工,因它比无支架施工方便和安全。

16.3.2 3 拱肋接头的连接型式和方法,一般与无支架施工拱肋的接头连接相似,可采用对接、搭接或现浇型式及焊接、栓接或胶接等方法。

16.3.3 3 2) 扣索位置如果偏移拱肋的竖直面,就会使所扣挂的拱肋偏移设计平面位置,造成拱肋横向失稳,故规定如条文。

16.3.3 3 3) 扣架上索鞍顶面的高程如果低于拱肋扣环高程,则扣索不产生向上的分力,就无法使拱肋扣环端升高,拱肋轴线就无法调整,故规定如条文。

16.3.3 4 风缆是加强拱肋横向稳定和调整拱肋中线的重要措施。为了保证拱肋吊装时的横向稳定,分 3 段或 5 段吊装的拱肋至少应有 2 根基肋在接头附近设置稳定的风缆,如规范图 16.3.3 所示。

16.3.3 6、7、8 拱肋高度影响纵向稳定系数,拱肋底面宽度影响横向稳定系数。横向稳定系数 $K = N_1 / N$ 中, N 为拱肋自重的平均轴向力, N_L 为临界轴向力,其计算方法可参考文献《公路施工手册》。条文中各项指标的规定,是根据文献《公路双曲拱桥设计施工技术规范》拟定的。拱肋高度和宽度一般已在设计时考虑,吊装施工时只验算横向稳定系数,如达不到要求,应采取措施提高横向稳定。

16.3.3 11 5 段以上拱肋吊装,对风缆系统应进行专门设计。是将风缆作为结构的一部分,在最不利横向荷载时,计入风缆的弹性变形和非线性影响,进行拱肋稳定计算。横向稳定系数不小于 4。

16.3.3 12 拱肋吊装合龙、松索过程中,各项工作应紧密配合。各阶段松索工序相

当于有拱架施工时拆卸拱架工序,稍有疏忽,容易造成拱肋开裂、失稳事故。

大跨径拱桥分 3 段或 5 段吊装合龙成拱后,保留起重索和扣索部分受力,称为“留索”(一般起重索拉力保留 5% ~ 10%,扣索基本放松),可增加拱肋接头的连接工序的安全度。

16.3.3 13 拱肋接头部件一经焊接,则拱轴线和中线均已固定,不能再调整,故条文规定应在轴线、中线调整之后进行焊接,焊接之后再全部松索成拱。

16.4 转体施工

16.4.1 桥梁转体施工是 50 年代以后发展起来的新工艺,具有机具设备简单、材料节省、施工期间不受洪水威胁又不影响通航等优点。自 1977 年四川首创 70m 箱形拱转体施工以来,目前国内转体施工桥梁已有 50 余座,数量居世界第一,其中拱桥最多。

转体施工发展较快,平转法由平衡重到无平衡重转体,无平衡重转体由单边转体到双边转体或不对称转体;由平转到竖转、或平移竖转、或先竖转后平转。本节主要规定不平衡重平转施工、无平衡重平转施工和竖转施工的技术要求和注意事项,其他组合转体方法可参照执行。

平转施工适用于刚构梁式桥、斜拉桥和各式混凝土拱桥。其基本原理是,将桥体(主要上部构造)整跨或从跨中分成两个半跨,利用两岸地形搭架或设胎预制,在桥梁墩(台)处设置转盘,将待转桥体的部分或全部置于其上预制,通过张拉锚扣体系实现脱架和对于转轴的重力平衡,再以适当动力(卷扬机、千斤顶等)牵引转盘,将桥体平转至合龙位置,浇筑合龙段接头混凝土,封固转盘,完成平转施工。

竖转施工适用于转体重量不大的各式混凝土拱桥或某些桥梁预制部件(塔、斜腿、劲性骨架)。其基本原理是,将桥体从跨中分成两个半跨,在桥轴方向上的河床设架预制,待转桥体的岸端设铰,桥台或台后设临时塔架支承提升系统,通过卷扬机回收提升牵引绳,将桥体竖转至合龙位置,浇筑合龙段接头混凝土,封固转铰,完成竖转施工。

16.4.2 1) 转体施工的拱桥的桥体、转盘体系必须精心施工,各部分的几何尺寸如发生较大的偏差,易产生转体不平衡等恶果,故对预制场地的选择、桥体结构尺寸和旋转环道精度规定如条文。

16.4.3 1 外锚扣体系是用外加扣索或拉杆扣住桥跨中点附近的扣点后,进行张拉、锚扣;内锚扣体系是利用结构本身作拉杆,如桁架拱或刚架拱的上弦。

16.4.3 3 1) 当转体重量较小时,也可采用钢丝绳作扣索,采用卷扬机牵引,但不便于索力检测和调整。

16.4.3 3 2) 外锚扣体系的扣点宜采用一个,如采用两个以上的扣点时,扣索内力计算较麻烦,施工也不便。

16.4.3 3 3) 为使扣点处的扣索能产生向上的分力和横向分力,便于调整悬臂端的高程和轴线,故规定如条文。

16.4.3 4 1) 内锚扣体系适用于桁架拱、刚构拱等桥型,如经过计算在桁架拱上弦内布设钢筋(加设部分钢筋)可代替扣索,可节约用钢量。

16.4.3 6 2) 拱是轴向承力结构, 严格控制合龙温度有利于成拱受力状态与计算值更吻合。

16.4.3 8 按条文公式计算的转体牵引力, 根据实际情况增加适当富余量后作为配备牵引机具的依据。

16.4.4 无平衡重平转施工的特点是用锚固体系取代平衡重, 其基本原理、施工要求及注意事项均如条文所述。

16.4.5 国内于 1990 年首次采用竖转方法施工拱桥。竖转施工是一种充分利用地形、比较经济的施工方法, 利用竖转施工可代替缆索吊装, 一般适用于岸坡陡峭, 无水、浅水、局部流水或季节性流水河床 (河床深浅不限), 桥梁跨径不大或竖转桥体重量不大, 多用于山区。

16.5 钢管混凝土拱

16.5.1 1 工厂卷制焊管质量容易控制, 当条件许可时, 也可在工地冷弯卷制。根据不同的板厚和管径, 钢管焊接可采用纵向直焊缝或螺旋焊缝两种形式, 宜采用螺旋焊缝形式, 宜采用符合国家标准系列的成品焊接管, 对其质量和精度更有保证。

16.5.1 2 加工的钢材还应按规定进行抽样检验。对钢管除应按产品质量标准验收外, 还应按规定对加工的原材料进行抽样检验。

16.5.1 4 采用加热顶压方式弯管时, 如果加热温度超过 800°C , 加热次数超过 2 次, 会引起钢材微观组织的变化, 导致力学性能变坏, 可能破坏钢管材质, 故规定如条文。

16.5.1 5 拱肋 (桁架) 节段焊接应按设计要求进行, 如设计无具体规定时, 可按条文规定办理。

桁架拱主管与腹管采用相贯连接时, 因系无节点板结构, 主管应力复杂, 再加上闭合型焊接, 接头区域易于造成粗晶硬化和焊接缺陷, 接头韧性常成为控制结构承载的关键, 因而在焊接材料的选择和焊接工艺的控制上要特别注意, 因相贯线的加工精度对连接质量影响较大, 注意焊接线热量的控制和焊材与母材强度的匹配, 以小热量和低组配为宜。因相贯线及坡口的加工精度直接影响其焊缝的熔透深度和内在质量, 成为结构承载力的保证条件, 所以对加工方式特别加以限制。焊条多次交叉使交叉点附近的母材材质受反复加热而变化, 极易引发焊接裂纹, 故需加以控制 (某桥发生 7.73mm 裂纹的事故应引起重视)。

16.5.1 6 哑铃形钢管拱截面压注腹箱混凝土出孔变形已为常见, 若加设内腹杆, 则问题得以解决。

16.5.1 7 钢管防护的质量直接影响钢管混凝土拱桥的使用寿命, 条文所指的钢管为卷制焊接管或普通无缝钢管, 首先对钢管外露面进行喷砂除锈, 然后做长效防护处理。

16.5.2 4 扣索与钢管拱肋的连接件通常与拱肋加工为一体, 依托拱肋部件共同承力, 故施工完成后不能拆除。每组扣索一般采用多根钢绞线或高强钢丝束, 考虑不平衡受力和冲击荷载等因素, 条文要求安全系数应大于 2, 以策安全。

16.5.3 1 钢管混凝土若采用分段浇筑将形成施工接缝, 对拱肋混凝土质量和拱肋

受力不利,故规定如条文。

16.5.3 4 通过人工敲击听声音的变化,可以检查出钢管混凝土与钢管内壁间的空隙,精确度可达 $1 \sim 2\text{mm}$,这是最常用的方法,但准确性不够理想。超声检测可以检查管内混凝土是否均匀、缺陷大小、混凝土与钢管是否密贴及混凝土密实度和强度,精确度较高,故规定如条文。

16.5.3 6 先钢管后腹箱的程序可避免钢管产生压扁变形。

16.5.4 1 吊杆采用成品索,可以确保锚头的可靠,以解决非预应力吊索采用预应力锚具时出现的故事。

16.5.4 3 预应力系杆的张拉与管道内预应力索的张拉不同(无管内摩阻力),采用控制空索长度内的伸长量较合理。

16.6 装配式桁架拱和刚构拱

16.6.1 2 桁架拱和刚构拱的拱片多采用平卧预制,吊装时由平卧改为竖立时最易发生杆件折断事故。拱片由平卧改为竖立时一般设有 $4 \sim 8$ 个吊点。防止拱片起吊时折断的主要措施,是在拱片吊起翻身竖立过程中使各个吊点始终保持在同一平面内。

16.6.1 3 由于拱片太高(矢跨比一般为 $1/6 \sim 1/10$,跨径 30m 的桁架拱,拱脚杆件为 3m 以上),竖立运输易倾倒,故多采用平卧运输。运输和装卸过程中应遵守条文规定。

16.6.2 1 桁架拱和刚构拱的区别在于杆件连接的节点,前者假设为铰接,后者为刚性固结;节间距离前者较短,后者较长,二者的吊装施工方法基本相同。

16.6.2 4 拱片采用无支架吊装的方案根据拱片预制方案确定,一般采用分段预制方案较多,吊装时请参照第 16.3 节的规定执行。要特别注意横向失稳问题,故条文对此予以强调。

条文所述的按杆件分别安装方案又称为拱肋式安装方案。三角单元的安装宜自实腹段两端对称地向拱脚进行,以保证裸拱肋的竖向稳定。

16.7 拱上结构

16.7.2 大跨径拱桥的拱上结构较重,纵向分配较长,故需进行加载程序的施工验算和施工观测,使施工过程中的压力线(实际拱轴线)与设计轴线尽量接近,防止拱纵向失稳。

16.7.3 条文中的规定是针对中、小跨径不卸除拱架施工拱上结构而言。下承式或中承式拱桥,其悬吊桥面系混凝土在拱架拆除后施工,可避免拱架干扰,防止桥面系完成后拆除拱架引起拱肋变形,影响桥面系的质量。

16.7.4 拱上结构混凝土浇筑的原则是尽可能连续浇筑,一次浇完,避免设置施工缝。有些部位不可能连续浇筑时,按规定设置施工缝。

16.7.5 中、小跨径装配式拱桥按条文规定施工拱上结构,可以避免拱上结构完成后卸架时拱圈沉降不均匀,造成拱圈和拱上结构开裂。

主拱圈混凝土和砂浆强度达到设计强度的 75% 以后,已能无支架承受拱上结构荷载,故规定如条文。中、小跨径装配式拱桥的拱上结构较轻,纵向分配较短,一般

由拱脚至拱顶对称施工, 不会发生拱纵向失稳。

16.8 施工观测和控制

16.8.1 装配式拱桥施工过程中, 对条文所述各项目进行施工观测极为重要, 否则很容易造成拱圈 (拱肋) 纵向、横向失稳, 而使吊装工作失败。

16.8.2 ~ 16.8.6 规定了装配式拱桥及就地浇筑施工的拱桥应进行观测的部位、要求和处理措施。

16.8.7 大跨度拱桥的施工观测和控制受气温、光线影响较大, 且通过计算不易修正, 故规定如条文, 提高观测的精度。

16.9 质量检查和质量标准

本节各条规定的质量标准, 与现行《公路工程质量检验评定标准》(JTJ071) 一致。

17 钢 桥

17.1 一般规定

17.1.1 钢桥施工分制造和安装两大部分。目前, 钢桥杆件、构件在工厂内制造多以焊缝连接。在工地安装分铆接、高强度螺栓连接和工地焊接三大类。铆接已渐趋淘汰。故本章规定的适用范围如条文所述。若个别钢桥需采用铆接工艺时, 应另按有关规程办理。

17.1.2 钢桥工程施工需要使用的标准很多, 不可能在条文中一一转录, 现将引用的国家标准和重要的行业标准列入本说明, 以减少本章条文的篇幅。

本章引用标准目录。

一、钢桥材料

1. GB699—88 优质碳素结构钢技术条件
2. GB700—88 碳素结构钢
3. YB/T10—81 桥梁用结构钢
4. GB715—89 * 标准件用碳素钢热轧圆钢
5. GB979—67 碳素钢铸件分类及技术条件
6. GB/T1591—94 低合金高强度结构钢
7. C, B3077—88 合金结构钢技术条件
8. GB3078—82 优质结构钢冷拉钢材技术条件
9. GB3274—88 碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带
10. GB4171—84 * 高耐候性结构钢
11. GB4172—84 焊接结构用耐候钢
12. GB8162—87 结构用无缝钢管
13. GB11251—89 合金结构钢热轧厚钢板
14. GB11263—89 * 热轧 H 型钢尺寸、外形、重量及允许偏差

二、紧固件和焊接材料

1. GB38—76 螺栓技术条件

2. GB61—76 螺母技术条件
3. GB90—85 紧固件验收、检查、标志与包装
4. GB98—76 垫圈技术条件
5. GB/T1228 ~ 1231—91 钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈与技
术条件

6. GB3098—86 紧固件机械性能
7. GB3103—82 紧固件公差、螺栓、螺钉、螺母与平垫圈
8. GB/T3632 - 3633—1995 钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副
9. GB324—88 焊缝代号表示法
10. GB980—76 焊条分类及型号编制办法
11. GB985 ~ 88 气焊、手工电弧焊、埋弧焊及气体保护焊焊缝坡口
12. GB986—88 埋弧焊焊缝坡口的基本形式和尺寸
13. GB/T14958—94 气体保护焊用钢丝
14. GB4242—84 焊接用不锈钢丝
15. GB5117—1995 * 碳钢焊条
16. GB5118—1995 * 低合金钢焊条
17. GB5293—85 碳素钢埋弧焊用焊剂
18. GB8110—1995 * 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝
19. GB10045—88 碳钢药芯焊丝
20. GB10854—89 钢结构焊缝外形尺寸
21. GB12470—90 低合金钢埋弧焊用焊剂
22. GB/T14957—94 熔化焊用钢丝
23. GB/T14958—94 气体保护焊用钢丝

三、钢材粗糙度及涂装

1. GB1031—83 表面粗糙度、参数及其数值
2. GB1764—79 漆膜厚度测定法
3. GB1766—79 漆膜耐候性评级方法
4. GB3505—83 表面粗糙度、术语、表面及其参数
5. GB8923—88 涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级
6. GB/T12612—90 多功能钢铁表面处理液通用技术条件
7. GB14907—94 钢结构防火涂料技术条件

8. TB/T1527 铁路钢桥保护涂装

四、紧固件、焊缝、包装、试验

1. GB90—85 紧固件验收检查、标志与包装
2. GB226—91 钢的低倍组织及缺陷酸蚀试验法
3. JGJ81—91 建筑钢结构焊接规程
4. GB229—84 金属夏比 (U 形缺口) 冲击试验方法
5. GB/T15169—94 钢熔化焊手焊工资格考试方法

- 6. GB/T12468—90 焊接质量保证对企业的要求
- 7. GB1225—76 焊条检验、包装和标志
- 8. GB/T1249—90 焊接质量保证钢熔化焊接头的要求和缺陷分级
- 9. GB2649—2655—81 焊接接头机械性能试验方法
- 10. GB2656—81 焊缝金属和焊接接头疲劳试验方法
- 11. GB2975—82 钢材力学及工艺性能试验取样规定
- 12. GB3323—87 钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级
- 13. GB/T12467—90 焊接质量保证一般原则
- 14. GB11345—89 钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级
- 15. TB10212—98 铁路钢桥制造规范
- 16. TBJ214—92 铁路钢桥高强度螺栓连接施工规定
- 17. JTJ230—89 海港工程钢结构防腐蚀技术规定
- 18. TBJ2137—90 铁路钢桥栓接面抗滑移系数试验方法
- 19. GB50221—95 钢结构工程质量检验评定标准

注：目录中注有 * 者，已改为推荐性标准。

17.1.2 2 当国产钢材不能满足供应，需采用进口钢材时，应按条文规定进行化学成分和力学性能检验，特别要注意其可焊性是否符合要求。

17.1.2 3 本款参照《钢结构工程施工及验收规范》(GB50205—95) 3.03.1 款拟定。

17.1.3 本条包括了提交制造厂的设计文件内容及由工厂绘制的施工图应包括的主要内容，这些是为确保制造质量不可少的。

17.1.4 钢桥杆件、构件制造要求极为严格，准确度要求很高。若制造时使用的量具、仪具精确度不符合要求或工厂与工地使用的量具、仪具精确度不一致，极易发生杆件、构件运往工地无法安装的事故，故规定如条文。

17.2 钢桥制造

17.2.1 3 条文对样板、样杆、样条的制作规定了允许偏差，可作为号料加工时的依据。具体制作时，一般应根据施工图尺寸做实样，并预留加工余量。钻孔时应将样板卡紧，以防错位。

17.2.1 5 钢材在负温度下进行剪切和冲孔时，易因钢材的低温淬硬性而产生冷裂现象，故条文规定了不同钢种剪切、冲孔的最低环境温度限制，以保证钢材不致在加工过程中造成冷脆和冷裂的质量事故。

17.2.2 2 对冷矫正和冷弯曲的最低环境温度进行限制，是为了保证钢材在低温加工时，不致产生冷脆裂。在低温下钢材进行矫正或弯曲而脆断比冲孔和剪切加工更敏感，故环境温度限制较严。

17.2.2 3 冷矫正和冷弯曲的最小半径是为了保证成形后的外观质量和防止产生裂纹而规定的。

17.2.2 4 此处热矫温度的控制是指低于此温度时不宜进行热矫正。实践证明，加工温度低于 700℃ 时，加工困难，成形压力增加很快，低于 600℃ 加工，钢材容易出现蓝脆。故规定如条文。

17.2.3 1 规定零件加工深度不应小于 3mm 是为了消除切割加工对钢材造成的冷作硬化和热影响区的不利影响。

表 17.2.3-1 和表 17.2.3-2 引自《铁路钢桥制造规范》(TB10212-98)。

17.2.4 5 表 17.2.4-1、表 17.2.4-2 引自《铁路钢桥制造规范》(TB10212-98)。

17.2.5 2 板材、型材尺寸不足应在组装前进行焊拼,这样,可减少焊接残余应力。待焊接、矫正后再进行杆件、构件的组装、焊接。

17.2.5 3 杆件组装按条文规定的顺序和在工艺装备内进行,可减少焊接变形和矫正工作量。

17.2.5 4、5 条文的要求是为了保证杆件、构件组装的准确性和质量。

17.2.5 6 表 17.2.5-1 和表 17.2.5-2 各类杆件、构件允许偏差引自《铁路钢桥制造规范》(TB10212-98)。

17.2.6 1 焊接工艺评定是保证钢桥焊缝质量的前提。通过焊接工艺评定选择最佳的焊接材料、焊接方法、焊接工艺参数、焊后热处理等,以保证焊接接头的力学性能达到设计要求。

17.2.6 2 焊接质量虽然经过焊接工艺评定,保证了焊接质量的前提条件,但仍须通过焊工施焊来实现。焊工施焊工艺水平的高低影响焊接质量的好坏。故条文规定参加钢桥施焊工作的焊工必须经过考试合格。焊工考试可参考《建筑钢结构焊接规程》(JGJ81-91)中焊工考试一章进行。焊工停焊时间超过 6 个月,其焊接工艺会生疏,工艺参数可能忘了,故条文规定应重新考核。

17.2.6 3 在工厂内制造钢桥构件有条件在室内和条文规定的环境条件下焊接,焊接质量易于得到保证。主要杆件在组装后 24h 内焊接可防止焊缝坡口锈蚀,保证焊接质量。

17.2.6 4 低合金高强度结构钢的较厚板材应在焊接前一定宽度范围内进行预热,可减少施焊时钢材变形和残余应力,故规定如条文。

17.2.6 6 焊接时不得在母材的非焊接部位引弧,是为了防止电弧烧伤、弧坑及裂纹出现在母材上,而影响焊件的质量。

多层焊焊接如连续施焊,可防止焊件温度降低从而须预热焊件的麻烦。为清理焊接熔渣或缺陷,可能会出现间断,应使这种间断的次数和时间降低到最低程度。清理药皮、熔渣、溢流等缺陷的目的是防止产生夹渣,影响焊缝质量。

17.2.6 7 定位焊的难度较大,易出现裂纹和未焊透、气孔等缺陷,故条文对坡口尺寸、焊接材料、定位焊的位置和长度等都有严格规定。如发现焊接缺陷,应按照条文规定,查明原因,清除缺陷后重焊。

17.2.6 8 埋弧焊必须在距杆件端部 80mm 以外的引板上起弧、熄弧是为了防止弧坑缺陷出现在构件应力集中的端部。

17.2.6 9 焊缝焊接完毕必须对焊缝表面磨修平整,本款第 1)、2)项规定了磨修焊缝表面的具体要求。焊缝表面和内部如发现质量缺陷应按本款第 3)、4)项进行返修焊。焊缝反修影响了焊缝整体质量,会增加局部应力。故规定返修焊不宜超过 2 次。

17.2.8 1 杆件焊接时,由于焊接受热的高温区金属产生膨胀力,而使相距较远的

低温区金属产生压应力, 导致杆件在两力交界处的组织疏松。一旦高温区急冷, 无热量供给, 疏松组织使其收缩复原而产生拉应力, 有时出现应力大于金属材料的屈服点的变形, 故在矫正时应按照第 17.2.2 条的规定。

冷矫是在室温下对变形的杆件施加外力, 使其恢复原状。它有一定的局限, 因此, 对杆件的冷矫要求严格些。

17.2.8 2 杆件矫正后的允许偏差表 17.2.8-1 和表 17.2.8-2 引自《铁路钢桥制造规范》(TB10212—98)。

17.2.9 3 公路装配式钢桥的钢枢 (销子) 所受压应力、剪应力和弯曲应力很大, 又受弦杆尺寸的限制, 不能设计为很大直径, 故条文规定应采用高强度合金结构钢制造, 这样可减小钢枢所需直径。

17.2.10 钢桥用高强度螺栓工地连接具有施工简便、拆装灵活、承载能力高、受力性能好、耐疲劳、自锁性能好而不松动、安全性能较高等优点, 故目前已基本上取代了铆接和部分焊接。高强度螺栓副的制造精度要求高, 使用数量较大, 故条文规定宜在专门螺栓厂制造。

17.2.10 1 高强度螺栓杆、螺母和垫圈在工地拼装使用后, 其孔内部分难于涂装防护, 故条文规定宜进行防锈处理。

17.2.11 附录 K-2 高强度螺栓连接抗滑移系数试验方法引自《钢结构工程质量检验评定标准》(GB50221—95) 附录 H 及《铁路钢桥栓接面抗滑移系数试验方法》(TBJ2137—90)。

17.2.12 杆件表面和摩擦面除锈工作应在制作质量合格后进行, 可防止因杆件质量不合格即进行除锈工作的浪费。

17.2.12 1 表 17.2.12 杆件除锈方法、除锈等级和适用范围系参照《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》(GB8923—88) 和原规范附录 15-4 钢件除锈清净度要求及《海港工程钢结构防腐蚀技术规定》(JTJ230—89) 编拟的。

17.2.12 2 不同涂料对底层除锈要求是不同的, 一般常规的油性涂料湿润性和浸透性较好, 对除锈要求可略低一些; 而高性能涂料如富锌涂料等对底层表面处理要求较高。

Sa2.5 是最常用的除锈等级, 适用于各种涂料, 与 Sa3 相比, 所需费用可大大降低。动力和手工工具除锈方法, 只适用于常规涂料, 除锈等级应不低于 St2。

17.2.12 3 除锈后的摩擦面进行防锈处理, 不仅要求防锈耐久可靠, 而且要求不过多地降低抗滑移系数。

17.2.12 4 喷射与抛射除锈技术是目前除锈质量较高、采用较多的技术。二者的区别是喷射的被除锈杆件不动, 喷射工具移动; 抛射是抛射工具不动, 被除锈杆件移动。

17.2.13 3 1) 工厂内钢梁 (桁架梁、箱形梁、板梁) 试拼装不需要全桥钢梁都进行拼装, 应选择具有代表性的局部单元 (节间) 或一跨试拼装, 以能通过试拼装发现上述质量问题为准。

17.2.13 3 2) 每拼完一个单元 (节间) 应检查和调整好几何尺寸, 以免试拼装完

毕,误差积累过多,难于调整。

17.2.13 3 3) 试装时采用普通螺栓和冲钉,使孔眼对位、板层紧密,本项规定了使用螺栓和冲钉的最小数量。

17.2.13 4 本款规定了工厂内试拼装的质量要求,引自《铁路钢桥制造规范》(TB10212—98)。

17.2.14 1 为了防止钢桥锈蚀,延长其使用寿命,必须进行涂装,并分厂内涂装和工地涂装两道工序。钢件表面除锈后,在不同湿度空气下 4—8h 就开始生锈,故条文规定,除锈后应在 4h 内开始涂漆,8h 内完成。

17.2.14 2 试验证明在涂过漆的钢材表面上施焊,焊缝根部会出现密集气孔,影响焊缝质量,故规定如条文。

17.3 验 收

17.3.1、17.3.2 钢桥构件在工厂内制作完成后,施工单位应按施工图和本规范进行验收。钢梁构件允许偏差引自《铁路钢桥制造规范》(TB10212—98)。

17.4 钢桥工地安装

17.4.1 4 钢桥构件的底漆除设计或本规范另有规定者外,一般都在工厂内涂装。在运输、存放、吊装过程中,难免有被损坏的涂层,应按照条文规定予以补涂。

17.4.2 1 钢桥安装采用先在地面上将杆件组拼成扩大单元(构件)可以减少高空安装工作量。对容易变形的构件进行强度和稳定性验算,可防止构件在吊装过程中局部受力大而变形。需要时应采取临时加强措施,如增加起吊桁架、铁扁担、滑轮组等。

17.4.2 2 清除螺栓表面的附着物是为了防止增加施拧时的摩阻力。钢桥杆件对温差的影响特别敏感,天气变化使杆件时冷时热发生温差,如日照、焊接,这些温差变化不仅使钢材产生局部应力,而且影响构件安装尺寸,故条文规定应采取相应的调整措施。

17.4.2 3 在支架上拼装钢梁时,因钢梁自重支承在支架上,故冲钉和粗制螺栓总数不少于孔眼总数的 $1/3$ 即可,其中冲钉占 $2/3$ 。此处冲钉承受剪力作用,粗制螺栓只起夹紧板束的作用。按照《螺栓技术条件》(CB38—76)的规定,螺栓名称未注明“粗制”的,均为精制螺栓。精制与粗制是按尺寸精度、表面光洁度及技术要求划分的,与生产工艺无关。

悬臂法拼装钢梁时,悬臂部分的重力由节点处的冲钉、螺栓承受,故所需冲钉、螺栓数量应按所承受的荷载计算确定,但不得少于孔眼总数的一半,其余孔眼全部布置精制螺栓。

17.4.2 4 条文分别规定了冲钉、粗制螺栓和精制螺栓的直径。直径不同的理由见上述说明。

17.4.3 1 高强度螺栓连接处节点的各杆件的应力都是通过摩擦力传递的。如果抗滑移系数达不到设计要求,就会使节点处的安全和稳定发生问题。故杆件摩擦面处的抗滑移系数不论是厂内处理的或工地处理的,在组拼安装前都应进行复验,以求达到

设计要求。

17.4.3 2 表 17.4.3 是参照《铁路钢桥高强度螺栓连接施工规定》(TBJ214—92)拟定的。

17.4.3 5 螺栓长度过长不仅浪费钢材,有时螺栓虽长,而螺纹长度不够,螺母拧不到板面。强行穿入螺栓会损伤螺纹,改变扭矩系数,甚至螺母不能拧上。螺栓穿入方向一致可便于扳手操作,且较美观。高强度螺栓不得作为临时安装螺栓的理由有三:①防止屡次穿入扳束又拔出来会损伤螺纹;②从杆件组装到螺栓拧紧要经过一段时间,是防止高强度螺栓的扭矩系数、标准偏差、预拉力和变异系数发生变化;③钢桥用的高强度螺栓杆比普通螺栓小 $1\sim 2\text{mm}$,比栓孔小 $2\sim 3\text{mm}$,作为组拼螺栓不能准确固定板块连接位置。故条文规定高强度螺栓不能兼作安装螺栓。扳束表面要求与螺栓轴线垂直,是因同样的扭矩夹紧扳束的拉力比非垂直的大,试验的扭矩系数都是按扳束与轴线垂直的情况试验的。

17.4.3 6 按条文规定的顺序施拧,可以防止扳束发生凸拱现象,施拧效率高。用扳手夹着螺母敲打扳柄称为冲击拧紧,可能会损伤螺纹,同时冲击力大小不同难以正确判定施拧扭矩。间断拧紧是施拧一个时期,停止一个时期,再施拧,因为不论是直线运动或旋转运动都是起动时阻力大,起动后再继续运动,阻力较小些。故规定如条文。

17.4.3 7 一个节点处连接的高强度螺栓数量很多,必然有先拧和后拧之别。为了减小先拧与后拧的预拉力差别,施拧高强度螺栓必须分为初拧、复拧和终拧。初拧只是将扳束完全夹紧密贴;而终拧则是用于完成螺栓的预拉力,达到要求的初拧值是通过大量试验值获得的;终拧扭矩值则按公式(17.4.3)计算。公式中考虑了高强度螺栓施拧后,由于应力松弛及其他原因引起的应力损失。

17.4.3 9 高强度螺栓施拧用的扳手,在班前和班后均应进行扭矩校正。班前校正是为保证施拧的扭矩可靠;班后校正是确认该班使用的此扳手在操作过程中的扭矩未发生变化。如班后校正时发现扭矩误差超过允许范围,则该班用此扳手施拧的螺栓全部判为不合格,应重新校正扳手,重新施拧。

17.4.3 10 条文是参照《铁路钢桥高强度螺栓连接施工规定》(TBJ214—92)拟定的。

17.4.4 钢桥构件在工厂焊接后运到工地,再全部用焊接组装成钢桥,称为工地全焊连接;若在工地部分构件用高强度螺栓连接,另一部分用焊缝焊接组装成钢桥则称为合用连接。在工地采用何种方式连接,应在设计阶段确定,并在设计文件中示出。

钢桥构件组拼安装在工地以焊缝连接较以高强度螺栓连接的困难大些。受环境条件的制约;对焊工技术要求严格;施焊时对焊缝两边构件的固定工作也较为麻烦。其优点是能节省高强度螺栓的购制、施拧等费用。

17.4.4 2 是参考《广东省悬索桥全焊加劲钢箱梁制造及工地焊接技术规程》(DB44/T59—91)制定的。

17.4.5 2 由于钢桥跨度较大,钢梁长度受工厂制造时温度与施工时安装温度差,以及出厂时实际制造误差和桥墩中线(垂直于桥位轴线)的施工误差,钢梁端的间隙

等因素的影响,钢桥的固定支座和活动支座的正确位置,需要经过综合考虑,严密计算才能确定,故规定如条文。

17.4.6 防腐蚀涂料设计使用年限。

17.4.7 此条是根据《海港工程钢结构防腐蚀技术规定》(JTJ230—89)(试行)拟定的。

18 悬索桥

18.1 一般规定

18.1.2 悬索桥工程是庞大的系统工程,一个环节考虑:不周到就有可能延误整个工期。部分构件(如索鞍、索夹、索股、吊索、钢加劲梁等)需由专业厂家制造;有些关键工序的施工工艺需通过试验才能确定,所以这些工作要有计划的安排,并做好合同管理工作。索鞍、索夹、索股、吊索、钢加劲梁等成品交货时应提供产品质量保证书、产品批号、设计型号、生产日期、数量、长度、重量等,产品出厂检验报告及有关数据。拉索的运输和堆放应无破损、无变形、无腐蚀。

18.1.3 大跨悬索桥的施工精度要求很高,每个环节都不能忽视,随着工程进度要及时做好监控工作,监控的内容包括:校核主要设计数据;提供施工各理想状态线形及内力数据;对施工各状态控制数据实测值与理论值进行对比分析;进行设计参数识别与调整;对成桥状态进行预测及反馈控制分析,提供必要的控制数据;对结构线形及内力(或应力)进行监控;防止施工中出现结构位移与应力过大现象,确保施工高质安全快速地进行。

18.2 锚碇

18.2.2 条文中表 18.2.2-1、表 18.2.2-2、表 18.2.2-3 是根据虎门大桥、海沧大桥等的施工实践拟定的。

重力式锚碇是靠庞大体积混凝土的自重抵抗主缆的拉力。根据主缆索股锚固位置的不同可分为前锚式和后锚式。其锚固体系又分型钢锚固体系和预应力锚固体系。

18.2.4 隧道式锚碇是在特定的地质条件下,即基岩坚实、完整的情况下可使用的锚碇。它可直接采用岩体作为锚碇,也可先开挖成隧道再浇筑混凝土成为锚碇。

18.3 索塔

18.3.2 塔顶钢框架是支承主索鞍的构件,安装精度要求较高,如果在索塔上系梁未施工完安装,将会影响索鞍安装精度。

18.4 施工猫道

18.4.1 猫道是为悬索桥索股架设、紧缆、索夹安装、吊索架设、加劲梁架设、缠丝等的需要而架设的施工便道。除应具有足够的强度和抗风稳定性外,还要考虑施工的方便、操作空间及放置机械的需要而确定其标高和宽度。

18.4.3 猫道承重索可采用钢丝绳或钢绞线。钢丝绳受力后非弹性变形较大,如果不进行预张拉,猫道线形很难控制,因此要求进行预张拉。条文中规定的预张拉荷载的大小、持续时间及进行的次数是个经验数。

18.4.4 猫道承重索一般是边跨和中跨分开设置,这样施工比较方便,至于架设方法可根据具体情况选择。对于跨度大,又要不影响通航的情况,在架设过程中就要求对承重索施加较大的牵引力和反拉力才能使其保持不影响通航的高度,这样对卷扬机的功率要求较高,并且在整个工程中起控制作用。在这种情况下,先架设托架(托架承重绳较细,对卷扬机功率要求较低),然后再通过托架架设猫道承重索是比较经济又安全的办法。

18.4.6 猫道面层的铺设采用预制卷的方法,是本规范推荐的方法。日本自大鸣门桥开始采用这种方法,大大提高了工作效率。虎门大桥也成功地采用了这种方法。采用这种方法时,在下滑过程中,为了下滑能顺利进行和安全,面层前端应设置导向装置,并设置反向滑轮系统控制下滑速度。

18.4.8 抗风缆架设是在猫道架设完毕后进行的,猫道一般按两幅分上下游设置,两幅猫道由几根横向通道连接,因此在架设抗风缆时必须从猫道的外侧向下抛,这就要求抗风缆架设时宜按先内侧后外侧的架设顺序进行。

18.4.9 为了便于施工,要求猫道线形与主缆线形保持一致。加劲梁开始架设后,主缆受集中荷载线形发生突变,为了适应这种情况,要求在吊装钢梁前必须将猫道改吊于主缆上,使猫道线形与主缆线形保持一致。

18.5 主缆工程

18.5.1 牵引索股的方法多种多样,目前常用的是拽拉器牵引和轨道小车牵引。从已成桥的施工方法可以看出,日本习惯采用拽拉器牵引,我国虎门大桥也成功地采用了这种方法;丹麦的小带桥、大带桥,我国的汕头海湾大桥等成功地运用了轨道小车牵引方法。

索股牵引(在主缆位置的侧边进行)完毕后,要经过横移,将其移到索鞍的正上方。横移过程是先把索股从猫道滚筒上提起,为了不损伤索股,要确认全跨径索股已离开猫道滚筒后,才能横向移动。横移时拽拉量不要过大,以免与周围结构发生碰撞和使索股损伤。

18.5.4 索股垂度调整精度标准是参考国内外几座已成桥确定的。具体情况见表 18.5.4。

表 18.5.4 索股垂度精度标准

项次	项 目	允许偏差 (mm)		
		虎门大桥	汕头海湾大桥	大鸣门桥
1	基准索股 (绝对值)	0 ~ 35	± 20	± 60
2	上下游基准索股高差	10	30	42 *
3	一般索股 (相对于基准索股)	± 10	3	

注：带 * 的为紧缆后主缆中心线高差 (实测值)；

18.6 索 鞍

18.6.1 索鞍安装时的预偏量是为调整主缆拉力而设置的。悬索桥主缆在空缆状态下索塔两侧的水平拉力是平衡的,但在上部构造施工过程中,这种平衡很难保持,尤其是单跨悬索桥在加劲梁架设时及桥面铺装时,中跨主缆拉力明显加大,这将导致索塔受弯,弯曲量过大时将会危及索塔结构安全。通过设置预偏量,逐渐调整索鞍位置,可以不断调整主缆拉力,达到确保结构安全的目的。

18.7 索夹与吊索

18.7.1 1 目前设计主缆时,其弹性模量基本是采用主缆高强钢丝的弹性模量,实际上主缆与主缆钢丝的弹性模量有一定差别,另外还有索股制作及架设所产生的误差,导致实际的空缆线形与设计的空缆线形不一致。因此在确定索夹位置前,必须先测定实际的主缆线形,对原理论空载线形进行修正,相应修正其索夹位置。

18.8 加劲梁

18.8.1 本规定主要引用标准见第 17 章条文说明 17.1.2。

主要术语:

1. 桥面、桥底板件

指一件桥面板(或桥底板)及其上的若干纵肋及部分横向构件组成的结构。

2. 横隔板板件

指一件横隔板及其上的加强材组成的结构。

3. 节段组装

指将桥面、桥底板件、横隔板件及散装件组成箱形节段的过程。

18.8.2 3 文中介绍的方法是根据近阶段国情而定。实际随着科技进步、国力增强,也可选大型浮吊安装,目前世界上最大浮吊吨位已达 8000t。

18.9 钢桥面铺装

钢桥面铺装技术在国内还处于起步阶段,仍在不断总结经验。各地在执行本节规定时,可根据当地实际,结合国内外施工的成功经验,通过研究与试验,制定出本节的附加规定。

钢桥面铺装与普通路面、机场道面以及混凝土桥面铺装有很大的不同,这是因为①钢桥面板刚性较小,在交通荷载作用下局部变形大;②钢桥面板热容量小且易导热,温度变动范围大;③桥面用钢板制作,须特别注意防锈。

正交异性钢桥面板是由钢板下面用纵肋或纵向腹板以及横梁加强的行车道板,钢板刚性较小,由交通荷载引起的桥梁整体和局部变形很大,特别是在纵肋、纵向腹板和横梁上方引起的局部变形相当大,这种反复的变形很容易导致铺装层疲劳开裂,因此桥面铺装的抗裂性和适应变形的能力成为最突出的问题。

钢桥面板热容量小,属于导热体,因此容易受周围气温变化影响,温度变动范围大,给钢桥面沥青铺装带来很大影响。低温季节,沥青铺装发生硬化,变形能力降低,容易产生裂缝;高温季节,沥青铺装又长期处在较高温度条件下,在交通荷载作用下容易产生车辙和推拥,因此,钢桥面沥青铺装应兼顾低温抗裂性和高温稳定性,

以求铺装有良好的使用性能。

钢桥面板极易生锈,尤其是在腐蚀性环境中更是如此,钢板生锈无疑会严重影响钢桥面板的使用寿命,因此必须特别注意防锈问题,钢桥面铺装应能防止路表水浸入钢桥面板。另外,由于钢桥面铺装一般结构层次相对较多,因此铺装的整体性相当重要,层与层之间只有粘结牢固才能保证彼此协同作用。层间粘结不好,会导致铺装的早期破坏。

目前国内外采用的钢桥面沥青铺装层混合料类型主要有三种,分别是 CA、SMA 和 AC。

CA 是一种矿料与硬质沥青胶结料在高温下进行拌和,采用浇注法进行摊铺的沥青混合料,它是一种传统的钢桥面沥青铺装混合料,具有良好的抗裂性和适应变形的能力,通过采取特殊的工艺措施其抗车辙性能也能得到很大程度的改善。另外,GA 铺装层密水性好,空隙率几乎为零,因此采用 GA 时钢桥面铺装中可不设防水层。国外对 GA 的研究较多,并积累了较为丰富的经验,同时也不乏成功的实例。在欧洲和日本等地,GA 得到了较多的应用,但国内尚缺乏这方面的实践经验,且国内目前还没有引进 GA 混合料施工的成套机械设备,因此当钢桥面铺装中采用 GA 时,应根据当地实际情况,进行充分地调查研究,通过借鉴和吸收国外的成功经验,并经过试验及试验段的铺筑,掌握 GA 混合料的施工工艺。

SMA 属于间断级配密实骨架型沥青混合料,具有较好的抗裂和抗车辙性能,通过采用性能优良的聚合物改性沥青,SMA 混合料的性能还可得到进一步的改善和提高,因此,SMA 是钢桥面铺装中一种较为适合的沥青混合料。虽然国内外在钢桥面沥青铺装中采用 SMA 的并不多,但随着对 SMA 铺装技术研究的逐渐深入,SMA 的优越性已越来越受到人们的重视。

AC 属于密级配沥青混凝土混合料,其特点是热稳性较好,但抗变形能力较差,难以适应钢桥面板的变形,在交通荷载作用下铺装容易产生裂缝,虽然通过采用改性沥青其抗裂性会有所改善,但仍不能很好解决铺装开裂问题。因此,在钢桥面沥青铺装中本规范不推荐采用 AC。当需要采用 AC 时,必须经试验论证确定可行,而且只限于钢桥面沥青铺装上层中。

钢桥面铺装施工过程中,施工前下层保持干燥和整洁相当重要,施工时若下层有任何锈蚀、油污或水分等,都将严重影响层与层之间的粘结效果,从而影响铺装的使用寿命。在进行任何一道工序前,都应对下层进行检查,只有当检查合格并经监理工程师认可后方可进行施工。对于悬索桥来说,钢桥面铺装的施工有时会受到其他工序作业的干扰,比如主缆清洗、缠丝、涂装和紧索夹等,如果处理不当,就会给桥面铺装的施工造成不利影响,因此当出现交叉作业情况时,应采取有效、妥当的保护措施,而且各工序之间应协调好。车辆在铺装层上快速行驶、刹车或调头,会对防锈层、防水层或粘结层造成损害,因此本规范规定不允许非施工车辆在铺装层上通行(沥青铺装层除外)。当施工车辆在铺装层上通行时,车轮应保持干净,并避免在铺装层上急刹车或调头,且时速不得超过 5km/h。

在日本,钢桥面沥青铺装层厚度一般要求为 60 ~ 80mm,且分两层铺筑,上下层

厚度分别为 30 ~ 40mm 左右。德国钢桥面铺装规范中把沥青铺装分为保护层（即沥青铺装下层）和面层（即沥青铺装上层）两层，并规定保护层厚度当采用浇注式沥青混凝土时通常为 35mm，采用 SMA 时一般为 40mm，面层厚度通常为 35mm

钢桥面沥青铺装与其他路面相比，在抗裂性（疲劳开裂和低温开裂两方面）、高温稳定性和防水性三方面有更高的要求，因此本规范对钢桥面沥青铺装层混合料性能提出了较高的要求。

为了使钢桥面沥青铺装混合料满足使用性能要求，采用性能优良的胶结料是关键之一。对于 SMA 混合料，宜采用聚合物改性沥青，对于 GA 混合料，国外通常采用天然沥青与石油沥青混合而成的硬质沥青。

国内对改性沥青研究较多，并准备制订这方面的施工技术规范，日本《本州四国连络桥桥面铺设标准（草案）》中对改性沥青提出了具体的标准。

硬质沥青在日本是指针入度在 40 以下的沥青，由天然沥青与石油沥青按一定比例混合而成。在国外天然沥青一般采用精制而成的特里尼达湖沥青，将特里尼达湖沥青用于 GA 混合料是为了提高混合料的施工性（流动性）和稳定性（贯入量、动稳定度）等。日本标准中规定硬质沥青中特里尼达湖沥青所占比例不得低于 20%，石油沥青的针入度要求在 20 - 40 之间，表 18.9 列出日本《本州四国连络桥桥面铺设标准（草案）》硬质沥青标准，可供参考。

表 15.9 日本《本州四国连络桥桥面铺设标准（草案）》硬质沥青标准

项 目	标准值	试验方法
针入度 (25℃) (0.1mm)	15 ~ 30	JLSK2207
软化点 (℃)	58 ~ 68	JLSK2207
延度 (25℃) (℃)	10 以上	JLSK2207
蒸发质量变化率 (%)	0.5 以下	JLSK2207
三氯乙烷可溶成分 (%)	86 ~ 91	JLSK2274
闪点 (COC) (℃)	240 以上	JLSK2274
比重 (25℃/25℃)	1.07 ~ 1.13	JLSK2249

国内在钢桥面沥青铺装方面尚未积累丰富的施工经验，特别是 GA 混合料的施工，更缺乏实践经验，对 GA 混合料施工的专用机械设备的操作也比较陌生，为了确保在实桥上施工能顺利进行，施工质量能符合要求，本规范规定钢桥面沥青铺装施工前，必须铺筑试验段。

为了确保改性沥青的质量，防止其在使用过程中改性剂发生离析相当重要。为使改性剂均匀分布于基质沥青中，采用胶体磨设备现场加工改性沥青是最有效的方法。国内已建成的高速公路中，有好几条在沥青面层施工时，采用了由奥地利理查德费尔辛格公司的胶体磨设备现场加工而成的、被称做 Novophdt 的改性沥青，如首都机场路、广佛高速公路和深汕高速公路的部分路段等，并取得了成功，这方面的经验值得

推广。使用成品改性沥青时,由于改性沥青在使用前须经过两次升温加热(其中一次是在沥青生产厂加工时,另外一次是在成品改性沥青脱水时),再加上成品改性沥青脱水后若不采取有效的措施(须充分进行搅拌),这些都会造成沥青一定程度的老化和改性剂发生离析,以致影响改性沥青的质量,因此钢桥面沥青铺装不宜采用成品改性沥青,当条件不够不得已须采用时,应采取有效措施防止改性剂发生离析。

SMA 混合料的施工温度与改性沥青的品种及粘度有关,不同品种的改性沥青,其施工温度也不一样,因此本规范对 SMA 混合料的施工温度未作统一规定,而是建议应根据试拌试铺来确定混合料的施工温度,供施工质量控制用。一般地,改性沥青 SMA 混合料的拌和出料温度较普通沥青混合料的高 $10 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 左右。

不得振动碾压和采用轮胎压路机碾压 SMA 混合料,这是因为压路机振动碾压不仅会对桥梁造成损坏,而且由于 SMA 混合料中由细集料、填料、纤维和改性沥青形成的沥青玛蹄脂含量较高,容易使混合料产生推挤拥包,而若采用轮胎压路机碾压,则可能由于轮胎的搓揉造成沥青玛蹄脂挤到表面而达不到压实效果。

施工缝的设置,首先,由于沥青铺装层下是防水层或粘结层及防锈层,还有钢桥面板,处理施工缝时,如切缝机切割、人工凿边等,应特别小心,对下层及钢桥面板不得有任何损害。其次,施工缝的设置应避开铺装受力较为不利的位置,如加劲肋、腹板、横梁顶面位置及吊杆位置,这是因为沥青铺装两幅相接的部分一般结合不是特别好,在上述位置设置施工缝,极易导致铺装开裂。

关于 GA 混合料的施工,由于国内尚缺乏这方面的实践经验,规范不可能作较细的规定,而只能参照国外 GA 混合料施工的有关标准,作一些简单而必要的规定。各地在进行 GA 混合料施工时,可结合本地实际,通过调查研究、室内试验及试验路的铺筑,摸索确定 GA 混合料的施工工艺,并制订相关的施工实施细则,报上级主管部门批准,作为 GA 混合料施工质量控制及工程监理的依据。

在沥青铺装与构造物相接触的部分应设置接缝,是为了防止结合部位渗水。德国和日本的钢桥面铺装标准中都规定要设置接缝。

19 斜拉桥

19.1 一般规定

19.1.1 斜拉桥的分类还可以按结构型式分。如桁架斜拉桥、板拉斜拉桥、吊拉组合斜拉桥以及塔梁固结或不固结等多种斜拉桥。结构型式变化所致的影响及差异主要由设计考虑并提出相应要求,施工主要着重于材料的差异。

吊拉组合桥中有关悬索部分的施工应遵照悬索桥施工技术规范的要求执行。

本章突出异于一般桥梁施工的斜拉桥索塔、主梁和拉索的施工特点,减少与本规范中各相关章的重复。如基础、钢桥、钢结构以及桥面施工可参照相关规定。我国目前的斜拉桥主梁多为预应力钢筋混凝土结构,其桥面结构不论是采用沥青材料还是混凝土材料,其要求已列在规范有关章节。斜拉桥钢主梁上路面的施工要求,与钢桥及悬索桥中钢梁上路面的施工规范要求相同。

因施工阶段的斜拉桥对风所致的影响更为敏感,施工时应予复核,以确保施工阶

段的安全。

19.1.3 斜拉桥设计与施工相辅相成的密切关系是斜拉桥的特点。设计时一般已设定其施工方法,并以此完善设计计算。施工方法与设计不符时,可由设计单位重新计算结构内力 and 配筋,也可由施工单位依程序提出修改方案和资料,会同设计单位确定后实施。

19.1.5 平衡悬臂法包括悬浇和悬拼两种方法。梁的施工方法有成梁转体法、顶推成梁后张法、支架法、吊悬组合法、劲性骨架法等。劲性骨架法,即在成桥前完成劲性骨架(或桁架),再进行梁的整体施工。

19.2 索 塔

斜拉桥索塔的外形有柱式、门式、H式、A形、倒Y形及菱形等多种,就其支承情况又可分为:①悬浮体系,塔墩固结,塔梁分离;②支承体系,塔墩固结,梁墩支承;③塔梁固结体系,梁墩支承;④刚构体系,塔墩梁固结。

按塔身建造材料可分钢、钢筋混凝土和钢管混凝土三类。我国现代斜拉桥索塔多为钢筋混凝土类。塔柱的施工方法与技术要求亦以此类塔为主。钢塔的制作、拼接安装及质量标准应参照钢桥及悬索桥的有关规定执行。由于钢管混凝土拱桥的发展,我国已有钢管混凝土施工的有关规范。钢管混凝土索塔可参照执行。

19.3 主 梁

19.3.1 由于斜拉桥的施工方法和程序对成桥后主梁线形和结构恒载内力具有决定性的作用,特别是施工阶段斜拉桥结构体系和荷载状态的不断变化直接引起结构内力和变形的不断变化,所以对斜拉桥每一施工阶段和步骤的结果必须进行详细的检测分析和验算,从而确定下一施工阶段拉索张拉量值和主梁标高及索塔位移等控制量值,以便进行下一阶段的施工,如此直至合龙和成桥。这一过程控制就是斜拉桥的施工监控。

施工监控是斜拉桥主梁架设设计计算的继续。

斜拉桥在主梁架设过程中,结构实际参数难免与设计值存在差异,加之施工荷载的不确定性,使结构内力与变位偏离设计值。这种偏离的积累,不仅影响成桥后的正常使用,而且涉及施工中的结构安全,因此必须对每个节段架梁循环采取监控测试措施。将监控测试所取得的实际架梁参数,经过温度修正和标准化处理并与设计值的偏差作出分析、判断,对偏差超限作出调整对策等。以上过程一般由设计单位通过监控软件系统完成,最后得出下一节段主梁架设的索力和节段高程等,以指导架梁施工。

施工监控实际上是对每个节段架梁循环逐步调整计算的过程,常以设计计算为主牵头进行;由设计指导施工,由试验提供已架梁段的实际参数。

施工监控中设计、施工、试验三者的关系可参见图 19.3.1 所列施工监控流程循环图。

19.3.2 对于偏差的处理和索力的调整,常用的方法主要有:

1. 一次张拉法

在施工过程中每一根斜拉索张拉至设计索力后不再重复张拉。对于施工中出现的

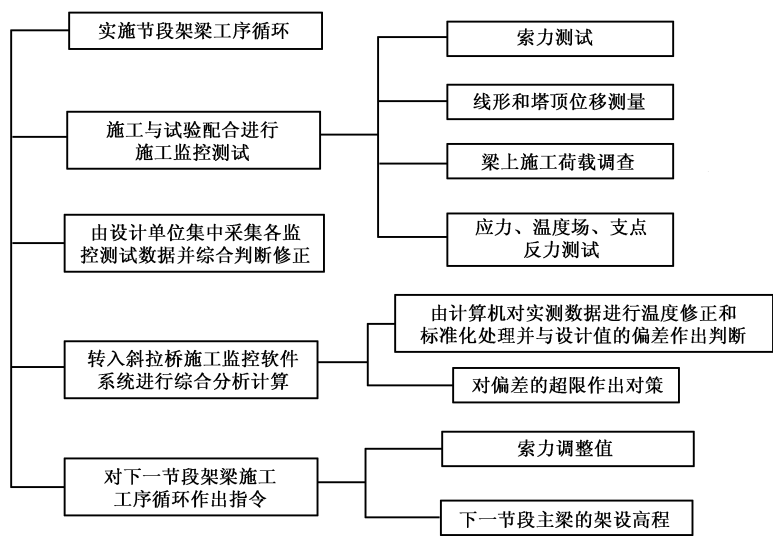


图 19.3.1 施工监控流程循环图

梁端挠度和塔顶水平位移偏差不用索力调整，或任其自由发展，或通过下一块件接缝转角进行调整，直至跨中合龙，其挠度的偏差采用压重等方法强迫合龙。一次张拉法简单易行，施工方便，但对构件的制作要求较高。因为对已完成的主梁标高和索力不予调整，主梁线形较难控制，跨中强迫合龙则扰乱了结构理想的恒载内力状态。

2. 多次张拉

在整个施工过程中对拉索进行分期分批张拉，使施工各阶段结构的内力较为合理，梁塔的受力处于大致平衡的状态，即梁塔仅承受轴向力和数值不大的弯矩。主梁的线形主要是通过斜拉索索力在一定范围内的调整而加以控制的。

19.3.4 混凝土主梁系指钢筋混凝土梁或预应力钢筋混凝土梁。

19.3.4 2 挂篮是主梁施工时，利用已施工梁段作挂靠的支撑体，以支承待施工梁段模架及施工梁体重力的施工设施。挂篮有多种型式，一般由施工单位根据拥有材料设备等情况自行设计。设计力求安全轻便，使用可靠，按结构一般可分两类：

- 1. 悬臂梁式，包括悬臂桁架梁式挂篮，特点是悬出的梁或桁架梁前端没有支点；
- 2. 前支点式（牵索式），利用主梁的斜拉索作悬出梁端的前支点，待新浇梁段混凝土达到设计强度后再将斜拉索拉力转移到主梁上，这种简支式的结构使挂篮的结构和自重大为简化。设计合理的挂篮，其自重约为待施工梁段自重的 0.4 倍。

19.3.5 钢梁比混凝土梁传热快，温度变化大，确定合龙梁长和选择合龙时间尤为重要。

组合梁斜拉桥适合于跨度大于 400m 的斜拉桥。组合梁包括主梁采用预应力混凝土与钢的混合结构及主梁采用钢梁与混凝土车道板联结的复合梁结构，二者均属钢结构为主梁段结构。在金属构件的加工制作中焊接工艺对梁的施工误差、变形及诸项的质量标准影响大，根据林元培所著《斜拉桥》中的施工经验，钢梁焊接时，为确保

焊接接头热影响区的粗晶区与母材标准的最低值等强度、等韧性,即 20℃ 条件下,焊接热影响区的粗晶区的断裂韧性平均 $A_{kv} > 39i$ 纵向。为此,必须严格控制该区的 $t/8/5$ 值(粗晶区由 800℃ 冷至 500℃ 的时间。因热影响区的性能与 $t/8/5$ 值有关)。该区的 $t/8/5$ 时间换算成相应的焊接线热输入量控制值 $E_{\max}$, 因而不单纯、片面控制线热量输入值 E , 亦不单纯凭探伤合格就认为焊接接头合格, 应经试验后在钢梁加工制作时予以适当调整。

注:南浦大桥对焊接 STE355 钢的 $E_{\max} \leq 46 \text{ kJ/cm}$, $t/8/5 \leq 40\text{s}$, 焊接 SIYA60 钢的 $E_{\max} \leq 41 \text{ kJ/cm}$, $t/8/5 \leq 49\text{s}$ 。

并应拟定防止钢梁焊接裂缝出现的有效措施:

1. 选用含有 0.45% MO 的 OK12.24 焊丝,使主要合金元素由焊丝过渡,而不是由焊剂过渡,以避免焊缝上下各层合金成分的不均匀。采用含有 0.77% Ni 的 J507Ni 焊条,确保焊缝金属有较高强度,又有较好的韧性。

2. 规定预热温度及层间温度应按不同钢板种类、厚度及环境温度的控制值。

一般板越厚,预热温度应接近表中之上限值。所有预热与层间温度的偏差为 $-0 \sim +50^\circ\text{C}$ 。定位焊的焊接预热温度,比正式施焊预热温度高 50°C 。修补时,碳弧气刨前的预热温度与施焊时间相同。

3. 为了防止“氢致”裂缝,严格控制焊条、焊剂的烘焙温度,以便减少焊缝金属中的含氢量,采用低焊接材料对 STE460 与 STF460 及 STIE460 与 STE355 钢相连接的焊接,焊后作去氢温度为 $250 \sim 280^\circ\text{C}$, 保湿时间 1.5h, 以每 30mm 保湿 1h 为原则计算。

对焊接应力较大的部位(如拉索锚箱厚腹板焊接区,辅助墩顶主梁腹板穿过下翼板周边焊接),进行焊后局部应力消除处理,消除应力温度为 $500 \sim 580^\circ\text{C}$, 保湿时间为 1.5min/mm。并应掌握热处理后的冷却速度。

杨浦大桥钢梁的拼装拟定了如下主要要求:

1. 建立全桥上部结构施工放样量测的坐标系统。

2. 拼装开始时就应精确测量钢梁的 X 、 Y 、 Z 三维坐标,正确就位。保持钢梁的设计线形和中心轴线,防止钢梁框架扭曲、偏离。一旦发现不正确时则应及时调整。桥梁轴线偏差精度为 $\pm 5 \text{ mm}$, 两箱形主梁轴线偏差 $\pm 1 \text{ mm}$ 。箱梁拼装扭转偏差 $\pm 1 \text{ mm}$ 。

3. 钢主箱梁拼装时宜尽量左、右、前、后对称进行。拼装用的冲钉其直径应比螺栓孔眼设计直径小 0.2mm, 其中间圆柱段应大于板束厚度。冲钉可用 45 号碳素结构钢制造。

19.4 拉 索

在斜拉桥设计中,斜拉索的设计应力多在 $0.35R \sim 0.45R$ 间选用,采用的疲劳安全系数为 1.5,即设计应力幅值不超过试验应力值的 $2/3$ (引自林元培《斜拉桥》)。锚杯、锚板、螺母、垫块等锚具类受力件钢材,必须选用优质钢材制造,其技术条件应符合 GB699 或 GB307。对于锻钢尚应符合 YB3207 的规定(引自《城镇建设》(CJ3058—1996))。

20 桥面及附属工程

20.1 一般规定

20.1.3 梳形钢板伸缩装置,板式橡胶伸缩装置,如果锚固不牢时,前者由于螺栓的脱落会发出较大噪声,后者的橡胶块会松动脱落。梳形钢板伸缩装置缝易夹进杂物,应当经常清扫,保持干净,增加耐久性。

20.2 支 座

20.2.1 板式橡胶支座在安装前的全面检查和力学性能检验,包括支座长、宽、厚、硬度(邵氏)、容许荷载、容许最大温差以及外观检查等,如不符合设计要求时,不得使用,否则以后更换支座很麻烦。

橡胶支座顶面或底面应与梁底或墩台顶密贴,使支座全面积承受上部构造传递的竖直荷载,以符合设计要求。

20.2.2 盆式橡胶支座的顶板与底盆底板是钢板,必须用焊接或栓接与梁底预埋钢板和墩顶预埋钢板连接上,条文规定了焊接或栓接应注意的事项。锚碇螺栓外露螺杆的高度不得大于螺母的厚度,否则支座内部滑动部件会因螺栓的障碍而安装不进去。

盆式橡胶支座顶、底面积及压力均较大,浇筑支座底面钢板处墩顶混凝土时,必须有特殊措施,使垫板下混凝土能灌筑密实。

盆式橡胶支座的聚四氟乙烯板与不锈钢板的滑动面和密封在钢盆内的橡胶垫块都不能有污物和损伤,否则将影响支座质量,增大摩擦系数。钢盆内密封胶块安装时要排气密贴,以保证支座的承压能力。

20.3 伸缩装置

20.3.1 梳形钢板伸缩装置具有耐久性好,不易变形腐蚀,行车也比较平稳的优点,但也存在缺点,如钢板不易焊牢,锚固不强,有较大漏水现象,钢板松动后,车辆行驶发出较大噪声,缝内夹进杂物时活动异常等。要锚固得当,增加锚固板和锚固环,在齿板底部设置止水橡胶带,既增强锚固,又达到了止水效果。齿缝填充延伸率较大的阳离子乳化沥青,效果更好。

20.3.2 橡胶伸缩装置在安装前应做全面检查和材料性能检验,包括长、宽、厚、硬度(邵氏)、成品解剖检验证明等。与橡胶支座胶料相比,增加了耐水性、耐油性能要求,因伸缩装置处于桥梁表面,对水、油、尘土污染与橡胶相比更严重。

对于板式橡胶伸缩装置的成品解剖检验,以检测生产过程中钢板和角钢等预埋位置是否按照设计图纸位置安放准确。因为在实际应用中,发现有的工厂加工的板式伸缩装置,解剖后其预埋钢板、角钢等构件位置不准,钢板偏斜严重,钢板间胶层允许变形达不到设计要求,再加上施工质量不好,使用后造成严重破坏,故必须进行成品解剖检验。

伸缩装置应在工厂组装,并按照施工单位提供施工安装温度定位,固定后出厂,若施工安装时温度有变化,一定要重新调整定位后安装就位。

20.3.3 模数式伸缩装置的橡胶件,一般起防水、防尘、密封等作用。模数式伸缩装置必须在工厂组装,按照用户提供施工安装温度定位,固定后出厂,若施工安装时温

度有变化,一定要重新调整定位后再安装就位。

20.3.4 填充式伸缩装置, TST 类粘弹性结合材料的特点是在高频的作用下(如冲击、振动)呈现的是高弹性,在低频作用下(如温度作用下的伸缩、自然状态下的徐变)则呈现的是可塑性,就物理性能而言其优于沥青。主要用于伸缩量小于 50mm 的各种桥梁接缝,对一般公路和高等级公路上占绝大多数的中、小桥,立交通道桥等均适用,对多孔大桥可划分多联,铺设多道接缝或采用多孔简支梁,不做桥面连续,每墩顶接缝均做成弹性接缝也是可行的。

美国 D.S 布朗公司用 502 与骨料结合,做成弹塑体填充式伸缩缝,其位移量也是 $\leq 50\text{mm}$,方法与效果类似 TST 粘弹性结合材料。

20.3.5 将复合改性沥青加热溶化,将石料加热至 $180 \sim 200^{\circ}\text{C}$,按 2:1 比例将复合改性沥青和粗石料拌制成粗混合料,按 4:1 比例将复合改性沥青和细石料拌制成混合料。

20.4 沉降缝

20.4.1 沉降缝是防止装配式拱桥拱圈上的侧墙、护拱、缘石等(包括涵洞、挡土墙等构造物的)不均匀沉降发生不规则裂纹而设立的(使裂缝限制在沉降缝处)。要求缝宽变化或缝两边结构上下错动时能保持其防水效能。沉降缝中的材料、结构和施工工艺均应按设计规定办理。

20.8 桥面防护设施

20.8.2、20.8.3、20.8.4 桥面人行道和栏杆等,一般悬装在翼缘板之外,故必须在主梁已经横向联接稳定之后方可安装。构件重心设计在底层结构外缘之内的人行道板,必须采取由里向外的次序铺设,防止倾覆。其他应注意事项详见条文的规定。

21 涵 洞

21.1 一般规定

21.1.1 涵洞开工之前的现场核对工作,主要是位置、数量问题,山区涵洞可能还有孔径问题。在平原区农业方面提出的问题,一般是变更位置,增加数量的情况较多,可根据实际情况,查核设计单位与当地农业部门的协议书,如确需变更设计,可按有关规定办理。

21.1.2 设计单位提供的涵洞图纸,一般只包括涵位布置图和涵洞表,在地形简单、地势平缓地区的涵洞,施工单位可按上述资料和涵洞标准图放样施工。但遇到条文所述的各类涵洞,其构造和涵台、涵墙、翼墙等各部分尺寸、形状比较复杂,如设计单位未提供施工详图时,施工单位应自行绘制,再按图放样施工。

21.1.4 为了防止涵洞地基发生不均匀沉降时基础、涵身产生裂缝而漏水,《公路砖石及混凝土桥涵设计规范》(JTJ022)规定涵长每 $4 \sim 6\text{m}$ 设置沉降缝,缝内用沥青麻絮或其他具有弹性的不透水的材料填塞,这样可约束涵洞的不均匀沉降于沉降缝处。沉降缝内填塞有沥青麻絮等具有弹性和不透水的材料,虽发生变形仍不漏水,因此要求沉降缝处的基础与涵身应全断面贯通,上下不得交错,否则就失去了沉降缝的作用。对于高路堤下的涵洞,在路基边缘下的涵身及基础,也应该设置沉降缝。

21.1.5 为了防止雨水从路基中浸入涵洞结构,影响结构寿命和安全,对设计上规定铺设的防水层,必须严格保证其工程质量,因一旦发生质量问题,补救是很困难的。

21.1.6 涵洞有填方路堤涵洞和挖方路基涵洞两种。涵洞两侧缺口回填土很重要,回填土土质不良、压实度不足时,将严重影响行车舒适,其中挖方路基涵洞两侧回填土如有沉陷,影响更大,故须严格按本条执行。涵洞顶上通过筑路机械所需的最小填土厚度,原规范规定为 0.5m,考虑所需最小厚度与筑路机械的重力大小有关(目前国内推土机最重的已达 300 ~ 6mLN),原规定的最小厚度 0.5m 遇较重的筑路机械通过,可能会影响涵洞安全,故条文修订为 0.5 ~ 1m,按筑路机械重力大小掌握。

21.1.7 涵洞进出口水流不畅,将降低涵洞的宣泄能力,增加涵前雍水高度,扩大淹没区面积,或迫使河流改道损害路堤、农田、村舍等。出水口水流受阻,还将使涵身淤塞。

21.2 管 涵

21.2.1 1 管节端面与其轴线垂直的要求很重要,应在预制时严格掌握,否则在安装时管节接缝难以满足要求。斜交管涵进出口管节的外端面处理方法目前有①按斜交角度特制斜交管节;②斜涵正做,即管节端面不做任何处理,管节大部分斜伸出涵洞端帽石路基边坡之外;③管节外端面也不做处理,但管节全部不伸出路基边坡外,管节两侧另加砌长度不同的涵台,涵顶伸出管节部分现灌梯形钢筋混凝土盖板,涵洞帽石与路基边坡贴合。上述 3 种方法各有优缺点,可同有关方面商定处理方案。

21.2.1 3 规范表 21.2.1 规定圆管成品偏差,主要是控制管壁厚度不匀的偏差。在采用振动制管法时,有时因内模未固定好,灌筑混凝土振捣时内模移动,因而发生管壁厚度不匀。

21.2.1 5 按照一些标准图,填土高度无论大小,其同一内径的涵管管壁厚度均相同,只是配筋数量不同,因此在该管节混凝土灌筑完毕拆除外模以后,必须在管节外壁用油漆注明该管节适用的管顶填土高度,并将适用于管顶填土相同的管节堆置在一处。这样,取用时方便,且不易弄错,防止发生低填土管节用于高填土处而被压裂的事故。

21.2.3 不论涵管是搁置在混凝土、砌体基础或天然地基上,都要求管座混凝土或填土弧形管座表面与管身密贴,这样可使管节受力均匀。设置密贴的管座,可使地面与涵洞顶的距离 h 值减小,因而按填土重对于涵洞的竖向压力计算公式 $P = r_0 DCH$ 检验时, CH 值随 h 值减小而减小。即减小了填土重对涵洞的竖向压力。例如对填土 4.8m、内径 1m 的管涵,不设弧形管座的比设管座的将增加竖向压力 12.7%。若填土较高,内径较大时,增加压力百分比更大些。

21.2.4 过去曾发生过预制为低填土的管节安装在高填土处的情况,使管节多处发生裂缝,故规定取用时应严格检查。原规范规定对接管接缝宽度不应大于 10mm,根据实际经验,由于预制管节端面不易与轴线完全垂直以及端模板粗糙不平整等原因,要求接缝宽度不大于 10mm 很难做到,而且因接缝太窄塞缝料也不易填塞进去,现修订为 10 ~ 20mm。过去曾有任意加大管节接缝宽度以满足涵洞长度不足的做法,这种做法是不好的,因接缝太宽,塞缝料不易嵌紧,易漏水。有些改用水泥砂浆塞缝也不

好,因它是无弹性材料,涵洞稍有不均匀沉降,即开裂漏水。

21.3 拱涵、盖板涵

21.3.1 1 跨径 $< 5\text{m}$ 的拱式过水构造物称为拱涵。因为拱涵跨径小,拱圈施工应按拱的全宽全厚自两侧拱脚对称地向拱顶进行,在拱顶处合龙,不应由一侧砌筑至另一侧。

21.3.1 2 现场灌筑拱圈和盖板混凝土应按沉降缝分段,按照本条第 1 款的顺序从两侧向中间一次连续进行,不留施工缝。

21.3.2 采用全填土胎施工的条件是干旱性沟渠,从施工开始到拱圈或盖板完工期间,不会发生洪水冲毁土胎。此外还应对比土胎法与组合钢模板法进行技术经济比较,然后确定优选方案。

21.3.5 预制安装盖板时发生上下方向错误,或斜交盖板发生斜交角方向错误的事故,过去时有发生,故条文提示应注意避免。

21.4 倒虹吸管

21.4.1 倒虹吸管适用于路堤高度很低,不能修建明涵处;或因灌溉需要,必须提高渠底,建筑架空渡槽又不能满足路上净空要求处。倒虹吸管在过水时,压力水流充满管内,容易渗漏至路基中,而影响路基的稳定和强度,故要求管节接头及进出水口砌缝应特别严密,不漏水。

21.4.2 倒虹吸管一般不宜在冰冻期施工,当必须在冰冻期施工时,应将管内积水排出,否则管内积水结冰后体积膨胀,将会使涵管冻裂。

22 通道桥涵

22.1 桥涵的顶进施工

22.1.1 铁路加固一般可采用吊轨梁法、吊轨横梁法、吊轨加纵横梁法、钢轨束梁法、工字钢束梁法及钢板脱壳法等,应按以下原则选择加固形式:

顶进桥涵跨径小于 2m ,顶入位置处于线路直线段,运输车辆少、路基填土密实、覆土厚度在 3m 以上时,可不进行线路加固,但应限速通过,并设专人监视;

顶进桥涵跨径大于 3m 小于 8m ,覆土厚度 1m 以上时,可采用钢轨束梁法或工字钢束梁法加固,或采用钢板脱壳法和吊轨梁等法加固;

顶进桥涵跨径大于 8m ,顶上又无覆土或覆土很薄时,可采用吊轨加横梁法或吊轨加纵横梁法加固。

顶进方法如下:

整体顶进法。即一般常采用的由路堤一侧将桥涵全长顶入另一侧的方法。

对顶法。对顶法是由路堤两侧同时或先后由各自一侧向另一侧顶入,在路堤中部合龙。这种顶进法,可缩短顶入长度,减少顶入总阻力,但应注意防止对接点错位。

中继间法。中继间法是将小桥涵分成数节,增设节间于千斤顶,使之交替顶入。即前节桥涵利用后节作后背反力,用中继间的千斤顶顶进。当其达到最大冲程后,前节暂停顶入,而进行后节的顶入,这样,后背的最大反力仅为最后一节小桥涵的顶力,可减小后背工程和设备的受力强度。

对拉法。对拉法是在路基两侧工作坑内各预制半节小桥涵，然后利用小口径管顶管法，将高强钢丝束或拉杆穿越路基，两端连上两个事先预制的半节小桥涵，互为地锚，对拉穿越路基，直到对接。只要用作地锚的两个半节小桥涵事先经过验算，有足够的稳定性，一般是能够成功的。

多箱分次顶进法。多箱分次顶进法，亦称多次顶进法。此法是将预制的多孔箱涵，逐次分孔顶入路基，避免两孔或多孔同时顶入，以减小后背反力和缩短箱涵顶面加固路基的长度。

顶拉法。顶拉法是将整座箱涵分为若干节，用通长拉杆串连，根据中继间的原理，以前后节箱涵互为后背，交替逐节顶拉，做到不设固定后背而将箱涵顶拉进入路基就位。

牵引法。牵引法是在计划埋设结构位置的路基一侧，设置特殊的张拉千斤顶，用千斤顶拖动穿过水平钻孔的钢绞线，通过钢绞线将置于另一侧的结构物拉入路基就位的方法。

22.1.2 3 3) 特别是采用整体顶入法或对顶法顶入时，滑板表面应平顺、光滑，摩擦系数小。桥涵分节较大、较重时，还可设置钢滑道，以减小摩阻力。

22.1.2 3 4) 为防止在桥涵顶入启动时将滑板一起带走，还要求滑板底面粗糙或设锚梁，以保证滑板的稳定性。

22.1.2 3 5) 桥涵顶入过程，其前端常有向下扎头（倒栽头）倾向，故宜将滑板改成前端高、后端低的仰坡。仰坡大小原规范规定为 1‰ 左右，经验证明太小，现改为 3‰ 左右。有些工地仰坡用到 5‰。仰坡可视桥涵设计纵坡、土质和刃脚前的挖土等情况，加以综合考虑。

22.1.2 4 后背承受桥涵顶入时的水平顶力，位于工作坑后部，它虽是临时构造物，但必须安全可靠，满足强度和稳定性的要求。后背一般可选用板桩式（钢板桩或型钢）、重力式或拼装式等，对所需顶力小的顶管亦可采用原土后背。

1. 后背的强度计算应考虑以下两点：

顶入前，后背应能承受其后填土的水平推力（主动土压力）。

顶入时，板桩式后背由桩后土的水平抗力（被动土压力）承受全部千斤顶的顶力；重力式后背则由结构自重与土的摩阻力及部分土的抗力承受顶入时的顶力。

桥涵顶入时所需的顶力必须克服桥涵重力产生于滑板上的摩阻力、周围土的摩阻力及前刃角切土时的阻力。顶力可按式进行计算：

$$P = k [N_1 f_1 + (N_1 + N_2) f_2 + 2 E f_3 + R A]$$

式中：P——最大顶力（kN）；

N_1 ——桥涵顶面上的荷载（包括线路加固材料重力）（kN）；

f_1 ——桥涵顶面与其上荷载的摩擦系数，由试验确定，无试验资料时，可视顶面上润滑处理情况，采用下列数值：涂石腊为 0.17 ~ 0.34，涂滑石粉浆为 0.30，涂机油调制的滑石粉浆为 0.20，覆土较厚时用 0.7 ~ 0.8；

N_2 ——桥涵重力（kN）；

f_2 ——桥涵底面与基底土的摩擦系数，由试验确定，无试验资料时，视基底土

的性质可采用 $0.7 \sim 0.8$;

E ——桥涵两侧土压力 (kN) ;

f_3 ——侧面摩擦系数, 由试验确定, 无试验资料时视土的性质可采用 $0.7 \sim 0.8$;

R ——土壤对钢刃角正面的单位面积阻力, 由试验确定, 无试验资料时视刃角构造、挖土方法、土的性质对细粒土为 $50 \sim 550\text{kPa}$, 对粗粒土为 $1500 \sim 1700\text{kPa}$;

A ——钢刃角正面积 (m^2) ;

k ——系数, 一般采用 1.2 。

2. 重力式后背墙的设计与施工可按一般砌体或混凝土挡墙进行, 但应考虑桥涵顶入时所承受的反力, 并使土体的静土压力线与顶力作用线一致。

3. 板桩后背墙一般按顶端锚碇板桩进行设计。可根据地形、地貌及设备情况采用埋桩或打桩, 但必须使千斤顶的施力点与墙后被动土压力的合力点一致, 当发生最大顶力时, 保持板墙稳定。

4. 与滑板联为整体的后背, 其设计顶力应从桥涵的最大顶力减去滑板的抗滑力。

5. 后背施工时应注意下列事项:

(1) 如后背与滑板设计为整体时, 混凝土应连续浇筑, 不留施工缝;

(2) 在浇筑后背梁混凝土时, 后背梁与板桩或后墙之间应设置隔离层, 以利竣工后板桩或墙的拆除;

(3) 拼装式后背的预制块和预制桩宜在工厂集中预制, 后背的垫层用浆砌片石或填筑砂石等, 垫层后的填土应分层夯实;

(4) 后背梁采用横顶铁时, 应使接触面保持平直, 不得有空隙, 并须垂直于桥涵中线。

6. 以工作坑壁原土做顶管后背时, 应符合下列要求:

(1) 计算原土后背横排方木面积时, 应满足顶力所需的土的容许承压应力, 若缺乏试验资料时, 对一般土质, 可按不超过 150kPa 考虑;

(2) 方木应置于工作坑以下一定深度, 使千斤顶的着力点约在方木高度的 $2/5$ 处;

(3) 后背土壁应铲修平整, 并使设置横木处的壁面与管道顶入方向垂直。

22.1.3 1 预制的桥涵尺寸, 允许前端保持正偏差, 后端保持负偏差 (如同沉井尺寸上口应比下口稍小一点), 顶入时, 只要桥涵前端通过后, 顶入阻力就可减小。为了减小顶入阻力, 预制桥涵的模板应采用钢模板或内壁光滑、不漏浆的模板, 以保证预制构件表面光滑。

22.1.4 5 本条规定系根据管涵一般管径不会太大, 管顶土体为圆弧形, 短期内悬空不易塌陷而提出的, 但应注意土质、水文情况, 按规定控制超挖量, 并在超挖后及时顶入。

22.1.4 6 桥涵顶入过程中, 常常会发生左右偏差或上下偏差 (偏高或偏低), 严重时难以纠正, 因此纠偏工作在顶入桥涵施工中是一项重要工作。要点是勤观测, 及

时纠正。下面介绍几种偏差调整方法。

1. 左右偏差的调整

(1) 挖土校正法：即在刃角前一侧或桥涵设计中线的一侧适当超挖，而另一侧不挖或少挖，形成两侧的阻力不同，使桥涵在顶进中逐渐回到设计位置。

(2) 千斤顶校正法：用增减一侧千斤顶顶力或数量进行调整。

2. 偏高的调整

(1) 如因底刃角向上翘，边刃角向里翘，可适当调整刃角高度；

(2) 如因底刃角前端超挖略高于底板，须逐渐调整；

(3) 如因挖土不够宽、吃土量过大而抬高桥涵时，可在两侧适当超挖。

3. 偏低的调整

(1) 使边刃角增加向里翘的角度，底刃角增加向上翘的角度；

(2) 如因土质松软造成扎头现象时，可换铺 0 ~ 39cm 厚石料，边铺边顶进，必要时亦可灌注早强或快硬混凝土。

22.1.4 7 顶入作业应连续进行的要求很重要，如果长期停顿，工作坑可能被水浸泡而使土基承载力降低，且顶入阻力也会较大地增加。

22.1.4 8 顶入桥涵节间的防水处理，原则上是按设计要求进行，一般采用沥青麻筋和水泥砂浆填塞，装橡胶止水带，再做防水混凝土层；或在接缝周围填入普通胶管，用桥涵最后一顶力将缝挤紧，然后在缝内塞沥青麻筋，用水泥砂浆将缝填平，再做防水层。

第二章 公路桥梁设计

第一节 概 述

桥梁的总体施工组织设计,是在施工企业中标承接施工任务,深入了解、研究设计文件和合同文件的基础上,以及对拟建工程的自然、技术经济条件进行了进一步地调查分析后,以整个桥梁工程建设项目为对象而编制的,用以指导其施工全过程中各项施工活动的技术、经济和组织的综合性文件。

桥梁的总体施工组织设计,一般由施工总承包单位或大型工程项目经理部的总工程师主持,组织有关人员进行编制。

一、总体施工组织设计的作用

桥梁总体施工组织设计的作用主要有以下几个方面:

1. 为桥梁工程建设项目的施工阶段作出全局性的战略部署
2. 为做好施工前的各项准备工作提供依据。
3. 为组织施工提供科学合理的方案和实施步骤。
4. 为保证各项资源的供应和资金供应提供依据。
5. 为各施工单位编制施工生产计划提供依据。
6. 为单位工程施工组织设计的编制提供依据。

二、总体施工组织设计的内容和编制前的准备工作

(一) 总体施工组织设计的内容

一个完整的桥梁总体施工组织设计,其内容一般应包括:编制说明、编制依据、工程概况和施工特点分析、施工总体安排、主要工程项目的施工方案、施工准备工作总计划、施工总进度计划、各项资源需要量配置计划、资金供应计划、临时工程、施工总平面图设计、质量管理和质量控制的措施、安全管理的组织保证措施、文明施工和环境保护措施、各项技术经济指标、结束语等。但由于桥梁工程项目的规模、性质、结构的复杂程度和特点不同,施工现场的条件差异和施工难度也不尽相同,施工组织设计的内容有可能不完全一样。

(二) 总体施工组织设计编制前的准备工作

在编制总体施工组织设计前,要进行一些准备工作,主要是进行施工合同文件和设计文件的研究和现场环境条件的调查,以便为编制总体施工组织设计提供必要的资

料。

1. 合同文件和设计文件的研究

通过对合同文件和设计文件的研究,要明确合同文件中规定的承包方(施工企业)的权利、义务和责任,以及工程的规模、性质和其它内容。

1) 工程地点和工程名称

明确承包的工程项目,并为调整材料价差及计算施工单位调迁费等提供依据,同时也为总体施工组织设计提供工程概况的依据。

2) 承包范围

明确该项内容的目的在于对所承包的桥梁工程项目有一个总的了解,主要应了解各单位工程的名称、工程结构形式、工程量大小、施工内容、开竣工日期和工期等内容。

3) 开工前准备工作的分工

明确施工单位在开工前的准备工作和任务,例如:施工场地的平整,施工区内的用水、用电,便桥便道及其它临时设施的施工;提供总体施工组织设计所需的资料,从而有利于在总体规划中安排好材料的采购和储备,合理安排施工力量,以及准备施工机械设备等

4) 设计图纸供应

主要是明确发包方(业主)向承包方(施工单位)交付设计图纸的日期和份数、设计变更通知办法、有关设计施工合理化建议的批准手续等,通过明确这些内容,有利于在总体施工组织设计的编制中,采用合理的施工方案,严格按照施工图及设高说明书的要求组织施工,确保工程质量,按合同如期完工和交付使用。

5) 物资供应分工

通过对合同文件的分析,明确各类材料、机械设备和配件供应的分工及供应办法,以便在总体施工组织设计的编制中,制订主要建筑材料、构件、非标准设备、施工机具的需要量计划和节约措施。

施工合同文件的内容还有:工程质量监理和监督、交工验收、奖惩条款、工程保险计量支付和施工结算,以及其它条款等。合同文件的内容是编制总体施工组织设计的基本依据之一、对其进行充分研究,有利于全面、准确、合理地编制总体施工组织设计。

2. 现场环境条件的调查

做好现场环境和各项技术经济条件的调查工作,有利于一切从实际出发,根据客观实际条件来编制总体施工组织设计。

三、总体施工组织设计的编制步骤和程序

(一) 步骤

1. 计算主要工程量;
2. 对整体工程统筹规划,进行总体施工部署;
3. 拟定施工总方案,对重大问题作出原则规定;

- 4. 确定施工顺序并根据有关资料编制施工进度总体计划；
- 5. 根据施工进度总体计划的要求，计算劳动力、材料和机具设备等各项资源的需要量，拟定运输和供应计划，同时拟定资金供应计划；
- 6. 设计布置施工总平面图；
- 7. 计算主要技术经济指标；
- 8. 编制说明书。

上述各个步骤及其应完成的各项工作，彼此都是密切相关的，虽然大致上有一定的顺序，但实际上各步骤是交叉和互为条件的。

(二) 程序 (见图 2-1)

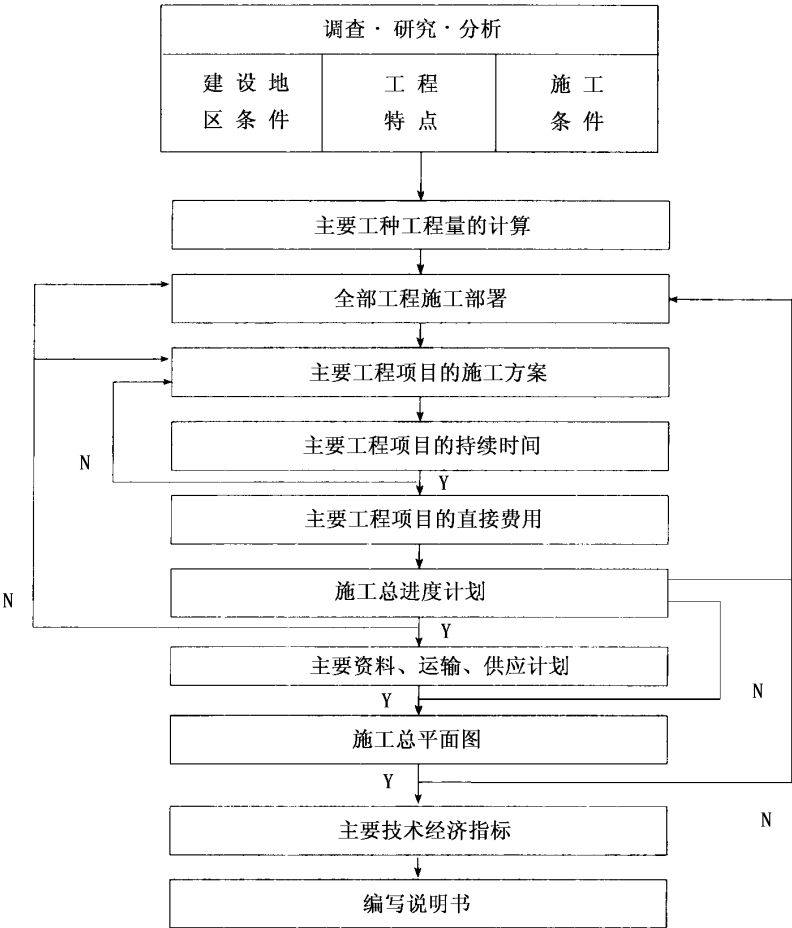


图 2-1 总体施工组织设计的编制程序

第二节 编制说明、编制依据和工程概况

一、编制说明

总体施工组织设计的编制说明，亦可称为前言，是对所编制的施工组织设计的一个简略、概要的说明，其作用是使审批者和使用者能在很短的时间内迅速了解该施工组织设计的概貌。同时在这个说明中一般还要列出参与编制的人员名单，以示对他们为此付出艰辛劳动的尊重。

二、编制依据

编制依据是指在编制总体施工组织设计时，遵循、引用和参照了哪些文件、资料、技术规范，要一一列出。桥梁总体施工组织设计的编制依据一般包括以下内容：

1. 与业主签订的施工合同文件；
2. 工程招标文件；
3. 工程投标书；
4. 工程的设计文件和设计图纸；
5. 国家和行业的有关标准、规范和规程，如《公路桥涵施工技术规范》、《公路工程质量检验评定标准》、有关的设计规范和试验规程等。

三、工程概况

桥梁总体施工组织设计中的工程概况介绍，是对整个工程项目的总说明。具体而言，要对桥梁建设项目的工程规模、结构形式、施工的条件和特点等作一个简明的、重点突出的文字介绍，一般还要附上桥位布置图和上一下部主要工程的构造图等，同时要列出主要工程量一览表。通常有以下内容：

（一）工程项目的主要情况

主要包括：工程性质、工程位置、建设意义、工程规模、结构形式、技术标准、总工期、总投资额和总标价、主要工程数量和工程结构简图等。

（二）施工条件

包括工程施工的自然条件、施工现场条件和技术经济条件，主要有：地形地貌、水文、工程地质和水文地质情况、气象；施工现场的动迁、地区的施工能力、资源供应情况、交通运输和水电等条件。

（三）工程施工的特点分析

由于不同类型的结构、不同环境和条件下的桥梁工程施工，都有其不同的施工特点，因此需要对其特点进行必要的分析，以便在选择施工方案、组织物资供应和技术力量配备等方面采取相应的措施。

（四）工程项目划分

根据《公路工程质量检验评定标准》(JTJ071 - 94) 的划分原则，结合工程实际情况，将整体工程项目划分为单位工程、分部工程和分项工程。其作用是有利于确

定施工顺序、做好施工任务划分和组织安排、编制各类计划以及为施工过程中的质量检验和交工验收时的质量评定打好基础。

第三节 施工的总体规划

施工总体规划是对整体桥梁工程项目施工的全局所做的统筹规划和全面安排，其目的是要解决影响全部施工活动的重大战略问题。施工总体规划的内容主要有：建立施工管理机构、划分施工任务及组织安排；确定施工顺序；拟定主要工程项目的施工方案；编制施工准备工作的总计划等。但由于不同的桥梁工程在性质、规模和客观条件上存在差异，其施工总体规划的内容和侧重点也可能会有所不同。

一、施工管理机构和施工任务划分

施工管理机构是为组织、计划、协调和控制全部施工活动而设立的指挥决策机关，具体形式为项目经理部。在进行施工的总体规划时，建立一个精干、高效的施工管理机构对于全面实现施工的预期目标是非常重要的。

建立施工管理机构应遵循组织设计的原则，即要有明确的目的性、应能保证决策指挥的统一，要创造人尽其才的环境以及有利于全过程和全局的控制。

建立施工管理机构要根据施工现场的客观需要来设计组织结构，其基本形式一般以直线职能制为宜。为了进行项目的各项管理和技术工作，在项目经理之下应设置一定的职能部门，分别处理有关的职能事务，向项目经理提供信息和有关决策的参考意见。至于应设置哪些部门，要根据桥梁工程项目的规模大小及其复杂程度来决定，一般情况下，应设置工程、技术、质检、材料、机械、安全、人事、财务等基本职能部门。视环境及其他条件，还应当有管理职工生活的服务机构，管理合同变更、签证、索赔和处理合同纠纷的合同事务管理部门，以及负责思想政治工作的部门。施工劳务管理层次及其生产队组的设置，要坚持精兵强将上一线的原则，确定综合性和专业化队伍的施工组织。

在确立项目施工管理体制和建立施工管理机构的条件下，要划分各参与施工单位的工作任务及施工阶段，明确总包与分包、各施工单位之间分工与协作的关系，确定各单位的主要工程项目和次要工程项目。

二、施工顺序

根据桥梁工程的施工特点，要在总体上确定施工的顺序，分清主次，统筹安排各类工程项目施工，保证重点，兼顾其它，以确保工期，并实现施工的连续性和均衡性。按照各单位工程和分部分项工程的重要程度不同，应优先安排那些工程量大、结构复杂、施工难度大和工期长的主体工程项目，以及供施工使用的大型临时设施。对工程量小、施工难度不大的一些辅助工程，则可考虑与主体工程相配合，作为平衡施工的项目穿插在主体工程的施工过程中进行。

桥梁工程应按照先地下后地上的顺序进行施工，应能使工期最短，同时必须考虑

施工工艺、施工质量和安全生产的要求,以及水文、地质和气候对施工的影响。如下部工程最好避开雨季汛期,安排在枯水期进行施工,悬臂浇筑的主梁施工到最大悬臂时应尽量避开台风季节了等等。施工顺序还应与所采用的施工方法和施工机具相协调。

三、主要工程项目的施工方案

对于桥梁工程中那些工程量大、技术复杂、施工难度大和工期长的主要工程项目,以及对总体工期的完成起关键性作用而将影响到全局的特殊分项工程,要在总体施工组织设计中专门拟定施工方案,其目的是为进行各项技术和资源的准备工作,为保证施工活动能顺利开展以及合理布置施工现场等提供依据。内容主要包括确定施工方法、施工工艺流程和施工机械设备等。

在拟定施工方案时,对施工方法的确定要兼顾技术工艺的先进性和经济上的合理性;方案应切实可行,施工期限满足合同要求,能确保工程质量和施工安全,且工料消耗和施工费用最低。对施工机械的选择,应使主导机械的性能既能满足工程施工的需要,又能发挥其效能,同时应考虑其通用性,辅助配套机械的性能应与主导施工机械相适应,以充分发挥主导施工机械的工作效率。

四、施工准备工作总计划

根据确定的施工顺序和主要工程项目的施工方案,应编制施工准备工作总计划,做好施工前的各项准备工作,为工程顺利开工打下良好的基础。

第四节 施工总进度计划

施工总进度计划是总体施工组织设计中的重要组成部分之一,是控制工程施工进度和工程竣工期限等各项施工活动的依据,也是施工现场各项活动在时间上的体现。

编制总进度计划的目的在于确定各个工程施工项目的施工期限及开工和竣工的日期,在时间上一般以月为单位进行安排。施工期限确定后,即可据此计算工、料、机等资源分月分阶段的需要数量并进行调配,同时亦可算出现场临时设施以及水电供应的需要数量等等。

一、编制施工总进度计划的基本要求和依据

(一) 编制施工总进度计划的基本要求

1. 应能保证拟建的桥梁工程在规定的施工期限内完成,即应满足合同工期的要求;
2. 施工的顺序必须与所选择的施工方法和施工机具相协调;
3. 工序之间的衔接应紧密、合理;
4. 应优先考虑重点工程和关键工序;
5. 应综合考虑施工过程的连续性、协调性、均衡性和经济性,节省施工费用
6. 必须满足安全生产和工程质量的要求。

(二) 编制施工总进度计划的依据

1. 合同规定的开工、竣工日期；
2. 工程的设计文件和施工图纸；
3. 已确定的主要工程的施工方案；
4. 桥位处的地质、水文、气象及其它技术经济资料；
5. 劳动定额和机械台班使用定额；
6. 劳动力、材料和机具供应情况。

二、编制施工总进度计划的步骤

(一) 划分施工项目并列出现象项目一览表

在编制施工总进度计划时，首先要划分出各施工项目的细目，并列出现象项目一览表。进行划分列表时要注意以下事项：

1. 由于施工总进度计划主要起控制总工期的作用，因此项目的划分不宜过细，通常按照工程的施工顺序列出，并突出每个单位工程中的主要工程项目。临时设施和附属项目可合并列出。
2. 划分的施工项目应与所确定的施工方法相一致，使总进度计划能完全符合施工的实际进展情况，真正起到指导施工的作用。
3. 应结合工程的结构特点分项填列，不可缺项或漏项，以免影响总进度计划的准确性。

(二) 计算工程量

施工的工程项目划分好后，即可根据设计的施工图纸及有关工程数量的计算规则，按工程的开展顺序，分别算出各施工项目的主要实物工程量，并逐项填入表中。除计算结构工程的实物工程量外，还应计算大型临时工程的工程量，如场地平整、便桥便道的长度等等。这些可根据施工总平面图来计算。

工程数量的计算单位，应与相应定额或合同文件中的计量单位相一致。

(三) 计算劳动量

劳动量是工程量与相应时间定额的乘积，其计算公式如下：

$$P = \frac{Q}{S} \quad (2-1)$$

或

$$P = QH \quad (2-2)$$

式中：P——劳动量（工日或台班）；

Q——工程量；

S——产量定额；

H——时间定额。

劳动量一般是根据现行的预算定额和劳动定额来计算的，劳动量的计量单位，当为人工时是“工日”，为机械时是“台班”。

(四) 确定各单位工程的施工期限

由于各施工单位的技术与管理水平、机械化程度、劳动力和材料供应情况等的不同,所能达到的施工期限差别较大,因此应根据各施工单位的具体条件,以及考虑桥梁的结构类型、工程量大小、现场的施工条件、水文地质等因素来确定施工期限。

(五) 确定各单位工程的开竣工时间和相互搭接关系

各单位工程的施工期限确定之后,需要进一步确定其具体的开工和竣工时间,以及各单位工程之间的施工搭接时间。在确定时一般应考虑以下因素:

1. 保证重点工程,兼顾一般工程;
2. 满足连续、协调、均衡施工的要求;
3. 满足施工技术和施工工艺的要求;
4. 进度计划对施工平面空间布置的影响程度;
5. 各种客观条件的制约。

(六) 编制施工进度图

施工进度图的表达形式主要有横道图、垂直图和网络图等,但目前最常用的是横道图和网络图两种。

横道图的表达方式比较直观、易懂,编制也较简单,但施工地点无法表示,只能用文字辅助说明;工程项目之间的相互关系不明确,工程数量的实际分布情况不具体,且仅能反映出平均施工流水速度。

横道图通常由两大部分组成,左边部分是以序号、工程项目、计量单位、工程量和劳动量为主要内容的表格;右边部分是指示图表,它是由左边表格中的有关数据经计算后得出的。指示图表用横向线条形象地表示出各工程项目的施工进度、工期和总工期。线条的长短表示施工期限;线条的位置表示施工过程;线条上的数字表示劳动力数量。

采用网络图表达施工进度计划,比横道图更加直观、明了,不仅能反映施工进度,还可表达出各项目之间的逻辑关系。同时,由于能应用计算机计算和输出,更便于对进度计划进行调整、优化、统计资源数量,甚至输出图表等。

由于施工总进度计划是对工程项目的总体进度起控制性作用,因此其编制不宜过细,能满足控制总体进度的要求即可。

(七) 总进度计划的检查和调整

施工总进度计划初步完成后,应按照施工过程的连续性、协调性、均衡性和经济性等基本原则进行检查和调整,以使企业在现有资源条件下均衡地使用人力、物力和财力,力求以最少的消耗去取得最大的经济效果。具体做法是将同一时期各项工程的工作量累加,然后用一定比例画出,即可得出工程项目资源需要量的动态曲线。如曲线上存在突出的高峰或低谷,则表明在该时间内各种资源的需求量变化较大,需要对一些工程项目的施工速度或开竣工时间进行调整,以消除高峰或低谷,使各个时期的资源需求量尽量达到均衡。

第五节 资源配置计划

一、劳动力需要量计划

劳动力需要量计划是确定临时设施规模和组织劳动力进场的依据。根据已确定的施工总进度计划，可得到各工程项目在某段时间内的平均劳动力数量，逐项累加可绘出人工数随时间变化的劳动力需要量图，据此即可编制劳动力需要量计划。将此计划附于施工进度图之下，为劳动部门提供劳动力进退场时间，保证及时调配，搞好平衡，以满足施工的需要。劳动力需要量计划见表 2 - 1。

表 2 - 1 劳动力需要量计划

序号	工种名称	总人数	需要人数及时间										备注
			年					年					
			一季度	二季度	三季度	四季度	合计	一季度	二季度	三季度	四季度	合计	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

二、主要材料需要量计划

桥梁工程的材料费用，一般要占总体工程造价的 50% ~ 70%。做好材料供应计划和材料的采购、保管、使用等工作，是保证桥梁工程施工顺利进行，控制或降低工程成本的关键之一。

桥梁工程所用的材料主要有钢材、木材、水泥、砂、石等，以及有关临时设施和拟采取的各种施工技术措施用料。预制构件及其它半成品亦应列入主要材料需要量计划中。材料需要量计划是为物资部门落实组织货源、签订供应合同、组织运输进场以及确定临时设施规模的依据。

材料的需要量，可按照已确定的工程量，查定额进行计算得出，从而编制出需要量计划。表格的形式见表 2 - 2。

表 2 - 2 主要材料需要量计划

序号	材料名称及规格	单位	数量	来源	运输方式	年					年					备注
						一季度	二季度	三季度	四季度	合计	一季度	二季度	三季度	四季度	合计	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

三、主要施工机具、设备需要量计划

在确定施工方案时，已考虑了各主要工程项目应选择何种施工机具。为做好机具设备的供应工作，应根据总进度计划的要求，编制施工机具需要量计划，以配合施工，保证施工能按进度计划正常进行。施工机具需要量计划除为组织机具供应外，还可作为施工用电、选择变压器容量等的计算和确定停放场地面积的依据。主要施工机具、设备需要量计划见表 2－3。

表 2－3 主要施工机具、设备需要量计划

序号	机具设备名称	规格型号	电动机功率	数 量				使用期限		备注
				单位	需用	现有	不足	进场时间	退场时间	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

四、资金需要量计划

桥梁工程的施工是一个投入与产出的过程，为使施工能正常进行，各个施工阶段都需要有足够的资金来保证。资金的不足，会导致工程无法按计划进度进行，使进度滞后或停顿，进而影响到总体工期。因此，做好资金供应计划也是保证总进度计划得以实现的重要内容之一。

按时间顺序，求出总进度计划中各个施工项目在单位时间内的资金需要量，逐项累加后即得到总需要量，据此即可编制资金需要量计划，见表 2－4。

表 2－4 资金需要量计划（金额单位：万元）

年 度 资金项目	× × 年	× × 年	× × 年	合 计
总计				

第六节 临时设施的规划

为满足桥梁工程施工的需要，在工程正式开工之前，应对施工现场的场地进行总体规划，同时应建造相应的临时设施，为工程项目的顺利施工创造良好的条件。临时

设施主要有：工地加工场地、仓库、料场、临时房屋、工地运输、施工用水、供电、供热及通讯设施等。

一、工地加工场地

通常工地加工场 (厂) 的类型主要有：混凝土构件预制场、木材加工厂、钢筋加工场、金属加工厂、模板加工厂和机械修配厂等。这些加工场 (厂) 的结构形式应根据当地条件和使用期限的长短来决定，使用期限长的可采用瓦屋面的砖木结构或装拆式活动房屋，使用期限短的则宜用简易结构，如油毡、铁皮或草屋面的竹木结构。

加工场 (厂) 的建筑面积，要根据设备尺寸、工艺过程、设计和安全防火等要求，通常可参照有关经验指标来确定，也可按以下公式计算：

$$F = \frac{KQ}{TS_{\alpha}} \quad (2-3)$$

式中：F——所需建筑面积 (m²)；

K——不均衡系数，取 1.3 ~ 1.5；

Q——加工总量 (m³ , t 等)；

T——加工总工期 (月)；

S——每平方米场地的月平均加工量；

α——场地或建筑面积利用系数，取 0.6 ~ 0.7。

水泥混凝土搅拌站面积用下式计算：

$$F = NA = \frac{KQ}{TRA} \quad (2-4)$$

式中：F——搅拌站面积 (m²)；

N——搅拌机的台数 (台)；

A——每台搅拌机所需的面积 (m²/台)；

K——不均衡系数，取 1.5；

Q——混凝土总需要量 (m³)；

T——混凝土工程施工总工作日；

R——混凝土搅拌机台班产量 (m³)。

对大型水泥混凝土搅拌设备的场地面积，宜根据设备说明书的要求确定。

常用的各种临时加工场 (厂) 的面积参考指标，列于表 2-5 和表 2-6。

表 2-5 临时加工场 (厂) 所需面积参考指标

序号	加工厂名称	年产量		单位产量所需 建筑面积	占地总面积 (m ²)	备 注
		单位	数量			
1	混凝土搅拌站	m ³	3200	0.022 (m ² /m ³)	按砂石堆场考虑	400L 搅拌机 2 台
		m ³	4800	0.021 (m ² /m ³)		400L 搅拌机 3 台
		m ³	6400	0.020 (m ² /m ³)		400L 搅拌机 4 台

序号	加工厂名称	年产量		单位产量所需 建筑面积	占地总面积 (m ²)	备 注
		单位	数量			
2	临时性混凝土预制厂	m ³	1000	0.25 (m ² /m ³)	2000	生产中小型预制构件等，配有蒸养设施
		m ³	2000	0.20 (m ² /m ³)	3000	
		m ³	3000	0.15 (m ² /m ³)	4000	
		m ³	5000	0.125 (m ² /m ³)	小于 6000	
3	半永久性混凝土预制厂	m ³	3000	0.6 (m ² /m ³)	9000 ~ 12000	
		m ³	5000	0.4 (m ² /m ³)	12000 ~ 15000	
		m ³	10000	0.3 (m ² /m ³)	15000 ~ 20000	
4	木材加工厂	m ³	15000	0.0244 (m ² /m ³)	1800 ~ 3600	进行原木、方木加工
		m ³	24000	0.0199 (m ² /m ³)	2200 ~ 4800	
		m ³	30000	0.0181 (m ² /m ³)	3000 ~ 5500	
	粗木加工厂	m ³	5000	0.12 (m ² /m ³)	1350	加工模板
		m ³	10000	0.10 (m ² /m ³)	2500	
		m ³	15000	0.09 (m ² /m ³)	3750	
		m ³	20000	0.08 (m ² /m ³)	4800	
	钢筋加工厂	t	200	0.35 (m ² /t)	280 ~ 560	加工、成型、焊接
		t	500	0.25 (m ² /t)	380 ~ 750	
		t	1000	0.20 (m ² /t)	400 ~ 800	
		t	2000	0.15 (m ² /t)	450 ~ 900	
5	现场钢筋调直、冷拉拉直场卷扬机棚、冷拉场时效场	所需场地 (长 × 宽) (70 ~ 80) m × (3 ~ 4) m (15 ~ 20) (m ²) (40 ~ 60) m × (3 ~ 4) m (30 ~ 40) m × (6 ~ 8) m				包括材料和成品堆放
	钢筋对焊对焊场地对焊棚	所需场地 (长 × 宽) (30 ~ 40) m × (4 ~ 5) m (15 ~ 24) (m ²)				包括材料和成品堆放
	钢筋冷加工冷拔切断机冷轧机弯曲机 φ12 以下弯曲机 φ40 以下	所需场地 (m ² /台) 40 ~ 50 30 ~ 40 50 ~ 60 60 ~ 70				按一批加工数量计算
6	金属结构加工包括一般铁件	所需场地 (m ² /t) 年产 500t 为 10 年产 1000t 为 8 年产 2000t 为 6 年产 3000t 为 5				按一批加工数量计算

序号	加工厂名称	年产量		单位产量所需 建筑面积	占地总面积 (m ²)	备 注
		单位	数量			
7	石灰消化 { 贮灰池 淋灰池 淋灰槽	5 × 3 = 15 (m ²) 4 × 3 = 12 (m ²) 3 × 2 = 6 (m ²)				第二个贮灰池 配一个淋灰池

表 2 - 6 现场作业棚所需面积参考指标

序号	名 称	单 位	面积(m ²)	备 注
1	木工作业棚	m ² / 人	2	占地为面积 2 ~ 3 倍
2	电锯房	m ²	80	86 ~ 92cm 圆锯 1 台
3	电锯房	m ²	40	小圆锯 1 台
4	钢筋作业棚	m ² / 人	3	占地为建筑面积 3 ~ 4 倍
5	搅拌棚	m ³ / 台	10 ~ 18	
6	卷场机棚	m ³ / 台	6 ~ 12	
7	烘炉房	m ²	30 ~ 40	
8	焊工房	m ²	20 ~ 40	
9	电工房	m ²	15	
10	白铁工房	m ²	20	
11	油漆工房	m ³	20	
12	机、钳工修理房	m ³	20	
13	立式锅炉房	m ³ / 台	5 ~ 10	
14	发电机房	m ³ / kW	0.2 ~ 0.3	
15	水泵房	m ³ / 台	3 ~ 08	
16	空压机房(移动式)	m ³ / 台	18 ~ 30	
	空压机房(固定式)	m ³ / 台	9 ~ 15	

二、临时仓库

工地临时仓库分为转运仓库、中心仓库和现场仓库等几种。转运仓库一般设在乍站和码头等地用来转运货物；中心仓库则专门用于储存整个工地所需的贵重材料和需要整理配套的材料；现场仓库是专为某分部分项工程（或单位工程）服务的，一般都就近建在现场。

工地临时仓库规划的主要任务是：确定材料储备量和仓库面积，选择仓库位置和进行仓库设计等。

（一）确定材料储备量

材料储备量的大小既要考虑保证连续施工的需要，又要避免材料的大量积压，以免仓库面积过大，增加投资，积压资金。通常情况下，材料储备量宜根据现场条件、供应条件和运输条件来确定，对场地狭小、运输方便的现场可少储备；对供应不易保证、运输困难、受季节影响大的材料宜多储备。

常用材料，如砂、石、水泥、钢材和木材等，其储备量可按下式计算：

$$P = T_c \frac{K_i Q_i}{T} \tag{2-5}$$

式中：P—材料储备量 (m³、t 等)；

T_c——储备期 (d)，按材料来源确定，一般不小于 10d ；

K_i——材料使用不均衡系数，取 1.2 ~ 1.5 ；

Q_i——材料、半成品的总需要量 (m³、t 等)；

T——有关项目施工的总工作日 (d)。

对于用量少、不经常使用或储备期较长的材料，可按年度需要量的百分比储备。

(二) 确定仓库面积

一般的仓库面积可按下式计算：

$$F = \frac{P}{Kq} \tag{2-6}$$

式中：F——仓库总面积 (m²)；

P——材料储备量；

K——仓库面积利用系数 (考虑人行道和车道所占面积)，一般取 0.5 ~ 0.8 ；

q——每平方米仓库面积能存放的材料数量，可参考表 2-7 确定。

表 2-7 每平方米面积所能储存材料数量

项次	材料名称	单位	每平方米所能 堆放的数量	堆放高度 (m)	包装 类别	堆置方式	储存方法	备注
1	砾石、沙	$\frac{m^3}{t}$	$\frac{1.50 \sim 2.00}{2.60 \sim 3.40}$	1.5 ~ 2.0	散	堆	露天	人工堆放
2	砾石、沙	$\frac{m^3}{t}$	$\frac{3.00 \sim 4.00}{5.00 \sim 7.00}$	5.0 ~ 6.0	散	堆	露天	机械堆放
3	片石、块石	$\frac{m^3}{t}$	$\frac{1.00}{1.60}$	1.50		码堆	露天	
4	普通砖	$\frac{块}{t}$	$\frac{700}{2.40 \sim 2.60}$	1.50		码堆	露天	
5	水泥	t	2.00 ~ 2.80	1.50 ~ 2.00	散装	积堆	仓库	
6	水泥	t	1.50	1.80	袋装	积堆	仓库	
7	块石灰	t	2.25	2.50	散装	积堆	露天	
8	油毡	$\frac{卷}{t}$	$\frac{15 \sim 22}{1.50 \sim 2.00}$	1.00 ~ 1.50	卷	码堆	料棚	

项次	材料名称	单位	每平方米所能 堆放的数量	堆放高度 (m)	包装 类别	堆置方式	储存方法	备注
9	工字钢、槽钢	t	0.7 ~ 1.0	0.60		码堆	露天	
10	角 钢	t	2.00 ~ 3.00	1.00		码堆	露天	
11	铁皮、钢板	t	4.00 ~ 4.50	1.00		码堆	料棚	
12	钢 筋	t	3.70 ~ 4.20	1.20		码堆	料棚	
13	盘 条	t	1.50 ~ 1.90	1.00	捆	堆放	料棚	
14	块状沥青	t	2.20	2.20	桶装	码堆	露天	
15	石油沥青	t	0.90	1.75	桶	码堆	料棚	两层皆立放
16	润滑材料	t	0.65 ~ 0.80	1.40	桶	码堆	半地下仓库	两层皆立放
17	汽 油	t	0.45 ~ 0.70	1.20 ~ 1.80	桶	码堆	半地下仓库	两层平放
18	圆 木	$\frac{m^3}{t}$	$\frac{1.30 \sim 2.00}{0.85 \sim 1.30}$	2.00 ~ 3.00		码堆	露天	
19	方木、板材	$\frac{m^3}{t}$	$\frac{1.20 \sim 1.80}{0.75 \sim 1.20}$	2.00 ~ 3.00		码堆	料棚	

三、工地运输

工地运输组织的规划主要应解决确定运输量、选择运输方式和计算运输工具需要量等问题。

(一) 确定运输量

运输总量按工程的实际需要量来确定。每日的货运量可用下式计算：

$$q = K \frac{\sum (Q_i L_i)}{T} \tag{2 - 7}$$

式中：q——日货运量 (t · km)；

K——运输工作不均衡系数，铁路运输取 1.5，公路运输取 1.2

Q_i——每种货物的需要总量；

L_i——运输距离 (km)；

T——有关施工项目的施工总工日。

(二) 选择运输方式

工地运输方式主要有铁路运输、公路运输、水路运输和特种运输（如索道）等，且工地运输有场外运输和场内运输之分。对场外运输，主要是如何利用当地的交通条件，将外购材料和物资运至工地，但场外运输不可能将工程所需的全部物资直接运至施工现场，因此在工程施工中工地上还需要大量的场内运输。场内运输包括水平运输和垂直运输，水平运输是将材料或构件从仓库、料场或预制加工场地运至施工使用地点；垂直运输则主要是修建墩台及上部构造时，将材料或构件从地面提升到使用部位。

不论是场外运输还是场内运输，在选择运输方式时，都应充分考虑各种因素，如材料的性质、运输量的大小、运距、现有运输设备条件、利用永久性道路的可能性、地形、地质及水文等自然条件、运输和装卸费用的多少等的影响。

(三) 确定运输工具的需要量

运输方式确定后，即可计算运输工具的需要量。每一工作台班内所需的运输工具数量可按下式计算：

$$n = \frac{1}{K_1} \frac{q}{cd} \tag{2-8}$$

式中：n——运输工具数量；

q——每日货运量；

c——运输工具的台班生产率；

b——每日的工作班次；

K₁——运输工具使用不均衡系数，对汽车可取 0.6 ~ 0.8，拖拉机可取 0.65，马车可取 0.5。

四、临时房屋

工地临时房屋主要包括生产办公用房、施工人员的居住生活用房、食堂和其它生活福利设施用房，以及实验室、动力站、工作棚和各类材料仓库等。临时房屋的建筑面积主要取决于施工工地人员数量的多少，只要将人数确定后，即可按下式计算其建筑面积。

$$S = NP \tag{2-9}$$

式中：S——建筑面积 (m²)；

N——工地人数；

P——建筑面积指标，可参考表 2-8。

表 2-8 临时房屋建筑面积参考指标 (m²/人)

序号	临时房屋名称	指标使用方法	参考指标 (m ²)
一	办公室	按使用人数	3 ~ 4
二	宿舍		
1	单层通铺	按高峰季 (年) 平均人数	2.5 ~ 3.0
2	双层床	按在工地实有人数	2.0 ~ 2.5
3	单层床	按在工地实有人数	3.5 ~ 4.0
三	食堂	按高峰年平均人数	0.5 ~ 0.8
	食堂兼礼堂	按高峰年平均人数	0.6 ~ 0.9
四	其它合计	按高峰年平均人数	0.5 ~ 0.6
1	医务室	按高峰年平均人数	0.05 ~ 0.07
2	浴室	按高峰年平均人数	0.07 ~ 0.1
3	理发室	按高峰年平均人数	0.01 ~ 0.03
4	俱乐部	按高峰年平均人数	0.1
5	小卖部	按高峰年平均人数	0.03

序号	临时房屋名称	指标使用方法	参考指标 (m ²)
6	招待所	按高峰年平均人数	0.06
7	其它公用	按高峰年平均人数	0.05 ~ 0.1
8	开水房		10 ~ 40
9	厕 所	按工地平均人数	0.02 ~ 0.07

工地所需的临时房屋，宜尽量利用施工现场附近的现有建筑，或提前修建可能利用的永久性建筑。如没有现成的房屋可资利用，则应考虑自行建造。临时房屋的建造应依据经济、适用和装拆方便的原则设计，并按照当地的气候条件、工期长短和材料来源等因素来确定结构形式。

五、临时供水

工地临时供水的类型主要有生产用水，包括工程施工和机械设备用水；生活用水，包括施工现场和生活区的生活用水；消防用水。生产用水和生活用水的水质应符合各自用途的要求，

(一) 用水量的计算

1. 工程施工用水量

$$q_1 = K_1 \sum \frac{Q_1 N_1}{T_1 b} \cdot \frac{K_2}{8 \times 3600} (2 - 10)$$

式中： q_1 ——施工工程用水量 (1/s)；
 K_1 未预见的施工用水系数，取 1.05 ~ 1.15 ；
 Q_1 ——年 (季) 度工程量 (以实物计量单位表示) ；
 N_1 ——施工用水定额，参见表 2 - 9 ；
 T_1 ——年 (季) 度有效作业日 (d) ；
 b ——每天工作班数 ；
 K_2 ——用水不均衡系数，参见表 2 - 10。

表 2 - 9 放工用水参考定额

序号	用水对象	单位	耗水量 (L)	备注
1	浇筑混凝土全部用水	m ³	1700 ~ 2400	
2	搅拌普通混凝土	m ³	250	
3	搅拌轻质混凝土	m ³	300 ~ 350	
4	混凝土养生 (自然养生)	m ³	200 ~ 400	
5	混凝土养生 (蒸汽养生)	m ³	500 ~ 700	
6	湿润模板	m ³	10 ~ 15	
7	冲洗模板	m ³	5	
8	人工洗石子	m ³	1000	
9	机械洗石子	m ³	600	
10	洗 砂	m ³	1000	

序号	用水对象	单位	耗水量（L）	备注
11	浇 砂	千块	500	
12	砌砖工程全部用水	m ³	150～250	
13	砌石工程全部用水	m ³	50～80	
14	抹 灰	m ³	4～6	
15	搅拌砂浆	m ³	300	
16	消化生石灰	t	3000	
17	素土路面路基	m ²	0.2～0.3	

表 2－10 施工用水不均衡系数 K₂

用水名称	系 数	用水名称	系数
施工工程用水	1.50	动力设备	1.05～1.10
生产企业用水	1.25	施工现场生活用水	1.30～1.50
施工机械、运输机具	2.00	居住区生活用水	2.00～2.50

2. 施工机械用水量

$$q_2 = K_1 \sum Q_2 N_2 \frac{K_2}{8 \times 3600} \tag{2-11}$$

式中： q_2 ——施工机械用水量（L/s）；
 K_1 ——未预计的用水系数，水系数，取 1.05～1.15；
 Q_2 ——同种机械台数（台）；
 N_2 ——施工机械台班用水定额，参见表 2－11；
 K_2 ——施工机械用水不均衡系数，参见表 2－10。

表 2－11 施工机械用水量参考定额

序号	机械名称	单位	耗水量	备注
1	内燃挖土机	L/台班·m3	200～300	以斗容量 m3 计
2	内燃起重机	L/台班·t	15～18	以起重吨数计
3	蒸汽打桩机	L/台班·t	1000～1200	以锤重吨数计
4	内燃压路机	L/台班·t	12～15	以压路机吨数计
5	拖拉机	L/昼夜·台	200～300	
6	汽车	L/昼夜·台	400～700	
7	空气压缩机	L/台班·（m3/min）	40～80	以压缩空气排气量 m3/min 计
8	内燃动力装置	L/台班·马力	120～300	直流水
9	内燃动力装置	L/台班·马力	25～40	循环水
10	锅炉	L/h·t	1000	以小时蒸发量计
11	锅炉	U/h·m2	15～30	以受热面积计

序号	机械名称	单位	耗水量	备注
12	点焊机 25 型	L/h	100	
	75 型	L/h	250 ~ 350	
13	对焊机	L/h	300	
14	冷拔机	L/h	300	
15	凿岩机 YQ - 100	L/Min	8 ~ 12	
	01 - 45 (TN - 4)	L/Min	5	

注：1 马力 = 0.735499kW。

3. 施工现场生活用水量

$$q_3 = \frac{P_1 N_3 K_2}{b \times 8 \times 3600}$$
 (2 - 12)

式中： q_3 ——施工现场生活用水量 (L/s)；
 P_1 ——施工现场高峰期人数 (人)；
 N_3 ——施工现场生活用水定额，一般为 20 ~ 60L/人·班；
 K_2 ——施工现场生活用水不均衡系数，参见表 2 - 10；
 b ——每天工作班数 (班)。

4. 生活区生活用水量

$$q_4 = \frac{P_2 N_4 K_2}{24 \times 3600}$$
 (2 - 13)

式中： q_4 ——生活区生活用水量 (L/s)；
 P_2 ——生活区居住人数 (人)；
 N_4 ——生活区生活用水定额，参见表 2 - 12；
 K_2 ——生活区用水不均衡系数，参见表 2 - 10。

5. 消防用水量

消防用水量以 q_5 表示，参见表 2 - 13。

表 2 - 12 生活用水量参考定额

序号	用水名称	单 位	耗水量	备 注
1	生活用水	L/人·日	20 ~ 30	盥洗、饮用
2	食堂	L/人·日	15 ~ 20	
3	淋浴	L/人·次	50	入浴人数按出勤人数 30% 计
4	洗衣	L/人	30 ~ 50	
5	理发室	L/人·次	15	
6	工地医院	L/病床·日	100 ~ 150	

序号	用水名称	单 位	耗水量	备 注
7	家属	L/人·日	50～60	有卫生设备
8	家属	L/人·日	25～30	无卫生设备

表 2－13 消防用水量参考表

序号	用水区域	用水情况	火灾同是发生次数	用水量（L/s）
1	居住区	5000 人以内	一次	10
		10000 人以内	二次	10～15
		25000 人以内	二次	15～20
2	施工现场	施工现场在 25×104m ² 以内	一次	10～15
		施工现场每增加 25×104m ²	一次	5

6. 总用水量

1) 当 $(q_1 + q_2 + q_3 + q_4) \leq q_5$ 时

$$Q = q_5 + \frac{1}{2}(q_1 + q_2 + q_3 + q_4) \tag{2-14}$$

2) 当 $(q_1 + q_2 + q_3 + q_4) > q_5$ 时

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \tag{2-15}$$

3) 当工地面积小于 5 万 m²，且 $(q_1 + q_2 + q_3 + q_4) < q_5$ 时

$$Q = q_5 \tag{2-16}$$

上三式中：Q——总用水量（L/s），其余符号同前。

最终计算得出的总用水量，还应增加 10%，以补偿不可避免的水管渗漏损失、

（二）水源选择

工地临时供水的水源，应尽可能利用现场附近已有的自来水供水管道，当工地附近缺乏现成的供水管道或虽有供水管道但难以满足施工的使用要求时，方考虑采用江（河）水、湖水、水库、泉水、井水等天然水源。一般在野外有水的河道上建桥，施工用水大多取自河水、在干涸河道上建桥，如当地的地下水位不深时，可掘坑取水；地下水位较深时，则可钻井取水。如工地附近有山泉或水渠可取水时，可修建明沟、临时管道等将水引至工地。而且应优先考虑利用那些不需复杂的输水构筑物 and 大型水泵装置以及临时输水管道较短的水源。

不论采用何种水源，都应满足以下要求：水量充足稳定，能保证施工最大需水量供应；符合生活饮用和生产用水的水质标准；取水、输水和净水设施经济安全可靠；供水设施的安 装、运输、管理和维护方便。

（三）临时供水设施

工地的临时供水设施主要有：取水设施、净水设施、储水构造物和输水管道等。取水设施一般由进水装置、进水管及水泵站组成，取水口距河底或井底宜为 0.25～0.9m，且取水用的水泵应有足够的抽水能力和扬程。当水泵不能连续工作时，应设

置储水构造物，一般有水池、水塔或水箱等。工地可采用木支架或装配式常备钢构件来设置临时水塔，其储水箱用钢箱或钢筒，容量以每小时消防用水决定或不小于 2h 最大平均用水量。

水塔储水箱的高度（自地面起至箱底）可按式确定：

$$H_t = (Z_v - Z_t) + H_v + h \tag{2 - 17}$$

式中： H_t ——水塔储水箱高度（m）；

Z_y ——供水对象的最大标高（m）；

Z_t ——水塔处的地面标高（m）；

H_y ——供水对象最大标高处必须具有的自由水头（m），一般为 8 ~ 10m；

h ——水头损失（m）。

将水送至水塔时的水泵扬程按下式计算：

$$H_p = (Z_t - Z_p) + H_t + a + \sum h' + h_s \tag{2 - 18}$$

式中： H_p ——水泵所需扬程（m）；

Z_p ——泵轴中线的标高（m）；

a ——水塔储水箱的高度（m）；

h' ——从泵站到水塔间的水头损失（m）；

h_s ——水泵的吸水高度（m）。

将水直接送到用水地点（无水塔）时，水泵扬程按下式计算：

$$H_p = (Z_y - Z_p) + H_y + \sum h' + h_s \tag{2 - 19}$$

式中符号意义同前。

输水管道的管径按下式计算确定：

$$D = \sqrt{\frac{4Q \times 1000}{\pi v}} \tag{2 - 20}$$

式中： D ——输水管道内径（mm）；

Q ——设计总用水量（L/s）；

v ——管道内的水流速度（m/s），参见表 2 - 14。

表 2 - 14 临时水管经济流速表

管 径	流速（m/s）	
	正常时间	消防时间
1. 支管 D < 0.10	2	> 3.0
2. 生产消防管道 D = 0.1 ~ 0.3m	1.3	> 3.0
3. 生产消防管道 D > 0.3m	1.5 ~ 1.7	2.5
4. 生产用水量管道 D > 0.3m	1.5 ~ 2.5	3.0

六、临时供电

工地临时供电组织设计的主要内容有：计算工地总用电量、选择电源、确定变压

器及布置配电线路等。

（一）工地总用电量计算

工地用电可分为动力用电和照明用电两类，总用电量可按下式计算：

$$P = (1.05 \sim 1.10) \left(K_1 \frac{\sum P_1}{\cos \phi} + K_2 \sum P_2 + K_3 \sum P_3 + K_4 \sum P_4 \right) \quad (2-21)$$

式中：P——工地总用电量（kVA）；

P₁——电动机额定功率（kW）；

P₂——电动机额定容量（kVA）；

P₃——室内照明容量（kW）；

P₄——室外照明容量（kW）；

COSφ——电动机平均功率因数，根据电量和负荷情况而定，最高 0.75 ~ 0.78，一般为 0.65 ~ 0.75；

K₁、K₂、K₃、K₄——需要系数，参见表 2－15。施工现场的用电量也可以根据表 3－16 所列的“施工用电参考定额”来确定。

表 2－15 需要系数 K 值

用电名称	数 量	需要系数		备 注
		K	数值	
电动机	3 ~ 10 台 11 ~ 30 台 30 台以下	K ₁	0.7	如施工中需用电热时，应将其用电量计算进去。为使计算接近实际，式中各项用电根据不同性质分别计算
加工厂动力设备			0.6	
			0.5	
			0.5	
电焊机	3 ~ 10 台 10 台以上	K ₂	0.6 0.5	
室内照明		K ₃	0.8	
室外照明		K ₄	1.0	

表 2－16 施工用电参考定额表

序号	用电目的	用电量 (W/m ²)	序号	用电目的	用电量 (W/m ²)
(一)露天场地照明			(二)室内照明		
1	人工土方施工	0.6 ~ 0.75	10	宿舍及住宅	5
2	机械化施工土方、砌石、打桩	0.8	11	厨房、食堂、普通办公室	10
3	浇筑混凝土、拌制砂浆、轧碎石及过筛	2 ~ 2.5	12	厕所	5
			13	浴室、盥洗室	
4	制造及装配金属结构	2.4 ~ 2.5	14	钢筋加工间、金属构件厂、机修间	13

序号	用电目的	用电量 (W/m ²)	序号	用电目的	用电量 (W/m ²)
5	露天堆场	0.5		细木工车间	6
6	机械停放场	1.5 ~ 2.5	15	细木工车间	6
7	主要人行道及车行道	5kW/km	16	锯木厂	3 ~ 5
8	次要人行道及车道	3kW/km	17	车库	6
9	警卫、照明	2			

(二) 选择电源

工地临时供电的电源，可利用现场附近的高压电网，申请临时加设配电变压器，这是最经

济的供电方式。如果当地没有电源，或电力供应不能满足施工用电需要，则要在工地设置临时

发电站。若当地电源距离工地较远，需架设较长的临时输电线路时，则应与在工地设置临时发

电站的供电方式进行综合分析比较后确定。但不论采用何种供电方案，一般都要考虑在工地配置 1 ~ 2 台发电机作为应急时的备用，特别是对于不能停工的工作，如基础工程的施工和必须连续浇混凝土的工程，必须要有备用发电机来保证供电的可靠性。

(三) 确定变压器的容量

变压器的输出功率可按下式计算：

$$P = K \left(\frac{\sum P_{max}}{\cos \phi} \right) \tag{2 - 22}$$

式中：P——变压器输出功率 (kVA)；
K——功率损失系数，取 1.05；
 $\sum P_{max}$ ——各施工区的最大计算负荷 (kW)
 $\cos \phi$ ——功率因数。

(四) 配电线路的布置

工地内的输电线路分为枝状和网状两种系统。枝状系统的配置比较简单，可随需要分别架设与引出，但一点发生故障，则离电源较远的备用电地点即无电供应，因此这种系统对需要连续供电的工地并不适宜。网状供电系统可以避免一点发生故障就引起其它地点停电的弊端，但对供电管理的要求较高，且所用电线较多。线路的布置应符合有关电力规范的要求。

七、临时供热

工地临时供热主要是为了冬季施工的需要，如预制混凝土构件或现浇混凝土结构的蒸汽养生，施工用水和砂石材料的加热，以及北方寒冷地区工地办公室、宿舍和食堂等内部的冬季取暖。

临时供热的热源，一般是设立临时性的锅炉房或火炉等分散设备。临时供热的蒸汽用量按下式计算：

W = Q / IH (2 - 23)

式中：W——蒸汽用量 (kg/h)；
Q——所需总热量 (J/h)；
I——在一定压力下蒸汽的含热量 (J/kg)，查有关热工手册；
H——有效利用系数，一般取 0.4 ~ 0.5。

建筑物内部采暖耗热量用下式计算：

Q = Σ FK (Tn - Tv) α (2 - 24)

式中：Q——建筑物内部采暖所需热量 (J/h)；
F——围护结构的表面积 (m²)；
K——围护结构的导热系数 (J/m² · °C · h)，可查阅有关设计手册；
Tn——室内计算温度 (°C)，根据房屋用途确定，Tn = 16 ~ 25 °C；
Tv——室外计算温度 (°C)，按各地规定；
α——考虑门窗缝隙透风的系数，一般情况下 α = 1.3 ~ 2.6，急风吹袭下 α 1.5 ~ 3.0，保温性能好及不易透风的建筑取低值。

蒸汽压力根据供热距离来确定，供热距离在 300m 以内时，蒸汽压力为 30 ~ 50kPa；供热距离在 1000m 以内时，则需 200kPa。

蒸汽压力确定后，可根据式 (2 - 23) 计算出所需的蒸汽用量，然后查阅有关锅炉手册来选定锅炉型号。

八、其它临时设施

在桥梁施工工地，除前述的临时设施外，还有其它一些临时工程设施，如便道、便桥、临时码头、堆料场和通讯设施等。各种临时设施的型号和数量要视工地现场的具体情况来确定，由于这些临时设施的使用期相对较短，因此通常都采用较简易的结构形式。

全部临时工程设施规划设计完成后，应编制临时工程表，具体的内容和格式见表 2 - 17。

表 2 - 17 临时工程表

序号	设置地点	工程名称	说明	单位	数量	工 程 数 量												备 注
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	

第七节 施工总平面图设计

施工总平面图是桥梁工程施工场地的总布置图。它是根据工程的规模、特点和施工现场的条件,按照施工方案和施工进度的要求以及一定的设计原则,对施工过程所需的各种临时设施、动力供应、原材料堆放、场内运输、半成品生产场地等做出合理的规划布置,并用平面图的形式加以表达,用以正确处理桥梁工程在施工期间各种暂设工程与已有建筑物和拟建桥梁工程之间合理的平面和空间位置关系。施工总平面图是针对整体桥梁工程来进行规划设计的,是总体施工组织设计的重要组成部分。

一、施工总平面图设计的依据和原则

(一) 施工总平面图设计的依据

1. 建桥地区的自然条件和技术经济条件。自然条件包括桥位附近的地形、地物、气象、水文及工程地质等资料;技术经济条件包括当地的交通运输、水源、电源、物资资源、生产和生活基地情况。
2. 桥梁工程结构设计的平面图及有关设计资料。
3. 施工进度计划和主要工程的施工方案。
4. 各种材料、半成品的供应计划和运输方式。
5. 各类临时设施的性质、形式、面积和尺寸。
6. 各类临时加工场地的规模和设备数量。

(二) 施工总平面图规划设计的原则

1. 在保证施工能顺利进行的前提下,应尽量减少施工用地,少占农田,使平面布置紧凑合理。
2. 所有临时性建筑和运输、水、电等线路的布置,不得妨碍地面和地下构造物的正常施工。
3. 外购材料应力求直达工地,减少或避免二次搬运;合理布置施工现场的运输道路及各种材料堆场、工作车间、仓库位置、各种机具的位置,尽量使其运距最短,以缩短场内的搬运距离。
4. 充分利用现场原有的设施为施工服务,力争减少临时设施的数量,降低临时设施费用。
5. 施工区域的划分和场地的确定,应符合施工的工艺流程要求,尽量减少专业工种之间和各工程之间的干扰,有利于生产的连续性。
6. 符合环境保护、安全防火和劳动保护的要求,并应考虑避免各种自然灾害侵袭的防护措施。
7. 各种设施应便于工人的生产生活。
8. 应使场地准备工作的费用最省。

二、施工总平面图设计的内容

1. 施工用地范围内的绘有等高线的地形地貌图。一般可采用设计文件中的桥位平面布置图。

2. 一切地上地下已有的房屋、构筑物及其它设施如公路、铁路、车站、码头、运输点及各种电力、供水、通讯管线等的位置和尺寸。

3. 控制测量的放线标桩位置。

4. 一切为工地施工服务的临时设施的位置和尺寸，包括：

(1) 临时便道、便桥，从场外引入的铁路、公路和航道码头。

(2) 机械设备的停放场地和维修车间。

(3) 各种建筑材料、半成品的堆放场地和仓库。

(4) 水源、电源、变压器位置，临时供水管道和供热、供电线路、动力设施。

(5) 施工管理机构、生产和生活设施的位置。

(6) 一切安全、消防设施位置。

三、施工总平面图设计的步骤

1. 收集、分析研究原始资料。

2. 确定混凝土搅拌站和加工场地的位置、尺寸。

3. 考虑仓库的位置，材料和半成品的合理堆放。

4. 场外交通的引入及现场运输道路的布置，临时便道、便桥的位置、长度、标准。

5. 各种临时设施的布置。

6. 临时水电管网及动力设施的布置。

7. 安全、消防设施的布置。

上述布置应采用标准图例绘制在总平面图上，比例一般为 1:1000 ~ 1:2000。

对规模较大的桥梁工程项目，其施工工期往往较长，随着工程的进展，施工现场的地貌总是在不断变化，因此要根据工地的变化情况及时对施工总平面图进行调整和修正，以符合不同时期的需要。

第八节 质量、安全、文明施工和环境保护的措施

一、质量管理和质量保证措施

施工企业的质量管理和质量控制，应根据全面质量管理的基本观点和方法，实施 GB/T 19000 - ISO9000《质量管理和质量保证》系列标准，建立起自身的质量体系，以对工程项目施工的全过程进行质量管理和质量控制。

(一) 质量目标

工程项目施工应达到的质量目标主要有：

1. 工程项目领导班子应坚持全员、全过程质量管理，保持并实现工程项目达到

规定的要求。

2. 应使企业领导和上级主管部门相信工程施工正在实现并能保持所期望的质量,开展内部质量审核和质量保证活动。

3. 开展一系列有系统、有组织的活动,提供证实文件,使建设单位、政府质量监督部门和工程监理单位确信该工程项目能达到预期的目标。

(二) 质量环

根据桥梁工程项目质量形成的全过程,其质量环有以下 8 个阶段:

1. 任务承接;
2. 施工准备;
3. 材料采购;
4. 施工生产;
5. 试验与检验;
6. 功能试验;
7. 竣工交验;
8. 回访与保修。

(三) 质量体系的建立和运行

质量体系是为实施质量管理的组织机构、职责、程序、过程和资源。

质量体系包含一套专门的组织机构,具有保证质量、工期、服务的人力和物力,明确有关部门的职责和权力,以及完成任务的程序和活动。质量体系是一个组织落实、职责明确、有物资保障、有具体工作内容的有机整体。工程项目为了实施质量管理,实现其质量目标,必须建立健全质量体系。

建立质量体系的几项基本的原则性工作为:确定质量环;明确和完善体系结构;质量体系文件化;定期进行质量体系审核与质量体系复审。

1. 建立和完善质量体系的程序

1) 项目领导决策;

2) 编制工作计划(包括培训教育、体系分析、职能分配、文件编制、配备仪器设备等内容);

3) 分层次教育培训,组织学习 GB/T19000 - ISO9000 系列标准和全面质量管理知识;

4) 分析工程项目特点,确定采用哪些质量体系要素和采用程度;

5) 编制质量体系文件(包括法规性文件和见证性文件两类)。

2. 质量体系的运行

质量体系运行是执行质量体系文件、实现质量目标、保持质量体系持续有效和不断优化过程,其有效地运行是依靠体系的组织机构进行组织协调、实施质量监督、开展信息反馈、进行质量体系审核和复审来实现的。

(四) 质量体系要素

质量体系要素是构成质量体系的基本单元,它是产生和形成工程产品的主要因

素。桥梁工程项目施工管理过程一般由 17 个要素构成，见图 2 - 2。

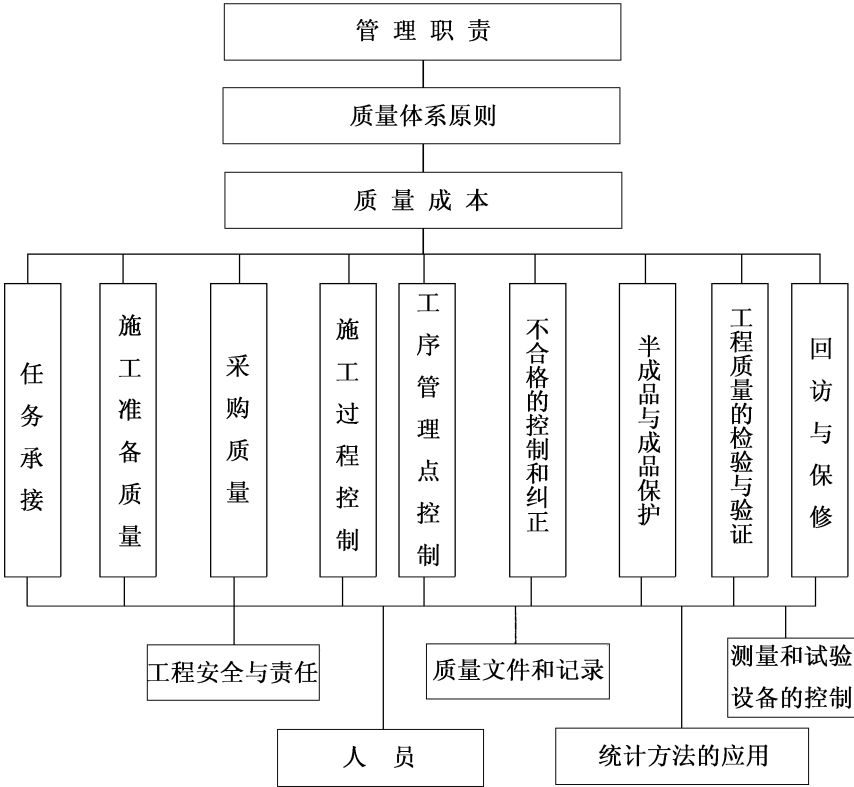


图 2 - 2 质量体系要素构成

（五）质量控制

质量控制是为了确保合同、规范所规定的质量标准，而采取的一系列检测监控的措施、手段和方法。在进行施工项目质量控制过程中，应遵循以下原则：

- 1. 坚持“质量第一，用户至上”。
- 2. 以人为核心，即以工作质量来保证工序质量、促进工程质量。
- 3. 以预防为主。加强对质量的事前、事中控制，以及对工作质量、工序质量和中间产品质量的检查。
- 4. 坚持质量标准，严格检查，一切用数据说话。
- 5. 贯彻科学、公正、守法的职业规范。

施工项目的质量控制是从工序质量到分项工程质量、分部工程质量、单位工程质量的系统控制过程，也是一个由对投入原材料的质量控制开始，直到完成工程质量检验为止的全过程的过程。

影响施工项目质量的因素主要有五大方面：人（Man）、材料（Material）、机械（Machine）、方法（Method）和环境（Environment），即所谓 4M1E。事前对五个方面的

因素严加控制,是保证施工项目质量的关键。

施工项目质量可分为事前控制、过程控制和事后控制三个阶段(亦分别称为初步控制、生产控制、合格控制):

1. 事前质量控制是指在正式施工前进行的质量控制,其控制重点是做好施工准备工作,且施工准备工作要贯穿于施工全过程中。

2. 过程质量控制是指在施工过程中进行的质量控制,其策略是:全面控制施工过程,重点控制工序质量。具体措施有:

- | | |
|------------|--------------|
| ——工序交接有检查; | ——隐蔽工程有验收; |
| ——质量预控有对策; | ——计量器具校正有复校; |
| ——施工项目有方案; | ——设计变更有手续; |
| ——技术措施有交底; | ——钢筋代换有制度; |
| ——图纸会审有记录; | ——质量事故处理有复查。 |
| ——配制材料有试验; | |

行使质控有否决(如发现质量异常、隐蔽工程未经验收、质量问题未处理、擅自变更设计图纸、擅自代换或使用不合格材料、未经资质审查的操作人员无证上岗等,均应予以否决);质量文件有档案(凡与质量有关的技术文件,如水准点、坐标位置,测量放线记录,沉降、变形观测记录,图纸会审记录,材料合格证明、试验报告;技术交底记录,各种施工原始记录、隐蔽工程记录,设计变更记录,竣工图表等都要编目建档)。

3. 事后质量控制是指在完成施工过程形成产品后的质量控制、其具体工作内容有:准备竣工验收资料,组织自检和初步验收;按规定的质量评定标准和办法,对完成的分项、分部工程和单位工程进行质量评定;组织竣工验收。

(六) 质量保证

质量保证是指为了提供足够的信任表明工程能够满足质量要求,而且在质量体系中实施并根据需要进行证实的全部有计划和有系统的活动。质量保证同时包含内部质量保证和外部质量保证两方面的含义。

对工程项目而言,内部质量保证首先必须做好项目质量管理的基础工作,然后在此基础上建立一个完善的质量体系,在质量体系正常有效地运行过程中,不断地向企业管理者(上级领导机构)提供信任所必需的证明。内部质量保证与质量控制均为质量体系的内涵,两者是相互关联的,但质量控制侧重于控制的措施、方法和活动,而内部质量保证则侧重于控制结果的证明和证明的提供。

外部质量保证是在合同环境中,供需双方建立合同关系,这时供方(承包商或施工单位)应建立和保持一个质量体系,合同中规定的质量体系要素应成为供方质量体系的组成部分。在合同期内,供方应向需方(业主或建设单位)和第三方(政府质量监督部门和工程监理单位)提供各种证据,以证明其质量体系符合合同规定的要求并保持有效运行,工程质量处于受控状态并达到了技术规范的要求。只有质量要求全面反映了需方的要求,质量保证才能提供足够的信任。同时在合同环境中,第三方发布的法规中对供方的质量体系要求是强制性的,且在供方的质量管理中处于主导地位。

一般来说,在合同环境下,需方和第三方对供方的外部质量保证都有要求,即供方的质量体系必须符合合同和第三方的要求。但外部质量保证的大部分内容已包括在供方的质量体系之中,亦即企业根据自身的需要建立起来的质量体系在正常情况下应能基本满足外部质量保证的要求。仅当需方提出特殊要求时,供方;才根据需方要求提供有针对性的外部质量保证。

(七) 企业自检系统的建立

施工单位作为工程产品的直接生产者,要依照合同计划完成工程建设的费用、进度和质量要求,在工程建设的质量保证体系中占有重要地位。因此,实行工程质量的企业自检是实现工程建设三大目标的必要条件。

自检系统的建立和完善应以全面质量管理的观点和方法为基础,实施 GB/T19000 ~ ISO9000《质量管理和质量保证》系列标准,建立质量体系,加强质量控制,提供有效的质量保证。

建立自检系统应包括以下几项内容:

1) 配备人员。根据工程规模的大小、工程结构的特点配备相应的称职的质检人员,施工的每一道工序都应由质检人员按照监理工程师规定的程序提供自检报告和试验报表。

2) 配备试验设备。应配备与工程规模和结构特点相适应的试验设备,其类型、规格应符合合同文件中有关试验标准的规定,并应对一些关键设备进行核定。

3) 采用标准、规范化的工作方法,建立和健全标准、规范化的工作制度。

4) 在施工过程中企业自检的主要形式为:生产班组的自检、互检,工序交接检查及专项检查等。

二、安全管理措施

安全管理是为施工项目实现安全生产开展的管理活动。施工现场的安全管理,重点是进行人的不安全行为与物的不安全状态的控制,落实安全管理决策与目标,以消除一切事故、避免事故伤害、减少事故损失为管理目的。

安全生产是施工项目重要的控制目标之一,也是衡量施工项目管理水平的重要标志。搞好施工项目的安全生产,是国家的一项重要政策,是企业的首要职责,也是调动员工积极性的必要条件。没有安全的保障,就没有员工的高度积极性,也就没有施工生产的高效率。因此,施工项目必须把实现安全生产当作组织施工活动时的重要任务。同时,安全技术措施施和安全制度也是编制施工组织设计时一项必不可少的重要内容。

(一) 施工安全管理的范围

预防和杜绝工伤事故,保证施工生产的安全;预防和消灭职业病;保护施工手段和施工对象即施工设施、设备和结构物的安全。

(二) 安全管理的原则

1. 预防为主,综合考虑

要搞好安全管理,应坚持预防为主的原则,防患于未然,着眼于事先控制。从施

工开始,就要将人、财、物综合加以考虑,要有专门机构和人员负责抓安全工作,要相应地安排安全设备和必要的安全设施。

2. 安全管理应贯穿于施工全过程

施工安全问题要贯穿于整个施工全过程,事先要做充分的调查研究,针对现场实际情况,对施工中可能遇到的安全问题和不安全因素加以认真分析,制定施工方案,采取对策措施。

3. 全员管理,安全第一

在安全管理中,要树立安全第一的思想,“生产必须安全,安全为了生产”。必须全企业、全体人员在全过程各阶段自觉地共同努力,保证安全施工。

4. 管生产者必须同时管安全

安全寓于生产之中,并对生产起促进与保证作用。管生产同时管安全,不仅要对各领导人员明确安全管理责任,同时也向一切与生产有关的机构和人员明确业务范围内的安全管理责任。

(三) 安全管理措施

1. 建立安全保证体系

施工项目应设立安全管理机构,工地设立专职安全员,班组设兼职安全员,从而形成一个健全的安全保证体系。

安全管理机构主要负责贯彻执行国家有关安全施工的方针政策、法令、规章制度和上级有关规定,协助领导在“安全第一、预防为主”的方针指导下组织和推动施工中的安全工作。

工地专职安全员的职责是认真贯彻执行上级有关安全施工的规定,推动和组织施工中的安全工作,在业务上接受上一级安全管理部门的领导。

班组兼职安全员协助班组长组织安全活动,进行现场安全检查,模范遵章守纪,对违章作业者进行批评教育,组织学习安全规程、制度及上级颁发的有关文件,指导班组人员正确使用个人防护用品等。

2. 落实安全责任,实施责任管理

根据“全员管理、安全第一”的原则,建立各级人员安全生产责任制,明确规定各级领导、职能部门、工程技术人员和生产工人在施工生产中的安全责任。

3. 强化安全教育与训练

进行安全教育与训练,能增强人的安全生产意识,提高安全生产知识,有效防止人的不安全行为,减少人的失误。安全教育包括知识、技能、意识三个阶段的教育,教育的主要内容有:进行安全思想教育,学习国家劳动保护法规、安全施工管理条例等;进行安全技术、工业卫生的科学知识教育,进行典型经验和事故教训的教育;进行法制教育等。通过教育和训练,不仅要使操作者掌握安全生产知识,而且能正确认真地在作业过程中表现出安全的行为。

4. 安全检查

安全检查是发现不安全行为和不安全状态的重要途径,是消除事故隐患,落实整改措施,防止事故伤害,改善劳动条件的重要方法和措施。

安全检查的形式有普遍检查、专业检查和季节性检查等。

5. 作业标准化

在操作者的不安全行为中, 不知正确的操作方法, 为了干得快而省略必要的操作步骤, 以及坚持自己的操作习惯等原因所占比重很大。因此, 按科学的作业标准规范人的行为, 有利于控制人的不安全行为, 减少人的失误。

6. 施工设计应考虑安全技术的因素, 并对操作者进行交底

各分部、分项工程在施工进行之前, 根据工作的具体情况和结构特点所做的施工设计、操作方案等, 应充分考虑安全因素, 方案应有必要的安全防护措施, 以保证施工过程中的人身、设施设备和结构物的安全。为使操作人员充分理解方案的全部内容, 减少实际操作中的失误, 避免操作时的事故伤害, 要将方案的设计思想、内容和要求等, 向作业人员进行充分交底。

7. 优化安全技术组织措施

包括以改善施工劳动条件、防止伤亡事故等为目的的一切技术措施:

1) 开展以机械化、自动化为中心的技术革新, 积极改进施工工艺和操作方法, 改善劳动环境条件, 减轻劳动强度, 消除危险因素, 保证安全生产。

2) 机械设备应有安全装置。

3) 设置安全设施, 如在施工现场设置安全围栏、防火设施, 坚持使用高空作业的安全网、安全带、安全帽措施等。

8. 建立健全各种切实可行的规章制度

施工安全制度主要有: 安全生产责任制度、安全生产教育制度、安全检查制度、安全技术措施制度、安全交底制度、事故分析和处理制度等。

三、文明施工和环境保护

(一) 文明施工

文明施工是指在施工现场管理中, 要按现代化施工的客观要求, 使施工现场保持良好的施工环境和施工秩序。

文明施工的措施主要有:

1. 组织管理措施

1) 建立健全管理组织机构。施工现场应成立以项目负责人为组长, 生产、技术、质量、安全、消防、保卫、材料、行政卫生等管理人员为成员的文明施工管理组织。

2) 健全管理制度, 包括: 个人岗位责任制、经济责任制、检查制度、奖惩制度、会议制度和各项专业管理制度等。

3) 健全管理资料。

4) 开展竞赛。

5) 加强教育培训工作。

6) 积极推广应用新技术、新工艺、新设备和现代化管理方法, 提高机械化作业程度。

2. 现场管理措施

1) 开展“5S”活动。“5S”活动是指对施工现场各生产要素 (主要是物的要素) 的所处状态不断地进行整理、整顿、清扫、清洁以及员工的培养。

“5S”活动是符合现代化大生产特点的一种科学的管理方法,是提高员工素质、实现文明施工的一项有效措施与手段。

2) 合理定置。是指将全工地施工期间所需要的物在空间上合理布置,实现人与物,人与场所、物与场所、物与物之间的最佳结合,使施工现场秩序化、标准化、规范化,体现文明施工水平。它是现场管理的一项重要内容,是实现文明施工的一项重要措施,是谋求改善施工现场环境的一种科学的管理办法。

3) 目视管理。目视管理就是用眼睛看的管理,亦可称之为“看得见的管理”。它是利用形象直观、色彩适宜的各种视觉感知信息来组织现场施工生产活动,达到提高劳动生产率,保证工程质量,降低工程成本的目的。目视管理是一种简便适用、透明度高、便于员工自主管理、自我控制、科学组织生产的一种有效的管理方式。这种管理方式可以贯穿施工现场管理的各个领域之中,具有其它方式不可替代的作用。其主要内容与形式如下:

(1) 施工现场各项管理制度、操作规程、工作标准、施工现场管理实施细则布告等应用看板、挂板或写后张贴在墙上公布,展示清楚。

(2) 在定置过程中,以清晰的、标准化的视觉显示信息落实定置设计,实现合理定置。

(3) 施工现场的管理岗位责任人采用标牌显示,以更好地落实岗位责任制,激发岗位人员的责任心,并有利于群众监督。

(4) 在施工现场合理利用各种色彩、安全色、安全标志等,并实行标准化管理,有利于生产和员工的安全。

(5) 将施工现场管理的各项检查结果张榜公布。

(二) 施工现场环境保护

环境保护是我国的一项基本国策。施工现场的环境保护,是指按照国家、地方法规和行业、企业要求,采取措施控制施工现场的各种粉尘、废水、废气、固体废弃物以及噪声、振动等对环境的污染和危害。

保护和改善施工环境是保证人们身体健康、消除外部干扰保证施工顺利进行的需要。也是现代化大生产的客观要求。

环境保护的措施一般有以下几条:

1. 实行环保目标责任制。
2. 加强检查和监控工作。
3. 对要保护和改善的施工现场环境,进行综合治理。
4. 要有技术措施,严格执行国家的法律、法规。
5. 制定有效措施防止大气污染、水源污染和噪声污染。

第九节 桥梁总体施工组织设计实例

厦门大桥 (即厦门高集海峡大桥) 位于福建省厦门岛北端高集与集美之间, 横跨高集海峡。全桥由跨海峡主桥、集美立交桥和高崎引道三部分组成。该桥于 1988 年元月正式开工, 主体工程于 1991 年 4 月建成通车, 1994 年获国家建筑工程鲁班奖。以该桥的施工组织设计作为桥梁总体施工组织设计示例。

一、编制说明

厦门高集海峡大桥由交通部第一公路工程总公司 (责任单位) 和交通部第三航务工程局组成的联合体中标承建, 现场施工由交通部第一公路工程总公司厦门工程处和交通部第三航务工程局六公司为主体组成 “厦门高集海峡大桥工程办事处”, 具体组织实施。

由于本桥是国内第一座跨海峡的大型公路桥梁, 工程施工的各种条件比较复杂, 预应力混凝土连续箱梁逐孔现浇的施工技术在国内也是首次采用, 为优质、高效、安全地完成施工任务, 本着 “精心组织、精心施工” 的原则, 编制了本施工组织设计。

本施工组织设计在得到主管局的批准后, 对三个单位工程 (包括桥梁上、下部等分部分项工程) 还应编制更详细的施工组织设计。主桥 17 ~ 29 号墩的钻孔灌注桩基础拟变更为沉入桩基础, 待正式的设计变更图纸提交后, 再编制该部分的分项: 工程施工组织方案。

参加编制本施工组织设计的人员名单略。

二、编制依据

本施工组织设计是依据《厦门高集海峡大桥工程承发包合同》中有关条文和技术要求编制的, 并遵照如下标准和规范:

1. 中华人民共和国交通部部标准《公路桥涵施工技术规范》(JTJ041—89);
2. 中华人民共和国交通部部标准《公路工程质量检验评定标准》(JTJ071—85);
3. 中华人民共和国交通部部标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTJ 023—85);
4. 中华人民共和国交通部部标准《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ024—85);
5. 交通部第一公路工程局《公路工程基本建设施工技术管理制度》(1984 年 11 月)。

三、工程概况

1. 工程规模及结构形成

厦门高集海峡大桥是福州至厦门公路进岛的通道, 大桥位于海峡大堤的东侧, 桥轴线与海峡大堤轴线的夹角为 2.08° , 集美岸桥轴线距大堤公路边缘 155m, 高崎岸为 230m。全桥由海峡主桥、集美立交桥和高崎引道三个单位工程组成。

主桥上部为分离式单箱单室预应力混凝土连续箱梁，分 46 孔等跨布置，每跨 45m。主桥共分 5 联，跨径布置为：从高崎至集美 $8 \times 45\text{m} + 8 \times 45\text{m} + 12 \times 45\text{m} + 10 \times 45\text{m} + 8 \times 45\text{m}$ ，全长 2070.7m。桥面全宽 23.5m，双向 4 车道，中间设 1m 分隔带，两边各 1.5m 宽人行道。桥墩为矩形钢筋混凝土双柱式墩，墩台基础以钻孔桩群桩为主，有摩擦桩和柱桩，高崎岸的 1 号墩和 7 号墩为扩大基础。

集美立交桥由引桥、六座匝道桥和七条引道组成，南接主桥，北连漳厦和福厦两条干线，全桥单线累计长度 3769.81m。引桥与主桥相连、各部构造为预应力混凝土连续板梁（其中三座叉桥为普通钢筋混凝土异形板），跨径 25.5m，共分六联，全长 454.682m，桥宽 21m。匝道桥上部构造为钢筋混凝土空心连续板梁，跨径分别为 20m、16m 和 13m。A 匝道桥为厦门至福州方向，长 125.00m；B 匝道桥为厦门至漳州方向，长 468.99m；C 匝道桥为福州至漳州方向，长 224.21m；D 匝道桥为福州至厦门方向，长 380.86m；E 匝道桥为漳州至厦门方向，长 284.00m；F 辅助道桥为集美至厦门方向，长 81.69m。匝道桥全长 1564.75m。桥墩为单柱或双柱钢筋混凝土圆形墩，基础采用钻孔桩或扩大基础。引道全长 1671m，路基挡土墙 766m，有涵洞 2 道，渡槽 1 道。

高崎引道长 854.5m，宽 23.0m，按一级公路标准设计，与三南公路（319 国道）相连。引道是主桥施工的主要通道和施工场地。九龙江进岛引水渠与路基两次交叉，建桥跨渠或加固水渠为暗涵。填方地段设挡土墙，挖方地段设护坡，有小桥 3 座，人行立交桥 1 座。主要工程数量见表 3 - 180 结构简略结构简图略。

表 2 - 18 主要工程数量表

单位工程	工程项目	单 位	数 量
主 桥	50 号预应力混凝土箱梁 (L = 45m)	m ³ /孔	25073/46
	15 ~ 30 号上部其它混凝土	m ³	2820
	上部钢筋制安	t	3685
	预应力钢绞线	t	976
	盆式橡胶支座	个	204
	沥青混凝土桥面铺装	m ³	37260
	25 号钢筋混凝土 D150 钻孔灌注桩	m ³ /根	6896/256
	钢筋混凝土扩大基础	m ³ /个	266/4
	40 号预应力混凝土 55cm × 55cm 打入桩	m ³ /根	3083/520
	30 号钢筋混凝土承台	m ³ /个	9085/90
	30 号钢筋混凝土墩身	m ³ /个	8028/94
	30 号钢筋混凝土盖梁、垫石	m ³	408
	20 号水下混凝土封底	m ³	7240
	下部制装钢筋	t	2388
	钢便桥	m	360
	海滩汽车便道	万 m ³ /m	13.3/1505
	围水钢套箱	∇个	408/7.5
	土 岛	万 m ³ /个	11.1/21

单位工程	工程项目	单 位	数 量
集美立交桥	40 号预应力混凝土空心板梁	m ³ /孔	5455/35
	30 号匝道及叉桥空心板梁	m ³ /孔	7068/85
	上部预应力钢绞线	t	167
	上部普通钢筋制安	t	2223
	盆式/板式橡胶支座	个	102/204
	沥青混凝土桥面铺装	m ²	17200
	砌石及钢筋混凝土桥台	m ³ /座	1475/6
	20 号钢筋混凝土 D100 及 D150 钻孔桩	m ³ /根	4423/174
	25 号钢筋混凝土扩大基础	m ³ /个	8350/65
	20 号基础垫层	m ³	1806
	30 号钢筋混凝土柱式桥墩	m ³ /根	3180/146
	40 号钢筋混凝土各式墩帽	m ³ /个	658/120
	下部钢筋制安	t	1401
	引道路基土石方	m ³	10492
	引道砌石挡土墙	m ³	1656
	引道 25 ~ 30 号钢筋混凝土挡土墙及桩基	m ³	1026
	引道沥青混凝土路面（带灰土基层）	m ³	7784
	引道石台盖板涵	m/座	41/2
	便道 25 号钢筋混凝土渡槽	m/座	24/1
	便道土石方	m ³ /m	28000/1300
	筑岛	m ³	23000
	钢便桥	m/座	21/1
高崎引道	路基土石方	m ³	39209
	5 ~ 10 号浆砌挡墙、护坡、水沟	m ³	11901
	沥青混凝土路面（带灰上层）	m ²	17047
	40 号水泥混凝土路面	m ²	3350
	石台钢筋混凝土盖板涵	m/座	23/1
	25 号钢筋混凝土小桥	m/座	41/3
	25 号钢筋混凝土人行立交桥	m/座	40.4/1
	水渠加固	m	220
	构造物钢筋制安	t	119
	钢筋混凝土盖板桥（临时工程）	m/座	14/2
	便道	m	500

2. 技术指标

- 1) 公路等级：一级；
- 2) 设计荷载：汽车超 20 级，挂车 – 120，人群——3.50kN/m²；
- 3) 设计车速：主桥为 80km/h；匝道桥为 40km/h；
- 4) 弯道半径：匝道桥中心线最小平曲线半径为 55m；
- 5) 桥面纵坡：主桥——0.3%，双向设置，变坡点设在主桥中心 24 号墩顶，以

半径 $R = 1.8 \times 105\text{m}$ 竖曲线连接。

集美立交——最小纵坡 0.3%，最大纵坡 5%。

6) 桥面横坡：行车道——直线段 1.5%，曲线段最大超高 3%；

。人行道——1% 向内倾斜。

7) 地震烈度：按 8 度验算和设防。

3. 自然条件

1) 水文

(1) 潮位 厦门地区属正规的半日潮，潮差约 4 ~ 5m，历年最大潮差达 6.92m (1933 年 12 月 22 日)。

历年最高潮位：+ 7.78m (1933 年 12 月 22 日)

历年最低潮位：- 0.06m (1921 年 2 月 24 日)

设计高潮位：+ 8.22m (1/300H)

设计低潮位：+ 0.167m (90% H)

平均高潮位：+ 5.75m

平均低潮位：+ 1.59m

注：标高系统是以厦门海关零点作基面，厦门基面同黄海水准基面的关系为：

$$y = z + 3.242\text{m} \quad (2-25)$$

式中：y——厦门高程 (m)；

z——黄海高程 (m)。

(2) 波浪高 本桥设计波浪高为 2.08m。

(3) 海蚀 海水中含食木虫及蛎螺等壳虫，对木材和钢材均有侵蚀作用。海水中的硫酸盐和氯化物对钢材和混凝土均有腐蚀作用。

2) 气候

厦门地区气候温和，属亚热带海洋气候。

(1) 气温

年平均气温：20.9℃

最高月平均气温：28.3℃ (一般为七、八月)

最低月平均气温：12.6℃ (一般为一、二月)

极端最高气温：38.5℃ (1979 年 8 月 15 日)

极端最低气温：2.0℃ (1957 年 2 月 12 日)

(2) 风力 多东北风，3 ~ 4 级，最大 8 ~ 9 级。5 ~ 8 月间常有较强的东南风或西南风，平均 3 ~ 4 级，最大 7 ~ 8 级。全年 6 级以上的大风有 15 ~ 53d，平均 30d 左右。7 ~ 9 月为台风季节，一般可达 11 级，瞬时风速 60m/s。平均每年遭受 5 ~ 6 次台风直接或间接影响。

(3) 降雨量

年平均降雨量：1143.5mm

年最大降雨量：1771.8mm (1973 年)

月最大降雨量：702.0mm (1958 年 7 月)

日最大降雨量: 239.7mm (1973 年 4 月 23 日)

全年平均雨天为 122.8d, 晴天 115.4d。连续阴天最长日数为 18d。2~8 月为雨季, 其中 5~7 月降雨最多, 月最高降雨天数多达 17d, 9 月至翌年 1 月为旱季。

(4) 雾日 每年 1~6 月有雾, 以 3~4 月为最多, 多发生在夜间和早晨, 持续时间短, 日出即散。历年平均雾日 13.5d, 最多雾日为 26d。

(5) 湿度 每年 3~9 月比较潮湿, 平均相对湿度为 81.2%, 10 月至翌年 2 月比较干燥, 平均相对湿度为 71.8%, 多年平均湿度为 77%。

3) 地质

高集海峡属花岗斑岩区, 风化程度不一, 岩向起伏较大, 具有明显的挤压面和压扭性特征。后期的热液细脉极为发育, 加上海水长期渗透浸泡, 造成构造带岩石的强烈风化。高崎侧岩石埋得较浅, 部分地区有岩石露头; 集美侧岩石埋得较深, 约 20~40m。从地质钻探资料分析, 桥位处地层构造大致分为沉积层、残积层、基岩。

4. 社会经济条件

厦门是我国东南沿海最早建立的四大经济特区之一, 商品经济发达。同时厦门还是国内外著名的旅游城市, 称为“海上花园”, 经济的繁荣和发展, 进一步促进旅游业的兴旺。由于这些条件, 使得厦门的交通和通讯均较方便, 陆路有福厦和漳厦公路及鹰厦铁路; 海运和航空方面, 高崎国际机场和东渡港一期工程 4 个深水泊位已相继建成投入使用, 每周有数十个航空班次通往国内外, 及直达港澳和国内外港口的客货船队; 在通讯方面, 已建成万门程控电话和 960 路微波通讯设施。

本工程所需的砂、石材料均能在当地采购。石料多为花岗岩, 砂为漳州九龙江的天然河砂, 质量较好, 且运距均在 30km 以内。水泥可在福建省境内采购, 粉煤灰可用福建永安火电厂的尾灰, 其陆运的运距不超过 300km。钢材可从江西、上海等地采购, 陆运或海运至厦门, 或从国外直接海运至厦门港。

5. 现场条件

因本桥在高崎端穿过人口稠密的居民区, 其东侧又紧靠盐业码头; 集美端则位于福厦、漳厦公路和鹰厦铁路的交汇处, 且有杏林湾水库及其排洪沟、集美火车站和集美汽车站, 还有厦门岛赖以生存的九龙江北溪引水渠和蓄水池等供水设施等等; 主桥跨越主航道部分海滩有海产品养殖场。因此所能提供的施工场地非常有限, 施工过程中必须不断调整临时用地, 一地多用, 方能满足施工的需要。

水电的供应基本能满足施工需要, 水可直接采用当地的自来水设施; 电可利用当地电网安装变压器。

6. 工程施工特点

1) 本工程为海上的大型桥梁, 每年 7、9 月为台风季节, 施工必然要受到台风的影响。因此必须有防台风的措施。

2) 本工程地质情况较复杂, 岩面起伏大, 岩质坚硬, 有些墩位处还夹有球状风化。岩石天然状态下的极限抗压强度可达 $134 \sim 234 \text{MP}_a$, 饱和状态下的极限抗压强度达 $104 \sim 187 \text{MP}_a$ 。因此钻孔桩成孔会比较困难。

3) 桥位处受潮位涨落的影响, 潮差 4~5m, 最大潮差达 6.92m, 潮位的变化将给

施工带来很多不利因素,水中基础施工的难度较大。

4) 本工程的施工重点在主桥。主航道内来往船只较多,会给基础的水上施工带来干扰。而主桥的重点在下部,下部工程能否按计划施工,是实现总体施工计划的关键。

5) 集美立交桥大部分位于水中,且处在福厦、漳厦公路和鹰厦铁路交汇处,各种市政管线设施、电力和通讯设施均对施工干扰极大,所以该部分工程的施工方案要经充分论证、综合比较后确定。

6) 海水的腐蚀作用,会使钢质临时施工设施和钢板桩等加速腐蚀,施工中对此要引起足够重视。

四、施工准备工作及临时设施规划

(一) 生产生活和加工场地规划

1. 高崎岸

高崎引道既是主桥箱梁滑模施工的拼装场地,也是主桥高崎端施工时的生活、生产和加工场地,及时开通是主桥开工的前提条件。

1) 计划劳动力 350 人,约 250 人在现场,要搭盖临时建筑共 1740m^2 ,其中 $30\text{m} \times 6\text{m}$ 的 5 座、 $20\text{m} \times 6\text{m}$ 的 7 座,布置在路基 $K0+350 \sim K0+650$ 地段一侧和原高炮阵地上。其余人员仍住在原基地,由交通车接送上下班。

2) 木工制作模板加工车间,布置在路基 $K0+650$ 、 $K0+800$ 地段一侧,搭盖 $30\text{m} \times 6\text{m}$ 的工棚一座。

3) 钢筋加工及堆放场地布置在路基 $K0+150 \sim K0+350$ 地段,搭盖料库和钢筋加工车间 $30\text{m} \times 6\text{m}$ 各一座。

4) 路基 $K0+800 \sim K1+000$ 地段,为箱梁滑模拼装、改制场地。主桥开工三个月后,滑模被移上桥墩,该段小桥也将建成,此后,改为机械设备的停置场地,搭盖 $30\text{m} \times 6\text{m}$ 机房一座,

5) 在桥头西侧填海滩 3000m^2 ,作为钢筋笼和护筒的堆放场地,搭盖 $30\text{m} \times 6\text{m}$ 料库一座,

6) 铁件加工在基地修理厂进行,不另安排场地。

该端共搭盖临时工棚 2400m^2 。

2. 集美端

施工区既是交通要道,又是旅游区,场地较为紧张,所以集美端的生活、生产加工场地上要满足集美立交桥的施工需要,布置较分散。

1) 计划劳动力 500 人,需搭设临时工棚 $30\text{m} \times 6\text{m}$ 的 10 座和 $20\text{m} \times 6\text{m}$ 的 10 座,共计 3000m^2 ,主要布置在立交桥福州方向建筑公司院内和立交桥漳州方向杏林海堤东侧条形绿化带南端。该绿化带长 250m,宽 25m,约 6000m^2 。

2) 混凝土搅拌站设在杏林海堤东侧条形绿化带北端,需搭盖水泥库和料库 ($30\text{m} \times 6\text{m}$) 各一座。

3) 模板制作车间和钢筋加工车间布置在水电渠道西侧绿化带上,长 300m,宽

10m 左右, 约 3000m²。租用场地, 利用围墙与公路分隔, 搭盖工棚 (30m × 6m) 2 座。

4) 主桥北端桥头西侧, 原集美停车场内, 约 3000m², 租用为机械维修、停置场地, 搭盖 30m × 6m 工棚一座, 作为修理间和料库。

(二) 三通一平

1. 施工便道

除集美立交桥桥位处交通方便外 (主桥桥位可利用水运), 桥头岛崎端和高崎引道交通运输均困难。线路与福厦公路相距 230m 左右, 中间夹高崎村建筑群。

1) 高崎引道是主桥施工设备、材料的运输通道, 需修建三条便道沟通福厦公路与引道的交通联系: 一条利用原高炮阵地便道进大桥办事处, 通大桥桥头, 需修整路基和加铺路面, 长约 250m; 另二条由引道 K0 + 900 左侧边坡伸向海滩至 8 号桥墩处 (距桥中线 21.25m), 宽 4.5m, 长约 430m, 有跨引水渠小桥一座; 第三条设在引道 K0 + 320 处与福厦公路连接, 长 200m, 宽 7.5m, 是施工机具、设备、材料运输的主要通道, 顺引道路基至桥头, 有跨引水渠小桥 2 座。

2) 在主桥集美端海滩, 平行引桥轴线方向要修建 2 条用于 MT - 150 钻机进点和混凝土运输车辆的施工便道。一条由水闸西侧的停车场顺排水沟和主桥轴线西侧伸至 17 号墩位, 便道长 1250m; 另一条由水闸东侧的驳岸顺桥轴线东侧海滩伸至 42 号墩位, 长 225m。两条便道均宽 4.5m, 距桥轴线约 20m。

3) 为便于水上运输, 需要修建 5 座临时码头, 其中 3 座建在主桥海滩的 3 条便道端部, 用条石砌成, 1:2 斜坡踏步式; 另 2 座建在集美立交桥的杏林湾内福州方向的引桥桥位附近和漳州方向的引桥桥位附近, 因此处无潮汐影响, 用条石砌成直墙式。

2. 施工用电

1) 大桥施工所用大型机具较多, 耗电量较大, 且主桥长 2070m, 输电线路长, 需在两桥头的高崎原高炮阵地和集美海堤端的停车场内设立 500kW 的变压器及其高、低压配电房, 再由配电房顺海滩便道埋设电杆引至主桥中部。主航道段采用电缆顺便桥引至各墩位, 并在 23 号墩附近安装 192 发电机一台。集美端变电配电房主要供应集美立交桥及部分主桥施工用电, 顺水渠两侧将线路引至各施工点。因主桥施工由高崎向集美方向推进, 所以上桥施工用电以高崎端变压配电房供给为主。

2) 因集美海堤端变压配电房既要供应主桥部分施工用电, 又要供应立交桥施工用电。负荷较大, 且杏林海堤上又安装有混凝土搅拌供应站, 用电也大, 故在混凝土搅拌站附近再安装一台 200kW 变压器及其高、低压配电房, 以保证搅拌站的用电和补充一部分立交桥的施工用电, 并顺漳州、福州引桥方向引至建筑公司院内场地。

3. 施工用水

在主桥两桥头的高崎岸临建区和集美海堤头的停车场内设立供水水源闸阀, 所有施工和生活用水均由两闸阀接出。要求水源闸阀的水压不得小于 0.2MPa, 高峰小时用水量为 36m³/h, 总用水量高崎端为 200m³/d, 集美端为 300m³/d。

为绝对保证施工用水不致中断, 需在主桥的两桥附近的最高位置和杏林堤头的混

凝土搅拌站附近，建立三个各 100m^3 的储水池。

4. 临时用地及其平整

除高崎引道用地需待路基完成后才能安排外，杏林海堤东侧也需要稍加平整。其他租用的临时用地只需将旧建筑拆迁，稍加平整即可供使用。

所有临时生活、生产用地中，除利用部分大桥红线内的征地外，还需临时征地约 1.44 公顷。

(三) 试验室的设立

试验室设在集美端的生产区内，建筑面积 200m^2 ，包括办公、混凝土试验、土工试验、沥青混凝土试验等用房，配备能满足工程需要的试验检测设备。

(四) 测量控制网布置

设计单位提供了桥南、桥北、亭 C、堤 A、堤 B 等 5 个平面控制点，需增设高崎引道段 D、E、F 三个控制点和集美立交桥 P、Q、R 三个控制点，均由设计单位提供的平面控制点引测获得。主桥平面控制网见图 2-3。

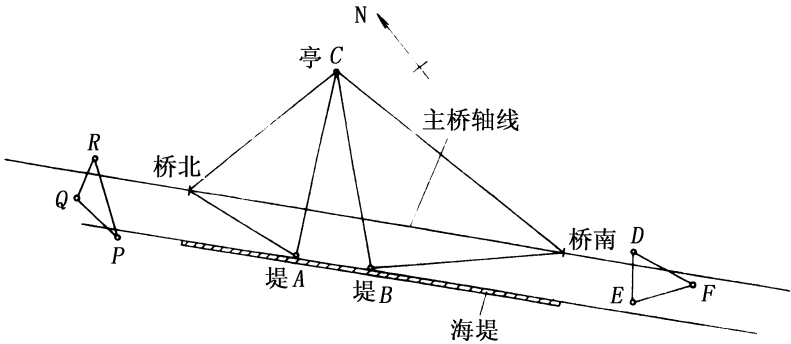


图 2-3 主桥平面控制网示意

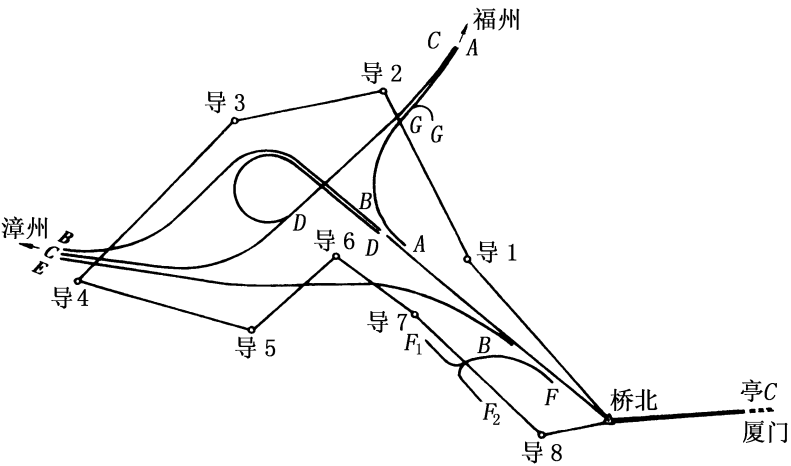


图 2-4 立交桥路线及平面控制

由于集美立交桥地处建筑物密集、交通干扰极大的闹市区，而且立交桥路线大多位于杏林湾水库中，布设较理想的控制网图形极为困难。经方案比较，采用闭合导线较为适宜。立交桥路线及平面控制见图 2-4。

勘测中已分别在桥南和桥北各埋设了 2 个高程控制点，可以满足主桥和立交桥施工和高程测量的需要，故直接使用这 2 处水准点，不再另设。

五、主要工程项目的施工方案

(一) 主桥下部施工

1. 基础施工

主桥计有 47 个墩（台），按各墩（台）的水文地质情况分别按不同形式施工。

1) 1 号台和 7 号墩，设计为浅埋扩大基础，基础置于中风化或微风化的岩层上，风化带浅基岩覆盖层薄，且受潮水影响较小，故施工采用筑岛围堰挡潮，明挖基坑。施工顺序为：施工围堰→开挖基坑→抽水→安装模板→绑扎钢筋→浇筑混凝土。

2) 2 号~6 号、8 号、30 号~47 号墩设计为钻孔灌注桩基础，该段海床泥面较高，风化层较厚，施工方法为：配合便道的填筑扩建墩位处的砂岛，在砂岛上采用 MT-150 型钻机全护筒钻孔和灌注混凝土。先用抓锤清除岩层表面覆盖层，再用冲锤冲碎岩层，抓锤清渣。钻孔桩完成后，打钢板桩围堰，抽水浇筑承台（见图 2-5）。

施工顺序为：筑岛→钻孔桩施工→钢板桩围堰→水中开挖基坑→封底→抽水→安装模板→绑扎钢筋→浇筑混凝土。

3) 9 号~16 号墩处岩面起伏大，水深，设计的钻孔灌注桩要求嵌岩。考虑使用 MT 型钻机重量较大，且筑岛做围堰较困难，决定使用钢管桩搭设施工平台，轻型钻机施钻，钻孔桩完成后，利用平台吊装钢套箱就位，封底后抽水进行承台施工。具体的施工方法如下：

(1) 沉入钢管桩作为施工平台的支撑，用贝雷梁片组成平台骨架，上铺方木形成平台。

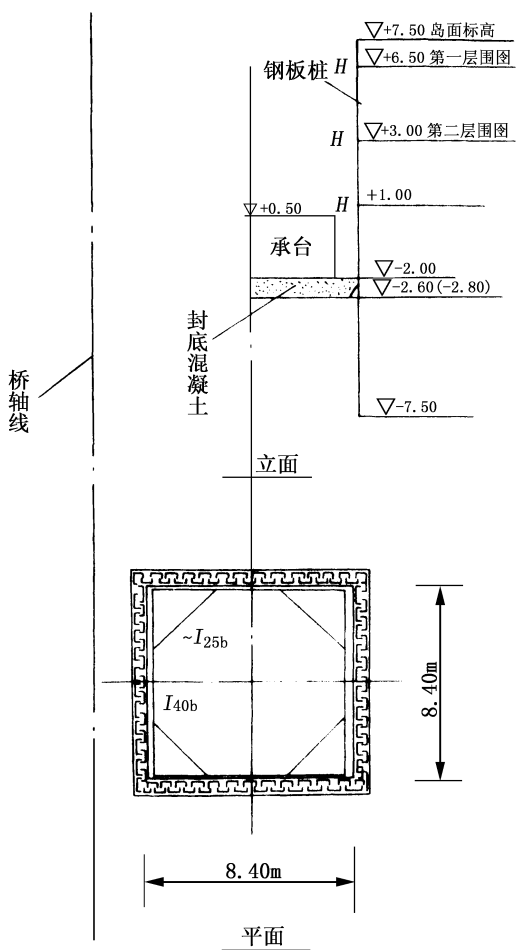


图 2-5 钢板桩围堰示意

(2) 沉桩之前, 为保证桩位准确和施工承台时减少挖基数量, 对墩位处的海床进行处理。9 号和 16 号墩位处海床较高, 挖至 -3.0m 标高, 10 号~14 号墩位处海床较低, 抛填海砂至 -3.0m 标高, 15 号墩位处可不填不挖, 在各墩位处形成面积为 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 、标高为 -3.0m 的平台。

(3) 在平台上先插打钢筋混凝土管桩, 作为钻孔桩施工的护筒。使用定位架, 保证定位准确。

(4) 安装钻孔设备, 进行钻孔。淤泥质覆盖层用抓斗清除, 岩层用轻型冲击钻机成孔, 抓斗清除岩渣 (图 2-6)。

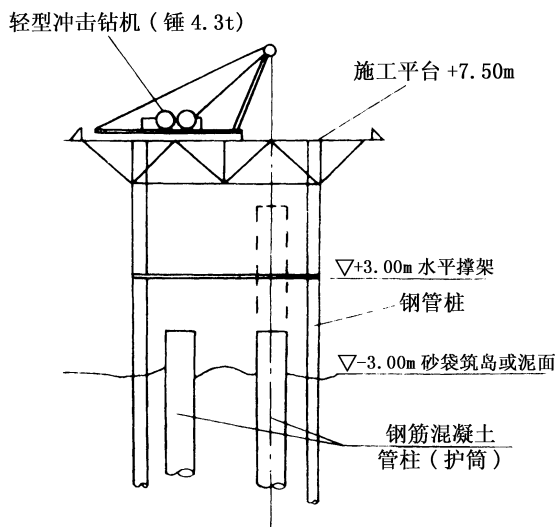


图 2-6 施工平台及钻孔示意

(5) 钻孔桩完成之后, 利用平台沉放钢套箱, 将钢套箱内泥面整平后, 灌注封底混凝土。封底厚度及与桩周摩阻力须经计算确定, 以满足抽水后整个套箱的抗浮要求。

(6) 抽水并凿平封底混凝土表面, 清理后进“钢筋和模板施工, 最后进行混凝土的浇筑。

施工顺序: 填 (挖) 海床 → 沉钢管桩 → 搭设平台 → 施工钻孔灌注桩 → 沉放钢套箱 → 浇注封底混凝土 → 抽水 → 安装模板 → 承台混凝土施工。

4) 17 号~29 号墩处岩层较厚, 大部分为粗砂或花岗岩强风化层, 原设计为钻孔灌注桩, 拟改为沉入桩基础。直接用打桩船海上施工, 并吊装钢套箱。由于套箱下沉困难, 故先用挖泥船开挖基槽。施工顺序为: 开挖基槽 → 沉桩 → 安放套箱 → 基底挖泥整平 → 浇注封底混凝土 → 抽水 → 立模绑扎钢筋 → 浇筑承台混凝土。

2. 墩身施工

承台混凝土达到规定强度要求后, 即进行墩身混凝土施工。墩身分上下两节施工, 上节高度 6.0m , 下节随墩高变化而定。施工顺序: 下节钢筋绑扎 → 下节模板安

装→下节混凝土浇筑→上节钢筋绑扎→上节模板安装→上节混凝土浇筑。

(二) 主桥上部施工

本桥上部为等跨径、等截面预应力混凝土连续箱梁, 跨径 45m, 全桥共分 5 联 ($8 \times 45\text{m} + 8 \times 45\text{m} + 12 \times 45\text{m} + 10 \times 45\text{m} + 8 \times 45\text{m}$)。每跨 (单幅, 包括横隔梁) 混凝土数量约 272.5m^3 、全桥共约 25073m^3 混凝土, 每延米梁重约 1461kN。混凝土标号为 50 号。

预应力体系: 设计采用瑞士 VSL 后张预应力体系, 计划后期使用国产预应力体系 (约占 $2/3$)。钢绞线直径 12.9mm, 截面 $A: 100\text{mm}^2$, 标准强度为 1860MPa。

主桥箱梁采用滑移式钢梁模架 (简称滑模) 施工, 一般每孔施工周期为两星期。共用两套滑模, 在第一套完成两孔箱梁后, 第二套开始浇筑第一孔混凝土, 以后同时逐孔前进。每套滑模重约 497t, 移至下一孔约需半天。钢梁模架可以由墩顶直接滑移过去, 但千斤顶托架、垫座和大横梁、立柱以及底板需采用其它方式运至下一孔, 尤其底板, 要从水面上运输和拆装, 最大块件重约 7t。

1. 滑模的拼装、运行和拆除

(1) 拼装

滑模的拼装工作拟在高崎岸一侧的引道上进行, 拼装场地长 60m, 宽 30m。拼装前安装若干组滑橇, 用作钢梁在拼装过程中向前滑移的支承。安装滑橇需浇筑混凝土基础并设置用于固定滑橇的预埋件。

滑模的拼装顺序为: 承重钢梁连接→外侧模框架及附属部件→底模框架→外侧、底模板→内模。

(2) 运行

滑模在使用过程中主要包括滑移、就位、安装底模、调整和升梁、内模转移就位、落梁和拆除底模等几个主要环节。

(3) 拆除

滑模的拆除是拼装的倒序, 由于地形的限制, 为不影响整体进度, 引桥需留出 2 孔位置暂不施工, 其空间供拆除滑模使用。整个场地约长 45m, 宽 20m, 靠水电沟的钢梁模架位于水上。

2. 混凝土工程

1) 配合比

由试验室经试验确定, 应满足以下要求:

- (1) 坍落度 $8 \sim 12\text{cm}$, 要有良好的工作性, 以满足泵送要求;
- (2) 早期强度增长快, 要求 3d 强度达到设计强度的 80% 即 40MPa;
- (3) 为保证耐久性, 水灰比宜小于 0.35;
- (4) 初凝时间不能太长。

2) 混凝土浇筑

混凝土浇筑均为泵送, 泵车置于已完箱梁的桥面上, 利用接长的输送管道输送。每联第一孔从箱梁始端开始向前推进, 其余各孔均从前端向后浇筑, 最后与已浇段合拢。浇筑顺序为: 底板先行, 两侧腹板斜向分层同步跟进, 顶板稍后浇筑, 最后抹面

养生。

3. 预应力工程

1) 钢束布置

预应力钢束均布置在箱梁腹板内，全断面共有 12 束。每孔箱梁浇筑完混凝土，其强度达到设计强度的 80% 之后，12 束主钢束一次张拉完。钢束均为一端张拉。在工作缝处，下一孔的钢束借助连接器与前一孔已张拉的钢束进行连接，使主钢束全联贯通。

由于滑模模架的后吊点位于箱梁的悬臂端，施工时此吊点的最大压力达 4800kN，因此在邻近腹板顶面的顶板中增设 4 束水平预应力施工束，以抵抗由于模架后吊点反力作用产生在墩顶处的最大负弯矩。

钢束布置见图 2-7。

2) 预应力钢束技术指标及主要材料数量

钢束技术指标见表 2-19，主要材料用量见表 2-20。

表 2-19 预应力钢束技术指标

项 目	类 型 单位	12-22	13-22
连接器或锚具型号		QML12-22 (VSLK5-22)	QM12-12 (VSLE ₅ -12)
钢纹线极限强度	MPa	1960	1960
控制张拉应力	MPa	1302	1302
断裂荷载	kN	4051	2210
控制张拉力	kN	2835.8	1546.8
管道直径 d/d _i	mm	85/93	65/72
管道面积	mm ²	5675	3310
单根钢纹线公称直径	mm	12.9	12.9
每束钢纹线截面积	mm ²	2200	1200
弹性模量	MPa	1.95 × 10 ⁵	1.95 × 10 ⁵
管道摩阻系数 μ		0.2	0.2
管偏偏差系数	1/m	0.001	0.001
锚具种类		QM(Ec)QM(K)H	QM(Ec)H
锚头摩阻损失	%	3.0	2.5
张拉千斤顶型号		SA522/ZPE460	SA512/St12
千斤顶活塞面积	cm ²	804	309.4
千斤顶活塞行程	mm	100	100
千斤顶内摩阻损失	%	1.0	1.0

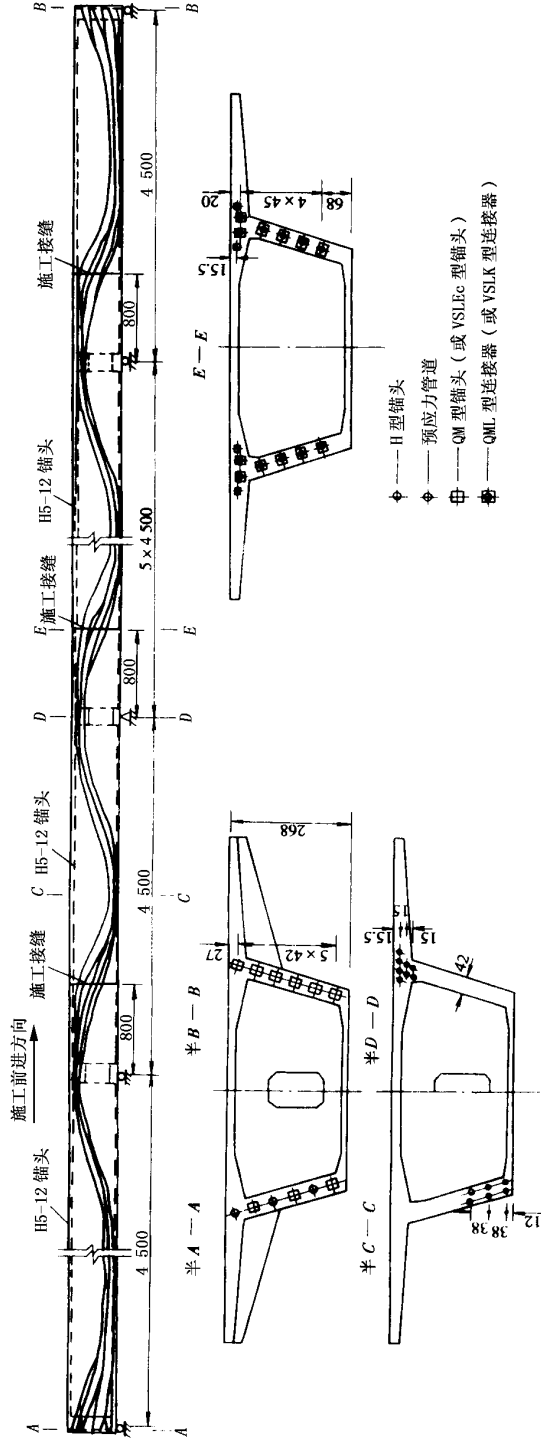


表 2-20 主桥箱梁主要材料数量

项目	50 号 混凝土 (m^3)	钢筋 (t)	钢绞线 (t)	金属波纹管道 (m)		预应力锚具(套)							
				$\Phi 85/92$	$\Phi 65/72$	WSL Ec 5-22	QM 12-22	VSL Ec 5-12	QM 12-22	H5- 22	H5- 22	VSL K5-22	QML 12-22
数量	25073	3252	976.4	49903	10004	72	108	112	216	60	328	336	648
						180		328				984	

3) 施工设备及施工点

本桥使用 VSL 预应力成套设备, 包括制管机、穿束机、固端锚头压花机、挤压机、张拉千斤顶、张拉用高压油泵、压浆机等。

预应力施工按以下程序进行: 准备工作→安装管道和锚头垫板→穿束→制作锚固头, 安装连接器→浇筑混凝土, 养生→施加预应力→压浆。

规范要求预应力张拉采用张拉力和伸长量双控制, 张拉到设计拉力时, 钢束的实际伸长与理论伸长比较, 其差值控制在 10% 以内 (现规范为 6%, 编者注)。

预应力钢束张拉程序为:

0— $0.25\sigma_k$ (初应力)—分级张拉— σ_k (必要时超张拉至 $1.05\sigma_k$)。分级张拉时逐级量测钢束伸长量。

4. 工作缝

1) 箱梁沿桥纵向每次全断面浇筑一孔, 在约 0.2L 处设一道横向工作缝, 本桥箱梁的工作缝设在距后方桥墩支座中心线 8m 处, 即每孔箱梁浇筑均有 8m 的悬臂段 (末孔除外)。

2) 因各联箱梁均先浇筑箱体以内部分, 而伸缩缝下的翼缘板有加厚部分, 此处也设工作缝, 主体施工完后再进行加厚部分施工。

3) 为满足支座的支承要求及方便拉出内模, 桥墩处的中横隔梁也设工作缝, 内模前移后, 再浇横隔梁混凝土。

5. 预拱度

影响预拱度的主要因素有:

1) 滑模钢梁由于新浇混凝土重力而产生挠度, 其刚度又受新浇混凝土初凝的影响;

2) 内模重量;

3) 支点沉降;

4) 混凝土箱梁产生的弹塑性变形, 包括后支点反力的影响。

根据以上主要因素计算出预拱度的理论值。在实际施工中, 须监测滑模钢梁的挠度和混凝土箱梁的挠度变化情况, 以验证预拱度设置的准确性, 取得经验数值, 来校正计算值。监测的内容包括:

①滑模在装上底模板后自重作用下的挠度;

②内模和钢筋重力作用下的挠度;

- ③浇筑混凝土过程中钢梁的挠度变化；
- ④混凝土箱梁在预应力作用下的挠度。

6. 支座安装

本桥采用的支座有三种：ZX－700、ZX－300 纵向活动支座和 GD－700 固定支座。由于箱梁联长度最短为 360m（8 孔），最长为 540m（12 孔），每联的施工时间需 4～6 个月，在施工期内，各支座的上下部分相对位移值变化较大。为使各支座从安装到以后长期使用，其上下部分的相对位移值均在允许值内，要根据施工情况综合考虑混凝土箱梁的徐变收缩、弹塑性变形、温度、环境条件、相对湿度以及施工过程中箱梁的临时固定和体系转换等因素的影响。进行详细计算，求出各支座在安装时的纵向预偏值，使得混凝土的收缩徐变全部完成后，在平均气温时支座的上下座板中心能重合，以满足使用要求。

施工如有变化，实际的施工日期与计划进度的日期差别较大时，要及时调整预偏值。

7. 滑模施工工艺流程

滑模施工布置见图 2－8，工艺流程见图 2－9。

（三）集美互通立交桥下部施工

桥位范围内的地形、地貌，经以往的人工改造，大致分为水陆两个台阶。水中地面高程有＋2.0m（蓄水池）、±0.0m（水电沟）、－2.0m（杏林湾）三个小梯级。陆地主要是水域周围的道路和堤坝，高程＋6.0～＋8.0m。桥位范围深层基岩同为燕山期花岗斑岩，岩面倾斜起伏很大，对基础施工影响较大。

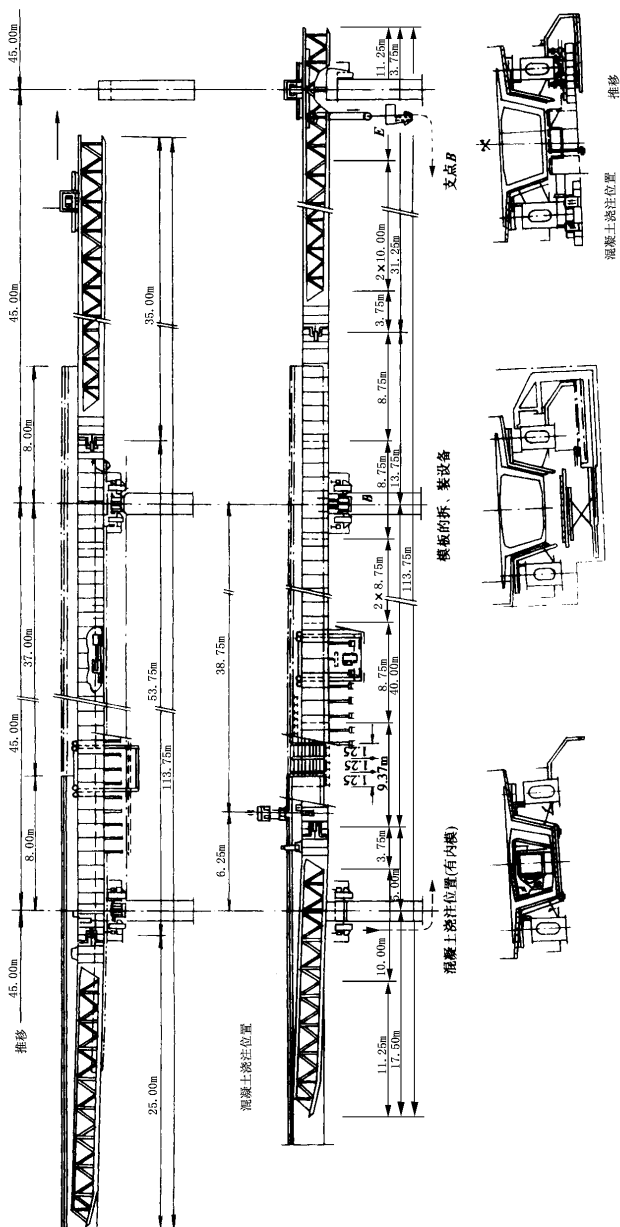
主要工程项目下部构造分布情况如表 2－21 所列。本桥工程短，120 个墩台按工期 30 个月计算，平均每月需完成 4 个，难点在于 98 个水中墩的施工。

表 2－21 集美立交桥下部构造主要工程分布情况

桥名	墩台数		基础（个）					钻孔桩（根）			承台（个）	墩柱（根）				桥台		墩台帽（个）		备注
	墩	台	总数	水中扩大基础	水中桩基础	陆上扩大基础	陆上桩基础	总数	D150	D100		总数	D180	D160	D140	重力式	轻型台	墩帽	台帽	
引桥	39		39	31	1		8	36	36		9	68	15	43	10			42		
匝 A	5	1	6	3		1	2	4	4		2	5	3		2	1		5	1	
匝 B	23	1	24	5	18		1	58	18	40	19	23	20		3		1	23	1	
匝 D	12	2	14	13	1			4		4	1	13			13	1	1	13	2	
匝 C	21		21	7	14			48	8	40	14	21	18		3			21		
匝 E	13	1	14	3		3	8	24	8	16	8	13	3		10	1		13	1	
匝 F	3	1	4	3		1						3	3			1		3	1	
Σ	116	6	122	64	34	5	19	174	74	100	53	146	62	43	41	4	2	120	6	

注 1. 水中扩大基础厚 1.6m，成批出现的尺寸有 7.5m×7.5m、7.5m×5.0m、6.0m×6.0m、6.0m×4.5m 等四种；四个叉桥墩基础为 7.5m×12.0m、6.0m×2.0m、6.0m×10.2m、6.0m×9.0m。

2. 承台尺寸有五种：6.5m×6.5m×2.5m、6.5m×2.8m×2.5m、5.5m×5.5m×2.55、4.5m×4.5m×2.0m、7.0m×4.5m×2.0m3。混凝土强度 MPa 值：垫层 20、基础和桩 25、承台和墩身 30、墩帽 40。



滑模总重力：7500kN（包括模板）

当跨径 55m 时允许的每延米使用荷载：150kN/m

最大支承力：

——中间支点 B：10200kN

——滑动支架前导梁 A：35t

——上部构造的悬臂端 D：540t

最大挠度 1/500

最大单位重 E：26t

需要的净空截面：见横截面 12.5m×6.3m 连接电源 60kW

图 2-8 滑模施工布置图

1. 陆上扩大基础墩台

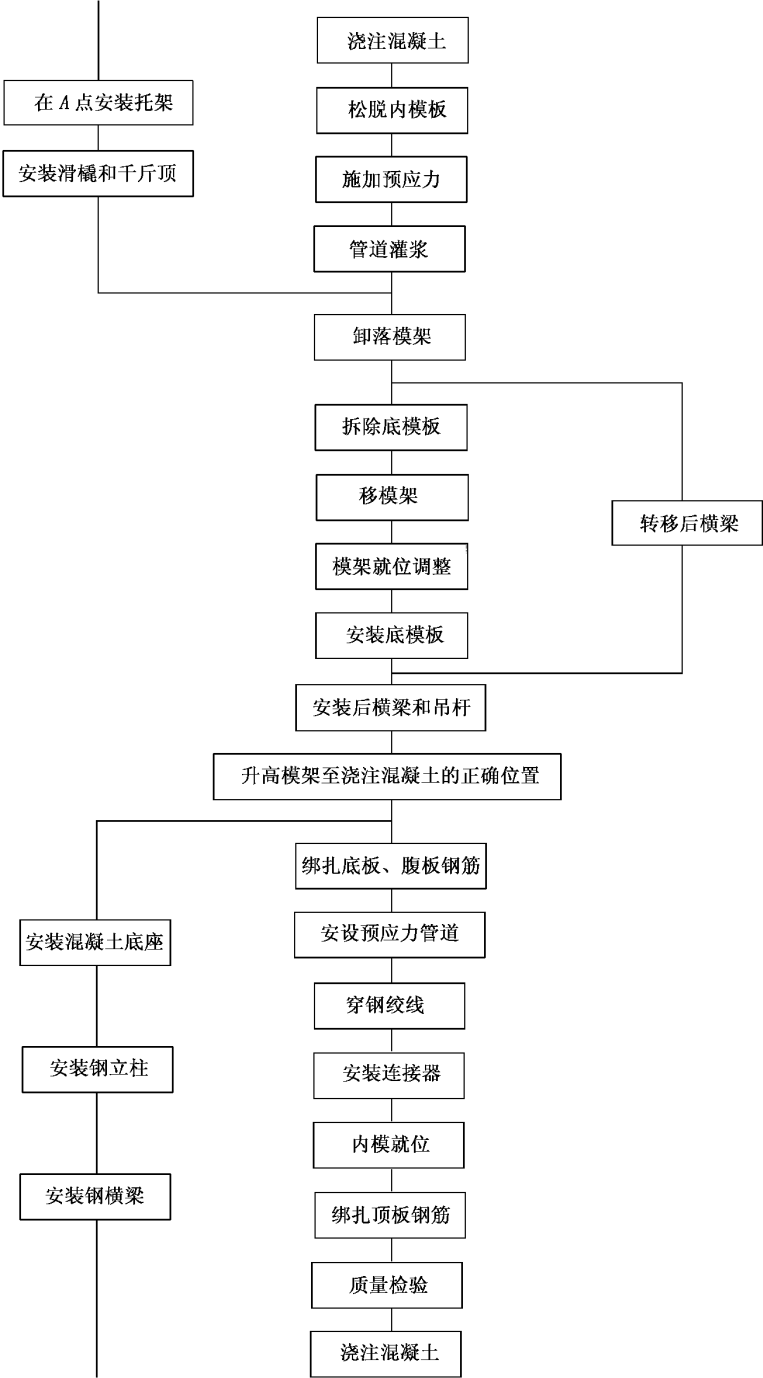


图 2-9 滑模施工工艺流程

包括 A 台、F 台、E 台、E₁ 墩、E₂ 墩等五个，采用机械和人工相结合的常规方法施工，挖基和浇筑混凝土主要用机械。由于有大批管线需要保护，涉及面广。协调

费时,宜早安排。

2. 陆上桩基础和墩台

这部分桥墩主要分布在引桥和 E 线,共 19 个。承台,墩身采用成套机械化作业。基桩因地质条件多样,采用多种方法施工:(1)在不影响主桥的前提下,部分桥桩基用 MT-150 型钻机全护筒钻孔成桩;(2)为多开工作面争取工期,部分桥墩用 YKC-30 型钻机泥浆护壁冲击成孔;(3) $E_3 \sim E_{10}$ 墩下多为穿透强风化层上的短桩,采用挖孔施工;(4)引₁、引₂部分桩需穿过旧挡土墙及其基础,采用上段人工凿石挖孔、下段 YKC-30 钻机成孔。

3. 水上扩大基础和墩台

这部分共 64 个墩台,其中位于水电沟中 54 个,蓄水池中 10 个。

·水电沟内扩大基础和桥墩

采用大面积围水方案,将整个水电沟一次性全部排干施工,选择雨量少,来水少的冬季(11、12、1月)进行。充分发挥杏林湾水库的调节功能,启用兑山抽水站排洪,先期乘大潮期低潮位放水,腾出库容,接着在沟上游 B8 处筑坝拦断来水,修理工海闸门防止海水倒灌”安排足够大的抽排设备,将水电沟 4 万 m^3 水全部排干,然后将各种大型机械开进沟底,展开高强度

机械化突击施工,用 3 个月左右时间,将 50 个墩全部完成。施工布置情况如图 2-10。

2) 蓄水池内墩台

蓄水池中有 $C_5 \sim C_{11}$ 、 $D_6 \sim D_3$ 等 11 个墩和 C_2 台。由于施工期间仍要向岛内供水,不能中断,确定采用分两块围水施工,在 C_9 和 C_{10} 墩之间筑起一道折形土坝(图 2-11)将水池分为南北两块,先在南块维持输水,北面 9 个墩排干施工。待北面完成后,将功能交换,北面输水,南面施工。施工方法与水电沟内基本相同,将大型机械开进池底作业,高强度快速突击施工。

4. 杏林湾内桩基础及桥墩施工

水域有 B、D 二桥的 31 个墩的桩基础和墩身,水深 3~5m,墩高 5~14m。为了发挥机械优势,放弃了按投标时所作的贝雷便桥施工方案,改用宽便道和大岛方案,利用两个大岛和一条便道,布置如图 2-11。

甲组(北岛):包括 $B_6 \sim B_{10}$ 、 $D_{16} \sim D_{12}$ 等 10 个墩,安排先施工。岛面高程 +3.5m。

乙组(南岛):包括 $B_{11} \sim B_{14}$ 、 $D_{11} \sim D_8$ 等 8 个墩,先作排水通道,待甲组完工后拆除北岛排水通道,再筑起南岛施工。

丙组(便道):包括 $B_{21} \sim B_{15}$ 、 $D_7 \sim D_4$ 等 11 个墩,沿 $B_{21} \sim B_{13} \sim D_1 \sim D_4$,修筑一条便道,在便道上钻孔成桩。 B_{22} 和 B_{23} 在水渠中,采用在便桥上钻孔成桩。

这些墩有 1.0m 直径桩 72 根、1.5m 直径桩 28 根,采用 GJD-1500 型钻机和 YKC-30 型钻机钻孔,然后在岛上用钢板桩围堰建承台。便道部分(因蓄水池要扩大,便道成为永久式池堤,承台顶面高程提高到 +3.0m)承台可采用敞口明挖基坑方式

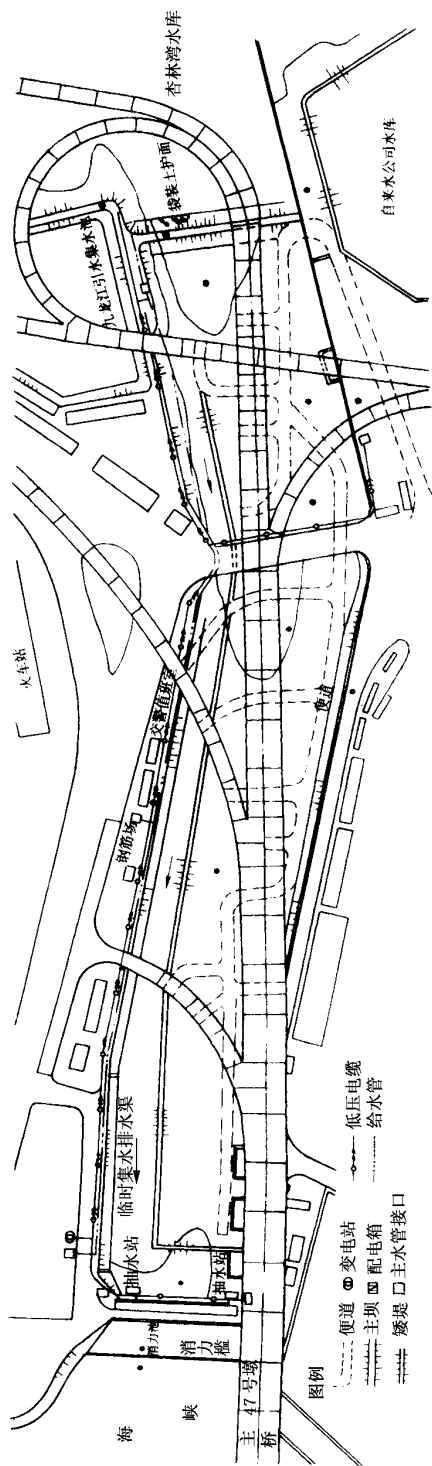


图 2-10 水电沟基础群大围水方案布置图

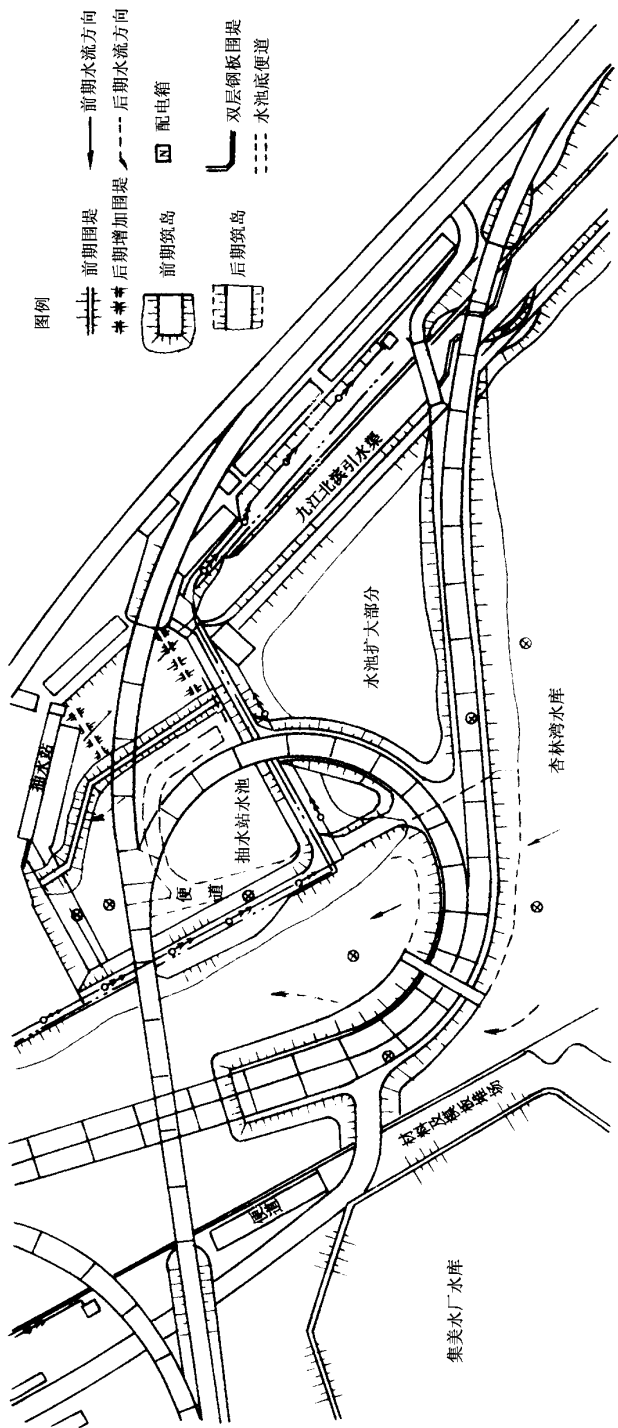


图 2-11 蓄水池围水及杏林湾筑岛施工布置图

施工。B22、B23 两墩在通水渠道上，承台施工采用占地最小的双层钢围堰围水。所有墩身墩帽，均采用吊机安装模板及钢筋笼，泵送法浇筑混凝土。

(四) 集美互通立交桥上部施工

1. 引桥

采用逐孔现浇法施工。每跨梁在距墩支点 5.1m 处设横向工作缝，首跨为 25.5m + 5.1m = 30.6m，中跨均为 25.5m，末跨为 25.5m - 5.1m = 20.4m。为使接缝平顺，在已完梁段的悬臂段设置后吊梁，用预应力筋将模板与已浇梁段靠紧。支架方案见图 2 - 12。

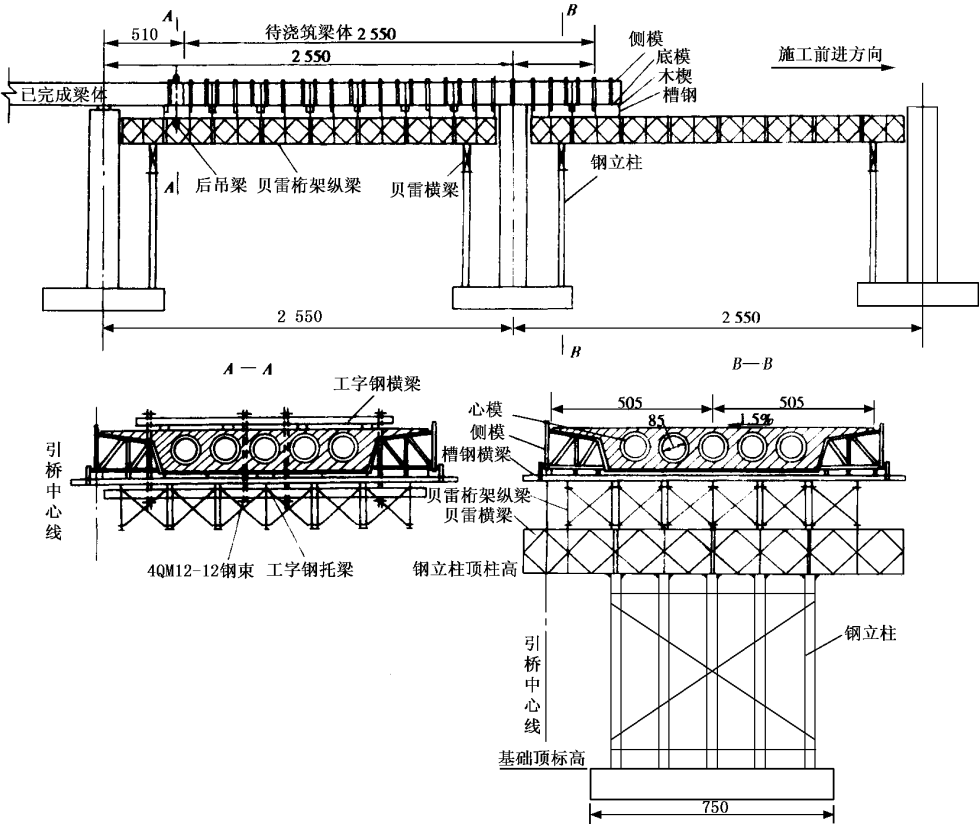


图 2 - 12 引桥支架模板方案图(尺寸单位 mm)

压道桥施工流程见图 2-13。

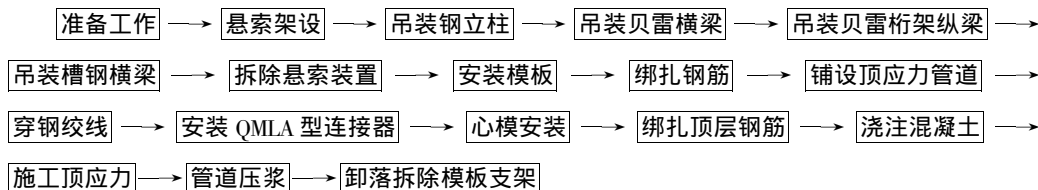


图 2-13 引桥预应力板梁施工工艺流程图

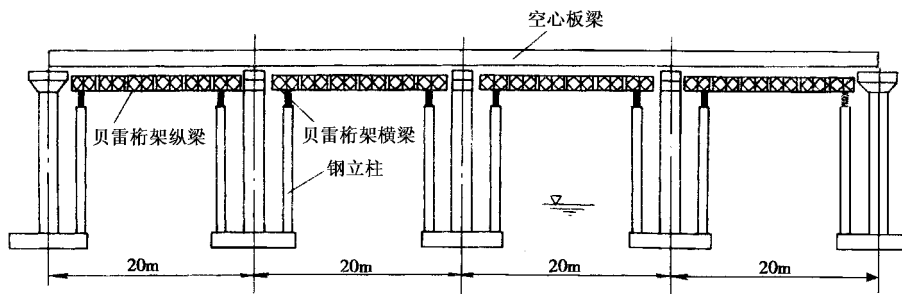


图 2-14 匝道桥支架方案图

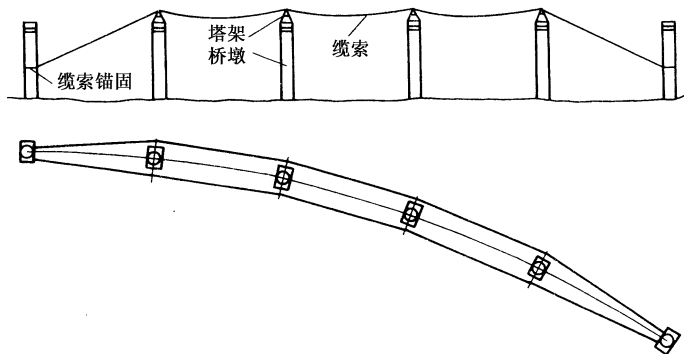


图 2-15 缆索布置图

施工时支架和模板的吊装,一般使用吊车,其余使用缆索吊装(方法见匝道桥施工)。预应力施工同主桥。

引桥施工的工艺流程见图 2-13。

2. 匝道桥

采用整联现浇的方式施工,支架方案见图 2-14。

施工期间,支架、模板和钢筋骨架等的吊装采用缆索吊装的方法:在每墩顶上安设简易塔架,用缆索相连,使用卷扬机作为驱动吊钩滑轮的动力。将构件用小船运至施工

跨 进行吊装。缆索布置见图 2－15。

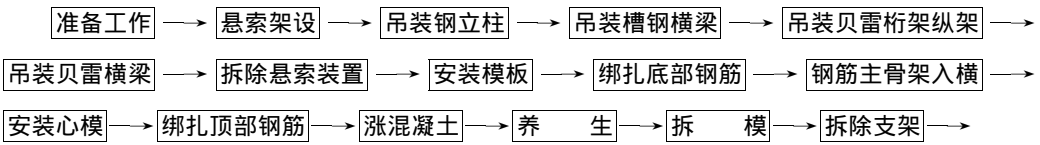


图 2－16 匝道桥梁梁施工工艺流程

六、施工总进度计划

主桥(含引道)和集美立交桥的施工进度控制计划见表 2－22 和表 2－23(仅列出横道图,网络图未列)。施工的重点在主桥,上部箱梁采用滑模施工,每孔平均施工周期为 15d,比较固定,而下部施工受自然条件影响大,其进度的弹性也大,因此编制总计划时,按上部构造的施工进度要求下部的施工进度。

表 2－22 主桥工程进度控制计划

工程名称		1988 年												1989 年												1990 年												1991 年			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
主 桥 下 部	1 号～8 号																																								
	9 号～16 号																																								
	17 号～29 号																																								
	30 号～35 号																																								
	36 号～39 号																																								
	40 号～42 号																																								
	43 号～44 号																																								
	45 号～46 号																																								
	47 号墩																																								
箱 梁																																									
桥面工程																																									
引道工程																																									

表 2 - 23 立交桥工程进度控制计划

工程名称	单位	工程数量	1988 年					1989 年												1990 年												1991 年			
			7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
A 线匝桥	m/孔																																		
B 线匝桥	m/孔																																		
C 线匝桥	m/孔																																		
D 线匝桥	m/孔																																		
E 线匝桥	m/孔																																		
F 线匝桥	m/孔																																		
引 桥	m/孔																																		
桥面工程																																			
引道工程																																			

立交桥的难点是水中施工 ,其关键也在于下部工程能否按期完成。

高崎引道的施工分两阶段进行 ,第一阶段抢在主桥开工之前 ,将路基突击成型 ,打通主桥施工便道并布置临时设施。第二阶段待主桥基本完工时拆除临时设施后完成全部路基和其它工程。

沥青混凝土桥面铺装与高崎引道路面以及主桥桥面系的施工统筹考虑。人行道和中间分隔带等桥面系的施工在第一联箱梁完成后开始顺序跟进。伸缩缝安装和桥面沥青混凝土铺装在上部主体工程接近完成时即着手进行 ,三个月完成。其余附属设施安装在最终工期前完成。

七、资源配置计划

1. 主要机械设备配备及使用计划见表 2 - 24。

表 2 - 24 主要施工设备需要量计划

序号	名称及规格型号	单位	数量	备 注
一	土石方机械			
1	推土机 100 ~ 140hp	CK	4	高崎、集美各 1 台 ,路桥兼用 1 台 ,取土点 1 台 ,备用 1 台
2	挖掘机(液压反铲 1m ³)	台	4	高崎、集美各 2 台 ,兼顾取土场
3	装载机(2m ³)	台	9	上部 4 台 ,下部 2 台 ,搅拌站 3 台
4	空压吸泥设备	套	2	主桥
5	挖掘机(1m ³ 抓斗)	台	2	下部主桥、立交桥各 1 台
6	内燃空压机(9m ³ /min)	台	3	主桥配吸泥设备 2 台 ,工作两年、爆破 1 台工作 1 年
7	自卸汽车(8 ~ 12t)	辆	8	全桥大型土石方兼用
8	轮式压路机(10 ~ 12t)	台	2	

序号	名称及规格型号	单位	数量	备 注
9	蛙式打夯机	台	6	
二	起重运输机械			
1	履带吊机(15t)	台	2	零星装车 ,有时改配抓斗
2	履带吊机(30 ~ 50t)	台	8	主桥、立交桥上下部各 2 台 ,有时改配抓斗及振动锤
3	轮式起重机(50t)	台	1	全桥吊大件
4	卷扬机(50kN)	台	6	4 个钢筋场各 1 台 ,小型起重 2 台
5	载重汽车(4 ~ 100t)	台	10	
6	小型交通车、工具车	台	4	
7	大型公共汽车	台	4	
8	平板拖车(60 ~ 80t)	台	2	
9	半挂车	台	2	
三	钻孔打桩机械			
1	MT - 150 钻机	台	3	
2	CTD - 150 钻机	台	1	
3	YKC - 30 钻机	台	8	主桥深水墩、立交桥各 4 台
4	陆上打桩机配 KB 锤	台	1	
5	陆上打桩机	台	1	
6	振动锤(400 ~ 600kN)	ck	2	另配吊机
四	钢盘预应力钢束加工和张拉机械			
1	φ30 型钢盘对焊机	台	4	主桥上、下部 ,立交上、下部各 1 台
2	电焊机(15 ~ 30kW)	台	12	
3	钢盘调直机	台	8	
4	钢盘弯曲机	台	8	
5	钢盘切断机	台	8	
6	波纹管成型机	台	2	
7	穿索机	台	4	
8	张拉高压油泵	台	4	
9	张拉油压千斤顶	台	4	
五	混凝土搅拌和浇灌机械			
1	混凝土搅拌楼(30 ~ 45m ³ /s)	套	3	上部混凝土在高崎、集美各 1 套 ,下部利用六公司预制场搅拌楼
2	混凝土泵车	台	4	上、下部各 2 台
3	混凝土运输罐车	辆	10	上、下部各 5 辆
4	小型混凝土搅拌机(0.5 ~ 0.4m ³)	台	4	各工地少量混凝土用
5	砂浆搅拌机(0.1m ³)	台	6	高崎、集砌石用
6	高频振捣设备	套	4	上部箱梁用
7	插入式振灯	台	100	
8	平板振捣器台	30		

序号	名称及规格型号	单位	数量	备 注
9	管道压浆机	台	2	
10	混凝土切割机	台	2	
六	木工、金工机械			
1	木工带锯	台	1	
2	木工圆锯(20 ~ 40mm)	台	4	
3	刨木机	台	4	
4	卷板机(对卷 10mm 钢板)	台	4	
七	抽水机械			
1	离心式轴水机($\phi 200$,250 ³ /h ,H = 15m)	台	8	
2	潜水泵(20 ~ 30m ³ /h)	台	40	
八	路面机械			
1	沥青混凝土搅拌楼	套	1	
2	沥青洒布车	辆	1	
3	德国进口自动找平沥青摊铺机	台	1	
4	压路机(振动式)	台	1	
5	平地机(自动补平液压)	台	1	
6	灰土搅拌机(强制机)	台	1	
九	施工船舶			
1	起重船 ,旋转扒杆 (600kN)	艘	2	
2	起重船(150kN)	艘	1	
3	抓斗挖泥船(2m ³)	艘	1	
4	拖轮(40hp)	tevc	2	
5	方驳(400t)	艘	5	
6	泥驳(80m ³)	艘	2	
7	打桩船桩架(42m)	艘	1	
8	混凝土搅拌船	艘	1	
9	潜水船	艘	1	潜水 2 组
10	供水船	艘	1	
11	住宿船	艘	1	
十	其他大型设备			
1	现浇箱梁滑移式钢梁模架	套	2	德国进口
2	贝雷梁(配附件)	片	800	下部 300、上部 500
3	钢套箱(8.4m × 8.4m × 10. m)	套	8	
4	钢支架(500t ,12m)	套	20	

序号	名称及规格型号	单位	数量	备 注
5	钢支架(1000t ,12m)	套	16	
6	主桥长方形墩身钢模板	套	4	
7	立交桥柱墩钢模板	套	6	
8	钢板桩	t	670	

注 :1hp = 745.7W

2. 材料需要量计划（略）
3. 劳动力配备及使用计划（略）。
4. 资金需要量计划见表 2－25。

表 2－25 资金需要量计划（金额单位：万元）

年度 资金项目	1987	1988	1989	1990	1991	合计
第一部分费用	81.70	1104.4	1859.76	3059.28	764.82	6869.60
第二部分费用	10.00	0	0	0	0	10.00
第三部分费用	240.00	100.00	0	50.54	12.64	403.18
其它费用	0	132.42	267.32	174.82	43.7	618.26
总 计	331.70	1336.46	2127.08	3284.64	821.16	7901.04

八、临时工程

临时工程数量及相关要求见表 2－26。

表 2－26 临时工程数量表

工程名称		工程数量	标准或要求
工棚		5400m ²	生活、生产用
便道	集美立交桥	3.3km	顶宽 8m ,顶面标高 + 3.5m
	主桥	1.5km	顶宽 4.5m ,顶面标高 + 7.0m ,袋装土护面 ,边坡 1 :1.5－2.0
	高崎岸	250m	加铺路面
		430m	宽 4.5m ,汽车－15 级
便桥	集美立交桥	200m	宽 7.5m ,汽车－15 级
		396m	最大通行车辆重 30t
	主桥	360m	贝雷征搭设 ,最大通行车辆重 30t
变压器		3 台	高崎 1 台 500kW ,集美端 1 台 500kW ,杏林 1 台 200kW

工程名称	工程数量	标准或要求
输电线路	3.5km	主桥 9m 电杆 ,间距 45mm ,集美立交 7m 电杆 ,间距 30mm
码头	5 座	条石砌筑
输水管道	3km	水压 $\geq 0.2\text{MPa}$,输水量 $\geq 36\text{m}^3/\text{h}$
蓄水池	3 座	各 100m^3 ,设在主桥桥头及杏林搅拌站
筑岛	22 个 (9.01m^3)	砂土填筑 ,砂袋护坡(临海面 1:2 ,侧面 1:1.5)

九、施工管理机构及劳动力组织

本桥由交通部第一公路工程总公司 (为责任单位) 与交通部第三航务工程局联合承建。为了统一指挥,协调施工,拟成立厦门大桥工程办事处作为施工的指挥机构,负责总体生产计划安排、生产调度、材料供应、工程款的结算和分配,以及对外关系和协调施工中出现的問題。办事处设办公室、工程科、财务科、材料科等业务部门。两个施工单位分别为交通部第一公路工程总公司厦门工程处和交通部第三航务工程局第六工程公司,分工为:厦门工程处负责全桥上部构造和部分钻孔桩施工;第六工程公司负责全桥下部构造和引道的施工。各施工单位独立组织所负责工程的施工,建立组织机构,见图 2-18。

十、质量保证措施

本工程的质量目标是建成一项符合国家优质工程条件的工程。

建立健全包括施工、质量、测量、试验、计量、机械、安全、材料管理等部门在内的一整套质量保证机构,同时发挥党政工团齐抓共管的作用。加强质量意识教育,围绕质量方针目标,进行一系列质量管理活动。

实行内部监理制度,主管局派出具有丰富施工经验的工程师驻工地,对全桥工程质量进行内部监理,并监督执行内部监理制度,行使质量否决权;工地设专职监理工程师,对施工现场的各项工程质量、隐蔽工程进行逐项检查、评定,会同项目总工程师、技术人员和主管局派驻工地的监理工程师,对质量事故进行处理,逐月填报工程质量监理月报;工区设兼职质量检查员,对本工区所负责的工程项目进行质量检查;各生产班组则进行自检和互检,使工程质量在班组的作业过程中即得到控制。实行工序交接制度,关键工序班组自检合格,经内部监理工程师检查,确认符合要求后,填写原始检查记录,然后请外部监理复验签认,才能进行下道工序的施工。

根据全面质量管理的要求,开展群众性的质量管理活动,实行全员、全过程、全企业的管理,开展 QC 小组活动、坚持质量预控和自检。

施工质量保证体系见图 2-19。

十一、安全保证措施

本工程主要特点是水上和高空作业,安全工作尤为突出。安全工作以“安全第一

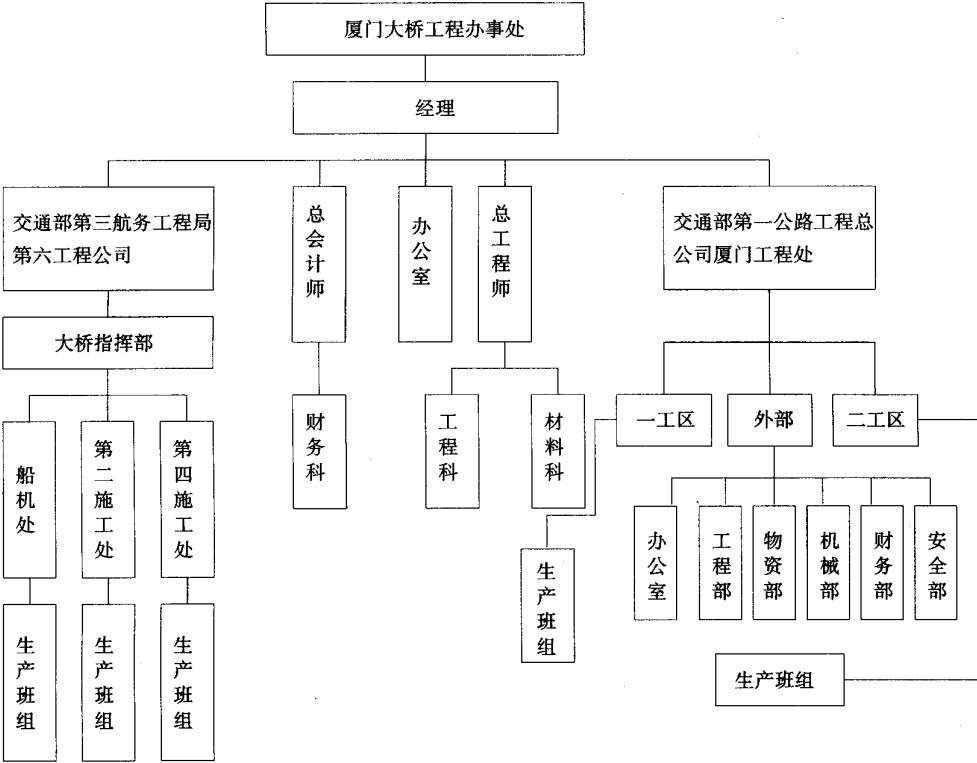


图 2-18 施工管理组织机构

一、预防为主”为工作方针；加强施工生产的安管理工作，落实安全工作要点，确保安全生产，预防人身安全事故的发生。

1. 建立以项目经理为首包括支部书记、总工、项目副经理组成的安全领导小组，由专职安全员、部门领导和班组长组成安全工作管理机构，明确安全工作标准和生产岗位“谁负责生产，谁就负责安全”的责任制。

2. 严格执行各项安全管理制度和操作规程。在工地树立醒目安全操作规定标牌，专兼职安全员定期检查，建立奖罚制度促进安全制度的实行。

3. 加强安全教育，要做到安全工作日日讲，时时检查，提高每个人的安全意识。

4. 技术交底的同时，必须进行安全交底。支架、便桥等临时设施必须进行验算，保证技术上安全可靠。

5. 定期组织安全生产检查，对安全隐患责令限期整改。开展“安全日”、“安全周”宣传活动和“百日无事故”安全生产竞赛活动。

6. 安全设施、标牌及防火设备齐全，料库及材料堆放场地、机械维修、存放车间均配备火火器具，并杜绝隐患。

7. 防汛防台风

成立防汛防台风领导小组，统一指挥，指令专职人员与气象水文部门密切联系，

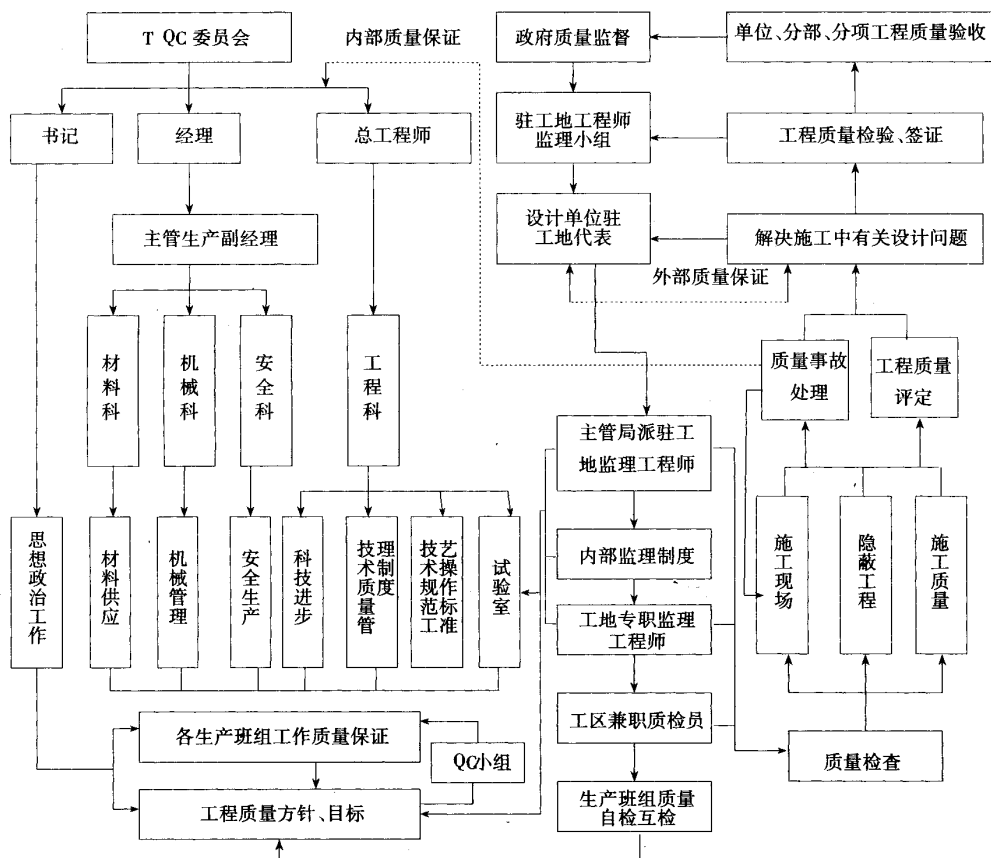


图 2-19 施工质量保证体系

制定预案，配备器具，做好思想动员。

8. 严禁非司机驾车，交通路口设立限速慢行标志，在主要路口设专人协调施工车辆与通行车辆的交通，以保证施工期间的交通安全。

十二、文明施工和环境保护措施

1. 建立健全管理组织机构

工地成立以项目经理为组长，各业务部门负责人和生产班组长为成员的文明施工和环境保护领导小组。

2. 强教育宣传工作，提高全体职工的文明施工和环保意识。

3. 制定各项规章制度，并加强检查和监督。

4. 开展 5S 活动和各项竞赛活动，实行目视管理。

5. 合理布置施工场地，合理布置各种施工设施，使之符合环保要求。

6. 施工方案的制定必须满足环保要求，不污染水源、低噪声、低扬尘、少占地。