

施工技术指导意见

筑龙网 WWW.ZHULONG.COM

目 录

第一章 路基	4
1、填方路基施工	4
2、结构物处的路基填筑	15
3、路堑	15
4、路基挡护	18
第二章 路面工程施工	23
1、路面基层、底基层施工	23
1.1 底基层（二灰土）施工	23
1.2 基层（水泥、石灰、粉煤灰砂砾）施工	27
2、 沥青混凝土面层施工	28
第三章 桥梁、涵洞	33
1、涵洞	33
1.1 基础施工	33
1.2 墙身施工	34
1.3 盖板涵盖板及预应力空心板的预制	34
1.4 盖板、预应力空心板的安装	36
1.5 涵洞附属工程	36
2、混凝土施工工艺	37
2.1、混凝土集料	37
2.2、混凝土配合比设计	40
2.3、材料运输和存贮	43
2.4、混凝土拌和	44
2.5、混凝土运输	44
2.6、混凝土浇筑	44
2.7、混凝土捣实	46
2.8、施工缝	47
2.9、混凝土表面的整修	48
2.10、混凝土养生	48

2.11、混凝土的夏季施工	49
2.12、冬季混凝土施工	50
2.13、施工注意事项	50
3、旋挖钻机施工钻孔桩基础	51
4、墩身施工	58
4.1、模型的设计	58
4.2、施工平台搭设	58
4.3、墩身钢筋绑扎	58
4.4、墩身模型安装	59
4.5、混凝土灌筑	59
4.6、混凝土养护	59
5、现浇箱梁梁体施工	59
5.1 支架搭设	59
5.2 模板制作及安装	60
5.3、予拱度时考虑下列因素：	61
5.4、地板革的铺设	61
5.5 钢筋制作及安装	62
5.6 箱梁混凝土施工	63
6、预制吊装桥梁施工	63
6.1、预制场地布置	63
6.2、预制梁模型施工	60
6.3、预制梁钢筋施工	63
6.4、预制梁预应力施工	64
6.5、预制梁砼施工	64
6.6、移梁及存放	64
6.7、预制梁水平运输与吊装	65
6.8、湿接缝混凝土浇注及结构体系转换	65
6.9、施工要点	67
6.10、预制梁架设施工	67

7、其他类型桥梁施工	67
7.1 大跨连续刚构梁体施工	67
7.2、中、下承式钢管混凝土系杆拱梁体施工	71
第四章 隧道	81
1、洞口	81
1.1 洞口施工	82
1.2 洞门及附属工程施工	82
1.3 隧道明洞施工	82
2、开挖与支护	82
2.1 开挖与支护总体方案	82
2.2、开挖与支护具体工艺过程	83
3、衬砌	88
3.1、 隧道正洞和导洞二次衬砌	88
3.2、 应急停车带二次衬砌	88
3.3 钢筋制作安装	88
3.4 混凝土施工	89
4、施工监控量测	90
4.1 隧道及导洞的测量控制	90
4.2 洞口地表沉降观测	91
4.3 隧道周边净空收敛观测	91
4.4 隧道拱顶下沉	91
4.5 格栅拱架应力监测	91
5、防水和排水	92
5.1 隧道的防水施工	92
5.2 隧道的排水施工	94
6、通风、照明	95
6.1 通风	95
6.2、 照明	95

第一章 路基

1、填方路基施工

1.1、路基填前处理

1.1.1 软土地区路基处理

软土地基处理包括挖除换填、抛石挤淤、设置垫层、超载预压、袋装砂井、塑料排水板、粉喷桩、碎石桩、砂桩、铺设土工织物等一系列施工方法，并进行路堤沉降观测。

1.1.1.1 路基处理要求

①在软土地区当路堤高度超过设计确定的临界高度时，应进行地基处理，不得直接在天然地基土填筑路堤。

②除采用水下抛石挤淤的处理方法外，均应于开工前疏干地表水；有条件时可采取降低地下水位措施。

③填筑路堤时，应控制填土速率。路堤填至临界高度后，应观测路堤在沉降量、位移量。地基日平均沉降量及位移量均不超过设计规定；超过时应即暂停填筑，待沉降、位移减慢后再继续施工。

④采用换填地基时，其填筑压实的施工及检验应比照与路堤本体相应部分的规定执行。

1.1.1.2 各种处理措施的施工控制

(1)、挖除换填、抛石挤淤

a 挖除换填将原路基一定深度和范围内的淤泥挖除，换填符合规定要求的材料。换填时，应分层铺筑，逐层压实，使之达到规定的压实度。

b 抛石应采用不易风化的片石，其尺寸不应小于 300mm；当料源困难时允许含有 20%以下的较小片石。

c 软土地层平坦时，抛投应从路堤中心成等腰三角形向前抛填，自中部向两侧逐渐进行，填至全宽，使泥沼或软土向两侧挤出。若软土下地层的横坡陡于 1:10 时抛填应自高侧向低侧抛投，并在低侧边部加多抛投，使约有 2m 宽的平台顶面。

d 片石抛出淤泥水面后，应用较小石块填塞垫平，用重型机械碾（夯）紧密。

(2)、砂垫层或砂砾垫层

a 砂垫层最好采用中、粗砂，砂砾的最大粒径不得大于 53mm，细颗粒、泥的

含量不超过 5%，并将其中植物杂质除尽。填筑砂砾垫层的基面和层面铺有土布时，在砂砾垫层上下各厚 100mm 层次中不得使有轧制的粒料，以免含有裂口的碎石损伤土工织物，施工中应避免砂或砂砾受到污染。

b 砂垫层的宽度应出路基坡脚两侧 0.5~1.0m，且无明显的粗细粒料离析现象。

c 砂垫层的厚度一般为 0.6~1.0m，铺设砂垫层时应分层碾压，分层铺筑松厚不得超过 200mm，并逐层压实至规定的压实度；压实的方法应根据地基情况而选择振动法（平振、插振、夯实等）、水撼法、碾压法等。下层密实度经检验合格后，方可填筑上层。

（3）、灰土垫层

当软弱土层的厚度在 1~3m 范围内时，也可考虑用灰土垫层来提高地基承载力，通常灰土为石灰土或二灰土（石灰粉煤灰）。

a 石灰土垫层施工前必须对下卧层地基进行检验，如发现局部软弱土坑，应挖除，用素土或石灰填平夯实。

b 施工时应将灰土拌和均匀，控制含水量，如土料水分过多或不足时应晾干或洒水润湿，以达到灰土最佳含水量。

c 分层松铺厚度按采用的压实机具现场试验来确定，一般情况下松铺厚度应不大于 300mm，分层压实厚度应不大于 200mm。

d 压实后的灰土应采取排水措施，3 天内不得受水浸泡。灰土垫层铺筑完毕后，要防止日晒雨淋，应及时铺筑上层。

（4）、预压和超载预压

a 预压和超载预压的填土高度应符合图纸或监理工程师的要求。

b 用于预压和超载预压的土方应分层填筑并压实。

c 预压路堤顶面应设一定的横坡使排水通畅。

（5）、袋装砂井（排水砂井）

a 排水砂井可以直接在钻孔中灌砂，也可以采用袋装砂井的形式，后者可以保证砂井的连续性。

b 砂井采用中、粗砂，细颗粒不超过 5%，含泥量不大于 3%，含水量一般在 8% 左右。

c 砂井的灌砂率 r 不小于 90%。

d 装的砂袋尺寸、强度、延伸率应符合设计要求，采用聚丙烯编织物作砂袋，要避免太阳暴晒，具有小的延伸率。

e 砂井的深度达到设计要求，取拨套管不应将砂或砂袋带起，砂袋应高出砂层 0.15~0.20m。

f 砂井应垂直于水平面，孔底偏斜不应超过孔径的 1/2，孔口位置不超过孔径的 1/4。

(6)、塑料排水板

a 塑料排水板的断面尺寸，塑料板芯及外套滤膜的抗拉强度、耐酸碱、抗腐蚀等性质均应符合要求。

b 塑料排水板应插到设计深度，而起拨套管时不准将排水板带起。

c 板的间距允许偏差 50mm。

d 塑料排水板应垂直插入，倾斜度不大于塑料板宽度。

(7)、粉喷桩

a 在机具设备和材料进场的同时，应进行场地清理，使之符合施工要求并布置粉喷桩所需材料的储存棚的机具设备安装地点以及水电供应和排不位置。

b 钻机技术性能和指标应满足设计与施工要求。

c 钻机就位应满足图纸要求，垂直度偏位一得大于 1.5%，桩的孔位置与图纸位置偏差不得大于 50mm。

d 严格控制粉喷时间、停喷时间和水泥喷入量，确保粉喷桩长度。

e 桩身上部 1/3 桩长不小于 5m 的范围内必须进行二次搅拌。确保桩身质量。

f 发现粉量不足时，应整桩复打，粉喷中断时，复打重叠孔段应大于 1m。

g 粉喷桩施工前应进行成桩试验，确定喷头转速、提升速度、水泥用量等技术参数，使其满足图纸要求。

h 应做好施工记录。实际的孔位、孔深、每个钻孔的地下障碍物、洞穴、涌水、漏水及工程地质情况均应作详细记录。

(8)、碎石桩、砂桩

a 施工前应将计划用于工程的材料样品及施工设备、施工方法，报监理工程师批准。

b 开工前应按监理工程师要求作设置试验桩。并进行试验，以检验施工设备和

施工方法是否符合规范及监理工程师的要求。否则，应改装或更换设备，改变施工方法，重新进行试验，直至符合要求后方可正式施工。

c 碎石桩施工时碎石料分批加入。每次加料量一般为 1m 堆高的填料。

d 碎石桩设置完毕后应按要求在其顶部铺设碎石或砂砾垫层。在整个施工过程中，应保证碎石料不被周围土体污染。

e 砂桩施工方法应保证在砂桩的整个长度内有足够的桩径，而且还应保证砂料不被周围土体污染。

f 施工过程中，必须认真填写各施工记录，以作最终质量检查验收的依据。

(9)、铺设土工织物

a 土工织物的质量应符合设计和规范要求。铺设土工织物应按设计施工，在平整的下承层上全断面铺设。铺设时，土工织物应拉直平顺，紧贴下承层。其重叠、缝合和锚固应符合设计要求。土工织物搭接应有现场由人工或机械缝合，填料高度不足 1m 时，机械不应在路幅内掉头。

b 施工过程中土工织物不应出现任何损伤，以保证工程质量。否则，应予以更换重铺。

(10)、预压期和沉降监测

a 软基地段路堤施工完后，必须经过设计图纸或监理工程师指定的预压期和沉降监测期，特路堤沉降变形达到设计预期值后，经监理批准后方铺筑路面。

b 在路堤施工前，在清理好的地表上按要求安装沉降板，或埋设孔隙水压力计及其观测设备，并采取可靠的保护措施，不使其变形和损坏；在施工时进行观测。

c 施工期间，每填筑一层填料进行一次观测，间隔时较长时每 3 天观测一次；路堤填筑完毕后，应每 14 天进行一次定期观测，直到预压期完成、多余填料卸除为止。

d 按要求在路堤两侧趾部及规定距离设置砣侧向变位桩，与沉降同步观测。

e 每次观测后及时整理、汇总测量结果，并报监理工程师。

1.2、路基填料

1.2.1 基床填料

(1)、应满足规定要求，基床表层填料中不得含有粒径大于 150mm 的石块。如需利用不宜用的填料，应严格按设计规定采取相应的措施施工。

(2)、基床每一压实层的全宽必须使用同一种具有相同条件的填料。上下层使用不同种类及条件的填料时，应符合有关规定要求。

(3)、降水量大于 500mm 地区，采用砂粘土，其塑性指数不能大于 12，液限不超过 32%。

1.2.2、基床以下的路堤材料

(1)、同一填层的堤心部分与两侧使用不同种类和条件的填料时，应分别进行施工控制。

(2)、在颗粒大小相差悬殊的上下层填料分界面上铺设垫层时，垫层采用经试压观察，确能防止上下层颗粒发生流动的填料。

(3)、路堤浸水部位的填料，宜选用渗水填料。当采用细砂、粉砂作填料时，应采取防止振动液化的措施。

1.3 路基施工工艺

1.3.1 填土路基施工工艺

①施工准备

a、测量放样

1、按设计图纸放出施工边界，征地范围线。

2、按照《测规》标准，对设计提供的导线、中线桩、高程桩进行复测，并做好和相邻标段的联系测量。同时加密线路中线桩和路基边桩，并对桩点做好保护。

3、按照复核后的中线桩、边界桩，对设计纵、横断面进行复测，并绘出实测横断面图，以便准确计算挖填方量。

b、清表

将填筑范围内的垃圾、有机物残渣及地面以下 30 厘米内的草皮、树木、树根、草根和表土予以清除并运到弃土坑；将地面结构予以拆除，同时调查填筑范围鱼塘、泉眼、水井、水渠、管路、文物、道路、地下水位、原地面软弱状况等情况。

②基底处理

a 施工前，根据施工现场情况，结合设计的永久性排水设施，综合考虑好施工防排水问题，避免施工现场内积水。

b 对清除表层土的地面用灌沙法测定地基土层的密实度和含水量，判定地基的承载力情况，并将试验报告报送监理工程师审查，对承载力不符合要求的地段进

行填前碾压。

c 水田、鱼塘或饱和粉粘土基底，采取排水、疏干、挖除、晾晒或经监理工程师指定其他方法进行处理。

d 受地下水影响时，应予拦截或排除，或者换填渗水土。

e 地面自然横坡或纵坡陡于 1:5 时，应将原地面挖成台阶，台阶宽度应满足摊铺和压实设备操作的需要，但不得小于 1M。台阶顶作成 2%~4%的内坡度，砂类土不需挖台阶，将原地面以下 20~30 厘米的表土翻松。

③填土路堤施工

A 试验路段施工

开工前选择好适宜的试验段，采用推土松铺初平和平地机平整，振动压路机配合碾压，找出满足密实度的各种参数，包括分层松铺厚度，松铺系数，碾压遍数，碾压速度，振动频率，最佳机具组合等施工工艺参数。

a、试验目的

1、检验材料是否合格：对试验段所使用的填料进行外观检查，并取土样进行试验分析，检查土样的最佳含水量、最大干密度、液塑限指标是否符合设计要求。

2、人工、机械组织检验：通过试验段检验人员分工是否合理，各部位之间是否协调，机械配备是否有误，机械状态是否良好。同时对运输能力、运输路线、到场时间等做到初步统计。

3、通过采集准确、有效数据，进一步明确最适宜的碾压机械，最有效的摊铺厚度，最经济可行的压实遍数，最佳含水量等，为路基施工提供依据。

b、试验路段

选用有代表性的 100m~200m 全幅宽做为填方路基试验段。

1、松铺系数：松铺系数根据水准仪测出的碾压前、后标高算出，每 10m 做一断面，每一断面测 3 个点。

2、压实度：压实度由环刀法测出；对于级配砂砾层，由灌砂法得出。

3、碾压遍数：碾压三遍后，测压实度，以后每压一遍，测定一次，直至达到设计要求，记录碾压遍数、程序等。

c、成果整理

试验段结束后，立即将试验结果整理出来，上报监理及业主，待得到批复后，

办理路基填筑分项工程开工报告，开始全面铺开路基的填筑工作。

④路基施工工艺

填筑前规划好作业程序和机械作业路线。填筑按：“三阶段、四区段、八流程”施工。“三阶段”即把施工阶段划分为施工准备阶段、填筑施工阶段和竣工验收阶段；“四区段”即把施工区划分为填筑区、平整区、压实区和检测区；“八流程”为施工准备、基底处理、分层填筑、摊铺整平、碾压夯实、检测签证、边坡修整成型和场地清理，按试验段确定施工工艺参数，纵向全断面水平分层填筑。

路堤分层填筑，铺土层应平整，厚度均匀，层面无明显凹凸现象，每层松铺厚度一般宜控制在 50cm 以内，每层填料铺设的宽度较设计宽度超出 500mm。以保证修整边坡后的路堤边缘有足够的压实度。

每填筑一层后将边桩翻到施工高度，每填高 2m 或填至顶面必须恢复控制桩，重放边桩，以避免超填、欠填。

不同种类的填料不得混杂填筑，渗水土填在非渗水土上时，非渗水土层应做成向两侧排水的 1~4% 的横坡。

填层的压实应在最佳含水量的 $W_{opt}-2\% \sim W_{opt}+2\%$ 范围内进行，含水量高于最佳含水量时应松土或采取排水疏干等措施；若含水量低于最佳含水量时应加水湿润。

振动压路机碾压时，最大行驶速度不超过 4km/h，碾压时先静压一遍，弱振二遍，先慢后快，振动频率先弱后强，直线段由两侧向中间碾压，曲线段由内侧向外侧纵向进退式进行碾压，横向同层接头处重叠 0.4~0.5m，上下两层填筑接头处错开 3m，达到无漏压，无死角，确保碾压。

每层碾压完毕，用灌砂法、核子密度仪等检测设备测试路基压实度，达到设计要求方能进行下一层填筑。

填挖交界处用人工配合推土机推出大于 1m 宽向内倾斜坡度 2%~4% 的台阶，以利填挖交界处的衔接。

当填料发生变化时，及时对填料进行复查试验，并通过现场填筑试验确定施工参数后进行施工，且同种填料层的厚度不得小于 50cm。土方路堤填筑至路床顶面最后一层的压实层厚度不小于 8cm。

分段施工不在同一时间填筑的先填地段，按 1:1 坡度分层台阶。两个地段同

时填筑时，则分层相互交叠衔接。搭接长度不小于 2m。

1.3.2、土石混合路堤路基施工工艺

(1)、土石混合填料填筑关键要达到级配合理，采用末端法进行施工，即：保证最大的石块居于每层的底部，而较细的颗粒则居于每层的顶部，以保证最佳的嵌锁和压实力的传递。施工方法是：用推土机在填筑层末端将填料堆成与填筑层同样的高度。

(2)、土石混合路堤严禁采用倾填法施工，应均匀分层填筑分层压实，每层松铺厚度 30~40cm 或经试验确定。

(3)、当石块含量在 50%~70%时，将石块大面朝下分开摆放平稳，缝隙内填以土或石屑，每层厚 40cm，整平后振压密实。

(4)、土石混合料中所含石料强度大于 20Mpa 时，石块的粒径不超过压实层厚的 2/3，否则必须解小，当所含石料强度小于 15 Mpa 时，石块最大粒径不超过压实层厚度，超过时必须打碎。

(5)、采用重型振动压路机进行碾压。碾压时，先静压，再振动压，按先慢后快，先弱振后强振，碾压至密实度达到要求，使各石块之间松散接触状态变为紧密咬合状态，具体碾压遍数及压实标准按现场试验确定。高程下降量按 3mm 予以控制。

(6)、路床顶面以下 30~50 cm 范围内填筑符合路床要求的土并分层压实，填料最大粒径不大于 10 cm。

(7)、由于在进行填方施工时正处于多雨季节，因此填土和碾压工作一步紧跟地进行。

1.3.3、填石路堤施工施工工艺

(1)、填石路堤基底处理同填土路堤。

(2)、填石路堤施工，将石块逐层水平填筑，分层厚度不大于 50 cm，石料强度由试验部门测定不得小于 15Mpa，石块最大粒径不得超过压实厚度的 2/3。大面向下摆放平稳，紧密靠拢，所有缝隙填以小石块或石屑。在路床顶面以下 50 cm 的范围内铺填有适当的砂石料，最大粒径不超过 10 cm。超粒径石料经打碎作填料使用。

(3)、规划好石料运输路线，专人指挥，按水平分层，先低后高、先两侧后

中央卸料，使用大型推土机摊平。重型振动压路机配合人工洒水分层压实，压实时继续用小石块或石屑填缝，直到压实层顶面稳定，不再下沉（无轮迹）、石块紧密，表面平整为止。

(4)、施工过程中压实度由压实遍数控制。压实遍数由现场试验确定，并报监理工程师签认批准。

(5)、当填料岩性相差较大时，则将不同岩性的填料分层或分段填筑，但每种填料的强度都必须大于 15 Mpa。

1.3.4、零填断面路基施工工艺

零填断面路基是一个薄弱环节，施工时首先检查该处土质情况，发现不良地基及时报请设计、监理共同解决。当地基土质良好则挖成内倾 4%、宽度不小于 1 m、高 1 m 的台阶再进行填筑。填至距路面结构底面 30 cm 时，把表面翻松与填土一起压实，使基床顶面以下 0~30 cm 范围内压实度不小于 95%。

1.3.5、桥涵过渡段施工工艺

(1)、桥涵结构物竣工后采用渗水性材料填筑桥涵过渡段。

(2)、桥涵过渡段分层对称填筑，分层厚度不超过 20cm，振动压路机进行。碾压时距结构物不小于 1.0m，距结构物 1.0m 范围内用内燃打夯机压实。

(3)、分层填筑压实，控制松铺厚度，检测起压实度符合要求后，再进行上一层填筑。

(4)、渗水性填料表层易失水扩散，故在分层摊铺前对已完工层次进行含水量和压实度检测，待起符合要求后立即填筑下一层。

(5)、为确保结构物处填方不沉陷，对该处的压实标准从底到顶均要求达到 95%。

1.3.6、预留沉降量

(1) 路堤高度小于 20m 时，可按平均提高的 0~2.5%预留沉降加高量，路堤高度大于 20m 时，除按设计加宽外，可按平均提高的 0~1.5%预留沉降加高量。

(2) 路堤高度变化在 4m 以内的地段可按该提高的平均值预留沉降加高量。

(3) 预留沉降加高量的路堤坡脚位置仍按设计路肩高程测定，其边坡应较设计坡度稍陡施工，以使路基面宽度符合设计。

(4) 在施工中选定代表性断面进行沉降观测，根据观测结果可适当调整预留

沉降量。

1.3.7、边坡压实与整型

边坡压实采用人工配合 NPK 边坡夯实仪进行边坡压实，用灌砂法检测达到设计要求压实密度，人工按设计边坡率挂线刷坡或施作中间平台，经监理工程师复查合格后，再进行边坡加固施工。

1.3.8、膨胀土（裂土）地区路基施工

(1) 膨胀土地区路基施工前应按要求修筑长度不小于 200m 的试验段，以确定膨胀土路堤施工中的石灰掺量、松铺厚度、最佳含水量、碾压机具以及全部施工工艺。

(2) 当路堤高度不足 1m 时，必须挖去地表 300~600mm 的膨胀土，换填非膨胀土，并按规定压实。当地表比较潮湿时，必须挖除湿软土层，换填碎砾石土、砂砾或坚硬岩石碎渣，或将土翻开掺石灰稳定并按规定压实，深度可控制在 1.2m 左右。

(3) 施工时应集中力量、连续快速施工，分段完成。

(4) 昼避免雨季施工。当有困难不能避免时，应保证在施工中排水通畅，不出现积水浸泡工作面场地的现象。

(5) 膨胀土路堑基床换填应紧随开挖完成，防止底土暴露时间过长；当有困难时，应留有厚度不小于 0.5m 的保护层。

(6) 在膨胀土地区侧沟、天沟、吊沟、排水沟的铺砌必须及时作好，并与涵管连通。对施工、生产用水应严格管理，对附近农业用水应采取有效措施，防止地表水渗入或冲刷边坡。

(7) 开挖膨胀土路堑必须从上到下进行。对粘性较大且含水量较高的膨胀土应适当晾干后再行开挖。路床应超挖 300~500mm，并采用非膨胀土进行换填、压实。

(8) 挡土构筑物应随开挖随砌筑。设有防护的膨胀土边坡，如防护不能紧跟开挖完成时，应暂留厚度不小于 0.5m 的保护层。

(9) 膨胀土填层应用重型碾压机械压实，碾压时应严格保持最佳含水量；压实层铺土厚度不大于 30cm；土块应破碎至块径 15cm 以下。

(10) 对膨胀土路堤的边坡部分应加强施工控制和检验。密度系统检验应单独进行。抽验点数应按《施工规范》有关规定加一倍。

(11) 膨胀土路堤的预留沉降高度宜参照《施工规范》有关规定酌增。

(12) 膨胀土路堤边坡上不得堆积弃土。

采用边坡渗沟稳定加固膨胀土路基时，施工应符合《施工规范》要求；与渗沟连接的封闭、排水设施和挡土构筑应配合紧接完成。

1.3.9、滑坡地段路基处理

(1)、开工前，详细调查地形、地质、水文条件，结合图纸及监理工程师的要求，采取符合实际情况的有较的处理方法报监理工程师批准。

(2)、滑坡整治前，应先作好临时排水系统。对于地表水应予以拦截引离；滑坡体上的地表水要防渗；对于地下水应采取渗沟、盲沟及平孔等排水措施。

(3)、滑坡地段的路基处理宜在旱季施工。采用支挡或防护措施详见相关章节。

1.3.10、岩溶地区路基

(1)、施工前对岩溶水进行疏导引离，防止岩溶水堵塞和保证路床范围内的土石不受浸润。

(2)、对于路堑边坡土危及路基稳定的干溶洞，采用干砌片石或浆砌片石堵塞；对于路基基底或挡土墙基底的干溶洞，当洞口不大，深度较浅时，可回填夯实；对于洞径较大而浅的干溶洞，全部清除洞内充填物后，换填片石砣。

(3)、对埋藏较浅、顶板破碎的溶洞，应清除覆土，炸开顶板，挖除充填物，分层回填碎石、土石混合物等，回填时应遵循上细下粗的原则，当回填接近地面500mm时，逐层夯实至地面。

(4)、施工时具体施工方法应报监理工程师批准或按设计要求施工，并作好各种记录备查。

1.3.11、黄土地区路基施工

(1)、黄土路堤应分层填筑，分层压实，大于100mm的土块必须打碎，并应在最佳含水量时碾压密实。

(2)、路基范围内的回填及碾压基压实度均应符合土方路基压实度标准。

(3)、湿陷性黄土路基应采用拦截、排除地表水等措施，并防止地表水下渗。其地下排水构造物及地面排水沟渠必须采取防渗措施。

(4)、对于二级以上湿陷性黄土地基应在填筑前采用碾压或强夯石灰桩挤密、

填土等加固处理。

(5)、黄土陷穴地区的路基施工，应将路堤或路堑边坡上侧 50m, 下侧 10~20m 以内的陷穴进行曲处理，并将陷穴位置、埋深及大小、所采取的处理措施报监理工程师批准。

(6)、对路基路床的陷穴应封堵塞进口，引排周围地表水，使其不再流向陷穴，并回填卵砾石夯实或灌注素砼等。

1.3.12、盐渍地区路基

(1)、盐渍土路基的处理宜在干旱季节施工。施工前应对该地区地表土层 1m 内的土质的含盐性质及含盐量进行控制检测，并报监理工程师批准。

(2)、当盐渍土的容许盐量符合规定时，采用分层填筑、分层碾压进行施工，每层松铺厚度不寺于 200mm，并严格控制含水量不得大于最佳含水量 1 个百分点。

(3)、盐渍土路基的施工应分段一次性完成。自清除其底含水量盐量较大地表上开始，连续施工，一次做到路床设计标高。

(4)、当盐渍土的含量超过规定时，应换填渗水土。其压实度均应符合土方压实度标准。

(5)、施工中应首先做好排水系统，不应使路基及基人附近有积水。

2、结构物处的路基填筑

2.1 当结构物的强度达到设计要求且验收合格后才能进行回填。

2.2 桥缺口应用渗水按桥梁设计要求填筑；当不得不用非渗水土填筑时，应采取加强压实措施。

2.3 涵管缺口的填料粒径应小于 15cm，填筑必须两侧分层对称同时进行，当其顶部填土厚度大于 1m 后，方可通行机械。

2.4 桥涵缺口、桥台及挡土墙背后填土，宜用人工配合小型机械碾压。大型机械行驶及作业时，应与桥台、涵洞及挡墙边缘保持不小于 1m 的间距。

2.5 桥台背后填土宜与锥体填土同时进行。

2.6 挡墙填料宜选用砾石土或砂类土。墙趾部分的基坑，应及时回填压实，并做成向外倾斜的横坡。填土过程中，应防止水的浸害。回填结束后，顶部应及时封闭。

3、路堑

3.1 路堑施工

（1）施工准备

施工范围内的地表种植土、杂草、树木、树根和其他杂质在施工间用人工或推土机予以清除，运至指定的弃土场，并做好排水工作，防止污染环境。测量放出开挖顶边线，配备足挖运机械设备。

（2）施工方法

①路堑开挖方式按地形情况，挖方断面及其长度结合土方调配确定，严格使用爆破法施工或掏洞取土，以防坍方。

②施工前先做好堑顶临时截、排水设施并及时铺砌截水沟以保证边坡稳定，土方开挖期间的临时排水设施要与永久排水设施相结合。

③土方开挖均自土而下进行，采用逐层顺坡开挖法，用挖掘机沿纵向顺坡取土，汽车运上至指定地点。

④注意山坡稳定情况，每天开工及收工前均对坡，坡顶进行检查，发现有坍方迹象或危石、危土立即处理，凡不能处理且对施工安全有威胁时，要暂停施工。若因地持有变需改变坡度，及时申报监理进行变更。

⑤土方地段路床顶面，应考虑因压实而产生的下沉量，其值由试验确定。路床顶面以下 30cm 的压实度或路床顶以下换上超过 30cm 时，其压实密度均不得小于 95%。

⑥土质边坡预留 20cm 保护层由人工用镐从上而下顺坡修整，确保坡率达设计要求，当边坡高度超过 10m 时，在 10m 处设置一宽 1.5m，外倾 3%的平台。

⑦按照设计要求采用人工砌筑坡面防护工程。

（3）施工工艺

路堑施工工艺详见堑开挖施工工艺流程图。

（4）路堑施工质量控制要点

①正确标出边桩线，施工中经常检查边坡开挖坡度，及时纠正偏差。

②坡面平顺光滑，无明显的局部高低差。土质边坡预留 20cm 保护层由人工用镐从上至下顺坡修整。

③路堑边坡严禁超挖，个别出现的坑穴和凹槽由人工先清除松动岩土并将底部凿平一定宽度用浆砌片嵌补，做到嵌体稳定，表面平顺，周边封严。

④路堑开挖按照横断面自上而下进行，防止因开挖不当引起边坡不稳和坍塌，

严禁掏底开挖。

⑤路堑施工时，先排除一切可能影响边坡稳定的地表水，以保证施工期及竣工后排水畅通。

⑥开挖时，经常注意边坡的稳定情况，每天开工、收工前均对坡面、坡顶附近进行检查，发现有坍方迹象或危石、危土立即处理，凡不能处理且对安全有威胁时，要暂停施工。

3.2 基本控制要求

①挖方地段施工应严格按设计和规范进行，挖除的材料应按设计要求作为路堤填料或废弃，在开挖前应作好排水、安全等工作，不破坏当地的生态环境，开挖断面应符合设计和规范的要求。

②开挖的方式应按地形情况、岩层产状、路堑断面及其长度并结合土石方调配合理确定。

③在运营线施工时，应作好既有线轨道及设备的防护。

3.3 土方开挖

①路堑施工应先作好堑顶的排水设施，保证排水系统通畅，排出的水不危及附近建筑物、地基、道路和农田，并随时注意检查。

②挖土时应从上往下进行，严禁掏底开挖，并且尽可能按土的层次进行，以保证填料土层的均匀性。

③基床部分的密实度应达到要求，否则应碾压或换填。

④基床表层不得有翻浆“弹簧”和起状。

⑤需设防护的边坡，当防护不能紧跟开挖施工时，应暂留置一定厚度的保护层待做护坡时再刷坡挖够。

3.4 石方开挖

①石方开挖应严格按照爆破工程施工和设计规范进行。

②在岩层的走向、倾角不利于边坡稳定及施工安全的地段，应顺层开挖不得挖断岩层，应采取减弱施工振动的措施；在设有挡土墙的上述地段，应采取短开挖或马口开挖，并设临时支护措施。

③爆破法开挖石方应按以下程序进行：施爆区管线调查→炮位设计与设计审批→配备专业施爆人员→用机械或人工清除施爆区覆盖层和强风华岩石→钻机→

爆破器材检查与试验→炮孔（或坑道、药室）检查与废旧碴清除→装药并安装引爆器材→布置安全岗和施爆区安全员→炮孔堵塞→撤离施爆区和飞石、强地震波影响区内的人、畜→起爆→清除瞎炮→解除警戒→测定爆破效果（包括飞石、地震波对施爆区内外构造物造成的损伤及造成的损失）。

3.5 路堑基率采取换填措施时，填料及压实应参照规范严格执行。

3.6 弃土堆位置与高度的确定应保证路堑边坡和自身的稳定，并考虑地形以及对附近建筑物、农田、水利、河道、交通、环保等的影响。

3.7 路堑开挖遇有下列情况时，应按规定的变更设计处理：

①设计边坡及基床、路基面所依据的土石种类或岩石构造与实际有明显不符时。

②因自然灾害危及堑底或边坡稳定时。

③因采用新的或特殊的施工方法，需放缓或加陡边坡坡度。

4、路基挡护

4.1 基本控制要求

（1）路基防护工程是防止路基病害，保证路基稳定，应根据土质岩性、水文、河流条件、边坡坡度与高度等选用适宜的防护措施。

（2）防护工程应按设计要求施工，施工应配合路基工程主体，安排适宜的施工时间并及时完成使之起到防护作用。

（3）防护设施应砌置于稳定的基脚和坡体上，保证防护设施能与土石坡面密贴结合。

4.2 坡面防护

（1）应修筑临时排水沟，排除雨水和积水，使坡面在修筑防护设施前不被破坏。

（2）当边坡不稳定或有地下水露头时，不宜采用坡面处理。

（3）在修筑坡面防护时，坡面应按设计整平、夯实，坡度符合要求。

（4）基底必须密实、平整，若遇风化岩石基础应采取措施。

（5）使用的材料应符合设计要求。

（6）边坡植物。坡面应平整、密实、湿润，铺设时应由坡脚向上铺设，用尖木桩或竹桩固于边坡上，若种植草籽，应均匀分布，在不利生长的土壤上应先铺

一层厚 5-10cm 的种植土，要求植物成活率达到 90%。在砌石骨架内铺草皮时，砌体应嵌入坡面，表面应与草皮衔接。

(7) 抹面捶面防护。抹、捶前，应将风化达到颇重程序的岩体表层的松动石块清除并冲洗，保证抹、捶面能稳固地密贴于坡面。抹面宜分二次进行，底层抹全厚的 2/3，面层厚 1/3，使其与坡面紧贴，厚度均匀，表面光滑。在较大面积上抹面时，应按设计留伸缩缝。

(8) 喷浆、喷射砼（或带锚杆铁丝网）。在喷浆之前应清除坡面松动石专用、浮土。对较大裂缝、凹坑应先嵌被牢实，使坡面平顺整齐，喷浆的厚度应满足设计要求。

采用铁比网与喷射砼防护时，应使铁比网与坡面保持规定的间隙，锚杆孔内应清除泥渣再灌浆，铁丝网和锚杆头均不外露，喷层周边与未防护坡面的衔接处作好封闭处理，预防水从缝隙浸入。每 50m 长度内上、中、下部任意抽测一处，厚度均不小于设计的 90%，喷射 2h 后即开始养生，一般养护 5~7 天。

(9) 干砌片石护坡：

a 基础埋置深度按设计要求，当其边坡有取土坑时，还应采取必要的措施保护基脚。

b 片石应分层铺砌，层次大致平顺，石块大面朝下，面缝宽度不得大于 2.5cm，表面应平整美观，所有的明缝均应用小石块敲入缝内嵌挤紧密。

c 砂浆应嵌入砌缝 2cm 以上，湿养 7~14 天。

d 设有垫层的护坡，随垫随砌。

e 护坡色缝应于路堤沉降已稳定后进行，并应先将松动和变形处修整平齐完好。

(10) 浆砌片石护坡

a 砌筑前应对坡面进行清理，松动岩石应予清除。局部超挖或凹陷处应挖成台阶后用与砌体相同的材料砌平。

b 砌筑前应对片石进行择分、清洗、泡水，砂浆应饱满，嵌缝应填实，砌石应分层错缝、挤紧，砌缝宽度不大于 4cm。

c 护坡勾缝应在路堤沉降稳定后进行，勾缝要平顺、整齐、牢固，没有脱落现象，勾缝砂浆凝结后，应清除砌体表面污垢，养生 7~14 天。

d 应按设计要求施工好泄水孔及伸缩缝。

(11) 勾缝、灌浆、嵌、支顶等防护：

a 勾缝及灌浆填缝，应先清除草根、泥土，并冲洗缝隙。勾缝砂浆应嵌入缝中，并与岩石结合。对较大的缝隙灌注砂浆时，体积配合比可用 1：4 或 1：5；大缝隙灌注砼时，体积比可用 1：3：6 或 1：4：6；灌注应插捣密实，满至缝口抹平。

b 嵌补坡面空洞及凹槽，应先清除松动岩石并将基座凿平一定宽度后再街砌筑。并应做到：嵌体稳固，表面平顺，周边封严。

c 支顶危石悬岩，其圪工基座应置于完整的稳定岩体上并整平或凿成台阶。

(12) 边坡渗沟防护：

a 沟底铺砌应置于稳定地层上；台阶连接处应砌筑密贴，防水下渗。

b 填充石块应用硬块石填料。沟底部应选用较大石块。反滤层材料规格及尺寸符合要求。顶部作好防地表水渗入的措施。

c 渗沟出口与纵向排水设施或挡上构筑物的衔接密贴牢固，保证渗沟水通畅。

4.3 冻土地区

(1) 保护地基的热状态，保护地表覆盖层和植被。

(2) 取土、挖取草上以及临时便道的位置应在路堤坡脚或堑顶 20m 以外，地面坡陡于 10 时，不允许在下侧取土。

(3) 要充分作好施工准备和排水设施，力求在适宜季节中配套完成。排水沟至路堤坡脚或保温护道坡脚距离不宜小于 5m，地下水地段不小于 10m。天沟至堑顶的距离不小于 10m。

(4) 护道顶面设 4%排水横坡。

(5) 护道材料为塔头草、泥炭、草皮时，其表面应覆盖厚度 0.2m 的细粒土。

4.4 冲刷防护

(1) 沿河地段路基受水流冲刷时，应选就适宜的防护、导流或改河工程。采取的措施要保护上下游水流条件畅通，不使下游路基冲刷。

(2) 干砌、浆砌片石或砼护坡防护：

a 基础：应于开挖中核对其地质情况，落实基础高程和嵌入基岩深度。明挖基础应参照挡上墙基础有关规定施工。

基础及其护基设施均宜在枯季中完成；并宜留有时间余地，使坡面铺砌能在

洪水来临前作好。

b 坡面铺砌应在填料和填筑压实符合要求或坡体沉降已趋稳定时进行。铺砌前应整平夯实坡面。

c 护坡上下游两端及顶部与边坡或岸坡的衔接应作到牢固、平顺、密贴，使水无从流入护坡背面。

(3) 石笼防护：

a 编笼应用镀锌铁丝。基脚部分用箱形笼。边坡部分用圆形笼。

b 装石块径应有 80%以上大于笼网孔径大石块应装在笼中的边部，较小石块装在内部。

c 石笼基底应大致平整，较小孤石应予清除。

d 安置石笼应作到位置正确，搭叠、衔接稳固、紧密，保证其整体作用。

(4) 挑水坝、顺坝及潜水坝等导流构筑物施工时，应周密调查核对坝址情况，如其地质、河道、水文条件已发生或在施工中发现新的变化时，应通过设计处理方可施工。

各种坝的施工应根据工点设计要求参照水工构筑物有关规定执行。应特别注意坝基处理和坝根与相连地层或其他防护设施的嵌接。

4.5 挡护墙

(1) 基本控制要求

①挡土墙应在荷载作用下稳定固、耐久。

②挡土墙应随开挖，随下基，随砌筑或随安装墙身，并作好墙后排水设施，及时回填或填筑路堤。

③挡土墙背后的填料及其填筑、压实应按路基施工规范有关规定执行；特殊条件下的新型、轻型挡土墙，其背后填料与填筑压实，尚应符合工点设计的特别要求。

④挡土墙与桥台、隧道洞门连接时，应协调配合；必要时应加临时支撑，保证相接填方或地基土层的稳定。

(2) 浆砌片石（块石）挡土墙

①材料规格、质量应符合设计和规范的要求。

②砂浆配合比准确，拌合均匀，随拌随用，强度达到设计要求。

③砌块分层错缝，坐浆挤紧，嵌填饱满密实，勾缝牢固，平顺美观。

- ④砌出地面后立即回填夯实，并作好顶面排水、防渗设施。
- ⑤做好泄水孔，墙背反滤、防渗、隔水等设施。
- ⑥沿墙长每 10~25m 与其他建筑物相连接处，应设置伸缩缝，在基底地层变化处设沉降缝，伸缩缝和沉降缝可合并设置。缝宽 20~30mm，缝内沿墙的内、外顶三边填沥青麻筋或沥青木板，塞入深度不小于 20mm。

(3) 砼挡墙

- ①材料：应符合设计和规范的要求。各项材不能低于下面标号：石料强度 25Mpa，砼 15 号，砖 10 号。
- ②砼表面蜂窝麻面不得超过该面积的 1%。
- ③伸缩缝、沉降缝、泄水孔、反滤层等参看本纲有关条款。

(4) 抗滑桩

- ①开挖前应作好下列工作，以确保施工能连续、快速、安全地进行：
 - a 应核对滑面情况和桩底高程，基底情况。
 - b 整平孔口地面。做好开挖区的截、排水及防渗工作。孔口地面下 0.5m 应先作好加强衬砌。孔口地面上加筑适当高度的围堰。
 - c 作好各项工序的机具器材和井下排水、通风、照明设施；落实人员调配、施工组织计划工作。
 - d 设置对滑坡变形、移动的观测。作好井下作业和撤出人员的安全防护技术措施。
- ②开挖及支护应按下列要求进行：
 - a 分节开挖，节高 0.6~2.0m，挖一节即支护一节。不得在土石层变化处和滑床面处分节。
 - b 挖桩时宜用就地灌注砼护壁支护，护壁厚一般采用 20~30cm，不得小于 15 cm。护壁砼应紧贴围岩灌注。灌注前应清除岩壁上的松动石块、浮土。在滑动面处的护壁应加强。
 - c 护壁砼模板的支架可于灌注后 24h 拆除。开挖下一节应在上一节护壁砼终凝以后进行。
 - d 开挖桩群应从两端向中部间隔开挖。爆破应采取减弱震动措施。
- ③灌注桩身砼：
 - a 灌注前，应检查净空断面、凿毛砼护壁、作好安置钢筋的测量放样。

b 灌注必须连续进行。钢筋宜预制成笼，可在桩孔内搭接；搭接不得设在土石分界和滑动面处。

c 砼落模及捣固应按铁道部现行的《铁路混凝土及砌石工程施工规范》有关规定执行。

d 当滑坡有滑动迹象或需加速施工进度时，宜采用速凝、早强砼。

④ 桩组上或桩间支挡结构以及与桩相邻的挡土、排水、防渗设施等，均应与抗滑桩正确连接，配套完成。

(5) 加筋土挡土墙

① 工前应检查地基承载力，检算基础砌体强度。所有预制构件质量、尺寸、精度，均应符合设计要求。

② 筑直立式墙面板应按不同填料和拉筋带酌设仰坡，墙面不得前倾。

③ 拉筋带应具有粗糙面，并垂直于墙面水平铺设。如局部与填土不密贴，应铺砂垫平。钢材外露部分应做好防锈处理。

④ 填筑时填料宜用粗粒土。当用粘性土时，应满足最佳含水量和密实度的要求，并在墙背及加筋土体的基底设置渗水反滤层。

⑤ 填料摊铺碾压应从拉盘中部开始，以平行于墙面方向逐步向拉筋尾部，然后再向墙面板方向进行；严禁平行于拉筋方向碾压。

⑥ 填土分层厚度及每层碾压，应按上下层拉筋间距、碾压机具和密实度要求，通过试验确定。碾压后应分层取样检验。严禁使用羊角碾碾压。靠近墙面板约 1m 范围内，应使用轻型振捣机具或人工夯实。

⑦ 沉降缝应根据加筋土挡土墙高度及地基土质的变化情况设置。

第二章 路面工程施工

1、路面基层、底基层施工

1.1 底基层（二灰土）的施工

1.1.1 施工准备

(1)、二灰土铺筑施工前，进一步对土基按质量验收标准进行验收，使下承

层满足平整、坚实、具有规定的路拱、无任何松散材料和软弱地点的要求。达到标准后，方能在其上铺筑二灰土层。

(2)、在土基上根据设计恢复线路中线，直线段每 10~20 米设一桩，曲线上每 10~15 米设一桩，并在两侧路肩外缘设指示桩，在两侧指示桩和线路中桩上用明显标记标志出石灰土基层边缘的设计标高。

1.1.2 原材料的要求

(1) 石灰：石灰质量应符合Ⅲ级消石灰或Ⅲ级生石灰的技术指标，应尽量缩短石灰的存放时间。如存放时间较长，应采取覆盖封存措施，妥善保管。

(2) 干粉煤灰的堆放宜加水，以防飞扬，湿粉煤灰的含水量不宜超过 35%。粉煤灰不应含有团块、腐殖质及有害杂质。使用时应将凝固的粉煤灰块打碎或过筛。

(3) 集料：用二灰土做底基时，土中碎石、砾石颗粒的最大粒径不应超过 37.5mm，各种细粒土、中粒土和粗粒土都可用二灰稳定后用做底基层。对所用的砾石或碎石，应预先筛分成 3~4 个不同粒级，然后再配合成颗粒组成符合规范要求范围的混合料。

(4) 水：凡饮用水（含牲畜用水）均可使用。

(5) 土块：最大尺寸不应大于 15mm，粉煤灰块不应大于 12mm，且 9.5mm 和 2.36mm 筛孔的通过量应分别大于 95%和 75%。

(6) 不同粒级的砾石或碎石以及细集料都应分开堆放。

(7) 石灰、粉煤灰和细集料都应有覆盖，防止雨淋过湿。

(8) 取有代表性的样品进行以下试验：

①土的颗粒分析；

②液限和塑性指数；

③石料的压碎值试验；

④有机质含量；

⑤石灰的有效钙和氧化镁含量；

⑥收集或试验粉煤灰的化学成分，细度和烧失量。

1.1.3 二灰土的拌制

(1) 用作底基的二灰土，采用拌和机集中拌和，石灰与粉煤灰的比例可用 1：

2~1: 4 (对于粉土, 以 1: 2 为宜), 石灰粉煤灰与细粒土的比例可以是 30: 70~90: 10。

(3) 材料的拌和可用带旋转刀片的分批出料的拌和设备或是用转动鼓拌和机或连续拌和式设备。二灰和集料可按质量比也可按体积比控制, 配料应准确, 拌和应均匀。

(4) 向各拌和设备内加水的比例可以按质量, 也可以按体积计量, 要随时对每批材料或按连续式拌和的材料流速进行用水量检查, 所加的水量必须考虑二灰及集料的原有含水量, 混合料的含水量应略大于最佳含水量, 使混合料运到现场摊铺后碾压时的含水量能接近最佳值。

(5) 注意拌和机内是否有死角存在, 如发现应及时纠正。

(6) 拌成混合料的堆放时间不宜超过 24h, 宜在当天将拌成的混合料运送到铺筑现场, 不应将拌成的混合料长时间堆放。

(7)、各种成分的配比偏差应在下列范围之内:

集料	±2%	质量比
粉煤灰	±1.5%	质量比
石灰	±0.1%	质量比
水	±2%	按最佳含水量

1.1.4 二灰土运输及摊铺整形

(1)、二灰土采用自卸卡车自拌和站运至待摊铺地段, 由摊铺机进行摊铺。为防止水分蒸发和产生离析, 混合料应在拌和以后尽快摊铺成型。

(2)、拌和机的产量大于 400t/h。摊铺机与拌和机的生产能力应相匹配。摊铺时由两台摊铺机成梯队联合作业, 两台摊铺机前后间隔为 5~8 米。单幅一次摊铺、碾压长度由试验确定。

(3)、摊铺机后面应设专人消除粗细集料离析现象, 特别应该铲除局部粗集料“窝”, 并用新拌混合料及时予以填补。

(4) 集中厂拌法施工时的横向接缝符合下列要求:

a、用摊铺机摊铺混合料时, 不宜中断, 如因故中断时间超过 2h, 应设置横向接缝, 摊铺机应驶离混合料末端。

b、人工将末端含水量合适的混合料弄整齐, 紧靠混合料放两根方木, 方木

的高度应与混合料的压实厚度相同。整平紧靠方木的混合料。

c、方木的另一侧用砂砾或碎石回填约 3m 长，其高度应高出方木几厘米。

d、将混合料碾压密实。

e、在重新开始摊铺混合料之前，将砂砾或碎石和方木除去，并将下承层顶面清扫干净。摊铺机返回已压实层的末端，重新开始摊铺混合料。

(5) 施工中应避免纵向接缝，上下层面间横缝应相互错开设置。

1.1.5 碾压

(1)、拌和料摊铺完成后，立即用 6T 轻型压路机并配合 15T 以上的压路机进行碾压，用 12~15t 三轮压路机和振动压路机碾压时，每层的压实厚度可以根据试验适当增加，压实厚度超过上述规定时，应分层铺筑，每层的最小压实厚度为 10cm，下层宜稍厚，对于石灰工业废渣稳定土，应采用先轻型后重，先慢后快的原则进行碾压。

(2)、直线段由两侧路肩向路中心碾压，设超高的曲线段，由内侧路肩向外侧路肩碾压，碾压时应重叠 1/2 轮宽，后轮必须超过两段的接缝处，后轮压完路面全宽时即为一遍，一般碾压需 6-8 遍，压路机的碾压速度，头两遍以采用 1.5-1.7km/h 为宜。以后宜采用 2.0-2.5km/h，路面的两侧应多压 2~2 遍。

(3)、碾压过程中如有弹簧、松散、起皮现象，应及时翻开重新拌和，使其质量达到规范要求。

(4)、碾压结束之前，再用平地机终平一次，使其纵向顺适，路拱和超高符合设计要求。终平应仔细进行，必须将高出部分刮除并扫出路。局部低洼处不再进行找补，留待基层铺筑时处理。

(5)、碾压后，通过在 100~200m 间隔内随机钻孔来检查铺筑层厚度。全部试验也至少有 50% 等于或超过要求的厚度，且不允许有两个相邻孔差在 $\pm 10\%$ 。

(6)、严禁压路机在已完成的或正在碾压的路段上调头或急刹车，应保证稳定土层表面不受破坏。

1.1.6 接缝和掉头处的处理

(1) 横缝。同日施工的两工作段的衔接处，采用搭界形成。横缝的处理方法如下：在已碾压完成的二灰土层末端，沿二灰土挖一条横贯筑层全宽的槽，槽深至土基表面。此槽与线路中心线垂直，靠二灰土的一面切成垂直面，槽内放两根与压实厚度等高的方木，用挖出的素土回填槽内其余部分。第二天，除去方木用

新的混合料回填，整平时，接缝处的二灰土应较已完成的断面高 5 厘米左右，以利形成一个平顺的接缝。

(2) 纵缝。二灰土底基层的施工应避免纵向接缝，在路面较宽，必须分幅施工时，纵缝必须垂直相接，处理方法同横接缝。

(3) 掉头处。自卸卡车等其他机械不得在已压成的二灰土层上掉头。如必须在其上掉头，可以在二灰土层上铺筑 10 厘米厚的沙砾垫层，保护掉头部分，使二灰土层不受破坏。

1.1.7 二灰土的养生

二灰土层碾压完成后，立即在其上铺筑基层（三灰砂砾），不需要专门的养生期。若其间铺筑间隔时间较长，则在二灰土层碾压完成后的第二天进行洒水养生，养生期为 7 天，养生期间，除洒水车外，任何车辆不得在二灰土层上行驶。

1.2 基层（水泥、石灰、粉煤灰砂砾）施工

1.2.1 进行底基层的准备工作（同二灰土）

1.2.2 施工准备

要求同二灰土

1.2.3 拌和

水泥、石灰、粉煤灰和砂砾的混合料在中心站用稳定土集中厂拌机械进行拌和。拌和时作到配料准确，拌和均匀。含水量略大于最佳值，使混合料运到摊铺现场后碾压时的含水量能接近最佳值。其拌和工艺同二灰土。

1.2.4 运输

三灰砂砾采用自卸卡车自拌和站运至摊铺现场。如果运输距离较长或温度较高，导致混合料可能变干时，应该用帆布覆盖，以防水分损失和沿路飞扬。

1.2.5 摊铺

三灰砂砾的摊铺使用专用摊铺机进行。摊铺分两层进行，并避免出现纵向接缝。摊铺机后面设专人消除粗细粒料离析现象，对局部粗集料窝和粗集料带及时铲除，并用新混合料补充，具体摊铺工艺过程同二灰土。

1.2.6 碾压

下层三灰砂砾摊铺一段距离后，采用 6T 双轮钢筒压路机进行初压 1~2 遍后，用平地机进行整平，然后使用 15T 钢轮碾压进行终压。终压完成后再铺第二层。

摊铺完成后先轻压、后重压，直至达到要求密实度和平整度。如果上下层不能在同一天铺完，则应采取措施保证上下层的粘结，碾压工艺过程同二灰土。

1.2.7 养生

三灰砂砾养生采用撒水养生法。养生期间应封闭交通。养生结束后立即进行进行路面混凝土的铺筑。

2、 沥青混凝土面层施工

2.1 施工准备

(1) 在沥青混凝土面层铺筑前，按照施工规范要求对基层进行全面检查，当基层符合要求后，方可进行面层的摊铺作业。

(2) 进场材料的检查

热拌沥青混合料面层施工时，对每批到场的沥青均应检查其生产厂家所附的实验报告、数量、生产日期试验结果等。对于不符合要求的，要及时清除出场。对进场的碎石、砂、石屑、矿粉等材料都要经过严格的检查，不合格的材料严禁入场。经试验选定的材料在施工过程中保持稳定，需要更改时，须经试验确定，并报监理批准。

(3) 施工机械的检查

①拌和与运输设备。沥青混凝土拌和设备转动之前应进行一次全面的检查，看其各项性能是否完好。检查运输车辆是否符合要求，保温设备是否齐全。

②摊铺及压实机械。摊铺机、压路机应检查其规格是否满足要求，主要机械性能是否良好。

2.2 铺筑试验路段

沥青路面大面积施工前，先铺筑试验路段。通过试验路段的修筑，用以研究确定合适的拌和时间及出厂温度、摊铺时间和摊铺温度、压实机械的合理组合、压实温度和压实方法、松铺系数及作业段长度。在试验段中，抽检沥青混凝土的沥青含量、矿料级配、稳定度、流值、空隙率、密实度等。混合料压实 12 小时后，按标准方法进行密实度、厚度的检查。

通过试验路段的修筑，优化拌和、运输、摊铺、碾压等施工机械设备的组合和工序衔接，确定混合料的生产配合比，明确人员的岗位职责，提出标准化施工方法。

2.2.3 热拌沥青混合料的拌制

(1) 操作程序

沥青混合料在沥青拌和站采用连续式拌和机械拌制。拌和机按规定配备防止矿粉飞扬和防设备尘，并有检测拌和温度的装置。拌和前应准确计量混合料各种材料的质量。

(2) 试拌

沥青混凝土大量生产前应进行试拌。试拌的目的是检查拌和设备各部分是否工作正常，能否按确定的配比生产混合料。同时，确定合适的拌和时间。在此时间下，拌制的混合料既均匀，又没有矿粉团聚现象，且沥青混凝土混合料试拌的强度最高。

(3) 批量生产

沥青混凝土批量生产时，应在每天开始工作之前检查拌和设备，确保正常运行。为使沥青混合料拌和均匀，在控制准确计量的前提下，严格控制加热温度和混合料的出厂温度。拌和后的沥青混合料应均匀一致，无花白料、无结团或严重的粗细料离析现象。

2.2.4 热拌沥青混合料的运输

(1) 热拌沥青混合料应采用 10T 以上较大吨位的自卸汽车运输。运输时应防止沥青与车厢板粘结。车厢应清扫干净，车厢侧板和底板可涂一薄层油水混合液，并不得有余液积聚在车厢底部。

(2) 从拌和场向运料车上装料时，应防止粗细集料离析，每卸一斗混合料应挪动一下汽车位置。

(3) 运料车应采取覆盖篷布等保温、防雨、防污染的措施。

(4) 沥青混合料运至摊铺地点后应凭运料单接收，并检查拌和质量，已结块或遭受雨淋及不符合温度规定的混合料不得用来铺筑路面。

(5) 连续摊铺过程中，运料车应停在摊铺机前 10~30cm 处，并不得撞击摊铺机。卸料过程中运料车应挂空档，靠摊铺机推动前进。

2.2.5 热拌沥青混合料的摊铺

(1) 铺筑沥青混合料前，应检查确认下层的质量。当下层质量不符合要求，或未按规定洒布透层、粘层、铺装下封层时，不得铺筑沥青面层。

(2) 沥青混合料摊铺机应符合下列要求：

- i. 具有自动方式调节摊铺厚度及找平的装置。
- ii. 具有足够容量的受料斗，在运料车换车时能连续摊铺，并有足够的功率推动运料车。
- iii. 具有可加热的振动熨平板或振动夯等初步压实装置。
- iv. 摊铺机宽度可以调整。

(3) 热拌沥青混合料采用自动整平摊铺机进行摊铺。摊铺分三步进行：第一步摊铺底面层粗粒式沥青混合料；第二步摊铺中面层中粒式沥青混凝土；第三步摊铺抗滑表层沥青混凝土。每层摊铺前按规定检查设备运转及混合料温度、质量情况外，还应对下层进行清扫和撒粘层沥青。

(4) 摊铺机自动找平时，中、下层采用由一侧钢丝绳引导的高程控制方式。覆面层采用摊铺层前后保持相同高差的雪撬式摊铺厚度控制方式。经摊铺机初步压实的摊铺层应符合平整度、横坡的规定要求。

(5) 沥青混合料的摊铺温度应符合规范的要求，并应根据沥青标号、粘度、气温、摊铺层厚度选用。

(6) 热拌沥青混合料铺筑时采用两台摊铺机成梯队作业，进行联合摊铺，相邻两幅应重叠 5~10 厘米；相邻两台摊铺机相距 10~30 厘米，摊铺前料斗内涂刷少量柴油。摊铺时松铺系数定为 1.2。摊铺沥青混合料应缓慢、均匀、连续不间断，摊铺过程中不得随意变换速度或中途停顿，摊铺速度应根据拌和机产量、施工机械配套情况及摊铺层厚度、宽度确定。

(7) 摊铺过程中随时检查摊铺层厚及路拱，不符合要求时应及时进行摊铺。摊铺时要缓慢、均匀、连续不间断的进行摊铺，摊铺过程中不得随意变换速度和中途停顿。

(8) 在铺筑过程中，摊铺机螺旋送料器应不停顿地转动，两侧应保持有不少于送料器高度 2/3 的混合料，并保证在摊铺机全宽度断面上不发生离析。当熨平板按所需厚度固定后，不得随意调整。

(9) 械摊铺的混合料，不应用人工反复修整。当出现下列情况时，可用人工做局部找补或更换混合料：

- i. 横断面不符合要求。

- ii. 构造物接头部位缺料。
- iii. 摊铺带边缘局部缺料。
- iv. 表面明显不平整。
- v. 局部混合料明显离析。
- vi. 摊铺机后有明显的拖痕。

(10) 人工找补或更换混合料应在现场主管人员指导下进行，缺陷较严重时，

应予铲除，并调整摊铺机或改进摊铺工艺。当由机械原因引起严重缺陷时，应立即停止摊铺，人工修补时，工人不宜站在热混合料层面上操作。

(11) 路面狭窄部分，平曲线半径过小的匝道或加宽部分以及小规模工程可用人工摊铺，人工摊铺沥青混合料应符合下列要求：

- i. 半幅施工时，路中一侧宜事先设置挡板。
- ii. 沥青混合料宜卸在铁板上，摊铺时应扣锹摊铺，不得挡锹远甩。
- iii. 边摊铺边用刮板整平，刮平时应轻重一致，往返刮 2~3 次达到平整即可，不得反复撒料反复刮平引起粗集料离析。
- iv. 撒料用的铁锹等工具使用前宜加热，也可以沾轻柴油或油水混合液，以防粘结混合料，沾轻柴油或油水混合液时，不得过于频繁。

v. 摊铺时不得中途停顿。摊铺好的沥青混合料应及时碾压。当不能及时碾压或遇雨时，应停止摊铺，并应对卸下的沥青混合料采取覆盖等保温措施

2.2.6 热拌沥青混合料的压实成型

热拌沥青混合料的压实按照初压、复压、终压三个阶段。每层沥青混合料铺筑后，都要进行压实工序，沥青混合料的分层压实厚度不得大于 10cm。沥青混合料的压实采用钢筒式静态压路机和轮胎式或振动压路机组合的方式。压路机以慢而均匀的速度碾压。

2.2.6.1 初压

(1) 初压采用 6~8T 的双轮钢筒式压路机，碾压遍数为两遍。碾压在沥青混合料温度较高时进行，碾压时不应出现推移、开裂现象，碾压顺序应从路肩两侧向中间进行，相邻碾压带重叠轮宽的 1/2~1/3，压完全幅为一遍。

(2)、压实温度应根据沥青稠度、压路机类型、气温、铺筑层厚度、混合料

类型经试铺试压确定，并应符合规范的要求。

(3)、当边缘有挡板、路缘石、路肩等支挡时，应紧靠支挡碾压。当边缘无支挡时，可用耙子将边缘的混合料稍稍耙高，然后将压路机外侧轮伸出边缘 10cm 以上碾压。也可在边缘先空出宽 30~40cm，待压完第一遍后，将压路机大部分重量位于已压实过的混合料面上再压边缘，减少边缘向外推移。

(4)、应采用轻型钢筒式压路机或关闭振动装置的振动压路机碾压 2 遍，其线压力不宜小于 350N/cm。初压后应检查平整度、路拱，必要时修整。

(5)、碾压时应将驱动轮面向摊铺机，碾压路线及碾压方向不应突然改变。向导致混合料产生推移。压路机启动、停止应减速缓慢进行。

2.2.6.2 复压

(1)、复压应紧接在初压后进行，并应符合下列要求：

复压宜采用 15T 以上重型的轮胎压路机碾压 4~6 遍，也可采用振动压路机或钢筒式压路机。相邻碾压带重叠 1/2~1/3 的碾压轮宽度。复压后路面达到要求的压实度，并无显著轮迹时为止，并无显著轮迹。

2.2.6.3 终压

终压应紧接在复压后进行。终压选用 8T 以上双轮钢筒或压路机或关闭振动的振动压路机碾压，终压不宜少于二遍，直至达到规定的密实度和无明显的轮迹时止。路面压实成型的终了温度应符合规范的要求。

2.2.6.4 碾压施工注意事项

① 压路机的碾压段长度应与摊铺速度相适应，并保持大体稳定。压路机每次由两端折回的位置应阶梯形的随摊铺机向前推进，折回处不应在同一横断面上。

② 在摊铺机连续摊铺的过程中，不得在新铺的混合料层上停顿、掉头、转向、左右移动和突然刹车。

③ 压路机碾压过程中有沥青混合料沾轮现象时，可向碾压轮洒少量水或加洗衣粉的水，严禁洒柴油。轮胎压路机在连续碾压一段时间轮胎已发热后应停车等候。振动压路机在已成型的路面上行驶时停止振动。

④ 压路机应从已碾压完毕区段进出碾压区域，不得斜角从路边出入。

⑤ 在当天碾压的尚未冷却的沥青混合料面层上，不得停放任何机械设备或车辆，并应防止矿料、杂物等散落在新铺路面上。

⑥ 对压路机无法压实的桥梁、挡墙等构造物接头、拐弯死角、加宽部分及某些路边缘等局部地区，应采用振动夯板压实。对雨水井与各种检查井的边缘还用人工夯锤、热烙铁补充压实。

2.2.7 施工缝处理

在摊铺沥青混合料时不可避免的会产生各种施工缝，施工缝处理不好，往往会产生台阶、裂缝、松散等病害，影响路面的平整度和耐久性。

(1) 纵缝。由于采用两台摊铺机梯队作业，纵缝采用热接缝。施工时将已铺混合料部分留下 10~20 厘米宽暂不碾压，作为后铺部分的高程基准面，最后跨缝碾压；若因路面较宽不能采用热接缝时，应加设挡板或采用切刀切齐。铺筑另一幅时将缝边清扫干净，并洒少量粘层沥青，摊铺时重叠 5~10 厘米宽，摊铺后用人工将摊铺在前半幅上的混合料铲走。碾压时先在已压实路面上行走，碾压新铺层 10~15 厘米，然后碾压压实新铺层，在伸过已压实路面 10~15 厘米，充分将接缝碾压紧密。上下层的纵缝应错开 15 厘米以上，表层的纵缝应顺直。

b) 横缝。摊铺工作因故中断及混合料冷却的情况下，需要作横缝。横缝与线路中线垂直，相邻两幅及上下层横向接缝错位 1 米以上，铺筑接缝时，先在已压实部分上面铺设一些热混合料使之软化，以加强新旧混合料的粘结。碾压横缝时，用双轮压路机在已压实的地段行驶，伸入新铺层 15 厘米，每压一遍向新铺层移动 15~20 厘米，直至压路机全部置于新铺层之上。然后改为纵向碾压。

第三章 桥梁、涵洞

1、涵洞

1.1 基础施工

(1)、采用机械配以人工进行基坑开挖，对承载力达不到 200Kpa 要求的，按照规范采用人工换填的办法处理，换填时用打夯机进行夯实，达到要求后，转入下道工序。

(2)、基础采用定型钢模一次关立成型，用 10×10cm 方木和 15×16cm 方木订制成牢固的支撑体系进行砼灌注。

(2)、盖板涵、通道桥基础砼一次性浇注完成，并在砼终凝前对表面进行扫

毛处理。箱式通道第一层只浇注底板及其上 30 厘米侧墙，浇筑基础时按要求用木板设置 2cm 沉降缝，沉降缝用沥青填塞，做到密实不漏水。

1.2、墙身施工

(1)、盖板涵墙身采用大块钢模一次性灌注完成，模型关立时做到接缝严密不漏浆，模型垂直度严格控制在规范要求内。

(2)、采用组合钢模板立模进行砼的灌注，模型关立时，严格控制、精心施工做到砼质量内实外美。

(3)、箱式通道侧墙、顶板采用钢模型立模，用 10×10cm 方木和 15×15cm 方木及碗扣式支架作成支承体系。钢模型在拼接时，做到板面平整，接缝严密不漏浆。

(4)、墙身、桥台身、箱涵在灌注砼时均按设计要求预留沉降缝，设计无要求时沉降缝按 4 米~6 米/道设置。

(5)、拆除墙身、侧墙模板时要避免大的震动，以避免对结构物混凝土造成伤害，拆模强度应达到设计 90%以上。

1.3 盖板涵盖板及预应力空心板的预制

1.3.1、预应力空心板的预制

(1)、预应力张拉台座的浇注

选择一较开阔、平坦的地段，将原地面进行清理、整平，并用打夯机进行夯实后，根据预应力空心板尺寸浇注墩式预应力台座，台座表面找平抹光，使其顶面相对高差不大于 2mm。

(2)、预应力空心板采用定型钢模型作外模，用抽拔钢管作芯模，人工布料，平板振动器振捣，钢管在混凝土浇注过程中应定时转动，在混凝土浇注完成后转动一次，然后每隔 5~15min 时转动一次，转动时应始终向一个方向旋转，不可左右摇动，并边转动边抽拔。

(3)、在预应力空心板成批生产前，作预制试验，并作好预应力钢绞线截断后的特性记录，主要有二点：预制板上缘、端部及其它部位有无裂纹及钢绞线有无滑动迹象。

(4)、绞线锚固长度按 100d 考虑，如发现有滑丝现象，应采取夹具机械锚固。

(5)、预应力筋采用张拉力和伸长值双控张拉施工，张拉控制应力采用 σ

$k=0.75R_{by}=1395\text{MPa}$ ，最大超张拉力为 144.6kN，伸长值根据施工时钢绞线的张拉长度精确计算。

(6)、预应力筋采用单根张拉，张拉分两步进行，即立模前的张拉和灌注混凝土前的张拉，张拉程序如下：

0 → 0.8jy(持荷 5 分钟) → 0.5jy → 绑扎钢筋立模 → σ_K → 灌注混凝土 → 楔块放张。

(7)、预应力板的钢筋绑扎在钢绞线张拉结束后 8 小时进行。

(8)、混凝土强度达到设计强度的 90%以上时，放松钢绞线。放松钢绞线时应缓慢、对称、均匀，不得骤然放松。

(9)、预制板终凝前，对顶面进行拉毛处理，以便能与现浇桥面板混凝土紧密结合。

(10)、预制板在距板端 80cm 处，四角预留吊环，以便吊装，吊环钢筋应与预制板钢筋焊接在一起。

(11)、预制板堆放时，严格按照预制板理论支承线位置设置垫木，不得随意改变支承点位置，不得把上下面倒置。

(12)、为避免斜板锐角破损，在斜角大于 20 度时，设置 3 厘米倒角。

(13)、张拉过程中断丝量不得大于 2%，且每束不得超过一根。

(14)、张拉完毕后，应及时灌注混凝土，如张拉完毕与灌注混凝土时间相隔过长或气温变化超过 10℃ 时，则必须抽查应力是否符合要求，否则需重新张拉。

(15)、边板预制时按设计要求预留内外侧护栏基础钢筋。

1.3.2 钢筋砼盖板的预制

(1)、盖板模型采用 L 73×73×5 的角钢焊制成模型骨架、采用 1.8cm 厚胶合板做面板浇注混凝土，在砼台座与盖板砼接触面间铺一层塑料薄膜或油毛毡，以便盖板砼达到强度后从台座上搬离。

(2)、根据设计尺寸，准确计算出每个盖板涵所需中板及边板的数量，据以指导预制盖板的数量，作到合理使用，力求节约成本。

(3)、钢筋在加工场按设计尺寸加工后运往预制场，钢筋绑扎严格按设计及规范要求办理。

(4)、混凝土灌注采用人工布料，平板振动器振捣。

1.4 盖板、预应力空心板的安装

(1)、检查构件尺寸、涵台尺寸和涵台间距离，并核对其高程。

(2)、用吊车将盖板和预应力空心板吊至平板卡车上运至现场，再由吊车将盖板或预应力空心板吊至墙顶或台帽上进行安装，盖板或预应力空心板在吊装时采取严格措施防止震动和折断。

(3)、预应力空心板或盖板在预制场地按吊装先后顺序编号和运输，严禁在吊装时出现混乱，错用现象。

(4)、预应力空心板在桥台身混凝土强度达到设计的 100%、支座安装好后方能吊装，吊装时要使空心板一次到位，避免多次移动，全桥空心板安装完成后，立即对其进行锚固，并浇筑现浇桥面板。

(5)、盖板安装时用 5 号砂浆紧密填塞盖板和背墙之间的缝隙，使背墙与盖板顶紧。

(6)、盖板砌缝宽度按 1 厘米设置，拼装每段的砌缝应与墙身沉降缝一致。

1.5 涵洞附属工程

1.5.1 防水层的施工

(1)、涵洞的洞身及端墙，在基础以上凡被土掩埋的部分，均以热沥青涂刷两遍，每道 1mm~1.5mm，不再另外涂抹砂浆。涂刷沥青前，应将混凝土表面清刷干净消除粉屑、污泥。

(2)、盖板涵盖板在安装好后，在顶面涂抹一层 1mm 厚的沥青，在沥青面层上铺设一层油毛毡，油毛毡铺设时做到使油毛毡拉伸平直，无皱折，无破裂。

(3)、沥青涂敷的工作应在干燥温暖的天气进行。

1.5.2 伸缩缝的施工

(1)、沉降缝按每隔 4~6 米设置一道，两端与八字墙交接处设置一道。

(2)、基础部分的沉降缝可将原施工时嵌入的木板或沥青砂板留下，作为防水之用。涵身部分的沉降缝用沥青麻筋填塞密实。

(3)、沉降缝端面应做到整齐、方正，基础和涵身上下贯通、不交错。

1.5.3 钢筋砼盖板涵底铺砌及八字墙、桥台锥体的施工

(1)、涵洞进出水口的沟床应整理顺直，与上下排水系统的连接圆顺、稳固，保证流水顺畅。

(2)、涵底铺砌采用 30 厘米厚 7.5 号浆砌片石，砂浆在拌和站集中拌制，砼运输车运送至现场，片石采用 N0.3 料场大面短边不小于 30 厘米的石料。片石缝隙间应填满砂浆防止冲刷，并使铺砌层形成向出口的设计排水坡。

(3)、涵底铺砌时按设计要求灌注支撑梁，支撑梁垂直于涵台侧面，按 4 米间距布置。

(4)、八字墙底按设计要求设 60cm 厚、宽 40 厘米的灰土垫层并夯实，在基础砼落灌完成后，立模浇筑墙身砼。八字墙与台墙设缝隔开，缝内用沥青麻絮或其它具有弹性的材料填塞。

1.5.4 涵背填土

见路基工程结构物台背填筑。

2、混凝土施工工艺

2.1、混凝土集料

2.1.1、一般要求

(1) 集料应清洁、坚硬、坚韧、耐久、无外包层、匀质，并不含结块、软弱或片状颗粒，无粘土、尘土、盐、碱、壤土、云母、有机物或其他有害物质。必要时，集料应予清洗和过筛，以除去有害物质。

(2) 不同来源的集料不得混合或储存在同一堆料场，也不得交替使用在同类的工程中或混合料中。

(3) 用于混凝土的水泥、集料及外加剂等，应分别进行含碱量试验，尽量避免使用可能发生碱集料反应的集料。在非含碱环境中，如果必须采用此类集料时，应按规范要求，选用碱含量小于 0.6%的低碱水泥，并限制混凝土中的总碱含量。对于一般桥涵不宜超过 3.0 kg/m^3 ；对于特殊大桥、大桥和主要桥梁不宜大于 1.8；在含碱环境的混凝土中，不得使用此类集料。

2.1.2、细集料

(1) 细集料应由颗粒坚硬、强度高、耐风化的天然砂构成，也可由质量占 50% 的用硬质岩石加工的机制砂与天然砂组成。

(2) 细集料的级配及压碎指标应符合《公路工程集料试验规程》(JTJ058-94) 的规定。

(3) 本桥主体工程用料采用同一产地同一级配、料径在 5 mm 以下的天然的河砂，其泥质含量不超过 3 %，硫化物、硫酸盐、云母以及轻物质不大于 1 %，有机质含量颜色不深于标准色。

(4) 砂的检测项目为六项：颗粒级配、泥土杂物、粉尘含量、比重、容重、压碎指标。

2.1.3、粗集料

(1) 粗集料应由符合级配要求的坚硬卵石、砾石或碎石组成。C40 及 C40 以上的混凝土，应采用碎石。

(2) 粗集料的技术要求、坚固性指标及有害物质含量，按要求进行强度、颗粒级配、比重、容重、空隙率、泥土杂质含量各种试验，均应符合《公路工程集料试验规程》(JTJ058-94) 的要求。

(3) 粗集料最大粒径应不超过结构物最小尺寸的 1/4 和钢筋最小净距的 3/4；当设置二层或多层钢筋时，不得超过钢筋最小净距的 1/2。粗集料粒径也不得超过 100mm。用砼泵运送砼时的粗集料最大粒径，除符合上述规定外，对碎石不应超过输送管内径的 1/3；对于卵石不应超过输送管内径的 1/2.5。

(4) 本工程的墩台砼选用达到强度的碎石作为粗骨料，骨料粒径为 20~40mm。水下砼用料粒径不大于导管内径或钢筋净距的 1/4 (层钢筋净距的 1/3)，也不大于 40mm。钢筋砼用料不得大于钢筋间最小净距的 3/4，且用料最大粒径不得超过模板厚的 1/2 和结构截面最小尺寸的 1/4。

2.1.4、水

水的化学分析按《公路工程水质分析操作规程》(JTJ056-84)进行。水质经化验检测后应符合下列规定:

- (1) 水中不含有影响水泥正常凝结与硬化的有害杂质或油脂、糖类等,
- (2) 污水、PH值小于4的酸性水和硫酸盐含量(SO₄)超过水重1%的水,均不得使用。
- (3) 拌合用水的氯化物含量,用于预应力混凝土的每升水中氯气不得超过300mg,用于钢筋混凝土的每升水中的氯气不得超过600mg。

2.1.5、水泥

- (1) 所有水泥应取自监理工程师同意的产源,在一个工程项目中所用的任一类水泥应取自同一生产厂商,但监理工程师同意除外。
- (2) 水泥有生产厂家本批量产品的材质化验单,其各项技术性能必须符合《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ053-94)标准,并抽样鉴定水泥的各项性能指标,检验结果报监理工程师批准,不合格水泥不得使用。
- (3) 水泥的使用时间,不超过出厂日期三个月,并按有关要求做水泥的复查试验,其检测项目不少于四项:水泥的细度、凝结时间、体积安定性、强度等。

本工程主体结构砼选用同厂同一标号大厂水泥。

2.1.6、外加剂

- (1) 外加剂的应用应符合《混凝土外加剂应用技术规范》(GBJ119-88)的规定。
- (2) 除了减水剂及加气剂外,一般不允许使用外加剂,但图上另有注明或监理工程师书面同意者除外。
- (3) 工程用外加剂由专门的生产单位负责供应。运到工地的外加剂无论是固体、液体或粘膏状态,均有适当的包装和容器。包装上标明名称、用途和有效物质含量,并附产品鉴定合格证书。
- (4) 早强、减水、引气、密实、速凝和缓凝等外加剂,在使用前经过试验,

确定其性质、有效物质含量、溶液配制方法和最佳掺量。预应力砼中不掺用氯盐。钢筋混凝土中氯盐掺量不超过水泥重量的 0.2%，无筋砼中氯盐掺量不超过 3%。外加剂在使用过程中，必须调拌均匀，并定期检查。

掺入外加剂以后的凝结速度，适应砼运输和灌注过程的需要。

2.1.7、混合材料

粉煤灰等混合材料使用前，应进行材质鉴定和掺入量试验，并征求监理工程师的同意才能使用。

2.2、混凝土配合比设计

2.2.1、一般要求

(1) 不同级别的混凝土应由试验室进行配合比设计。

(2) 混凝土配合比设计应在混凝土浇筑前至少 35d 完成，在配合比未得到监理工程师批准前，不得浇筑混凝土。

2.2.2、普通混凝土配合比设计

(1) 普通混凝土配合比，应按《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ55-96) 通过计算、试配和调整确定。

(2) 混凝土的试配强度，应根据图纸规定混凝土强度等级，进行计算。

(3) 对于预应力混凝土，应符合《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTJ023-85) 中关于混凝土弹性模量的规定。

(4) 混凝土的最大水灰比、最小水泥用量，应符合表 1 的要求。

混凝土的最大水灰比、最少水泥用量 表 1

混凝土结构所处的环境	素混凝土		钢筋混凝土/预应力混凝土	
	最大水灰比	最少水泥用量 (kg/m ³)	最大水灰比	最少水泥用量 (kg/m ³)

温暖地区或寒冷地区, 无侵蚀物资影响、与土直接接触	0.60	250	0.55	275
严寒地区或使用除冰盐的 桥涵	0.55	275	0.50	300
受浸蚀性物质影响	0.45	300	0.40	325

注：①本表中的水灰比，系指水与水泥（包括外掺混合材料）用量的比值；

②本表中的最小水泥用量，包括外掺混合材料；当采用人工捣实混凝土时，水泥用量应增加 25 kg/m³；当掺用外加剂且能有效地改善混凝土的和易性时，水泥用量可减少 25 kg/m³；

③严寒地区系指最冷月份平均气温 ≤ 5℃ 且平均气温 ≤ 5℃ 平均的天数 ≥ 145d 的地区。

(5) 混凝土的水泥用量（包括代替部分水泥的混合材料），一般不超过 500 kg/m³，预应力混凝土水泥用量最大不超过 550 kg/m³。

(6) 混凝土浇筑入模时的坍落度应控制在 10~30mm 内，水下混凝土、泵送混凝土的坍落度应符合相应规定要求。

(7) 混凝土砂率的确定应符合下列规定：

a、坍落度在 T ≤ 60mm 及 T ≥ 10mm 范围内的混凝土砂率，可根据粗骨料品种、粒径及水灰比按表 2 选取。

混凝土砂率 (%)

表 2

水灰比	卵石最大粒径			碎石最大粒径		
	10	20	40	16	20	40
0.40	26~32	25~31	24~30	30~35	29~34	27~32

0.50	30~35	29~34	28~33	33~38	32~37	30~35
0.60	33~38	32~37	31~36	36~41	35~40	33~38
0.70	36~41	35~40	34~39	39~44	38~43	36~41

注：①本表中数值系中砂的选用砂率，对细砂和粗砂，可相应地减少或增大砂率；

②只用一个单粒级粗骨料配置混凝土时，砂率应适当增大；

③对薄壁构件砂率取偏大值；

④本表中的砂率系指砂与骨料总量的质量比。

b、坍落度 $T \geq 100\text{mm}$ 的混凝土砂率，应在表值的基础上，按坍落度每增大 20mm，砂率增大 1% 的幅度予以调整。

c、坍落度 $T > 60\text{mm}$ 或 $T < 10\text{mm}$ 的混凝土及掺外加剂和掺加料的混凝土，其砂率应经试验确定。

(8) 在混凝土掺用外加剂，应符合以下要求：

a、在钢筋混凝土及预应力混凝土中，不得掺用氯化钙、绿化钠等氯盐。

b、钢筋混凝土从各种组成材料引入的氯离子（折合氯化物）含量：当结构物处于干燥环境、水中及地下时，不宜超过水泥用量的 0.30%，结构物处于干湿交替状态或常年湿度大于 80% 时，不宜超出水泥用量的 0.15%，如大于 0.15% 小于 0.30% 时，应采取有效的防锈措施（如掺入阻锈剂、增加保护层厚度、提高混凝土密实性等）。

c、预应力混凝土各组成材料引入的氯离子（折合氯化物）含量，不宜超过水泥用量的 0.06%，如大于 0.06% 时，应采取防锈措施；对于干燥环境中的小型非重要构件，氯离子含量可提高一倍。

d、无筋混凝土的氯化钠、氯化钙掺用量，以干质量计不应超过水泥用量的 3%。

- e、掺入加气剂混凝土的含气量为 3.5%~5.5%。
- f、预应力混凝土中不得掺入加气剂或加气型减水剂。
- g、结构混凝土中各种材料引入的总含碱量不应超过 3.0 kg/m³。

2.2.3、泵送混凝土的配合比设计

- (1) 泵送混凝土不宜采用火山灰质硅酸盐水泥。
- (2) 泵送混凝土所用粗骨料的最大粒径：当泵送混凝土高度小于 50m 时，对碎石不宜大于管径的 1/3，对卵石不宜大于管径的 1/2.5；泵送高度在 50~100m 时，对碎石不宜大于管径的 1/4，对卵石不宜大于管径的 1/3；泵送高度在 100m 以上时，对碎石不宜大于管径的 1/5，对卵石不宜大于管径的 1/4；粗骨料应采用连续级配，且针片状颗粒含量不宜大于 10%。

2.3、材料运输和存贮

2.3.1、集料

- (1) 混凝土用的集料，在运输或工地存贮时，应使其不受污染。
- (2) 集料应按不同尺寸运抵工地，并贮存在相互分开的不同集料中。
- (3) 粗集料堆应按厚度不超过 1m 的水平层堆放，以免集料发生离析。如果集料有离析时，必须重新拌和，以符合规定的级配要求。

2.3.2、水泥

- (1) 水泥在运输过程中必须用防水篷布或其他有效的防水覆盖物加以覆盖。散装水泥运输车辆的储料斗和筒仓，不应残留不同类型、低级别的水泥或其他任何材料。
- (2) 水泥应储存足够的数量，以满足混凝土的浇筑需要。任何时候不能因水泥供应中断而暂停浇筑。

(3) 不同类型的水泥应贮存于不同筒内。

(4) 水泥在交货后应尽快使用，使用时应为没有结块的松散流动体。

2.4、混凝土拌和

(1) 砼集中拌和站必须配备拌制设备和计量装置，经常保持良好状态，并严格按配合比计算，各种拌合材料的配量偏差为：水泥不大于 $\pm 2\%$ ，粗、细骨料不大于 $\pm 3\%$ ，水和外加剂不得大于 $\pm 1\%$ 。

(2) 砼搅拌均匀，颜色一致。强制式搅拌机的最短搅拌时间 1.5 分钟，自落式搅拌机容积小于或等于 400 升、小于或等于 800 升、小于或等于 1200 升、小于或等于 2400 升的最短搅拌时间分别为 1.0、1.5、2.0、2.5 分钟。

2.5、混凝土运输

2.5.1、用以运输混凝土的混凝土罐车应不渗漏，必须在每天工作后或浇筑中断超过 30min 时予以清洗干净。

2.5.2、为了避免日晒雨淋和寒冷气候对混凝土质量的影响，当需要时，应将混凝土罐车加上覆盖物。

2.5.3、从加水拌和但入模的最长时间，应由试验室根据水泥初凝时间及施工气候确定。

2.5.4、砼在运输过程中不发生离析、漏浆、严重泌水及坍落度损失过多等现象。如运到灌注地点砼有离析现象，灌注前必须进行二次搅拌，并不得再次加水，用砼搅拌运输车运输砼，其搅拌、运输砼到全部砼卸出时间不超过 90 分钟。

2.6、混凝土浇筑

2.6.1、一般要求

(1) 混凝土的浇筑方法，应经监理工程师批准，并尽可能采用水泥混凝土泵送浇筑方法。

(2) 浇筑混凝土前，全部支架、模板及钢筋预埋件应按图纸要求进行检查，

并清理干净模板内杂物，使之不得有滞水、冰雪、锯末、施工碎屑和其他附着物质，未经监理工程师检查批准，不得在结构任何部位浇筑混凝土。在浇筑时对混凝土表面操作应仔细周到，使砂浆紧贴模板，以使混凝土表面光滑、无水囊、气囊或蜂窝。

(3) 混凝土分层浇筑厚度在用插入式振动器时浇筑厚度不大于 300mm，混凝土的浇筑应连续进行，如因故必须间断，间断时间应经试验确定，并经监理工程师认可，且不得超过表 3 规定，若超过允许间隔时间，按施工缝处理。

(4) 混凝土浇筑在浇筑前，混凝土的温度应维持在 10℃~32℃ 之间。

(5) 除非监理工程师另外同意，混凝土由高处落下的高度不超过 2m。

浇筑混凝土的允许间断时间 (min) 表 3

项次	混凝土入模温度 (°C)	使用水泥	
		硅酸盐水泥, 普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥, 粉煤灰硅酸盐水泥
1	20~30	90	120
2	10~19	120	150
3	5~9	150	180

注：①表列时间自间断前的混凝土搅拌加水算起。

②表列数值未考虑掺用外加剂的影响。

时应采用导管或溜槽。超过 10m 时应采用减速装置。导管或溜槽，应保持干净，使用过程中要避免砼发生离析。

(6) 浇筑混凝土期间，应设专人检查支架、模板、钢筋和预埋件等稳固情况，当发现有松动、变形、移位时，应及时处理。

(7) 混凝土初凝后，模板不得振动，伸出的钢筋不得承受外力。

(8) 在晚间浇筑混凝土，应具有监理工程师批准的适当的照明设施。

(9) 工程的每一部分混凝土的浇筑日期，时间及浇筑条件都应保有完整的记录，供监理工程师随时检查使用。

2.7、混凝土捣实

2.7.1、一般要求

所有混凝土，一经浇筑，应立即进行全面的捣实，使之形成密实、均匀的整体。

2.7.2、设备

(1) 混凝土的捣实，一般均应使用机械振捣。

(2) 振捣器应以不小于 4500 脉冲/min 的频率传递振动于混凝土，使在距振捣点至少 0.5m 以内的混凝土产生 25mm 坍落度的可见效应。

(3) 工地上应配有足够数量的处于良好状态的振捣器，以便可随时替补。

2.7.3、振捣

(1) 振捣应在浇筑点和新浇筑混凝土面上进行，振捣器插入混凝土或拔出时速度要慢，以免产生空洞。

(2) 振捣器要垂直地插入混凝土内，并要插至前一层混凝土，以保证新浇混凝土与先浇混凝土结合良好，插入深度一般在 50~100mm。

(3) 插入式振动器移动间距不得超过有效振动半径的 1.5 倍。表面振动器移位间距，应使振动器平板能覆盖已振实部分 100mm 左右。

(4) 当使用插入式振捣器时，应尽可能的避免与钢筋和预埋件接触，距模板 15~20cm。

(5) 模板角落以及振捣器不能到达的地方，辅以插针振捣，以保证混凝土密

实及其表面平滑。

(6) 不能在模板内利用振捣器使混凝土长距离流动或运送混凝土，以至引起离析。

(7) 混凝土振捣密实的标志是混凝土停止下沉、不冒气泡、泛浆、表面平坦等。

(8) 混凝土捣实后 1.5~24h 之内，不得受到振动。

2.8、施工缝

2.8.1、施工缝应按图示设置。外加施工缝应经监理工程师书面批准。

2.8.2、当监理工程师认为需要时，水平施工缝中，沿所有外露表面，在模板内设 40mm 宽的板条，使施工缝保持直线。

2.8.3、在浇筑新混凝土前，施工缝的表面应用钢丝刷刷洗或凿毛。在用水刷洗混凝土强度须达到 0.5MPa，在人工凿毛时须达到 2.5 MPa，用风动机凿毛时须达到 10 MPa，同时应加水使混凝土保持潮湿状态直到浇筑新混凝土。

2.8.4、在浇筑新混凝土时，老混凝土强度必须达到 1.2 MPa，如为钢筋混凝土，须达到 2.5 MPa。同时在老混凝土面上水平缝抹一层厚 10~20mm 的 1: 2 水泥砂浆，竖直缝抹一层纯水泥浆。

2.8.5、下部结构混凝土的浇筑应使所有水平施工缝保持水平，并在可能时，缝位于完成结构的不暴露部位。当必须设垂直施工缝，或施工缝位于重要部位或具有抗震要求时，应有钢筋通过施工缝使结构成为整体。当施工缝为斜面时，应先凿成台阶状。

2.8.6、施工缝混凝土的浇筑应连续进行，暴露在可见面的施工缝边线，应特别注意加以修饰，做到线条及高度整齐。砼的自由倾落高度不超过 2m，否则，采用滑槽、串筒、漏斗等器具或通过模板上预留的孔口灌注。

2.8.7、灌注砼连续进行，如必须间断，其允许间断时间由试验确定，间断超过砼的初凝时间，则按照施工缝处理。当无试验资料时，对不掺外加剂的砼，温度低于 10℃ 间断时间不超过 2.5h，温度 10~30℃ 时为 2h，高于 30℃ 时为 1.0h。灌注中断时，在前层接缝面上，埋入接茬的片石或钢筋、型钢、并外露一半。

砼拌制时，按不同标号、不同配合比、不同工程部位分别制作试件。每灌注 50~100m³ 砼，制用试件一组，不足 50m³ 者，也制作一组。砼 28 天抗压极限强度必须符合设计标准。

2.9、混凝土表面的整修

2.9.1、所有混凝土的外露面的外形应线形正确、顺畅、光洁、颜色一致。拆模后如表面有粗糙、不平整、蜂窝或不良外观时，应凿到监理工程师同意的深度，并以监理工程师同意的混凝土等级重新填筑和修整表面。这种修补工作要由监理工程师在总体上予以同意，监理工程师还可以要求全部有缺陷混凝土清除重新浇筑。

2.9.2、监理工程师批准，用模板在形的混凝土表面不允许粉刷。

2.9.3、修混凝土表面所用材料，应符合规范的要求。所有填充应与孔穴表面紧密结合，在填充及养生和干燥后，应坚固、无收缩开裂及鼓形区，表面平整且与相邻表面平齐。

2.10、混凝土养生

2.10.1、一般要求

(1) 混凝土浇筑完成后，待表面收浆后尽快对混凝土进行养生，洒水养生应最少保持 7 天或监理工程师指示的天时。预应力混凝土的养生期应延长至施加预应力完成为止。

(2) 构件体积大，水泥含量较高，或采用特别养生方法进行养生的构件，其养生方法应经监理工程师批准。

(3) 构件不应有由于混凝土的收缩而引起的裂缝。

(4) 结构物各部分构件，无论采用什么养生方法，在拆模之前均应保持湿润。

(5) 同样构件尽可能在同一条件下养生。

(6) 养生期间，混凝土强度达到 2.5MPa 之前，不得使其承受行人、运输工具、模板、支架及脚手架等荷载。

2.10.2、洒水养生

(1) 洒水养护宜用自动喷水系统和喷雾器，湿养护应不间断，不得成干湿循环。提供的覆盖材料应事先取得监理工程师的同意。

(2) 洒水养生应根据气温情况，掌握适当的时间间隔，在养生期内保持表面湿润。砼灌注完毕 10~12h 以内，就要浇水养护。养护期限不得少于 7 天。浇水以能保持砼湿润为度。当气温高于 15℃ 时，最初三天，白天每隔 2h 浇水一次，夜间至少浇水两次；三天以后，每昼夜至少浇水四次。

(3) 气温低于 5℃ 时，应覆盖保温，不得洒水养生。

2.10.3、防水纸、塑料布养生

(1) 防水纸应尽可能采用大幅宽纸。相临纸应至少重叠 150mm，并用胶带、玛蹄脂、胶水或其他批准的方法紧密粘合，使整个混凝土表面形成完全覆盖。应固定防水纸不被风吹移动。养生期内任何纸破碎或损坏时，应立即修补该部分。不应使用丧失防水性能的纸段。

(2) 塑料布的使用要求同防水纸，本工程中墩柱养生宜采用此法。

2.11、混凝土的夏季施工

混凝土在浇筑前的温度不应超过 32℃。施工中应采取如下措施以保持混凝土温度不超过 32℃：

2.11.1、集料及其他组成成分的遮阴或围盖和冷却。

2.11.2、在生产及浇筑时对配料、运送、泵送及其他设备的遮阴和冷却。

2.11.3、喷水以冷却集料。

2.11.4、用致冷法或埋水箱法或在部分拌和水中加碎冰以冷却拌和水，但在拌和完后，冰应全部融化。

2.11.5、与混凝土接触的模板、钢筋、钢法兰盘及其他表面，在浇筑混凝土前冷却至 32℃以下，其方法有盖以湿麻布或棉絮、喷雾状水，用以保护罩覆盖或其他认可的方法。

2.11.6、桥面板及桥面铺装混凝土浇筑温度应不超过 26℃。蒸发率大于每小时 0.5kg/m²时，则不应在桥面板、桥面铺装或其他暴露的板式结构上浇筑混凝土。

2.12、冬季混凝土施工

冬季施工混凝土，除严格按《公路工程桥涵施工技术规范》中关于寒冷气候的混凝土施工要求办理外，采取以下措施，以确保冬季混凝土施工的质量：

2.12.1、合理安排工序进度，尽量避免在寒冷的气候(室外日平均气温连续 5d 低于 5℃)条件下浇筑混凝土和养生。

2.12.2、若实在无法避免在寒冷的气候条件下进行混凝土浇筑和养生，则采取对水和集料加温，水泥保温，对混凝土采用覆盖保温或搭暖棚进行升温养生。

2.12.3、采用掺加早强剂或防冻剂的砼配合比，加快砼初期水化热的产生，使砼在负温来临前达到设计强度的 30%以上。

2.13、施工注意事项

2.13.1、混凝土浇筑前，应据现场的实际情况，拟订相应的施工方案，其中主要是确定浇注程序和速度，拌和物的运输方法、振捣方法与浇注速度相适应的劳力组织等。

2.13.2、混凝土所有原材料进场必须经过试验合格后才能使用，并严格分部位按配合比施工。

2.13.3、在混凝土施工全过程中必须注意施工安全，防止安全事故的发生。

2.13.4、混凝土在浇注前必须检查模板、支架稳定情况及钢筋安装情况，且浇注

过程中应随时检查模板支架是否变形并及时采取处理措施。

2.13.5、 混凝土配合比设计及捣实和模板关设质量是影响其外观质量的重要因素，在施工中必须严格操作控制，确保工程质量。

3、旋挖钻机施工钻孔桩基础

3.1、适用地形地质条件

(1) 地势开阔、平坦，工程数量相对集中。

(2) 通过选用不同形式的钻头，对粘土层、砂层、直径小于 40CM 的砂砾石层、强风化、中风化岩层等各种地层均适用，并可快速穿过复杂地层，而不影响成孔质量。

3.2、不同类型旋挖钻机适用桩径，桩深情况对照表

序号	机型	产地	适用桩径	最大钻深
1	R-12	意大利	0.6~1.2m	50m
2	R-412HD	意大利	0.6~1.5m	56m
3	R-516	意大利	0.6~2.0m	61m
4	R-518	意大利	0.6~1.8m	66m
5	BG-25	德国	0.6~2.5m	82m

3.3、旋挖钻机主要部件组成：

旋挖钻机部件组成及机械性能基本相似，现以 R-516 旋挖钻机为例，其主要部件组成情况如下：

履带式底盘，转盘平台（含操作室），钻杆导向架，动力头，钻杆，钻具等六部分组成，具体组成详见下图

3.4、旋挖钻机结构特点、机械性能及工作原理：

(1) 结构特点及机械性能情况：

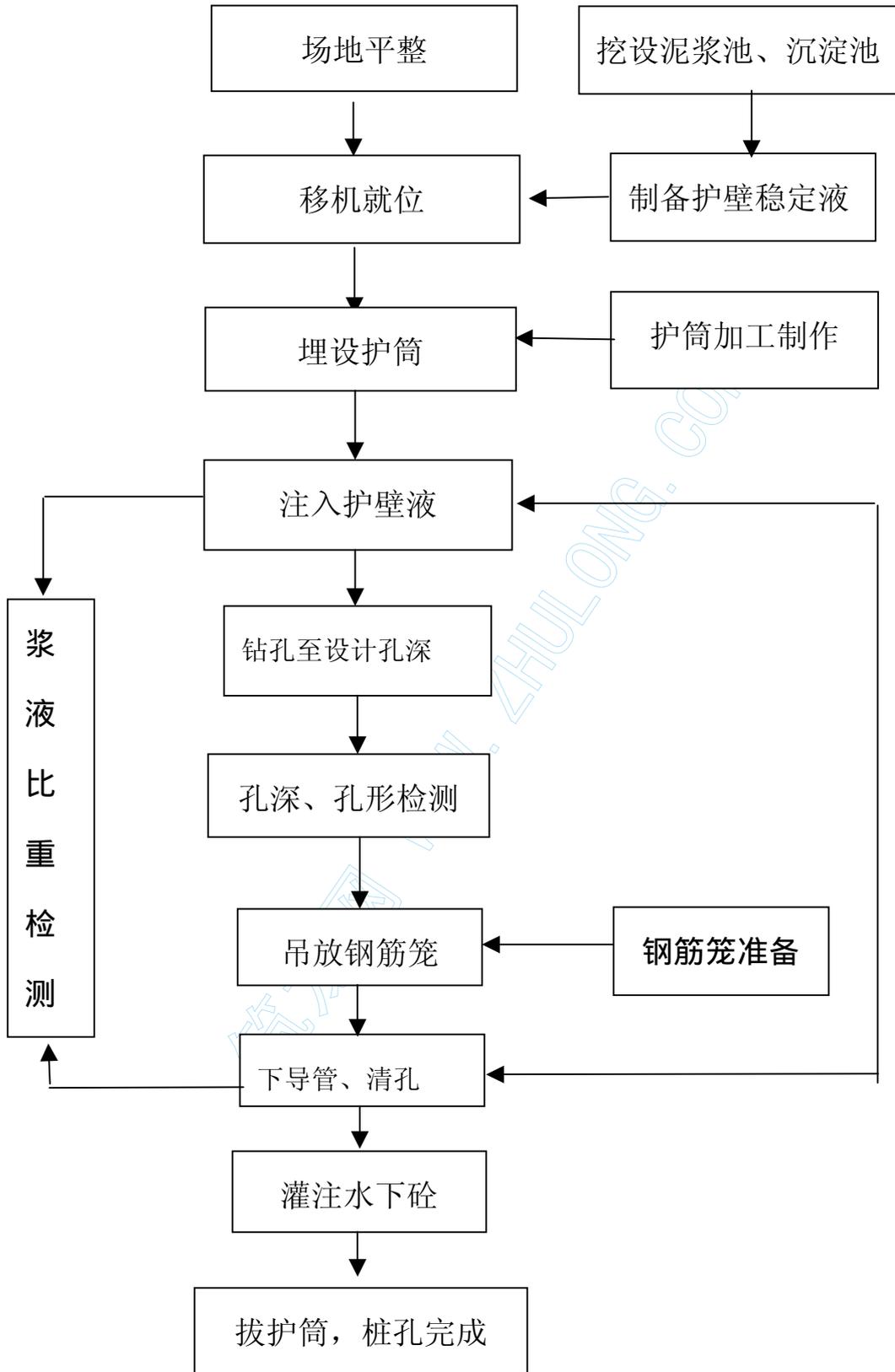
序号	设备尺寸、机械性能		相关技术指标
1	设备	高	24m

	结构尺寸	宽	8m
		自重	约 60t
2	最大行驶速度		2km/h
3	回转半径		360°
4	导向架可调范围及倾角		0~1.0m, 0~60
5	卷扬机提升力		170KN
6	钻具转速		25 转/分
7	钻头斗容量		1.2~2.0m ³ /斗

(2) 工作原理:

旋挖钻机以动力头与伸缩式钻杆、筒式钻头相连，由随机柴油机驱动液压马达来转动钻杆，电脑自动控制钻杆垂直度、深度及液压系统，通过液压加压，旋转桶式钻头，进行原始主体的挖掘，筒内旋满主体后，回旋钻头 3~5 周，使钻头下口充分封闭后提升钻头，将主体卸于孔外，由装载机倒离孔口。

3.5、旋挖钻机工艺流程:



3.6、施工方法及步骤

3.6.1、施工准备

(1)、清除杂物，做场地平整，并对施工场地做压实处理。

(2)、采用 Nikang550 型野外全站仪测放桩孔桩位，测放资料经监理工程师复核签字认可后，施放桩位护桩做四角护心标志。

3.6.2、成孔过程

A、护筒埋设及泥浆、沉淀池的设置

护筒埋设泥浆、沉淀池的设置方法与旋转钻机相同，钢护筒埋设长度根据孔口处地质条件决定,以大于 2.5m 孔口不发生坍塌为宜,护筒偏差不得大于 5cm, 倾斜度不得大于 1%, 并经技术人员验收合格后方允许钻机就位，同时做好护筒偏差记录。

B、成孔

开钻前先核验钻头直径，根据操作室控制仪表调整钻杆垂直度，合格后根据四角控制桩位恢复钻孔桩中心，经现场技术员检查并报监理验收合格后开钻。

施工中采用膨润土化学泥浆护壁，比重控制在 1.05~1.15, 粘度控制在 17~20s, 含砂率<4%。各机长认真执行钻机操作规程，根据地层状况调整泥浆性能，并根据不同地层采用不同钻头，对于粘土地层，采用粘性土普通钻头。对于砂层等松散地层，采用砂土密封钻头。以保证成孔速度和质量。施工中必须注意连续补充泥浆，维持护筒内应有的水头，防止孔壁坍塌。

钻孔按隔孔梅花形施工。为防止施工振动使邻孔孔壁坍塌或影响邻孔已灌砼的正常凝固，下一孔桩的开钻须待邻孔砼注完毕，并达 2.5Mpa 后方可开钻，开口孔位偏差不大于 5cm。钻头直径磨损超过 1.5cm，及时更换，修补。

桩基钻进过程中应随时检查钻台水平度及钻杆倾斜情况，以确保桩基的垂直度符合要求。

钻孔作业结束后，对孔位、孔径、孔深进行检查，合格后，即分节段吊放焊接钢筋笼并对钢筋笼进行加固处理，以确保混凝土灌注过程中，钢筋笼不上浮或下沉。安置水下混凝土浇筑导管。混凝土灌注前，对孔底沉渣进行二次清孔，利用浇筑导管作风管，吹孔 1~2 分钟，然后立即灌注水下混凝土，确保沉渣厚度小于 300mm。

钻进过程中记录人员应认真及时填写钻进记录，详细记录地层变化情况，当

发现地层异常时，及时通知现场技术人员及监理工程师共同进行分析并提出解决办法。钻机操作手或班长必须在记录上签字。当成孔深度达到设计深度、泥浆指标满足要求后，由自检人员进行成孔质量检验，符合设计、规范要求后，报请监理签字认可。

3.6.3、钢筋笼吊装入孔

钢筋笼分节段吊装入孔。主筋与加强筋采用绑扎和点焊相结合的方式，保证钢筋笼骨架在吊装时有足够的刚度。接头采用双面绑条焊焊接，上下节段保持顺直。钢筋笼入孔后，牢固定位，以免在灌注砼过程中发生掉笼或浮笼现象。孔桩钢筋骨架允许偏差：骨架长度 $\pm 100\text{mm}$ ，骨架直径 $\pm 20\text{mm}$ ，主筋间距 $\pm 5d$ ，加劲筋间距 $\pm 20\text{mm}$ ，箍筋间距 $\pm 20\text{mm}$ ，骨架垂直度 1% 孔深。

3.6.4、水下砼工程

(1)、水下砼采用竖向导管法灌注。导管直径为 $20\sim 30\text{cm}$ 的钢制导管，单节导管长度分为 3.0 米、 2.0 米、 1.0 米三种规格，以拼接成合理的长度。导管必须严密不漏浆，必要时，组拼后应作水密和胀裂试验，试验压力应为导管入水深度水压的 1.5 倍，导管底距基底面 $30\sim 40\text{cm}$ ，导管顶的漏斗容量为 $2.5\sim 3.0\text{m}^3$ 。采用木栓塞拔塞法或砍球法使导管内的空气和水受砼重力挤压由管底排出。

(2)、水下混凝土配合比设计时：水下砼拌合配置强度较设计要求提高 $10\sim 20\%$ ，粗骨料粒径不大于 40mm ，含砂率控制在 $40\%\sim 50\%$ 间，水灰比控制在 $0.5\sim 0.6$ 间，坍落度 $18\sim 22\text{cm}$ ，初凝时间控制在 6 小时以上。水下砼的拌合时间不少于 2 分钟，砼自搅拌出料到砍球开灌的总储料时间不超过 30 分钟，正常灌注时，导管灌注间隙不超过 20 分钟，砼自拌合机出料到灌入导管的时间不超过 40 分钟。

(3)、混凝土运到灌注地点时，由试验人员检查其和易性、坍落度等情况，如不符合要求应进行二次拌合。

(4)砼的储存量保证首批砼灌注后，导管埋入砼的深度不小于 1m 。灌注中，导管埋入砼的深度不得小于 1m ，最大埋深视砼顺利灌注速度而定。灌注开始后，水下砼必须连续有节奏地进行灌注，中途不得停顿，并尽可能缩短拆除导管的间隔时间，当导管内混凝土不满时，徐徐地灌注，

防止在导管内造成高压气囊，压漏导管，灌注过程中，应随时检查孔内混凝土高度，及时调整导管的埋深。

水下孔桩砼灌注面高出桩顶设计标高 0.5~1.0m，以便清除浮浆，确保桩身质量。

(5)、灌注过程中，用钢板焊成直径 13~15cm，高约 10~20cm，内灌中砂的圆锤体测锤及测绳，准确测定导管埋入灌注砼面的深度。

(6)、每根桩作砼检查试件至少一组，对质量有疑问的桩，采用超声波或钻取桩身砼鉴定法检测。

3.6.5、旋挖钻机施工要点：

①在距孔口一定距离挖设 8*3.5*2m 泥浆池。并设置排浆沟，采用清水加膨润土制备护壁稳定液，浆液比重控制在 1.03~1.10。

②平整施工场地并对地基做压实处理，地基承载力较差地段采用砂砾石等提高地基承载力以满足下笼及砼灌注需要，同时防止钻机在成孔过程中发生倾斜、移位或坍塌。

③护筒埋设时其下口必须置于粘土层中，若为砂层或砂砾层，必须加大、加深开挖，换填粘土并压实后重新定位埋设护筒，防止钻头出土时孔内水位冲刷砂层造成护筒悬空，引起孔口坍塌。

④成孔过程中必须注意连续补充浆液，保持护筒内应有的水头，防止水头低于护筒底引起缩径或孔口坍塌，护壁液可多次重复使用。

⑤经常测定泥浆比重，特别是遇砂层时稳定液中可加入粘土，增大泥浆护壁能力并视地质情况，及时更换钻头（粘土采用普通筒式钻头，砂层及淤泥等土层采用下口为可密封式钻头）保证成孔质量和进度。

⑥钻头在提升前必须回转 3~5 周，防止孔底土层粘附钻头，造成

卡钻事故。

⑦ 钻孔桩施工完成后，用吊车下放钢筋笼、导管，并进一步清孔至规定沉渣厚度后灌注水下砼。

⑧ 桩内土体随时用装载机清离孔口，防止土体压力过大造成孔壁坍塌。

3.6.6、旋挖钻机优点

旋挖钻机是目前世界上最先进的快速成桩设备之一，它具有自动化程度高，成桩口径大，成孔深度深，操作方便灵活，施工速度快，工作噪音小，无污染等特点，它与普通循环钻机相比，具有以下优越性：

(1) 钻机置于可自动行走的履带式底盘上，桩之间移位非常方便，一般需几分钟即可移机就位，同时对位精度较高。

(2) 钻机底盘为可伸缩式且可以自动整平，钻塔垂直度及钻孔深度均有仪表显示。转机自重重，且有导向杆对钻杆进行导向，钻进时非常稳定，能保证成孔的垂直度，可为施工提供高质量的桩孔。

(3) 旋挖钻机以动力头与伸缩式钻杆及挖斗相连，在油缸的加压下钻进，提升后快速回转甩土。钻进效率非常高，同时对孔壁四周地层的扰动较小，有效的防止了坍孔的发生。

(4) 由于钻机效率非常高，并可通过选用不同形式的钻头，对粘土层、砂层、直径小于 40CM 的砂砾石层、强风化、中风化岩层等各种地层均适用，并可快速穿过复杂地层，确保成孔质量。

(5) 成孔周期短。在相同的条件下，完成的数量相当于一般循环

钻机的 8~12 倍，给施工组织和管理带来了极大的方便。

(6) 钻机通过柴油机带动液压系统钻机挖掘，成孔过程中，不需要提供大功率动力电源。在各种场地施工灵活自如。

(7) 钻进工艺为干法钻进。由于钻进过程中不使用循环液，成孔孔径从 $\phi 600\text{mm}$ ~ $\phi 3000\text{mm}$ 可随意变换，孔深最厚可施工到 82m 深。即使遇水下易坍塌地层只用护壁液即可施工，工地不产生大量泥浆，不污染环境，可节省大量的排污费用，且能很好地满足地方环保的要求。

(8) 钻机低噪音柴油机，噪声值仅为 108.4dB (A) ,不扰民、有利于环境保护,最适合城市建设施工。

(9) 由于不采用泥浆护壁，砼灌注入孔后直接与孔壁接触，增大了桩与地层间的磨擦力，因此，较国产循环钻机相比，旋挖钻机成桩单桩承载力可提高过大的 25%~35%。且因孔内泥浆比重较小，防止了浇筑深孔桩时泥浆比重过大而产生高压，导致灌筑困难，减少了断桩等质量事故的可能性。

(10) 旋挖钻机钻进过程中通过挤压孔壁挖掘成孔，因此孔壁稳固坍塌极少。较循环钻机相比，有效的降低了砼的超灌量，大大降低了工程成本。

(11)、该钻机的应用，同时提高了机械化施工生产线水平，由于成孔效率高，使得配套的拌合及运输设备的效率大为提高。

4、墩身施工

4.1、模型的设计

墩身模型采用厂制双幅式定型钢模，加工拟选用两种方式：一种为按墩高情况分节段加工，标准节段长度 7.0 米，非标准节段长 1.0 米~6.0 米，以满足不同墩高需要；一种为根据统计的各类墩高的数量，按最高墩配置，不分节段由两半幅组成。横向接缝采用平接缝，竖向接缝采用搭接榫头，螺栓栓接拼装成型。

4.2、施工平台搭设

桥墩施工支架采用 $\phi 50$ 钢管或碗扣式支架搭设，支架顶设置工作平台，挂设安全网。

4.3、墩身钢筋绑扎

承台钢筋施工的同时，尽量将墩身竖向主筋一次埋设到位，并与承台预埋定位箍筋焊接，悬空部分用临时固定架固定牢靠，采用二次接长时，须确保同一截面钢筋接头数量不超过 50%。

墩身施工前，将基础顶面冲洗干净，凿除表面浮浆，整修连接钢筋。

按设计要求绑扎墩身钢筋。

4.4、墩身模型安装

钢模安装前做彻底除锈处理，涂刷脱模油，安装过程中应使上、下轴点重合，确保墩位正确和垂直度要求，模型接口采用自行配置油膏做防漏浆处理，中部和上口采用缆风绳做辅助固定。

4.5、混凝土灌注

混凝土灌注前搭设串筒和漏斗，使混凝土自由下落高度不大于 2.0 米，墩身砼采用汽车砼泵送入模施工。浇筑时同一断面摊铺均匀，分层厚度控制在 30cm 左右，并捣固密实。

4.6、混凝土养护

混凝土浇筑 24 小时后即可脱模，塑料薄膜覆盖养生至规定龄期。

墩施工完毕，梁部施工前须对每联梁范围内墩台身进行中线、标高及跨度贯通测量和复核，并用墨线划出各墩台的中心线、支座十字线、梁端线等位置，以利现浇梁的施工控制。

5、现浇箱梁梁体施工

5.1 支架搭设

(1) 支架采用 WDJ 碗扣式多功能脚手架，支架立杆为 3.0m、1.8m、1.2m

三种长度规格，横杆为 1.2m、0.6m 两种规格，并配有可调底座和托撑，可调范围为 0~60cm。

(2) 支架搭设前，须清除表面种植土，原地面清理宽度较梁宽 1.0m，必须对原地面进行压实处理，使地面形成由中向边的 2~4% 的横向排水坡，并对整幅梁投影范围内的原地面做抄平控制，其相对标高不大于 $\pm 10\text{cm}$ 。压实机械采用 18T 振动压路机，对软弱地基土及含水量较大、机械无法压实地段，采取换填碎石土进行压实，同时作好支架范围内及周边的防排水处理措施，防止地基受水浸泡而降低地基承载力，压实后的地面须平整、坚实，避免支架体系产生不均匀沉降。

(3) 支架底座安设在 $0.5 \times 0.5 \times 0.10\text{m}$ 的混凝土预制块（或 $15 \times 16\text{cm}$ 方木）上，支架顺桥向间距为 1.2m，横桥向间距为 0.6m，支架搭设中立杆@1.2m 设一纵横向横杆，杆件搭设宽度较梁宽加宽 1.0m 以上，各杆件的连接应紧密，以减小支架变形，支架应根据梁底至地面的高度进行计算和搭设，并考虑 2~3cm 的施工预留拱度。

(4) 支架顶设 $0.15 \times 0.16\text{m}$ 卧木及净距为 0.25m、 $0.1 \times 0.1\text{m}$ 的方木做背条，用以支撑箱梁底模。

(5) 翼缘板处由杆件直接搭设至板底，通过托撑做为高度调节，托撑上方木布置方式同梁底。

(6) 碗扣支架@4~5m 采用 $\phi 48\text{mm}$ 的钢管搭设剪刀撑，将碗扣杆件锁扣成整体受力体系。

5.2 模板制作及安装

(1) 箱梁采用 18mm 进口聚乙烯胶合板，配模前对模板缝的排列进行单独设计，其长度方向按顺桥向布置，做到纵、横接缝顺直、美观，接缝严密不漏浆。

(2) 内箱模型采用 3.0cm 厚松木板制做，5×7cm 方木及 10×10 方木订制成支撑骨架，模型与砼接合面采用油笔毡予以隔离，确保内模脱模顺利，并防止漏浆现象的发生。

(3) 支架搭设完成后，安装箱梁底模，用砂袋做压重，按单跨梁重的 120% 实施预压，预压过程中通过梁底观测点对沉降进行观测并做好详细的记录，待沉降基本稳定后方可卸载（并观测卸载后的观测点位的变化情况），重新调整底模标高并按要求预留 2~3cm 的预留拱度。

(4) 安装腹板模型并绑扎底板、腹板、横隔板等钢筋，安装内箱模型内模加工时，不设底模。

(5) 聚乙烯胶合板使用前须经严格检查，不得使用脱胶、空鼓、边角不齐、板面覆膜不全的板材。板材锯割时使用圆锯，以便画线后一次锯割成型，并能在安装时做到拼缝紧密平整，错台、错缝以及缝宽不得大于 1mm。

(6)、面拼缝处如出现高差，不允许刨去高出者，而在较低的板与竖肋之间用木楔垫平，模板成型后用专用修补嵌缝材料嵌缝，防止砼漏浆翻砂。

(7)、模型面板板面平整度（用 3m 托线板或直尺检查）不得大于 2mm。

(8)、模板不得与脚手架直接接触，避免引起模板变形。

5.3、予拱度时考虑下列因素：

- (1)、支架或拱架承受施工荷载后引起的弹性变形。
- (2)、结构重力及 1/2 的汽车荷载（不计冲击力）引起的弹性挠度。
- (3)、由于杆件接头的挤压和卸落设备的压缩而产生的塑性变形。
- (4)、支架基础在受载后的弹性沉降。

5.4、地板革的铺设

(一)施工准备

1、择质地良好的地板革、107胶、鱼珠胶、封箱纸、排刷、棉纱备用。

2、在模板标高，轮廓线调整好后，先用清水、拖把将模板表面浮浆、渣块、灰尘等冲洗干净并注意保持清洁。

(二) 铺设过程

1、地板革应整卷铺设，不得将其分割为小块。地板革铺设应在中午气温较高的时进行。

2、地板革在铺设前，先将地板革作翻面重卷，铺设中由专人在前面移动地板革，地板革采用方木支垫，拖动方木时应使之离开模板一定距离，避免方木划伤模板表面。地板革两边移动距离应一致并使地板革处于不受力的自然状态，然后配专人用滚筒或手工将地板革压平，使地板革表面平整无皱折、鼓包现象。

3、地板革背面先用107胶涂刷一遍，涂刷时边缘留5~10厘米不刷，涂刷时要做到均匀、无漏涂，每副铺设完成后再用鱼珠胶涂刷地板革边缘使地板革与熊猫板粘合严密。

4、板革铺设完成后及时用封箱纸将两块地板革之间的缝隙封闭，地板革互相之间不搭界，若出现搭界现象，应将地板革搭界的多余部分整齐割除。

5、板革铺设完成后应仔细检查，对出现鼓包、皱折的地方须再次压平，必要时用小刀将其划破一小口，放出里面的空气，并重新涂胶粘贴后用胶带粘好。

(三)、保护措施

1、板革在检查合格后，对钢筋绑扎人员要进行动员和教育，使之注意爱护。

2、钢筋吊装时应用方木支垫，钢筋抬放时应轻拿轻放，避免钢筋划破地板革。钢筋焊接时采用棉纱沾满水铺放于焊接接头之下再进行焊接，棉纱铺放面积应使焊渣不能溅到地板革上为宜。并应在焊接时随时向地板革上撒水，确保地板革不被烫伤。

3、对受到损伤的地板革要及时恢复并用封箱纸封口。

5.5 钢筋制作及安装

(1) 箱梁钢筋在钢筋加工场统一下料和弯制，骨架须预先焊接成整体，汽车或特制拖车运至工地绑扎。为便于运输和吊装，对长度超过30m的通长筋采用分

节段制作，两节段接长时，采用双面帮条单面焊，帮条与主筋同型号，帮条长度不小于 $10d$ (d 为主筋直径)。钢筋在加工场接长时，对直径大于 16mm 的钢筋采用对焊接长；必须在现场焊接接长的钢筋可采用绑条焊和搭接焊，搭接焊时，应先将钢筋端部弯折一定角度，保证搭接接头位于钢筋轴线上，搭接长度双面焊时不小于 $5d$ ，单面焊时，长度不小于 $10d$ 。

(2) 绑扎钢筋时，钢筋接头应相互错开，确保同一截面内接头数量不大于 50% 。

(3) 箱梁钢筋绑扎顺序：底板钢筋→腹板→横隔板钢筋→顶板钢筋。

(4) 钢筋绑扎采用 0.7mm 铁丝绑扎，相邻两绑扎点间铁丝的缠绕方向相反，铁丝尾部应向钢筋内缘弯曲，防止铁丝接触模型。

(5) 钢筋绑扎完毕后，绑扎塑料垫块，垫块按 2.0m 间距呈梅花形绑扎支垫牢固。

(6) 绑扎好的钢筋骨架必须具有足够的刚度和稳定性，必要时可采用点焊焊牢，确保骨架不变形、松脱和开焊，钢筋位置间距符合设计规定。

5.6 箱梁混凝土施工

同混凝土施工工艺

6、预制吊装桥梁施工

6.1、预制场地布置

为防止预制施工中的养护水等浸泡地基，预制场内沿纵向须开挖排水沟。采用 M10 砂浆硬化底面并作为底模平台，在底模平台两端各 3 米范围内采用厚 20cm 的 C20 混凝土做局部加强，以防梁体预应力张拉后两端支点反力造成平台底面损坏下沉。并注意按照抛物线型设置反向预拱度。预制场方向尽量平行于桥梁中心线。

6.2、预制梁模型施工

A. 在硬化的台座上按照 T 梁底面尺寸铺设 $\delta = 2\text{mm}$ 厚钢板作为梁体底模，钢板

应平整，并在每次预制施工完毕后及时清理干净、涂油，以防止生锈，影响梁体外观质量。

B. 肋板、腹板侧模及行车道板底模采用组合钢模组拼，在肋板、腹板与行车道板相交处按照设计结构尺寸加工钢模，模型间连接采用 U 型卡。

C. 模型加固采用内撑外拉的方式，为便于模型安装及加固，采用 10×12cm 方木模型外支架，用于加固侧模、支撑行车道板底模。支架下端采用砼支墩作为水平支撑，上端采用拉杆。拉杆穿过梁体部分采用 PVC 管与砼隔离，以便拆除。

6.3、预制梁钢筋施工

A. 预制梁钢筋由加工场统一加工，现场绑扎、焊接成型。

B. 为保证钢筋位置准确，在底模上作出钢筋位置标记，安装时按照标记进行定位。
C. 为便于后期桥面铺装混凝土施工，在行车道板中预埋桥面铺装施工模型定位、加固钢筋。

D. 钢筋安装时应注意伸缩缝、桥面连续处等部位的预埋钢筋定位、安装。预埋钢筋的外露部分应涂抹水泥浆封闭，以防止钢筋锈蚀。

6.4、预制梁预应力施工

A. 波纹管进场后应进行全面检查，然后按照设计下料、组对。在进行安装时，严格按照设计线形安装，除设计要求的管道定位钢筋外，间隔一定距离采用 $\phi 8\text{mm}$ 钢筋做进一步的固定， $\phi 8\text{mm}$ 钢筋与主筋牢固连接。波纹管安装完成后，对其线形进行检查，并检查接头处，防止砼灌注过程中漏浆。

B. 按照设计下料长度进行钢绞线下料、编束、编号，下料采用机械切割，编束时应尽量使各股平行，避免出现扭绞现象。

C. 预制梁达到 100%设计强度后，进行预应力张拉。张拉前，对预应力孔道、锚具表面进行清理去除杂物。采用 YCW200 油压千斤顶进行预应力张拉，张拉千斤顶必须经检校合格后方可使用，并根据检校结果计算各级张拉数据。按照设计张拉顺序双端张拉，采用张拉力与伸长值双控。张拉按照由 0%设计张拉力到 105%设计张拉力持荷 5 分钟后再至 100%张拉力并锚固的加荷方式分级进行。

D. 预应力张拉完成后，对孔道进行清洗，然后采用压浆机向孔道内压入水泥浆，最后封锚。

6.5、预制梁砼施工

预制梁砼采用拌和站集中拌和，泵送入模，插入式振捣器振捣的方法施工，在必要时可采用附着式振捣器对肋板、腹板进行辅助振捣，振捣时应注意避免捣固棒接触波纹管。

6.6、移梁及存放

预制梁张拉及压浆结束后，在压浆强度达到设计要求后用自行式轨道龙门吊机，将梁移出台座，在存梁处存放。

预制梁按吊装顺序并考虑存放时段进行预制，同时在存梁场对箱梁孔号、位置进行醒目标识，以防误用造成返工。

移梁龙门吊机自行设计、安装，使用前进行试吊，单吊钩及滑轮组起吊能力为 50t，钢丝绳安全系数为 12。

预制梁由移梁台座平移至轨道运输车，再由轨道运输平车水平运输至待安装位置。

6.7、预制梁水平运输与吊装

预制梁采用运梁拖车运至架桥机处，采用架桥机安装，箱梁安装前，先按设计要求在永久支座旁设硫磺砂浆临时支座，硫磺砂浆中预埋电热丝。硫磺砂浆顶面比永久支座高约 2~3mm，箱梁安装时以永久支座中心与箱梁设计中线相吻合为准。然后安装好永久支座，逐孔安装主梁，置于临时支座上成简支状态。

吊装前，对起重钢丝绳及滑轮组进行检算，安全系数不小于 12，并考虑冲击荷载及箱梁偏心情况，检算其稳定性及自平衡状态。

起落梁时，升降速度不超过 2m/min，两端应保持均衡、平稳，落梁时按测量数据初移起重小车对中，落梁至临时支座顶约 5~10mm 时稳住梁，再次测量较核，用方木等工具调正准确对中后，高的一端先落梁至临时支座后，另一端再落梁，检查无误后两端同时松吊。

预制梁吊装时，前后架桥机及起重工用对讲机及小旗联系指挥，并按有关安全规程作业。

6.8、湿接缝混凝土浇注及结构体系转换

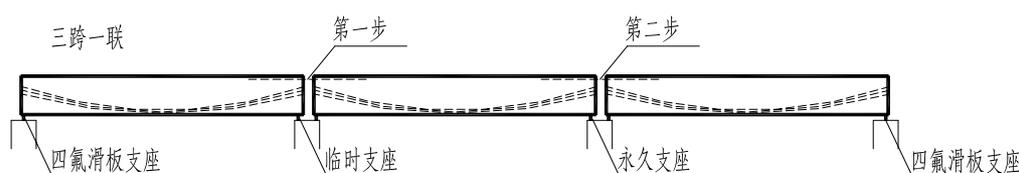
预制梁吊装后，及时连接接头段钢筋，绑扎横梁钢筋，设置接头板束波纹管并穿束，在日温最低时浇注湿缝混凝土，待砼强度达到设计强度的 100%时，张拉负弯矩区预应力钢束，压注水泥浆，拆除临时支座，由简支转化为多孔连续梁。

结构体系转换是特殊过程，由于必然引起内力重分布及次内力，因此对结构受力影响其大，应严格按设计规定的施工程序进行施工。

一联梁体结构体系转换宜从中跨开始，对称逐孔连接，最后形成一联连续结构。

湿接头混凝土浇注顺序如下图：

现浇接头施工顺序图



湿接缝钢筋采用搭接焊或绑扎连接成型，模板可采用悬挂式模板，待混凝土达到 70%强度后，用桥下移动平台拆除。

湿接缝混凝土采用膨胀混凝土，当砼强度达到设计强度的 95%时，方可张拉负弯矩钢束。

接头施工完成后，浇筑剩余部分桥面板湿接缝混凝土，剩余部分桥面板湿接缝混凝土应由跨中向支点浇筑。浇筑完成后同时拆除一联内临时支座，完成体系转换。解除临时支座时，应特别注意严防高温影响橡胶支座质量。

连接顶板钢束张拉预留箱口处钢筋后，现浇调平层混凝土，进行护栏，桥面铺装施工及伸缩缝安装。

6.9、 施工要点

A 所有预应力管道在曲线部分以间隔 50cm，直线段间隔 100cm 设一“U”形定位钢筋并点焊在主筋上，确保管道在浇筑砼时不上浮、不移位。管道轴线必须与垫板垂直。

B 预制梁场应平整、夯实，避免地面下沉造成梁体断裂及损坏。采用四点支承堆放，不允许叠放。

C 架梁前应检查支座垫石顶面标高及平整度是否符合规范要求，否则必须进行处理并用砂浆抹平。

D 在运梁、落梁过程中应保证梁体纵、横倾角不大于 5 度。

E 架梁时，应保证架桥机支点支承在梁腹板附近位置，横梁钢板在未焊接前，

不得在上面运梁或通过架桥机。

F 架梁应从柱顶位置向两侧架设。

G 从箱梁预制到浇注完横向湿接缝的时间不得超过三个月。

6.10、预制梁架设施工

A. 预制梁架设前，对各墩支座垫石标高进行复测，并对出现偏差的进行相应的处理。支座垫石顶面经清理后，按照设计位置精确安装支座。

B. 预制梁采用轨道平车由存梁场运至孔位。平车走行轨道下地面需进行夯实处理，然后铺设枕木，安装 43Kg/m 钢轨作为轨道。

C. 预制梁运输中，用钢托架支托在梁底支座位置处，并防止预制梁倾覆。

D. 预制梁运至孔位后，采用架桥机架设。梁体安装就位后，在两端支座处帽梁上设置临时固定支架，以防止梁体倾覆。

7、其他类型桥梁施工

7.1 大跨连续刚构梁体施工

7.1.1 0 号段施工

0 号块是墩梁固结段，又是悬臂根部，结构钢筋密，预应力管道多，梁体高，体积大，质量要求高，施工通过墩身顶部悬拼托架进行现浇。

(1)、托架设计

托架既是 0 号块悬浇砼模板施工作业平台支承架，直接承受 0 号块悬浇砼及模板重、施工荷载，同时，在 0 号块施工完成，三角挂篮拼装时，为挂篮模板安装提供作业条件。

托架设计长度视 0 号块设计尺寸而定，一般较设计尺寸长 3~4m。

托架以 N 型万能杆件材料为主，拼成桁架式结构。使用万能杆件，具有拼、拆方便、快捷，成桁架结构后刚性好，强度大，杆件变形及受力计算模式成熟，结构分析明确，杆件循环使用次数高等特点。

墩身施工到距墩顶一定高度处，在墩身横向预埋大直径螺纹钢筋，厚钢板、硬塑套管及双肢槽钢等预埋件，杆件通过异型节点板与预埋钢板和槽钢连接，以此为固结点，向外拼装成型。

支架节点板上铺设 20 号工字钢，作纵横梁，上铺设方木成平台。

在墩身纵向两侧预埋钢板和钢筋安装三角型钢支架，铺设梁体横向模板支承和人员作业平台，并与杆件托架连成一体。

(2)、模板设计

模型一般除倒角模使用外包厚 0.3mm 铁皮的木模外，其余均均采用钢模型。内模为 3015 型组合钢模型，外模采用大块钢模型拼装，模型通过模板外侧钢桁架和 $\phi 20$ 对位杆进行加固。底模下用三角木楔支垫平稳，梁体箱室内模采用可调式碗扣式脚手架支撑。端头模为木质模板，便于悬浇段连接钢筋预留。

(3)、混凝土浇筑

0 号段箱混凝土在托架上现浇，支架变形对梁体质量影响较大，变形控制好坏，直接影响梁体的标高，同时因墩顶梁体与托架上梁体变形不一致，支架变形过大会造成梁体砼出现裂纹。

托架须按 0 号段砼一次性连续浇灌完成设计，变形小于 12mm，但在设计允许条件下，0 号砼可分两次浇灌，分界面留在腹板顶部，消除砼收缩裂纹，利于保证顶板施工质量。

混凝土浇注顺序由两端向墩顶浇灌，横向由两侧向中心进行。

0 号块高度和混凝土体积较大，浇灌时采取在确保强度和施工性的前提下，采取优化混凝土配合比，尽量减少水泥用量和低水灰比，浇灌完后及时养生等措施，消除混凝土收缩变形。

7.1.2 三角挂篮悬臂施工

7.1.2.1 挂篮及模板设计

(1)、挂篮有牵索式挂篮和三角式挂篮，目前使用较多的是三角式挂篮，其主体结构由三角形组合梁、主桁平台、悬吊系统、走行系统及后锚系统五个部分组成，其具有结构简洁、受力明确，操作方便等特点。

(2)、三角型组合梁是挂篮承重结构，由水平纵梁、立柱、斜拉钢带、

前分配梁、后分配梁五个部分组成。水平纵梁用钢板焊成箱形梁，为增加其稳定性和刚度，箱梁内增设加劲肋；立柱由槽钢拼成空腹式箱柱，斜拉钢带采用厚型钢板，前后分配梁均为钢板焊成的箱形梁。

(3)、主桁平台由横梁、纵梁组成。横梁由大型工字钢平行并列拼成。纵梁采用型号相对较小的工字钢，按不大于 1m 的间距铺于横梁上。

(4)、悬吊系统由前后分配梁、吊杆组成。分配梁用槽钢、加劲肋及加强板焊接而成，吊杆由钢棒加工。

(5)、三角架走行方式为滑动式，从下到上包括：枕木、钢轨、三角架前后走行船、定位板等。起动动力由手拉链条葫芦提供。主桁平台走行系统为滚动悬吊式，其前走行系统由前走行轨道、前走行轮、走行吊杆等组成。后走行系统则由主桁平台挂耳、走行船、滚筒、轨道及枕木组成。

(6)、后锚系统由后锚吊杆、吊杆预留孔、吊杆分配梁组成。

7.1.2.2 挂篮施工

(1)、挂篮加工与试验

挂篮构件在工厂加工制造，现场拼装成型，首先在岸上进行加载试验，对主要构件受力情况及挂篮的整体变形情况进行测试。试验使用液压千斤顶对挂篮前、后横梁加载，荷载为设计指标的 50%、80%、100%、105% 四个等级，检查所测数据是否与设计相符，并作为挂篮使用期间控制数据。

试验检测结束后，对挂篮进行解体，等 0 号段施工完成，由设在墩旁的塔式吊机将构件吊到梁顶，进行拼装，连成体型，1 号段施工完后，两只挂篮分离。

(2)、挂篮安装

先在梁段顶面上设三角架并悬下吊杆，利用 0 号段现浇托架延伸平台，拼装主桁平台，悬挂于三角架前横梁与主梁顶面，然后安装模型系统。

节段施工完成后，首先利用挂篮前横梁上吊杆及后排锚固于主梁顶面的后吊杆，将主桁平台及模型缓慢下降 1~1.5m，将前吊杆锚固于主梁顶面，然后解除挂篮后锚杆，在挂篮三角架尾部加配重 4 t，用链条滑车牵引挂篮

三角主桁架前移到位，精确定位后，加上后锚系统，安装前后走行系统，将起吊杆微降，使主桁主模型重量全部转移到主桁平台到位。安装起降吊杆，用千斤顶提升主桁平台到设计位置，安装所有悬吊及锚固系统，挂篮前移工作完成。

7.1.2.3 悬灌段砼施工

挂篮前移到位后，进行底模、外侧模型安装，钢筋绑扎和预应管道布置。然后提升主桁平台及模型到施工设计标高位置，并对所有锚固及悬吊系统进行全面、细致检查，确认稳定可靠后，安排砼施工。

(1)、混凝土配合比选择

砼配合比选择是否合理直接影响工程质量和成本效益，必须符合施工技术规范，并达到设计强度要求，以少的水泥用量、小的水灰比进行设计，达到早强、高流动度、缓凝要求。

(2)、拌制运输

同 0 号段砼方案。

(3)、砼施工工艺

箱梁节段采取全段全高一次浇注，先浇底板，然后腹板，最后浇顶板砼。浇灌时由梁前端向已施工段方向水平分层进行，分层厚度在 0.3~0.35m，两端对称均衡浇灌，确保施工产生的平衡弯矩在设计允许范围之内。

砼浇灌初凝后，用草袋覆盖，并洒水养护，养护时间不少于 7 天。砼强度达到 2.5MPa 以上后，及时凿除端头砼表面的水泥砂浆并凿毛。以利于下节段砼有良好连接。

7.1.2.4 合拢段施工

连续刚构的合拢采用先跨中单 T 合拢，再边跨合拢的方法。中跨合拢段长一般为 2.0m，边跨现浇段长视具体设计而定。

(1)、跨中合拢段施工

挂篮悬臂浇灌在墩上形成单 T 后予以拆除，在桥墩跨中安装吊架，在吊架平台上进行模板、钢筋、预应力和砼施工。合拢选择气温比较稳定或上下变化幅度较小的时段进行。合拢时，在合拢节面两端 T 构梁顶面各设一个 6

m×3m×2m 的水箱，预装水 25m³，合拢段砼浇灌时，水箱同步放水，维持跨中两端负荷和挠度不变。合拢段砼一次浇灌完成，砼达到设计要求的张拉后，按顺序施加合拢工况后预应力，再拆除模板和吊架。

吊架结构要求除具有良好刚度、强度外，还必须稳固、牢靠。严格限制移位、变形或晃动。

(2)、边跨合拢段施工

安装合拢吊架，合拢段两端同时各加浇灌砼重量一半的配重，配重采用水箱，通过抽排水，调整荷载重量。排水与砼浇灌同步进行，使合拢段两端不产生相对变位。合拢气温控制在相对稳定、变化幅度较小的时段进行。砼达到初凝后，及时进行洒水覆盖养护，砼达到设计强度后，解除固结设施，张拉边跨底板预应力束，完成连续刚构体系转换。

7.2、中、下承式钢管混凝土系杆拱梁体施工

7.2.1、钢结构制作

钢管混凝土系杆拱钢结构包括：钢管拱肋、风撑、肋间横梁、劲性骨架拱座铰、拱上立柱等，钢结构制作工艺过程如下：

7.2.1.1、钢管拱肋的制作

(1)、钢管拱肋采用 Q345c 和 Q235b 钢材制作，其材质的化学成份，机械性能，几何尺寸均需符合 GB714-65、GB3274-88、GB709-88、GB700-88、GB1591-94 的标准。

(2)、钢管拱肋弦管管节采用坡口直缝焊接，卷钢方向与钢板压延方向一致，管节成型后的几何尺寸应与符合要求。焊缝外观尺寸达到 TB10212-98 第 5.3.1 验收标准，焊缝强度与母材等同，经超声波探伤及 X 射线检测达到 TB10212-98 第 5.3.2~5.3.7 的规定，即所有拼板焊缝，钢管管节的纵向焊缝，钢管管节对横环焊缝，平联管、腹杆管、拱脚直心段连接腹板焊缝均为 TB10212-98 规定的 I 级焊缝，其余均为 II 级焊缝。

(3)、钢管拱肋节段制作应统筹考虑以下几点：

- a、钢管节段上不允许有十字焊缝。
- b、钢管节段对接时，两相邻的纵向焊缝应错开 750mm 以上。

c、钢管拱肋、上弦杆对接横环焊缝与下弦杆对接焊缝不同在一截面上，彼此错开 200mm 以上。

d、钢管拱肋对接横环焊缝应与直胶杆、斜腹腔及平联管错开 150mm 以上。

e、钢管拱肋对接横环焊缝需离开吊杆座 800mm 以上。

f、钢管拱肋上、下弦杆上的纵向焊缝应排在胶腔内。

7.2.1.2 钢管拱肋制作要点

(1)、样板制作

所有的样板均用计算机放样下料，并在 1：1 样台放样。

(2)、材料

钢材进厂时除必需具有生产厂的出厂质量保证书外，并按订货合同要求和有关标准进行检验和验收。

(3)、焊接材料

焊接材料应根据设计要求进行选用：即所选定焊接材料金属强度不得低于母材强度指标和焊接工艺评定试验结果，且符合国家标准。拟选用的焊接材料及标准如下表。

名称	型号	标准	标号
焊丝	H08MnA、H08E	《焊接用钢丝》	GB1300-77
焊剂	HJ-431、HJ-350	《通用标准》	GBS293-85
焊条	T502、T502G T507、T507G	《低合金高强度钢焊条》	GBS118-85
焊条	T422G、T427G T422、T427	《低碳焊条》	GBS117-85

7.2.1.3 钢管拱肋零部制作

(1)、钢管拱肋上、下弦杆钢管的制作

a、放样

钢管拱肋上、下弦杆管直径放样加工时，按 0.5%收缩量计算其拱肋内径。

b、号料与划线

钢板在号料前，需对牌号、规格、质量，再次进行确认，如发现不平直、有铁锈、油污时应预矫正和清理，号料所划的切割线必须准确、清晰、号料尺寸允

差小于 $\pm 1.0\text{mm}$ 钢板宽度两侧必须除去毛边、号料后的钢板需作明显标记，确定钢板的压延方向及自身编号（钢印）。

c、钢板切割

钢板切割必须使用自动或半自制切割机进行，严禁用手工切割，切割后钢板允差为 $\pm 1.5\text{mm}$ 。

d、钢板除锈、涂漆

切割后的钢板需进行表面喷丸除锈，除锈应达到 IS008501-1 的 2.5 级标准，并涂一层厚为 $20\mu\text{m}$ 的无机硅酸锌车间底漆。

e、卷管

卷管在三星辊床上进行，钢板在卷园前先用油压机起边，起边宽度不小于 250mm 卷制方向与钢板压延方向一致，每节管节长度为 $2000\sim 3000\text{mm}$ ，最短不得小于 1200mm ，卷制成园后其接口错边量不大于 1.0mm ，端口边量不大于 1.0mm 。

钢板卷制成园后，先进行定位焊，然后进行自动埋弧焊。定位焊焊缝须距设计焊缝端部 30mm 以上，间距 $400\sim 600\text{mm}$ ，焊缝长为 $50\sim 100\text{mm}$ ，采用 E4315 焊条手工电弧焊。焊脚尺寸不大于设计焊脚尺寸的一半。自动埋弧焊（采用 H08MnA 焊丝，HJ350 焊剂）应先焊管内纵向焊缝，外侧用碳弧卸清根后再进行自动埋弧焊，焊缝隙形成后，在缝两端各 $250\sim 300\text{mm}$ 范围内进行超声波检测（探伤）同时拍二张 X 光片，拍片位置与超声波检测位相对应，以复查核对、焊接无损探伤须达到 GB10212-98 中 I 级标准。焊缝其余质量符合 GB10212-98 标准。

f、管节校园

管节校园分两部实施：第一步在卷制成园管后进行，第二步在管节纵向焊缝形成后进行，校园是在三星辊床进行，管节口附近可辅以样板锤击法校园，管节校园后，用样板进行检查，管节端口 300mm 范围内的失园度与样板偏差不得超过 1.0mm 直往偏差为 $\pm 2.0\text{mm}$ 。

g、管节对接接长

经焊接、校园合格的管节进行对接接长形成接长段，管节的对接接长是在带有滚轮的简易胎架上进行，接长段含有 3 段管节，并使相邻管节的纵向焊缝错开 150mm 以上，先施以定位焊，再用伸臂式，焊接机埋弧焊接内壁环焊缝，然后用碳弧气清根后焊接外侧环焊缝。

已焊接接长的管节段，其横环焊缝法进行外观检查和 100%的超声波探伤，并在 T 字接头处拍 X 光片一张；外观质量缺陷用手工电弧焊修复，内部质量缺陷用碳弧气 成弧坑后，用自动埋弧焊返修，但每道焊缝返修次数不得超过两次。

h、火工煨弯段管节的形成

将已焊成的两段三连钢管置于滚轮架上，利用临时支架对接，将临时支架垫板拆除后，座落在滚轮上，用伸臂式焊机焊接内横环焊缝，再用埋弧焊机焊接外环缝，焊缝须 100%超声波检测（探伤）T 字接头拍 X 光片一张。

j、火工煨弯段的火工弯制

将已对接成型的火工煨弯段置于火工弯制胎架上，弯至样板弧形要求与样板的偏差不超过 2.0mm。火工煨制工艺如下：

① 先进行工艺评定试验，并将已证实成功的工艺细则报设计单位监理工程师批准。

② 在拱背画直线标记，弯曲后与胎架中心线吻合，偏差不得大于 2.0mm。

③ 在拱腹处（2/3 园弧范围内）加热，火焰加热宽度不小于 30mm，每道火焰的间距不小于 300mm，加热温度应控制在 800℃ 以下。

④ 采用两道火焰对称从两端向中央加热，确保弯曲段中部到达胎架中间定位板。管节的两端也要达到定位板位置，必要时可局施压。让其自然冷却至常温，严禁用水加速冷却的做法。

⑤ 吊装管节段的形成

将已弯曲成型的钢管节段置于平面组装胎架上，与相邻的另一段弯曲成型的钢管节段对接，先用手工电弧焊焊接内环缝，再用手工电弧焊焊接外环缝，也可以用手工陶瓷衬板单面焊双面成型焊工艺，焊接工艺遵循 GB10212-98 的规定，焊缝 100%的超声波探测，T 字接壮举拍 X 光片一张。外环焊缝要进行打磨光顺，焊缝余高不超过 2.0mm，还须在胎架上用火工调冷其弧形。

(2)、直腹杆钢管、斜腹杆钢管、上、下平联杆钢管的制作

a、制管

腹杆管，平联管制管工艺（卷管、校圆、焊接、质量要求）与拱肋弦杆制管相同。

b、腹杆管、平联管管节两端造型

已卷制成型的腹杆钢管，平联杆钢管，需对管节两端进行造型处理，便于与拱肋的弦杆钢管相贯连接焊接，管端造型可用四维切割机一次切割成型，也可以采用样板划线切割，辅以修正成型。

7.2.2 钢管拱肋吊装节段桁架拼装

7.2.2.1、先后将上、下弦杆置于组拼胎架上，测定上、下平联和直腹杆管的位置，予以划线标定。

7.2.2.2、将上、下平联管和直腹杆管安装在弦杆管上，并检查安装位置是否与划线相吻合，必要时予以矫正。

7.2.2.3、用对称点焊定位的方法，将上、下平联管及直腹杆管，准确地点焊在弦杆钢管上。

7.2.2.4、用手工电弧焊完成平联管及直腹杆管的平角焊后在胎架翻转桁架，继续实施平角焊。将直腹杆管、平联管牢牢地焊接于拱架的上、下弦管上。施焊工艺须符合 GB10212-98 的规定，并达到该规定的 I 级标准。

7.2.2.5、平联管与直腹杆管，焊接完成后划出斜腹杆管的焊接位置，采用与焊接直腹杆管的相同的焊接方法，将斜腹杆管于上、下弦杆管上。其焊缝质量达到 GB10212-98 I 级要求。

7.2.2.6、组拼后吊装段的拱肋桁架两端用型钢临时加固，以防变形。

7.2.3、钢管拱肋的总体拼装及吊杆装置的组焊

7.2.3.1、钢管拱肋总体预拼装

(1) 胎架场地地标及标杆的设置

钢管拱肋拼装在台架上进行，胎架场地地标标杆的布置及放样图，需报监理及设计单位确认后，预拼原则按 1:1 施作，若场地有限至少需进行 4 个吊装的总体预拼，在总体预拼时须考虑测度给拱肋带来的影响并给预修正。

(2) 吊杆护筒及吊杆座的组焊

在地标胎架定出拱肋桁架各吊杆中心线标志及吊杆座钢板的标志，再拉线方法将吊杆中心各标志定位，然后放置吊杆护筒和吊杆钢板予以点焊，检测点焊后吊杆座各块钢板及吊杆护筒的位置，确定正确后用手工电弧焊进行焊接，焊接工艺按 GB10212-98 规定进行，焊接质量为该规定的 II 级要求。

(3) 为便吊装节段高空拼装的需要，在拼装胎架上，需在两节吊装段上合拢

口各自焊上拼装法兰盘，法兰盘距各端口 40mm，为高空拼装后环焊接横环焊缝创造条件。

7.2.3.2 钢管拱肋的防腐

钢管拱肋、钢纵、横梁及立柱等所有钢结构外表面均在工厂内采用电弧喷铝防腐或设计规定的其他防腐方案，拱肋吊装后，对擦伤部位进行高空补涂。

7.2.3.3 钢结构运输

钢结构在工厂制造成各节段，经厂内试拼验收合格出厂，专用汽车运至工地起吊、安装。

7.2.3.3 钢结构安装

拱肋安装，采用缆索吊机安装及扣索扣挂。

缆索吊机必须经安装、试吊、验收后投入使用，每条拱肋分段吊装，仅第二段设扣索扣挂；其他各段亦对称设置扣挂扣索，在拱肋吊装的同时吊安风构，以加强拱肋的横向稳定。

7.2.4 钢管拱吊装

7.2.4.1 拱肋吊装前的组织准备

为确保拱肋吊装的安全及质量，吊装前要将吊装方案向全体施工人员作详细技术交底，做好分工、明确任务，健全指挥系统，配备完善的通讯、信号等设备。施工中绝对保证统一指挥，步调一致。

7.2.4.2 拱肋吊装前的技术准备

a. 预制构件质量检查

拱肋出厂前应在样台严格检查外形尺寸及焊接质量是否符合设计要求，起吊及运输过程中做好防护，保护涂装、防止撞坏。运到工地后检查接头(端头)及弧度是否有明显变形，短段接长时要严格控制拱肋线形及变形量，并检查线形及焊缝质量，对达不到设计要求的拱肋必须修整调校。

b. 桥墩拱座尺寸检查

严格检查拱座中心平面位置及标高、拱座预埋钢板的尺寸及位置。

c. 缆索设备的检查与试吊

吊装前对缆索系统作一次全面的安全检查，对电源、起吊设备、缆索、塔架、地锚、滑车、绳卡、吊具等，视其安装是否合理，受力是否合乎要求，安装是否

牢固，锚环、卸扣、绳卡等数量规格是否合乎规范要求，经整改检查验收后方可试吊。

试吊：按设计吊重的 70%、100%、130% 分三次进行，试吊重物可用混凝土预制件，钢材、钢轨等。各试吊阶段，要观测塔顶位移、地垅位移、主索垂度等，作好记录。同时检测动力设备的工作状况，设备电动控制台的灵敏情况。每次试吊后分析观测数据与设计数据是否相符，对发现的问题及时整改纠正后方能进行下次试吊，直至完全达到设计要求，才能投入正式吊装。

设备电动控制台：将主索道的牵引、起吊卷扬机的控制部分纳入控制台，由专人操作，牵引卷扬机(南、北两端)设互锁结构，动作相反，防止对拉，确保吊装安全。

7.2.4.3 测量工作

a. 拱肋中线观测

于各个主墩上距拱脚中线 1.6m 处设中线点，在每段拱肋接头附近垂直拱肋方向设置一根刻度水平标尺，用经纬仪读出刻度值即可测定拱肋的中心位置。

b. 拱肋高程观测

主要是控制拱肋接头处拱顶标高。

在各个主墩顶面设两个水准标高，制作一个直角三角形尺身，水平方向靠在拱背(顶)上，垂直方向用钢筋或小钢管接长，在其下端设有标尺，用水平仪观测标尺的刻度，即可计算拱顶的标高。各段拱肋的安装均采用二台全站仪进行测量控制。

7.2.4.4 吊装

(1)、 吊装顺序

吊装的原则为先拱脚后中央，先铰结后刚结。

(2)、拱肋接头准备

钢管拱肋制作时，必须在合拢口处的上下弦杆钢管上设置螺栓定位与联接，并用红油漆标记出弦杆管的中心线。

(3)、 吊装拱脚段(边段)

a. 吊装拱脚段前，需对拱脚预埋钢板测定划线，焊接拱脚限位钢板、内导管和拱铰支座。

b. 将拱脚段(边段)吊放在预埋钢板的限位框内,使其支撑牢固,铰支接触良好,安装并收紧扣索,使拱段上端头轴线和高程与设计相符。

(4)、 吊装第二节段(次边段)

将拱肋第二节段(次边段)吊起用扣索固定调整与拱脚段(边段)实施对接。利用拱肋制作时弦杆管设置的法兰盘进行就位,用螺栓实施铰结,调整上端轴线高程及线形使其与设计相符。

拱肋接头操作采用挂篮。

(5)、 吊装第三、四节段(含风撑同时吊装)

按吊装第二节段的方法吊装第三、四段。第三、四节段及合拢段上、下游拱肋在岸上先与风撑一起拼装成整体,然后用两付索道同时吊装。

(6)、 合拢段(中段)的吊装(含风撑同时吊装)

合拢段两端在加工时各留 50mm 的预留量,合拢前根据实测,对中段余量进行切割。合拢前需再次测量第四节段端头的轴线和高程(左、右两端),进行必要调整,当第四节段待合拢端的高程与设计相符后(包括拱头预抬高量),下放合拢段到设计位置,然后徐徐下放第四段,待合拢端以边碰中,实现合拢。若下落时拱肋有误差(或长或短),需调节第 1、2 段(3、4 段)段间接头的调节螺栓(每个接头端留存有 20mm 的间隙)。

(7)、 加劲肋焊接

拱肋合拢后需对形成的拱肋线形进行全程测量,必要时调节调节架上的螺栓,使其与设计相符。当拱肋线形与设计线形相符后,扭紧接头调节螺栓。

(8)、 拱肋焊接

拱肋合拢、横撑安装完毕,对全拱线型进行最后调整,符合要求后,进行大段接头及拱脚固接。接头焊接由专业焊工进行焊接,由跨中至拱脚对称进行段间接头的焊接。焊前对焊位严格除锈、修整坡口,每个接头均对称施焊,焊缝为 I 级。

(9)、 补涂

当拱肋及风撑吊装固接完成后,须对施工焊缝进行检查验收,接头焊缝进行 100%超声波检测,合格后即对焊缝进行打磨和补涂。

7.2.5 系梁加工制作及安装

系梁劲性骨架在工厂加工制作，其制作工艺及技术要求与钢管制作一致，工厂验收合格后运至施工现场，待钢管拱安装并焊接完成后，用索道起吊安装；安装前首先在钢管拱上拴挂临时钢丝绳以便吊起系梁，同时拴挂临时钢丝绳也是为了以后吊起系梁模板进行系梁混凝土的浇筑。系梁劲性骨架安装好后即穿预应力束，以便进行钢管混凝土的施工。

7.2.6 钢管拱肋混凝土的施工

拱肋合拢和横向风撑焊接完成后进行管内混凝土灌注，灌注方式采用泵送顶升法施工，每次每孔两端同时进行对称泵送，先腹腔，后上弦、再下弦；全桥上、下游拱肋同时对称灌注。排气孔、压注孔按设计布置，先将混凝土泵送管安放在拱脚泵送，若泵送顶升压力过大时，移至第二（三）个灌注口（事先铺设好管道）进行泵送灌注，直到压注完成，压注时应严格控制泵压和泵速。

7.2.7 钢管混凝土检测

压注完成后，用超声波检测每根钢管拱脚、L/8、L/4、3/8L、拱顶各 5m 范围，每个区域设 5 个断面，参照《超声波检测混凝土缺陷技术规程》及《中华人民共和国专业标准基桩无损检测技术规程》（草案）进行随机检测。对不密实的部位，进行钻孔、压浆、重新焊接处理。

7.2.8 吊杆安装

7.2.8.1 吊杆加工制作

吊杆钢索采用挤包双层大节距绞型拉索，吊杆钢束采用高密聚乙烯双层防护（PE+PE），吊杆采用墩头锚。

7.2.8.2 吊杆安装

将吊杆运至索道下，设定吊点距离挂好，运行至安装点，上锚头穿进拱肋吊杆孔，下锚头穿进纵梁吊杆孔，装好锚头，根据设计要求用千斤顶上下张拉调整吊杆标高。

7.2.9 横梁施工

刚钢管拱横梁一般分为吊杆横梁、拱肋横梁、拱上立柱吊杆横梁三种结构形式，各种类型横梁施工方法分述如下：

7.2.9.1 预制安装预应力混凝土横梁施工

（1）、混凝土配合比设计：严格按照公路桥涵施工技术规范要求选用质量优

良的水泥、粗细骨料和混凝土外加剂，并精心地进行混凝土配合比设计，从根本上确保预制构件质量。

(2)、构件预制：构件采用集中预制方案。

①预制场：预制场的规模根据工程数量和工期确定。场地经平整后进行硬化处理，以确保工程质量和文明施工。

②模板：采用钢模板，以增加模板倒用次数和保证混凝土内实外光。待预应力钢束和普通钢筋安装好后进行支模作业，通过拉、顶支撑，确保模板稳定。

③预应力钢束和普通钢筋制作、安装：预应力钢束严格按照设计进行预埋，其波纹管在工厂订购，按型号加工；定位网片在加工房焊接，误差精度按设计要求控制在 1mm 内，因此加工时作到质量的高精度。波纹管接头用大号管联接，并用胶布裹扎密实。钢筋在加工房下料弯制，主筋采用双面帮条焊或闪光对焊连接，分号存放，用时运至台座上人工绑扎成形。骨架侧面和底面用铁丝绑扎砂浆垫块，以保证钢筋保护层厚度。所有锚垫板、吊点钢筋均严格按设计要求进行预埋。

④混凝土浇筑：混凝土采用强制式拌合机拌制，用小型运输车运至浇筑点，然后由人工铲入模内，斜向分层浇筑，插入式捣固棒捣固成型。

⑤混凝土养生：混凝土凝固后用麻袋覆盖，洒水养生 7~14 天。若是冬期施工，还根据实际气候条件采取相应的蓄热养护措施。

⑥预应力束张拉：预应力张拉工作待混凝土到达设计要求的强度后进行。张拉前严格按照施工技术规范要求对预应力设备进行标定，认真清除锚具垫板、喇叭管内、钢绞线上混凝土杂污物，并检查锚板是否偏斜。如果偏斜，及时采取处理措施，如采用钢楔块调整等，使孔道中心与钢绞线中心相重合。张拉顺序应严格按照设计拟定的张拉方案（单端张拉）进行，张拉采用应力应变双控制，以张拉力为主，伸长值为辅，伸长值允许偏差±6%。张拉时，油泵压力要均匀缓慢上升，并按程序记录相应伸长值，并注意伸长量不能超过千斤顶的行程，如果超过，必须采取二次张拉。张拉时将工作锚环套入钢绞线，按钢绞线自由状态依次顺时针方向插入夹片，并用钢套管轻轻将夹片打入锚环内。张拉基本顺序为：0→10%控制应力(伸长值量测起点)→100%控制应力(持荷 2 分钟)→锚固。

⑦压浆：张拉完应及时压浆。为保证压浆畅通，利用铁皮管埋入梁体混凝土内作为进出浆孔。锚垫板上有孔的利用海绵将孔堵塞，以防进浆堵孔。浆液使用

纯水泥浆，其标号与梁体相同，并掺加 FDN 减水剂及适量微膨胀剂，减少水泥浆收缩，增加孔道内密实性。压浆水泥浆液由拌浆机拌制，按水、减少剂、膨胀剂、水泥的顺序投放，拌制时间为 5 分钟，灰浆拌制完成后用 2.5mm 左右孔眼的筛子做过滤处理后进入贮浆筒。在使用过程，贮浆筒须不断搅动，并在 30 分钟左右的时间内压完，中途不停顿。压浆先压下面孔道，后压上面孔道，集中一处的孔道一次压完。如果一次未压完可将相邻未压浆的孔道用压力水冲洗，以便日后压浆时孔道畅通。压浆泵压力 0.5~0.7MPa，出浆孔冒出浓浆后堵塞出浆孔。持压 2 分钟，堵塞进浆孔。压浆环境温度不低于+5℃，夏季施工时选择一天中夜间最低温度下进行。压浆完毕后，截除外露钢绞线，用与梁体相同标号的混凝土封锚。

(3)、安装：构件的垂直运输以两台缆索吊机为主，并适当辅以浮吊或吊车配合。

为精确地控制横梁位置，事先在系梁、立柱和横梁的顶面和侧面准确地标出十字中心线。在准备工作完成后，将吊机的钩绳与吊环相扣并用卡环卡住，使吊绳位于吊点的上方；吊机慢速起吊，待吊绳绷紧时再检查连接情况，无误后再起吊；横梁到位后，缓缓落放到安装位置，双向控制其稳定，经检验符合设计要求后即可按照设计进行接头连接。

7.2.9.2 钢横梁（钢-混叠合梁）施工

因上层吊杆横梁为钢-混叠合梁，拱肋横梁和拱上立柱吊杆横梁为钢横梁。除了钢-混叠合梁在桥面板湿接头施工时通过湿接头混凝土将钢横梁与桥面板连接整体外，两种横梁的其它各工序施工均相同。

(1)制作：钢横梁制作直接委托具有丰富的钢结构施工经验厂家负责。在厂家制作过程中，指定专人进行质量监控，确保钢横梁制造严格按照现行钢结构设计与施工技术规范和设计图要求进行。钢-混叠合梁的剪力键也直接在厂家焊接完成。

(2)运输：直接从厂家用驳船运输（拖轮牵引）至安装孔跨下，然后用两台缆索吊机起吊安装。

(3)安装：钢-混叠合梁和钢横梁一般均为上层横梁，待系梁第三批预应力束和吊杆第二次张拉完成后开始进行。横梁安装均按照从中间向两侧的顺序，对称、均匀地进行。

(4)桥面板湿接缝施工：上层吊杆横梁为钢-混叠合梁，在桥面板湿接头施工时通过湿接头混凝土将钢横梁与桥面板连接整体。在桥面板铺装好后，即进行湿接头的模板安装、接头钢筋连接和混凝土浇筑工作。湿接头施工用模板根据接头设计情况制作专用钢模板。接头钢筋在加工场制作好后，用汽车运输至桥头的缆索吊机下，再用缆索吊机运输至使用地点，人工绑扎成型。混凝土拌合站拌制好后用混凝土运输车运至桥头，然后混凝土泵车泵送至浇筑点，插入式捣固器振捣成型，人工找平、抹面。

7.2.9.3 端横梁施工

端横梁与系梁的施工方法相同。

第四章 隧道

1、洞口：

1.1 洞口施工

地质较差时,先将隧道起拱线标高以上部分开挖完成,待拱衬砌完成后,接着施工下部土方及边墙砼。

隧道洞口采用 EX-200 型液压履带式挖掘机按设计测放的边坡自上而下开挖,自卸汽车运输,人工修整边、仰坡开挖成型。

1.2 洞门及附属工程施工

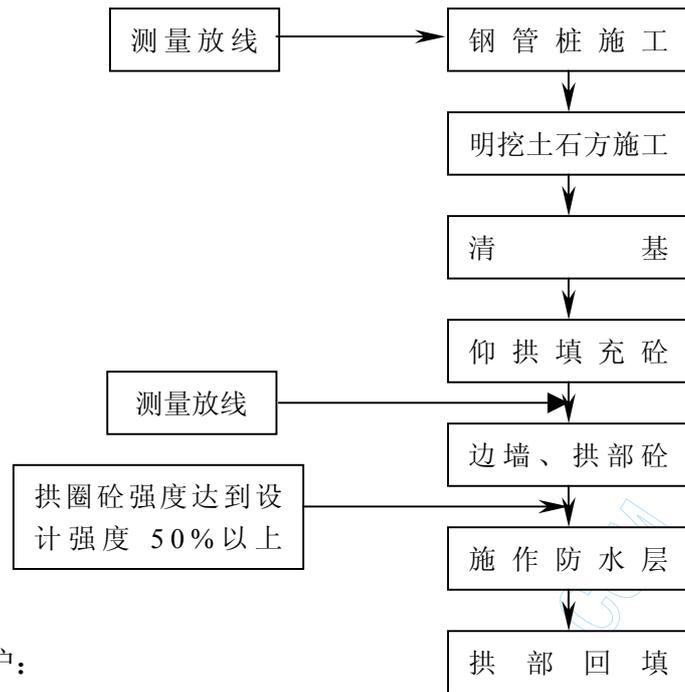
为保证洞口边坡、仰坡稳定,防止地表水、雨水渗入,洞顶截水沟,洞口边、仰坡防护工程随挖随砌。施工场地,生活房屋的用水要引出边坡以外,防止对隧道洞门,边、仰坡的浸泡,保证边、仰坡稳定。

1.3 隧道明洞施工

1、按照设计图纸测量放样,标定钢管桩的位置,用振动锤将钢管打入,加固边坡。

2、土方采用挖掘机、装载机、自卸汽车配合分层挖、运、卸至指定地点;石方的开挖则采用松动控制爆破施工。

3、开挖成型后,进行明洞砼衬砌。明洞明作施工流程图如下:



2、开挖与支护:

2.1 开挖与支护总体方案

隧道、导洞、横通道的掘进均采用多臂液压凿岩台车和手风钻钻眼、光面爆破掘进；IV类围岩地段采用全断面开挖，II、III类围岩地段采用台阶法开挖。

2.1.1 隧道II类围岩地段的开挖及支护

(1)、II类围岩浅埋地段：采用CD法开挖，预留变形量初值选用15cm，并根据施工期围岩变形监测结果进行调整；掘进采用手风钻打眼1.3m、光面爆破、每次进尺1.2m；爆破通风后进行找顶，撬除危石后用TK961型湿喷机喷射砼，进行初期支护。

(2)、II类围岩一般地段：采用台阶法施工，台阶长度3~4米，上部开挖初期支护完成10小时后组织下部的开挖，下部开挖落后上部开挖两个循环。台阶上部钻眼1.5m，光面爆破每次进尺1.4m；上部开挖至K4+495里程位置后进行下部的开挖，每次钻眼1.8m，光面爆破每次进行1.7米。

在开挖过程中，初期支护紧跟工作面，使初期支护体系尽快按设计完成。

2.1.2 隧道III类围岩施工:

a、III类围岩一般地段：台阶法施工，台阶长度3~4米，施工顺序和支护结构图见7.5.4.3-3。

台阶上部钻眼深度为2米，光面爆破每次进尺1.8m；台阶下部钻眼2.5m，光面爆破每次进尺2.3m；在开挖过程中，初期支护紧跟工作面，尽快完成支护体系。

b、III类围岩高应力地段：台阶法施工，台阶长度 3~4 米台阶上部每循环钻眼深度 1.5m，光面爆破，每次进尺 1.4m 左右，并尽早进行初期支护，封闭围岩。

台阶下部每循环钻眼深度 2.0m，光面爆破，每次进尺 1.8m，初期支护紧跟工作面，并同上部初期支护连形成完整的初期支护体系。

c、IV类围岩地段：采用全断面开挖。开挖预留变形量初值选用 5cm，并根据施工期围岩变形监测结果进行调整，用三臂台车打眼 3.5m，光面爆破掘进，每次进尺 3.2m，初期支护紧跟工作面。

2.1.3 隧道特殊断面地段的施工

应急停车带采用双侧壁导坑法施工。

2.2、开挖与支护具体工艺过程

2.2.1 钻爆作业

一、钻爆作业工艺

采用凿岩台车和手风钻钻孔，炸药使用乳化炸药，起爆系统用击发枪导爆管轴向起爆系统及非电毫秒雷管、导爆索串、并联孔内微差起爆。利用光面爆破技术以减少爆破震动对围岩的扰动以及控制超、欠挖。钻爆作业按照爆破设计图进行钻孔、装药、联接和引爆。如地质条件出现变化需要变更设计时，由主管工程师确定。每循环钻孔前一定要实地绘出开挖断面中线、水平和断面轮廓，并按爆破设计图画出炮孔位置，经检查符合设计要求后方可钻孔。钻孔完毕后要检查并作好记录，合格才能装药爆破，否则应重钻。对光面爆破效果进行统计，对超、欠挖采用激光断面仪及时监测。

二、爆破设计

1、设计原则

A、II、III类围岩采用正台阶上下半断面开挖，IV类围岩采用全断面开挖的炮孔布置，装药参数，装药结构及起爆顺序和起爆方式的设计。

B、每次爆破进尺根据围岩状况确定，II类围岩地段上半断面不大于 1.5m，III类围岩地段上半断面不大于 1.8m。下半断面不大于 2.0~2.4m，全断面IV类不大于 3.5m，每次爆破后均对围岩及其稳定性作出评估，其结果作为下一循环进尺的依据。

C、当循环进尺在 2.0m 以内时采用二级斜眼复合楔形掏槽，当循环进尺大于

2.0m 时采用直眼掏槽。隧道边墙及拱部均按“光面爆破”设计，爆破后不得有欠挖，线性超挖控制在 15cm 以内。

2、钻孔及其精度要求

为了取得良好的爆破效果，必须将钻孔偏差减少到最低限度，钻孔精度要求：炮孔的开口误差不应大于 3cm；方向偏差不得大于 3cm/m。

在施工中采取下列方法，以达到上述要求。

A、每循环均使用激光断面仪进行精确的施工测量；

B.将所有的炮孔用油漆画在岩壁上；

C.采用“样板法”凿掏槽炮孔，采用“炮棍瞄准法”钻凿所有炮孔；

D.所有的周边孔及拱部炮孔应外插 $2^{\circ} \sim 4^{\circ}$ ，以保证下次钻孔能正常进行。

三、爆破器材选择

1、炸药采用乳化炸药，全断面开挖底部药卷直径 $\phi 40$ ，掏槽眼、掘进眼 $\phi 40$ $\phi 32$ 结合装药，柱部药卷直径 $\phi 32$ ，周边孔底部药卷 $\phi 32$ ，光爆药卷 $\phi 25$ ，半断面及台阶法开挖底部药卷 $\phi 32$ ，柱部药卷 $\phi 25$ ，光爆药卷 $\phi 25$ 。

2、根据隧道爆破严禁使用火花雷管起爆的规定，本爆破设计采用击发枪导爆管轴向起爆、非电毫秒雷管及导爆索并联孔内微差起爆体系，非电毫秒雷管脚线长 5m，全断面开挖采用 MS₁₋₁₅ 段及 HS₄₋₁₀ 段，半断面及台阶法采用 MS₁₋₁₅ 段。

3、光面爆破药串采用 $\phi 25$ 炸药卷及导爆索组成，导爆索必须是具有良好的防水性能的导爆索，其数量按拱部及边墙光爆炮孔总长度的 1.1 倍计算。

4、爆破效果监测及爆破设计调整

每循环爆破后，对残眼长度、爆碴集中度和块度、周边孔痕迹率、岩面平整度、循环间衔接台阶高度、围岩稳定性以及断面轮廓、超欠挖情况等爆破效果参数进行量测与描述，并根据爆破效果适当调整循环进尺、周边孔、内圈孔间距及抵抗线、掘进孔密集度及炸药用量、掏槽孔布置及掏槽孔深度等爆破设计参数。

2.2.2 装渣运输

采用隧道挖装机、侧卸式装载机和自卸汽车相配合，装、运洞内石方，弃至指定地点。本标段出碴进料拟采用无轨运输。

隧道的运输组织包括出碴和进料的运输组织，其中出碴运输组织尤为重要，出碴包括正洞、平导，以及横通道的碴体外运，首先是正洞和导洞同时掘进(出碴互

不干扰)

2.2.3 施工支护

支护质量的好坏直接关系到隧道施工人员的安全和隧道本身的安全，做好支护是极其重要的。

2.2.3.1 锚杆支护施工工艺

一般采用 5.5 米和 7 米的自进式锚杆进行支护,其过程如下:

(1)、准确测量布孔

(2)、钻进: 采用台车将安装好钻头的锚杆钻进 5.5 米、7 米均分两次, 中间采用联接套进行联接, 5.5 米两节分别为 2.5 米和 3 米, 7 米为 2 节 3.5 米, 第一节钻进后联接套将第二节接好后钻进。

(3)、卸下钻机, 安装止浆塞, 将其安装在锚孔口 25cm 处, 也可以用锚固剂封孔。

(4)、通过快速注浆接头将锚杆尾端与注浆泵相连。

(5)、开动机器注浆, 待注浆饱满且压力达到设计值时停机。

(6)、安装垫板和螺母, 施加预应力。

2.2.3.2 喷钢纤维砼施工工艺

钢纤维喷射砼采取随拌随用, 先将钢纤维、水泥、粗细骨料等混和料用水平双轴型强制式搅拌机干拌均匀, 后加水湿拌的方法, 钢纤维由钢纤维分散机均匀布料投入。一次搅拌量不大于搅拌机额定搅拌量的 80%。搅拌好的钢纤维砼存放时间不超过 30 分钟, 速凝剂在喷射前均匀投入拌和料中, 后进行喷射, 喷射机械选用 TK961 型湿喷机。

钢纤维砼喷射前, 先做好受喷面拱墙锚杆支护, 断面尺寸检查, 并用高压水将受喷面冲洗干净, 保证受喷面湿润, 设置钢纤维砼喷射厚度标志后, 安排钢纤维砼喷射作业。每次喷射中途不得停顿, 喷射前检查好搅拌机械, 喷射机械、管道, 按喷射量大小, 做好材料贮备, 砼拌和供应, 每次喷射长度 3~3.5m。

喷射完成后, 10 小时以内不安排爆破作业, 当洞内温度大于 10 度, 湿度大于 85%时, 进行自然养护, 否则将采取保温和喷水雾措施, 特别是早期养护。施工中安排专人负责钢纤维喷射砼的养护, 监控量测, 工程地质调查, 岩体质量评价描述工作。

钢纤维喷砼材料: 钢纤维按设计要求选用比利时贝尔卡特使密司 ZP305 型,

粗骨料采用级配良好、最大粒径小于 10mm 的优质卵石，细骨料选用中粗砂，细度模数大于 2.5；水泥采用 525#普通硅酸盐水泥，速凝剂采用 Sigunit 液态速凝剂，减水剂采用 Sigunit R4 液态减水剂。

钢纤维喷射砼材料拌和时，配备精确计量器，严格控制钢纤维掺入量、速凝剂、减水剂使用量，材料计量偏差控制在 $\pm 1\%$ 范围内，并全部采用重量计量。

混和料干拌时间不小于 2min，湿拌比普通砼搅拌时间延长 1.5~3min，具体时间通过试拌确定，充分保证拌和均匀，质量稳定。

钢纤维砼施工工艺流程见图“ ”。

2.2.3.3 砼湿喷工艺

(1). 喷射机械安装好后，先注水、通风、清除管道内杂物，同时用高压风吹扫岩面，清除岩面尘埃。

(2). 上料保证连续性，校正配料的输出比。

(3). 操作顺序：喷射时先开液态速凝剂泵，再开风，后送料，以凝结效果好，回弹量小，表面湿润光泽为准。

(4). 喷射机的工作风压严格控制在 0.5~0.75Mpa 范围内，从拱脚到边墙脚风压由高到低，拱部的风压为 0.4~0.65Mpa，边墙的风压为 0.3~0.5Mpa。

(5). 严格控制喷嘴与岩面的距离和角度。喷嘴与岩面垂直，有钢筋时角度适当放偏，喷嘴与岩面距离控制在 0.8~1.2m 范围以内。

(6). 喷射时自下而上，即先墙脚后墙顶，先拱脚后拱顶，避免死角，料束呈旋转轨迹运动，一圈压半圈，纵向按蛇形，每次蛇形喷射长度为 3~4m。

2.2.3.4 锚喷支护和构件支护

1、 格栅钢架、型钢钢架的制作

格栅钢架、型钢钢架在钢筋加工棚设置的 1:1 制作样台上，采用冷弯制作，格栅钢架分段制作，按单元拼焊后，运至现场安装。

(1). 加工做到尺寸准确，弧形圆顺；钢筋焊接(或搭接)长度满足设计要求，焊接成型时，沿钢架两侧对称进行，钢架主筋中心与轴线重合，接头处相邻两节圆心重合，连接孔位准确。

(2). 格栅钢架、型钢钢架加工后先试拼，检查有无扭曲现象，接头连接每榀可以互换，沿隧道周边轮廓误差小于 3cm。

(3). 格栅钢架单元组装，各单元主筋、加强筋、连接角钢焊接成型，单元间用螺栓连接。

2、 格栅钢架、型钢钢架的安装

安装工作内容包括定位测量、安装前的准备和安设。

(1). 定位测量

首先测定出线路中线，确定高程，然后再测定其横向位置，格栅钢架设于曲线时，安设方向为该点的法线方向，安设于直线上时，安设方向垂直于线路中线。

(2). 安装前的准备工作

运至现场的单元钢架分单元堆码，安设前进行断面尺寸检查，及时处理欠挖部分，保证钢架正确安设，钢架外侧有不小于 5cm 的喷射混凝土，安设拱脚或墙脚前清除垫板下的松碴，将钢架置于原状岩石上，在软弱地段，采用拱脚下垫钢板的方法。

(3). 钢架安设

钢架与封闭混凝土之间紧贴，在安设过程中，当钢架与围岩间有较大间隙时安设垫块，垫块数量大于 10 个，两榀钢架间沿周边设 $\phi 22$ 纵向连接筋，环形间距为 1.0m，形成纵向连接体系，拱脚高度不够时设置钢板调整，拱脚高度低于上半断面以下 10cm。

序号	围岩类别	衬砌类型式	开挖方法	砼浇筑方法	支护方法
1	II类	整体式衬砌	台阶法开挖，台阶长度 2 米，每循环进尺 1.2 米。	仰拱、填充 砼先行，液压 模板衬砌 台车、先墙后 拱一次浇筑边 拱砼	喷射 C20 砼、3 米长的锚杆、格栅钢架、超前小导管、钢管网
		复合式衬砌	台阶法开挖，台阶长度 3~4 米，每循环进尺 1.2 米。		
2	III类	复合式衬砌	台阶法开挖，台阶长度 3~4 米，上部每循环进尺 2 米，下部进尺 2.5 米。		喷射 C20 砼 10cm、A3 钢筋网、3 米长的 $\phi 25$ 锚杆和 $\phi 22$ 锚杆，
		高应力复合式衬砌	台阶法开挖，台阶长度 3~5 米，上部每循环进尺 1.5 米，下部进尺 2.0 米。		
3	IV类	复合式衬砌	全断面开挖，每循环进尺 3 米		

3、 衬砌

3.1、 隧道正洞和导洞二次衬砌

隧道正洞和导洞采用液压平移式钢模台车灌注边墙与拱圈混凝土，每次灌注长度 12m，二次衬砌与掌子面同距离为 160~200m，施工时根据监控量测结果作适当调整

3.2、 应急停车带二次衬砌

应急停车带隧道采用万能杆件拼制衬砌台架，异形钢拱架作拱圈背衬，100×30cm 组合模板，一次灌注拱部和边墙长度为 4~5m，二次衬砌落后掌子面 20m，施工时可根据监控量测结果及时修正，其工艺流程见下图：

3.3 钢筋制作安装

二次衬砌钢筋在 1:1 的制作样台上，分单元分片制作成形，各单元间预留足够的搭接长度。隧道正洞、导洞及应急行车带大断面可根据给定的样台成批制作，运至施工现场安装时，将每片钢筋用纵向钢筋联结成一个整体，连接采用绑扎焊接，纵向钢筋应预留一定长度以便与下组衬砌钢筋的联接，并设加强连接筋。为方便边拱钢筋的安装搭设作业台架。

3.4 混凝土施工

1、 施工方法

(1)、施工顺序：隧道正洞和导洞分别配一台全液压衬砌台车，两套模板，平移式交错作二次衬砌。

(2)、砼的拌制：在导洞洞口右侧设置拌合站，集中拌制供应混凝土；

(3)、砼的运输：采用防爆砼运输车对各工点砼进行运输供应；

(4)、砼的浇注：采用防爆砼输送泵泵送浇注砼；并备用一台砼输送泵。

(5)、砼的振捣：选用插入式捣固器和高频附着式振捣器进行砼振捣。

2、 砼施工工艺

(1)、底板、矮边墙砼的浇筑：测设中线，抄平立模；浇筑砼的顺序从洞口向洞内进行，并预留 50cm 砼找平层。

(2)、边墙、拱圈砼整体浇筑：

模筑衬砌采用洞外砼拌合站→砼运输车→砼输送泵→衬砌台车组成的生产作业线流水作业。

模筑砼衬砌进口采用可调式伸缩衬砌台车配两套模型系统交替施工，每节衬

砌长度 12m。集料配制采用配料机严格计量，砼拌合采用拌合站和强制式搅拌机拌合，砼运输分别采用轮胎式砼搅拌运输车运输，采用砼输送泵提升浇筑，使用附着式振捣器捣固和插入式捣固器。

立模前检查防水板有无断裂、变形、孔洞等缺陷，以及是否有足够的展长余地，严禁模板、堵头等损坏防水板。

立模时衬砌中线、水平、断面尺寸和净空大小均须符合要求。

衬砌台车就位立模：立模前在矮边墙上抄出模板台车脚线标高，台车脚线标高比内轨顶面低 7cm。台车到位立好模板，检查台车脚线是否与脚线标高吻合，边墙模板是否与矮边墙密贴靠拢，挡头板是否撑牢和漏浆，垂直油缸和斜撑是否撑牢等。在衬砌台车砼施工中，为了防止砼的跑模和过河撑不挡道，采用带螺旋千斤顶的“U”型支撑作为过河撑。立模时将过河撑撑稳、撑牢，以防止灌注砼时台车跑模和移位。当砼强度达到 2.5MPa 时才可脱模，养护期约 20 小时。对衬砌完成的地段应继续观察隧洞稳定状况，注意衬砌变形、开裂、侵入净空等现象，及时记录并反馈给主管技术人员采用相应的措施。

(3)、模筑衬砌砼机械化施工注意事项

A、砼拌和输送车的输送能力与砼泵的灌注能力要相适应。

B、搅拌车在输送砼时不能停拌，自进入搅拌车至卸料时间不超过初凝时间、砼在输送过程中要保证不发生离析、漏浆，严禁泌水及过多损失坍落度等现象。若运至灌注地点的砼有离析现象时，在灌注前须进行二次搅拌。

C、模板台车每次移位前，在准备衬砌部位的两侧边墙下方，须预先灌注墙基砼，并沿隧洞方向每隔 1500mm 预埋地脚螺栓，以便固定钢模板的最下边缘。为防模板走动，要使用加设模撑。

D、衬砌工作中，泵送模注砼封顶采用钢管压注方法，通过选择合适的砼塌落度和将厂方提供的软管用金属管代替，仍从拱模的灌注口压注封顶。

4. 施工监控量测

4.1 隧道及导洞的测量控制

测量控制是本隧道施工的一个重要环节，由于平导与正洞同时掘进，然后又从平导通过横通道引入正洞，造成后视距短，转角多，给正洞内导线延伸带来一定难度，施工时通过地面测量网点，引入正洞和导洞为采用双导线布置，通过从

地面引至洞内的网点，复核洞内导线点，精确控制隧道中线。

一、中线控制测量

施工前，以全站仪进行洞外精密导线网控制测量，分别定出平导和正洞洞门的准确位置，并放出护桩。在平导进洞后，要在洞内布设导线环，以此精确放出横通道和引入正洞施工。正洞也采用闭合导线环，精确测设正洞中线，导洞和正洞的导线点要经常与地面网点联测，以相互检验，保证顺利贯通。

二、高程测量

在引入高程控制点(基点)时，采用精密水准仪往返测量。闭合差要满足《测规》要求，在施工过程中，要经常向导洞与正洞之间传递高程，进行复核。以保证其高程精度。

三、洞内的日常测量

按有关规则要求，用偏角法和坐标法量测施工控制中线，及时向开挖面传递中线和高程，并由测量组用断面测量仪测量开挖断面，初期支护和二次衬砌前，必须进行复核，确认准确后方可进行下道工序。

4.2 洞口地表沉降观测

隧道正洞和导洞洞口段一般围岩较破碎，为保证施工安全，及时制订、布置沉降观测点，围岩及地表沉降观测点根据隧道的开挖断面宽度和埋置深度确定，当埋置深度小于开挖断面时，5~10米设置一个观测断面。当埋置深度大于开挖宽度小于两倍开挖宽度时，10~15米设置一个观测断面，埋置深度大于2倍开挖宽度时，20米设一个断面，每个断面横向每2米设置一个观测量点，至隧道开挖线外5米。正洞及导洞总共布置20个监测断面，每个断面10个监测量点，共计200个。测量观测系用WildT2+GPM3精密水准仪配铟钢塔尺观测。测量精度达0.01mm。

4.3 隧道周边净空收敛观测

隧道周边净空收敛测点，布设在与拱顶下沉测点和拱脚。墙腰收敛在同一断面，收敛截面按II类岩20米，III类圆岩25米，IV类40米布置一个监测断面，正洞与导洞160个断面，收敛点共计320个。

收敛量测测点固定杆埋设时间和量测频率同拱顶下沉监测，在量测过程中及时绘制收敛时间曲线，并进行数据处理或回归分析，以判定初期支护稳定情况和推算最终位移值，收敛量测采用JSS30/15A数收敛仪进行。

4.4 隧道拱顶下沉

拱顶下沉测点布设在为 II 类围岩每 10~20m 布设一个测点, III 类围岩每 20~25 米布设一个点, IV 类围岩每 30~40 米布设一个点, 拱顶下沉量测频率按测点埋设后半个月内为 1~2 次/天, 1 个月内为 1 次/天, 1~3 个月内为 1~2 次/周, 3 个月后为 1 次/月, 量测过程中及时绘制拱顶下沉~时间曲线, 当曲线趋于平缓时, 应作数据处理或回归分析推算最终下沉值, 拱顶允许下沉值控制值为设计允许下沉值的 80%, 量测方法和采用仪器同地表下沉量测, 通道底隆起量测随拱顶下沉一并进行。

4.5 格栅拱架应力监测

监测点的布置: 标准段按 100m 布置一个监测断面, 具体点位布设在格栅钢架的拱部、边墙、仰拱内外层钢筋上, 测试钢筋应力, 结合台阶法开挖, 在格栅钢架拱脚底面埋设压力计, 测试格栅钢架拱脚支承力, 采用 JXG-1 型钢弦式钢筋应力计和 GDY-2 单体压力计进行量测, 量测时间在喷射混凝土终凝后即可开始, 量测频率同隧道周边净空收敛监测。

5、防水和排水

隧道结构砼质量, 主体结构施工缝, 结构变形缝以及衬砌外防水层的质量是本标段防水质量的关键, 隧道正洞与平导的结构防水遵循原则为: “以防、截、排、堵相结合, 因地制宜综合治理。其主要防水形式有: (1)、结构物砼自防水; (2)、结构外防水侧墙和拱部均采铺设橡胶防水卷材; (3)、施工缝和变形缝均采用中置式止水带。(4)、衬砌拱部进行充填压注水泥砂浆, 施做二次衬砌时拱部纵向按每隔 5m 间距预留压浆孔。

5.1 隧道的防水施工

5.1.1、明洞防水层施工

A、基坑开挖至设计标高, 平导基坑做垫层砼和防水砂浆抹平, 以及侧面的防水处理。

B、铺设防水卷材, 并在两头预留搭接卷材, 用热风焊机焊接。

C、凿毛、清洗主体结构和平导接口处, 安装止水条, 并用钢筋固定。

D、绑扎接口处钢筋时注意对防水层的保护。

E、安装变形缝处的止水带, 其具体施工同变形缝施工方法。

F、经检查合格后灌注砼, 人工捣固密实, 但不能直接对止水条震捣。

5.1.2、正洞及导洞防水层施工

A、正洞(平导)锚喷支护后，对整个隧道表面要求大致平整，采用防水砂浆作为找平层。

B、在铺设卷材时，要保证材料无破坏或损伤，否则采取补救措施，例如：防止钢筋或铁钉刺破或电焊烧伤，在这些施工过程中采取相应的保护措施。

C、卷材接长可用热风焊机焊接，焊接过程中既要防止温度过高被烧坏，又要防止温度偏低而造成焊接不密贴的现象。

D、在施工缝搭接处，预留不少于 1.0m 的搭接长度。以保证防水卷材二次接长时必要的工作空间，防水卷材的二次接长也采用热风焊机焊接。

5.1.3、结构施工缝防水施工

(1)、膨胀止水条

结构施工缝采用遇水膨胀止水条作防水加强处理，遇水膨胀止水条具有施工简单，施工缝处砼质量易保证的特点，且造价较低，但止水条也有遇水过早膨胀及预留槽口不平整等难以控制和安装的弊病，因此预留槽口的平整度，选择缓膨胀型止水条，选择合理的止水条粘贴时机，是止水条安装质量的关键，也是施工缝防水层质量好坏的关键技术，为确保止水条的安装质量和施工缝处砼质量，采用以下方法和技术措施：

施工缝处挡头板是保证该处砼质量的关键，预留止水条槽口的挡头板应牢固可靠，并封堵严密不漏浆，挡头板用短钢筋焊接固定于结构纵向通长钢筋上以保证挡头板的平整和砼灌注时不移位。挡头板与钢筋用小木条填塞严密以保证挡头板不漏浆。

结构挡头板于砼浇注 24 小时后拆除，而侧墙施工缝应待相应结构达到 75%设计强度后方可拆除，人工将施工缝处砼凿毛灌注修整，并铲除砼残渣，但不得将止水条粘贴处槽口凿毛。

选择缓膨胀时间大于 24 小时，纵向膨胀率较低的止水条产品，止水条使用前先检查核实保持期，并再在表面及切断口处涂刷厂方提供的缓胀剂，风干后待用。

施工缝处砼浇注时，要加强振捣施工缝处的砼，但不得直接振捣止水条。

(2)、橡胶止水带

A、沿设计衬砌轴线每隔不大于 0.5m 钻 1 个 $\phi 12$ 的钢筋孔。

B、将制成的钢筋卡，由待灌砼一侧穿入另一侧，内侧钢筋卡卡紧止水带之半，另一半止水带紧贴在挡头板上;待砼凝固后拆除挡头板，将原贴在挡头板上的止水带拉直后，弯曲钢筋卡套卡紧另一半止水带。

C、施工注意事项

(1)、止水带不允许被钉子、钢筋和石子刺破。如发现有割伤、破裂现象，及时修补。

(2)、在固定止水带和灌筑砼过程中采取措施防止止水带偏移。

(3)、加强砼振捣，排除止水带底部气泡和空隙，使止水带和砼紧密结合。

(4)、橡胶止水带接头形式采用复合接，止水带的搭接宽度取 10cm，冷粘缝宽不小于 5 cm。

5.1.4 隧道及导洞与联络接口处防水层施工。

平导与横通道之间的接口、正洞与横通道之间的接口，以及应急停车带受隧道防水层收口困难和施工技术条件较差的影响，极易在接口处产生渗水。为了解决这一问题，采取如下措施：

1、通过采取初期支护背后注浆等技术，提高初期支护在接口处的防水能力，改善防水环境。

2、在正洞(导洞)与横通道接口洞顶处，沿洞口预留一条止水条槽口，在施作二次衬砌时，用氯丁胶粘结固定缓膨胀止水条。

3、将正洞(导洞)防水卷材接长至止水条端部，可用聚氨脂涂料辅助固定防水层端部。

4、专用模板立模按变形缝防水技术措施固定止水带和端头模板，洞内钢筋安装和焊接时，使用铁皮隔离防水层，防止烧穿和刺破防水层。接口处结构一次性灌筑，采用输送泵一次成型，以改善接口处衬砌整体质量和提高防水性能。

5.1.5、衬砌背后注浆

为防止二次衬砌与外防水层之间形成空隙，采用在二次衬砌背后压浆的施工措施进行防水处理。

1. 压浆孔设在拱顶，每 10m 隧道预留 1 个注浆孔。

2. 压浆孔底部孔口紧贴外防水层，为确保压浆孔不被堵塞以及不刺破防水层。

3. 由于混凝土受重力作用在拱顶易形成一平面与外防水层不密贴，二次衬砌

混凝土灌注 56 天后，从注浆管逐孔压入 1：1 水泥浆液，注浆压力为 0.5~0.8Mpa，充填二次衬砌与外防水层之间的间隙。

防水层施工的主要技术难点及对策：

- ① 选用优质防水材料，使用熟练操作工人；
- ② 严格施工工艺，特别注意施工缝的处理；
- ③ 认真作好正洞与应急停车带及联络通道接口处的防水处理；
- ④ 加强成品保护

5.2 隧道的排水施工

一、导洞排水

- ① 导洞口的上坡开挖地段，排水方式采用导洞两侧挖排水沟，自然排水。
- ② 导洞口的下坡段，在施工时，排水采用分段集水池截流，水泵接力抽水至上坡段，再自然排水。分段距离约为 50m，为文明施工，保持场地无散水，增设排水沟及每 50~100m 左右设集水坑。

二、正洞排水

- ① 正洞的上坡地段，排水方式也采用正洞两侧挖排水沟，自然排水。
- ② 正洞口的下坡段，施工时，排水也采用分段集水池截流，水泵接力抽水至上坡段，再自然排水。其余措施均同导洞一样。

6、通风、照明

6.1 通风

6.1.1 导洞通风

洞内通风采取吸出、压入式复合通风，压入式通风机采用 2×55KW 轴流式高压风机，在隧道内设 $\phi 1000\text{mm}$ 的软式通风管，通风管挂在距地面 2.5m 以上的边墙上，当掘进至 1000m 时，在导洞内及横通道内分别布置 2×25KW 轴流式风机往外抽烟排尘，以加速工作面的通风和排烟。压入式风管在洞内设一分叉装置，分别向导洞掌子面和横通道掌子面压入新鲜空气，以改善工作条件。

6.1.2 正洞通风

正洞通风也采取吸出、压入式复合通风，风机采用 $2 \times 55\text{KW}$ 轴流式高压风机，在正洞内设 $\phi 1000\text{mm}$ 的软式通风管。

6.2、照明

正洞及导洞洞内供电均采用 $W3 \times 185 + 2 \times 95\text{mm}^2$ 的电缆，在施工区域内照明电压均采用小于 36V 的安全电压，成洞和不作业地段采用 220V 照明电压，动力设备则采用 3 相 380V 电压供电。当隧道掘进一定长度，电压降过大时，采取高压电缆进洞，洞内设 315KVA 变压器。并随开挖面增长向洞内移动。

筑龙网 WWW.ZHULONG.COM