

目 录

第一章 工程概况与工程特点.....	1
第一节 工程概况.....	1
第二节 工程特点.....	3
第二章 施组目标与开竣工时间.....	4
第一节 施组目标.....	4
第二节 开竣工日期.....	4
第三章 现场指挥组织机构.....	4
第四章 施工总体部署.....	6
第一节 作业区划分及劳动力布置.....	6
第二节 施工前期准备工作.....	6
第三节 物质供应方案.....	7
第四节 临时工程及现场总平面布置.....	8
第五章 总体施工方案.....	10
第一节 总体方案概述.....	10
第二节 分部实施方案.....	10
第三节 施工顺序.....	11
第六章 施工总进度安排.....	13
第七章 主要工程施工方法和工艺.....	14
第一节 桥梁基础及下部工程施工方法及工艺.....	14
第二节 钢管结构制作与安装.....	17
第三节 钢管拱的转体施工.....	56
第四节 钢管混凝土压注方法和工艺.....	67
第五节 拱上结构施工.....	70
第六节 附属工程施工.....	71
第八章 资源配置.....	71
第一节 原材料供应计划.....	71
第二节 劳动力组织及调配计划.....	73
第三节 机械配置及调配计划.....	74
第四节 资金流动计划.....	84
第九章 技术组织措施.....	85
第一节 保证工期措施.....	85
第二节 创优规划、质量保证体系与质量保证措施.....	86
第三节 安全施工措施及安全保障体系.....	89
第四节 文明施工及环境保护措施.....	90

第一章 工程概况与工程特点

第一节 工程概况

1.1 地理位置与地形地貌

北盘江某大桥位于贵州西部六盘水地区崇山峻岭中，这里地形起伏大，山高谷深，岩壁陡峭，坡面植被稀少。北盘江系珠江水系红水河上游的一条支流，桥址河谷深切，呈V形陡立，东岸（六盘水侧）壁高158m，呈直立状，崖底约有3m倒悬；西岸壁高177m，陡壁倾角约 70° 。大桥以 $3 \times 24\text{m}$ （预应力钢筋砼梁）+236m（上承式钢管混凝土拱）+ $5 \times 24\text{m}$ （预应力钢筋混凝土梁）之桥跨形式，于河谷最窄的老鹰岩处跨越北盘江。

1.2 地质概况

该桥地处水柏铁路中段，中心里程DK71+322，桥长468.20m，主桥设于直线平坡上，与北盘江呈 80° 交角。桥址的地质情况较为理想，附近无大的构造形迹，单斜层理，倾角平缓，产状为 $N40^{\circ}W / 10^{\circ}-15^{\circ}NE$ ；节理较发育，主要有三组，走向分别为E-W、 $N30^{\circ}-N40^{\circ}$ 和 $N35^{\circ}-55E$ 。均为垂直节理，延伸性较好。

地层岩性为：六盘水岸顶部上覆零星残坡积砂粘土，河床面覆盖卵石土，下伏基岩为二叠统栖霞组二段十茅口组灰岩，其中与玄武岩接触带见有石灰岩。燧石灰岩与风化溶蚀轻微，均呈中厚层—厚层状，岩体细密、坚硬、完整，溶岩不发育，局部有裂隙、溶孔，见有方解石脉，六盘水岸顶基岩零星出露；柏果岸顶基岩大部裸露，岩层均属V级次坚石。

本桥除0号台置于燧石灰岩，其余各墩台均置于灰岩上。

1.3 气候

项目所处地域属亚热带夏湿春旱温和气候区，日照充足。年均气温在 $13^{\circ}-14^{\circ}C$ ，冬季为12月至次年2月。冬多凝冻，年均凝冻为28天；5—9月为雨季，年降雨量1200—1500mm之间，风向以东南风和偏东风为主，平均风速 $1.6\text{m}-2.5\text{m} / \text{s}$ 。

地震烈度小于VI级。

1.4 主要工程数量

地基处理：片石砼	150m ³
压 浆	1500m ³
墩台基础：片石砼	322m ³
墩台身、帽、托盘、道碴槽：片石砼 / 钢筋砼	1821 m ³ / 2284m ³
基坑回填：浆砌片石	2834 m ³
上下转盘及球铰钢筋砼	6056 m ³
钢管拱肋制造安装	2128t
钢管拱肋压注砼	2725 m ³
拱上刚架墩钢筋砼	752 m ³
拱顶Ⅱ型刚构钢筋砼	535 m ³

1.5 工程施工技术标准

1.5.1 所有的材料、工程构件、半成品及工程质量均应符合国家、铁道部颁布的现行标准、规范与规则的规定和要求。

1.5.2 本合同工程采用的规范、规则：

GBJ 90—85	铁路线路设计规范
TBJ 101—85	铁路测量技术规则
TBJ 2—85	铁路桥涵设计规范
TBJ 203—86	铁路桥涵施工规范
TBJ 210—86	铁路混凝土及砌石工程施工规范
TBJ 211—86	铁路组合钢模板技术规则
TBJ 415—87	铁路桥涵工程质量评定验收标准
TB 10425—94	铁路混凝土强度检验评定标准
GB 50204—92	混凝土结构工程施工及验收规范
GBJ 205—83	钢结构工程施工及验收规范
CECS 28：90	钢管混凝土结构设计与施工规程
GB 699—88	优质碳素结构钢
GB 700—88	碳素结构钢
GB 1499—91	钢筋混凝土用热轧带肋钢筋
GB 13013—91	钢筋混凝土用热轧光圆钢筋

GB	5223—85	预应力混凝土用钢筋
GB	5224—85	预应力混凝土用钢绞线
JB	18—84	钢筋焊接及验收规程
GB	175—92	硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥
JGJ	52—92	普通混凝土用砂质量标准及检验方法
JGJ	53—92	普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法
GBJ	119—88	混凝土外加剂应用技术规范
GBJ	63—89	混凝土拌合用水标准

铁道部第二勘测设计院提供的钢板、钢管焊接工艺技术标准。

第二节 工程特点

本桥的结构特点和技术特点可概括为“高、难、新”三个字。即技术含量高，施工难度大，结构新颖，许多领域在国内或路内尚无首例，尚无成熟经验和规范作指导。具体归结为以下几个方面：

2. 1 针对桥址处北盘江谷深壁陡，两岸地质较好的特点，结合铁路荷载特点，设计部门采用了主跨 $L_p=236\text{m}$ 的上承式钢管砼桁架拱，单孔跨越北盘江，拱上建筑采用轻型刚架结构，主拱双肋采取内倾，以加强横向刚度；在拱脚 16m 梁范围，各拱肋上下弦之间加焊四块钢板浇筑微膨胀砼，使这一段拱肋呈箱形，以抵抗较大的弯矩，且具较大的抗扭作用，设计构思独到，结构形式新颖，使钢管砼受力条件好，相对投入少，以刚性骨架、无模板施工拱型结构的优势得到进一步发挥，使之更加切合铁路荷载的实际，开创了国内铁路拱型结构之最。

2. 2 “五个第一”。本桥是国内第一座钢管砼铁路桥，尚无成熟的工程经验作借鉴和相应的规范作指导；本桥是国内第一座采用全焊管结构为主体的铁路桥梁结构，对相贯连接的焊接工艺、检测手段和评定标准尚未形成；本桥是第一座采用工地手工焊接的铁路桥梁结构，对安装精度控制，焊接质量保证都无法利用工厂工艺实现；本桥是国内第一座采用拱肋内倾成为复杂空间曲线的钢管砼拱桥；本桥是第一座采用全结构长效防腐的铁路桥梁，大大突破了铁路钢桥保护性涂装的范围。因此，在施工阶段对焊接质量，拼装工艺，对复杂的拱轴线型控制和节点相贯线型控制以及变形控制，防腐技术等要求极高。同时也给相关科研提出了新的课题。

2. 3 相贯焊缝连接强度、耐疲劳强度及构件名义应力的控制标准尚需研究。

2.4 转体跨中合拢的方式有较大的施工难度，对合拢段的制作、安装精度与连接方法提出了新的要求。

2.5 钢结构从工厂加工制作，经铁路、公路辗转装卸，长途运输平面节段单元如何减少和避免局部变形的措施。

综上所述，本桥的制作及安装工艺具有高、难、新的特点，我们将其重点放在了结构工地焊接质量的保证和结构线形安装精度的控制上，以及转体施工的安全，围绕这三个重点，形成了本施组将要述及的制作安装工艺和质量安全保障体系。

第二章 施组目标与开竣工时间

第一节 施组目标

- 1.1 工期：施组安排工期为 25 个月，比招标工期提前一个月达到交付程度。
- 1.2 质量：在本桥创鲁班奖。
- 1.3 安全：杜绝重伤及以上事故，轻伤年负伤率控制在 3% 以下。
- 1.4 科研：在建桥过程中，与建设、设计、科研单位一道，争创国家科技进步奖。

第二节 开竣工日期

- 2.1 开工日期：1999 年 2 月 1 日
- 2.2 竣工日期：2001 年 2 月 28 日

第三章 现场指挥组织机构

本项目由铁道部第五工程局、铁道部科学研究院西南分院组成联合体（以下简称“联合体”），对本项目进行联合投标。

铁五局作为联合体牵头单位，负责全桥施工，直接对业主负责。

铁科院西南分院承担转体部分施工技术工作及监测监控。铁科院西南分院曾担任三峡工程黄柏河特大桥和下牢溪特大桥净跨 160m 钢管混凝土拱桥转体结构及工艺设

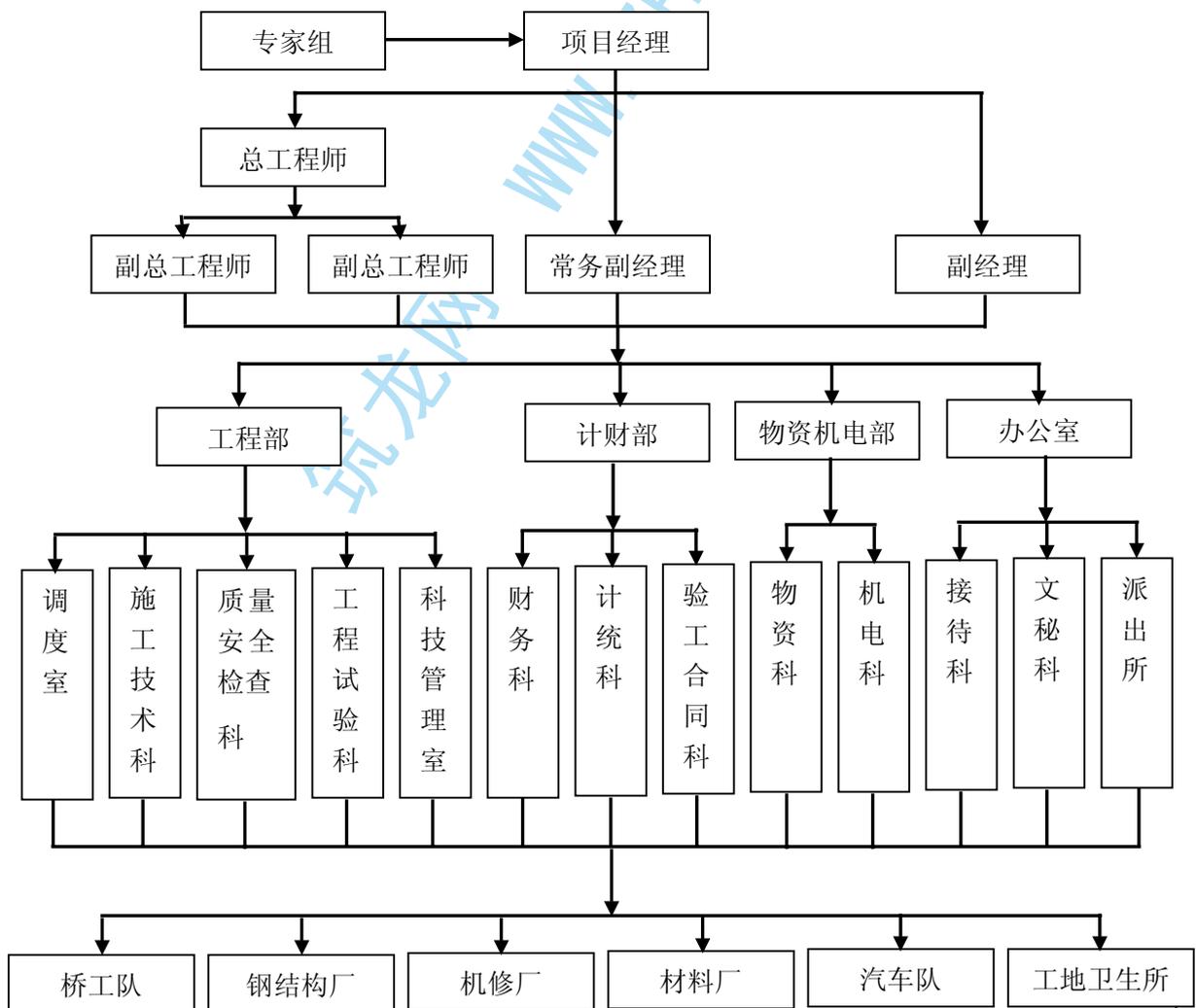
计与施工监测监控，均取得了成功经验；现受聘承担广州西南环高速公路丫吉沙大桥主跨 360m 钢管混凝土拱桥的施工监理（该桥为转体施工，转体重量 13500t）。

另拟聘请 3~5 名全国知名专家担当本项目的技术顾问，指导本桥的施工和科研等工作。

钢结构部分采用分包方式，分包单位为广州广船国际股份有限公司，负责钢结构工厂制作、工地制作和拼装焊接、检测、防腐处理。“广船国际”曾担任过广州南海三山西桥 160m 钢管混凝土拱桥的施工；目前又正在施工广州西南环高速公路丫吉沙大桥 360m 钢管混凝土拱桥项目，负责钢结构部分加工制作、拼装焊接、检测任务。

联合体在现场设立项目经理部，本桥项目理由铁五局副局长刘建华担任，副经理理由铁五局、西科院各派一人担任，总工程师由牵头单位副经理兼任，副总工程师由铁五局、西科院各派一人担任。主要管理人员情况见《辅助资料表》（表 3），组织机构见如下框图：

水柏铁路北盘江某大桥联合体项目经理部



第四章 施工总体部署

第一节 作业区划分及劳动力布置

1.1 作业区划分

根据现场条件和两岸同步作业的具体情况，本桥分柏果和六盘水岸两大作业区。大作业区内又分线路右侧钢结构作业区、线路左侧辅助作业区，以及沿中线引桥墩台作业区。

1.2 劳动力布置

本桥主跨从基础施工到两个半跨合拢，直到钢管砼压注及拱上结构最终完成，两岸皆为同步施工，因此桥工大队分为东西两个队，每队约 150 人，具体负责桥梁墩台施工，钢管拱肋吊装，转体施工，钢管砼压注，拱上刚架墩、II 型刚构施工。桥工大队生产工人总人数约 300 人。钢结构厂（即“广船国际”）亦分东西两队，包括参与辅助作业的普工，每队约 110 人，具体负责单元体现场加工、组装焊接、测试调整、防腐涂装等工作。钢结构厂生产工人总人数约 220 人。

第二节 施工前期准备工作

2.1 技术准备

接到中标通知书后，立即组织项目经理部人员，作好有关的准备工作。项目总工程师组织技术人员，内部质量管理人员学习技术规范和会审图纸，根据资料文件对该投标书中的施工组织设计进行补充修订，形成更加合理、可行、较为详尽的施工组织方案，以便及时编制实施性施工组织设计送审，同时结合本工程的特点，制定补充施工操作规程和工艺细则，做好施工技术交底的准备。

2.2 组织准备

一旦接到中标通知，立即召集联合体各方，研究施工准备和开工事宜，进行材料设备订货，组织临时工程的施工及征地拆迁的及早展开，五局组织精测队赶赴现场，

进行贯通测量和桥位控制测量。

2.3 机械设备及人员的进场

接到中标通知书后，除项目经理部的主要管理人员、技术人员及早到位挂牌运作外、各下属单位的管理人员、技术人员、技术工人和普通工人亦作好进场准备，同时要对进场的机械设备再进行一次认真仔细的检查，排除可能发生的故障，保证工程的顺利开工。在签订工程承包合同后，人员和设备将按计划进场。

第三节 物质供应方案

3.1 材料供应组织机构

项目经理部设物资科，下设材料厂负责采购供应除甲方供应的钢材水泥之外的大宗物资，各下属单位设材料室和工地料库，负责一般零星用料和砂石料的采购供应。

3.2 材料来源

本工程所需的钢筋、钢板、角钢、水泥由业主供应。可按月、季向业主提出计划，到业主指定的厂家或仓库提货（其中制作钢管所需的钢材运至广州广船国际股份有限公司）；

木材及其它一般用料：在水城采购供应；

高标号混凝土用砂：从成昆线黄瓜园（牛街）采购优质石英砂；

高标号混凝土用碎石：从南昆线响水附近采购优质玄武岩碎石；

一般工程用砂石：就近砂石场采购；

锚具：在柳州市建筑机械总厂采购；

炸药：采购云南炸药；

施工用料具：由材料厂在五局内调配使用或新购。

3.3 材料运输

材料短途运输由汽车队负责，长途运输采用火车运输，再换装成汽车或拖车运往工地。

第四节 临时工程及现场总平面布置

4.1 根据现场可利用的临时场地情况，本着节约用地、方便工作及生活、便于管理、不污染环境等原则，确定在水城岸设立项目经理部，生活、办公房屋主要布置在水城岸，两岸之间设人行便桥一座，便于两岸之间人员的交通。两岸分设钢筋棚一个，料库一个，机修车间及木工棚设在水城岸。

4.2 施工便道便桥

业主已将便道修至两岸，为了便于作业，拟从现有便道端头沿等高线呈幅射状延伸至各作业区。便道总长 3Km，便道路基宽 5m，路面宽 4m，泥结碎石路面，在桥位上游适当位置修建人行吊桥一座，桥长 180m，桥宽 2m，见人行便桥设计图 4.1。

4.3 跨沟缆索吊机

为解决钢管拱的施工，特设跨沟缆索吊机一台，跨度 375m，另设附缆索吊机一台，跨度 160m。跨沟缆索吊塔架位置在 DK71+135 和 DK71+510，跨度为 375m，主跨跨中挠度 30m，主索跨中距拱顶面 13m，吊重 30t。

跨沟缆索吊机索道主索设上下游两组，另设工作索两组，主索每组 5 根（每根为 $\phi 40\text{mm } 6 \times 19=114$, 绳芯 1 根）钢丝绳，起吊重量 15t（不计滑车、吊具等重量），工作索每组 1 根（每根为 $\phi 40\text{mm}, 6 \times 19\text{m}$, 绳芯）钢丝绳。塔架采用 N 型万能杆件拼装，塔架基础采用 150# 混凝土，厚度 0.8m。水城岸塔架高 58m，柏果岸塔架高 68m，在塔顶部设浪风绳，塔底部设钢制铰支座，浪风地垅采用埋入式，钢铰底座锚固在基础混凝土内，索道采用 150# 混凝土锚洞式地垅，牵引索采用 $\phi 19.5\text{mm}$ 钢丝绳，起重索采用 $\phi 17.5\text{mm}$ 钢丝绳，分线索采用 $\phi 8.7\text{mm}$ 钢丝绳。主索采用 2 台 8t 双筒卷扬机牵引，工作索采用 2 台 2t 卷扬机牵引。搬运器、吊钩、索鞍、分索器、铰支座等自行设计、加工。

主缆索吊主要用料和工程数量：

钢丝绳	70t
万能杆件	165t
钢构件制造	30t
基础及地垅 150# 混凝土	150m ³

4.4 钢结构现场加工车间

在水城岸设钢结构现场加工车间，车间内设 20t 龙门吊一台，以便钢构件到场后

进行堆放、检查、整修，以及横联钢管的单元组装。

4.5 钢管拱转体加工台座

在两岸转体结构施工位置顺右侧山坡各设钢管半拱拼装胎架一座，采用万能杆件搭设，主弦钢管采用型钢工装固定在胎架上，钢结构采用缆索吊、轮胎式汽车吊起吊安装。

4.6 混凝土拌合站

在两岸各设混凝土搅拌站一座，两岸各配 1000L 强制式混凝土搅拌机 2 台，砂石料配料机两台，装载机一台，混凝土搅拌运输车 3 台。

4.7 塔架扒杆吊

两岸各设塔架扒杆吊一座，作为交界墩施工垂直运输设备，并设载人吊笼，解决人员上下交通。

4.8 施工用电

两岸各设 500KVA 变压器一台，在水城岸设一台 250KW 自备发电机以备停电时使用。两岸之间用电缆联接，以便一端停电时另一端供电。主干电线 0.5Km，过沟电缆 0.5Km。

4.9 施工用水

从业主供水主管接支管送各作业区。

4.10 临时通讯

向业主申请装设集群电话联络。工地内部通讯采用无线电对讲机，项目经理部设大功率无线电电台一部。

4.11 现场总平面布置图（图 4.2）

4.12 临时工程数量表

临时工程项目	单位	数量	备注
新建汽车便道	Km	3	
人行悬索吊桥	座 / m	1/180	
30t 缆索吊	座 / m	1/375	
15t 缆索吊	座 / m	1/160	
万能杆件胎架	t	656	
临时房屋	m ²	5500	

第五章 总体施工方案

第一节 总体方案概述

本桥除两端引桥为 $3 \times 24\text{m}$ 和 $5 \times 24\text{m}$ 梁式桥跨外，主跨为 $L_p = 236\text{m}$ 上承式钢管砼桁架拱。主跨拟采用工厂加工制作拱肋节段，工地设支架拼装焊接成两个半拱，拱趾设转盘和球铰，张拉牵引转体、跨中合拢的总体施工方案。与总体方案相配套，在东西两岸设置砼拌合站和泵站，以压注拱肋钢管砼，浇注转体基础、拱上建筑和引桥墩台砼，同时在两岸拱趾设置拱肋拼装胎架和工地焊接加工厂，并设置缆索吊机，以解决纵向垂直运输。各分部工程的施工方案见下面第二节文字说明。

第二节 分部实施方案

2.1 桥梁下部构造及拱上结构施工方案

桥梁基础采用明挖扩大基础，表层开挖采用人工配合挖掘机开挖，坚硬岩中用小爆破碎裂法开挖，扒杆吊运出碴，自卸汽车弃运。

桥梁交界墩和拱上刚架墩墩身采用翻模施工，较低的刚架墩及其它墩台身和顶帽、托盘、拱顶 Π 形结构，采用大块钢框胶合模板施工，泵送混凝土入模，插入式振捣器捣固，垂直运输采用塔架扒杆吊，拱上结构运输采用缆索吊。

2.2 主体钢管拱施工方案

根据本工程的技术特点，为确保钢管工厂制作的杆件单元组成空间结构的精度和焊接质量，主桥钢管拱肋的安装采用转体施工方案，即在两岸利用有利地形按照拱肋设计线形和标高搭设支架，改善钢管成拱的施工环境，以提高现场组拼成拱的精度、焊接质量和工效。待两岸钢管拱肋半拱成型后平转到设计桥轴线位置，实现空中合拢成拱。

2.3 拱圈钢结构的施工分工厂制作和预拼、现场拼装和焊接两个阶段。

工厂制作主要是充分发挥工厂技术力量和先进设备的优势，确保钢结构零部件的制作精度和焊接质量，把复杂的工序安排在工厂制作阶段，以简化现场组拼和焊接，提高成拱精度和焊接质量，在满足运输条件的情况下，将钢结构制作成最大的杆件单元，减少工地施工环节，达到提高成拱精度和减少现场焊接的目的。工厂采用节段吻

合预拼，单元杆件设临时连接，目的是把制作的误差最大限度地消化在工厂内，满足现场拼装精度的要求。

影响现场组拼精度和相应的对策主要有以下几个方面，一是工厂制作误差，主要是通过公差分析控制在容许范围内并尽可能的减少；二是运输阶段杆件的变形，主要通过工装固定防止受压、碰撞产生变形，并有严格的安全保护措施；三是工地焊接变形，主要通过选择合理的焊接工艺和施工顺序，牢固的支架和必要的工装设施来实现。焊接质量的控制主要是通过选择合理的焊接工艺和持证上岗相应等级的熟练焊工来保证。

2.4 保证转体施工成功和安全的关键是转体结构中心转轴、球铰钢壳的精确定位，以及完善的保安措施，合理的减摩措施，先进的施工监测监控手段。

2.5 转体合拢的关键是选择适当的合拢时间、良好的接头构造和合拢工艺。

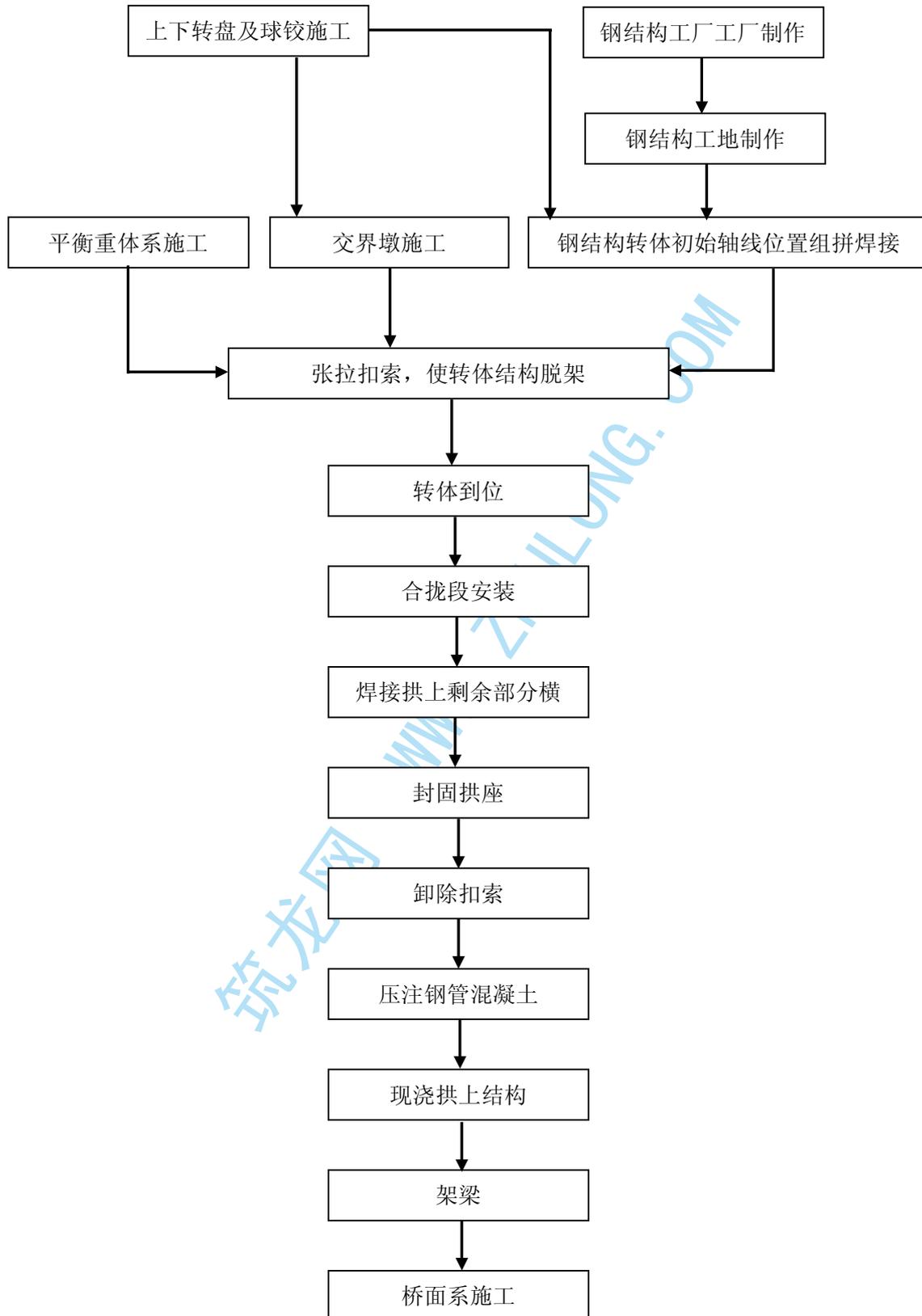
2.6 钢管内混凝土采用混凝土输送泵按设计要求的顺序分部分仓压注，严格施工控制、两岸同步对称进行。

第三节 施工顺序

3.1 转体方案施工顺序框图见下页图。

3.2 转体方案施工步骤图见图 5.1。

转体施工方案顺序框图



第六章 施工总进度安排

通过施组方案、优化施工工序和充分利用资源，并经网络计划优化，最后确定计划本工程总工期为 25 个月，比招标书要求的总工期 26 个月富余 1 个月时间。

下面就施工工期安排情况作简要说明：

1、由于五局在水柏铁路已有部分工程，有部分设备和人员可就近调遣，具有快速进场的优势，可在较短的时间内作好开工前平整场地、办理拆迁和设备进场等准备工作。

2、安排施工计划时，采用合理安排、均衡生产的原则，后续工序留有富余的时间，以消除因不利因素可能对工期造成的延误，确保工程的总工期。

3、首先抓住关键工程，集中资源先安排转体上下盘及球铰的施工。拱座基础挖基数量大，加大机械设备和人力的投入，其余工作通过合理组织、精心安排，尽可能缩短作业时间，可以作到适当提前。水城岸挖基计划 2.5 个月完成，柏果岸挖基计划 3 个月时间完成，上下转盘及球铰安排 3 个月时间完成。

4、钢管拱肋工厂制作在现场拼焊前 5 个月开工，安排制作时间 10 个月，现场组拼焊接安排施工时间为 7.5 个月。墩柱施工、平衡重体系施工与钢管拱肋现场组拼焊接平行作业，钢管拱肋现场组拼支架与上下转盘及球铰施工平行作业，通过合理组织、精心安排，在钢管拱肋组拼前完成。

5、扣索张拉、转体合拢及封固拱座安排 1.5 个月时间完成，考虑了一定的富余时间。

6、拱上剩余横联的安装焊接安排 1.5 个月的时间完成。

7、压注钢管混凝土安排 2.5 个月的时间完成，考虑了混凝土的养护、检测以及可能出现缺陷进行处理的时间。通过合理组织、精心施工、完善的质量保证体系和措施，确保管内混凝土压注质量，可以适当提前工期。

8、拱上刚架及拱顶Ⅱ型结构总计安排 4.5 个月，在施工过程中设计单位若能对加载程序进行优化，加大资源投入，可以适当提前工期。

9、配合架梁及桥面工程安排 1 个月时间完成。

具体施工进度计划安排见“施工进度计划时标网络图”（图 6.1）和“施工进度计划横道图”（图 6.2）。

第七章 主要工程施工方法和工艺

第一节 桥梁基础及下部工程施工方法及工艺

1、 桥墩台基础

1.1 基础开挖

1.1.1 开挖前先做好防排水措施，防止水土流失，选好弃土场，不得直接弃向北盘江河谷或就地弃于陡坡上。

1.1.2 表面采用敞开式开挖，以稳定边坡进行，在下部与支撑开挖衔接处设置不小于 50cm 的平台，并作好安全防护措施，严防土体坍塌危及施工安全，开挖方法为人工配合挖掘机开挖。

1.1.3 坚质岩中用小爆破碎裂法开挖，严格控制装药量，坑壁四周设置密集的防裂孔保护坑壁，防止震裂、松动基础，固壁基岩，防止超挖，使坑壁规则整齐，防止落石危及人身安全。

1.2 基础混凝土浇筑

泵送混凝土入坑，插入式振动器捣固。

1.3 转体结构上下盘（施工方法和工艺在本章第二节文字说明内）高标号、大体积混凝土泵送施工要点如下：

1.3.1 采用中低水化热水泥，中粗河砂（含水量小于 2%），5~40mm 碎石，减少混凝土收缩；

1.3.2 在混凝土中掺加复合型外加剂和粉煤灰，以减少绝对用水量 and 水泥用量，改善混凝土和易性与可泵性，延长初凝时间；

1.3.3 预埋冷却水管，用循环水降低混凝土内部温度，减小内外温差；

1.3.4 对骨料、拌筒、输送泵管道采取降温措施；

1.3.5 混凝土浇筑顺序的安排，按薄层连续浇筑以利散热，以不出现冷缝为原则；

1.3.6 混凝土在浇筑振捣过程中的泌水予以排除；

1.3.7 养护主要是保持适宜的温度和湿度，以便控制混凝土内表温度，促进混凝土强度正常发展及防止裂缝的产生和发展，采用先一层塑料薄膜后两层草袋保温保

湿养护。

2、桥梁下部构造

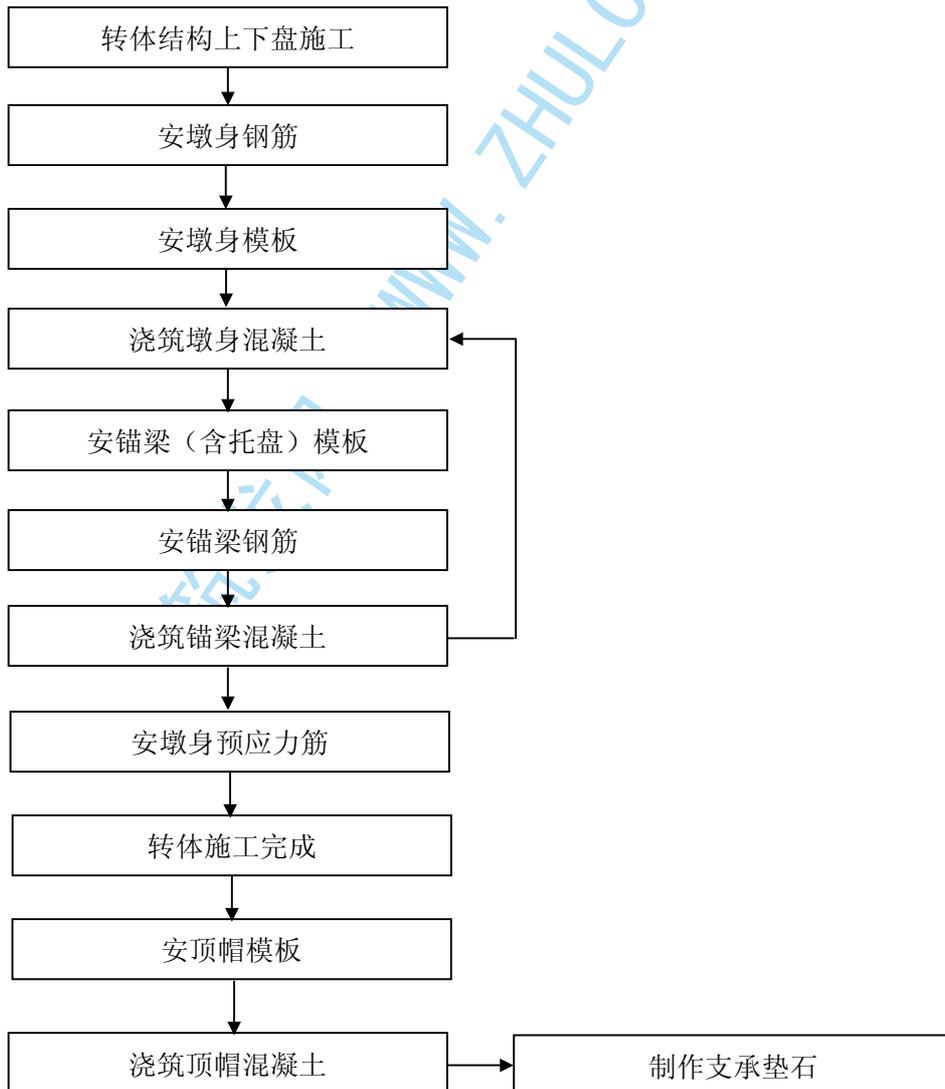
2.1 墩身：采用大块钢框胶合模板、缆索或吊车安装，钢管脚手架，泵送混凝土入模，插入式振动器捣固；

2.2 交界墩墩身：采用翻模施工，塔架扒杆吊垂直运输，并设载人吊笼解决上下交通，泵送混凝土入模，插入式振动器捣固，交界墩施工总体布置图如图 7.1.1 所示；

2.3 桥台身、台帽采用大块钢框胶合模板，泵送混凝土入模，插入式振动器捣固；

2.4 托盘、墩帽：在桥墩横向预留孔道，插入工字钢梁作为托架，上铺方木支模，模板采用大块钢模，泵送混凝土入模，插入式振动器捣固。

3、交界墩施工工艺流程



4、主要机械设备配备

主要机械设备配备表

序号	名称	型号规格	单位	数量	备注
一	土石方机械				
1	空压机	L-12 / 7	台	2	
2	挖掘机	PC400-6 日本小松	台	1	
3	装载机	CAT973 美国卡特	台	2	
二	钢筋机械				
1	钢筋电焊机	ZLD-21	台	3	
2	钢筋切断机	GJ-40	台	2	
3	钢筋弯曲机	GW-40	台	2	
4	钢筋调直机	GT-40	台	2	
5	砂轮锯	SJ-320	台	2	
三	混凝土机械				
1	砂石料配料机	HP-120 川建	台	4	带自动计量装置
2	混凝土强制式搅拌机	JS-1000 川建	台	4	带自动计量装置
3	混凝土搅拌运输车	ND855 日本新泻	台	6	
4	混凝土输送泵	HBT60E 中联	台	3	
5	混凝土插入式震动器		台	10	
四	起重机械				
1	缆索吊机	主索 2 组 15t, 工作索 2 组	台	1	
2	轮胎式起重机	QY-40 徐州	台	2	
3	轮胎式起重机	8t	台	1	
4	塔架扒杆吊	1t (载人吊笼 1t)	台	2	交界墩施工

主要机械设备配备表

序号	名称	型号规格	单位	数量	备注
五	预应力张拉设备				
1	千斤顶	YCL150 型	台	4	张拉 7—7 ϕ ⁵ 钢绞线
2	千斤顶	YCL250 型	台	4	张拉 9, 12—7 ϕ ⁵ 钢绞线
3	千斤顶	YCL420 型	台	1	张拉 19—7 ϕ ⁵ 钢绞线
4	千斤顶	YCL22 型	台	1	张拉单根 7 ϕ ⁵ 钢绞线
5	千斤顶	YG70 型	台	1	张拉 Φ 32IV 级精扎螺纹钢
6	千斤顶	YCL40 型	台	1	P 型锚具挤压
7	千斤顶	YCL3 型	台	1	H 型锚具压花
8	高压油泵	ZB4—500 型	台	4	与千斤顶配套
9	灰浆泵	UB3 型	台	1	孔道压浆
10	拌浆机	PJ02 型	台	1	水泥浆搅拌

说明：千斤顶及高压油泵可根据需要调整

第二节 钢管结构制作与安装

1、钢管结构的结构特点和制作关键

北盘江单线铁路大桥，主跨采用 $L_p=236m$ 的上承式钢管混凝土桁架拱，单孔跨越 V 形河谷，矢跨比为 1 / 4，是目前国内铁路拱结构之最。受桥址地形所限，施工方法采用钢管桁架半跨转体，跨中合拢，再压注钢管混凝土的方法。钢管桁架拱采用不同直径的钢管相贯焊接而成的空间结构，由两组等高度空间桁架（5.4m）内倾 7.448° 后用横联系相连，使主拱的横断面成梯形状，拱脚底宽为 19.6m，拱顶顶宽 4.2m，以满足桥跨结构的横向刚度需要。

本桥的荷载特点、结构型式和安装方法形成了钢管结构制作与安装工艺的复杂与特殊性，成为本桥整个施工工艺的核心。我们可以从以下几个方面来认识它：

国内第一座钢管混凝土铁路桥，尚无成熟的工程经验作借鉴和相应的规范作指导；

国内第一座采用拱肋内倾成为复杂空间曲线的钢管混凝土拱桥；

第一座采用全焊管结构为主体的铁路桥梁结构，对相贯连接的焊接工艺、检测手段和评定标准尚未形成；

第一座采用工地手工焊接连接而成的铁路桥梁钢结构，对安装精度控制，焊接质量保证无法利用工厂工艺实现；

相贯焊缝连接强度、耐疲劳强度及构件名义应力的控制标准尚需研究；

转体跨中合拢的方式有较大的施工难度，对合拢段的制作、安装精度与连接方法提出了新的要求；

第一座采用全结构长效防腐的铁路桥梁，大大突破了铁路钢桥保护性涂装的范围；

平面节段单元长途运输，如何减少和避免局部变形的措施。

综上所述，本桥的制作及安装工艺具有“高、难、新”的特点，我们在充分利用工厂制作优势的条件下，将其重点放在了结构工地焊接质量的保证和安装精度的控制上，围绕它，形成了以下制作安装工艺和质量保障系统。

2、钢管结构制作方法

2.1 钢管结构制作的总体施工构思

根据铁路和公路的运输能力和条件，本桥钢管结构的制作分工厂制作和工地拼装二个阶段进行，工艺流程如图 7.2.1 所示。

工厂制作主要包括各构件的零件加工制作、腹杆和横联杆系加工制作、拱肋平面节段组装、拱肋预拼以及零件、杆件、节段的工厂复合涂装等工作。

工地拼装工作主要包括半拱拼装、平联板节段间嵌补安装、腹杆安装、腹板安装、横联杆安装、合拢段制作安装以及工地复合涂装等工作。

2.2 钢结构的工厂制作

钢结构的工厂制作主要是利用工厂技术和设施的优势，保证拱肋弦管的精确对接、拱肋焊缝的焊接质量及各腹杆、横联杆、腹板的加工精度，其保证措施是利用电脑放样、工装、工艺装备及合理的施工工艺、检测、控制手段来完成。

2.2.1 工厂制作场地布置图见图 7.2.2 所示。

2.2.2 结构放样

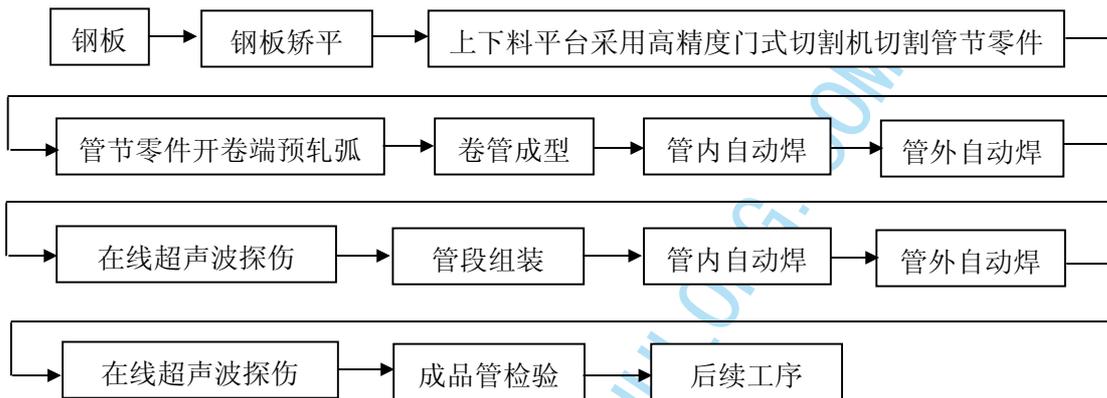
(1) 主拱肋轴线在立面投影上为悬链线，拱轴系数 $m=3.2$ ，拱顶预拱度 68mm，在全拱肋按二次抛物线分配。放样按设计所提供的坐标利用计算机建立 1:1 空间数学

模型，在该模型中进行实测放样，并直接读取放样数据绘制放样样板，关键零件放样数据直接传输，制作加工样板利用计算机放样数据，在样楼进行 1:1 比例放样。

(2) 放样根据规范预留焊接收缩余量和切割、加工及装配余量，余量公差利用在工厂制作主拱试验段的方法验证。

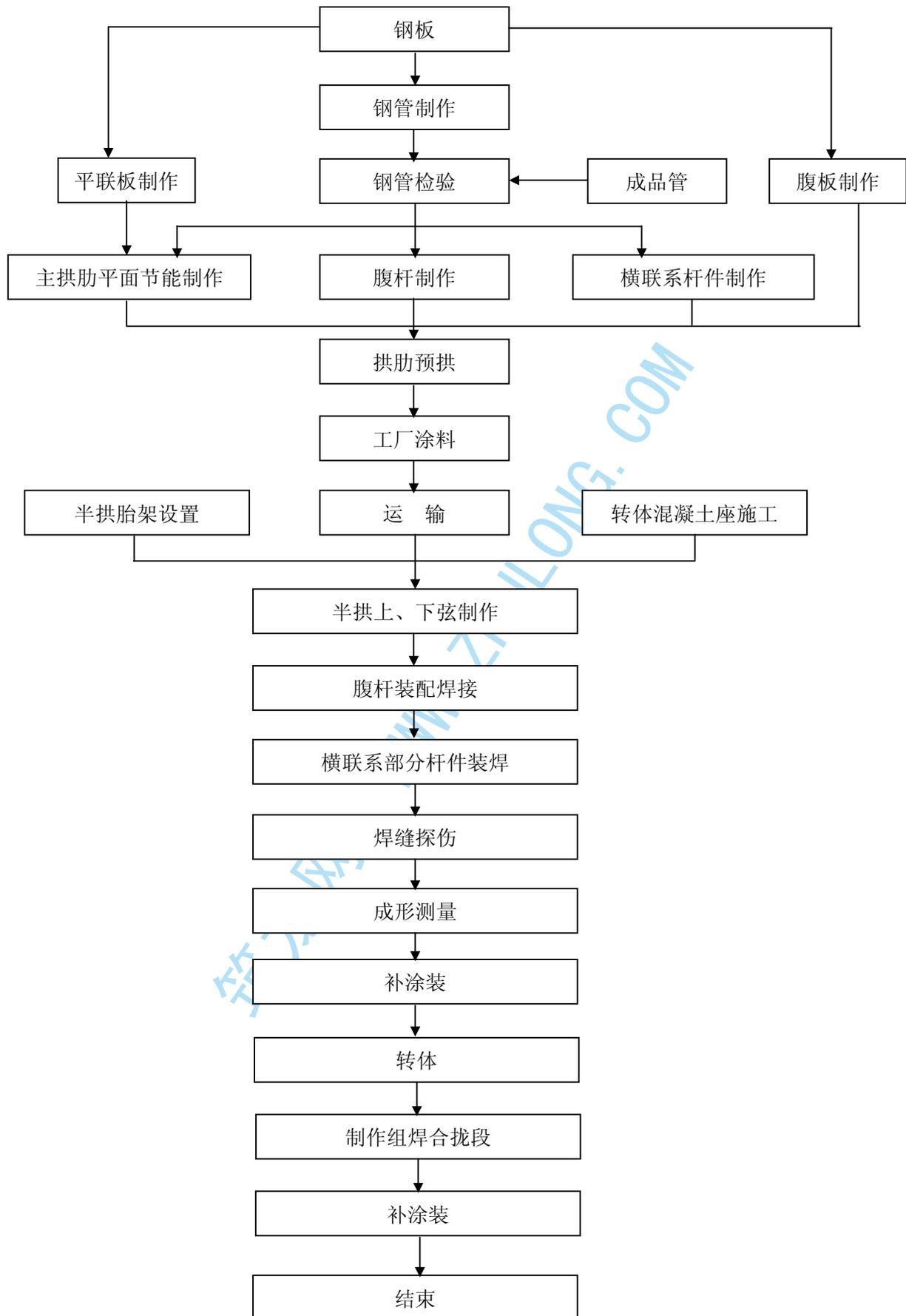
2.2.3 钢管的制作

主肋钢管利用钢板在钢管制作生产线上完成，其工艺流程如下：



主拱肋管也可以采用符合标准的成品管，斜腹杆、横联钢管采用同样工艺方法制作，也可以使用成品管。

图 7.2.1 钢结构制作工艺流程图



2.2.4 主拱肋管零件的加工

(1) 管段线型加工

主拱钢管线型加工有两种方法，一种是钢管利用胎模热弯成形，另一种是弦切线成拱。热弯成形可以减少焊缝的数量，提高对接精度和拱线形精度，但加工难度大，技术要求高。弦切线成拱焊缝数量多，焊接工作量大，且无条件使用自动焊接，不利于保证焊接质量，焊接变形控制复杂，不利于拱线形的控制，但加工难度小。通过两种施工方法的比较，结合广船国际股份有限公司在广东南海三山西桥、广州解放大桥和广州丫髻沙大桥等钢管拱桥施工取得的经验，我们倾向于采取热弯成拱工艺。

a. 热弯成拱

热弯主要是用火焰加热作为热源对钢管指定区域进行加热，温度控制在相变温度以下，在自重的作用下促使管段热弯成型，其工艺流程如下：



加工时，首先在主弦管的空间数学模型上读取节段弦管的拱线形坐标数据，据此制作胎模和全长检验样板，胎模刚性固定在预埋有地筋的弯管场地上，将弦管直管段上胎固定，划线，在其需弯一侧火工加热，利用其自重空冷成型，这种工艺方法能保证其线形准确光滑。

火工弯管方法如图 7.2.3 所示。

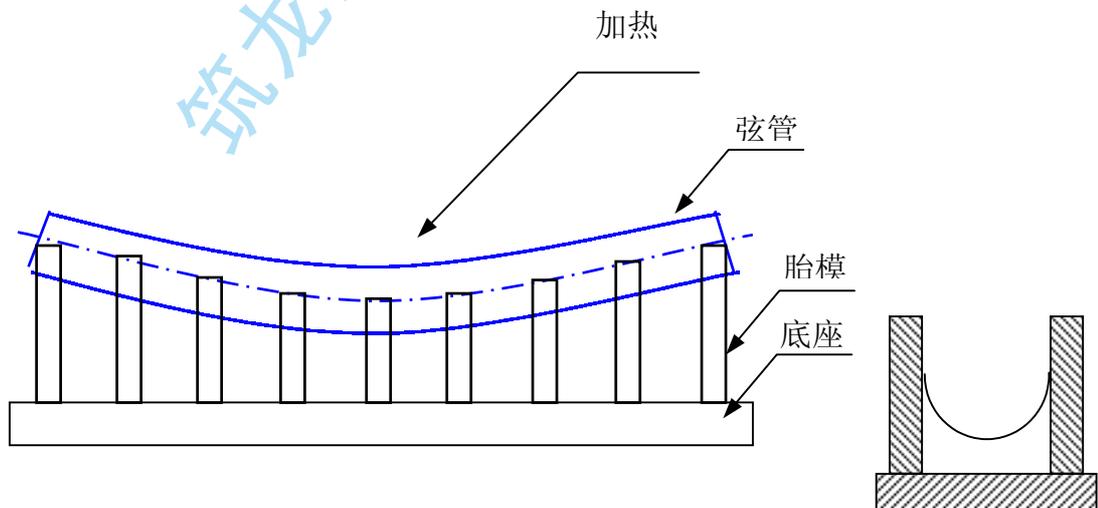


图 7.2.3 主弦管弯管工艺立面示意图

钢管热弯成形后，除进行控制点测量外，还用靠模样板进行整条线形的检测，确保成形曲线误差控制在允许范围内。

b. 弦切线成拱

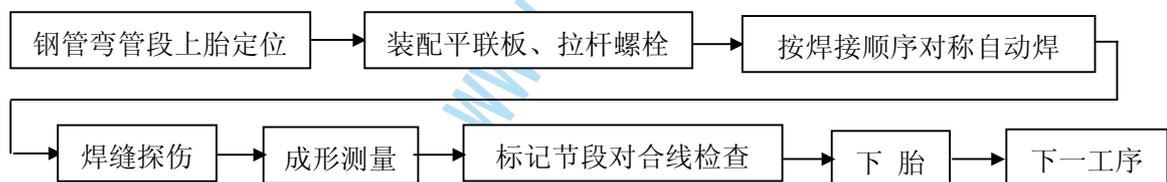
弦切线成拱即是将主拱钢管放样按设计要求切割成直线段焊接成拱，焊接在专用胎具上进行手工电弧焊拼接，钢管拼接成形后，进行测量，成形线形误差控制在允许范围内。焊接变形采用计算并在实际试验中确定，以此确定其变形补偿量。

(2) 管段下料、切割

主拱肋弯管段下料长度 $L \leq 12\text{m}$ ，采用五轴数控切割机下料切割，连坡口在内，一次切割成形。

2.2.5 主拱肋上、下弦平面节段制作

主拱肋上、下弦的两肢钢管和平联板组成的结构是 $2.5 \times 1\text{m}$ ，满足运输条件，所以可以在工厂制作成长度 $L \leq 12\text{m}$ ，由两肢钢管和平联组成的上、下弦平面节段（见图 7.2.4）。其制作方法是在特制的三节段线型胎架上，将两肢制作好的钢管弯管段上胎定位，装配平联板、拉杆螺栓等零件，利用埋弧自动焊机焊接钢管与平联板之间的焊缝。其工艺流程如下：



在焊接过程中，所有焊缝均能实现平焊，焊缝质量易于控制，但焊缝数量多，易产生变形，因此必须选用合理的焊接方法及焊接程序，严格控制变形，保证节段线形和节段间的对接精度。

2.2.6 腹杆的加工

采用电脑建立空间数学模型，在该模型中读取腹杆长度，在工厂制作试验段进行验证，并确定精度管理量，腹杆管端相贯线采用电脑放样后转输到五轴数控管子切割机下料切割，包括相贯线、坡口线一次加工成型，同时，使用电脑 CAD / CAM 技术在空间模型上放置腹杆的相贯线和相贯坡口线，绘制薄膜样板对每条腹杆的相贯线进行检测。

2.2.7 横联杆件的加工

横联结构主要有 K 字型 and 双 K 字型两种结构。在拱轴线形上，双 K 字型结构还是

一个空间结构，工厂制作后难于在现场满足装配精度，所以所有横联系在工厂只能加工成单根构件，其制作方法与腹杆加工方法一致，待钢管矫直后，在五轴数控管子切割机上下料加工，包括相贯线、坡口线一次切割成形。

2.2.8 腹板的加工

实腹段的腹板根据空间数学模型的放样数据，采用数控切割机下料切割，板边线和坡口线一次切割成型，其板边线与主弦管线形一致。

2.2.9 钢管拱肋的厂内预拼装

钢管拱的零部件加工完毕后，在工厂内的预拼场进行拱肋的预拼装，预拼按拱肋 7.448° 的平面拱轴线线形作为基准线形，设置必要的预拼胎架和临时连接，将主弦管节段、腹杆、腹板上胎装配，用临时联接和定位工装进行拱线形的固定，然后进行线型测量，并检测主弦管的对接精度，腹杆、腹板与拱肋的装配间隙等多项技术参数是否符合要求，对误差超过技术标准的零部件进行修整，预拼合格后，对各零部件的安装位置进行标记。

拱肋预拼装的每组节段数量按设计要求进行，一般以每四节段为一组，拼装时，从拱脚开始依次进行，一组拼装完成后，留下最后一个节段与下一组进行预拼，以此类推，直至完成全桥拱肋的预拼。

2.2.10 钢管拱工厂制作的检测手段、检测仪器、加工及焊接设备配备

(1) 工厂制作零部件的检测主要包括主拱肋上、下弦平面节段的线性检测，单元对合接口检测，坡口形式检测，平面节段焊缝质量检测，腹杆、横联系、腹板加工精度的检测等，其中线形检测主要利用样板，拱肋预拼线形使用全站仪测量，焊缝质量主要使用超声波探伤仪进行无损检测，加工精度采用常规仪器和常规检测方法。

(2) 工厂检测、制作、焊接设备仪器如表 7.2.1 所示，其中，涂装专用设备见表 7.4.1。

表 7.2.1 工厂制作主要设备表

机械名称	规格型号	单位	数量	备注
钢板预处理流水线	40×3000. S a 2.5	条	1	
型材预处理流水线	502×3000. S a 2.5	条	1	

续表 7.2.1 工厂制作主要设备表

机械名称	规格型号	单位	数量	备注
日产三轴数控切割机		台	1	
刨边机	40×12000	台	2	
日产三辊卷板机	1500t×12m	台	1	
德产五轴数控管子切割机		台	1	已购, 正报关
油压机	600t	台	1	
德产三辊卷板机	100×6000	台	1	
日产光电跟踪切割机	1800×3000	台	3	
十三辊钢板矫平机	13×2000	台	1	
日产自卸式平板车	80t, 360°	台	1	
西德自卸式平板车	150t, 360°	台	2	
CO ₂ 半自动焊机	YD-500CL4	台	50	
埋弧自动焊焊机	MZ-1-1000	台	20	
手工电弧焊焊机	GZX-6×400	台	20	
美国数控钻孔机	最大冲孔为Φ38mm	台	1	
美国数控钻孔机	最大冲孔Φ31.8mm	台	1	
日产单向 X 光射线机	RF300EG-B2F	台	2	
超声波探伤仪	CTS-26	台	2	
美国磁粉探伤仪	ESC-Y54	台	2	
万能材料试验机	WE-100	台	1	
美国动/静态材料试验系统	MTS 公司 810.28	台	1	
冲击试验机	JB30D	台	1	
维氏硬度计		台	1	
布氏硬度计	HB3000	台	1	
里氏硬度计	HB3000	台	1	
量块	0.5~100mm	套	1	
接触式干涉仪	JDSS-1	台	1	
0.2um 立式光学仪	FDG02-T	台	1	
平面等厚干涉仪	C1-1	台	1	
平直度标准器组	HYQ03, 44C2-A	套	1	

续表 7.2.1 工厂制作主要设备表

机械名称	规格型号	单位	数量	备注
直角尺标准器组	ZJY500-2 等 degree	套	1	
角度规标准装置	15° ~90°	套	1	
水平仪标准装置	101A, C26	套	1	
钢卷尺标准装置		套	1	

2.3 钢管拱构件的运输

钢管拱零部件的运输主要分为三种类型构件的运输，即：上、下弦片体节段、腹杆、横联杆等直筒段，腹板、隔板等板件及工装件的运输。

2.3.1 运输的要求

- (1) 保护构件的表面涂层不损坏；
- (2) 保护构件的几何尺寸不改变。

2.3.2 运输路线及形式

构件从广船国际铁路专用线装火车后，铁路运输至水城铁五局材料厂铁路专用线，卸车改用平板拖车公路运输至工地，全程约 1500 公里。

2.3.3 构件的装运方法

- (1) 主拱肋弦管平面节段的装运方法（见图 7.2.5）

主拱肋弦管片体节段利用专用固定支架固定后装运，固定支架上设置防护垫，用以保护表面涂层和在运输过程中起缓冲作用，并设置吊环，用以装卸、堆放及倒运过程中的起吊。每节平面节段设三套固定架，从出厂直至吊装就位后拆除，避免构件在运输和存放过程中碰撞或受压而变形。

- (2) 直管件和板件的装运不设专用固定支架，构件在出厂时外表用防护带进行包扎，并在适当位置设置吊环，在装运过程中，层与层之间、构件与车辆及捆扎物之间用防护带分隔。

2.3.4 运输过程中的起吊设施

- (1) 工厂装车使用专用线门吊吊装；
- (2) 水城换装使用专用线门吊吊装；
- (3) 工地卸车及吊装使用龙门吊、汽车吊、高架索吊装。

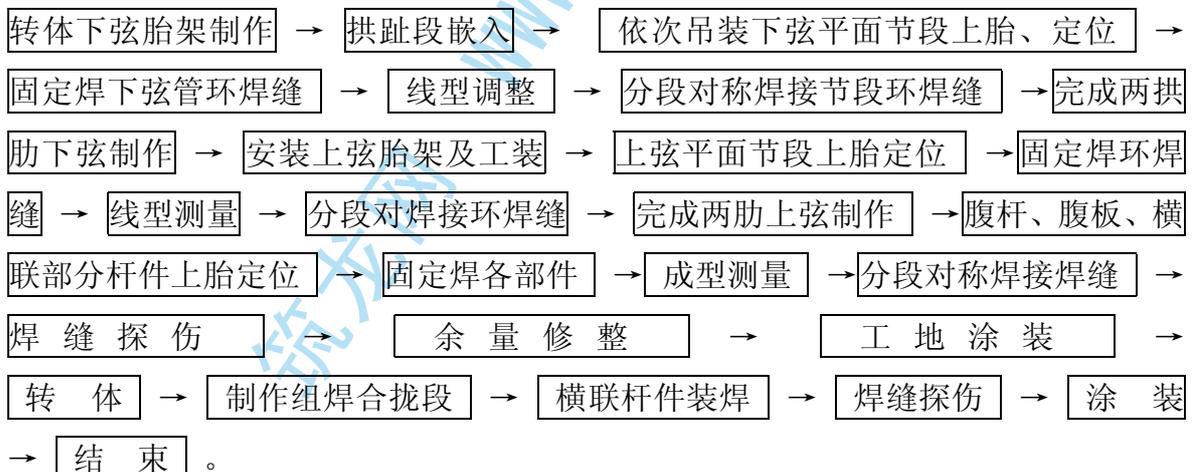
2.3.5 为便于构件在工地的组装，出厂时已编制了序号和安装标记，在现场堆放时，必须按序号依次堆放整齐，并采取必要的防雨措施。

2.3.6 运输过程中的安全保护措施

- (1) 必须严格按照装运规程装运构件；
- (2) 装运过程中必须严格执行有关操作规程；
- (3) 装运设火车专列运输，并按照铁路运输规则控制运行速度；
- (4) 每节车设专人押运；
- (5) 平板拖车必须严格进行车况检查；
- (6) 汽车司机必须挑选经验丰富的老司机操作；
- (7) 汽车运输过程中，除严格遵守交通规则外，还要设引道车、押运及安全检查人员。

2.4 钢管结构的工地拼装

根据大桥的施工方法设计，采用转体施工方案，其钢管拱的现场拼装是在转体半拱胎架上根据设计将工厂制作好的钢管拱零部件按一定的顺序和方法装配，焊接制成转体半拱，然后待旋转就位后，拼装组焊合拢段，使全桥拱肋合拢，其工艺流程如下：



在拼装过程中，如何保证弦管对接精度，环焊缝的焊接质量，拱肋线形，腹杆、腹板、横联系的安装精度和相贯焊缝（特别是锐角部分）的焊接质量，合拢段的合拢精度，焊缝的涂装（特别是锐角部分）质量，是我们现场拼装的关键。

2.4.1 转体下弦胎架的制作（见图 7.2.6）。

胎架用万能杆件搭设支撑架，根据主弦管节段长度，支撑架间距 10 米左右，半拱约 16 个，在支撑架的顶端设置专用拱肋工装，用来精确定位和固定拱肋零部件，

工装还设计了调整装置，用来调整拱肋的线形，并补偿由拱肋重量导致支撑架的下沉量（工装示意图见图 7.2.7）。在胎架上还可以根据需要设置作业平台，特别是环焊缝处的作业平台，尽可能满足作业所需的条件，从而保证拱肋的制作精度。

2.4.2 拱趾段的嵌入

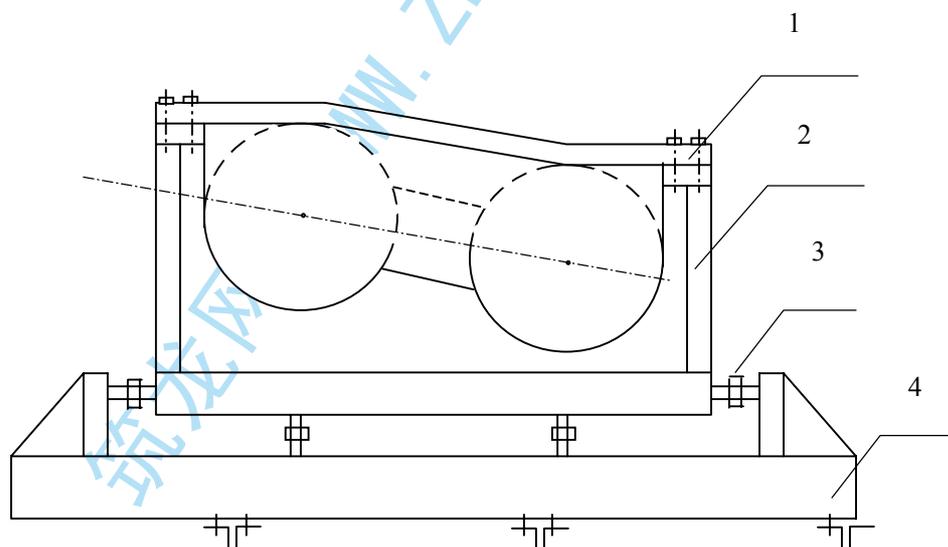
在转体砼座内，测量定位，据此精确安装拱趾嵌入段。

2.4.3 在胎架上拼焊拱肋下弦

利用起吊设备，依次将拱肋下弦管平面节段吊装上胎，通过工装和临时连接精确对接定位固定，并点焊对接环焊缝，利用全站仪进行线形测量，线形合格后，依次对称施焊对接环焊缝，焊接方法在焊接规程中详细说明。

2.4.4 上弦胎架的设置（见图 7.2.6 所示）

上弦胎架用万能杆件搭设临时固定支撑架，支撑架与下弦胎架连成一个整体，设置的数量和间距与下弦胎架支撑架相同，并在支撑架的顶端设置专用拱肋工装，用于精确定位和固定拱肋零部件，工装设置调整装置，用来调整拱肋线形，并补偿下沉量。其安装和固定方式与下弦工装相同。



1.压板；2.胎卡；3.调整装置；4.固定架

图 7.2.7 拱肋工装示意图

2.4.5 在上弦胎架上拼焊拱肋上弦，其安装及焊接方法与下弦相同。

2.4.6 拱肋腹杆的安装

在制作组焊完毕的上、下弦拱肋间，依次装配各腹板、腹杆，所有杆、板件通过工装和临时连接精确对位并固定后，点焊焊缝，并进行测量，必须满足设计要求后方可进行焊缝的焊接。焊接施工等必须由相应资格的焊工施焊，严格保证焊接质量。

2.4.7 横联杆件的安装

根据设计，在转体前只进行部分横联杆件的装焊，杆件的装焊方法和腹杆的装焊方法相同。对于转体后安装的横联杆件，采用缆索吊安装就位。

2.4.8 焊缝探伤

完成全部半拱制作并进行线型测量，符合设计要求后，对主要受力焊缝按设计要求进行无损探伤，并对存在焊接缺陷的焊缝进行返修，直至符合设计要求。

2.4.9 合拢段的制作和组焊

保证制作和组焊合拢段的精度，关键是精确测量合拢段的空隙长度和几何尺寸，而空隙长度和几何尺寸又是随着温度的变化而变化的，这就给测量、制作、安装及焊接带来很大的难度，根据设计要求和钢结构的温度变化规律，我们采用如下方法进行施工：

(1) 制作合拢状态时的临时支架，支架必须有足够的刚度和精确的定位性能，主拱转体就位进行临时固定，并适当调整扣索拉力，使支架受力。

(2) 合拢段的制作和其它节段一样，分为上、下弦管平面节段在工厂制作，并精确加工一端焊接坡口，另一端留余量，吊装前，对现场合拢空隙进行 48 小时连续监测，每小时测量一次，监测要素包括环境温度、环境湿度、合拢端和合拢段钢结构表面温度、风速等影响结构合拢的要素，通过现场测量，切割余量，按顺序依次吊装上、下弦平面节段，并对焊合拢（焊接顺序和工艺在焊接规程中详细说明），最后装焊腹杆和平联系。

(3) 合拢选择在清晨或傍晚、温度相对恒定的时间进行合拢。

(4) 为保证对接弦管内套管能顺利拖动，将内套管制作成活动式内套，并对弦管对接部分的内环面进行机加工，保证内套管能密贴弦管内壁，起到焊接时的衬垫作用，并保证其对接精度。

(5) 对接组焊完毕后，进行无损探伤，并对不合格的焊缝进行返修。

2.4.10 合拢段合拢形式的建议方案

拱结构合拢是拱桥施工中的重要施工环节，它既要满足结构受力的连续又要保证结构细节的可靠，同时，连接工艺要满足良好的可操作性。由于合拢段受施工方法、控制精度、结构加工精度、外界温度变化及连接工艺的影响，使合拢工艺成为拱桥施工中的一大难点和关键技术之一。针对本桥的钢结构特点，要使上、下弦 8 根弦管顺利合拢达到快速、可靠的目的，参考国内外拱桥合拢的成功经验，提出用高强度螺栓作合拢连接工艺的方案，利用摩擦型高强度螺栓，传力可靠，连接快速，具有构造简单和合拢口尺寸可调节的特点，达到合拢口的设计要求。

合拢段接头如图 7.2.8 所示。

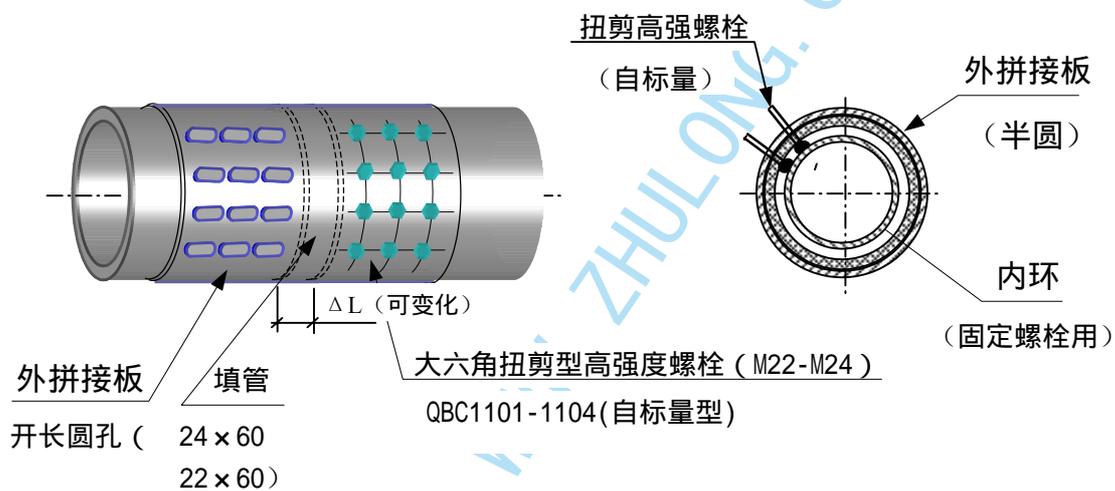


图 7.2.8 合拢段接头示意图

利用可调节线位移的带长孔拼接板（单侧）使合拢口的尺寸控制易于满足安装工艺要求，采用摩擦型大六角扭剪型自标量高强度螺栓（QBC 1101~1104），利用专用扭剪型扳手，可以快速准确地控制螺栓预紧力，使接头连接可靠，长圆孔摩擦型连接可参照美国 AASHTO 规范要求设计。该种合拢方案在国内万县长江大桥合拢中取得了满意的效果。

2.4.11 工地现场安装使用设备

工地现场安装使用设备如表 7.2.2 所示，涂装设备单列见表 7.4.1。

表 7.2.2 工地主要设备表

机械设备名称	规格型号	单位	数量	备注
CO ₂ 半自动焊机	YD-500CL4	台	20	
手工电弧焊焊机	GZX-6×400	台	20	
碳弧气刨机	ZXE-630	台	4	
17m ³ /min 空气压缩机		台	2	
23m ³ /min 空气压缩机		台	2	
焊条烘箱		台	2	
焊条保温筒		个	80	
液压千斤顶		台	12	
手动葫芦		台	12	
3吨铲车		辆	2	
集装箱	6m X 2.5m	个	3	办公、焊条等
电动（或风动）砂轮机	180型	台	20	
日产单向 X 光射线机	RF300EG-B2F	台	2	
超声波探伤仪	CTS-26	台	2	
美国磁粉探伤仪	ESC-Y54	台	2	
万能材料试验机	WE-100	台	1	
美国动/静态材料试验系统	MTS 公司 810.28	台	1	
冲击试验机	JB30D	台	1	
维氏硬度计		台	1	
布氏硬度计	HB3000	台	1	
里氏硬度计	HB3000	台	1	

3、钢结构焊接工艺

本工艺专门为北盘江某大桥钢结构焊接施工和管理而制定，从焊工资格、焊接工艺方法、焊接设备、焊接工艺评定以及具体焊接节点的焊接程序、措施和检验等进行规定，确保钢结构的焊接质量。

3.1 焊工

3.1.1 参加该工程焊接的焊工都应持有行业指定部门(如中国船舶检验局、国家劳动局)颁发的焊工合格证书，或按业主、设计、监理要求采用针对铁路钢桥结构而设定的焊工考试评定取得的焊工资格。严格持证上岗从事与其证书等级相应的焊接工作，并得到业主、设计、监理的认可。

3.1.2 结构装配定位焊时，应由持定位焊工资格证的焊工进行操作。

3.1.3 持证焊工无论其原因如何，凡中断焊接工作连续超过半年者，该焊工再上岗前应重新进行资格评定。┐

3.2 焊接工艺方法及焊接设备

3.2.1 在确定本桥钢结构的焊接工艺时，指导思想是根据设计和铁路钢桥规范的要求，确保焊缝的强度和韧性与母材等强等韧，并着重考虑其韧性要求，并以此为依据进行焊接方法、焊接材料和焊接设备的选用。

3.2.2 本桥钢结构的对接焊缝采用埋弧自动焊、CO₂气体保护半自动焊、CO₂气体保护陶瓷衬垫焊（单面焊双面成形）、手工电弧焊等焊接工艺方法。

3.2.3 本桥钢结构角接缝采用 CO₂气体保护半自动焊、CO₂气体保护自动焊、手工电弧焊等焊接工艺方法。

3.2.4 在本工程的建造过程中使用的主要焊接设备有：交直流手工电弧焊焊机（国产）、硅整流电源埋弧自动焊焊机（国产）、交直流多头手工电弧焊焊机（国产）、CO₂气体保护半自动焊焊机（日本进口）、轻便型 CO₂气体保护自动角焊机(日本进口及美国进口)、CO₂气体保护自动角焊机（日本进口）、焊接材料烘焙设备及焊条保温筒等。

3.3 焊接材料订购、进库、检验及管理要求

焊接材料的选用、订购、进库、检验及专料专用管理执行有关标准、规范和文件规定，并严格做到：

3.3.1 焊材的选用必须满足本桥的设计要求并优先选用大桥技术规范指定的焊接材料，针对铁路钢桥确保焊接接头韧性指标和抗疲劳强度的要求，对不同钢号之间焊缝接头，推荐采用与强度级别较低的母材相匹配的焊接材料，即采用低组配选材，焊材

的选用最终通过工艺评定试验进行确定。

3.3.2 大桥的焊接材料必须具有材料合格证书，每批焊接材料入厂后，按采购要求和检验标准进行检验，合格后方可使用。

3.3.3 焊接材料的贮存、运输、焊前处理、烘焙和领用过程中都做到标识齐全，标明焊接材料的牌号、规格、生产批号或进厂检验号等，焊接材料的使用应符合制造厂的说明书和焊接工艺评定试验结果的要求。

3.3.4 焊接材料的使用在生产过程中进行追踪控制，产品施工选用的焊接材料与工艺评定报告一致。本桥钢结构焊接材料初步拟定为：

- a. 手工电弧焊：CHE58-1，J427；
- b. CO₂气体保护焊：SF-71，H08Mn2SiA；
- c. 埋弧自动焊：H10Mn2+ HJ350、H08A+HJ431（适用于16Mn及Q235的焊接）；
- d. 专用焊接陶瓷衬垫；
- e. CO₂气体（纯度≥99.5%）。

3.3.5 焊条或焊剂从烘箱和保温筒中取出在大气中放置四小时以上时，需要放回烘箱重新烘焙。重复烘焙次数不允许超过两次，否则禁止用于本工程的焊接。

3.3.6 大桥所用焊接材料的管理和发放由专职的焊材管理员设立专帐按焊接材料管理规定进行管理和发放。

3.4 焊接工艺评定

3.4.1 焊接工艺评定严格按大桥技术规范中的焊接工艺评定要求执行。

3.4.2 当所采用钢材的碳当量超过0.44%时，通过对钢材进行抗裂性试验来确定施焊时的预热温度及层间温度。

3.4.3 焊接工艺评定前应进行相应的焊接工艺鉴定试验，主管焊接工程师根据大桥建造标准中的焊接工艺评定条款，结合管结构的结构及工地焊接工艺特点、节点形式编制焊接工艺认可试验方案，试验方案经审定后，送交业主指定的质量监理工程师认可后实施。

3.4.4 在以往相类似的钢管拱桥工程中已做过的焊接工艺评定项目，报送工程监理、业主审批同意后方可免做。

3.4.5 根据大桥钢结构节点形式，主管焊接工程师提出相应的焊接工艺评定指导书，用于指导焊接工艺评定试验。焊接工艺评定试板经各项检验和试验评定合格后，由焊接工艺评定机构根据试验结果出据焊接工艺评定报告（简称PQR），并呈公司总焊接

师审定。

3.4.6 焊接工艺评定报告（PQR）报业主所指定的监理工程师核准认可后，作为编制产品焊接工艺指导书（WPS）的依据，用于指导产品焊接施工。

3.4.7 针对大桥钢结构节点和选用的钢种以及各节点采用的焊接方法，我方拟定以下几种类型焊接连接形式的焊接工艺评定。

3.4.7.1 对接焊

- a. 埋弧自动焊对接焊接工艺评定；
- b. 手工电弧焊对接焊接工艺评定；
- c. CO₂气体保护衬垫焊+埋弧自动焊对接焊接工艺评定。

3.4.7.2 角接焊

- a. 埋弧焊角接焊接工艺评定；
- b. CO₂气体保护半自动角焊焊接工艺评定；
- c. 手工电弧焊角接焊接工艺评定。

3.4.7.3 焊缝返修工艺评定

考虑到焊接钢结构大桥焊接的重要性，对主要受力件焊缝的返修，我方将进行焊缝返修的工艺评定试验。

3.5 焊接工艺文件

根据大桥技术规范和焊接工艺评定的结果，工程开工前我方将制定以下焊接工艺细则文件，用于指导大桥钢结构的焊接施工。

- a. 北盘江某大桥钢结构焊接工艺评定汇总；
- b. 北盘江某大桥钢结构定位焊及返修焊接工艺细则；
- c. 北盘江某大桥钢结构平面节段单元部件（工厂制作部分）焊接工艺细则；
- d. 北盘江某大桥横联焊接工艺细则；
- e. 北盘江某大桥主拱节段焊接工艺细则；
- f. 北盘江某大桥工地大合拢焊接工艺细则。

以上焊接工艺文件将对各零部件及各梁段的焊工资格、焊接工装、定位焊、装焊顺序、施焊方法、施焊方向、工艺要求、检验要求等作出具体规定。

3.6 大桥节点形式及焊接方法的拟定

根据大桥的建造方案、结构特点、焊接构件的具体情况、车间及工地现场的设备

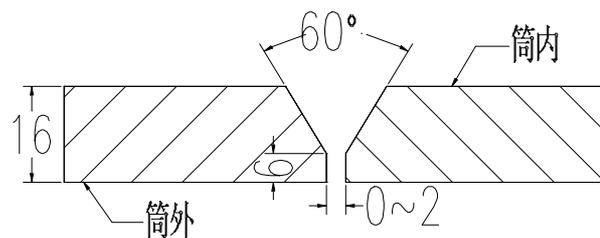
及人员情况等焊接要素，现设计以下几种节点坡口和焊接方法。

3.6.1 主拱拱肋平面节段纵、环向缝对接

施焊方法：埋弧自动焊（纵缝）或手工电弧焊+埋弧自动焊（环缝）。

坡口节点见图 7.3.1（注：主坡口在筒内，先施焊内侧，外侧清根打磨出白后再焊外侧焊缝）。

图 7.3.1 主拱拱肋纵、环向缝对接坡口形式



3.6.2 横联系钢管的纵、环向对接（ $\Phi 500$ 环缝除外）

施焊方法： CO_2 气体保护药芯焊丝半自动焊（带陶瓷衬垫）+埋弧焊；

坡口节点如图 7.3.2 所示：

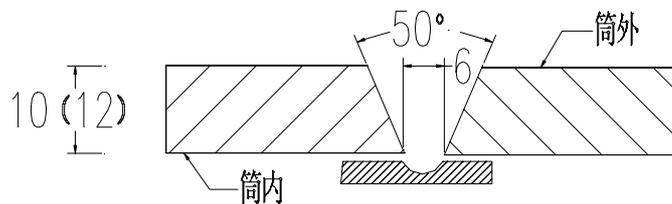


图 7.3.2 联结系钢管的纵、环向对接坡口形式

3.6.3 $\Phi 500$ 联结系钢管环向对接缝

施焊方法： CO_2 气体保护实芯焊丝半自动焊打底焊（单面焊双面型）+埋弧焊；坡口节点如图 7.3.3 所示：

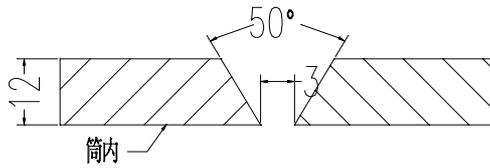
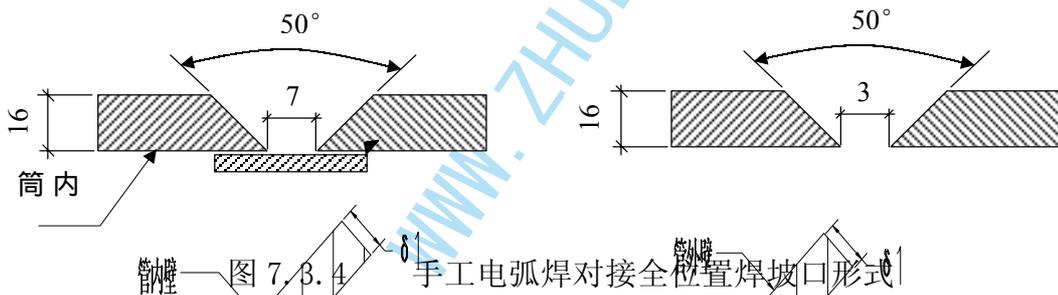


图 7.3.3 单面焊双面成型对接焊缝坡口形式

3.6.4 主拱肋节段工地组装对接、工地合拢对接缝

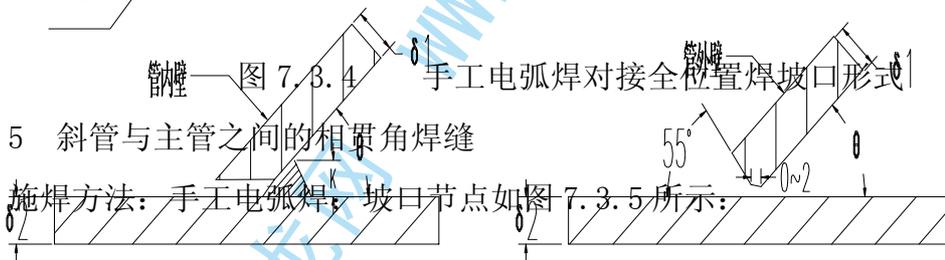
施焊方法：CO₂ 药芯焊丝半自动焊或手工电弧焊（右侧坡口，用于节段工地组装对接；用于手工电弧焊（带钢衬垫，左侧坡口，用于工地合拢对接缝）。

坡口节点如图 7.3.4 所示：



3.6.5 斜管与主管之间的相贯角焊缝

施焊方法：手工电弧焊；坡口节点如图 7.3.5 所示：



图中，当 $\theta \leq 40^\circ$ 时， $K \geq 1.25 \delta 1$ ；当 $\theta > 40^\circ$ 时， $K \geq 1.15 \delta 1$ 。

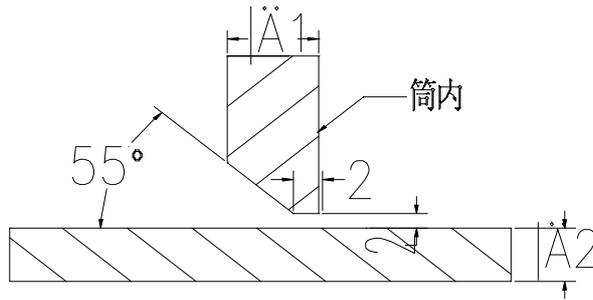


图 7.3.5 主、斜管间相贯角焊缝的坡口形式

3.6.6 立管与主管相贯角焊缝

施焊方法：手工电弧焊；坡口节点如图 7.3.6 所示：

图 7.3.6 立管与主管相贯角焊缝的坡口形式

3.6.7 开坡口角焊缝及其他角焊缝

施焊方法：CO₂ 气体保护药芯焊丝半自动焊或手工电弧焊；坡口节点如图 7.3.7 所示：

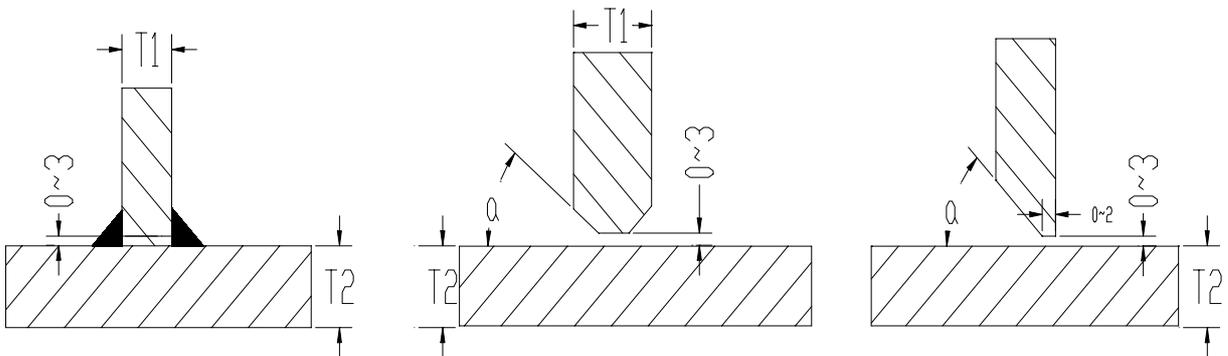


图 7.3.7 三种角焊缝坡口形式

3.7 焊接试件、引弧板和熄弧板

3.7.1 施焊产品对接焊缝之前，焊缝端部要带引弧板和熄弧板，引弧板和熄弧板的材质、厚度以及坡口形式应与施焊工件一致。

3.7.2 焊接试件的材质、厚度及坡口形式应与所在焊缝一致，要求与产品焊缝同时、

同焊工、同焊接参数进行施焊，经无损检验合格后按图纸、标准要求理化试验。

3.8 焊接一般要求

3.8.1 定位焊

- a. 装配精度、质量符合图纸和技术规范的要求才允许定位焊；
- b. 若焊缝施焊要求预热时，则一定要预热到相应的温度以后才允许定位焊；
- c. 距离接缝端部 30mm 以内原则上不允许有定位焊缝（特殊情况除外）；
- d. 定位焊完毕后，须将焊渣除去并确认焊缝表面没有裂纹；
- e. 发现有裂纹时，分析产生原因并采取适当措施后才在其附近重新定位焊，并将产生裂纹的装配定位焊缝剔除。

3.8.2 焊接环境

- a. 原则上焊接应在车间内或相当于车间的环境中进行；
- b. 对于在车间外场的焊接环境，规定必须要满足以下条件：钢板表面温度 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $\leq 80\%$ 、风速 $\leq 10\text{m/s}$ （手工电弧焊）或风速 $\leq 2\text{m/s}$ （气体保护焊）。

3.8.3 对焊工的要求

- a. 施焊时应严格控制焊接线能量（ $\leq 50\text{KJ/cm}$ ）和最高层间温度（ $\leq 300^{\circ}\text{C}$ ）；
- b. 焊工应按照焊接工艺中所指定的焊接参数、施焊方向、焊接顺序等进行施焊；
- c. 焊接前应将接头表面的铁锈、水分、油污、灰尘、氧化皮、割渣等清理干净；
- d. 不允许任意在工件表面引弧损伤母材，若需要，必须在其它钢板或在焊缝中进行；
- e. 施焊应注意焊道的起点、终点及焊道的接头处不产生焊接缺陷，多层多道焊时焊接起弧点应错开；
- f. 使用埋弧自动焊时，原则上不准在接缝中切断电弧，若要断弧则要将焊道端部刨去 50mm 以上之后才能继续焊接；
- g. 焊后要进行自检、互检，并作好焊接施工记录。

3.8.4 反面抠槽

- a. 反面抠槽采用碳弧气刨，气刨必须剔除打底焊缝的根部缺陷。由技术熟练的工人进行操作，要求平整光滑；
- b. 抠槽采用直径为 6mm~10mm 的碳棒，凹槽底部的直径最小应为 8mm。

3.8.5 焊缝表面质量

- a. 对接焊缝的余高 (H) 与焊缝宽度 (B) 有关: 当 $B < 15\text{mm}$ 时, $H \leq 3\text{mm}$; 当 $15\text{mm} \leq B < 25\text{mm}$ 时, $H \leq 4\text{mm}$; 当 $B \geq 25\text{mm}$ 时, $H \leq (4/25) \times B$;
- b. 焊缝要与母材表面匀顺过渡, 同一焊缝的焊脚高度要均匀一致;
- c. 焊缝表面不准有电弧击伤、裂纹、超标气孔及弧坑、咬肉;
- d. 焊缝的表面凹凸, 在 25mm 的焊道长度范围内的高度差应在 3mm 以下;
- e. 主要受力焊缝不允许有咬边, 次要受力焊缝的咬边不允许超过 0.5mm。

3.9 焊缝检验和焊缝返修

3.9.1 从事大桥焊接检验和无损探伤由质量部门的专职人员担任, 且必须经岗位培训、考核取得相应的资格证书后方能按持证范畴上岗检验、检测。

3.9.2 焊接检验主要包括如下几个方面:

- a. 母材和焊接材料的相容性;
- b. 焊接设备、仪表、工装设备的准确和完好;
- c. 焊接坡口、接头装配及清理符合工艺要求;
- d. 焊工资格;
- e. 焊接环境条件和预热符合工艺要求;
- f. 现场焊接参数, 次序以及现场施焊情况;
- g. 焊缝外观和尺寸测量;
- h. 重要焊缝的焊工钢印检查。

3.9.3 焊缝外观应均匀、致密, 不应有裂纹、焊瘤、气孔、夹渣、咬边、弧坑、未焊满等缺陷。焊缝外观检查的质量要求应符合 TB 10212-98《铁路钢桥制造及验收规范》的规定, 焊缝外观检查合格后, 须在 24 小时后进行无损探伤。

3.9.4 焊缝经无损探伤发现超标缺陷时, 应对缺陷产生的原因进行分析, 提出改进措施, 焊缝的返修措施应得到焊接技术人员的同意, 返修的焊缝性能和质量要求应与原焊缝相同。

3.9.5 返修前需将缺陷清除干净, 经打磨出金属本色后按返修工艺要求进行返修。

3.9.6 待焊部位应开设宽度均匀、表面平整、过渡光顺便于施焊的凹槽, 且两端有一定的坡度。

3.9.7 用于返修的手工电弧焊焊条直径不宜大于 4.0mm, 若施焊时要求预热时, 则焊缝焊补时的预热温度应比原要求提高 50℃, 并控制焊道的层间温度。

3.9.8 焊缝返修之后，应按与原焊缝相同的探伤标准进行复检。

3.10. 关键焊接节点的施工工艺

在本桥钢结构的焊接施工中，根据具体的结构特点和我方的施工方案，关键的焊接节点主要包括：

主弦管的工厂纵、环缝对接；平联板的拼接以及平联板与主弦管之间的角接；工地节段主弦管环缝对接；腹杆与主弦管的相贯线角接；横联与主弦管的相贯线角接；横联的对接；合拢段主弦管的对接等。针对这些重要焊接节点，我们采取以下施工工艺和措施。

3.10.1 主弦管工厂纵环缝对接

在工厂制作节段时，存在大量的主弦管纵环缝对接焊缝，为了保证焊接质量，我们采取以下施工措施：

- (1) 主弦管管节零件采用电脑放样，精确预算焊缝收缩量，进行精度控制，采用高精度门式切割机进行切割，确保零件切割精度和坡口质量；
- (2) 管节在纵缝焊接完成后，采用大型三星辊进行冷矫圆，消除管节棱角，矫正管节椭圆度，确保达到精度要求；
- (3) 采用立置安装法组装管段，确保主弦管管段不直度、对口错边量、焊缝间隙达到精度控制的要求；
- (4) 采用埋弧自动焊进行主弦管纵缝、环缝的焊接；
- (5) 焊缝坡口节点如图 7.3.1 所示，焊接时先施焊管节内侧，之后，在外侧用碳弧气刨清根，打磨出金属本色，再焊外侧焊缝。
- (6) 焊接施工在车间内场进行，确保焊接条件的满足；
- (7) 按规范要求对焊缝外观和无损探伤检测。

3.10.2 平联板拼接、平联板与主弦管的角接焊缝

在节段组装前，平联板需进行拼接，拼接在刚性平台胎架上进行，采用埋弧自动焊焊接，拼接后再加工成弧形；

平联板加工成型后，与左右二侧弦管组装成平面节段，构成角接焊缝，组装在刚性胎架上进行，组装完成后，就地进行焊接，由于平面节段虽呈弓形，但由于其曲率半径大，在焊接操作中可近似视为平面，我们采用埋弧自动焊小车进行该角焊缝的焊接，焊接时先焊正面一道，翻身，反面清根，焊接反面焊缝，再翻身，焊接正面焊缝，

在焊接过程中，采用刚性固定和合理的焊接程序相结合的办法控制焊接变形。

焊缝按规范要求对焊缝外观和无损探伤检测。

3.10.3 工地节段主弦管环缝对接

工地节段主弦管环缝对接在工地转体胎架上进行，受工件安装条件限制，采用CO₂药芯焊丝半自动焊或手工电弧焊进行焊接，焊缝坡口如图 7.3.4 的右侧坡口图所示。

施焊时，固定点焊控制长度 200mm 左右，按四等分均布于接缝处，施焊也按四等分对称进行，不允许沿同一方向连续施焊，对节段拼装焊缝的焊接采用派双数焊工进行全对称焊接的方法，四条对接环缝同时施工，按拼装方案要求，先拼焊下弦管再拼焊上弦管，上、弦管之间及临时联接件进行刚性固定，整拱用工地胎模进行固定，确保拱线形不因焊接而变化。

在焊接作业时，节段重量由支撑在转体支架上的组装胎架支承，确保焊接在无外力应力条件下进行。

焊接区域设置专用的防风防雨棚，设置辅助焊接工装，创造良好的与车间相接近的焊接条件和焊接空间，方便焊接操作，保证焊接质量。

焊缝施完成后严格按照规范要求对焊缝外观和无损探伤检测。

3.10.4 腹杆与主弦管的相贯线角焊缝

腹杆与主弦管的相贯线角焊缝除合拢段外，均在转体胎架上进行，其坡口形式如图 7.3.5 所示，均为斜性相贯线角焊缝，采用 CO₂ 药芯焊丝半自动焊或手工电弧焊进行焊接，焊接前，将上下弦管刚性固定在设置在转体支架上的安装焊接胎架上，节段端头和两侧设置限位装置，防止焊接变形。

施焊在该节段腹杆完全安装好后进行，施焊时派双数焊工由节段中间向两端对称进行。同一腹杆的两端焊缝同时对称施焊，采用多层多道焊，严格控制焊接线能量和层温，先按焊接程序全部进行打底焊，再按施焊程序进行填充焊和盖面焊。

为了确保该角焊缝的焊接质量，腹杆的安装质量是其关键，为此我们采取以下措施：

- (1) 腹杆的长度在电脑中建立空间数学模型进行放样；
- (2) 在主弦管的管节冷矫圆和火工弯管工序中，严格控制弦管线形，确保其形状公差符合设计要求；
- (3) 腹杆端口相贯线及其坡口相贯线采用五轴管子切割机一次切割完成；

(4) 采用电脑放样, 绘制相贯线展开薄膜, 校核相贯线切割的正确性和准确性。

3.10.5 横联杆件对接

受工地运输条件限制, 横联杆件的对接分二个阶段进行, 长度 $L \leq 12\text{m}$ 的杆件全部在工厂制作, 长度 $L > 12\text{m}$ 的杆件则须在工地拼接一条环缝。

工厂制作杆件, 其纵环缝坡口如图 7.3.2 和图 7.3.3 所示。管径 $\phi \geq 600\text{mm}$ 的横联杆采用 CO_2 气体保护药芯焊丝半自动焊(带陶瓷衬垫)加埋弧自动焊, 管内衬专门定制的陶瓷衬垫, 施焊时, 先用 CO_2 气体保护焊打底, 再用埋弧自动焊进行填充焊和盖面焊; 管直径为 500mm 的横联杆采用 CO_2 气体保护实芯焊丝半自动焊加埋弧自动焊, 打底焊采用单面焊双面成型工艺, 再用埋弧自动焊进行填充焊和盖面焊。

横联杆件的管段制作与主弦管类似, 零件采用高精门式切割机切割, 并严格控制杆件管的失圆度、棱角度、焊缝错边量、焊缝间隙以及管段直线度。

管段对接纵环缝均按设计要求进行无损探伤检测。

3.10.6 横联与主弦管的相贯线角接焊缝

横联与主弦管的相贯存在斜性相贯和直相贯两种形式, 其坡口形式如图 7.3.5 和图 7.3.6 所示, 其施工方法和 10.4 所述的腹杆与主弦管的相贯焊缝类似, 采用手工电弧焊进行焊接。

根据转体施工工艺的需要, 部分横联杆件在转体胎架上安装焊接, 另一部分则在两半拱转体合拢后悬空安装焊接, 用缆索吊机吊起杆件嵌入主弦管之间安装, 固定后, 焊工在吊蓝或铺设的工作便道上进行施焊。

3.10.7 合拢段主弦管的对接

合拢段主弦管的对接是本工程的焊接关键之一, 按设计要求其合拢处坡口如图 7.3.8 所示。

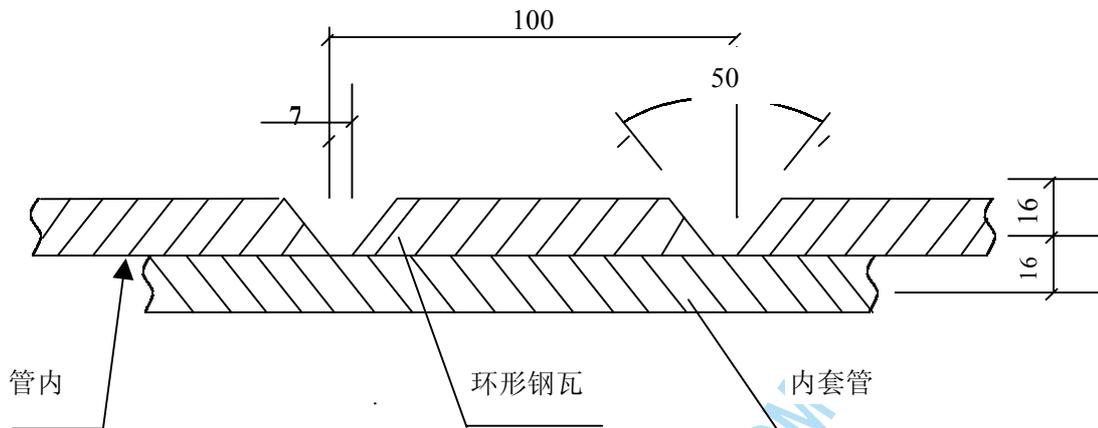


图 7.3.8 主弦管合拢示意图

主拱合拢时，对转体后的两个半拱的合拢间距进行连续 48 小时测量，测量要素包括：环境温度、环境湿度、钢结构端口温度、风速等影响合拢的因素，每小时测量一次，以确定大桥合拢的准确间距，在合拢段上准确切割合拢段的长度。

合拢段的合拢选在温度相对恒定的清晨或傍晚进行，合拢缝的总体焊接程序如下：

合拢段下弦管平面节段的准确定位 → 固定定位焊 → 下弦管一端对接焊 → 下弦管另一端对接焊 → 上弦管平面节段的准确定位 → 固定定位焊 → 上弦管一端对接焊 → 上弦管另一端对接焊 → 平联板嵌补件焊接 → 腹杆安装焊接 → 横联杆安装焊接

主弦管的合拢缝对接全部采用手工焊，施焊时，先焊合拢缝一端的 4 条环缝，待其收缩完成后，再开始另一端 4 条环缝的焊接。

施焊时，固定点焊控制长度 200mm 左右，按四等分均布于接缝处，施焊也按四等分对称进行，不允许沿同一方向连续施焊，采用派双数焊工进行全对称焊接的方法，四条对接环缝同时施工，按合拢方案要求，先拼焊下弦管再拼焊上弦管，上、弦管之间及临时联接件进行刚性固定，确保合拢线形不因焊接而变化。

在焊接作业时，主拱的承重由转体系索承担，合拢段的吊重由缆索吊机承担，确保焊接在无外应力的状态下进行。

焊接区域设置专用的防风防雨棚，设置辅助焊接工装，创造良好的与车间相接近的焊接条件和焊接空间，方便焊接操作，保证焊接质量。

3.10.8 半拱组装成型及主拱合拢的焊接总体程序

半拱组装成型及主拱合拢的总体焊接程序如下：

- a. 节段间上、下弦管对接缝焊接；
- b. 节段间平联板嵌补件对接、角接焊缝焊接；
- c. 腹杆与上、下弦管间相贯线角接焊缝的焊接；
- d. 部分横联杆件与上、下弦管间相贯线角接焊缝的焊接；
- e. 转体后合拢缝的焊接；
- f. 成拱后部分横联杆件与上、下弦管间相贯线角接焊缝的焊接。

3.10.9 焊接坡口的防锈处理

由于受运输和堆放条件的限制，构件的焊接不可能在工厂全部完成，工地需要进行相当数量的焊接工作，为了保证焊接质量，加快施工进度，减少工地打磨除锈的工作量，有必要对工厂构件中留待工地焊接的节段端部、腹杆和横联杆件端部进行防锈处理，目的在于消除构件在运输和存放过程中产生的锈蚀。为此，在构件端部内外100mm范围内涂覆无机硅酸锌车间底漆进行防护，涂覆时严格控制漆膜厚度，从而达到既不影响焊接质量又能减少工地焊接接头除锈工作量的目的。

漆膜厚度的控制指标，一般控制在 $25\mu\text{m}$ 以上，并对带涂装焊接在焊接工艺试验中予以评定，保护漆膜在涂装车间内进行，按涂装工艺进行控制。

3.10.10 拱肋弦管的纵、环焊缝应与连接系的相关焊缝错开，避免产生十字形焊缝。

4、钢结构涂装工艺

4.1 涂装要求和涂装方案

4.1.1 根据标书要求，大桥钢结构外表面采用先热喷铝涂层再加封闭涂层的复合涂装的长效防腐蚀方案，拱肋钢管的内部由于要灌注混凝土，所以钢管的内表面不作涂装。

4.1.2 涂装方案

按标书要求，在桥梁钢结构的外表面，采用电弧热喷铝涂层（ $200\pm 50\mu\text{m}$ ）的防腐工艺进行防腐蚀处理，在喷铝防腐处理后，再喷涂氯磺化聚乙烯作表面封闭处理。通过这种方式，可以在较长的时间内起到很好的防腐蚀效果。

根据钢结构的施工方案，本桥钢结构的涂装分工厂和工地二个阶段进行。在工厂涂装阶段进行平面节段、腹杆、横联杆、腹板和工地嵌补平联板等零部件的涂装；在工地涂装阶段进行工地联接部位的涂装并对涂装损坏部位进行补涂装。

4.2 涂装工艺流程

钢结构热喷涂复合涂装工艺流程如下：



4.3 涂装工艺

4.3.1 表面预处理（喷砂除锈）

除锈前，应检查工件表面情况；焊接处焊渣、飞溅应清理干净，焊疤应打平，无漏焊部位，焊缝和构件边角应打磨圆滑光滑。

用压力喷砂机喷砂，参数如下：

- （1） 石英砂或铜矿渣粒度：0.5~2mm。
- （2） 喷枪与工件表面法线 60~90° 角。
- （3） 空气压力 0.7—0.86Mpa。
- （4） 喷砂距离 200—400mm。
- （5） 喷砂除锈等级按 GB 8923 的 Sa3 级。

工件喷砂后应露出新鲜金属表面，表面不许有污物、锈化物、油漆、氧化皮等，表面要有粗糙度，粗糙度标准不平度十点高度 Rz 要求在 40~80 μm (GB 1031—83)，检验仪器采用 JJI—1 便携式粗糙度测量仪。

4.3.2 热喷铝

采用电弧喷涂与火焰喷涂相结合的方式，以电弧喷涂为主，考虑到施工的方便，一些边角等电弧喷涂操作困难的部位采用火焰喷涂。

4.3.2.1 铝材技术条件

采用 GB 3190 中 L2 的要求，含铝量 99.5% 以上，直径 3mm 或 2.1mm。

4.3.2.2 电弧喷铝工艺

- （1） 采用电弧喷涂设备。
- （2） 喷涂参数按电弧喷涂标准参数，喷枪入射角与工件表面法线夹角为 ±45°，喷枪与工件表面距离 150—200mm，一遍喷涂宽度为 75—150mm。
- （3） 电源电压：24—26V。
- （4） 喷枪移动速度：10—15 米/分。
- （5） 喷砂完成到喷涂工作完成的时间不应超过 4 小时，干燥天气下可延长至 12 小时，以防表面氧化。

(6) 喷涂材料为铝丝，直径为 3mm。

4.3.2.3 火焰线材喷铝工艺

- (1) 采用 QX—1 型氧乙炔火焰线材喷枪。
- (2) 线材直径：Φ3。
- (3) 乙炔压力：0.07~0.12Mpa。。
- (4) 氧气压力：0.3~0.6Mpa。
- (5) 空气压力：0.5~0.6 Mpa。(不含水和油)。
- (6) 喷涂角度：45° ~90° 。
- (7) 喷距：100~200mm。
- (8) 送丝速度：： 1.5m/分钟。
- (9) 喷枪移动速度：10~15m/分钟。

4.3.2.4 喷铝涂层厚度

喷铝层厚度：200±50 μ m。

4.3.2.5 喷铝涂层检验

热喷铝完成后立即对涂层进行检验，检验分厚度检测和外观检验。用 HCC—24 电脑涂层测厚仪对涂层进行厚度检测，要求涂层厚度平均值在标准规定厚度 90%以上，最低值在标准规定厚度 80%以上；铝层外观质量不允许有剥落、气泡、分层、碎裂和积瘤及漏喷等喷涂缺陷。

用 HCC—24 电脑涂层测厚仪测量铝层厚度时按 GB11374 标准要求，每 1~10m² 测量 3 个基准面，10~20m² 测量 5 个基准面，每个基准面测三点，取平均值为涂层厚度，基准面尺寸 100×100mm。

测量厚度不足部位应补喷，至达到要求为止。

4.3.3 涂装封闭层

4.3.3.1 铝涂层喷涂完毕后，应在 12 小时内喷涂氯磺化聚乙烯作封闭处理。

4.3.3.2 喷涂不应在相对湿度大于 85%的情况下进行，且喷涂时基质温度必须高于空气的露点温度至少 3℃。

4.3.3.3 在喷涂时现场的风速不应超过 15m/s。

4.3.3.4 氯磺化聚乙烯封闭涂层不得有明显的涂层不均匀、擦伤脱落、漏涂等缺陷；不得有小孔、裂缝；流挂不多且不显著。

4.3.4 涂层的修补工艺

4.3.4.1 涂层受到损坏必须进行修补。

4.3.4.2 铝涂层损坏的修补，要先对损坏部位进行清洁，去除灰尘、污物、油污、油脂等；如果损坏处已经被氧化，还要喷砂去除氧化皮。

4.3.4.3 如果已经涂了封闭涂层，则要先将周围的封闭涂层磨去，然后再补喷铝。补喷后必须对涂层厚度进行测量，保证达到规定的厚度。

4.3.4.4 如果只是封闭涂层受到损坏，则先对损坏部位进行清洁，去除灰尘、污物、油污、油脂等，然后进行封闭涂层的补涂。补涂后必须对封闭涂层的厚度进行测量，保证达到规定的厚度。

4.3.4.5 涂层的保护

为减少涂层修补工作量，保证涂层质量，应采取适当的涂层保护措施。

(1) 焊接、火工等工作应尽可能安排在涂层喷涂前完成，如在涂层喷涂后进行，应当对受焊接影响的部位采用无机硅酸锌作遮盖保护。

(2) 在涂层喷涂后，等涂层干硬后才能进行运输、装配等工作。

(3) 在运输、搬运前，工件外表涂层进行适当的包装保护。

4.4 工地涂装措施

本桥钢结构所有的工地接头需在工地进行涂装，工地涂装除应严格执行涂装工艺之外特别采取以下施工措施：

(1) 搭设封闭工作棚，使用抽湿机等施工机械，创造涂装条件。

(2) 按半拱施工顺序操作，减少与装焊工序的空间施工冲突，尽可能减少涂层损坏。

(3) 搭设临时工作便道，减少涂层的踏踩损坏。

(4) 对尖锐边角的涂装，着重研究，把好预处理质量关，并采用火焰喷枪喷涂工艺进行喷涂。必要时，对该喷涂死角位，经监理和业主同意后复加其它特种涂装。

4.5 移交

4.5.1 将工件热喷过程中的原始记录整理完毕，记录上应有工作者和检验员签章。

4.5.2 将整理好的原始记录（复印件）和工程移交单交甲方，移交单上应有甲方监理和乙方代表签章

4.6 技术措施

4.6.1 TB1527—84《铁路钢桥保护涂装》

4.6.2 GB1373—89《热喷涂金属件表面预处理通则》

4.6.3 YSJ411—89《防腐蚀工程施工操作规程》

4.6.4 GB9795~9796—88《热喷涂铝及铝合金涂层及其试验方法》

4.6.5 JTJ230—89《海港工程钢结构防腐技术规定》

4.6.6 GB4956—85《磁性金属基体上非磁性覆盖厚度测量》

4.7 质量控制

4.7.1 执行广州华南特种涂装实业有限公司质量手册

4.7.2 执行广州华南特种涂装实业有限公司质量体系文件

4.7.3 质量方针

4.7.3.1 对形成产品质量的全过程实行全面质量管理和严格的质量检验相结合的原则。

4.7.3.2 对发生的质量问题实行“三不放过”，即：原因不明不放过，责任不清不放过，措施不落实不放过。

4.7.3.3 加强质量检验和质量监督，严格按照质量手册规定工作。

4.7.3.4 所有参加热喷涂操作的员工，必须经过严格的技术培训，合格后方可上岗。

4.8 安全措施

4.8.1 建立劳动生产安全责任制，严格按喷涂安全要求执行；

4.8.2 加强水、电、氧气、乙炔的管理和使用；

4.8.3 班长定期检查有关安全问题，消除隐患，服从现场指挥部的统一安排和管理。

4.9 施工组织

为了确保大桥热喷铝工作的顺利进行，特成立北盘江某大桥热喷涂项目工程部，该部负责技术、质量控制、安全、后勤保障等。

4.10 主要设备

大桥钢结构防腐蚀涂装所采用的主要设备如表 7.4.1 所示。

表 7.4.1 防腐蚀涂装施工主要设备表

机械名称	规格型号	单位	数量	备注
压力喷砂机	PBM27	台	6	
电弧喷涂机	XDP-I	台	6	
氧乙炔火焰线材喷枪	QX-1	台	6	
空气压缩机	23m ³ /min	台	2	
空气压缩机	17m ³ /min	台	2	
后冷却器	40m ³ /min	台	2	
通风机		台	4	
吸尘机		台	2	
除湿机		台	2	
喷漆机		台	2	
辅助涂装设备		批	1	
便携式粗糙度测量仪	JJI-1	台	1	
电脑涂层测厚仪	HCC-24	台	1	
美国测厚仪	26DL	台	1	
美国漆膜厚度测定仪	POSITEETF	台	1	
日本粘度计	VT-04	台	1	
漆膜硬度计	QBY 型罗杆式	台	1	

表 7.4.1 防腐蚀涂装施工主要设备表

机械名称	规格型号	单位	数量	备注
漆膜冲击器	QCT	台	1	
漆膜弹性测定仪	EQTCXSEN295/S	台	1	
漆膜附着力试验仪	ERICHSEN295/S	台	1	

5、钢管结构线型精度控制措施

钢结构的制作是本大桥施工的核心工程，其施工质量的优良与否将是大桥施工能否达到设计目的的关键之一，由于本桥位于崇山峻岭之中，地形陡峭，施工场地相对狭窄，施工条件极差，运输极为不便，客观条件限制了钢结构的加工、制作不可能完全在工厂或完全在现场完成，这就给钢结构的加工、制作带来很大的难度，为了保证钢结构的加工精度和焊接质量，我们根据铁路和公路的运输能力和条件，采取工厂和工地制作相结合的办法进行施工，尽可能在工厂完成大部分的加工制作工作，将钢结构加工成若干零部件后，运至工地进行拼装，并拟定合理的施工工艺、焊接工艺、质量保证措施加以控制和保证。

为了切实保证大桥钢结构的加工精度、线形精度和焊接质量，我们将采用如下制作措施：

(1) 充分利用现代计算机开发技术，建立大桥钢结构的 1:1 空间数学模型，在空间模型中实施大桥钢结构建造关键技术节点的仿真模拟，并据此解决节段划分、焊缝分布、结构放样、相贯线放样、线形控制等钢结构建造关键技术难题。

在空间模型中，通过程序化处理可实现以下钢结构建造关键功能：

a. 可准确描绘主拱线形和各构件的相对空间位置，据此进行分段划分、焊缝编排和弦管线形弯管胎架的制作。

b. 可实测量取各构件的立体几何尺寸，随意读取各构件的节点、剖面、布置等结构信息，方便安排工艺细节，特别是可实测量取腹杆、横联系的长度、相贯线空间信息，通过程序处理自动输出相贯线展开模样和立体模样，对本工程有特别意义。

c. 应用钢结构建造 CAD / CAM 技术，关键零件放样切割可实现无纸化数控传输，管端相贯线信息可直接传输到五轴管子切割机进行相贯线的切割，对切割好的相贯线还可用展开样模进行检测。

(2) 采用在我单位已取得显著成效的钢结构建造生产设计技术，对设计图纸、技术规范全面结合我单位的具体生产工艺情况进行深化生产设计，融工艺设计、技术规范、生产管理、质量监控和工时成本控制为一体，用生产设计图和配套表明确构件的安装时机、安装要求、安装质量要求。

(3) 采用定置管理和定置控制生产管理技术，组织生产线进行大桥钢结构的制作和涂装施工，既稳定提高质量，又确保施工工期。

(4) 大量采用高效加工、高效安装、高效焊接和特种涂装工艺装备。零件采用高精门式切割和数控切割；管端相贯线用五轴管子切割机切割，管节加工采用大型三星辊；节段工地拼装和合拢采用汽车吊、桅杆起重机和缆索吊机；节段组装焊接、半拱拼装焊接均大量采用埋弧自动焊、CO₂ 气体保护焊高效焊机；钢结构的复合涂装采用大型喷砂机、电弧喷涂机、大容量空压机、大型抽湿机和吸尘器、喷漆机等高效特种涂装施工机械，这些先进施工机械的大量采用将对施工质量和施工工期提供保证。

(5) 采用钢结构精度控制技术，拟定合理施工工艺和焊接工艺，对主弦、腹杆、联接系的焊缝收缩、加工压延、火工弯管收缩、构件制作公差等影响精度要素进行综合分析，合理拟定精度管理量，在加工、制作、焊接的各工序中分解控制。

(6) 设计制作主弦管弯管胎架、平面节段组装胎架、线形预拼胎架、运输保形胎架、工地节段拼装临时联接、工地节段拼装焊接胎架、转体系支架、防风防雨工地接头焊接工作棚、涂装工作棚等钢结构制作专用工装。

(7) 严格规范质量体系的正常运作，确保施工质量满足设计和规范要求。针对本工程钢结构，我们建立专门的工厂制作质保机构、质保体系和工地安装焊接质保机构、质保体系，严格管理，严格把关，争创精品工程。

6、质量保证体系及措施

6.1 总则

为了切实保证大桥钢结构的建造质量，除严格执行广船国际股份有限公司已取得的 ISO 9001 质量体系所规定的一系列质量保证程序和我单位质量手册之外，针对本工程的具体情况，将编制《质量保证大纲》、《质量检验指导书》和《大桥钢结构建造检验项目表》，并设计系列检验图表和检验控制点，在施工中的每一工序、节点进行控制和检验。

《质量保证大纲》、《质量检验指导书》和《大桥钢结构建造检验项目表》经业主和业主指定的监理认可后实施，作为本工程的法规性文件强制执行。

6.2 质量保证机构

见《广船国际组织机构体系》，公司总经理对工程质量负有全责，公司技术中心和质量部门履行质量监控和质量检验职责。

6.3 质量检验和控制

6.3.1 检验准备

所有施工者及检查员均应执行公司现有的《质量保证手册》、《程序文件》以及本工程《质量保证大纲》、《质量检验指导书》和《大桥钢结构建造检验项目表》的要求，并严格执行有关图纸、工艺技术要求、标准和施工工艺，所有检查员必须熟悉检验程序、检验标准。

检查员必须经上岗培训合格后方能进行钢结构检验。

6.3.2 检验通则

(1) 内部控制检验

按检验项目要求，提交 QC 检验。施工者进行自检、互检合格后，提交 QC 进行专职检验，QC 检验后在验收单上签字验收，不合格品不得流入下道工序。

(2) 业主、监理检验

对重要节点和项目，需提交业主、监理检验，检查员验收合格后，填写《检验通知单》通知业主、监理，商定时间进行检验，检验合格后在《验收单》上签字验收。

(3) 验收标准

按设计图样、技术要求、规范、标准和经审定的工艺文件要求执行。

(4) 检测器具的检定和管理

本工程所使用的各种检验测量器具均须经国家一级计量单位检定合格，并在有效期内使用，禁止使用检定不合格、到期未检定、失准的检测器具和仪表。对各种检测器具和仪表，应正确使用，妥善保管。检测器具设立专帐进行管理。

(5) 测量读数和记录

测量长度超过 10m 时，采用拉力器，确保尺寸的读数在直线条件下、拉力达到规定值时进行，读数必须准确。

检验员必须认真做好记录，尺寸记录使用专制的记录表格，记录时用钢笔填写，不得有涂改现象，如需修改时，必须要有修改人签名和日期，记录内容中应包括所使用的测量工具的编号，检查员对测量记录的数据负责，并在测量记录上签署姓名及日期。

记录测量数据时，应同时记录测量时间及该时间的温度，在外场需反复进行数据测量时，应并尽可能在同时间并在温度相近下测量。

6.3.3 材料验收和管理

本工程钢结构建造的主要材料有钢材、焊材、喷涂涂装材料等三大类，其验收、复验方法除执行国家标准和设计规范外，验收细节按合同规定与业主、监理商定。

(1) 钢材验收和管理

材料采购按技术规范和设计要求进行，材料到厂后，认真核对材质证书、产品名称、数量、规格、重量、品质、技术条件等是否符合采购要求，检查钢材规格、标记、表面质量等是否符合要求，并用专用的《材料来货报验单》进行检验记录，材料如需复验，则需与监理、业主商定复验的数量和内容。

材料检验及复验检验合格后，填写《材料验收清单》，将《材质证书》、《材料来货报验单》、《复验报告》及《材料验收清单》一并交给监理、业主确认。

材料验收合格后在材料的显著部位进行标记，只有验收合格的材料才可用于产品的制造。合格钢材在专用钢材库按规格分类分区存放，本大桥材料专料专用，设专职材料员进行钢材的发放、登记和管理。

(2) 焊材验收和管理

材料采购按技术规范、设计要求和工艺评定进行，材料到厂后，认真核对材质证书、产品名称、数量、规格、品质、技术条件等是否符合采购要求，检验包装情况，抽查焊丝、焊条是否有生锈现象，填写《材料来货报验单》，焊接材料如需进行复验，则应制作焊接试板，按工艺评定要求进行试样复检，复验内容和数量与监理、业主商定。

材料检验及复验检验合格后，填写《材料验收清单》，将《材质证书》、《材料来货报验单》、《复验报告》及《材料验收清单》一并交给监理、业主确认。

焊材验收合格后移交焊材一级库进行保存，只有验收合格的焊接材料才可用于产品的施焊。

合格焊材由一级库进行保管、发放、登记，专人专帐管理，施工时，由焊材二级库批量向一级库领用，焊工向二级库限额领用，领用焊材均使用《焊材领用单》。

(3) 涂装材料验收和管理

本工程涂装材料包括金刚砂、铝丝、封闭涂层材料三类，材料采购除应满足设计要求和技术规范外，必须进行可行性工艺试验进行确定。

来货检验时，认真核对材质证书、产品名称、数量、规格、品质、技术条件等是否符合采购要求，并着重检验金刚砂的粒度和棱角质量、铝丝的纯度和成形质量，检

验后填写《材料来货报验单》，如需进行复验，则应制作涂装试板，按技术规范要求进行试样复检，复验内容和数量与监理、业主商定。

材料检验及复验检验合格后，填写《材料验收清单》，将《材质证书》、《材料来货报验单》、《复验报告》及《材料验收清单》一并交给监理、业主确认。

验收合格的涂装材料设专人专帐进行管理，并按涂装材料的类别分类存放。

6.3.4 零部件加工检验

由检查员在现场抽查划线、切割、加工质量，对重要零件的划线必须进行检验。检查内容包括材料的正确使用、标记、划线尺寸正确性、切割质量、零件尺寸正确性和下道工序加工信息的正确性等。

6.3.5 零部件、片体节段组装检验

检验员对每个组装节点均进行专职检验，重要组装节点根据要求还需提交业主和监理验收。

(1) 组装胎架检验

对组装胎架进行专检，着重检验其尺寸、形状、刚性是否正确和满足工艺要求。

(2) 组装坡口检验

检验坡口间隙、坡口角度、错边量是否符合工艺要求，检查坡口清洁是否达到焊接工艺要求。

(3) 定位焊检验

抽查定位焊焊工是否持有资格证，检验定位焊外观质量，有无点焊缺陷，间隙距是否符合要求，特别注意有无焊接裂纹。

6.3.6 结构检验

(1) 检验结构是否有漏装，组装位置是否按图纸要求施工。

(2) 对主要尺寸节点，检验其是否符合图纸要求及精度控制要求。

(3) 抽查板厚，对重要部件需复查板厚。

(4) 对重要部件焊前需做组装记录，所有组装首制部件均需组装尺寸记录，以便掌握焊后变形及精度控制。

(5) 按精度控制工艺方案检验是否达到精度控制要求。

6.3.7 半拱拼装检验和合拢检验

(1) 组装前对组装专用胎模严格检验，确保达到精度要求。

(2) 用全站仪检查测量节段拼接半拱的拼装线形是否符合设计要求，测量控

制点和构件的尺度是否符合要求。

- (3) 检验连接焊缝的坡口质量、间隙和对接错边量是否符合技术要求。
- (4) 复核构件安装的正确性和完整性。

6.3.8 焊接检验

- (1) 抽查焊工有无持证上岗。
- (2) 检查焊缝表面质量，检查咬边、焊脚高度、气孔、错边、焊缝余高等是否有超标现象。特别要注意的是检查是否有裂纹和漏焊。
- (3) 检查焊后变形情况，对部件、节段、成拱完整焊后应尺寸测量和记录。
- (4) 按设计要求进行焊缝的无损探伤检测。

6.3.9 涂装检验

(1) 涂装检查人员必须经专门培训合格并熟悉钢结构涂装要求及标准，明确各部位、部件所要求的表面处理等级和涂装要求，熟悉工艺要求，了解所使用涂料的性能和特性。

(2) 涂装前表面清洁检验

涂装前检验被涂表面清洁是否达到规定的要求，检验影响喷涂质量的焊渣焊瘤、尖锐边角和表面油污是否清除干净。

(3) 喷砂表面检查

按标准要求检验喷砂表面是否达到 Sa3 级，表面粗糙度是否符合工艺要求，并检验工件表面有无污物、铁锈、油漆、氧化皮等影响喷铝施工的缺陷。

(4) 喷铝层检验

用涂层测厚仪检测铝涂层的厚度是否符合设计要求，对喷铝层进行外观检验，着重进行剥落、气泡、分层、碎裂、积瘤及漏喷等缺陷的检验。

(5) 封闭层的检验

使用电子测厚仪或磁性漆膜测厚仪对封闭层的膜厚进行检测，对封闭层的外观质量进行检验，着重检验其涂层不均匀、擦伤、脱落、漏涂、小孔、裂缝、流挂等缺陷。

6.4 质量问题处理

6.4.1 一般质量问题的处理程序

对一般质量问题，检查员需填写质量问题反馈单给有关单位，一式三份，签收后收回一份，责任部门接到单后，提出处理措施，组织处理，经处理检验合格后，返回一份给检验员归档。

6.4.2 不合格品处理程序

根据合同、设计图样、产品规范、标准等规定的技术条件，凡不满足规定的产品均为不合格品。在检验和试验过程中，发现不合格品时，实物应挂红牌，以色漆作醒目标志，停止施工。不合格品不得入库、发放和转序，由专职不合格品审理小组进行审理，审理时，必须查明原因，提出改进措施。

6.4.3 如质量问题责任部门无法处理时，应签收并填写意见后送一份给公司总质量师，由公司总质量师负责安排和处理，必要时，需通知监理、业主商量处理方法。

6.4.4 质量部门保管好所有质量问题的处理单，整理成册，汇成文档。

6.5 验收资料汇总

验收资料共分以下八大类进行汇总。

- a. 材料验收资料和复验资料；
- b. 工厂零部件、片体节段制作验收资料；
- c. 工地节段拼装成拱（含大合拢）验收资料；
- d. 无损探伤检测资料；
- e. 涂装检验资料；
- f. 质量问题处理单；
- g. 重要工艺文件和技术图样；
- h. 工程竣工图。

所有资料整理成册，并设置封面和标识，不得遗失，内容可跟踪，文件资料字迹清楚，内容真实，签证齐全。

7、附件 北盘江某大桥腹杆制造精度的确定

根据北盘江某大桥钢管混凝土桁架的结构制造特点，腹杆的制作精度确定尤其重要。

在工厂制造中，由于卷尺的误差、实际拉杆的温度变形、划线的粗度、弦管的失圆度、焊接收缩量等误差产生的原因可以判明，误差大小在一定程度上可以推算，因而在制造中要尽量排除。当把基本对合误差、焰割气压变化时所产生的切割偏差、组装时对中的误差、估计焊接收缩量误差等的偶然误差，估计弦管失圆误差作为基本误差来考虑，以偶然误差为对象时，其产生概率为 50%，令概率误差为 r ，标准误差为 σ ，则：

$$r = 0.6745 \sigma \quad (\sigma = 1.4825r)$$

斜杆制作的误差可视为各偶然误差的积累，用 Gauss 误差传播法则考虑，由于各偶然误差的产生是相互独立的，则：

$$r = \pm (r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_n)^{1/2}$$

取斜杆放样误差为 r_a ，划线误差为 r_b ，焰割误差为 r_c ，估计焊接收缩量误差为 r_d ，弦管失圆度误差为 r_e ，斜杆长度误差为 r_0 ，令

$$r_b = r_c = r_e = 0.55\text{mm}$$

则当保证率为 67% 时，(1 σ)

$$r_0 = (r_b^2 + r_c^2 + r_e^2)^{1/2} = 0.86\text{mm}$$

容许误差 $\sigma = 1.4825r_0 = 1.27\text{mm}$

当保证率为 95% 时 (2 σ)，容许误差 $2\sigma = 2.54\text{mm}$ 。

可以推断其标准误差约在 $\pm 2.50\text{mm}$ 以内，以此来控制其精度是可行的。

第三节 钢管拱的转体施工

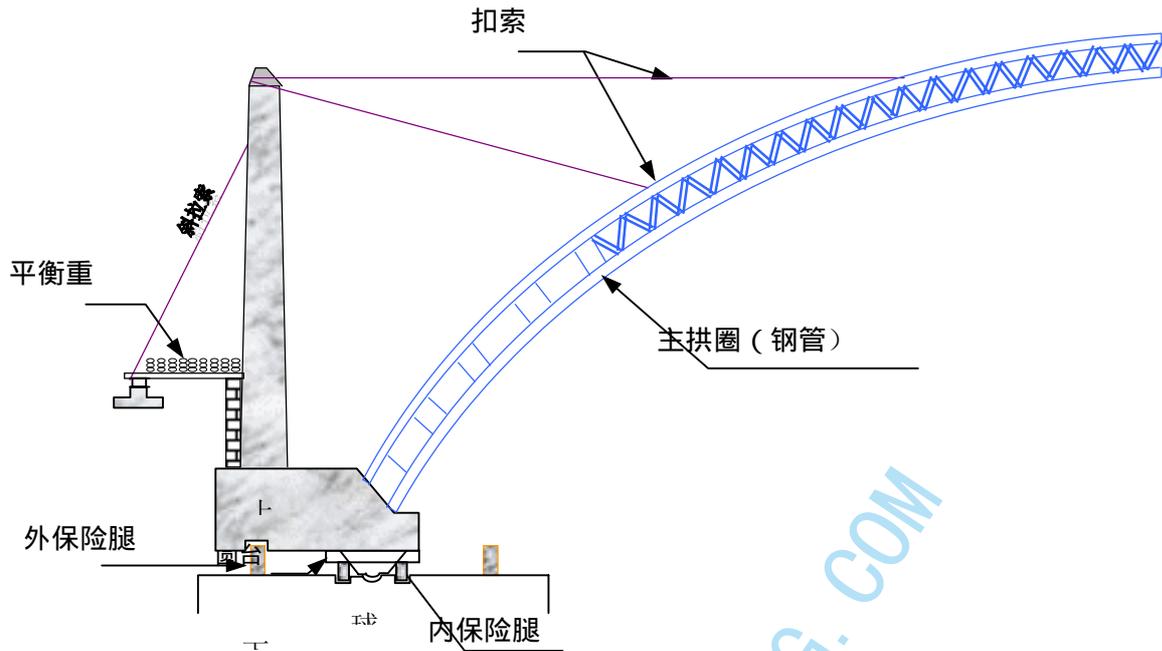
1. 主拱钢管转体施工

北盘江某大桥位于崇山峻岭之中，山高谷深，地形陡峻。采用有平衡重平转法施工，与其它施工方法相比有较突出的优点，北盘江某大桥采用转体法施工是十分恰当的选择。

施工时将大桥主拱钢管以拱顶为界分成两个对称的半跨，分别在两岸拼装成形，然后将其水平旋转至设计桥位合拢。

转体体系由转体结构系统、转体动力系统、防倾保险系统、位控系统和监测监控系统组成。

根据北盘江某大桥设计推荐的转体方案，转体结构系统由球铰、倒锥体、圆台、上盘块体、交界墩、平衡重物、扣索和主拱钢管组成。是球铰支承的自身平衡稳定结构，可以抵抗一定的外力干扰，抗倾稳定安全系数 1.8。转体结构系统示意图如下：



转体结构系统示意图

转体动力系统有两套。一套是张拉牵引系统，由 ZTD250-200 转体千斤顶，LDB 泵站，LDK 控制台与 7Φ5 高强钢绞线束组成。另一套是顶推转体系统，主要是水平放置的千斤顶。

防倾保安系统由内保险腿、外圈保险腿、临时支撑墙、可移动的钢管混凝土柱组成，并配备大吨位千斤顶以备需要。它们可以抵抗较大的外力干扰。

位控系统由定位标记、限位装置、数据采集和传输设备组成。它可以及时了解和控制结构转动情况。

监测监控系统由监测仪表、传感器、数据采集与处理仪器、分析软件和通讯设备组成。它用于施工关键环节的结构监测、分析和应对。

设计转体角度：六盘水岸 121°，柏果岸 113°。半拱悬出长度从拱脚中心起算约 117m。转动体系高近 70m。转体结构重 8100 吨。这个转动体系的规模不仅属路内首例，在世界上也居于前列。设计施工都有很大难度。因此必须小心谨慎，步步为营，与业主、设计、监理单位密切协作配合，确保施工安全平稳，质量优良。

2. 转体结构构造

2.1 下盘及球铰

下盘为十字形 300 号混凝土块体。在 300 号混凝土基础上，打设 600 号钢管混凝土球铰凹形体基础，以 $\Phi 3550 \times 20 \times 2000\text{mm}$ 的钢管套箍，嵌设凹形体钢壳。凹形体

上端低于基础平面，与嵌设在上盘的球凸组成球铰。在球凸和凹形体接触面上设置了上下钢球壳，凹形体钢壳同所套箍的钢管焊接成整体。

为了防止转体时体系下滑，在球铰中心埋设钢管混凝土转轴，并使钢管通过钢滚轴与球凸滚动接触，限制了上盘的侧向位移，有效发挥球铰的转轴定位作用，提高转体桥梁到位的精度。中心轴采用 $\Phi 200 \times 20 \times 2000$ mm 钢管，内填 600 号混凝土。

为了减少上下球壳之间的摩擦阻力，用聚四氟乙烯粉与黄油的混和物作为减摩剂。

2 上盘

由于转体结构构造要求，上盘由倒锥体、圆台和 T 型块体组成，倒锥体和圆台使上下盘之间形成了操作空间，圆台用以缠绕牵引钢绞线，并在其下设置了内保险腿，上盘转体是一个 $26 \times 14 \times 6$ m 的 T 型三向预应力混凝土块，在浇注上盘混凝土时预留出插入拱肋钢管的缺口，并预埋波纹管留出预应力钢绞线管道。倒锥体、圆台、球凸为 600 号钢筋混凝土，块体为 500 号钢筋混凝土，倒锥体外箍 $\Phi 756(516) \times 20 \times 1200$ mm 钢管，上端嵌入圆台体内，圆台体外箍 $\Phi 8000 \times 15 \times 1500$ mm 钢管，上端嵌入 T 型预应力混凝土块体内。

3 交界墩、平衡重物

交界墩为 400 号钢筋混凝土矩形空心墩，预留张拉体外预应力筋的孔道，墩柱作为平衡配重的一部分，在交界墩后方搭设放置平衡重物的平台构件，用预应力钢绞线斜拉于交界墩顶部。配重 609 吨。配重采用废旧钢轨，并备用一定余量。

2. 4 拱肋

拱肋为 X 型组合钢管混凝土，转体合拢前均为空心钢管。

2. 5 扣索

扣索采用 7-7 $\Phi 5$ 和 19-7 $\Phi 5$ 高强钢绞线，后端锚固于交界墩顶，前端锚固于钢管拱肋上的特制钢构件上。扣索力的大小和位置按下列原则决定，扣索放松时在拱顶产生的推力和弯矩与同样结构搭架施工在拱顶产生的内力相同，拱轴线型符合设计要求。

2. 6 转体动力系统

转体千斤顶—钢绞线牵引系统：

用 ZTD250-200 转体千斤顶，LDB 泵站，LDK 控制台与 7 $\Phi 5$ 高强钢绞线组成张拉牵引系统。数根 7 $\Phi 5$ 高强钢绞线一端埋入上盘，然后缠绕于 $D=8$ m 的圆台上，另一端

引入转体千斤顶。泵站推动转体千斤顶牵引钢绞线使圆台旋转,从而实现拱肋的转体。原设计按动摩擦系数 0.050 计算需转体牵引力 1200kN。但从我们在三峡工程黄柏河大桥与下牢溪大桥的实践经验来看,在体系转动过程中,摩擦系数是变化的,动摩擦系数最高可达 0.08,与测得的最大静摩擦系数 0.094 相差不多。本桥转动体系与三峡两桥基本相似,推算所需的转动牵引力有可能超过 2000 kN,故此选用有较大能力的千斤顶。ZTD250-200 转体千斤顶是柳州 OVM 建筑机械有限公司专为转体设计的,已在贵州都拉营桥转体中使用,最大牵引力 2500 kN。

千斤顶顶推转体系统:

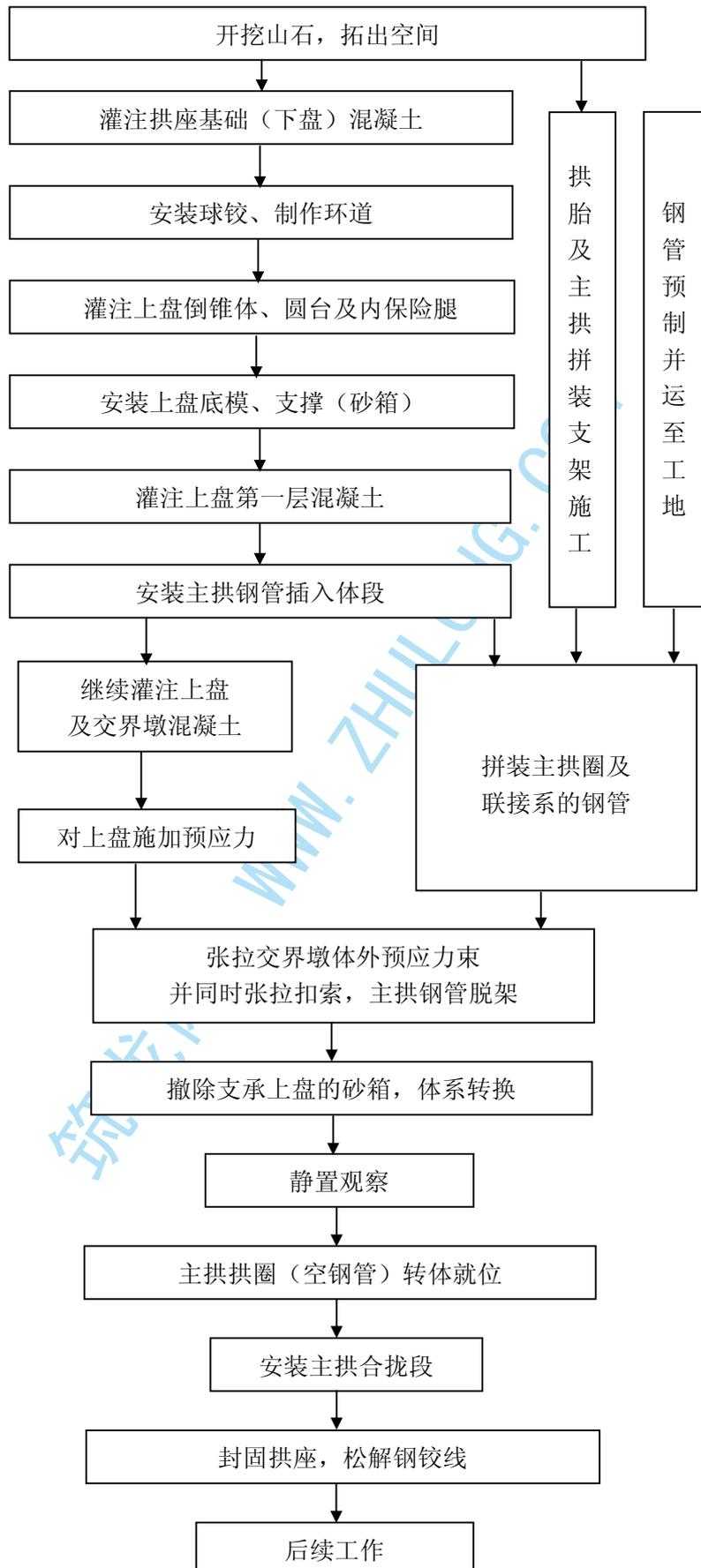
除用钢绞线牵引转体外,还设置了千斤顶顶推转体系统,以备协助克服较大的静摩擦力之需。顶推力施加在内保险腿侧面。沿设在内保险腿下面的环道两侧埋设若干大尺寸型钢以承受千斤顶的反力。在转体角度需要微调时,还可以用千斤顶水平顶动内保险腿使结构准确到位。

2.7 防倾保安系统

本桥转动体系具有重量大、结构高、悬臂长的特点,对它的抗倾稳定性应十分重视,在构造上采取多重保安措施。首先从上盘的转动圆台下伸出 8 个保险腿,作为结构万一倾斜时的支撑。这种保险腿很强固,启动时可以用千斤顶水平顶动保险腿以克服较大的静摩擦力,万一转动时转过了头,还可以用它使结构复位。第二,以球铰为中心,7.6m 为半径埋设 9 个钢筋混凝土柱作为外圈保险腿,并设 125cm×1343cm 的临时支撑墙。它们可保证转动时体系绝对不会向侧面或后面倾倒。第三,制作几个可移动的钢管混凝土柱作为临时保险腿,配备大吨位千斤顶以备需要。

3. 转体施工工艺

3.1 转体施工工艺流程图(见下页)



3. 2 转体施工工艺要点

1) 开挖山石，拓出空间

按设计要求在山体上挖出拼装主拱钢管的拱胎，以便安装主拱拼装支架。并挖去阻碍体系转动的山石，拓出转体空间。继续下挖形成拱座的地基。

挖出拱胎时注意各部位的标高，应考虑拱肋有一定的宽度，仔细计算，留足足够的空隙以免妨碍转体。拓出转体空间时采用光面爆破技术，避免超挖影响引桥基础。在靠近基底附近时用小药量微震动爆破，避免岩石松动。

用 100 号片石混凝土砌筑矮墙用以支持放置平衡重物的平台。

2) 下盘

下盘为十字形 300 号混凝土块体。并设有 600 号钢管混凝土球铰凹形体基础，以便嵌设凹形体钢壳，凹形体上端低于基础平面。

在浇注下盘混凝土时埋入外圈保险腿钢管并以混凝土填充，外圈保险腿顶面粘贴不锈钢板。

沿内圈保险腿位置的基础顶面磨平形成环道，环道宽度大于保险腿，上面放置四氟板以便万一在转体过程中保险腿触地时减小摩阻力。沿环道两侧埋设若干大尺寸型钢以承受千斤顶的反力。

精确测量定位后埋设安装转体千斤顶的地锚。

3) 球铰

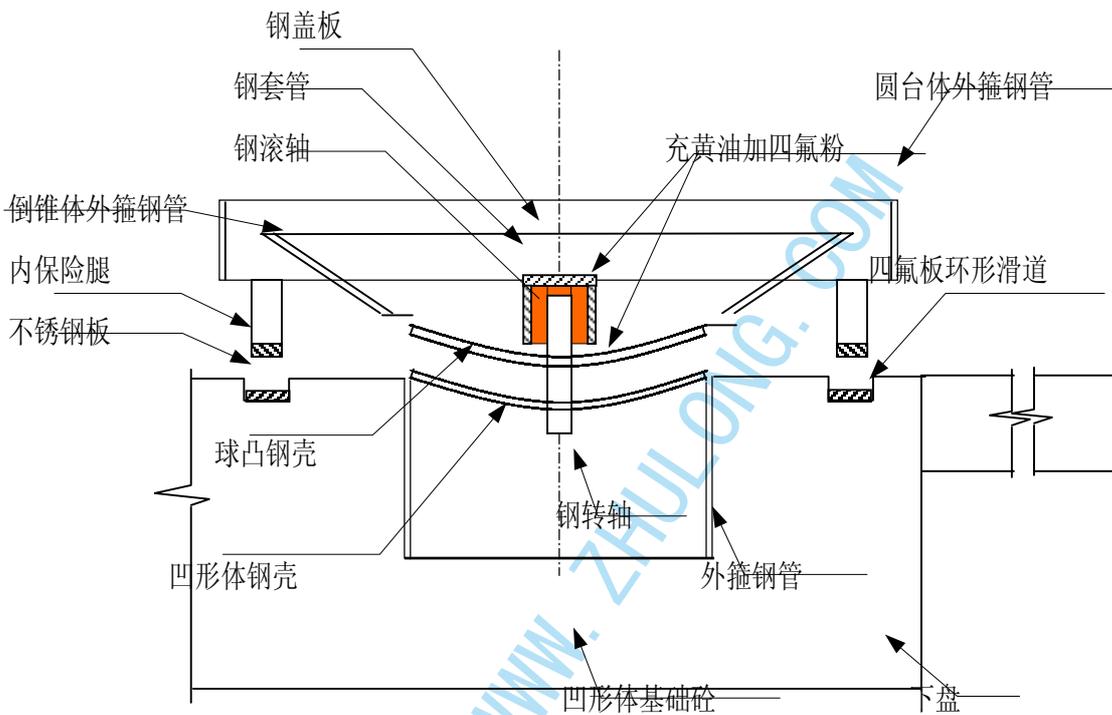
(1) 钢管轴

球铰中心有钢管轴，它是体系转动的中心，用经纬仪精确定位，保证主拱跨径并与其它墩台的中心在直线上。

钢管轴定位：在点焊成网片的凹形体基础钢筋网上准确定出截面半径为 100mm 的钢管轴中心点，然后用气焊割除中心点周围直径 400mm 范围内的钢筋网。在浇注凹形体基础下层混凝土前，将一个外包编织袋，直径为 400mm 的圆木放进下盘中心用气焊割出的钢筋孔中，混凝土施工结束 3~4 小时后，取出圆木，并用盖子遮住孔洞口，防止尘土等脏物掉进孔内。

套管轴安装：用经纬仪在下盘中心孔洞口四周等距离定出 4 个纵横轴线点，前后左右移动，将钢管轴调到中心，吊线锤使钢管轴保持竖直，先用短钢筋将钢管轴与孔壁边上露出来的下盘上层钢筋网点焊成一体，待用经纬仪检查钢管轴位置及垂直度准确无误后，用高标号混凝土将孔洞和钢管轴填满。

安钢滚轴及防水处理：先用四氟粉加黄油将钢套筒与钢管轴之间缝隙填满，安钢滚轴，将钢套筒顶面的钢盖板与钢套筒点焊在一起，将钢套筒与球凸接缝处先用宽胶带封固，再用高标号水泥砂浆填充，以免下步浇注球凸混凝土时水泥浆渗人而将钢滚轴封住，导致转体阻力增大。



球铰构造示意图

制作：球铰钢壳委托有经验的工厂制作。用整块钢板精密钣金成型，在凸形体和凹形体之间放入金刚砂并加压旋转进行磨合。编号存放，以便安装时对号入座。

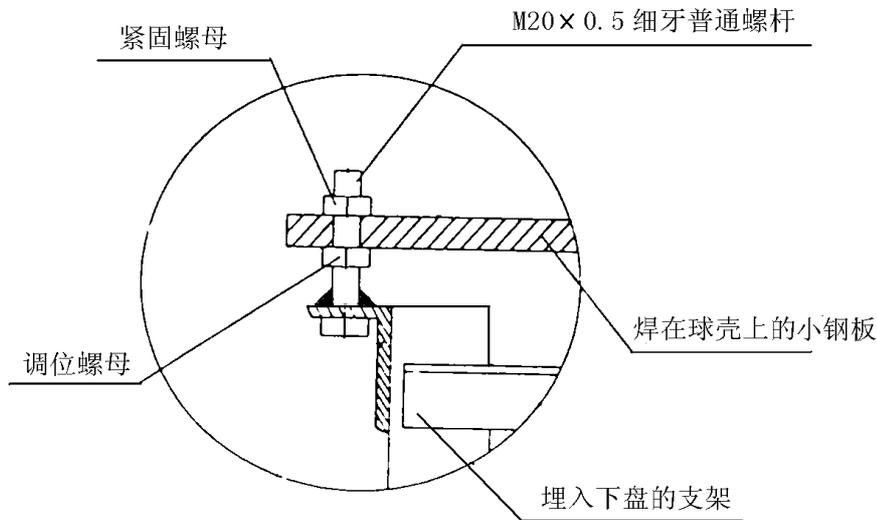
检查：制作两块曲率符合设计要求的母线板，一块检查球铰壳凹曲面，一块检查球铰壳凸曲面。将母线板与球壳工作面相靠，用塞尺检查其空隙，务必达到工作面曲率满足设计要求且各处曲率相等方可出厂。母线板与球壳同时运至工地，在球壳安装前再次对曲率进行检查，如因运输不慎造成变形则需退货重制或在工地重新磨合。

运输：球壳的运输需做到小心仔细，制作牢固的支架，专车运至工地。

安装：在已浇筑好的下盘混凝土基础上精确定位安设球铰凹形体钢壳基础外箍钢管，球铰凹形体钢壳精确调整定位后焊接固定在外箍钢管上。

球铰壳的定位、安装，直接影响到合拢精度，因此在下盘基础和下球壳上分别设

置定位支架，通过微调螺母可以使下球壳精确定位。其关键构造如图：



(2) 球铰混凝土

下球壳钢筒内先灌一部分混凝土，下球壳安好后混凝土从凹形体套箍钢管两侧两个直径 8cm 孔灌入，并插入震动棒震捣。对经检查认为不密实处须压浆充填。

3) 上盘混凝土

上盘混凝土施工包括倒锥体、圆台、内保险腿和 T 型块体。

将黄油加热融化倒入聚四氟乙烯粉，搅拌均匀成混和物，作为两块球壳之间的润滑剂。

在安装好的下球壳凹面上均匀涂抹一层润滑剂，放进上球壳，放好倒锥体钢筒，绑扎倒锥体、圆台和内保险腿钢筋，支好模板。用棉纱堵严底板与球铰之间的缝隙，将球铰钢壳侧面上下包成一体，防止水泥浆泄漏下去，然后灌注混凝土。

上下盘块体之间支撑上盘底模的支架应牢固。为了防止支架变形使上盘歪斜，先在上下盘之间设一些断续的混凝土矮墙，矮墙顶放型钢，再安模板。

上盘底模安装好后，逐次扎好上盘钢筋。先灌注一层混凝土，再安放模板形成让拱脚钢管插入的凹槽。然后分层分块灌注上盘混凝土。

上盘混凝土用插入式震捣器震捣。倒锥体、圆台、内保险腿钢筋和拱脚凹槽附近钢筋很密，务必震捣密实。

上盘混凝土达到一定强度后，局部拆除底模模板，加装几个灌有铁砂的砂箱，用铁楔把砂箱同上盘的下表面楔紧。

上盘为大体积混凝土，数量大，标号高，水泥用量多，水化热大，要防止混凝土开裂。施工要点见本章第一节 1.3。

对混凝土温度场要进行监测，以便掌握混凝土温度分布及变化情况，及时采取相应措施，防止混凝土开裂。

4) 交界墩及放平衡重物的平台

交界墩施工方法及工艺文字说明见本章第一节。

按设计图搭设平衡重平台并配平衡重。平台一端由上盘支撑，当交界墩斜拉索未张拉前另一端支在片石混凝土矮墙上。每岸有两个这种矮墙，一个在拱肋预拼位置，一个在转体到位处。

5) 对上盘施加预应力

待上盘混凝土达到规定龄期后即可按设计要求张拉钢绞线和精轧螺纹钢筋，以改善上盘块体受力情况，提高抗裂能力。

6) 安装连续转体动力装置

将数根一端已埋入上盘的 $7\Phi 5$ 高强度钢绞线缠绕在上盘的圆台上，另一端引入 ZTD250-200 型转体千斤顶，转体千斤顶与预埋在下盘混凝土中的地锚固定，形成转体牵引系统。转体千斤顶的动力由 LDB 型泵站自动连续提供。2 台泵站由 1 台 LDK 控制柜控制，工作时同步进行。

安装在转体千斤顶前端的自动工具锚，在千斤顶推进时，能通过每一孔中的夹片自动夹紧每一股钢绞线，从而带动体系转动。当千斤顶回程时，夹片能自动放松钢绞线。锚具带有限位板，夹片不会散落。

千斤顶顶推转体系统是当需要克服较大的静摩擦力或在转体角度需要微调时才使用，事前将所需的千斤顶准备好并运送到位进行安装。

为了使转体平稳，转体牵引的作用力必须组成垂直的纯力偶，不允许有水平力偶或分力，因此，除为了安装转体千斤顶而预埋在下盘混凝土中的地锚需精确定位外，转体牵引绳用偶数股，以通过千斤顶中心的水平面为对称面，对称缠绕在上盘的圆台上，这样无论体系转到何种角度牵引力偶的方向都不会变化。

7) 预应力钢绞线束张拉，主拱钢管脱架

主拱圈及联接系钢管的拼装与上盘及交界墩的施工同时进行。当转动体系各部分都安装完毕后就可以分级、分批、对称张拉扣索及交界墩体外预应力索，使主拱钢管脱架。扣索及交界墩体外预应力索的张拉要同步进行，避免交界墩受到过大的弯矩。。

钢绞线用 YCL 型千斤顶张拉。张拉时必须进行索力和交界墩控制部位应力监测以及拱肋变形观测。

扣索和体外预应力索在高应力下工作，为了防止应力腐蚀带来的危险，扣索和体外预应力索都采用镀锌钢绞线，并对锚头附近采取措施防止雨水侵蚀。

8) 体系转换

扣索及交界墩体外预应力索张拉后，由于上盘块体刚度很大，其变形不会很明显，要撤除支承上盘的砂箱方可彻底完成体系转换，使体系由多点支承变为仅由球铰一点支承。

9) 静置观察

仅由一点支承的系统理论上是不稳定系统，但球铰是一个面且由于摩擦力的作用在微小的外力干扰下体系仍能保持稳定。体系转换完成后，静置一天以上仔细观察。除观察关键部位的应力外，主要是加强体系的变形观测。变形观测仪表的精度达 $0.1\text{mm}\sim 0.01\text{mm}$ 。

10) 主拱拱圈（钢管）转体就位

静置观察无异常后，开动 LDB 型泵站，转体千斤顶牵引钢绞线使圆台旋转，从而实现拱肋的转体。转体千斤顶自动接力式地周而复始运行，实现连续牵引，致使转动体系平稳连续地转动到位。

控制转体速度，悬臂前端线速度控制在 $2.0\text{m}/\text{min}$ 以内。

转体过程中加强监测。连续记录悬臂前端标高、转体角度、牵引力变化情况和钢管关键部位的应力并及时向现场指挥报告。

加强与气象部门的联系。选择气象条件良好，微风无雨时进行转体。保证整个转体过程的风力强度满足设计提出的要求。

11) 安装主拱合拢段

转动到位后调整拱顶标高。然后安装拱顶临时连结构件，安装主拱合拢段钢管。

拱顶合拢段钢管的连接是十分重要的。高空作业的工作条件较差，要保证焊接工作在无应力状态下进行，要避免由于温度变化使拱顶缺口开合造成各管应力不匀，必须有稳妥可靠的临时连结构件。合拢施工详见第七章第二节 4.10。

12) 封固拱座，松解钢绞线

主拱合拢段钢管安装完成后，焊牢上下盘之间的连接钢筋；压浆封闭拱铰；处理上盘下表面和下盘上表面，充填它们之间的混凝土，使拱座封固。在基础与山体之间

的开挖空隙内回填 150 号片石混凝土防止拱座位移。

将重物平台的悬出端靠在片石矮墙顶面上，它们之间的空隙用楔木塞紧。分级、分批、对称松解钢绞线。扣索及交界墩体外预应力索的松解要同步进行，避免交界墩受到过大的弯矩。

至此，转体工作全部完成，可以进行后续工作。

13) 监测监控

本桥结构新，转动体系重量大、结构高、悬臂长，技术复杂。为了确保施工安全、质量，积累经验，在关键的技术环节上要加强监测监控。除通常的变形观测外，主要内容有：

- ① 混凝土（上盘块体，浇注过程）的温度场；
- ② 交界墩控制部位及设计单位指定控制区的应力；
- ③ 主拱钢管关键部位在扣索和斜拉索张拉期间、转体过程和泵送混凝土时的应力；
- ④ 扣索和斜拉索在各级张拉时和转体过程的内力；
- ⑤ 钢管内部混凝土密实度。

主要监测仪器如下：

序号	名称	型号	数量	制造厂	购置时间	备注
1	静态数据采集分析仪	UCMA-70 A	1	日本东工	1996	可测应变、温度、压力、电压等
2	便携式应变仪	UCMA-1A	2	日本东工	1996	
3	数据分析仪	DAA-110 B	1	日本东工	1996	
4	动态应变测试系统	MCC-8A	2	日本东工	1996	
5	多通道索力仪	SL-2	2	西南交大	1998	
6	传感器显示仪	QS-10		玉环电子仪器 厂	1998	

为保证测试数据准确可靠，拟选用进口传感元件

14) 转体施工主要设备

序号	名称	型号	单位	数量
1	转体千斤顶	ZTD250-200	台	4
2	泵站	LDB	台	4
3	控制台	LDK	个	2
4	千斤顶	YPD60	台	4
5	千斤顶	YD500	台	8

注：不含一般施工设备

15) 建议采用环道式转动体系

为了保证施工质量和安全，现提出以下建议供业主、设计、监理参考：

原设计采用球铰中心支承式转动体系，由于本桥拱脚处很宽，拱座较长，建议改为环道式转动体系。减薄上盘，在两肋设分离式拱座，两拱座用加强的系梁连接。对应拱座处以尽可能大的半径设置环道。下环道是连续的，顶面铺镀铬钢板。上环道不连续，上环道的下表面嵌入经机械加工的聚四氟乙稀滑块，在下环道上滑行。在系梁中心、大桥轴线上设置定位轴，防止体系平移。这种体系较充分地利用了拱座的宽度和长度，能增加体系抗倾能力并可能减小转体重量。

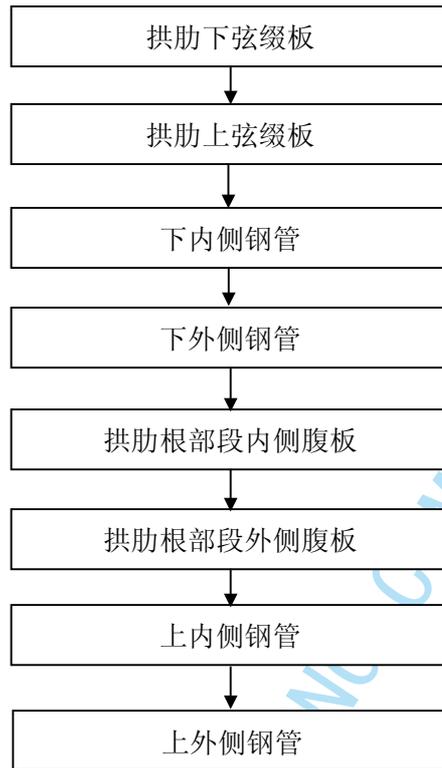
建议的环道式转动体系关键部位示意图附后。

第四节 钢管混凝土压注方法和工艺

钢管拱肋混凝土灌注是本工程的关键工序之一，混凝土灌注工作的好坏直接关系到工程的质量和安全的，同时是能否体现设计目标——混凝土与钢管联合作用的关键工序，因此严格控制从选料、选设备到混凝土灌注全过程的每一个环节。

1、拱肋钢管混凝土灌注的施工工序

在完成钢管拱肋拱脚封固以后，将分 8 个阶段灌注拱肋砼，两肋对称灌注，其灌注顺序为：



拱肋钢管混凝土灌注次序图如图 7.4.1 所示。

本阶段砼的灌注必须前一阶段达到 80%强度后方可进行，灌注完成后必须检查砼灌注的密实程度和拱肋的线型变化。

2、施工方法

2.1 将每根主弦钢管分成 5 个仓分开压注，每两个仓之间在工厂制作时焊接钢板分开。在每仓底部设排渣孔，顶部设排气（浆）管，并高出仓顶面

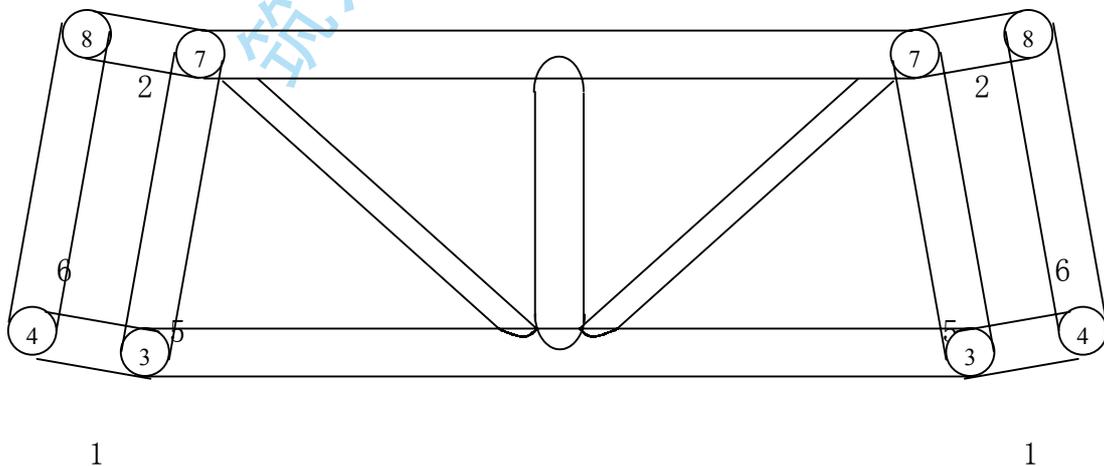
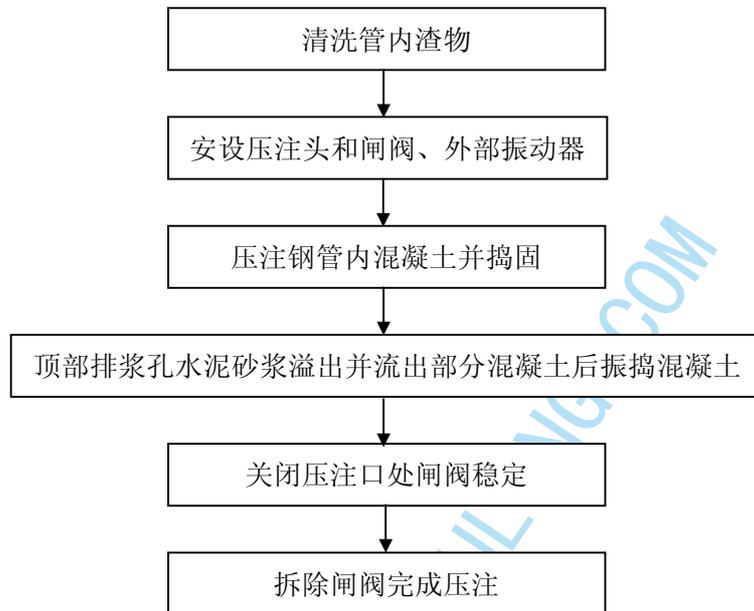


图 7.4.1 拱肋钢管砼灌注次序图

约 1.5m，压注口设在下端，并在适当位置预留第二压注口备用，压注时采用泵送混凝土入管，两岸同时自下而上顶升的方法灌注砼，并配附着式振动器加强捣固。钢管混凝土压注仓及设备布置图见图 7.4.2。

2.2 钢管混凝土压注工艺流程：



3、压注设备配备

每岸设 3 台混凝土输送泵，2 台使用，1 台备用，使设备能满足两端对称同时压注两根钢管混凝土的目的。每岸相应配备 2 台 1000L 强制式混凝土搅拌机作为拌和站，每岸配 3 台 6m³ 搅拌运输车。

4、确保混凝土压注成功的保证措施

4.1 为保证混凝土压注成功，需在拱肋适当位置设置第二灌注孔，为第一灌注孔不能继续使用时的备用孔；

4.2 混凝土的配合比应满足泵送要求，加强计量管理，采用自动计量设备，控制好混凝土的坍落度，是确保压注成功的关键；

4.3 为避免偏载拱轴线偏移，压注过程中必须保证四个点的同步进行；

4.4 各管坡道要设置合理，避免混凝土输送困难，管道接头必须连接密实，弯管位置必须定位牢固；

4.5 压注前，拌和站、输送泵等相应机械设备应全面检修，以确保压注连续；

4.6 泵送混凝土前，先泵送一定数量的水泥浆和砂浆润滑管道，其数量根据管

道直径计算确定；

4.7 泵送暂停时，为防止混凝土假凝引起堵管，每隔 2~3 分钟应抽动一下泵的活塞；

4.8 为确保仓顶混凝土的密实度，在仓顶设置反压管，使管内混凝土保持足够压力，待仓顶排浆孔排出水泥砂浆和部分混凝土后方可停止泵送，采用插入式振动器捣固，确保混凝土的密实度；

4.9 管内混凝土的质量，采用敲击钢管的方法进行初检，发现异常，则用超声波检测，对不密实部位应用钻孔压浆法补强，然后补焊封固钻孔。

5、主要机械设备配备

序号	名称	型号规格	单位	数量	备注
1	混凝土输送泵	HBT60E 中联	台	6	备用 2 台
2	混凝土搅拌运输车	ND855 日本新泻	台	6	
3	混凝土强制式搅拌机	JS-1000 川建	台	4	带自动计量装置
4	砂石料配料机	HP-120 川建	台	4	带自动计量装置
5	装载机	ZL40 柳工	台	2	装砂石料
6	插入式振动器		台	4	
7	附着式振动器		台	40	

第五节 拱上结构施工

拱上结构施工时应严格按设计加载程序，纵横向对称进行。拱上刚架墩采用翻模施工，搭设轻型钢管脚手架，缆索吊机水平运输和垂直运输。拱顶Ⅱ型刚架采用大块钢框胶合模板分段灌注，缆索吊机运送材料，混凝土泵送入模。

第六节 附属工程施工

附属工程按设计采用常规方法施工。

第八章 资源配置

第一节 原材料供应计划

主要原材料供应计划数量表

表 8.1

序号	材料名称	规格	单位	数量
一	钢材			
1	普通钢筋		t	367
2	精轧螺纹钢	Ⅳ级 $\phi 32$	t	12
3	预应力钢绞线	$7\phi^j 5$	t	150
4	钢板材	$\delta = 16\text{mm}$	t	971
5	钢板材	$\delta = 12\text{mm}$	t	831
6	钢板材	$\delta = 10\text{mm}$	t	225
7	其它钢材		t	154
二	木材			
1	原木		m^3	45
2	方板材		m^3	462
三	水泥			
1	425 #		t	3381
2	525 #		t	4674

主要原材料供应计划数量表

表 8.1

序号	材料名称	规格	单位	数量
3	625 #		t	142
四	地方材料			
1	中（粗）砂		m ³	9876
2	碎石		m ³	16531
3	片石		m ³	2331
五	炸药		t	4
六	锚具			
1	锚具	OVM15—7	套	60
2	锚具	OVM15—7P	套	60
3	锚具	OVM15—12	套	200
4	锚具	OVM15—12P	套	200
5	锚具	OVM15—19	套	8
6	锚具	OVM15—19P	套	8
7	锚具	YGM32	套	736
8	锚具	YGD32	套	736
七	波纹管			
1	波纹管	φ 97	m	3760
2	波纹管	φ 45	m	1472
八	四氟板		m ²	116

第二节 劳动力组织及调配计划

本桥主跨从基础施工到两个半跨合拢，直到钢管混凝土压注及拱上结构最终完成，两岸皆为同步施工，因此桥工大队分为东西两个队，每队约 150 人，具体负责桥墩施工，钢管拱肋吊装，转体施工，钢管混凝土压注，拱上刚架墩，II型刚构施工。桥工大队生产工人总数约 300 人，钢结构厂（即“广船国际”）亦分东西两队，包括参与辅助作业的普工，每队约 110 人，具体负责单元现场加工、组拼焊接、测试调整、防腐涂装等工作。钢结构厂生产工人总人数约 220 人。

劳动力强度曲线图如图 8.1 所示：

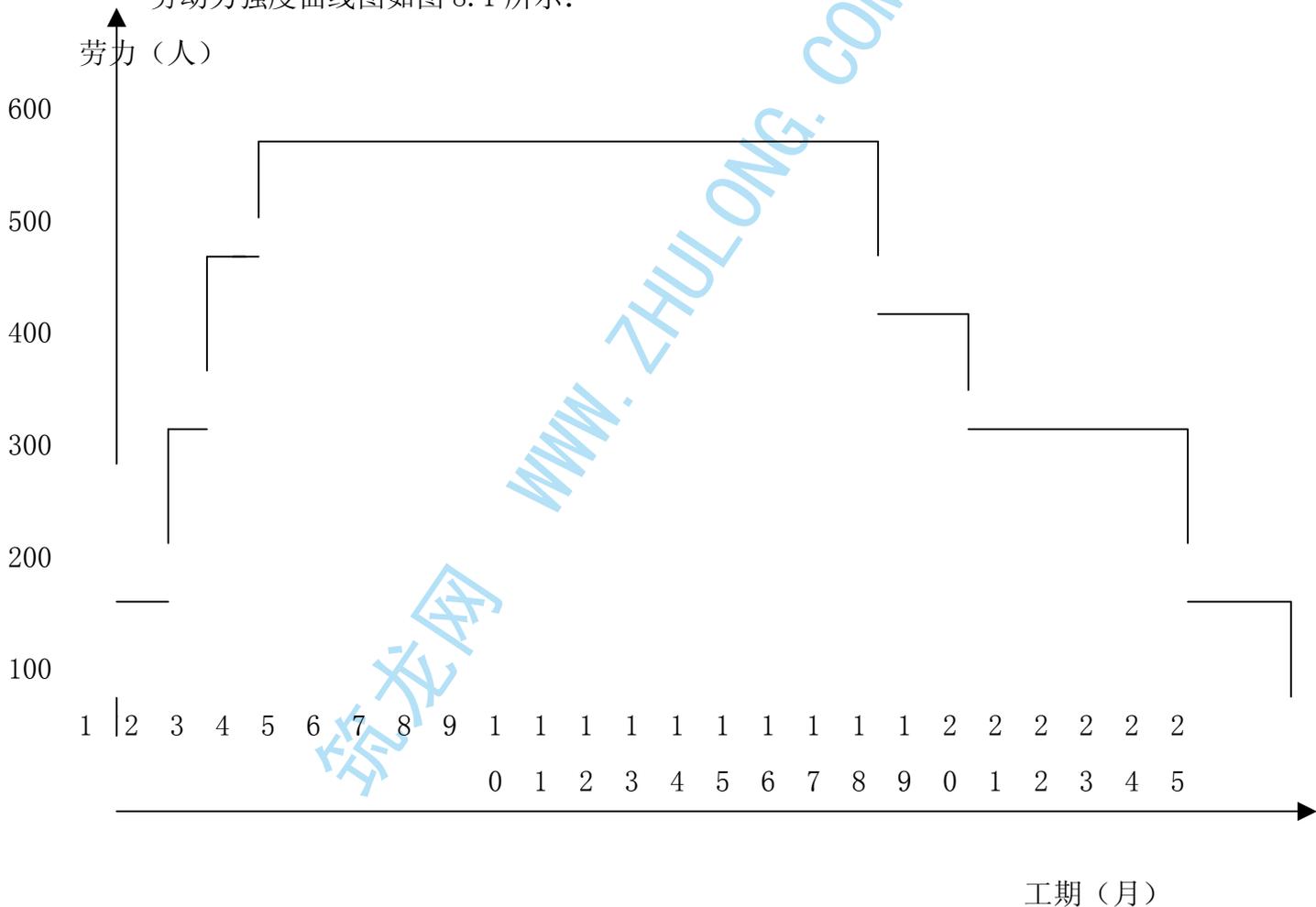


图 8.1 劳动力强度曲线图

第三节 机械配置及调配计划

3.1 桥梁施工机械由铁五局配置，钢结构制作机械由广州广船国际股份有限公司配置。机械进场时间按照施工进度先后顺序安排，并适当提前。主要施工机械配备见表 8.2。

3.2 主要材料试验、质检、测量仪器设备配备表见表 8.3。

主要施工机械

表8.2

名称 (种类、型号、产地)	数量	出厂日期	新旧成分	自有 (O)	租赁 (L)	估计价值 (人民币)	额定功率 (KW)	生产能力 (t 或 m ³)
土石方机械								
空压机 L-12/7 柳州	2	98.3	95%	0		6.9 万元×2	135	12m ³
推土机 D85A-18 日本小松	1	95.6	70%	0		135 万元	165	
挖掘机 PC400-6 日本小松	1	98.11	100%	0		176 万元	220	1.67m ³
装载机 CAT973 美国卡特	2	94.4	70%	0		137 万元×2	146	5t
钢筋机械								
钢筋电焊机 ZLD21 长沙	3	98.9	100%	0		1.7 万元×3	17	
钢筋切断机 GJ-40 长沙	2	98.3	95%	0		0.86 万元×2	5.5	
钢筋弯曲机 GW-40 长沙	2	98.3	95%	0		0.86 万元×2	5.5	
钢筋调直机 GT-40 长沙	2	98.3	95%	0		0.66 万元×2	5.5	
砂轮锯 SJ-320 四川	2	98.3	95%	0		0.47 万元×2	4.0	
木工机械								
木工圆锯机	1	97.5	70%	0		0.33 万元	3.0	
木工平刨床	1	97.5	70%	0		0.78 万元	4.0	
砼机械								
砂石料搅拌机 HP-120 川建	4	98.3	90%	0		5.6 万元×4	9.0	
砼强制式搅拌机 JS-1000 川	4	98.3	90%	0		13.6 万元×4	22	1000L

建								
砼搅拌运输车 ND855 日本写	6	97.4	85%	0		136 万元×6	166	6m ³
砼输送泵 HBT60E 中联	6	98.10	100%	0		68 万元×6	120	60m ³ /h
砼插入式震动器	10	98.4	90%	0		0.27 万元× 10	3	
砼附着式震动器	40	98.4	90%	0		0.24 万元× 40	2.2	
装载机 ZL40 柳工	2	98.4	90%	0		28.7 万元×2	136	4t
超重机械								
缆索吊机 30t (主索2组 15t 工作索2组) 自制	1	95.5	80%	0				30t
缆索吊机 15t (主索1组 15t 工作索1组) 自制	1	95.5	80%	0				15t
轮胎式起重机 40t QY-40 徐州	2	98.1	95%	0		230 万元	260	40t
轮胎式起重机 8t QY-8 贵州	1	97.6	90%	0		19.6 万元	98	8t
龙门吊 20t 自制	1	97.12	90%	0		54 万元	25	20t

主要施工机械

表

8.2

名称 (种类、型号、产地)	数量	出厂日期	新旧成分	自有 (O)	租赁 (L)	估计价值 (人民币)	额定功率 (KW)	生产能力 (t 或 m ³)
塔架扒杆吊 2t (载人吊笼 0.5t)	2	97.12	90%	0		11.6 万元×2	7.5	2t
运输机械								
油槽汽车 东风 二汽	1	97.10	80%	0		26.8 万元	132	8t
自卸汽车 东风 二汽	4	97.10	80%	0		76 万元×4	232	15t

载重汽车 东风 二汽	10	98.10	80%	0		13.5 万元× 10	132	8t
载重汽车 东风 二汽	5	95.4	70%	0		6.5 万元×5	167	15t
平板拖车 CXZ81K 日本五十铃	2	98.2	95%	0		86 万元×2	232	15t
预应力施工机械								
千斤顶 (YCL150 型) 新津	4	97.10	80%	0		1.7 万元×4		150t
千斤顶 (YCL250 型) 新津	4	97.10	80%	0		2.4 万元×4		250t
千斤顶 (YCL420 型) 新津	1	97.10	80%	0		3.3 万元		420t
千斤顶 (YCL22 型) 新津	1	97.10	80%	0		0.34 万元		22t
千斤顶 (YG70 型) 新津	1	97.10	80%	0		0.86 万元		
千斤顶 (YCL40 型) 新津	1	97.10	80%	0		0.68 万元		
千斤顶 (YCL3 型) 新津	1	96.10	70%	0		0.22 万元		
高压油泵 (ZB4-500 型) 柳州	4	96.10	70%	0		2.4 万元×4	5.5	
灰浆泵 (UB3 型) 柳州	1	97.10	80%	0		3.6 万元	5.5	30m ³ /h
拌浆机 (PJ02 型) 柳州	1	97.10	80%	0		3.2 万元	5.5	30m ³ /h
转体作业机械								
ZTD250-200 型转体千斤顶 柳州	4	新购	100%	0		4.6 万元		100t
LDB 型泵站 柳州	4	新购	100%	0		9.8 万元×4	40	
千斤顶 (YPD60 型) 柳州	4	97.12	90%	0				60
千斤顶 (YD500 型) 柳州	8	97.12	90%	0		4.4 万元×8		5000
LDK 控制柜	2	新购	100%	0				
其它机械								
变压器 S-500 贵州	2	98.12	100%	0		4.4 万元×2	500KVA	
柴油发电机	1	98.10	100%	0		22 万元	250	

备注：实际施工时，千斤顶及油泵数量根据施工图进行调整。

主要施工机械

表8.2

名称(种类、型号、产地)	数量	出厂日期	新旧成分	自有(O)	租赁(L)	估计价值(人民币)	额定功率(KW)	生产能力(t或m ³)
钢结构工厂加工机械								
钢板预处理流水线 40 × 3000. S a 2.5	1	1988	70%	0		192 万元	530	A 类板 r=22.65 / min
型材预处理流水线 502 × 3000. S a 2.5	1	1998	100%	0		250 万元	485.5	
五轴管子切磨机	1	1998	100%	0		260 万元	13	
日产三轴数控切割机 VERTEK-6800	1	1994	85%	0		618 万元	33	
刨边机 40 × 12000	2	1980	65%	0		80 万元	20 × 2	
日产三辊卷板机 132t × 12m	1	1979	60%	0		253 万元	340	
油压机 600t	1	1978	60%	0		10 万元	84.2	
德产三辊卷板机 64 / QL × 6000	1	1976	60%	0		400 万元	277	
日产光电跟踪切割机 1800 × 3000	3	1991	80%	0		80.6 万元 × 3	0.8/台	
十三辊钢板矫平机 13 × 2000	1	1991	80%					
日产自卸式平板车 80t. 360°	1	1982	60%	0		78.4 万元	142.5	
西德自卸式平板车 150t. 360°	2	1993	85%	0		734 万元	184/台	
CO2 半自动焊机 YD-500CL4	50	1994	85%	0		150.5 万元 × 50	28/台	
埋弧自动焊机 MZ-1-1000	20	1993	85%	0		74 万元 × 20		
手工电弧焊机 GZX-6 × 400	20	1996	90%	0		88 万元 × 20	192/台	

美国数控钻孔机最大冲孔为Φ38mm	1	1994	85%	0		万元		
美国数控钻孔机最大冲孔Φ31.8mm	1	1994	85%	0		万元		
日产单向X射线机 RF300EG—B2F	2	1996	90%	0				
超声波探伤仪CTS-26	2	1996	90%	0				
美国磁粉探伤仪ESC-Y54	2	1989	80%	0		0.3万元×2		
万能材料试验机WE-100	1	1976	65%	0		2.18万元		
美国动/静态材料试验系统 MTS 公司 810.28	1	1995	95%	0		147.4万元		
冲击试验机JB30D	1	1980	70%	0		2.1万元		
维氏硬度计	1	1989	80%	0		0.415万元		
布氏硬度计HB3000	1	1974	60%	0		万元		
里氏硬度计HB3000	1	1992	85%	0		0.98万元		

主要施工机械

表8.2

名称(种类、型号、产地)	数量	出厂日期	新旧成分	自有(O)	租赁(L)	估计价值(人民币)	额定功率(KW)	生产能力(t或m ³)
量块0.5—100mm	1	1996	95%	0		0.4万元		
接触式干涉仪JDSS-1	1	1992	85%	0		0.35万元		
0.2um 立式光学仪FDG02-T	1	1991	85%	0		0.65万元		
平面等厚干涉仪C1-1	1	1995	90%	0		0.8万元		
平直度标准器组HYQ03, 44C2-A	1	1992	85%	0		1.2万元		
直角尺标准器组 ZJY500-2 等 degree	1	1987	80%	0		0.6万元		
角度规标准装置 15° —90°	1	1987	80%	0		0.12万元		

水平仪标准装置 101A, C26	1	1988	80%	0		0.6 万元		
钢卷尺标准装置	1	1989	80%	0		0.12 万元		
钢结构工地加工机械								
CO2 半自动焊机 YD-500CL4	50	1994	85%	0		150.5 万元× 50	28/台	
手工电弧焊焊机 GZX-6×400	20	1996	90%	0		88 万元×20	192/台	
碳弧气刨机 ZXE-630	4	1997	90%	0		55 万元×4		
空气压缩机 17m ³ /min	2	1997	90%	0				
空气压缩机 23 m ³ /min	2	1997	90%	0				
焊条烘箱	2	1996	90%	0		7 万元×2		
焊条保温筒	80	1996	90%	0		3 万元×80		
液压千斤顶	12	1997	95%	0		万元		
手动葫芦	12	1996	90%	0		万元		
3 吨铲车	2	1997	95%	0		26 万元×2		
集装箱 6m×2.5m	3	96.2	85%	0		万元		
电动 (或风动) 砂轮机 180 型	20	1992	80%	0		万元		
日产单向 X 射线机 RF300EG— B2F	2	1996	90%	0				
超声波探伤仪 CTS-26	2	1996	90%	0				
美国磁粉探伤仪 ESC-Y54	2	1989	80%	0		0.3 万元×2		
万能材料试验机 WE-100	1	1976	65%	0		2.18 万元		
美国动/静态材料试验系统 MTS 公司 810.28	1	1995	95%	0		147.4 万元		
冲击试验机 JB30D	1	1980	70%	0		2.1 万元		
维氏硬度计	1	1989	80%	0		0.415 万元		

主要施工机械

表8.2

名称 (种类、型号、产地)	数量	出厂日期	新旧成分	自有(O)	租赁(L)	估计价值 (人民币)	额定功率 (KW)	生产能力 (t 或 m ³)
布氏硬度计 HB3000	1	1974	60%	0		万元		
里氏硬度计 HB3000	1	1992	85%	0		0.98 万元		
涂装设备								
空气压缩机	2	1994	80%	0		45 万元×2	160 / 台	
碳弧气刨机 ZXE-630	4	1997	90%	0		55 万元×4		
压力喷砂机 PBM27	1	1996	85%	0		万元		
电弧喷涂机 XDP-I	6	1994	80%	0		万元		
氧乙炔火焰线材喷枪 QX-1	6	1997	95%	0		万元		
便携式粗糙度测量仪 JJI-1	6	1997	95%	0		万元		
电脑涂层测厚仪 HCC-24	1	1996	90%	0		万元		
美国测厚仪 26DL	1	1995	85%	0		万元		
美国漆膜厚度测定仪 POSITEETF	1	1993	80%	0		3151 万元		
日本粘度计 VT-04	1	1997	90%	0		万元		
漆膜硬度计 QBY 型罗杆式	1	1995	80%	0		万元		
漆膜冲击器 QCT	1	1995	80%	0		万元		
漆膜附着力试验仪 ERICHSEN295/S	1	1996	85%	0		万元		
漆膜弹性测定仪 EQTCXSEN295/S	1	1994	75%	0		万元		
空气压缩机 L-22 / 7-X	2	1994	75%	0		34.7 万元×2	132/台	
后冷却器	2	1998	100%	0		万元		40m ³ /min
通风机加坡产	4	1990	70%	0		万元	5.5KW	

吸尘机 德国产	2	1996	90%	0		万元		工业用
除湿机 德国产	2	1997	95%	0		72万元	61/台	3500 或 18000m ³ /h
喷漆机 CRACO 美国	2	1990	70%	0		万元		63:1

主要材料试验、质检、测量仪器设备表

表 8.3

序号	产品名称	规格	数量	单位
一	混凝土、钢材材料试验、质检仪器设备			
1	混凝土试模	100×100×100	9	组
2	混凝土试模	150×150×150	9	组
3	砂浆试模	7.07×7.07×7.07	9	联
4	坍落度桶	100×200×300	1	只
5	坍落度标尺		1	只
6	搅拌锅铲	Φ100×40	1	套
7	石子漏斗		2	个
8	砂子漏斗		2	个
9	砂浆分层度	Φ150×200×100	1	个
10	容积筒	1~50L, 9只	1	套
11	石子压碎指标测定仪		1	台
12	砂子压碎指标测定仪		1	台
13	针片状规准仪		1	套
14	混凝土搅拌机	30L	1	台
15	混凝土振动台	1m ²	1	台
16	混凝土维勃度仪	HVC-1	1	台

17	砂浆稠度仪	SN145	1	台
18	钢筋弯曲机	数显	1	台
19	水泥胶砂搅拌机	82 型	1	台
20	水泥胶砂震动台	85 型	1	台
21	水泥净浆搅拌机	160 型	1	台
22	雷氏沸煮箱		1	台
23	雷氏夹测定仪	50 型	1	台
24	水泥胶砂跳桌	电动	1	台
25	水泥刮平刀	△	1	把
26	量水器		1	套
27	石子筛 Φ200	2.5—100mm 13 只	1	套
29	砂子筛 Φ200	0.08—10mm 7 只	1	套

主要材料试验、质检、测量仪器设备表

表 8.3

序号	产品名称	规格	数量	单位
29	土壤筛 Φ200	0.1—10mm 9 只	1	套
30	水泥标准筛 Φ200	0.088—0.9mm	1	套
31	电动震筛机	8411 型 Φ200	1	台
32	电热恒温干燥箱	350×450×450	1	台
33	水泥试体养护箱	YH—20 型	1	台
34	混凝土加速养护箱	HJ—81 型	1	台
35	分析天平	200g 1/万	1	台
36	万能材料试验机	WE—600	1	台
37	混凝土试验机	DZE—200 型	1	台
38	扭力天平	精确度 0.01g	1	台
二	钢结构材料试验、质检设备			
1	日产单线 X 射线机	RF300EG—B2F	2	台
2	超声波探伤仪	CTS—26	2	台

3	美国磁粉探伤仪	ESC—Y54	4	台
4	万能材料试验机	WE—100	2	台
5	美国动 / 静态材料试验系统	MST 公司 810.28	2	套
6	冲击试验机	JB30D	2	台
7	布氏硬度计	HB3000	2	台
8	里氏硬度计	HB3000	2	台
9	量块	0.5~100mm	1	台
10	接触式干涉仪	JDSS—1	1	台
11	0.2 μ m 立式光学仪	FDG02—T	1	台
12	平面等厚干涉仪	C1—1	1	台
13	平直度标准器组	HYQ03, 44C2—A	1	组
14	直角尺标准器组	ZJY500—2 等 dgree	1	组
15	角度规标准装置	15~90°	1	台
16	水平仪标准装置	101A, C26	1	台
17	钢卷尺标准装置		1	台
18	维氏硬度计		6	台
19	便携式粗糙度测量仪	JJI—1	1	台

主要材料试验、质检、测量仪器设备表

表 8.3

序号	产品名称	规格	数量	单位
20	电脑涂层测厚仪	HCC—24	1	台
21	美国测厚仪	26DL	1	台
22	美国漆膜厚度测定仪	POSITEETF	1	台
23	日本粘度计	VT—04	1	台
24	漆膜硬度计	QBY 型 罗杆式	1	台
25	漆膜冲击器	QCT	1	台
26	漆膜附着式试验仪	EQTCHSEN295 / S	1	台
27	漆膜弹性设定仪	EQTCXSEN295 / S	1	台

三	监测监控仪器设备			
1	静态数据采集仪 日本东工	UCAM70A 应变 $1\mu\epsilon$	1	台
2	便携式应变仪 日本东工	UCAM-1A $1\mu\epsilon$	2	台
3	数据分析仪 日本东工	DAA-110B	1	台
4	动态应变测试系统	MCC-8A	2	台
5	多通道索力仪	SL-2	1	台
6	传感器显示仪	QS-10 0.01mm		
四	测量仪器设备			
	经纬仪	北光 (J2)	2	台
	水平仪	S2 级	2	台
	红外仪	SWLSSKERN DM504	2	台

第四节 资金流动计划

第九章 技术组织措施

第一节 保证工期措施

1.1 本桥是路内首座大跨度钢管砼拱桥，较多地采用了新技术、新工艺，大部分工序持续时间耗费在复杂的工艺过程上。因此要求全体参建人员，尤其是技术人员和具体操作的技术工种严格按照设计要求遵照有关工艺细则和操作标准进行施工，每项工序要做到万无一失，不允许因某个环节出现问题影响后续工序进展。据此，要求上岗工人必须是有经验的持证熟练技工，同时要强化工序监督、检查、验收制度。

1.2 由于本桥由多家单位、多工种协同施工，因此要加强单位之间、工种之间的进度协调与控制。尤其钢结构工厂制作、到节段单元运输，直到工地拼装焊接，这一周期较长，中间辗转环节多，直接影响整个工程进展和工期。因此要及早安排厂内加工进度，制定全桥分件出厂装车计划，作到按期交货，并将计划提前送交铁路运输部门，以便按计划安排车皮，按计划装车。工厂与工地要加强联络，掌握运输动态，必要时派员押运。公路运输要按计划配足车辆，提前作好路况调查，改善两处小半径路段，并配合甲方作好便道加固、维修与保养，千方百计使运输畅通，以保证工程按施工计划顺利进行。

1.3 本项目的土建、钢结构、转体三大部分相互联系又相互制约，各部分又由诸多工序工艺所组成。因此，一旦中标，在投标文件的基础上要抓紧调整和编制实施性施工组织设计，及总体网络进度计划和分部网络进度计划，并加以优化。现场指挥要抓住关键路线上各工序的进展，适时调整落后工序，增加资源配置，组织重点、难点技术攻关，保证各工序的进展按网络计划实现。

1.4 对于复杂的、难度较大的工序、工艺要进行预想、预测、预论证，把可能碰到的问题、难题解决在事前，避免在施工过程中卡壳受挫。

1.5 配足机械设备，提前准备大型轮胎吊机、缆索吊机和钢管砼压注设备，落实搭设支架、塔架及索道的料具，一旦中标，可随时调往现场，尽早投入使用，争取主体工程及早开工。

1.6 一旦收到中标通知，联合体各方经理部成员立即到位挂牌运作，各方先遣人员立即进场，组织临时工程、生活设施、征地拆迁、施工测量、施工调查的同步进

行，尽量缩短施工准备时间。

第二节 创优规划、质量保证体系与质量保证措施

2.1 创优规划

2.1.1 组织以项目经理为组长的创优领导小组，制定创优实施办法，定期组织检查，将创优指标分解到班组，落实到个人。要建立各级创优责任制，严明奖惩。

2.1.2 创优要从基础工作抓起，按国家和行业验收标准，对工序、分项、分部工程均按《标准》规定的优质率验收。以抓好各工序的规范化操作、保证分项工程的成优，抓好分项工程的成优，保证分部工程的成优，从而逐级保证单位工程全标段的工程成优。作到在工序行进中随时检查，及时纠正或整修，不能成优的产品、工序、半成品不放过关。

2.1.3 通过 ISO-9000/GB-T19000 质量体系的运行，保证和促进创优规划的实现。

2.1.4 创优目标：本桥在参加单位、业主、设计、监理各方通力合作下，在有经验的专家指导下，通过科学组织精心施工，拟夺“鲁班奖”。

2.2 质量保证体系

2.2.1 五局已经过 ISO-9000/GB-T19000 质量体系的贯彻，大部分下属单位已获认证，并正在运行，拟在本工程中组织实施和组织内部检查验收。

2.2.2 借 GB/T19000 质量体系的运行，建立本工程的实施计划、方法和步骤。

2.2.3 五局作为大型施工企业，不承担设计任务，故按 GB/19002-92 质量体系和质量保证模式运行。

2.2.4 编好本项目的质量手册。

2.2.5 本企业的质量方针和目标：

2.2.5.1 认真执行国家标准和有关行业标准，调动本企业各方面技术力量和设备能力，确保各专业施工项目达各项技术规范要求和设计要求，使完工后的各系统全面达到设计使用功能，把该项目作为本企业的信誉工程。

2.2.5.2 建立针对本项目的质量保证体系，采用有效手段，制定工序、工艺、分项、分部工程操作标准和质量标准，使整个生产过程连续、稳定地处于受控状态，保证各分项、分部工程达国家和行业标准，并使各分项、分部及单位工程全面达到优良标准。本项目创国家级优质工程，拟申请“鲁班奖”。

2.2.6 健全和完善质量体系

2.2.6.1 本企业针对本工程的质量环的主要环节为：

任务承接和施工调查；施工准备；材料设备采购；建筑安装；试验与检验；建筑物功能试验；竣工交验；回访与保修。

2.2.6.2 针对本工程的质量环活动内容为：

a. 任务承接和施工调查：如果我单位中标，将由项目经理主持，组织联合体各方赴现场进行广泛详细调查，了解项目所处自然条件、周边环境、资源供应、交通状况、项目难点、协调事项等情况，必要时询访业主及设计单位对口部门，对项目实施进行原则部署，为落实质量体系打好基础。

b. 施工准备：全面认真审阅合同要求、技术规范、设计文件和当地行政主管部门有关文件、法规；确定施工总体部署，制定施工方案、工艺规则，工艺和分项分部工程质量控制计划；选定机具、设备、仪表、仪器，对现场进行控制测量，调迁队伍并对参建人员进行培训、认证；同时完成临时设施，作好“四通”，为 GB/T19000 的运行作好一切准备。

c. 材料设备采购：明确所采购的材料设备的有关规范，设计规定的规格型号、等级，选择有生产许可证和有信誉的供应单位，签订质量保证协议，索取供方质量保证标准和工序控制记录，并提出检验合格证书，作好进货质量记录。物资、材料采购中由供方提供质量保证和检验、试验资料，并作好进料后的现场检验试验，在驻地监理监督下取证、验证，并经监理签认，杜绝不合格产品进入本项目。

d. 建筑、安装施工：施工过程的控制主要通过质量体系的正常运行、设计及规范要求、工艺标准和操作标准的对照检查、分项分部工程的检验检查和评价、采用全面质量管理各种现代手段进行统计、分析、预测和对原材料、工种实体的连续检测，以及对参建人员的素质、技术水平的提高，对工序、工艺和整个施工过程进行有效控制来实现。为了达到有效控制必须作到：质量、成本、工期三位一体；各职能部门明确控制任务、进行密切协作，对生产流程的各管理点和控制点实行严密监督，同时做好检测仪器和设备的检查保养，做好对设计变更、工艺更改和所有施工文件的控制和不合格控制。

e. 试验与检验：进货、工序、分项分部检、预检、隐检、功能检等，作到及时、准确、可靠。

f. 建筑物功能试验：本项目的整体和分项功能的试验主要通过监测、检测、

试运行等手段来实现。

g. 竣工交验：首先组织各单位对各自管段自检并由项目经理部派员参加，对局部缺陷进行整修。各管段自检合格后报项目经理部，组织各部门、联合体各方负责人和专业技术人员对项目进行全面检查、评定、验收，并备齐各项原始资料、记录和竣工文件进行查核，确认竣工口径符合设计图纸和合同要求，质量符合设计要求和国家行业标准后上报业主，再由业主组织验收。

h. 回访与保修：通过回访取得信息，便于制定改进管理的对策。发现遗留质量问题，配备足够人力、物力和资源抢修，作到迅速、及时。

2.2.6.3 针对本工程的特点，以 GB/T19004 为指南，按照基础性控制、生产过程控制和总体性控制三个层次选择适当的质量体系要素，完善质量体系结构。修改本企业标准，贯彻行业和国家标准，建立本项目标准化实施细则，并按照 ISO/DIS8402 标准编制好质量手册。

2.2.6.4 树立质量成本意识，按照 ISO/DIS8402（补充）标准，建立质量成本统计、分析、核算、控制系统，确定最佳成本水平。杜绝返工损失，最低限度减少修补成本，要确保各工序、分项、分部和单位工程一次成优。

2.2.6.5 五局局处两级中心试验室皆为国家技术监督局认证的试验室，在五局试验室帮助指导下，按照国家技术监督局认证标准建立工地一级试验室。拟在施工合同签订后 25 天内提交工地试验室组建计划，在开工令下达后二月内建成投入使用。

2.2.6.6 本项目各专业施工规范和验收标准首先采用“GB”系列；其次以“TB”和“TBJ”系列作为依据，做到满足招标文件和设计文件的各项要求。

2.2.6.7 本项目各专业采用已持证的熟练高级技术工人和专业技术人员上岗。调转工地后，根据本标段工程特点再进行岗前培训和技术交底，进一步提高管理层与作业层技术素质；在实施中及时调整不合格人员，建立质量奖惩机制，在组织上杜绝不合格产品出现。

2.2.6.8 质量体系和全面质量管理体系的运行，采用现代工具和现代手段，各项信息采用微机处理和控制在，作到处理准确、反馈及时。

2.2.7 质量保证体系框图（见图 9.1）。

2.3 保证工程质量的具体措施

2.3.1 各类工程施工前都应进行标准交底，要落实到班组、工序，使各项操作

有参照，避免不合格产品的出现，便于创优规划的实现。

2.3.2 各类工程首先要避免质量通病，制定各专业工程的质量通病表和相应的避免措施，便于操作中对照检查。

2.3.3 本桥钢结构施工除执行行业标准外，首先执行国家标准《CEOS 28: 90》、《GBJ 17—88》、《GBJ 205—83》等有关钢管砼、钢结构设计施工规范和验收标准。

2.3.4 钢结构加工制作要根据本桥设计要求、针对各部件补充制定工艺细则，明确检测手段和无损探伤工作程序，确保焊接质量。管节单元的运输要有可靠的保护措施，减少变形。

2.3.5 砼工程要注意对原材料的选择、采购和加工质量，要作跟踪检测试验。要注意搅拌中的计量、出料的和易性，运输中的离析，灌注中的捣固环节。同时要重视模板的设计，拼装质量，加强对全流程的控制。要按规定作试块，采用离差分析作超前控制。高标号砼配制要对拌合料精选，采用不低于525#硅酸盐或普通硅酸盐水泥，经试验采用高效缓凝减水剂，同时按试验掺用粉煤灰、硅粉以增强和易性、可泵性。同时要对模型、浇注、振捣进行严格的施工控制。

第三节 安全施工措施及安全保障体系

3.1 严格执行国家和行业的安全生产法律、法规，将安全生产管理纳入法制化轨道。

3.2 制定本单位、本工程的安全操作规则和分专业分岗位细则，并逐级落实、分解到位。

3.3 建立各级安全生产责任制，作到分级明确责任，措施到位。成立以项目经理为组长的安全生产领导小组，各级各队负责人参加，以领导和部署全标段的安全生产管理实施。制定并落实安全状况的班检、日检、旬检制，检查中发现的问题当场解决。

3.4 建筑施工安全检查项目执行“JGJ59-88”标准；高空作业执行“JGJ80-90”标准，桥梁施工执行“JGJ65-89”标准；机械操作执行“JGJ33-86”标准；临时用电执行“JGJ46-88”标准；爆破工程执行国家“爆破工程安全技术规则”。

3.5 制定事故多发项目和工序的防范措施，随着工程进展，在施工组织设计、生产计划中一并下达，并要跟踪检查。

3.6 特别注意事项:

3.6.1 本桥距沟底高达二百多米,属于典型的高空作业,拱肋合拢时和合拢后,拱肋上的操作人员均应拴安全带,同时在拱肋下方设防护网,拱肋边设临时栏杆。

3.6.2 本桥工地场地狭窄,起吊设施多,走行和操作中,注意避开吊钩下。

3.6.3 两岸拱脚基础前沿是悬崖,应在前沿设防护栏杆,防止坠崖事故的发生。

3.6.4 拱肋拼装胎架上下属双层作业,下方工作人员除戴安全帽外,上方操作人员不得向下抛丢重物。

3.6.5 焊工以及其他工种均应按规定配戴防护和劳动保护用品。

3.6.6 在安装缆索吊和人行悬索桥的施工中,要注意钢绳回弹,高空安装钢绳和搬运器材时都要拴安全带,戴好安全帽。

3.6.7 爆炸品库要按规范拉开与居住区的距离,并有防雷、防盗措施。爆破作业要严格执行《爆破安全操作规程》。

3.6.8 定期对职工进行安全教育,定期进行安全检查和操作员间互查,班组要坚持“三检制”。

3.6.9 本单位的安全保障体系(见图9.2)。

3.6.10 本工程杜绝重伤及以上事故,避免一般事故和车祸,轻伤事故率控制在3%以下。

第四节 文明施工及环境保护措施

4.1 文明施工是高素质管理的集中体现。开工前拟对参建全体职工进行文明施工教育,增强全员文明意识。

4.2 作好桥头场地规划布置,设备停放、料具堆码整齐,按规划区域布置设施,排除区域间作业干扰。

4.3 作好全标段的排水系统,不使淤积漫流。

4.4 保持驻地与工地的清洁卫生,垃圾污物统一处理。

4.5 土石开挖按指定地点暂时堆放,再由汽车运弃于指定地点,不随便弃卸;更不准向北盘江倾卸;施工污水不向河道直接排放,避免对水源和环境的污染。

4.6 土石开挖白天爆破按建筑物距爆源距离和建筑物状况所规定的质点振动速度控制一次起爆药量。夜间不爆破,避免扰民。

4.7 交工前作好清理现场,撤离或集中机械料具,恢复道路、水沟、驻地和弃

土场整平还耕。

4.8 对职工加强组织纪律、群众纪律和法制教育，不侵民扰民、不与群众发生纠纷，在该项目的安全、高速、优质施工中，全面提高队伍素质，给当地政府和人民留下良好的印象，给联合体和五局创立良好的企业形象。

筑龙网 WWW.ZHULONG.COM