

目 录

1、编制说明	3
1.1、编制依据	3
1.2、编制原则	3
2、工程概况及结构特点	4
3、施工安排	5
3.1、组织机构	5
3.2、连续箱梁施工工期安排	6
3.3、拟投入本分项工程的人员	7
3.4、拟投入本分项工程的机械设备	7
4、总体施工方案及施工程序	8
4.1、总体施工方案	8
4.2、施工步骤	9
5、施工方法及工艺	10
5.1、临时支撑体系	10
5.2、0#块施工	11
5.2.1、工艺流程	11
5.2.2、支架结构	11
5.3、挂篮	13
5.3.1、挂篮的设计原则	13
5.3.2、挂篮的设计依据	13
5.3.3、挂篮的主要技术性能	13
5.3.4、挂篮结构	14
5.3.5、挂篮制造说明	14
5.3.6、挂篮施工	16
5.3.7、悬臂梁段砼施工	22
5.4、边跨现浇段、合拢段支架结构	22
5.4.1、边跨直线段施工	22
5.4.2、合拢段施工	23
5.5、支座、模板和钢筋施工及混凝土浇筑	28
5.5.1、支座	28
5.5.2、模板	30
5.5.3、钢筋工程	32
5.5.4、锚具、波纹管、预应力筋等预埋件安装预埋件	36
5.5.5、混凝土	38

5.6、预应力筋的张拉、孔道压浆及体系转换	40
5.6.1、预应力筋张拉	40
5.6.2、孔道压浆	46
5.6.3、体系转换	48
5.7、夏季混凝土施工注意事项	49
5.8、混凝土施工应急预案	50
5.9、施工中应重点注意事项	51
6、施工测量控制	52
6.1、平面位置测量	52
6.2、高程测量	53
6.3、施工测量控制	53
6.4、施工测量人员安排	54
6.5、施工监控实施细则	54
7、质量保证措施	54
7.1、编制作业指导书及技术交底制度	54
7.2、“三检”及工序交接检制度	54
7.3、隐蔽工程检查签证制度	54
7.4、测量资料换手复核制度	54
7.5、建立原材料半成品、成品采购及验收制度	54
7.6、仪器设备的标定制度	55
7.7、施工资料管理制度	55
7.8、测量及试验、计量的控制	55
7.9、质量检查要点	55
7.10、其它保证	56
8、总体工期保障措施	57
9、文明、安全及环保措施	58
9.1、施工安全管理	59
9.2、文明施工管理	63
9.3、德胜河的环保和水保措施	66
10、连续梁施工防护方案	67
11、雨季施工措施	69
12、附件	69

德胜河特大桥连续梁施工方案

1、编制说明

1.1、编制依据

(1)、沪宁城际铁路站前第 IV 标段总承包施工合同、沪宁公司及监理站的工作指示；

(2)、我单位对德胜河特大桥现场和周围环境调查掌握的有关资料；

(3)、我单位的铁路施工经验和投入本项目的生产资源；

(4)、设计图纸及现行的施工技术规范。

①、《德胜河特大桥》沪宁城际施（桥）-W69

②、《无碴轨道双线（48+80+48）m 预应力砼连续梁（挂蓝悬臂浇筑施工）》
沪宁城际施图（通桥）-I-17

③、《无碴轨道主跨 80m 双线预应力砼连续梁桥墩通用图》沪宁城际施图（通桥）-III-07

④、《新建时速 200-250 公里客运专线设计暂行规定》（铁建设 2005]140 号）

⑤、《铁路混凝土工程施工质量验收补充标准》（铁建设[2005]160 号）

⑥、《铁路桥涵设计规范》（TB10002.1-2005）

⑦、《铁路桥涵施工规范》（TB10203-2002）

⑧、《客运专线铁路桥涵施工质量验收暂行标准》（铁建设[2005]160 号）

⑨《铁路工程施工安全技术规程》（TB10401.1-2003）

⑩、《客运专线铁路桥涵工程施工技术指南》TZ213-2005

⑪、《铁路混凝土工程施工技术指南》TZ210-2005

1.2、编制原则

(1)、遵守业主对工程质量、工期及造价的控制原则，认真贯彻业主及工程监理工程师的指示、指令和要求。

(2)、遵守施工设计文件和图纸等资料的要求。

(3)、铁道部现行技术规范及设计技术标准，图表及安全施工规范。

(4)、坚持“技术先进、配置合理、措施可靠”与实事求是的原则。

(5)、坚持自始至终对施工现场实施全员、全方位、全过程严密监控、动静结合、科学管理的原则。

(6)、实施项目法管理、通过对劳务、设备、材料、资金、技术、方案、信息时间与空间条件的优化处理，实现成本、工期、质量及信誉的预期目标。

(7)、坚持加大环境保护力度的原则。

(8)、坚持文明施工原则，坚持科学合理、经济适用及实事求是的原则。

(9)、强化质量意识，向业主负责、采用新技术、新材料、新工艺，确保工程质量一次成优。

2、工程概况及结构特点

上部结构主梁为三跨预应力混凝土变截面连续箱梁，跨径组合 48m+80m+48m，全长 177.2m(含两侧梁端至边支座中心各 0.6m)。端支座处及边跨直线段和跨中截面中心处梁高 3.83m，中支点处梁高 6.23m，梁高按圆曲线变化，圆曲线半径 $R=286.408\text{m}$ ；桥面组成为防护墙内侧宽度 8.4m，防护墙外翼缘板宽度各 1.65m，全桥箱梁顶宽 12.2m；边支点处箱梁底宽 6.1m，中支点处箱梁底宽 5.14m。箱梁横截面为单箱单室斜腹板，腹板斜率为 1:5。顶板厚 40cm，腹板厚分别为 45cm、80cm，底板厚由跨中的 45cm 按圆曲线变化至中支点梁根部的 76.8cm，中支点处加厚到 150cm；全桥共设 5 道横隔梁，分别设于中支点、端支点和中间跨跨中截面。中支点处设置厚 2m 的横隔梁，边支点处设置厚 1.25m 的横隔梁，跨中合拢段设置厚 0.6 m 的中横隔梁。隔板设有孔洞。

连续梁梁体混凝土强度为 C50 高性能砼。采用三向预应力体系，纵向、横向预应力采用 $\Phi 15.20$ 高强度低松弛钢绞线，竖向预应力采用 $\Phi 32$ 预应力混凝土用螺纹钢筋。三向预应力均采用真空压浆工艺。

主梁采用 CKPZ 系列盆式橡胶支座。每个支点设两个支座，中支座为 30000KN 级，端支座为 6000KN 级，固定支座设于下坡端桥墩上，曲线内侧。

全桥有 2 个“T”构，全梁共有 55 个梁段，中支点 A0 号块长度 12m，一般梁段长度分成 3m、3.5m，合拢段 2m；边跨直线段长 7.6m，最大悬臂浇注垮重 1386.0KN。

箱梁采用挂篮法分节段悬浇施工。其中主桥 31#、32#墩顶 0#块墩旁临时支架施工；合拢段采用吊架浇筑施工；边跨直线段采用支架法现浇施工。主要工程数量见下表。

主要工程数量表

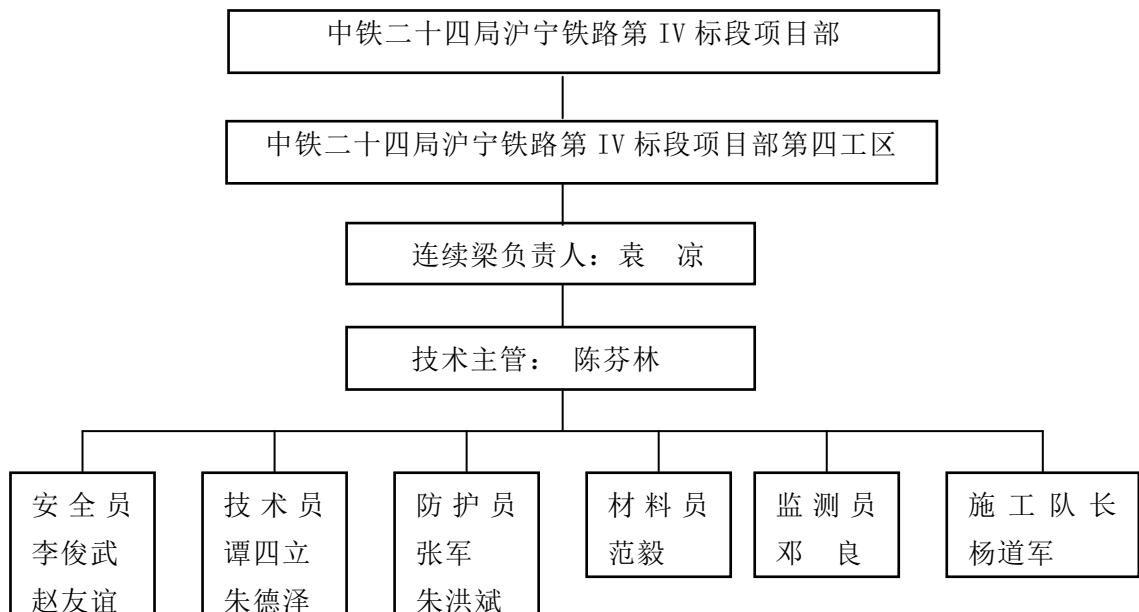
序号	项 目 名 称	单位	工程量	备注
一	浇筑混凝土方量	m ³	2927.5	C50 砼
二	钢筋数量	T	578.123	I、II 级
三	预应力筋数量	T	184.2	小计数量
1	Φ ^j 15.20 预应力钢绞线	T	130.3	
2	5 Φ _j 15.20 预应力钢绞线	T	26.5	
3	Φ32mm 精轧螺纹钢	T	27.4	
四	锚具数量	套	2824	小计数量
1	M15-15 型锚具	套	424	
2	BM15-5 型锚具	套	356	
3	BM15-5P 型锚具	套	356	
4	精轧螺纹钢锚具	套	1688	
5	锚垫板	T	4.8	
五	波 纹 管	m	16447.1	小计数量
1	Φ _内 90mm 金属波纹管	m	8152.5	
2	90*19mm 波纹管	m	4264.2	
3	Φ _内 45mm 波纹管	m	4030.4	

3. 施工安排

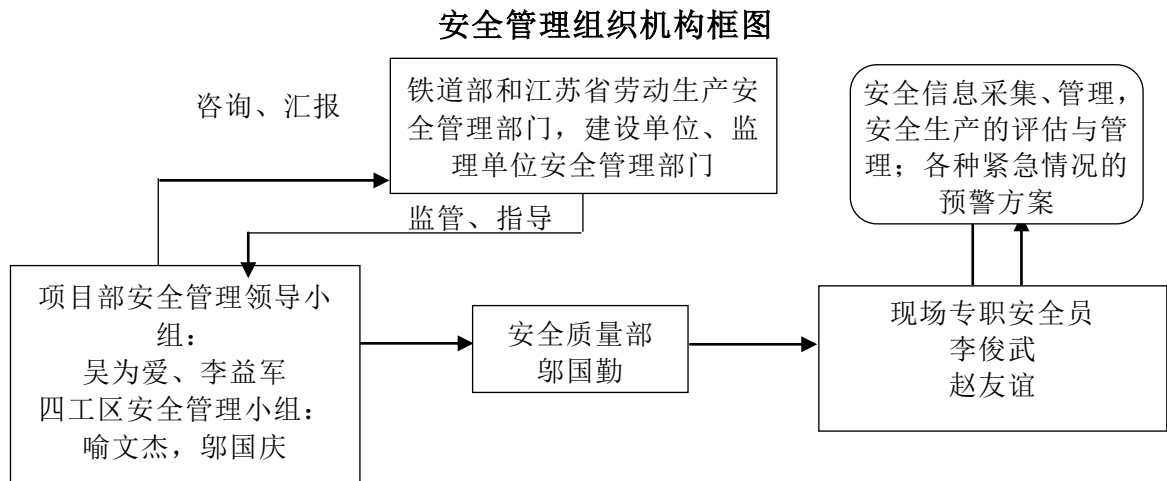
3.1、组织机构

(1) 组织管理机构

组 织 管 理 机 构 图



(2) 安全管理机构



3.2、连续箱梁施工工期安排

根据本工程结构特点、现场实际施工情况，以及总的施工工期控制安排，本项工程(不包括承台、墩身)计划从2009年3月12日开始施工，至2009年8月18日完成。

(1) 主要项目工期控制计划：

总施工工期为147个工作日。其中：0#块浇注(38天)→1#节段悬臂浇注(含挂蓝调试)(17天)→2#~10#节段悬臂浇注(72天)→合拢段浇注(20天)→混凝土养护(14天)。

(2) 工期倒排：

铺架 09年9月2日。

养护(14天)：09年8月19日-9月1日。

合拢(20天)：09年7月30日-8月18日。

32#墩 T 构：

其余节段 2#-10# (8天/个)： 09年5月6日--7月16日；

1#节段(含挂蓝调式)(17天)：09年4月19日—5月5日；

0#块施工(38天)： 09年3月12日--4月18日；

桥主墩施工(7天)： 09年3月5日--11日；

承台施工(7天)： 09年2月26日--3月4日；

接桩： 09年2月25日完；

31#墩 T 构

其余节段 2#-10#（8 天/个）： 09 年 5 月 19 日--7 月 29 日。

1#节段（含挂蓝调式）（17 天）： 09 年 5 月 2 日--5 月 18 日。

0#块施工（38 天）： 09 年 3 月 25 日--5 月 1 日。

桥主墩施工（7 天）： 09 年 3 月 18 日--24 日。

承台施工（7 天）： 09 年 3 月 11 日--17 日。

接桩（10 天）： 09 年 3 月 1 日--10 日。

桩基础： 7#桩 09 年 2 月 28 日完。

3.3、拟投入本分项工程的人员

本工程工序复杂，工程量大且工期较紧，为保证施工顺利进行并争取尽早完成，在充分考虑合同条件和工作范围的基础上，结合本项目的技术特点进行相关人力资源优化配置。原则是管理人员职责分明、权限到位，工人一专多能。

参加连续梁施工作业的人员，包括钢筋工、电焊工、木工、架子工、混凝土工、张拉工、吊机司机等，属于特种作业的人员，必须是经专业培训、考核取得合格证、并经体检确认可进行高处作业的人员。

拟投入本工程的人员配备如下表所示。

劳动力配备表

序号	岗 位 名 称	人员配置（人）
1	管理及后勤人员	3
2	施工及技术人员	6
3	钢筋工	36
4	电焊工	8
5	张拉工	8
6	木工	20
7	架子工	20
8	混凝土工	8
9	吊机司机	6
10	普工	20
	合 计	135

3.4、拟投入本分项工程的机械设备

根据设计施工图纸及施工设计确定的施工方法、施工机械和机具配备要求、数量及施工进度安排，投入本工程的机械设备配置如表所示。

拟投入本工程的机械设备如下表所示。

主要机械设备配备表

机械设备名称	规格型号	数量	用途
汽吊	QY32 型	2	装卸等
运输车	10T	2	场内运输
电动葫芦	5T	4	现场墩顶起吊运输
对焊机	100/125KVA	4	钢筋加工
电焊机	BX1-400/BX6-160	16	钢筋加工
钢筋切断机	J3GY-RT-400-A	4	钢筋加工
钢筋弯曲机	GT6-12	4	钢筋加工
气割设备		4	钢材切割
千斤顶	700~3000KN	20	张拉用
电动高压油泵	ZB3/63 型	8	张拉用
液压式注浆泵	FBY-50/70	4	压浆用
手拉葫芦	0.5~5t	36	小型物件吊装等
全站仪	TCR802	1	测量控制
水平仪		1	测量控制

4、总体施工方案及施工程序

4.1、总体施工方案

各节段混凝土浇注分别采用以下四种方法：

- (1) 在墩旁支架上灌筑 0 号节段混凝土；
- (2) 用两只挂篮悬臂灌筑 A1~A10 号节段混凝土（挂篮灌注节段最大长度 3.5m，节段混凝土最大重量为 1386KN，悬臂最大长度为 39m）；
- (3) 用膺架灌注边跨的 7.6m 直线段混凝土；
- (4) 用合拢吊架灌筑合拢段混凝土。

A0#块、边跨直线段底模采用厚 18mm 竹胶板，侧模采用钢模板；其它节段模板均采用钢模板。混凝土采用泵送。

4.2、施工步骤

(1) 在 31#、32#墩旁施工临时支撑墩柱。

(2) 在 31#、32#墩两侧安装墩旁支架，支架拼装完毕后，为了消除支架的非弹性变形，在铺设底模板前应按实际受力状态进行模拟压重。压重前、后及卸载后，都要观测各控制点高程，由此计算出非弹性变形和弹性变形量，用弹性变形量控制底模高程。

(3) 在 31#、32#墩墩旁临时支撑墩柱顶安装临时支座，在墩顶上安装正式支座。

(4) 在各墩旁支架上浇筑 12m 长的 A0 号块混凝土。当混凝土达到设计强度的 85%以上并龄期大于 7 天，张拉 A0 号块 F0、T0 纵向索及横向、竖向预应力筋并进行孔道压浆。

(5) 拆除 A0 号块模板及支架，将临时支撑墩柱与 31#、32#正式墩附着。

(6) 安装挂篮（控制挂篮及附着设备、模板重量不超过 75t）。在梁的顶面两端各安装一只挂篮，作为悬臂浇筑各梁段的吊重设备，施工 1#段。

(7) 依次对称悬臂浇注 A2~A10 号块混凝土，形成本桥 T 型构件的最大伸臂。每浇注一节段混凝土达到设计强度的 85%以上并龄期大于 7 天，依次张拉相应的纵、竖、横向预应力筋，并孔道压浆，然后挂篮向前走行一个节段的距离，再作下一个节段悬臂浇筑的准备工作。

(8) 在 30#、33#墩旁安装边跨膺架，膺架堆载预压后在其上浇筑 7.6m 长的直线段。

(9) 边跨合拢准备。拆除边跨直线段侧模（底模不拆除），并拆除膺架前端影响合拢的底模及支架；前移挂篮使其侧模、底模置于合拢段相应部位；改装挂篮，改悬臂装置为垂吊装置；设置平衡重装置。

(10) 边跨合拢。调整边跨合拢段两侧高差，使合拢段两侧主梁高差控制在 2.5cm 范围内；安装合拢段劲性刚骨架（体外支撑），并将支撑一端锁死，另一端活动；安装合拢段模板、钢筋、预埋件等附属设施及模板等辅助结构；在平均温度下，将体外支撑的另一端锁死，张拉 2T12、2D1（张拉力为 400Mpa）临时索；在一天温度最低时浇筑合拢段混凝土；混凝土养生，拆侧模；当合拢段混凝土强度达到设计强度的 85%以上并龄期大于 7 天，张拉合拢段横向预应力

筋及腹板蹬筋；当合拢段混凝土强度达到设计强度的 90%以上时，拆除合拢段体外支撑，并立即张拉合拢钢束。随着合拢钢束张拉完毕，自行完成体系转换。

(11) 拆除边跨支架，形成两个悬臂的简支梁。

(12) 中跨合拢。调整合拢段两侧高差，使合拢段两侧主梁高差控制在 2.5cm 范围内；安装合拢段劲刚骨架（体外支撑），支撑一端锁死，另一端活动；安装合拢段模板、钢筋、预埋件等附属设施及内模等辅助结构；在平均温度下，将体外支撑的另一端锁死，张拉 2T12、2D1（张拉力为 400Mpa）临时索；在一天温度最低时浇筑合拢段混凝土；常规养生混凝土，拆侧模；当合拢段混凝土强度达到设计强度 85%以上并龄期大于 7 天，张拉合拢段横向预应力筋及腹板蹬筋；拆除临时支座；张拉全部予应力束，并复张拉临时束，实行体系转换。

(14) 拆除吊架及辅助设施。

施工程序说明：连续箱梁采用悬臂灌注的施工方法，与一般的施工方法不同，悬臂浇筑法是按照拟定的施工程序进行结构的设计计算的，因此必须严格按照设计程序进行施工。如果重新调整原拟定的施工程序时，需报经设计部门同意。

5、施工方法及工艺

5.1、临时支撑体系

对于采用双悬臂施工连续梁，由于施工过程的复杂性，双悬臂两侧受力不同，会在墩梁支撑处产生不平衡力矩，为防止由于不平衡力矩过大导致梁体倾覆，在悬臂施工时需设置临时支撑体系。该体系设置计算时考虑以下荷载：

(1) 考虑施工时梁重不均匀，一侧胀模悬臂自重增大 5%，一侧悬臂自重不变。

(2) 因梁体上有堆放工具、材料，计算时取一端悬臂作用有 10KN/m 的均布荷载，另一端悬臂空载。

(3) 一侧挂篮移动，另一侧挂篮不动。

(4) 悬臂浇筑阶段不同步，根据设计要求，浇筑速度两端应尽量同时进行，如不能满足时，其两端重量相差不得大于 8 吨。

(5) 检算：

考虑风的影响，查全国基本风压分布图，取南京地区百年一遇的风压标准：

$P_0=600\text{Pa}$ （相当于风速 31m/s ）。从最不利情况出发，悬臂梁一侧顶面受压，另一侧底面受压，形成升力矩。

根据上述荷载在施工期间出现的可能性，分为三个组合（组合一：①+②+③；组合二：①+②+④；组合三：①+②+⑤），并按这三个组合对墩顶可能出现的最不利荷载进行了计算墩顶轴力、弯矩、偏心矩。

经计算并结合设计数据，取最大不平衡弯矩值为 $6000\text{t}\cdot\text{m}$ ，考虑支墩间距为 7 米，则单个临时支撑墩承受压力最大为 $R = (1261.6 \times 2.6 \times 3.5 + 6000) \times 0.5 / 7 = 1250\text{t}$ 。

在沪宁城际施图（通桥）- I -17-82 布置临时支撑墩，即顺桥向对称墩中心线布置，纵向间距 7 米，横向间距 4 米。临时支撑墩采用 $\phi 1.0\text{m}$ 钢管混凝土立柱，高 6.924 米，钢管材质为 A3 钢，壁厚 12mm，填充混凝土标号为 C40。临时支撑墩设置 C40 临时支座。详图见附图连续梁 0#块支架结构图第 1 张及第 2 张。

单个临时支撑墩可承受压力最大为 $[R] = A_s \cdot f_s + A_c \cdot f_c + A_c \cdot f_{kst} / r = \pi \times (1 - 0.012) \times 0.012 \times 215 \times 100 + \pi \times (0.5 - 0.012)^2 \times 20 \times 100 + \pi \times (0.5 - 0.012)^2 \times 215 \times 100 \times 0.012 / (0.5 - 0.012) = 2691\text{t} > 1250\text{t}$ ，满足受力要求。详细检算见附件。

5.2、0#块施工

0#块梁段受力复杂、梁段高、管道集中、钢筋密集、砼数量较多，梁段砼按一次全断面浇注。

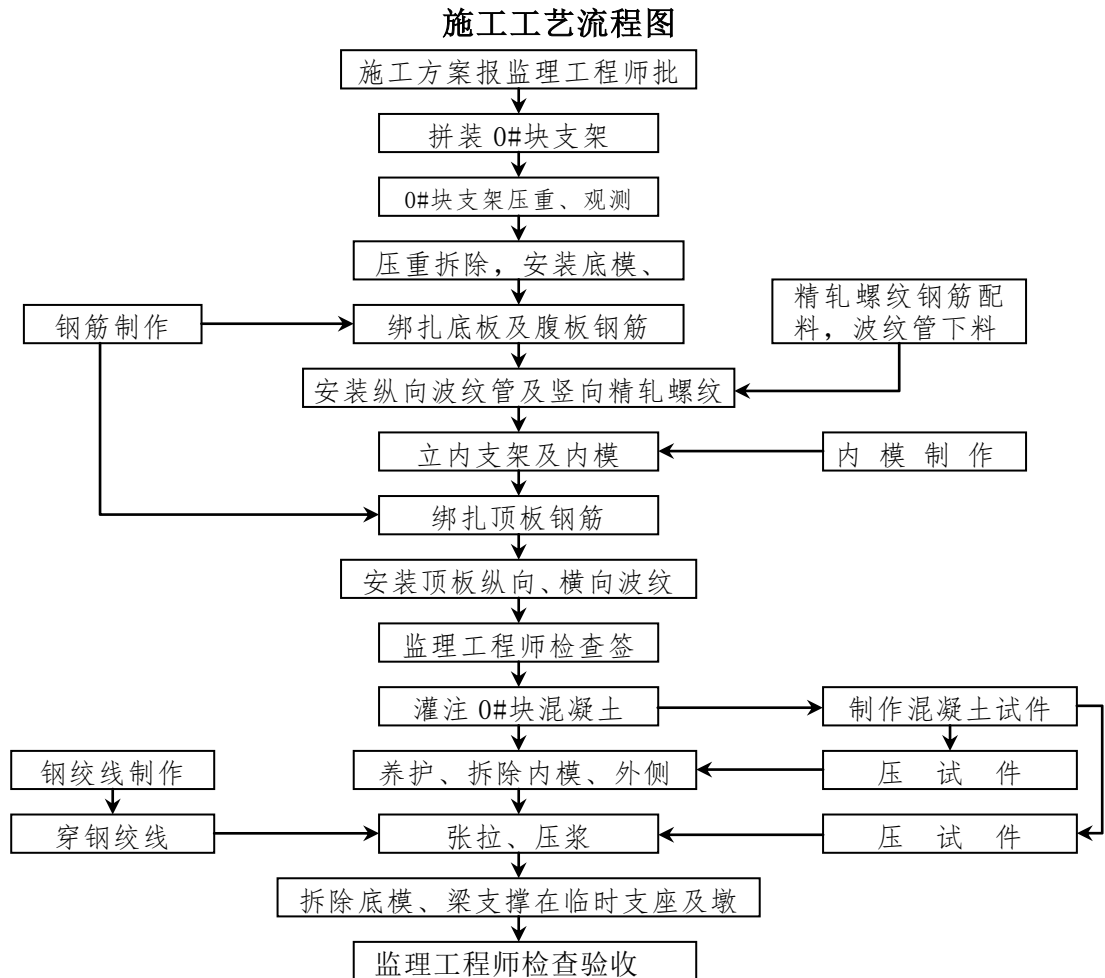
5.2.1、工艺流程

施工工艺流程见下图

5.2.2、支架结构

(1) 支架

采用钢管桩支柱（16 根 $\Phi 600$ 的钢管柱），支承于承台上。为了尽量消除托架的非弹性变形，应在托架拼装完毕，底模安装前，进行分级加载压重，以基本确定其弹性变形值和非弹性变形值，同时应加强对支、托架结构及各个连接部位进行检查，对各节点的连接螺栓应重新拧紧。连接系采用 20 槽钢，分配梁根据使用部位分别选择 16、25、36、45 的工字钢。连续梁 0#块支架结构图及支架检算资料见附件。



(2) 支架预压

0#块支架是独立结构，尽管支架结构基本相同，为消除弹性变形，两个墩顶 0#块都预压。

支架预压前，作好测点标记，测量时分四次：第一次在压重前，第二次在压二分之一重物时，第三次在全压重及持续 24 小时后，第四次为卸载后。各测量数据及时上报项目部工程部，经分析后，对支架的使用和预抛高值进行评估定论。

支架变形量处理：若测得弹性变形值为 $\Delta 1$ ，塑性变形值为 $\Delta 2$ ，则预压的墩岸侧模板预留变形量为 $\Delta 1$ ，其它未压重支架模板预留变形量为： $\Delta 1 + \Delta 2$ 。

预压方法：0#块共有混凝土 324m^3 ，去除墩顶混凝土 141.3m^3 ，单侧悬挑约 91.35m^3 ，重约 $91.35\text{m}^3 \times 26\text{KN/m}^3 = 2375.1\text{KN}$ 。预压前先计算箱梁自重荷载、施工人员及各种机械等荷载，进行组合。

由于箱梁底密布方木，因此可以近似将砣视为均布荷载。由于预压是在支

架搭设好、箱梁底模安装完成后开始预压的，因此预压荷载还需组合箱梁内侧模重量、施工荷载及人员、施工机械等各种荷载，计 4KN/m^2 ； $12.2\text{m} \times 4.4\text{m} \times 4\text{KN/m}^2 = 214.8\text{KN}$ ，预压荷载系数取为 1.2, 合计 0#块箱梁支架单侧预压结荷载为： $F=1.2 \times (2375.1\text{KN}+214.8\text{KN}) = 3108\text{KN}$ 。

支架预压采用砂包和 0#块的钢筋预压，预压前，必须再次检查支架的横向、纵向结构稳定性，检查是否具有足够的刚度，所有垫块是否紧密，木楔是否松动等，确保支架安全。砂包预压从近墩处开始加载，慢慢往悬臂端推进。加载采用水平分层的方式加载，在加载的同时，派专人检查支架、各种型钢支撑、模板等部位。

一个 0#块总预压压重为 622 吨。钢筋重量为 58 吨，放在砂包上面；砂包重量为 564 吨，砂包每只 1.2 吨，放在底部，单侧需要 235 只，共需要 470 只。

5.3、挂篮

5.3.1、挂篮的设计原则

挂篮是悬臂浇注箱梁的承重构架，又要吊挂施工平台，是极为重要的施工设备，它是在挂篮的前端吊起新浇注梁段混凝土的重量，靠后端锚固在梁体的情况下，保持整体平衡的施工结构。在施工过程中两只挂篮受力的情况必须清楚、明确，并必须保证稳定，因而在施工的全过程中和各施工阶段的每个施工步骤都要坚持做好，才能保证施工安全。

5.3.2、挂篮的设计依据

- | | |
|---------------------------|------------|
| (1) 沪宁城际施图（通桥）- I -17 施工图 | |
| (2) 客运专线铁路桥涵工程施工技术指南 | TZ213-2005 |
| (3) 公路桥涵钢结构及木结构设计规范 | JTJ025 |
| (4) 组合钢模板技术规范 | GB214 |
| (5) 钢结构设计规范 | GB 50017 |
| (6) 起重机设计规范 | GB/T3811 |
| (7) 机械设计手册 | |
| (8) 路桥施工计算手册 | |
| (9) 铁路混凝土工程施工技术指南 | |

5.3.3、挂篮的主要技术性能

- (1) 适应最大梁段重：139 吨
- (2) 适应最大梁段长：3.5 米
- (3) 梁高变化范围：4.0—6.4 米（中心高 3.83~6.23 米）
- (4) 最大梁宽：顶板 12.2 米、底板 5.14~6.10 米。
- (5) 走行方式：无平衡重走行

5.3.4、挂篮结构

(1) 桁架：

主桁架采用菱形架结构，二力杆件采用槽钢加钢板焊接成箱形梁，其刚度大、重量轻，其余横联杆采用型钢螺栓联接而成。

(2) 挂篮及锚固系统：

底模吊杆采用带板，材料为 Q345B。侧模、内模吊杆及桁架、走行轨道锚杆采用 $\Phi 32$ 精轧螺纹钢筋，材料为 40Si2MnV。内、外模和底模前锚点采用 16 吨千斤顶张拉后锚固，底模后锚点采用 32 吨千斤顶张拉后锚固，保证砼接口平顺。锚具采用 YGM-32 精轧螺纹钢专用锚具。

(3) 走行系统：

挂篮走行采用前滑后滚方式，前支点为滑船结构，后支点为滚轮结构。桁架移动由两台 5 吨手动葫芦牵引，桁架后部设两台 5 吨手动葫芦保护，防止桁架倾覆。

外模采用整体式钢模板，内模采用钢骨架加木模板或组合钢模板，底模采用平面钢模板，端模采用木模板。

5.3.5、挂篮制造说明

5.3.5.1、挂篮特点

(1) 挂篮结构简单，受力明确。

(2) 挂篮前端及中部工作面开阔，可以从挂篮中部运送混凝土，便于轨道安装以及钢筋的吊装，加快施工进度。

(3) 设有走行装置，后支腿为反扣轮沿轨道行走，前支座采用钢板与钢板相对运动（轨道上面涂黄油），磨擦力小，移动方便，外模、内模、底模可以一次到位。

(4) 取消了平衡重，利用预埋竖向预应力筋锚固轨道和菱形架。进一步减

轻了重量。

(5) 拼装后,就可浇注 1~10 号段梁,施工更加方便。只要稍加处理还可用于合拢段施工。

(6) 本结构拼装简单,重量轻,施工速度快,经济实用。

5.3.5.2、挂篮组成

(1) 承重系统:菱形架、菱形架后锚横梁、菱形架横联、前上横梁、前吊带、后吊带、后吊杆(底模后锚杆)、前支脚、后支腿。

(2) 底模平台:前下横梁、后下横梁、纵梁、底模板。

(3) 侧模系统:外侧模架及钢模架、滑架梁、侧模工作平台。

(4) 内模、内滑梁、端模。

(5) 走行系统。

(6) 后锚系统。

(7) 滑道、锚杆。

5.3.5.3、加工要求

(1) 挂篮各部件多属组焊件,要制定合理的加工工艺,减少其焊接变形和焊接应力。经校正后各种变形公差不得超过《钢结构工程施工及验收规范》(GBJ50205—1995)规定的允许值。

(2) 焊条选用:Q235 钢母材 E43××焊条,Q345 钢母材 E50××焊条。

(3) 菱形架及各节点、支腿等主要受力部件,必须保证焊接质量和焊缝尺寸,焊后按图纸要求进行检查。

(4) 除图中有要求外,各零件表面光洁度均为 $25\mu\text{m}$ 。

(5) 各部件随时加工随时组装,发现问题应及时纠正。

(6) 构件表面按图纸要求进行喷涂处理。

(7) 加工前应仔细审查图纸,以免加工时出现问题。

(8) 挂篮出厂前要进行试拼装。

5.3.5.4、使用要求

(1) 挂篮组装后进行预压,消除非弹性变形,测试弹性变形量。

(2) 挂篮作业时后锚杆锚固力要调试均匀。

(3) 每次挂篮就位后,其前后吊带都要进行调试,并派专人全面检查,发

现问题及时处理。

- (4) 挂篮施工属高空作业，图中未示安全装置，待挂篮安装后要检查。
- (5) 为防止在灌注混凝土时受到雨水侵袭，挂篮顶部可设防水装置。
- (6) 挂篮施工用的预留孔尺寸必须准确。
- (7) 对IV级钢、倒链、连接器、钢丝绳等部件应派专人检查、作好记录。
- (8) 挂篮中使用的工作平台、内模和端模由工地自行设置。
- (9) 挂篮使用应严格按操作工艺、安全规定进行作业。
- (10) 挂篮前移及浇灌砼时，每组挂篮要同步进行，减少偏载。
- (11) 挂篮施工时，多余的侧模要及时除掉，减轻重量，减少偏载。

5.3.6、挂篮施工

5.3.6.1、总则

(1) 本挂篮按沪宁城际施图(通桥)-I-17 施工图设计，最大重量为 139T，最长为 3.5m。

(2) 本挂篮采用菱形结构，铺以轨道走行，在灌注砼和挂篮走行均无需设平衡重，在灌注砼时，挂篮后端锚于竖向预应力筋上。挂篮行走时，挂篮后端反扣于滑道上。在这两种情况下，滑道始终锚于竖向预应力筋上。

(3) 挂篮承重部位随不同施工阶段变化，必须严格按照规定的施工顺序、特别是挂篮的拼、移、拆的顺序进行作业，以确保挂篮的稳定，防止意外。

(4) 本挂篮结构中以销轴连接，在安装中各销轴务必按图纸进行对号入座。

(5) 本挂篮按临时结构设计，必须严格控制施工载荷，以保安全。同时要加强对几何位置和预留孔尺寸的控制，以保证箱梁尺寸的准确和挂篮受力状态准确及结构稳定。

(6) 本挂篮系在高空作业使用，必须绝对保证施工安全，每套挂篮应指定专人指挥工作。

(7) 本挂篮使用期间，如有设计变更、操作顺序更动、施工顺序的调整、施工载荷加大等情况，须经现场指挥长批准方可施工。

(8) 挂篮计算书：见附件。

5.3.6.2、挂篮安装

在连续梁完成 0# 段灌注，并对 0# 段的其他施工已完成后，方可在 0# 段

上安装挂篮，准备灌注 1# 梁段。

（1）滑道的安装：

①滑道按图纸要求进行组装，保证两滑道中心距及水平高度一致。滑道可靠的锚固在桥面上。

②在 0# 段上同时各安装一只挂篮，以便向两个方向对称施工，保证双悬臂灌注的平衡。首先在 0# 段顶面安装滑道，要求两根左右滑道平直，在一个水平面上且顺桥方向不得偏向，采用垫板将滑道锚于预埋竖向预应力筋上。

（2）菱形架及前后支腿的安装

①用吊机将前支脚（在地面组装成总成）吊放在要灌注 0# 段的位置处，前支脚中心距已浇段前端 500mm（400 mm）。吊装后支脚（在地面组装成总成）。

②安装菱形架杆件（在地面组装成总成），与前后支腿组装，并用锚杆将菱形架后端锚于预应力筋上（菱形架后锚横梁上），用缆风绳固定菱形架。

③安装菱形架横联、前上横梁、侧横联。

④安装前工作平台的三角架（现场用户自制）。

⑤安装前吊带、后吊带及短横梁。

⑥检查。

（3）安装侧模系统

①在桥下（地面或船上）将侧模支架、滑架、垫块联成整体。滑梁的位置按图纸尺寸放置，同时注意侧模支架的排列尺寸。

②将模板加焊在侧模支架上（螺栓已联）。

③检查

④提升侧模

⑤将前吊杆、后吊杆用螺母固定在菱形架上。初调侧模位置后，可在底模前、后横梁上焊接固定一根槽钢，其作用就是限制侧模的摆动及灌注混凝土时固定侧模的下端。

⑥检查。

（4）底模平台的安装

①在滑道和菱形架安装的同时，可在桥上（地面或船上）组装底模平台。组装好后进行检查，然后底模平台就位。

②提升底模平台

③将底模平台后下横梁与 0# 段梁底搭接穿后锚杆进行固定。

④安装前吊带，将底模前吊带固定在菱形架上。

⑤安装侧模工作平台及底模工作平台。

⑥检查。

(5) 安装底模。

挂篮的主要部件依次安装完毕后，根据 1# 段的设计位置调整挂篮的位置及各点的标高。

注意：立模标高应按设计标高另加预拱度和挂篮满载后自身挠度。此标高在气温较稳定时调整，不宜在日照、午后、寒流降温时进行，否则应另计温度差挠度。

5.3.6.3、挂篮的制造与拼装要求

(1) 挂篮的制造与拼装应按设计图纸进行，经予拼检查符合结构设计要求后，才能投入使用。

(2) 挂篮主要部件有主桁、锚固系统、横桁、吊挂系统，底模、侧模、内模和张拉脚手平台等。

(3) 对挂篮各杆件的栓接和电焊连接部位，在拼装前及拼装过程中，都必须进行仔细检查，以保证杆件位置正确，结构连接可靠，且对吊点的主要部件不能随意进行电焊或氧气切割，焊缝质量必须保证，钉销连接必须牢固。

(4) 挂篮拼装及使用时，应严格控制吊架悬臂部分的载重，除张拉操作平台及必需的少量工具外，不得任意增加载重。

(5) 挂篮拼装或移动走行时，应做到精确定位，拼装完成后必须进行全面检查验收，对挂篮中心位置的误差：顺桥方向在 $\pm 10\text{mm}$ 之内；横桥向应在 $\pm 5\text{mm}$ 之内；两主桁相对偏差应在 $\pm 5\text{mm}$ 之内，且每梁段的误差不能累计。以确保梁体中线顺直，并便于模板的安装、调整。

5.3.6.4、挂篮对接和解除对接

每个中墩向两端悬伸的两只挂篮安装在零号梁段上，在对接的状态下各灌注完 1 号梁段后，向前铺设下滑道。在灌注 1 号梁段时，两挂篮后端各自在零号梁段的竖向预应力筋上锚固。经检查合格后，拆补主桁的杆件，然后将两挂

篮对接的杆件拆除，便形成两个单只挂篮。

5.3.6.5、单只挂篮施工

(1) 为保持 T 构悬浇的稳定，两个单只挂篮必须保持对称、均衡。

(2) 挂篮上的载重要尽量减少，施工荷载宜与箱梁对中，减少偏心。在每次灌注混凝土前清理一次，将多余的工器具，重物移至桥墩零号梁段上堆放。

(3) 挂篮的受力杆件不能随意烧割或施焊，严禁在受力杆件上打火。

(4) 张拉时如安放千斤顶与前吊带相碰时，则先张拉其他不碰吊带的钢束，后张拉与吊带相碰的钢束。张拉与吊带相碰的钢束时，只允许拆一根吊带。拆除前应采取措施，使该根吊带不受力，确认后才能进行拆除，待张拉完后立即恢复。

(5) 挂篮上层、下层之下，均应设置安全网。

(6) 梁的顶面下滑道范围内的混凝土面要整平，以利滑道的顺利铺设。竖向锚固用预应力筋的顶面高程和位置，要严格控制，以便与锚杆联结。

5.3.6.6、挂篮压重检验

(1) 两只挂篮在对接状态下，灌注 1 号梁段前，按 1.2 倍混凝土重量的荷载对挂篮进行模拟压重。测量并详细记录，各加载量时各吊点弹性变形，非弹性变形，主桁前后端及各主要构件的变形情况，为下步工作提供参考数据。

(2) 在两只挂篮拆除对接杆件之后，成为单只挂篮的状态下，在灌注 2 号梁段之前，按 2 号节段混凝土重量的 1.2 倍的荷载，再进行单只挂篮模拟预压重，以检验单只挂篮的可靠度和安全性，并消除形成单只挂篮后的各种非弹性变形，并分别测定记录各吊杆、吊索等主要构件，在压重过程中不同阶段的变形值（包括弹性变形和非弹性变形），为本节段及以后各阶段施工提供参考数据。

(3) 以上压重检验按施工组织设计图进行，均要检验合格签证后才能投入使用。

(4) 每次压重、卸载后，挂篮上的连接螺栓都要拧紧和复拧一遍。

5.3.6.7、挂篮走行

(1) 对 1# 梁段灌注完毕后，等混凝土达到设计强度的 85%以上时，按设计对纵束进行张拉、压浆、待灰浆强度达到 85%以上方可移动挂篮。

①抽拔侧模对拉螺栓进行脱模。

②拆除底模后锚杆，此时底模后端只用精轧螺纹钢吊住（与滑梁相联）。

③拆除侧模后端的吊杆。同时用后滑梁架将滑梁后端吊住，等待滑移。

④拆除挂篮后锚系统使挂篮的后支脚反扣于滑道上，此时滑道上的锚固不拆除。

⑤检查。

⑥用走行系统驱动挂篮前移，将底模、侧模、菱形架及内模一起前移，直至 2# 梁段位置。此时滑道仍锚在梁面上。

⑦用锚杆将挂篮后端与竖向预应力筋锚固，除次之外应再附加锚固点。

⑧安装底模后锚杆

⑨安装侧模后吊杆，调整后滑梁架。

⑩调整模板位置及标高。

重复上述第四项中的各步骤，灌注 2# 梁段。

（2）对 2# 梁段灌注完毕后，等混凝土达到设计强度的 85%以上，按设计对纵束进行张拉、压浆、待灰浆强度达到 85%以上方可移动挂篮。

①解除菱形架后锚横梁对菱形架的锚固力（松螺栓，但不得拆除）。

②此时不得拆除对滑道的锚固。

③采用走行装置驱动滑道向前移，移动至灌注 3# 段的位置。

④滑道就位后，检查滑道（前支脚处）的水平，两滑道的距离及顺桥方向是否符合要求，合格后，然后放松支撑前支脚的千斤顶，准备滑移挂篮。

⑤重复上述的第（1）项工作中第 1-5 项工作。

⑥用走行系统驱动挂篮前移，将底模、侧模、菱形架及内模一起前移，直至 3# 梁段位置。

⑦重复上述的第（1）项工作中第 7-11 项工作。至此 1#、2# 段施工完毕，准备施工 3# 梁段。以后挂篮和滑道的前移进入正常的施工程序。

（3）注意事项

在挂篮施工过程中，必须遵守《桥涵施工技术安全规则》有关章节及设计文件有关要求。

挂篮移动时，抗倾覆稳定系数不小于 2，每座 T 构两端的两只挂篮走行时，必须对称进行，不对称走行差值控制在 0.5m 以内，以保持梁体平衡。

灌注梁段时，必须考虑挂篮的弹性变形及滑道垫块的压缩变形，以免由此引起梁体出现裂缝。

挂篮滑道铺设要平直，应在一个水平面上。挂篮移动前应检查该拆、该换部件是否妥善完成。移动时须均匀平稳，左右同步、方向顺直。

挂篮前移到位后，将后锚杆与竖向预应力筋连接好，并且纵桁前支点为重要受力处，必须支承牢固，绝不允许在浇筑时产生滑移。灌注砼时应增加额外的后锚点，灌注砼同要求左右同步进行，要求对称，减少偏载。

挂篮中使用的Ⅳ级钢应有保护措施。

在预留挂篮施工孔洞时，位置尺寸要准确。

挂篮中使用的连接器或螺母要拧足额的螺纹圈数，避免丝扣不均衡。

吊起挂篮部件及其他重物时，应先提升 10-20cm，经检查确认良好后方可继续起吊，同时要有指挥信号，有专人指挥。

挂篮走行前必须清除下滑道槽内杂物，涂上黄油，并将与箱体连接的约束全部拆除。

挂篮走行速度不宜过快，应做到挂篮两片主桁同步走行，应在下滑道上每 10cm 画一刻度，便于观察，随时调整。在前移挂篮时应有专人检查，专人指挥，为安全计，挂篮后端必须有溜绳保险。

挂篮走行时应选择无大风的天气进行。在走行时如遇六级以上大风，应停止走行，并将后锚固设备装上。

挂篮前移时，应采用跟踪测量的方法，在已浇筑的钢筋砼梁顶标出桥梁中心线，行走中随时检查，以保证中线误差不超过规定限值，并便于随时调整。

5.3.6.8、挂篮后锚杆

(1) 挂篮在梁段混凝土灌注前应检查后锚杆的锚固情况。因为后锚杆的锚固是关系到挂篮总体稳定的大事，是极为重要的。

(2) 后锚固系统结构在加工制造前均需进行探伤检查。

(3) 后锚杆连接竖向预应力筋时，锚杆的拧紧程序应基本相同。施工时最好由专人负责拧紧三根后锚杆，使之受力均匀。在灌注梁段混凝土过程中，也要经常检查锚杆的受力是否均匀，并随时调整保持受力均匀。

(4) 安装后锚杆时，要注意保证三根锚杆的垂直度，禁止锚杆斜拉。

(5) 在施工过程中,挂篮后端的锚固必须在符合设计要求的情况下才准许拆除后端锚固,这一点必须认真做好。如后锚固拆除后因故不能走行时,应立即恢复后锚固。

5.3.7、悬臂梁段砼施工

挂篮前移到位后,进行底模,外侧模型安装,钢筋绑扎和预应力管道布置。然后提升主桁平台及模型到设计标高位置,并对所有锚固及悬吊系统进行全面、细致的检查,确认安全可靠后,组织砼施工。

(1) 普通钢筋及预埋件施工

所有普通钢筋的施工、安装均严格按照规范有关规定进行。

(2) 拌制运输砼采用拌和站供料,砼输送泵泵送入模。

(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 0.3m,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内。

砼浇灌初凝后,用草袋覆盖,并洒水养护,养护时间不小于 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的连结。

(4) 预应力工程

详见 5.6 章节。

5.4、边跨现浇段、合拢段支架结构

边跨现浇段长 7.6m,梁高 3.83m,箱梁为等高截面。腹板厚度为 45cm 和 75cm,底板厚度为 45cm 和 110cm,顶板厚度为 40cm 和 70cm、梁底宽为 6.1m。边跨现浇段在支架上现浇,与挂篮悬浇箱梁同时施工,10#梁段施工完后将进行边跨现浇段与悬臂箱梁通过边跨合拢段联结,然后拆除边跨支架,进行第一次体系转换,然后施工中跨合拢段,拆除中跨合拢段吊架后进行第二次体系转换,使箱梁形成设计成桥线型。

5.4.1、边跨直线段施工

(1) 采取搭设膺架作为平台浇注边跨直线段混凝土,支架采用钢管柱支架。承台外的钢管柱基础采用钢管桩基础,桩长 6 米,桩顶为双拼工字钢。**连续梁**

直线段支架结构图及检算计算书见附件。

(2) 支架还承受由于张拉合拢段钢束或温度变化所引起的水平摩阻力。为了使边跨合拢段劲性骨架焊接锁定后,边跨现浇段能与主梁一起收缩,在纵向分配梁与钢管柱顶横梁之间垫一层四氟滑板。

(3) 边跨膺架同样要做压重试验,以尽量消除非弹性变形和检验基桩承载力;并减少膺架基础沉陷量。防止:

① 不均匀沉陷造成现浇段混凝土出现开裂;

② 沉陷量过大影响合拢段顺利对接。

(4) 膺架经检查合格后方可使用。

(5) 先安装正式支座,然后方可安装模板。

注意:边跨直线段应视施工情况在悬浇间隙时间内同时进行,以满足工期要求,但不宜过早灌注(初步安排在6月初开始搭支架,7月底浇筑边跨直线段砼),避免边跨直线段混凝土在支架上搁置太久而产生裂纹。

5.4.2、合拢段施工

合拢段作为梁体浇筑的最后一个块段,是连续梁施工的关键。它包含了线性控制、设计控制应力、体系转换、合拢精度、箱梁温度伸缩等一系列悬臂浇筑连续梁施工的重点和难点。如何制定有效的措施,合理解决上述各难点,是合拢段梁体施工的关键,也是合拢段施工方案的编制依据。合拢的基本原则就是合拢段混凝土在浇筑和养护时不产生应力,不受其它外力作用。

(一)、合拢顺序

本桥连续梁合拢顺序为先两个边跨,再中跨,最后形成连续梁。

(1) 边跨合拢及体系转换施工顺序:

边跨直线段现浇及中墩“T”构悬浇完毕后,即可按下列步骤进行边跨合拢段施工:

① 在中跨顶端设置平衡重。

② 调整合拢段两侧高差,使合拢段两侧主梁高差控制在2.5cm范围内。

③ 安装合拢段劲性刚骨架(体外支撑)。并将支撑一端锁死,另一端活动。

④ 安装合拢段模板、钢筋,预埋件等附属设施及模板等辅助结构。

⑤ 在平均温度下,将体外支撑的另一端锁死,按设计要求应力张拉临时束。

⑥在一天温度最低时浇筑合拢段混凝土。

⑦混凝土养生，拆模。

⑧当合拢段混凝土强度达到设计强度的 85%以上并养护龄期不少于 7 天，张拉边跨合拢段横向预应力筋及腹板蹬筋。

⑨当合拢段混凝土强度达到设计强度的 90%以上时，拆除合拢段体外支撑，并立即张拉合拢钢束。随着合拢钢束张拉完毕，自行完成体系转换。

(2)中跨合拢及体系转换顺序：

在两边跨合拢后，中跨按下列顺序合拢：

①在两合拢端头顶端设置平衡重。

②调整合拢段两侧高差，使合拢段两侧主梁高差控制在 2.5cm 范围内。

③安装合拢段劲刚骨架（体外支撑），支撑一端锁死，另一端活动。

④在梁顶设置合拢段吊架并安装合拢段钢筋，预埋件等附属设施及内模等辅助结构。

⑤在平均温度下将体外支撑的另一端锁死，按设计要求应力张拉临时束。

⑥拆除中墩墩顶支撑，并解除活动支座的临时纵向约束。

⑦在一天湿度最低时浇筑合拢段混凝土。

⑧常规养生混凝土，拆模。

⑨当合拢段混凝土强度达到设计强度的 85%以上并养护龄期不少于 7 天，张拉边跨合拢段横向预应力筋及腹板蹬筋。

⑩当合拢段混凝土强度达到设计强度的 90%以上时，拆除合拢段体外支撑，并立即张拉合拢钢束。随着合拢钢束张拉完毕，自行完成体系转换。

（二）、合拢段施工流程

(1)边跨合拢：

“T” 构两侧悬臂块段压重

确定两共轭端符合规范要求

模板吊架安装

绑扎底板钢筋，设予应力孔道

摆放底板锁定撑杆

安装内模

绑扎腹板钢筋

安装外侧模

绑扎顶板钢筋，设予应力孔道，予埋件，摆放顶板锁定撑杆等。

锁定撑杆，张拉临时束，灌注混凝土。

混凝土养身，拆模，解除锁定撑杆。

张拉全部预应力束，并复张拉临时束。

孔道压浆

撤除模板吊架。

(2) 中跨合拢

合拢段两侧悬臂块段压重

确定两共轭端符合规范要求。

两共轭端设置合拢模板吊架。

绑扎底板钢筋，设置予应力孔道。

摆放底板锁定撑杆。

绑扎腹板钢筋，调整外侧模及立内侧模。

绑扎顶板钢筋，设予应力孔道，摆放顶板撑杆。

锁定底，顶板撑杆，张拉临时束。

拆除中墩墩顶支撑，并解除活动支座的临时纵向约束。

灌注混凝土。

混凝土养身，拆模。

张拉全部予应力束，并复张拉临时束。

孔道压浆。

拆除吊架及辅助设施。

(三)、合拢施工

(1) 合拢支架及其模板安装：

采用吊架合拢，在吊架平台上进行合拢劲性骨架的安装、焊接、钢筋、预应力、模板和混凝土施工。为方便和简化施工，直接利用挂篮底盘和模板。合拢时将挂篮继续前移，使其底篮和侧模伸到相邻悬臂端的梁体下，然后运用吊杆将挂篮两端分别锚在箱梁的两个悬臂端上，形成合拢吊架，挂篮的其他部分

则移走或拆除。

吊架与底平台等均为栓接，所有连接螺栓应上紧上满。安装时不得随意扩孔，钢模外倾不得超过外侧吊带范围，以便吊带安装顺利。

吊带安装时要求竖直，不得倾斜过大，以免受混凝土荷载后使吊带移位，全部吊带在共轭端锁定前用横向分配梁上千斤顶收紧，并适当增加予拉力，保证在混凝土灌注受载过程中，不再增加变形或尽可能减小变形。

(2) 予应力孔道设置

合拢段予应力孔道，亦采用波纹管制孔，除了按常规采用定位网固定其位置外，因无法采用硬塑料管衬孔，须认真将波纹管与共轭端梁体孔道对接，并进行封闭，防止漏浆事故。合拢段混凝土灌注前，还须穿入予应力整流器进行压重，防止波纹管上浮。混凝土灌注过程中，还应适当抽动予应力束，防止漏浆将孔道固结堵死。

(3) 悬臂共轭端锁定及合拢段混凝土灌注

由于合拢口两端结构体系不同，同时受温差等影响，悬臂端与现浇段竖向变位也不尽相同。因此，在合拢段混凝土强度形成前，两端结构的变位必须通过强制约束协调一致。可采用外部压重、内部加设劲性骨架、张拉临时钢束等手段强迫合拢。

A、合拢段两侧悬臂块段压重：

为保证梁体线型，合拢段临时锁定前，应在合拢段两侧悬臂块段上设置压重，压重吨位与合拢段结构自重相对应，如合拢段两侧悬臂块段底板高差 $>15\text{mm}$ ，则应在标高较高侧悬臂块段上增加压重进行调整。

B、劲性撑杆安装与合拢束临时张拉：

- a. 清除劲性撑杆预埋板表面混凝土及灰浆。
- b. 在劲性撑杆两侧预埋板表面测量标注刚接杆安装十字中心线。
- c. 测量各劲性撑杆两侧预埋件之间的实际距离，以便在劲性撑杆制造时对长度作适当调整。

d. 合拢束穿束。①合拢束穿束前应预先在合拢段区间孔道位置安装好波纹管，并对孔道全程试通一遍。②采用穿束机逐根穿束，拟采用卷扬机牵引整束穿束及按小分束分次穿束，现场可根据情况任选一种，或者交替采用。③采用

卷扬机牵引整束穿束或按小分束分次穿束前，宜在钢绞线束（或小分束）端部设置牵引头，以免刺破波纹管。

e. 劲性撑杆与两端预埋板焊接：①劲性撑杆与两端预埋板焊接宜在 $20^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 气温时进行。②四根劲性撑杆先全部焊完同一端焊缝后，再一起焊接另一端焊缝。③劲性撑杆与两端预埋杆焊接时，应注意在已穿好合拢束波纹管表面及裸露钢绞线束表面设置隔热保护套，以免损伤波纹管及钢绞线束。④如预埋板偏移，可在劲性撑杆端部与混凝土表面间设置钢楔块，如预埋板与劲性撑杆端部空隙较大，可先设置填板后再予以焊接。⑤劲性撑杆安装轴线偏差 $\leq \pm 20\text{mm}$ 。

f. 合拢束临时张拉：四根劲性撑杆两端焊缝焊接完毕，即应马上进行合拢束临时张拉。

当合拢段临时辅助结构安装及主体结构钢筋、予应力孔道、予应力筋（束）、预埋件等安装无误。经各方检查符合灌注混凝土条件后，选定合拢期间平均温度锁定合拢共轭端悬臂梁。合拢锁定过程，时间尽可能短，先将一端用高强度螺栓将劲性撑杆与预埋板连接，然后同时焊接各组撑杆。随后对称张拉合拢临时束。气温最低时灌注合拢段混凝土。高温季节覆盖湿润草袋，防止新灌混凝土出现裂纹。

由于合拢段施工的重要性及其受力特殊性，应选择合拢施工期间气温变化较小的天气进行合拢施工。若日温差较大，也应在合拢期间温度最低时灌注合拢混凝土。新灌混凝土在固结期间略呈升温趋势。因温度升高，梁体伸长将使新灌混凝土处于受压状态。保证合拢段新灌混凝土在固结期间处于受压状态。不因受拉出现裂纹。生产调度部门应严密监视气象变化情况，避免合拢期间出现大风降温天气。因在降温过程中，梁体温度也将随之降低。梁体长度受温度收缩缩短，导致合拢段混凝土出现拉应力，由于在此施工阶段，合拢束予应力除了临时束外，其它予应力均未加到合拢段梁体，无法阻止合拢段开裂。因而必须严格控制施工过程中的降温天气，保证合拢段混凝土的质量。

鉴于合拢段施工的重要性和施工影响的诸多因素，整个过程要求尽快完成。一般选择深夜零时开始锁定悬臂梁共轭端，三时左右开始灌注混凝土。因而锁定及灌注混凝土前的准备工作必须在此之前完成。

合拢段混凝土的配合比。结合合拢段施工特点及其早期受力状态，宜选用

早强混凝土，采用早强混凝土可尽早地给拢段施加予应力，完成体系转换，防止意想不到的降温天气给合拢段混凝土带来的影响。

合拢段在临时锁定前，应对其两侧悬臂块段压重，混凝土浇注过程，梁体张拉压浆后，再拆除全部剩余压重等。混凝土浇注时，合拢段两侧压重水箱应放水同步卸载，不同步度小于 1 吨。合拢段每浇注完一吊斗混凝土，应根据其重量相应卸载。

混凝土养护，在高温季节应以湿润的草袋盖于顶板表面防止顶板与箱体日照温差过大，引起不均匀温差产生的裂纹。当模板及吊架拆除后，整个箱表面及箱内必须用水浇透，箱底养护应设置专门脚手进行浇水养护，不得因浇水困难而取消养护。浇透时间不得少于 7 天，一般养护时间累计不得少于 14 天。在低温时节，应采取保温措施。

5.5、支座、模板和钢筋施工及混凝土浇筑

5.5.1、支座

(1) 临时支座

每个 0#节段共设置临时支座 4 个、每侧 2 个，横向支座中心线间距 4m，纵向支座中心线间距 7m、与 0#节段中心线对称。

在灌注 0#节段混凝土时，临时支座混凝土块面按梁底要求抹平，在灌注梁体时，临时支座顶铺设薄膜隔离层，并保证接触面间密贴。

(2) 正式支座

支座安装前，应复查其规格及产品合格证，并进行配套检查，不合格产品，不得使用。

在 0#节段底模铺设前，正式支座应就位，支座底板下设置铁楔块以调整高度，正式支座起吊时需将支座临时捆扎，连成整体起吊。在悬臂灌注过程中，要求正式支座不受力（可受竖向压力）。灌注混凝土时务必将支座遮盖严实不许将混凝土及其他杂物进入支座内部影响支座性能。悬浇段施工完与边孔合拢后，对正式支座进行干砸砂浆，解除临时支座，全部反力由正式支座承受。

A、支座安装程序：

①支承垫石顶面凿毛，锚栓孔清理。凿毛支座就位部位的支承垫石表面，清洗预留锚栓孔中的杂物，安装灌浆用预制钢模，并用水将支承垫石表面浸湿，

底面设一层 4mm 厚橡胶防漏条，通过膨胀螺栓固定在支承垫石顶面。

②支座中心放线；

③按设计标高用钢契块抄垫支座底板；支座四角采用钢垫块调整标高，就位后，在支座板与桥墩或桥台支承垫石顶面之间应留有 20~30mm 的空隙，以便灌注无收缩高强度灌注材料，灌注材料性能应满足《客运专线预应力混凝土预制梁暂行技术条件》等的要求。

④下支座板锚栓预留孔堵塞环氧树脂砂浆，重量配合比：环氧树脂（6010）100，二丁脂 17，乙二胺 8，砂 250。支座底板下间隙堵塞干硬砂浆；

⑤上支座板锚栓预埋。

⑥灌浆采用重力灌浆方式，灌浆支座下部及锚栓孔处空隙，估算浆体体积，备料充足，一次灌满。

⑦灌浆过程应从支座中心部位向四周注浆，直至从钢模与支座底板周边间隙观察到灌浆材料全部灌满为止。

⑧强度达到 20Mpa 后，拆除钢模板，检查是否有漏浆处，必要时对漏浆处进行补浆，拧紧下锚碇螺栓。

⑨待灌注梁体混凝土后、张拉预应力筋前拆除各支座上、下连接钢板及螺栓。

B、支座安装要求：

①支座安装前，用丙酮或酒精仔细擦洗相对各滑移面，擦净后在四氟滑板的储油槽内注满“295 硅脂”润滑剂，并注意硅脂保洁，支座其它各部件也应擦洗干净。

②安装支座锚栓时其外露螺母顶面的高度不得大于螺母的厚度。

③上、下支座板间应予以临时固定，以防错动。

④上、下支座板应考虑温度与收缩徐变的影响，根据设计部门提供的数据，设置预偏量安装。

⑤允许误差值：

标高误差 $\leq \pm 2\text{mm}$ 四角高差 $\leq 2\text{mm}$ 。

转动角度 $\leq 40'$ 支座中心线 $\leq \pm 2\text{mm}$ 。

支座上、下板平面中心 $\leq \pm 1\text{mm}$ 。

5.5.2、模板

(1) 模板结构:

①底模

底模采用 $\delta=18\text{mm}$ 竹胶模板，底部垫方木支承于底模支架上。

②内模

内模采用轻型钢骨架， $\delta=18\text{mm}$ 竹胶模板作面板，模板通过钢管支承架及钢凳支于底模上。

模板结构应考虑：为控制两侧模板底脚间尺寸，其间应设立尺寸调节顶撑杆；为增加腹板混凝土灌注时混凝土的稳定，底脚处要有 $20\sim 30\text{cm}$ 的平直段模板伸出；为提高腹板下梗肋混凝土震捣质量，内模近底脚处宜装设适当数量的 B-15 型附着式振动器；内模顶模板应根据梁体底板混凝土灌注需要，开设约 $3\sim 4$ 个窗口，在梁体顶板混凝土灌注前再予以封闭。

③外模

采用厂制定型钢模板。

④堵头模

堵头模采用 $\delta=40\text{mm}$ 厚优质木板、木带肋，按梁体顶板、腹板、底板分成若干板块，现场根据梁体外露接缝钢筋及制孔波纹管规格、位置尺寸在模板板块上开孔，模板所受侧压力可利用梁体外露接缝钢筋作拉杆予以平衡（或将堵头模板固定于内外模板上）。

(2) 模板制造要求:

模板制作时，应先在制作平台上放样定位，焊制型钢骨架，经复侧调整，尺寸满足规定要求后，再贴合面板，木面板与后侧带木同采用长圆钉钉合，竹胶合板面板与型钢骨架按均布平头螺栓紧密栓连。

竹胶合板宜选用 II 类一、二等品，单面覆膜耐冷水型，主要力学性能：静曲强度，一等品 $\geq 90\text{Mpa}$ ，二等品 $\geq 70\text{Mpa}$ ；弹性模量，一等品 $\geq 6.0 \times 10^3 \text{ Mpa}$ ，二等品 $\geq 5.0 \times 10^3 \text{ Mpa}$ 。

型钢骨架焊制：

①型钢骨架按各型号板块尺寸焊制完毕，其与面板贴合面应平整且焊缝牢靠，拼接边端正。

②模板块件内面板拼缝应整合无间隙，竹胶合板面板微小缝隙应用腻子批嵌，对拼缝及竹胶合板其它自由边后侧均宜设置衬带或肋，木面板表面全部钉上 0.2 mm 镀锌铁皮予以覆盖。

模板制作时的允许偏差：

长和高（或宽） 0、-1mm

肋、带间距 $\pm 5\text{mm}$

面板端偏斜 $\leq 1\text{mm}$

连接螺栓的孔眼位置

模板板块间连接螺栓孔中心与板面的间距：外模 $\pm 0.3\text{mm}$ ；

内模 $\pm 0.5\text{mm}$

竹胶合板与型钢带、肋间连接钉孔中心相对偏差 $\pm 0.5\text{mm}$

板面局部不平（用 300mm 长平尺检查）外模 $\pm 1.0\text{mm}$

内模 $\pm 2.0\text{mm}$

板面和板侧挠度：外模 $\pm 1.0\text{mm}$ ，内模 $\pm 2.0\text{mm}$ 。

模板制造完毕，内、外模需单独进行组拼，经质检部门检查验收后，方可交付使用。

（3）模板装拆

①模板安装顺序：模板在安装过程中需与梁体结构钢筋，预应力钢筋安装等工序交叉作业，基本安装顺序为“底模→内模→外模”。

②模板安装技术要求：

底模安装：底模安装时应根据底模支架预压重时所测得弹性或非弹性压缩量进行高程预留，抄垫楔块应稳妥可靠，临时支座顶面应按设计要求铺设两层油毛毡。

模板棱角拼接处，应先用油灰刮平，再以胶布护面。

模板安装前，应刷涂脱模剂。

所有模板的螺栓及对拉螺杆的螺帽必须上紧上满，模板顶撑杆也要顶紧顶牢，以防混凝土灌注时模板移动。

③模板拆除

内、外模板拆除应在块段混凝土强度达到 75%设计强度后方可进行，但封端

模板需在混凝土强度达到 15MPa 时先行拆除，以便凿毛冲洗。

0#、1#块段施工完毕，即梁体张拉压浆后，将底模下抄垫楔块敲出，底模则自动落下，底模可拆除倒用。

拆模时防止损坏块段混凝土，如有缺陷，应会同有关部门共同商讨妥善处理。

④模板验收：

模板安装完毕后，各部分尺寸的施工允许误差规定如下：

a. 模板安装轴线偏差：

顶、底板轴线偏差：±10mm。

腹板中心在平面上与设计位置偏差：±10mm。

横隔墙位置偏差：±10mm。

顶、底模边线偏离设计位置：±10mm。

b. 断面尺寸

顶板宽：±10mm。

底板宽：+10mm，-0

顶、底、腹板及隔墙厚度：+10mm，-0

梁 体高度：±5mm

腹板垂直度：2‰。

封端模板倾斜度：2‰。

封端模板上孔道中心偏差：±2mm。

c. 高程

底模高程：±5mm

顶面高程：±10mm

5.5.3、钢筋工程

（1）材料技术要求

钢筋在进场时，需具备出厂质量证明书，使用前，应按规定分批进行抽验，其各项性能指标应符合 GB1499-91《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》与 GB13013-91《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》之规定。

以另一种强度牌号或直径的钢筋代替设计中所规定的钢筋时，应了解设计

意图和代用材料性能，并须符合有关规定，主钢筋在代用时，应征得监理工程师或设计部门的同意。

(2) 钢筋加工

箱梁钢筋购置时根据施工计划，分期分批进场。一次购置数量不能太多，造成堆放时间过长，引起锈蚀。钢筋进场后，材料人员根据质保书仔细核对，检查外观是否符合要求，若均无问题即分批分类堆放，作出必要的挂牌标识，并立即通知试验员和监理工程师取样送检，合格后方可使用。堆放时应离地30cm，上部覆盖，作好围护。

钢筋在加工成型前表面应洁净，粘着的油污、泥土、浮锈使用前必须清理干净，可结合冷拉工艺除锈。钢筋调直，采用机械调直。成盘的钢筋和弯曲的钢筋均应作调直处理，采用冷拉方法调直钢筋时，Ⅰ级钢筋的冷拉率不宜大于2%，Ⅱ级钢筋的冷拉率不宜大于1%。经调直后的钢筋不得有局部弯曲、死弯、小波浪形，其表面伤痕不应使钢筋截面减小5%。

钢筋加工制作时，严格按照图纸设计尺寸放样下料，严格按照图纸规格、形状、数量等施工。钢筋下料长度应根据构件尺寸、混凝土保护层厚度，钢筋弯曲调整值和弯钩增加长度等规定综合考虑。要将钢筋加工表与设计图复核，检查下料表是否有错误和遗漏，对每种钢筋要按下料表检查是否达到要求，经过这两道检查后，再按下料表放出实样，试制合格后方可成批制作，加工好的钢筋要挂牌堆放整齐有序。

钢筋放样时对纵向钢筋考虑好，避免在最大弯距处设置接头。同时钢筋接头应注意交错布置，错开距离不小于35d，并尽量少设。同时还应满足在同一断面内接头设置不超过总数的50%。钢筋切断应根据钢筋号、直径、长度和数量，长短搭配，先断长料后断短料，尽量减少和缩短钢筋短头，以节约钢材。

钢筋加工的允许偏差：

受力钢筋顺长度方向加工后的全长+5mm -10mm。

弯起钢筋各部分尺寸 ±20mm

箍筋各部分尺寸 ±3mm

(3) 钢筋绑扎安装要求

钢筋绑扎前先认真熟悉图纸，检查配料表与图纸、设计是否有出入，仔细

检查成品尺寸、弯头是否与下料表相符，核对无误后方可进行绑扎。钢筋绑扎前将主要钢筋位置、横隔板、预埋件等在底模上弹线放样定位。

①钢筋绑扎顺序：箱梁底板→两边腹板→顶板、翼板。

②钢筋安装方法：钢筋安装采用现场散扎的方法，腹板及部分隔墙钢筋绑扎时，应搭设简易工作平台。

③钢筋种类、直径和位置、间距均严格按照图标情况施工。为了保证钢筋位置的正确，竖向筋外绑一道水平筋或箍筋，并将其与竖筋点焊，以固定钢筋的位置，在点焊固定时要用线锤校正。纵向受力钢筋出现双层或多层排列时，两排钢筋之间应垫以直径 15mm 的短钢筋，如纵向钢筋直径大于 25mm 时，短钢筋直径规格与纵向钢筋相同规格。箍筋的接头应交错设置，并与两根架立筋绑扎，悬臂挑梁则箍筋接头在下。横隔板节点处钢筋穿插十分稠密时，应注意顶面主筋间的净间距要有留有 30mm，以利灌注混凝土之需要。

④箱梁顶板钢筋交叉点多，最外边三排全部绑扎牢固，中间按梅花形绑扎外，其余钢筋相交处均用 20#铁丝绑扎。应注意顶板的钢筋要防止被踩下；特别是悬臂端，要严格控制负筋位置及高度。

⑤钢筋保护层厚度采用 C50 混凝土垫块来保证，受力钢筋的混凝土保护层厚度，应符合结构设计要求。

⑥对有泄水孔、通气孔、人孔的地方，将预埋管绑扎在钢筋上，面板钢筋经过该处时将其向侧面扳弯，绕过预留孔，不截断，泄水孔、通气孔预埋管必须绕上直径 10mm 的螺旋筋后再进行安装。

⑦施工缝处钢筋绑扎时，按照图纸钢筋伸出箱梁的长度不小于设计(500mm)与施工规范要求的尺寸。

⑧施工中如有钢筋和预应力波纹管有冲突，可适当挪动钢筋的位置。

⑨腹板内竖向“U”形筋成型高度宁低勿高，可取其允许误差的下限。现场绑扎时更应如此，以免桥面建筑高度超限。

⑩钢筋安装位置允许偏差：

钢筋安装允许偏差

序号	项 目	允许偏差 (mm)	
1	骨架长度	+5, -10	

2	骨架宽度	+5, -10	
3	骨架高度	+5, -10	
4	受力钢筋间距	± 10	
5	受力钢筋排距	± 5	
6	箍筋及构造筋间距	± 20	
7	同一截面内受拉钢筋接头	$\geq 50\%$	
8	保护层厚度	± 5	

(4) 定位网施工

①定位网应在胎模上点焊成片，网格要准确，允许误差为-2mm、+0 mm。

②定位网安装位置要准确，其上下左右安装偏差不大于 6mm，顺管道方向偏差不大于 10mm，定位网应与四周钢筋绑扎或点焊固定，以加强定位准确性。

(5) 钢筋接长

箱梁钢筋的接长采用绑扎搭接、电弧焊接和闪光对焊三种形式。

对于直径 $\leq 12\text{mm}$ 钢筋的接长，采用绑扎搭接，搭接长度的末端距钢筋弯折处，不得小于钢筋直径的 10 倍，接头不宜位于构件最大弯矩处。受拉区域内，I 级钢筋绑扎接头的末端应做弯钩，II 级钢筋可不做弯钩。钢筋搭接处，应在中心和两端用铁丝扎牢。受拉钢筋绑扎接头的搭接长度，应符合结构设计及施工规范的要求。

对于直径 $\geq 16\text{mm}$ 钢筋的接长，采用电弧焊或者闪光对焊。

采用预热闪光焊时，其操作要点为：一次闪光，闪平为准；预热充分，频率要高；二次闪光，短、稳、强烈；顶锻过程，快速有力。

钢筋电弧焊采用搭接焊，搭接焊时注意对钢筋搭接部位的预弯和安装，应确保两钢筋轴线相重合，一般焊接长度单面搭接焊为 10d，双面焊为 5d。

钢筋焊接时根据不同直径选定不同的焊接参数，不得随意调节电流，以免影响焊接质量。焊工必须持相应等级焊工证才允许上岗操作。在焊接前应预先用相同的材料、焊接条件及参数，制作抗拉试件，其试验结果大于该类别钢筋的抗拉强度时，才允许正式施焊。

所有焊接接头必须进行外观检验，其要求是：焊缝表面平顺，没有较明显的咬边、凹陷、焊瘤、夹渣及气孔，严禁有裂纹出现。钢筋焊接，按照不同规格、焊接形式，取样试验，每 200 个接头取一组。

钢筋焊接允许偏差

序号	项 目	允许偏差 (mm)	备注
1	抗拉强度	符合材料性能指标	
2	冷弯	符合材料性能指标	
3	接头弯折	$\geq 4^\circ$	
4	接头处钢筋轴线偏移	$\leq 0.1d$ 且 $\geq 3mm$	
5	焊缝厚度	$0 \sim +0.05d$	
6	焊缝宽度	$0 \sim +0.1d$	
7	焊缝长度	$-0.5d$	
8	横向咬边深度	$0.05d$ 且 $\geq 1mm$	
9	焊缝表面气孔夹渣数量和大小	数量 ≥ 2 个；直径 $\geq 3mm$	

5.5.4、锚具、波纹管、预应力筋等预埋件安装预埋件

主梁采用三向预应力结构体系，纵向预应力筋采用 15- $\Phi^{j15.20}$ 高强度低松弛钢绞线，横向预应力筋采用 5- $\Phi^{j15.20}$ 高强度低松弛钢绞线，竖向预应力采用 $\Phi 32$ 预应力混凝土用精轧螺纹钢筋。

锚具型号分别为 15-15 型、BM15-5、BM15-5P 型和精轧螺纹锚具。

所有预应力孔道皆采用预埋波纹管，纵向采用 $\Phi_{内} 90$ 的波纹管，横向 $\Phi_{内} 90 \times 19mm$ 的波纹管，竖向 $\Phi 32$ 精轧螺纹钢筋的波纹管为内径 $\Phi 45mm$ 铁皮波纹管。

安装注意事项：

预埋件安装前应检查其结构尺寸，焊缝等连接是否满足设计要求。

预埋件设置时应与周围钢筋和模板予以固定，以防混凝土灌注时位置错动。

安装偏差：偏离设计位置 $\geq 10mm$ ，不垂直度 $\geq 10mm$ 。

(1) 波纹管安装

波纹管安装前根据设计施工图的曲线三向座标定位。波纹管中心位置定好后，纵向间距直线段不大于 100cm，曲线段为 50cm 用 $\Phi 10$ 钢筋制作成“井”形与紧挨的箱梁钢筋焊牢，横向位置按设计图纸上的座标定位，以保证波纹管位置的准确、牢固。

波纹管的接头采用旋入套管接法，接头套管直径比被接波纹管大 5mm，长度为 30cm。在接缝处用聚乙烯胶带或电工胶布缠包，避免水泥浆渗入管内。

波纹管安装完成后应再次认真检查一遍，观察整根波纹管线形是否顺直，

包括接头处、拐弯处、以及插入锚垫板内的端头部分均必须平顺，避免给穿束造成困难。还要检查波纹管是否因为焊接等原因产生破损或变形，若发现一定要在浇筑混凝土之前补好。在与锚垫板接头处，一定要用胶带或其它东西堵塞好以防水泥浆渗进锚孔内，给后续作业施工带来不必要的麻烦。

横向及竖向波纹管需设置灌浆孔及出气孔，设置在波纹管最高点和最低点。先在波纹管上方开一直径 20mm 的圆孔，在开口上用带嘴的塑料压板和海绵覆盖，并用铁丝固定在波纹管上，接头周边用胶带封严，以防漏浆，在塑料压板的嘴上接上直径 25mm 的塑料管，向处延伸至梁面以上 500mm。

(2) 锚夹具

预应力锚夹具有多种型号，锚具、夹片和连接器到场后，除应按出厂合格证和质量证明书检查其锚固性能类别、型号、规格及数量外，还应进行：

①外观检查：从每批中抽取 10% 的锚具，检查外观和尺寸；

②硬度检验：从每批中抽取 5% 的锚具，对其中有硬度要求的零件做硬度试验；

③静载锚固性能试验：当质量证明书不齐全、不正确或质量有疑点时，经上述两项试验合格后，进行静载锚固性能试验。

在安装使用时应认真核对锚夹具的型号、规格。

(3) 穿束

预应力筋是重要的受力筋，张拉后即处于很高的应力状态，其质量的好坏直接影响到整个箱梁的质量。因此，除进场时严格按照规范逐盘逐根进行外观检查外，还应及时按批号取样送检，进行直径偏差和力学性能试验，经试验合格后才能使用。同时，预应力筋存放时注意遮盖，不得露天存放和避免油类及腐蚀性介质污染。

预应力筋的下料应通过计算确定，计算时应考虑结构的孔道长度、锚夹具的厚度、千斤顶的长度和外露长度等因素。

钢绞线下料时用砂轮机切割，切割口的两侧各 5cm 处先用铁丝绑扎，然后下料切割。切割后应立即用铁丝将端头扎牢，以防松散。

钢绞线编束应在干净平整的水泥地坪上编束，使钢绞线平直，以防钢束受污染。将束内各根钢绞线编号并按顺序摆放平整，每根钢绞线之间确保顺直，

不得有扭曲变形。在编束前应用专用工具将钢束梳一下，以防钢绞线绞在一起。然后将其每隔 1m 用 22#铁丝编制，合拢捆扎牢固，防止互相缠绕。

钢绞线编束完成后即穿入波纹管。穿束前仔细检查波纹管内是否干净或通畅，清理完后即开始穿束。穿束时，采用人工向前送入。送入时要缓慢均匀，根据情况调节送入速度和方式。

在封锚端模板安装前将锚垫板用螺丝固定，锚垫板的位置根据设计图纸提供的座标进行安装，保证位置准确。

穿束前，将每一束内的各根预应力钢束按顺序编号，在构件两端检查，防止其在孔道内交叉扭结。

5.5.5、混凝土

(1) 材料及混凝土技术要求

①混凝土设计级别 C50， $f_c=33.5\text{Mpa}$ ， $f_{ct}=3.1\text{Mpa}$ ， $E_c=3.55\times 10^5\text{Mpa}$ 。

②碎石粒径 5-25mm，砂子粒径为中砂偏粗，水泥采用 525#硅酸盐或普通硅酸盐水泥，水采用运河水。

③加强骨料控制，对碎石的针片状及石粉含量，从采石场就应该严格控制，进场时严格检查，不合格者一律不用，碎石全部进行筛洗。

④混凝土最大水泥用量宜在 $450\text{Kg}/\text{m}^3$ 以下，一般不超过 $500\text{ Kg}/\text{m}^3$ ，水灰比 0.4，具体用量按试验确定。

⑤混凝土应掺用高效减水剂，其掺量根据试验确定。

⑥配制混凝土拌合物时，水、水泥、外加剂的用量应准确到 $\pm 1\%$ ，粗细骨料的用量应准确到 $\pm 2\%$ ，（均以重量计），所使用的称料衡器应定期检查校正。

⑦混凝土坍落度（指混凝土到达作业点时）采用 12-14cm

⑧混凝土初凝时间不少于 10 小时。

⑨因混凝土强度达到设计强度的 85%以上同时养护龄期不少于 7 天才能施加预应力，为加快施工进度，争取工期，要求五天强度达到 40Mpa 。

(2) 混凝土浇筑

混凝土浇筑前应对支架、模板、钢筋和预埋件进行认真检查，清除模板内的杂物，并用清水对模板进行湿润并认真冲洗。

混凝土浇筑使用固定泵，分别设置在两边岸侧，往箱梁模板内泵送混凝土。

0#块及边跨现浇段箱梁混凝土分两次浇筑，第一次先浇筑底板和腹板的混凝土，浇筑高度至箱梁悬臂板根部。待内模顶板模板安装完，顶板钢筋绑扎完成，顶板横向预应力索安装结束后，第二次浇筑顶板和悬臂板的混凝土。对于悬臂挂篮施工的箱梁节段，混凝土一次性浇筑完成，浇筑底板时，在箱梁顶板上预留灌注孔，输送泵直接送至底板，待底板浇筑完成后，及时封堵灌注孔。混凝土浇筑先从底板开始，底板浇筑完成后，再浇筑腹板，左右两侧腹板同时浇筑，然后浇筑顶板、翼板。

腹板混凝土按水平分层浇筑，分层厚度不得超过 30cm，铺好后即开始振捣，每层砼在初凝前必须振捣完成。浇筑时用插入式振捣器振捣，避免振动棒碰撞模板及其它预埋件，尤其注意避开波纹管，防止水泥浆堵塞波纹管。

在箱梁浇筑腹板混凝土时，还应特别注意腹板和底板的交接处，此处混凝土如果振捣太过了，会导致混凝土从底板溢出，如果振捣不充分，则内模脱模后混凝土表面会有很多蜂窝麻面，严重的会露筋。因此必须严格掌握振捣时间，此处摊铺时选择坍落度较小的混凝土；同时内模安装时，下侧内八字角处往底板延伸一块模板，压住底板的混凝土上浮等多种措施，来保证混凝土浇筑质量。

对已经捣实并初凝或不能重塑的砼区段或层次，不得受到直接或间接的振动。浇筑中应经常检查波纹管定位钢筋及模板的变化情况，发现问题及时处理。

在锚垫板及螺旋筋处的钢筋较密，砼流动性较差，施工时根据情况保证振捣质量。

砼初凝之后，模板不得振动，伸出的钢筋不得承受外力。

箱梁各部位的浇筑日期、时间及浇筑条件都应保持完整的记录。

此外，混凝土浇筑的同时必须按规定制作试块，一组与箱梁同条件养护，其余的试块在标准养护室养护。

（3）混凝土灌注方法

①混凝土灌注前，应对模板、钢筋、预应力管道、支座板、预埋件及挂篮后锚固孔、筋位置进行详细检查，模板内的杂物应清理干净，并办理签证手续。

②混凝土入模、腹板、底板采用设置串筒的办法，防止混凝土自由下落和与钢筋、管道碰撞发生离析，底板串筒穿过顶板“天窗”，按间距 1~1.5 米布置，腹板则直接安放，间距仍按 1~1.5 米布置，顶板则翻铲直接入模，混凝土

吊斗下灰时，宜在梁顶设置存灰盘。

③混凝土振捣：混凝土振捣以内部插入振捣为主，腹板下梗肋处可视情况安装附着式振动器辅以侧振，在灌注底、顶板混凝土时采用 B-50 插入式振捣器，在灌注腹板及隔墙时采用 B-50 及 B-30 插入式振捣器（软轴不够长可两根接成一根）。

④混凝土灌注采用斜向分段、水平分层，分层厚度 30cm。

⑤混凝土灌注作业，必须保证不间断进行，其上下层混凝土灌注的间隔时间 2h~3h。

⑥灌注腹板混凝土时，混凝土容许在内模的水平压板下冒出，其冒出的混凝土不要过早铲除，需待混凝土稳定后再作处理。

⑦混凝土振捣是保证混凝土质量的关键工序，操作时要遵守规定的灌注顺序及振捣距离，实行分区定人负责和检查，在横隔墙的永久支座处，必须采取可靠措施，确保混凝土灌注质量。

⑧夏季施工时，应尽量安排一天中较低温度下灌注混凝土。

⑨混凝土灌注完毕后应注意：

清除轧丝锚支承板上的混凝土及横竖向筋张拉槽内混凝土，以利张拉施工。

找平底板面的混凝土，让内侧模板的水平模板侧面暴露出来，并用铁皮抹子，在水平模板侧下，刮出一条缝隙，以利脱模。

纵向波纹管均需进行清孔和通孔检查。

（2）混凝土运输

混凝土采用混凝土搅拌车运输到工地，转由地泵输送上桥，再由斗车装运到下料点下料。混凝土采用一次全断面浇注成型，灌注速度要求达到 30~40m³/h。

（4）混凝土养护

①混凝土的养护用水为德胜河水。

②底板、顶板混凝土收浆后 2 小时左右，即铺土工布并洒水养护，洒水养护的时间不得少于 7d，在有风天气，覆盖物要防大风刮跑。

5.6、预应力筋的张拉、孔道压浆及体系转换

5.6.1、预应力筋张拉

5.6.1.1、预应力筋布置

(1) 纵向预应力

纵向预应力筋采用 15- ϕ^j 15.20 高强度低松弛钢绞线，标准强度 $f_{pk}=1860\text{MPa}$ ，锚下张拉控制应力：顶板 $\sigma_k=1250\text{MPa}$ ；底板、腹板 $\sigma_k=1300\text{MPa}$ 。钢绞线沿着箱梁腹板、顶板、底板纵向布置，均采用**两端同时张拉**。张拉采用张拉力与张拉伸长量双控。

(2) 横向预应力

横向预应力筋采用 5- ϕ^j 15.20 高强度低松弛钢绞线，标准强度 $f_{pk}=1860\text{MPa}$ ，锚下张拉控制应力 $\sigma_k=1302\text{MPa}$ ，采用**单端张拉**。钢绞线沿桥轴线按 50cm 间距横向布置在箱梁顶板内，如横向预应力筋与竖向预应力螺纹钢筋管道相碰时，可适当移动竖向预应力螺纹钢筋。

(3) 竖向预应力

竖向预应力采用 $\Phi 32\text{mm}$ 精轧螺纹钢筋，标准强度 $f_{pk}=830\text{MPa}$ ，张拉控制应力 $\sigma_k=705.5\text{MPa}$ 。精轧螺纹钢筋沿桥轴线按 50cm 间距横向布置布置在腹板内，浇筑在混凝土内，在顶板张拉。张拉时采取**反复张拉**措施，确保锚固时锚具回缩量不大于 1 毫米。

5.6.1.2、纵向制孔与横向、竖向予应力筋安装

(1) 纵向制孔

①波纹管使用前，应按规定进行抽样检验，其各项技术性能满足相应技术标准后，方可投入使用。

②波纹管沿长度方向通过定位钢筋网控制横向位置尺寸。

③波纹管接头采用套接方法，套接波纹管长度 250mm，每侧套入长度 125mm，套接管规格应比制孔规格大一号，套接两端均用胶布密封，波纹管套入喇叭管内长度 $\leq 50\text{mm}$ ，为防止渗浆，应在喇叭管内波纹管口上用棉花和棉纱塞实，并用胶布封裹。

④波纹管应按设计图纸尺寸下料并编号。

⑤制孔偏差：

安装位置在端模板处允许偏离设计位置 $\leq 5\text{mm}$ ，其它部位 $\leq 10\text{mm}$ 。

锚垫板平面和孔道轴线，两者必须垂直，否则应纠正，锚垫板高度范围内

的不垂直度 $\leq 1\text{mm}$ 。

(2) 横向予应力筋安装

①横向予应力筋采用扁波纹管制孔，波纹管与绞线束在梁体顶板顶层钢筋网绑扎前，经配套后，同时进行安装。

②横向予应力筋固定锚头端锚具，工地制作难以保证质量，宜工厂批量生产，力筋在进场前，应按规定抽样检验其各项性能指标，尤其是锚固性能。

③横向预应力筋沿桥梁纵向按设计要求每两根交替张拉端进行布置。

④扁波纹管在与绞线束配套时，死锚头端绞线束外露长度设计要求为950mm，此端波纹管端部应按规定设置出浆孔。

⑤绞线束与扁波纹管在安装时通过定位钢筋网控制位置，死锚头端通过固定筋予以固定。

⑥波纹管接头宜现场制作 $L=250\text{mm}$ 铁皮套管，每侧套入长度 125mm，套接两端均用胶布封密，波纹管套入喇叭管长度 $\leq 50\text{mm}$ ，端口用棉花等堵死，以防漏浆。

⑦单项张拉钢绞线预留工作长度 $\geq 300\text{mm}$

⑧安装偏差：同纵向制孔。

(3) 竖向予应力筋安装

①力筋在进场前，按规定抽样检验其各项性能指标。

②死锚头端锚具需与箱梁构造钢筋绑扎在一起。

③力筋沿高度方向设置平面位置定位网。

④力筋宜在立内模前安装。

⑤力筋在张拉端锚板外预留工作长度 $\geq 300\text{mm}$ 。

⑥安装偏差：同上。

5.6.1.3、预应力筋张拉

(1) 钢绞线下料与穿束

①按设计长度及穿束要求进行下料，下料时可用轻型变速砂轮机截断，严禁用电弧切割，钢绞线在切断前，应在切割点两侧 3~5cm 处用铁丝绑扎，以免散头，切断后的端头可用电焊焊牢。

②用梳板将钢绞线理顺编成一束，每隔 1~1.5m 用 18#镀锌铁丝绑扎 6~10

圈，在钢绞线束两端各 2m 区段内要加密至 50cm。

③在穿束前，宜用检孔器对孔道全程试通一遍。

④穿束前，宜在钢绞线端部设置牵引头，以免刺穿波纹管。

⑤可用卷扬机或穿束机进行穿束。

⑥穿束时，在孔道穿入端宜边穿边浇中性肥皂水，以减少摩阻力。

(2) 张拉前的准备工作

①按照设计要求，张拉时混凝土强度应达到设计强度的 85%以上（竖向为 90%），根据施工经验及规范，张拉时间不少于 7 天，张拉前通过同条件养护试块的强度试压，达到 42.5Mpa (竖向为 45Mpa) 以上即可张拉。

②施加预应力所用的千斤顶及压力表应定期维护和校验，千斤顶与压力表必须配套校验，以确定张拉力与压力表之间的关系曲线。当千斤顶使用 1 个月或 200 次或在使用过程中出现不正常现象或检修以后应重新校验。

③检查钢绞线的位置、编号、数量是否正确。将钢绞线顺直，确保没有扭结现象。检查锚具，不得有油污、铁屑、泥砂等杂物。

④安装千斤顶。将预应力钢束穿入千斤顶，锚环对中，并将张拉油缸先伸出 2~4cm，便于张拉复位后工具锚的拆除。在千斤顶尾部安上垫板及工作锚，将预应力钢束夹紧。为便于松开销片，安装前锚孔中要均匀地涂抹一层厚约 1mm 的蜡质润滑剂，以便张拉完毕后能自动松开。

⑤工作锚、顶压器、工具锚之间的钢绞线一定要保持顺直，切不能相互扭结，以保证张拉的顺利进行。

⑥张拉人员由具备预应力施工知识和正确操作的施工人员组成，人员齐全并全部到场，对操作人员进行技术交底，并发给简明操作单，各个程序记录、监督、检查有固定的技术员。

⑦梁体如有影响承载力的缺陷，应事先修整，并达到规定强度后，方可预加应力，梁体缺陷严重者，必须报指挥部研究具体修补方案，所有缺陷修补前均应有缺陷记录，征得监理工程师同意后方可处理。

⑧锚具按规定检验合格（工地仅检验其尺寸及硬度）。

⑨如果管道口歪斜或锚板不垂直于力筋，在张拉时必须配偏垫以免产生应力集中或刻伤力筋。

(3) 预应力筋张拉

①张拉程序为:

钢绞线: $0 \rightarrow 2\sigma_0 \rightarrow 4\sigma_0 \rightarrow 7\sigma_0 \rightarrow \sigma_k \rightarrow \text{持荷 } 2\text{min} \rightarrow \text{锚固}$

精轧螺纹钢: $0 \rightarrow \sigma_0 \rightarrow 2\sigma_0 \rightarrow \sigma_k \rightarrow \text{持荷 } 2\text{min} \rightarrow \text{锚固}$

σ_0 为张拉初应力, 一般取 $10\%\sigma_k$, σ_k 为张拉控制应力。

②张拉方式: 根据设计要求, 分别采用两端张拉或单端张拉。

③张拉顺序: 预应力筋的张拉顺序必须符合设计要求, 采取分批、分阶段对称张拉, 最大不平衡束不应超过 1 束。张拉顺序先腹板束, 后顶板束, 从外到内左右对称进行。同一节段的预应力按先张拉箱梁纵向预应力筋, 再张拉横向预应力筋, 然后张拉竖向精轧螺纹钢。施工时最靠近梁段悬臂端的横、竖向预应力同下一节段的横、竖向预应力一起张拉。

纵向预应力筋张拉顺序: 当节段砼达到设计强度的 85% 后, 对称张拉顶板悬臂束; 在施工合拢段之前, 对称张拉临时合拢束, 当合拢段砼达到设计强度的 90% 后, 对称张拉顶板合拢束, 并将顶板临时合拢束继续张拉至设计吨位; 对称张拉底板合拢束, 先张拉长束, 后张拉短束, 并将底板临时合拢束张拉至设计吨位。注意每批预应力应依次张拉, 避免过多张拉单侧的预应力导致箱梁受力不均匀。

横向预应力筋张拉顺序: 每一节段的纵向预应力束张拉完成之后, 自节段根部开始顺序张拉横向预应力束, 每一节段靠近施工缝处的最后一根预应力束与下一节段预应力束一起张拉。钢绞线张拉时先张拉扁锚中间束, 再张拉两边束。

竖向预应力筋张拉顺序: 每一节段的纵、横向预应力束张拉完毕后, 立即进行竖向精轧螺纹钢的张拉, 张拉时采取反复张拉 (采用二次张拉工艺, 间隔时间不少于 7 天), 张拉至最大值后再锚固。张拉时锚具回缩量控制在 1mm 以内, 每一节段靠近施工缝处的最后一根粗钢筋与下一节段粗钢筋一起张拉。

④张拉控制: 以应力控制为主, 以伸长值进行校核。

⑤张拉过程中的应力、伸长量等均应仔细准确, 并认真填写记录。

⑥张拉过程中控制好预应力筋的伸长率, 偏差不超过 $\pm 6\%$ (预应力筋理论伸长量)。

(4) 张拉过程中的注意事项

- ①张拉设备要与校验时的编号一致，应配套使用，不得混淆。
- ②千斤顶油压不超过最大张拉油压。
- ③千斤顶的张拉油缸进油时，回程油缸和液压顶压器油缸必须处于回油状态。
- ④千斤顶的回程油缸进油时，张拉油缸必须处于回油状态。
- ⑤张拉过程中的钢绞线断丝量及锚固后的滑移情况，不得超过施工技术规范的规定。
- ⑥要注意安全，操作人员严格遵守操作规程，千斤顶后部不得站人。

(5) 预应力施工的质量要求

预应力的施工以应力控制为主，伸长值作为校核。设计图中钢绞线的伸长值指锚具内侧从 0 张拉到控制应力值时的伸长量，工程施工中应根据现场千斤顶长度进行相应换算。预应力施工应符合下列规定：

- ①在锚固后，两端伸长值之和不超过计算值的 $\pm 6\%$ 。每端钢绞线回缩量不大于 6mm。
- ②每个断面断、滑丝总数不超过总数的 1%。且一束内断丝不超过一丝。
- ③锚固后夹片表面应平整。
- ④因处理滑丝断丝而引起钢绞线重复张拉时，同一束次数不超过 3 次，若钢丝与锚具因滑丝而留有明显刻痕时，应予以更换。

(6) 预应力施工注意事项

①伸长值按千斤顶在张拉中的行程变化测量。实际张拉过程中，可能会出现实测伸长值超出控制范围的情况。可从几个方面查找原因：a 实际测量是否有误；b 是否按规程操作；c 是否有滑移现象；d 锚夹具是否存在“非弹性变形”；e 张拉机具是否出故障；f 计算伸长值时，各种参数的测定或采纳是否正确，计算是否有问题等。

②在整个张拉过程中，要检查有无滑丝现象。

③必须认真作好张拉记录，不得涂改原始数据，并及时将记录交有关人员审核。

④在处理滑丝断丝时，张拉力不得使钢丝应力超过钢丝的屈服强度。

⑤滑丝断丝现象如果发生在锚固前，应立即停止张拉，处理后再重新张拉。如果发生在割丝后，可用气割设备缓慢加热切割一端锚环，然后换束重新张拉。

⑥在终张拉完成后应对锚具进行防锈处理。

(7) 安全要求

①张拉时千斤顶后不准站人，也不得踩踢高压油管。

②张拉时发现张拉设备运转声音异常，应立即停机检查维修。

③锚夹具应设专人妥善保管，避免锈蚀、玷污、遭受机械损伤或散失。

(8) 割丝要求

张拉完成后检查确认无滑丝断丝现象方可割丝，切断处距夹片 3~4cm，割丝必须用角磨机切割。

5.6.2、孔道压浆

由于本桥为分节段悬臂浇筑的箱梁，因此，箱梁结构的安全性便成为一个很重要的环节。在后张有粘接预应力混凝土结构中，预应力筋和混凝土之间的共同工作以及预应力筋的防腐蚀是通过在预埋孔道中灌满水泥浆来实现的，通过采用压浆法来灌浆，来确保工程质量。

5.6.2.1、水泥浆的配合比设计

(1)浆体设计是压浆工艺的关键之处，合适的水泥浆应是：①和易性好（泌水性小、流动性好）；②硬化后孔隙率低，渗透性小；③具有一定的膨胀性，确保孔道填充密实；④高的抗压强度；⑤有效的粘接强度；⑥耐久性。

(2)为了防止水泥浆在灌注过程中产生析水以及硬化后开裂，并保证水泥浆在管道中的流动性，为使水泥浆在凝固后密实，则掺入少量的添加剂。但不得含有对预应力筋和水泥有损害的物质，尤其不得含有氯化物和硝酸钙等腐蚀性介质。另外，添加剂中所含的膨胀成份严禁含有铝粉。主要作用：①改善水泥浆的性质，降低水灰比，减少孔隙、泌水，消除离析现象；②降低硬化水泥浆的孔隙率，堵塞渗水通道；③减少和补偿水泥浆在凝结硬化过程的收缩和变形，防止裂缝的产生。

(3)水泥浆配合比的各项指标：①流动度要求：搅拌后的稠度为 14~20S；②水灰比：0.3~0.4，为满足可灌性要求，一般选用水泥浆的水灰比最好在 0.3~0.34 之间；③泌水性：小于水泥浆初始体积的 2%；拌和后 24h 水泥浆的泌水

应能被吸收。④初凝时间：3~6h；⑤体积变化率：0~1.5%；⑥强度：7 天龄期强度大于 43Mpa；⑦浆液温度： $5^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{浆液}} \leq 35^{\circ}\text{C}$ ，否则浆体容易发生离析。

5.6.2.2、切割钢绞线

(1)钢绞线束张拉完毕 24 小时后复查，确认无滑丝、断丝后才能切割钢绞线。应采用角磨机切割钢绞线，钢绞线头应伸出锚具夹片外 3~4cm。

(2)以压力水冲洗管道，并以压缩空气清除管道内积水及污物。

(3)压浆前应将锚环与夹片间的空隙填实，防止孔道压浆时冒浆。

(4)在锚垫板上安装压浆罩盖。

5.6.2.3、压浆施工方法

(1)压浆时间根据施工情况调整，应及时进行压浆，其间隔时间不得超过 3 天。

(2)压浆采用真空辅助压浆技术，压浆工艺流程如下：

①在压浆孔道出口及入口 处安上密封阀门，将真空泵连接在非压浆端上，压浆泵连接在压浆端上。以串联的方式将负压容器、三向阀门和锚垫板压浆孔连接起来，其中锚垫板压浆孔和阀门之间用透明塑料管连接。

②压浆前关闭所有的排气阀门（连接真空泵的除外），启动真空泵抽真空，使压力达到 -0.08MPa 。在真空泵运转的同时，启动压浆泵开始压浆，直至压浆端的透明塑料管中出现水泥浆，打开压浆三向阀门，当阀门口流出浓浆时关闭阀门，继续压浆并在 0.7MPa 压力下保压 2min。

(3)压浆前用压力水冲洗孔道，压力水从一端压入，从另一端排出。

(4)每一孔道于两端先后各压浆一次。两次的间隔时间以达到压注的水泥浆既充分泌水又未初凝为度，根据经验按 30~45min 控制。通过部分孔道施工实践证明水泥浆的泌水率较小，压浆可达到饱满，质量较好时，我们根据情况采取一次压浆的方法。

(5)压浆时缓慢、均匀地进行。压浆必须连续完成，以免水泥浆窜到邻孔后凝固、堵塞孔道。

(6)当构件一端排气孔排出空气→水→稀浆及浓浆时，用木塞塞住，并稍加大压力，稳压（不低于 0.5MPa ）停顿一段时间（不低于 2min），再关闭压浆孔端的阀门，从压浆孔拔出喷嘴，待水泥浆终凝后再拆除阀门。

(7) 压浆后立即检查压浆的密实情况，如有不实，及时再压浆补充。

(8) 压浆过程中及压浆后 48h 内，结构混凝土温度不低于 5 摄氏度，否则采取保温措施。当气温高于 35 摄氏度时，压浆改在夜间进行。

(9) 水泥浆应按规定制作试块，其尺寸为 $7.07 \times 7.07 \times 7.07 \text{cm}$ ，以检查其强度。

(10) 压浆中途发生故障、不能连续一次压满时，应立即用压力水冲洗干净，故障处理后再压浆。

(11) 压浆人员应详细记录压浆过程，包括每个管道的压浆日期、水灰比及掺加料、压浆压力、试块强度、障碍事故细节及需要补做的工作。这些记录的抄件应在三天内送交监理工程师。

5.6.2.4、封端

压浆完毕后，即将横向力筋张拉槽以及竖筋张拉槽锚头处被临时切断的钢筋焊接复位，端混凝土经凿毛冲洗后，并用 C50 混凝土填封。

5.6.3、体系转换

箱梁合拢，是控制全桥受力状态和线型的关键工序，它包含了线性控制、设计控制应力、体系转换、合拢精度、箱梁温度伸缩等一系列悬臂浇筑连续梁施工的重点和难点。因此必须严格控制合拢顺序和工艺。全桥分两个合拢阶段，第一阶段合拢边跨，第二阶段合拢中跨，其施工顺序和施工要点为：

5.6.3.1、边跨端现浇段的设置

边跨端现浇段用落地式支架现浇，见 5.4.1 章节。

5.6.3.2、合拢施工

合拢施工见 5.4.2 章节。

5.6.3.3、体系转换

在临时张拉完边跨合拢段 2 根 T12 和 D1 预应力束后，释放合拢段支撑进行箱梁的第一次体系转换，先拆除边跨合拢吊架，拆除梁段支架及边墩临时支撑，同时拆除中墩除水平约束以外临时约束，清理桥面上的各种杂物，特别是边跨箱梁面上。

箱梁第一次体系转换前，先将中跨现浇段箱梁 0#梁段底模下支垫的 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 方木逐步拆除，拆除时先从中间开始逐步往两边推进，并清理箱梁

底面下的各种支垫物，确保无任何支撑；然后敲碎两边墩盆式支座旁临时支座，直至箱梁落下盆式支座受力，完成箱梁的第一次体系转换。

在临时张拉完中跨合拢段 2 根 T11 和 B1 预应力束后，并清理箱梁底面下的各种支垫物，确保无任何支撑，释放合拢段支撑进行箱梁的第二次体系转换，先拆除中跨合拢吊架，拆除中墩临时水平约束（0#梁段临时固结精扎螺纹钢退锚并割除），清理桥面上的各种杂物，特别是箱梁面上，完成箱梁的第二次体系转换。

5.7、夏季混凝土施工注意事项

本桥连续梁施工为 3 月底-8 月。夏季气温高，干燥快，新浇筑的砼可能出现凝结速度加快、强度降低等现象，这时进行砼的浇筑、修整和养护等作业时应特别细心。

（1）砼拌制和运输

砼拌制时应采取措施控制砼的升温，并一次控制附加水量，减小坍落度损失，减少塑性收缩开裂。在砼拌制、运输过程中可以采取以下措施。

①使用减水剂取代部分水泥以减小水泥用量。砼拌合物的运输距离如较长，需要较高坍落度的砼拌合物，应使用高效减水剂。高效减水剂还能够减少拌合过程中骨料颗粒之间的摩擦，减缓拌合筒中的热积聚。

②向骨料堆中洒水，降低砼骨料的温度；如有条件用地下水或井水喷洒，冷却效果更好。

③对于高温季节里长距离运输砼的情况，可以考虑搅拌车的延迟搅拌，使砼到达工地时仍处于搅拌状态。

④应做好施工组织设计，以避免在日最高气温时浇筑砼。在高温干燥季节，晚间浇筑砼受风和温度的影响相对较小，且可在接近日出时终凝，而此时的相对湿度较高，因而早期干燥和开裂的可能性最小。

（2）砼浇筑和修整

在夏天炎热气候条件下浇筑砼时，要求配备足够的人力、设备和机具，以便及时应付预料不到的不利情况。

①检测运到工地上的砼的温度，必要时可以要求搅拌站予以调节。

②夏季砼施工时，振动设备较易发热损坏，故应准备好备用振动器。

③与砼接触的各种工具、设备和材料等，如泵管、钢筋等，不要直接受到阳光曝晒，必要时应麻袋覆盖并洒水冷却。

④浇筑时，应先湿润模板。

⑤夏季浇筑砼应精心计划，砼应连续、快速的浇筑。砼表面如有泌水时，要及时进行修整。

⑥当根据具体气候条件，发现砼有塑性收缩开裂的可能性时，应采取措施（如喷洒养护剂等），以控制砼表面的水分蒸发。

砼表面水分蒸发速度如超过 $0.5\text{kg}/(\text{m}^2/\text{h})$ 时就可能出现塑性收缩裂缝；当超过 $1.0\text{kg}/(\text{m}^2/\text{h})$ 就需要采取适当措施，如冷却砼，向表面喷水或采用防风措施等，以降低表面蒸发速度。

（3）砼的养护

夏季浇筑的砼，如养护不当，会造成砼强度降低或表面出现塑性收缩裂缝等，因此，必须加强对砼的养护。

①在修整作业完成后或砼初凝后立即进行养护。

②优先采用蓄水养护方法，连续养护。在砼浇筑后的 1~2 天，应保证砼处于充分湿润状态，潮湿养护时间不小于 14 天。

③对于大面积的箱梁，采用养护剂养护较为实用方便。白色养护剂所形成的薄膜还能反射太阳光，降低热量吸收，抑制砼的温升。

④混凝土养护采用表面覆盖土工布，并洒水保持湿润。

5.8、混凝土施工应急预案

连续箱梁分为满堂支架现浇段和悬浇段，均为全横断面一次性浇注，为了保证每个梁段安全连续地浇注完，我部制定了以下施工应急措施：

（1）施工人员

我部安排专人统一指挥现场施工，技术员及实验人员在混凝土浇注现场进行全过程值班，作业人员准备两班，以保证混凝土连续浇注和浇注完后的及时养护。

（2）施工机械设备

①每次混凝土浇注前准备混凝土泵车两辆，其中一辆备用；

②每次混凝土浇注前准备混凝土运输车六辆，其中两辆备用；

- ③每次混凝土浇注前备用发电机两台，其中搅拌站一台，施工现场一台；
- ④HLS-90 型双楼双机拌合站 1 套（6 个存料罐）；
- ⑤混凝土振捣棒十四套，其中六套备用；

（3）混凝土运输道路

①每次混凝土浇注前对砼运输道路进行清理，保证砼运输道路在砼施工期间通畅。

②混凝土施工期间安排专人负责混凝土运输道路，及时解决混凝土运输道路上遇到的各种问题和障碍，保证混凝土的连续浇注。

5.9、施工中应重点注意事项

（1）全桥施工步骤严格按照设计所要求的施工条件及施工顺序进行施工。每个墩先施工墩顶 0[#] 块，然后拼装挂篮分段对称进行悬臂浇筑，合拢时先合拢边跨，最后进行中跨合拢段的浇筑。

（2）悬浇挂篮及模板重量应严格控制，最大变形量不大于 20mm，合拢段模板及支架重量亦必须严格控制，如超出设计的要求，应报请设计重新检算。

（3）悬浇施工中，应尽量对称施工，严格控制箱梁自重。大风天气应停止施工，并在台风来临之前采取加固措施，防止挂篮坠落。

（4）为确保全桥线形符合设计要求，必须对每个施工过程前后的梁面高程进行测量记录，并根据记录总结出实际线形变化规律，及时作出适当修正。

（5）制孔波纹管应严密且不易变形，孔道位置必须准确，其坐标误差不得超过 5mm，接头处应保持平顺，钢束锚固端的支撑垫板必须垂直于孔道中心线，在浇筑过程中，不得破坏波纹管，并采取措施确保管道不发生位移，尤其应避免管道上浮，防止破坏性局部应力的产生。

（6）压浆时必须保证孔道密实。

（7）合拢段的临时锁定型钢焊接和砼浇筑必须在一天中最低气温时完成，确保合拢段砼的凝固处于温升阶段，并应加强砼的养护工作，达到强度后及时张拉预应力束，尽量避免合拢段由于温度和砼收缩等原因产生裂缝。

（8）砼浇筑采取水平分层，悬浇节段一次整体浇筑成型，0[#] 块及边跨现浇段分两次浇筑。当砼倾落高度超过 2m 时，应采用溜槽或导管输送，砼浇筑完毕后应及时养护，确保砼的施工质量。

(9) 边跨现浇段在安装盆式支座前, 应将支座的相对滑移面擦拭干净, 在四氟板的储油槽内注满硅脂油, 并注意硅脂保洁。支座安装标高应符合设计要求, 四角高差不得大于 1mm, 活动支座的四氟板必须完全搁置在盆中, 使充分发挥其受力及位移功能。盆式支座的上预埋板按照设计要求设置预偏量。

(10) 在施工过程中, 必须严格按照设计和施工规范要求进行施工, 每一梁段施工完毕后, 必须经过以下几个方面的校核, 方能进行下一梁段的施工:

①桥墩中心线、箱梁截面各部位尺寸及中心线误差必须满足施工规范要求。

②砼强度必须达到设计要求。

③预应力钢束的张拉必须满足设计和施工规范要求。

④在整个施工过程中, 控制截面的实测应力值必须满足设计要求。

⑤由施工挂篮、节段自重及预应力张拉等因素产生的挠度测量值应符合计算值, 如有不符之处, 及时查明原因, 并根据实际情况采取相应措施及时处理。

(11) 在全桥施工过程中, 应对每一梁段施工时的截面应力及各节段变形进行监测, 以指导下一梁段的施工。

(12) 在浇筑砼时, 必须及时埋入所有的预埋构件及预留孔洞, 对箱梁腹板与底板及顶板连接处的承托、预应力锚固区和预应力管道, 普通钢筋密集处, 以及箱梁横隔板处, 必须特别注意加强振捣, 尤其在预应力管道下方, 特别注意振捣, 以免出现空洞而影响结构的安全。

6、施工测量控制

由于箱梁为悬臂分段浇筑, 且从墩顶 0[#]块开始浇筑, 逐渐往中跨分段施工, 因此必须严格控制每个节段的平面位置及高程, 使梁体线形符合设计要求。

6.1、平面位置测量

首先用全站仪在各个桥墩定出桥梁中心线位置, 测设主桥各跨长度是否与设计相符, 定出墩中心位置; 然后定出桥梁中心线, 在墩顶做好标记, 指导 0[#]块支架搭设、底模安装。在支架预压完成后, 必须再次对底模进行复测, 检查底模的标高和平面位置, 确保准确。

在 0[#]块砼浇筑完毕后, 将横向桥墩中心、纵向桥梁中心线全部布置在箱梁顶板混凝土面上, 便于后续施工段平面位置的测控。

在各节段施工时, 将全站仪置于已浇筑完的 0[#]块箱梁砼面中心线上, 照准

前后各墩上的中心线，定出待施工节段箱梁挂篮的平面位置。

6.2、高程测量

高程测量的目的，是确保箱梁高程严格符合设计及监控的要求，了解箱梁每节段混凝土浇筑对线形的影响。

在支架、挂篮进行预压时，严格观测支架、挂篮高程的变化，特别是卸载前后支架及挂篮各部分的高程变化情况，以便推算出支架及挂篮的弹性变形是否与原计算相符，在随后箱梁底模铺设时可进行相应的调整，设置一定数值的预留量。

高程测量在每个墩顶 0# 块上设置临时水准点，挂篮每节段高程测量都必须从 0# 块的基准点往前引测。箱梁每节段的高程测控，事先在箱梁内预埋观测点，必须对箱梁每节段施工全过程进行测控，观测箱梁标高变化，并且做好每个点的高程跟踪表，随时掌握情况，以便出现异常变化能够及时采取措施。

6.3、施工测量控制

线性高程测量：在规定时间内按几何水准测量的方法进行，观测前，必须校正水准仪 i 角 $<10''$ ，及做好水准点标志的检查等准备工作。观测时，必须在梁体较稳定的状态下进行，从一施工水准点开始，最后又闭合到另一施工水准点；安置仪器尽量使前后视线相等，力求在最短的时间段内完成，减少或消除 i 角、大气条件及施工荷载变化对其的影响。其观测成果包括已浇筑主梁顶面高程线性点的瞬时绝对高程，通过相对高差传递换算，最后提供各部位相应测点的实时绝对高程值，与设计高程比较，作为以后施工控制的依据。

主梁中线测量：由于主梁采用节段施工，梁体受钢筋、砼收缩徐变、现浇段超重、施工偏差等影响，将导致梁体产生局部变形或引起整个梁体偏离桥梁中心线方向。为保证主梁位置正确，必须进行中线测量，随时调整其偏差值。其方法：将全站仪安置在各墩中心点上，以另一墩中心点为后视方向，对于与后视方向同侧的主梁中线测量，采用视准线法直接用小钢尺测量每一节段主梁中心点的偏离值；而对于与后视方向相反的主梁中线测量，则采用正倒镜法，依次量测每一段主梁中心点的偏离值，最后取两次结果的平均值作为主梁中心点的偏离值。

为保证测量精度，减少温度、阳光等大气条件对测量误差的影响，所有测

量尽可能安排在早上 9:00 以前,或者傍晚 16:00 以后进行。

6.4、施工测量人员安排

成立测量监控领导小组,在中南大学长沙铁道学院检测试验中心的技术指导下,全面负责本桥连续梁施工的测量控制。测量监控领导小组组长为唐金虎、成员有邓良、陆孔辉、李叶君。

6.5、施工监控实施细则

施工监控实施细则见附件。

7、质量保证措施

7.1、编制作业指导书及技术交底制度

每项工程开工前,主管工程师根据设计及技术要求编制作业指导书,并向全体施工人员进行技术交底,讲清该项工程的设计要求、技术标准、功能作用及与其它工程的关系,施工方法和注意事项等,使全体人员在彻底了解施工对象和掌握施工方法的情况下投入施工。

7.2、“三检”及工序交接检制度

“三检”即:施工中进行自检、互检、交接检。工序交接检即:每道工序完成后,必须进行合格检验,并经监理签证,做到上道工序不合格,不准进入下道工序。确保各道工序的工程质量。工序交接制度坚持做到:“五不施工”即:未进行技术交底不施工;图纸及技术要求不清楚不施工;测量桩橛和资料未经换手复核不施工;材料无合格证或试验不合格者不施工;上道工序不经检查签证不施工。“三不交接”即:无自检记录不交接;未经专业技术人员验收合格不交接;施工记录不全不交接。

7.3、隐蔽工程检查签证制度

凡属隐蔽工程项目,首先由班、队、项目部逐级进行自检,自检合格后填写检验申请报告,连同有关资料,呈报检验签证,未经监理工程师签字,不得进行下道工序施工。

7.4、测量资料换手复核制度

外业测量及资料由专业人员进行,复核后交测量组长审核,并报监理工程师验证。现场有关测量桩橛标记定期复核检测,确保测量控制到位。

7.5、建立原材料半成品、成品采购及验收制度

原材料采购需制定合理的采购计划，根据设计和规范规定的质量、标准及技术规范要求在上级提供的合格供应商中挑选，同时严格执行质量鉴定和检查方法，并按规定进行复试、检验，确认达标后方可接纳使用。所有采购的原材料、半成品、成品进场必须由专业人员进行进场验收，核实质量证明文件及资料，对于不合格或证明资料不齐全的材料，不许验收进场，所有进场材料必须标识，确保不误用、混用工程材料。

7.6、仪器设备的标定制度

各种仪器、仪表如全站仪、经纬仪、水平仪、钢尺、油压表、千斤顶、压力机、核子密度仪、天平、磅秤等均按照计量法的规定进行定期或不定期的标定。工地设专人负责计量工作，设立帐卡档案，监督和检查。仪器由工地试验室和相关部门指定专人管理。

7.7、施工资料管理制度

设立专业资料员，及时收集、整理原始施工资料(含照片、录像带)分类归档，数据记录真实可靠。文件记录和整理工作由工程项目(单位工程)负责人填写整理、保存。

7.8、测量及试验、计量的控制

(1) 用全站仪进行全线的控制测量，并与相邻标段进行校核，结构物的测量、放样除换手测量外，每次的测量记录必须经两个以上人员复核后方可交给现场技术人员指导队伍施工。

(2) 项目部设立现场试验室，试验室按本标段质量计划制定相应试验计划，并按试验规程规定作好各项试验工作和质量检验工作，严格遵守试验员职责，指导督促施工队做好质量工作。特别加强对混凝土强度的检测，以确保桥梁混凝土的质量绝对达标。

7.9、质量检查要点

(1) 施工前检查

检查主要钢筋、预埋件和波纹管位置弹线是否准确。

构件尺寸，按图纸检查放样是否正确。

(2) 施工中检查

①模板拼缝是否平整，脱模剂不得漏刷，并应均匀，不得采用对混凝土颜

色有影响的深色脱模剂。

②钢筋绑扎应符合要求，位置应准确，钢筋（箍筋）间距要符合设计，保护层厚度满足要求，预埋件准确牢固。

③波纹管位置要准确，绑扎要牢固，间距直线段不大于 100cm，曲线段为 50cm 绑扎一道，根据情况可加密，不得减少。波纹管接头要密封并牢固可靠，不得松动。对由于电焊或其它原因造成的管壁损伤，应及时用胶带粘补密封。

④钢绞线编号在波纹管两端要符合，其分布情况要严格按照设计要求，并不允许有钢丝束松散。

⑤混凝土拌制时经常抽查上料资料，以确定上料准确，外加剂没有漏加；并经常测定坍落度，检查粘聚性，以保证混凝土质量。

⑥混凝土倾倒时落差不超过 2m。用振动棒插捣混凝土时间不宜太大，应振捣到混凝土泛浆，不下沉、无气泡冒出为止。振捣时注意避开预埋件、波纹管。

⑦预应力钢绞线张拉时严格控制好拉力，准确读取伸长量。

⑧水泥浆拌制时严格按照配合比下料，经常抽查其稠度，检查其泌水性。

⑨施工完成后及时按要求养护，拆模后及时测验相关资料，并作出相应处理及调整。对拆模及其它施工，按要求应达到相应的强度，

⑩预应力筋张拉前通过混凝土试块强度判断。

7.10、其它保证

（1）在施工管理上，实行定人专门管理。

（2）在施工设备上，采用经检定合格的自动计量拌和站。

（3）在具体施工上，模板采用定型钢模及大面积的竹胶板，在平整度、光洁度上均有了较好保证，也从施工条件上提供了保障；在压浆时采用活塞式压浆机来控制质量；在波纹管埋设上采用 $\Phi 10$ 钢筋定位，有力地保证了位置的准确性。

（4）在施工程序上，实行自行检查，班组相互检查和前后施工程序间的交接检查的三检制度，确保质量。

（5）在工作思想上加强质量意识，对不合格处坚决予以返工。

（6）在施工经验上，充分利用已施工的成功经验结合实地情况作好相应措施，并根据实际施工效果不断积累、调整和改进。

(7) 在施工控制上, 实行质量否决制, 坚决贯彻以质量为中心的思想方针。

8、总体工期保证措施

8.1、施工准备阶段上保证

本分项工程工序复杂, 工程量大且工期紧, 为保证施工顺利进行和提前完成, 必须抓住支架、挂篮准备工作与土建施工密不可分的工程特点, 采取施工准备阶段提前介入, 分别着手配合, 减少占用支架、挂篮安装工期时间以保证总体工期。

8.2、从组织机构、资源配置上保证

健全组织机构, 做到事事有人主管, 事事有人落实, 事事有人督察。综合办公室设专职干部负责协调对外关系, 为项目施工创造良好的外部环境。积极响应总的工期要求, 我们将投入足够的人力、物力和财力。精心组织施工, 在各分部工程中开展平行流水施工, 保证如期完成各项施工任务。

8.3、从优化施工方案上保证

本工程各工序均为控制本工程总工期的关键, 我们将根据设计图纸和有关施工规范规程, 合理制定作业程序, 实施动态管理, 及时调整各分项工程的进度计划和机械、劳力配置, 合理安排施工, 使各分项工程的流水作业相应衔接, 确保工程按质如期竣工。

8.4、从施工计划上保证

根据总体目标和施工进度顺序、施工难度、环境等特点, 提前预测可能发生的影响工期因素, 超前谋势, 合理安排每一分项的施工计划, 做到总体安排和见缝插针相结合, 采取有效措施, 抓住关键, 重点突破。每月制定月施工计划, 每周制定周施工计划。同时, 制定相应的材料、设备、劳动力和资金供应计划, 由专职人员负责。

8.5、从工序安排上保证

做好每个工序的准备工作, 使各工序连接合理、紧凑, 每一个工序应为下一个工序创造条件。

8.6、从工作机制上保证

健全奖罚制度, 开展施工竞争, 比质量、比安全、比工效、比进度、比文明施工。对按质按量完成周月计划的施工班组, 给予表扬与奖励, 反之给予批

评，做到工期与经济效益挂钩，提高施工人员的积极性。

8.7、从质量管理体系上保证

在取得甲方、监理、设计单位支持下，积极推广新技术、新工艺，加快施工进度。

完善质量管理体系，加强质量检查工作，做到隐蔽工程验收一次通过，避免返工或返修，以免影响工期。

8.8、从后勤供应上保证

加强机械设备和车辆保养、维修，搞好职工食堂，防病治病，保障职工身体健康，保证正常的出勤率，保证施工正常运转。

做好雨季施工的防护措施，给工人配备雨衣、雨鞋等用品，备足水泵，及时排干施工现场的积水，给出工作面，将雨天对施工的影响降到最低。

8.9、从安全生产上保证

根据本工程的特点，制定专门安全技术措施，并组织专门安全小组负责日常的安全检查。严格执行“三级安全生产交底”制度。

8.10、从外部环境上保证

加强与甲方、监理、设计单位的联系，各单位互相配合，取得他们的支持，对图纸上标示不明、错误或设计变更的部分要及时提出，不能因施工图纸方面的原因拖延工期。

使工程能顺利进行。

8.11、分项工程工期保证措施

(1) 在下部结构施工时，积极准备箱梁 0#块支架、挂篮的各种材料，精心制定施工方案。

(2) 投入足够的人力和施工设备，并保持运转良好，在现场条件允许的情况下，尽量安排多台设备施工。施工阶段上下游两幅桥梁0#块、挂篮并行施工，具备施工条件的各墩台并行施工。

(3) 引进先进的施工设备及施工工艺，加强培训，提高技术水准，发挥科技提高生产力的作用。

(4) 制定冬季、雨季及汛期的施工安排，有效减少气候的影响。

9. 文明、安全及环保措施

9.1、施工安全管理

安全生产是关系到职工的生命和国家财产不受损失的大事，在施工过程中必须认真贯彻“安全第一，预防为主”的方针，严格执行国家和有关部门的有关政策和法规。

9.1.1、建立安全生产管理网络及明确安全职责

(1) 本工程建立以项目经理为领导，项目部安全总监具体负责的安全生产管理网络。

(2) 建立安全生产操作规程和安全生产制度

①坚持管生产必须管安全的原则：

项目部要签订有安全保证指标和措施内容的安全包保协议书。施工负责人必须对本班组的安全工作负责，要做到有针对性的详细安全技术交底，提出明确的安全要求内容，并组织人员监督检查。

②精心组织安排施工：

做好安全生产，各施工班组必须按操作规程安全作业。施工现场应设置醒目的安全警示牌，进入施工现场必须戴好安全帽，上、下沟槽有扶梯，结合施工便道及其它交通要道，以及交叉口施工时要设置围护，并派人日夜值班维护指挥交通，并挂设红灯示警。

③上岗制度：

所有管理人员和技术人员及其它各种特殊工种必须持证上岗，严禁违章指挥、违章操作，特别是大型机械（起重机、挂篮等）都必须经过专门培训，持证上岗。

④安全防护：

各种设备的安全防护装置要可靠有效。

起重机械严格执行“十不吊”规定和安全操作规程。

⑤建立施工现场安全规则：

施工现场必须健全电器管理责任制度和严格的安全规程，各类电器、电线、机械设备要有专人负责，严格遵守操作规程。所有电器设备的金属外壳必须具有良好的接地或接零保护，所有的临时电源和移动电器必须设置有效的漏电保

护装置，必须经常对现场的电器绝缘、接地零电阻和漏电保护器是否完好进行检查，必须派专人定期测试。施工现场做好用电安全值班制度和交接班手续。

⑥教育制度：

建立、健全职工安全三级教育制度，对各种安全事故的处理坚持“三不放过”。定期每十天或十五天进行安全教育。

⑦建立安全检查制度：

项目部工程施工技术负责人和专职安全员负责对现场施工人员进行安全生产教育和对安全制度的学习，组织定期检查，发现问题及时上报及时整改。

⑧建立治安、消防管理制度：

施工现场建立专门的保卫机构，专人负责，严格把关，施工区域内要配备足够的消防器材。项目部必须对施工班组经常开展以“防火、防暴、防盗”为中心的安全教育和大检查，发现隐患，及时整改。

⑨明火审批制度：

严格执行动用明火审批制度。施工区域内严禁使用电炉，禁止乱拉接电灯头。木工间严禁吸烟和燃烧刨花，当天刨花当天处理，不留隐患。

⑩建立安全生产的奖罚制度：

执行按月评比，增强全体职工的安全意识和自我保护观念。

9.1.2、安全用电注意事项：

(1) 现场施工用电须配备专业人员。

(2) 对支线架设、现场照明、开关箱、变配电装置、低压干线架设等经常检查，达到部标。

(3) 施工现场实行三相五线制。

(4) 手持电动工具，使用前应进行检查，并采取保护性接地或接零措施，并应装有漏电保护开关。

(5) 定期进行电器线路的检查和维修，经常检查空气自动开关是否完好，设备外壳是否可靠接地。

(6) 开关柜和变压器处应加设安全门和防护网及警告标志。

9.1.3、脚手架施工安全措施

脚手架搭设必须严格按照依据设计及《脚手架搭设操作规程》进行施工和

验收，对脚手架的布置、立杆、大小横杆间距进行认真检查验收。

仔细检查扫地杆、剪刀撑、斜撑的布置和连接是否符合设计与规范要求。架子的安全防护、安全保险必须做到有效。扣件的扭距不小于 40N·m。

随时清理每层作业面上的堆放物，对使用中的小型机具设备等物件尽量做到均匀布置，避免集中堆放，严禁超载。

脚手架的拆除必须按照设计划分的作业面依次拆除，其周围要设置围栏进行警戒，地面设有专人进行指挥，严禁非作业人员进入施工区域。拆除的作业人员，必须带好安全帽、系安全带，穿软底鞋。拆除顺序应由上至下，先搭后拆的原则进行。严禁上下两步同时作业，并按拆除一步清理一步的原则进行。拆下后的材料，应用绳索栓住，利用滑轮往下运，严禁抛掷。

9.1.4、高空及临边作业安全措施

高空作业、临边作业必须按照《安全施工规程》中的要求遵照执行。施工作业人员的衣着要灵便，必须正确使用新配置的劳保用品，操作时严格遵守各项安全操作规程和劳动纪律。

作业中所用的工具、材料应堆放平稳，不可放置在临边处。及时清理废物、废料。在传递物料时不允许抛掷。高空及临边作业处的周围要有牢固的防护措施，安全网、防护栏杆、脚手板、操作人员上下的通道及攀爬人梯的搭设要满足施工及设计要求，并定期进行安全检查。

9.1.5、起重及安装的安全措施

(1) 在施工前召开一次班组会议，班长应交代清楚每条职工职责和安全注意事项，仔细检查使用工具和机械设备是否完好，安全设施是否齐全有效。

(2) 从事安装工作的人员，要经过体格检查，心脏病或高血压患者，不能进行高空作业，不准高空作业，不准酒后作业，新工人要经过短期培训才能从事施工。

(3) 操作人员进入现场时，必须戴好安全帽、手套；高空作业时，必须系好安全带，做好安全防护措施，所用工具，要用绳子扎好或放入工具袋内。

(4) 电焊工在高空焊接时，应系好安全带，戴好防护口罩，潮湿地方工作时，应穿胶鞋。

(5) 在高空安装构件，用撬杠校正构件的位置时，必须防止因撬杠滑脱而

引起高空坠落。撬构件时，人要站稳，如果附近有脚手架或其他已安装好的构件，最好一只手扶脚手架，另一只手操作。撬杠插进的深度要适宜，如果撬动的距离较大，则应一步一步地撬，不急于求成，以免发生安全事故。

(6) 在冬雨季施工时，构件上潮湿或积雪，为了防止操作人员滑倒，必须采取防滑措施。

(7) 登高用的梯子必须牢靠，梯子与地面的夹角一般以 $65^{\circ} \sim 75^{\circ}$ 为宜。

(8) 结构安装时，要听从统一号令，统一指挥。

(9) 吊装所用的钢丝绳，事先必须认真检查，表面磨损、腐蚀达到钢丝绳直径的 10% 时，不准使用；钢丝绳如断丝数目超过规定，应于报废，不能使用。

(10) 吊钩和卡环如有永久变形或裂纹，不能使用。

(11) 起重机的行使道路，必须坚实可靠，如地面松软时，要进行压实处理。必要时，需铺设道木进行加固。

(12) 起重机工作时，严格注意勿碰触高压架空电线，起重臂、钢丝绳、重物等与架空电线要保持一定的距离。

(13) 起重机在使用前必须进行检查、试吊。要进行静、动负荷试验。所吊重物为该机最大起重量的 125%，试验时，将重物吊离地面悬空 10cm，以检验起重机构架的强度、刚度，如运行不正常，应予检查和维修。

(14) 起吊构件时，升降吊钩要平稳，避免紧急制动和冲击。

(15) 起重机停止工作时，启动装置要关闭上锁。吊钩必须升高，防止摆动伤人，并不能悬挂构件。

(16) 吊装现场周围应设置临时栏杆、安全提示牌，禁止非工作人员入内。

(17) 工人如需在高空作业，应尽可能搭设临时操作平台和防护栏杆。

(18) 要配备悬挂式斜靠的轻便爬梯，供工人上、下之用。

(19) 遇有大风和雷雨天气时，一般不得进行高空作业。如必要时进行，要采取妥善的安全措施。雷雨季节必须装置避雷设施。

(20) 牢记“安全生产、人人有责”，树立“安全第一”的正确思想，严格按操作规程作业，决不违章。

(21) 经常检查电线、电缆、机械设备，做好保养工作。

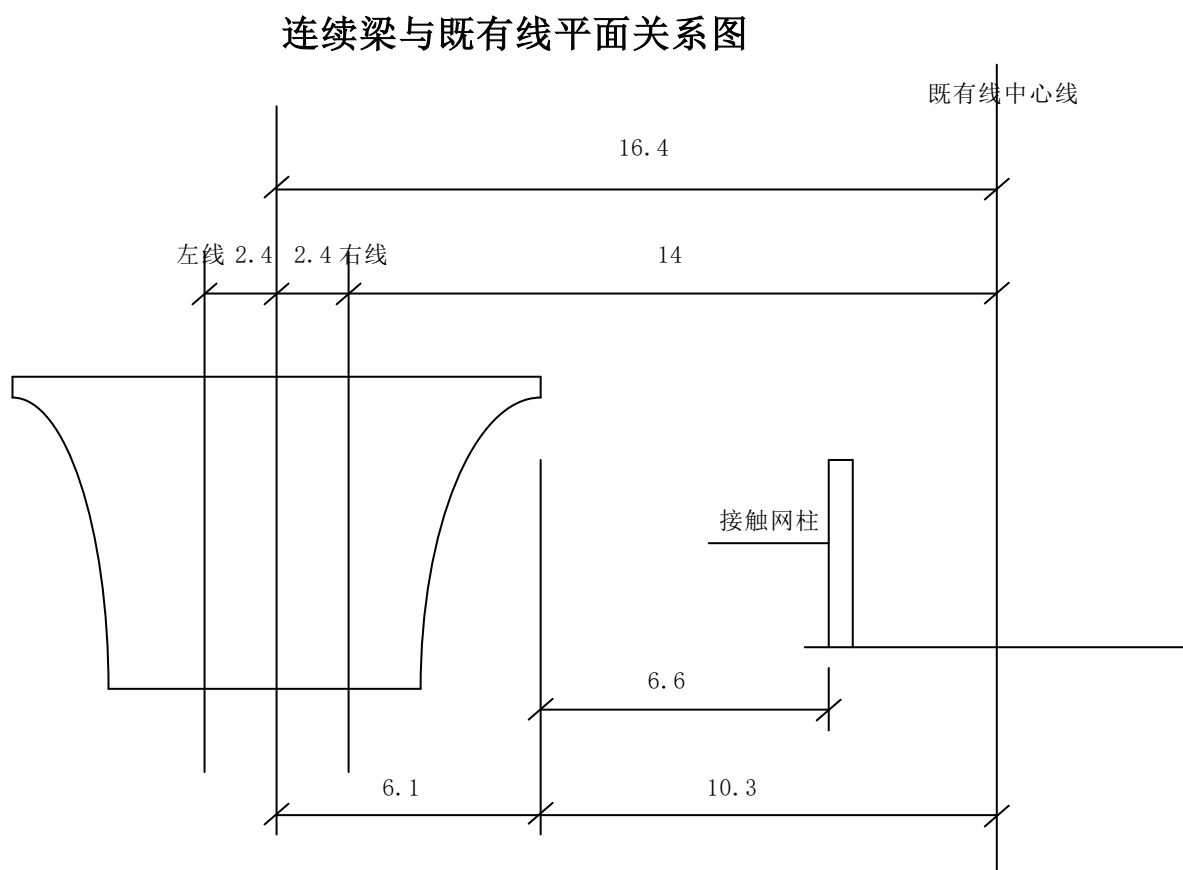
(22) 露天电器设备等必须有挡雨工具加盖，防止雨水浸入，不懂设备人

员严禁操作使用。

（23）工作完毕时，应切断电源，下班时关好箱门，经常清理场地，材料堆放整齐有序。

9.1.6、连续梁与既有线平面关系图

连续梁与既有线平面关系图如下。



9.2、文明施工管理

文明施工是提高企业信誉和关系到职工和居民的切身利益，我们要严格按“精心施工，科学管理，文明施工”的方针，创建文明工地。以“安全、文明、优质”为目标，确保工程完成。

（1）建立创建“文明施工标准化工地”领导小组，中标后立即制订书面规划及实施细则。

（2）健全以项目经理为领导，安质环保部具体负责的管理网络，增加管理力度。

（3）文明施工具体措施

①施工现场管理

A、为了加强进入现场施工人员文明施工意识，组织学习相关文明施工条例及有关常识，进行上岗教育，讲职业道德、扬行业新风。

B、对进场施工的分队签订文明施工、保护地下管线协议书，建立健全岗位责任制，把文明施工责任落到实处，提高全体施工人员文明施工自觉性和责任心。

C、施工区域采用隔离墙与社会道路分离，无条件的路段采用统一、连续的护栏隔离，实施全封闭施工。

D、现场布置合理，材料、物品、机具、土方堆放符合要求

E、组建文明施工专业检查小分队对施工现场、环保、疏导交通、护栏的整理及监控通道进行监察，以及排除通道积水及路障，确保平整、畅通、清洁。经常开展适合本工程特点的便民、利民活动。

F、工地主要出入口设置简朴规整的大门，门旁设立明显的标牌，标明工程名称、施工单位和工程负责人姓名，明确监督电话，接受社会监督。

G、施工现场场地平整，道路坚实畅通，设排水沟，地下雨污水管及挡墙施工完毕后及时回填平整，清除积土。

H、现场施工临时水电派专人负责管理，消除长流水、长明灯现象。

I、施工现场的临时设施严格按施工组织设计确定的施工平面布置搭设或埋设整齐。并在办公及生活设施周围种植绿化，加强环保意识。

② 施工区卫生管理

A、把施工区和生活区划分成若干段，分段包干，建立责任区。施工现场规定天天打扫，保持整洁卫生，场地平整，各类物品堆放整齐，道路平坦畅通，无堆放物、无散落物，做到无积水、无黑臭、无垃圾、有排水设施，生活垃圾和建筑垃圾分开堆放并及时清运。

B、设立现场卫生间，做到有顶，门窗齐全并有纱，坚持天天打扫，禁止随意大小便，发现有此类现象，进行处罚。

③ 生活区卫生管理

A、制订职工宿舍卫生管理制度，实行室长负责制，规定一周内每天卫生值日名单，并张贴上墙，做到天天有人打扫，保持室内窗明地净，通风良好。

B、规定宿舍内保持清洁卫生，清扫出的垃圾倒在指定的垃圾站堆放，并及

时清理。

C、宿舍内各类物品应堆放整齐，做到整齐美观。

D、生活废水设有污水池，做到卫生区内无污水、无污物，废水不乱倒乱流。

E、一律禁止使用电炉及其他用电加热器具。

F、办公室的卫生由办公室人员轮流值班，负责打扫，排出值班表。

④食堂卫生管理

A、采购使用的车辆和容器保持清洁卫生，做到生熟分开，防尘、防蝇、防雨、防晒。

B、不采购腐败变质、霉变、生虫、有异味的食物以及卫生法规定禁止生产经营的食品公司的产品。

C、建立管理制度，防止食品接触有毒物的不洁物。

D、储存食品隔墙、离地，做好通风、防潮、防虫、防鼠工作。

E、制售过程中用的刀、案板、盆、碗及盛器、筐、水池、抹布和冰箱等工具严格做到生熟分开。

F、盛放废弃物容器加盖并及时清运。

G、炊管人员必须经过体检，持有健康证，在操作时必须穿戴好工作服、发帽、做到“三白”（白衣、白帽、白口罩），保持清洁整齐，文明操作，不赤背、不光脚、不随地吐痰。

H、集体食堂的选址远离厕所等污染源。

⑤厕所卫生管理

A、施工现场按规定设置厕所，屋顶墙壁严密，门窗齐全有效，便槽铺设瓷砖，派专人管理。

B、制定厕所定期清扫制度，厕所设专人天天冲洗打扫，做到无积垢、垃圾及明显臭味，设有洗手水源。

C、制定厕所灭蝇措施：厕所按规定采取冲水措施，定期打药，消灭蝇蛆。

⑥加强综合治安管理

社会治安综合治理是一项系统工程，涉及到社会的各个领域。项目部确定治安负责人，施工工地与当地公安等部门联系，签订治安承包责任书，借鉴地方力量，建立治安联防关系，警民携手负责工地所辖范围内的综合治理工作。

A、我们的施工现场对财务室按规定要求布置防盗门窗，使用“三保险”门锁，并安装有效的报警器，各房号配足有效的灭火器材。

B、现场防范强化自防自管意识，防止人身伤亡事故，防止火灾，防止失窃，作为重点，做到责任明确，人员到位，对仓库设置防盗门专人保管，配足灭火器，现场临时物资堆放设消防设备，并组织人员巡逻，派专人守护。建立义务消防队组织，与当地消防部门挂钩，开展正常性业务知识培训。

⑦基础台帐管理

A、根据社会治安综合治理考核细则，建立基础台帐，使动态管理(外业)静态管理(内业)相结合有章可循，有据可查。

B、一图、三表、二档、三簿齐全。一图为标明重点要害部位灭火器材的单位平面图；三表为治安情况月报表，月施工现场盗窃案件情况统计表，季度职工违法犯罪统计表；二档为重点人口档，重点要害部位档；三簿为会议记录簿，治安案件、职工违法犯罪登记簿，治安、防火检查登记簿。

C、按时完成上级部门下达的各项工作任务，季报、月报及时、准确，按时上报。

9.3、德胜河的环保和水保措施

随着人民生活水平的日益提高,环保工作的地位越来越重要。为减少施工期间对周边单位和居民的影响，防止环境污染，将采取以下措施：

(1) 利用安全学习的时间，增加环保条例、知识的宣传，提高全体员工的环保意识，创文明施工良好形象。

(2) 加强施工现场管理，经常清理施工现场，做到材料堆放整齐，机械设备停放排列有序，对油漆、柴油、汽油等易污染材料应分类入库堆放，废旧材料集中分批处理，不准随意丢弃。

(3) 生活和生产污水统一排入污水管道，职工生活区设置垃圾箱，派专人打扫卫生，并设立卫生包干区，随时检查监督。

(4) 施工中发现有文物、古墓、古生物化石以及矿藏露头，应立即停工，及时向当地政府及文物管理部门报告，并采取相应措施加以保护，待文物管理部门作出处理后，方可继续施工。噪音大的施工项目尽量安排在夜间九点钟之前作业，防止噪声污染，影响周围居民正常生活。

(5) 连续梁模板四周安装安全栏杆，并挂好安全网，防止施工工具、材料和溅起的混凝土落入德胜河内。

(6) 预应力施工时，张拉油泵、输油管和千斤顶均安置在箱梁室内，如有漏油现象，及时安排专人清理，防止油落入德胜河内污染河水。

(7) 预应力孔道压浆的水泥浆不能外卸到德胜河中，浆液从跨中往主墩方向压浆，废弃浆液统一排至主墩旁的临时泥浆坑中。

10、连续梁施工防护方案

10.1、总体防护方案

在挂篮下侧设置安全防护，将挂篮设计为封闭形式，确保施工时人员及材料安全；对已经施工完毕的梁段，对梁面外围采用栏杆和防护网封闭防护，防止施工时施工人员以及材料等杂物的坠落等。

当悬臂梁施工到航道上面时，结合施工进度，我单位积极与航道管理部门沟通协调，在航道距离施工场地 500m 处设置警示牌，提醒过往船只前方施工。

成立应急预案反应小组，对施工中出现的外意外事故做到处理及时有效。

10.2、航道配合措施

施工期间，加强与航道部门的联系，随时掌握其航道运营情况，并请其指导现场的防护措施等。

10.3、管理方案

(1) 施工前安全教育及准备工作

在施工前，根据本施工的特点，购买必须的安全作业服、安全帽、安全设施、安全标志。对所有员工进行安全知识的培训。使每位员工都能重视安全。

(2) 安全警示标志牌

载航道距离施工场地 500m 处设置警示牌，提醒过往船只前方施工。

(3) 施工现场安全管理

A、安全作业

①现场人员着装管理：进入现场的作业人员必须按要求穿着安全作业服。从事高空作业时，必须要佩戴安全帽。遇有夜间作业，看护人员在佩戴反光作业标记或穿着反光作业服。

②施工区严禁一切车辆停放，施工车辆应停放在施工区外允许停放车辆的

场所，并按规定设立临时停车标志。夜间施工车辆及设备尽量不停放在施工作业区的行车道区内，避免误入施工作业区的车辆对停放车辆构成损坏。

③夜间及视线不良的安全对策：施工作业要准备足够的安全标志、安全设施、警示灯具，夜间施工时应安装足够多足够亮的夜间照明灯。

B、安全领导小组名单

沪宁城际铁路德胜河连续梁悬灌施工安全领导小组名单：

姓名	职务	项目部职务	联系方式
喻文杰	组长	项目经理	13511671636
付伟庆	副组长	项目总工	13511672599
全永强	副组长	项目副经理	13511673089
邬国庆	副组长	安全总监	13511670501
刘邦仁	成员	安质部长	13511678007
袁凉	成员	工点负责人	15961201223
陈芬林	成员	工程部部长兼工点技术主管	13511673881
李俊武	成员	31#T 构安全员	13506110322
赵友谊	成员	32#T 构安全员	13506118502
谭四立	成员	31#T 构技术员	15806124891
朱德泽	成员	32#T 构技术员	15895032570
邓良	成员	技术员（测量）	13511676883
张军	成员	31#T 构施工防护员	15106117728
朱洪斌	成员	32#T 构施工防护员	13222565851

10.4、安全保证措施

（1）成立安全领导小组，项目经理任组长，副经理、总工为副组长，现场安全员、技术员、施工队队长等管理人员为组员，见上表；

（2）现场施工分两个区段每个区段有专人负责管理、每个作业面设置专职安全员、技术员进行盯岗。现场设置专职安全员 1 名；

（3）加强现场参建人员的教育培训力度，确保参与施工的每个人员都知道安全的重要性以及安全管理的重点，提高大家的安全意识；

（4）在挂篮主桁架悬挂安全标示牌，标明安全负责人、安全注意事项等；

(5) 加强与高速公路管理部门的交流、沟通，按照航道部门批准的方案进行安全防护；

(6) 加强悬臂梁上部施工的安全控制，尤其是挂篮前移、挂篮调整、钢筋吊安装、混凝土浇筑、预应力钢绞线张拉、孔道压浆等要严格控制施工过程的防护，确保万无一失，保证施工人员人身安全以及航道的正常使用；

(7) 加强线形控制测量以及各工况的测量工作，与设计偏差大时要及时向相关部门汇报，技术问题可向项目部工程部或者总工程师汇报，安全问题可向主管副经理、安质部汇报，确保现场施工与项目部管理的连续性以及统一性；

(8) 当设计文件与实际有出入时，要提前与设计单位联系确定，不能擅自修改设计；

(9) 挂篮自身的安全防护体系要随着挂篮的前移及时进行调整，每侧挂篮的走行要设置专人负责盯岗，确保每道工序施工到位，确保安全。

11、雨季施工措施

(1) 与气象部门建立联系，以取得气象部门的早期天气预报，对施工做出安排或调整，提前做好防护和排水施工，做好所需材料和设备的准备。

(2) 编制雨季施工作业指导书，作为雨季施工中的强制性执行文件。

(3) 桥梁基础及墩身安排在旱季施工，雨季砼及圬工施工安排在无雨时日进行，并预备雨篷布，在施工中遇雨时进行临时遮盖，避免带雨水作业。

(4) 雨季进行混凝土及圬工作业要严格执行施工规范，拌合站要有遮雨棚，墩台混凝土施工要设避水棚，必要时对砂石料采取遮盖措施。

(5) 机械设备及水泥等材料要采取防雨、防潮措施，防止发生安全事故或造成材料浪费。

12、附件

附件 1：菱形挂蓝计算书。

附件 2：0#块支架计算书。

附件 3：直线段支架计算书。

附件 4：施工监控实施细则。

(48+80+48) 米连续梁

菱形挂篮计算书

计算：

复核：

2009 年 01 月

(48+80+48) 米连续梁挂篮计算

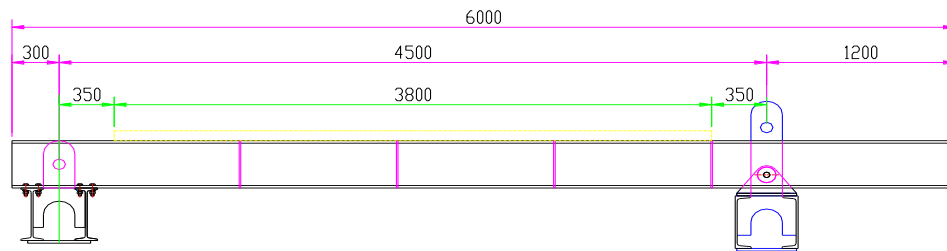
一、设计依据

- | | |
|-------------------------|----------|
| 1、沪宁城际施图（通桥）- I -17 施工图 | |
| 2、公路桥涵施工技术规范 | JTJ041 |
| 3、公路桥涵钢结构及木结构设计规范 | JTJ025 |
| 4、组合钢模板技术规范 | GB214 |
| 5、钢结构设计规范 | GB 50017 |
| 6、起重机设计规范 | GB/T3811 |
| 7、机械设计手册 | |
| 8、起重机设计手册 | |
| 9、路桥施工计算手册 | |
| 10、铁路混凝土工程施工技术指南 | |

二、底模纵梁验算

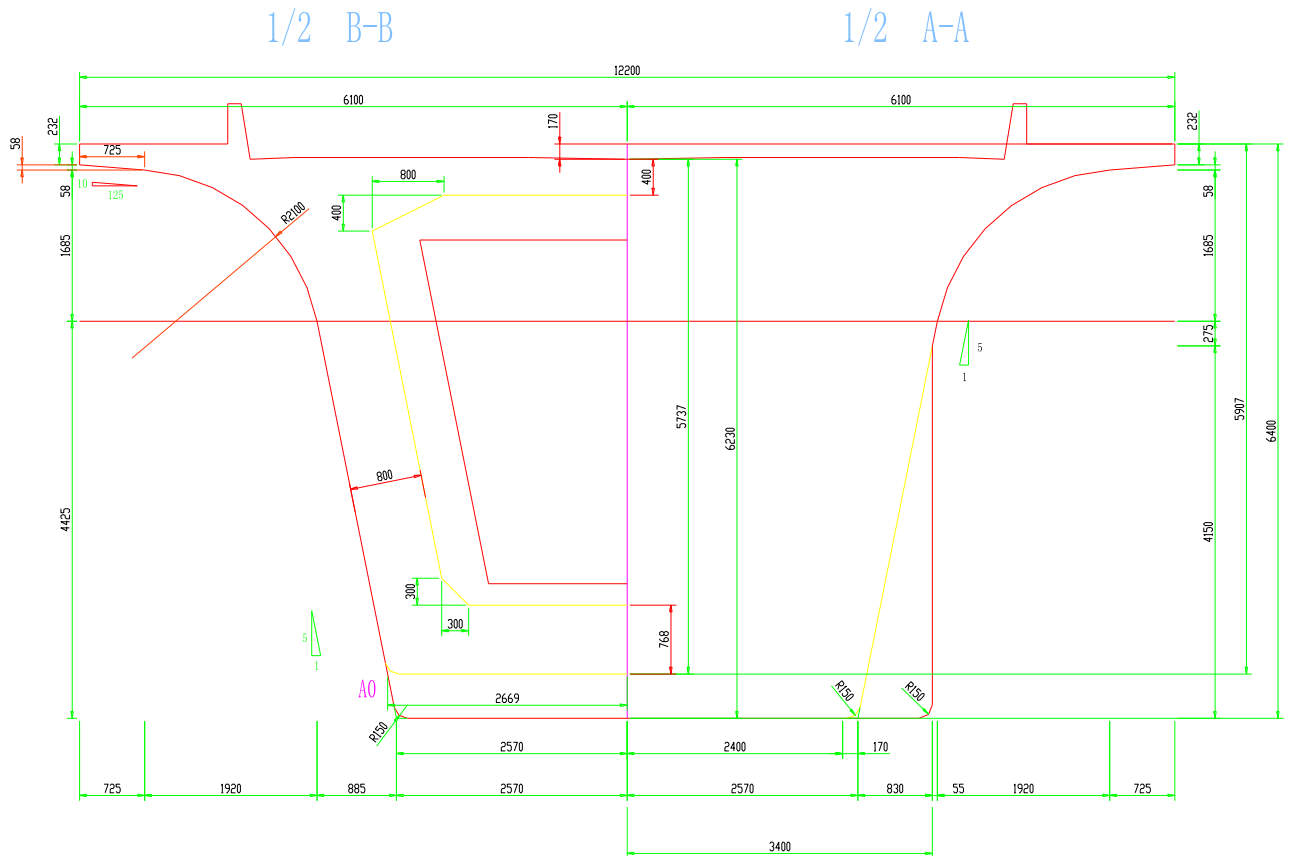
各纵梁的截面特性：

纵梁采用两排上主桁 [32b（共 21 组）



纵梁综合特性： $A_{\min} = 54.913\text{cm}^2$, $W_{\min} = 509\text{cm}^3$, $I = 8140\text{cm}^4$

（一）、梁体断面图



单位：mm

(二)、其它荷载情况

根据《铁路混凝土工程施工技术指南》和《路桥施工计算手册》混凝土竖向荷载分为以下几个部分：

(1)、模板：底模和横梁槽钢采用 $75\text{kg}/\text{m}^2$

$$q_1' = 75\text{kg}/\text{m}^2 = 0.75\text{kPa}$$

(2)、混凝土：

$$q_2' = 26 \times S = \text{kN}/\text{m} \quad (S \text{ 为混凝土截面面积})$$

(3)、人群机具：

$$q_3' = 150\text{kg}/\text{m}^2 = 1.5\text{kPa}$$

(4)、倾倒：

$$q_4' = 4\text{kPa} \quad (\text{混凝土厚度大于 1 米不计})$$

(5)、振捣：

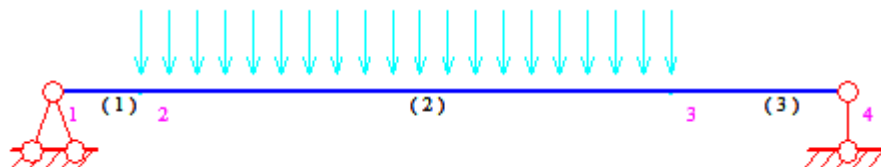
$$q_5' = 2.0\text{kPa}$$

(6)、其他荷载：

q_6 根据实际情况不考虑

(三)、对 1 号段施工工况进行验算（采用清华大学结构力学分析软件）

纵梁的受力图如下



单位：m

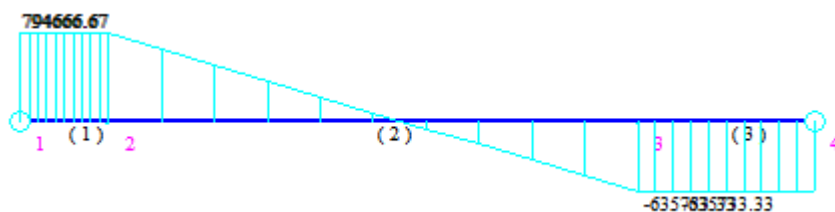
荷载组合考虑安全系数的 q 为

$$q = K_3 \times (K_1 \times q_2 + (q_1 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6) \times B) (kN/m)$$

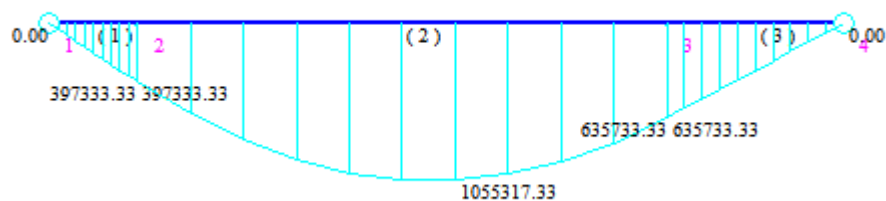
$$q = 476.8 (kN/m) = 47.68 t/m$$

$K_3=1.2$ (浇筑砼时的动力系数), $K_1=1.05$ (砼超载系数)

剪力图如下：



弯矩图如下：



纵梁中

最大剪力 $F_{\max} = 795 \text{ kN}$

仅考 [32b 在后横梁处受剪：

$$\tau_{\max} = \frac{F_{\max}}{A} = \frac{795}{54.913 \times 19 \times 0.7} = 10.9 \text{ MPa} < [\tau] = 85 \text{ MPa}$$

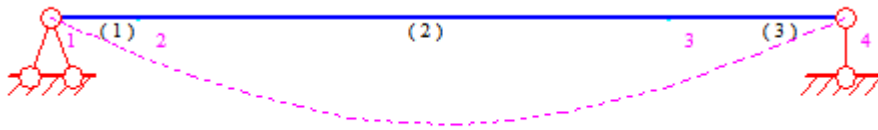
最大弯矩 $M_{\max} = 1055.32 \text{ kN.m}$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{1055.32}{509 \times 19} = 109.1 \text{ MPa} < [\sigma] = 145 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{综合}\max} = \sqrt{\tau_{\max}^2 + \sigma_{\max}^2} = 110 \text{ MPa} < [\sigma]$$

还可以在外侧增加辅助吊点，减小吊点处应力（与后下横梁同）。
通过

位移图如下：



最大位移 $f = 6.1 \text{ mm} < 4500/400 = 11.25 \text{ mm}$ 。通过

三、底模纵梁支座验算

最大支座反力为 41.8kN。

销轴验算

纵梁支座使用直径 40mm 的 40Cr 销轴，所以

$$N_v = 2 \times \frac{3}{4} \times (\pi d^2 / 4) f_v = 2 \times \frac{3}{4} \times (0.04^2 \pi / 4) \times \frac{540}{2} = 508 \text{ kN} > 41.8 \text{ kN}$$

满足要求。

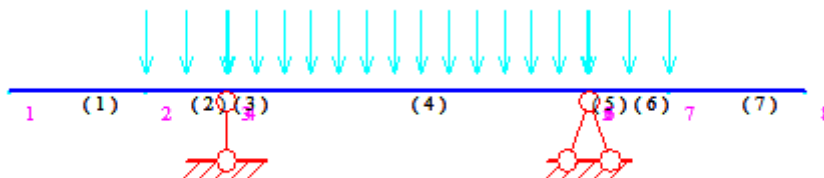
四、后下横梁验算

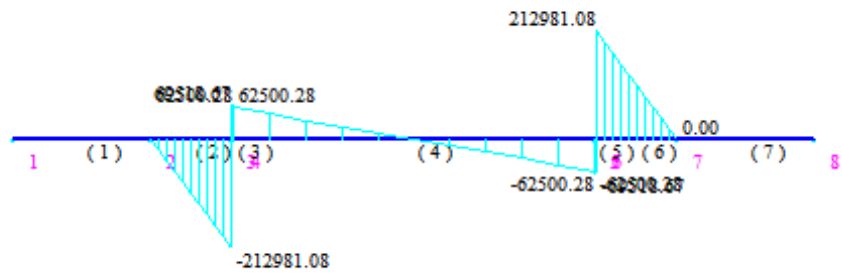
横梁的截面特性：

横梁采用两根 I40b，所以

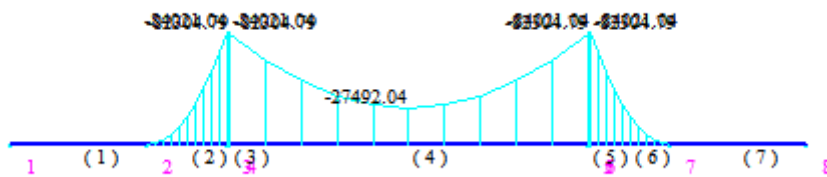
$$A = 94.112 \text{ cm}^2, W = 1140 \text{ cm}^3, I = 22800 \text{ cm}^4$$

灌注 1#块的工况时，后下横梁受力最大，如图





剪力图如下
弯矩图如下：



最大剪力 $F_{\max} = 213 \text{ kN}$

$$\tau_{\max} = \frac{F_{\max}}{A} = \frac{213}{94.112 \times 2 \times 0.8} = 142 \text{ MPa} < [\tau]$$

最大弯矩 $M_{\max} = 82.3 \text{ kN.m}$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{82.3}{1140 \times 2} = 36.1 \text{ MPa} < [\sigma]$$

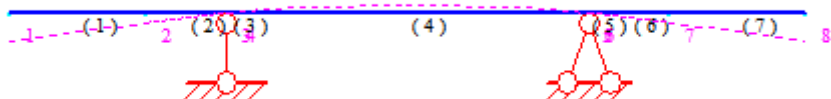
此处考虑综合最大应力：

$$\sigma_{\text{综合}\max} = \sqrt{\tau_{\max}^2 + \sigma_{\max}^2} = 146.5 \text{ MPa} < [\sigma]$$

但是，根据《路桥施工计算手册》钢材容许应力的取值，新钢材支架容许应力可以提高 1.25 倍， $146.5 \text{ MPa} < [\sigma] = 1.25 \times 145 = 181.25 \text{ MPa}$ 。还可以在外侧增加辅助吊点，减小吊点处应力（与前下横梁同）。

通过

位移图如下：



最大位移 $f = 2.3 \text{ mm} < 7800/400 = 19.5 \text{ mm}$ 。通过

走行时，横梁仅承载纵梁及底模自重，与施工荷载相比，其载荷很小，不对此工况进行验算。

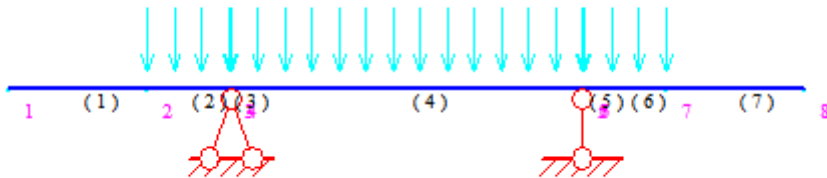
五、前下横梁验算

横梁的截面特性：

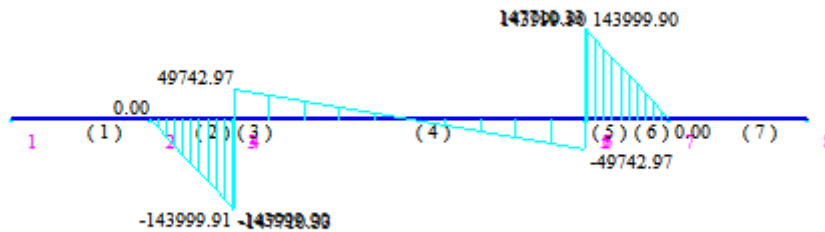
横梁采用两根[40b，所以

$$A = 83.068 \text{ cm}^2, W = 932 \text{ cm}^3, I = 18600 \text{ cm}^4$$

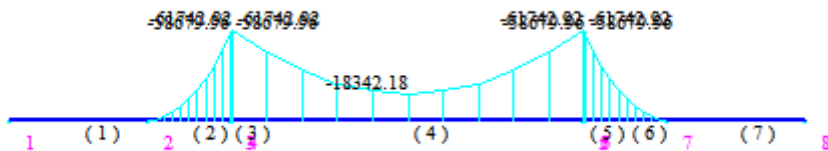
灌注 1#块的工况时，前下横梁受力最大，如图



剪力图如下：



弯矩图如下：



最大剪力 $F_{\max} = 144 \text{ kN}$

$$\tau_{\max} = \frac{F_{\max}}{A} = \frac{144}{83.068 * 2 * 0.8} = 10.8 \text{ MPa} < [\tau]$$

最大弯矩 $M_{\max} = 61.74 \text{ kN.m}$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{61.74}{932 * 2} = 33.2 \text{ MPa} > [\sigma]$$

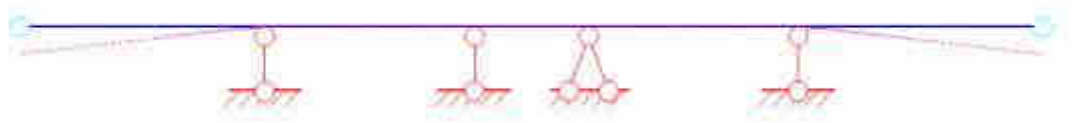
3 点处考虑综合最大应力：

$$\sigma_{\text{综合 max}} = \sqrt{\tau_{\max}^2 + \sigma_{\max}^2} = 35 \text{ MPa} < [\sigma]$$

还可以在外侧增加辅助吊点，减小吊点处应力（与后下横梁同）。

通过

位移图如下：



最大位移 $f=2.8\text{mm}<3475/400=8.68\text{mm}$ 。通过

走行时，横梁仅承载纵梁及底模自重，与施工荷载相比，其载荷很小，不对此工况进行验算。

六、前上横梁灌注混凝土时验算

上横梁的截面特性：

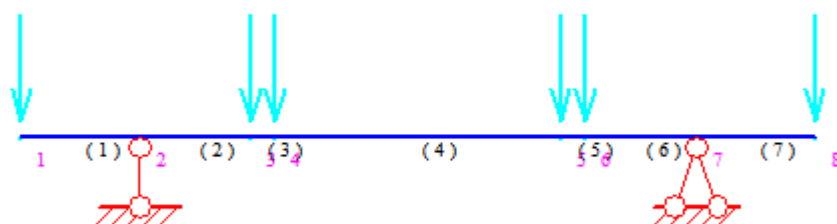
横梁采用两根 I45b，所以

$$A=111.446\text{cm}^2, W=1500\text{cm}^3, I=33800\text{cm}^4$$

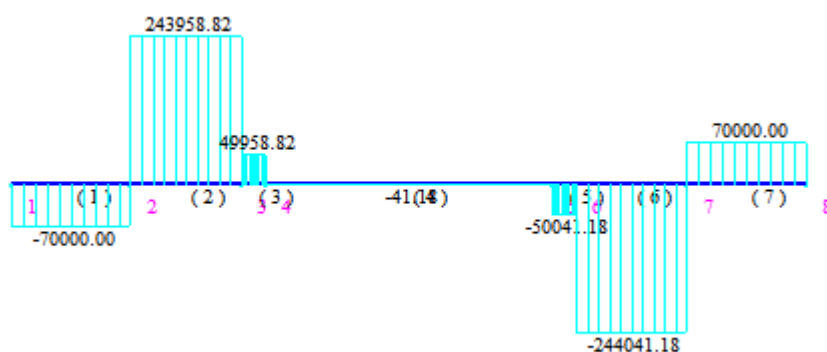
各种工况下内滑梁、前下横梁和外滑梁产生压力：

$P_1=194\text{kN}$ ； $P_2=50\text{kN}$ ； $P_3=70\text{kN}$ ；

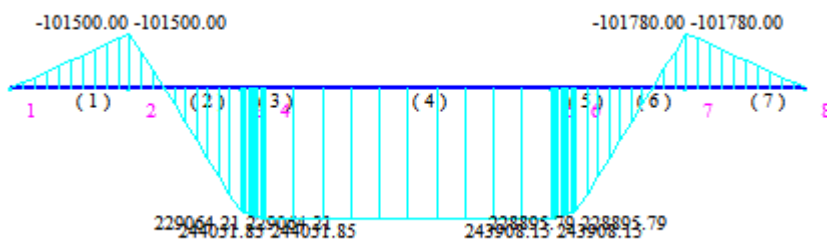
灌注 4#块的工况时，前上横梁受力最大，如图



剪力图如下：



弯矩图如下：



最大剪力 $F_{\max} = 244 \text{ kN}$

$$\tau_{\max} = \frac{F_{\max}}{A} = \frac{244}{111.446 \times 2 \times 0.8} = 13.68 \text{ MPa} < [\tau]$$

最大弯矩 $M_{\max} = 244.1 \text{ kN.m}$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{244.1}{1500 \times 2} = 81.4 \text{ MPa} \leq [\sigma]$$

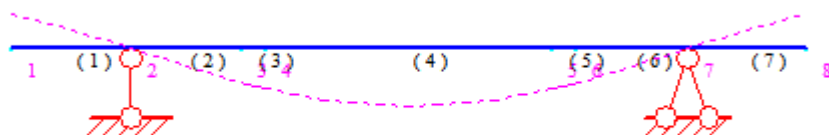
4 点处组合应力最大

$$\sigma_{\text{综合}\max} = \sqrt{\tau_{\max}^2 + \sigma_{\max}^2} = 82.6 \text{ MPa} < [\sigma]$$

但是，根据《路桥施工计算手册》钢材容许应力的取值，新钢材支架容许应力可以提高 1.25 倍， $148.3 \text{ MPa} < [\sigma_w] = 1.25 \times 145 = 181 \text{ MPa}$ 。

通过

位移图如下：



底模内吊点最大位移 $f = 9.3 \text{ mm}$ ；

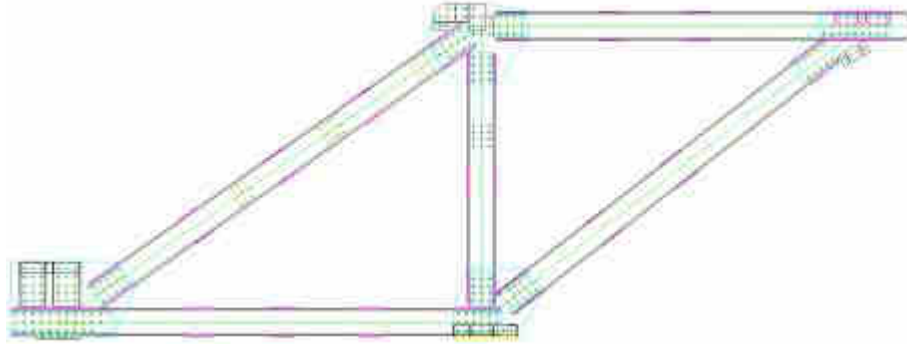
侧模吊点最大位移 $f = 5.6 \text{ mm}$ ；

通过

走行时，前上横梁仅承载底模自重、侧模自重及内模自重，与施工荷载相比，其荷载很小，不对此工况进行验算。

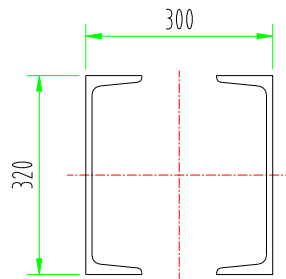
七、菱形架灌注混凝土验算

菱形架前点反力为上横梁支座反力和上横梁自重为



单位：mm

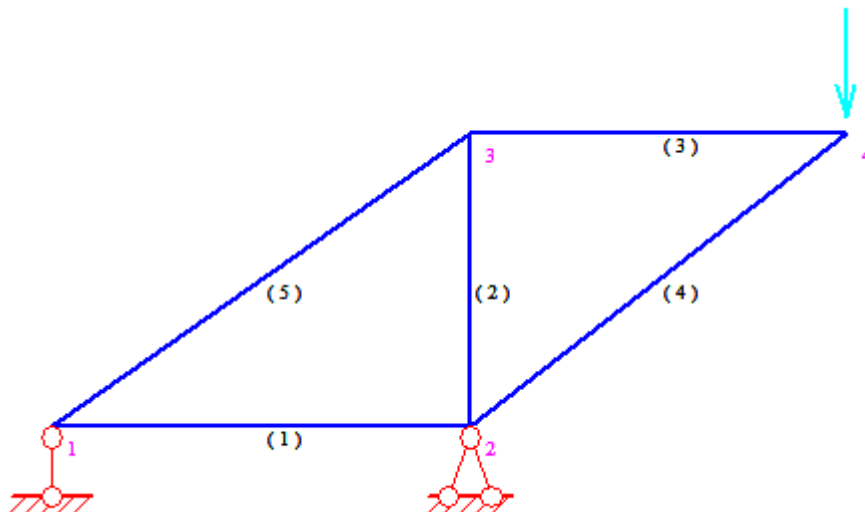
菱形架杆件使用 2 根 [32b，其组合截面特性为：



$$A = 54.9 \times 2 \text{ cm}^2, I_x = 8140 \times 2 \text{ cm}^4, I_y = 9379.6 \times 2 \text{ cm}^4$$

1、结构部件分析验算

灌注 1#块的工况时，前上横梁受力最大，棱形架受力最大，如图



轴力图如下：

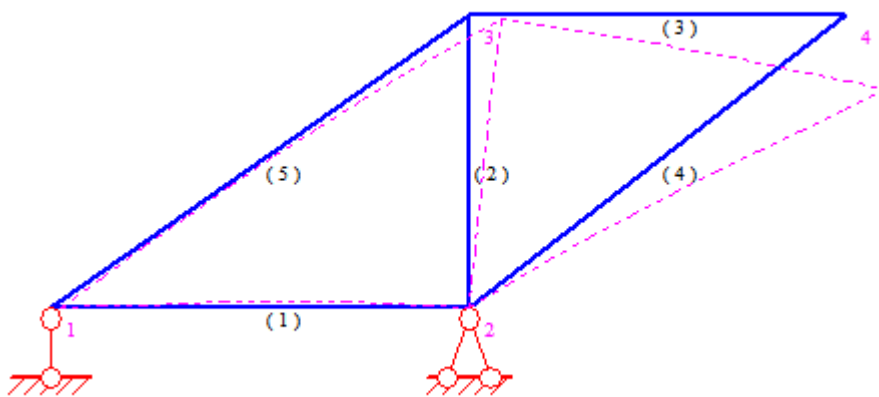
钢模板、钢管支架、拱架及配件的容许应力 (MPa)

表 8-7

材种	应力种类	符 号	规范规定	新钢模板及配件	
				提高系数	计算采用
A3 钢材	抗拉、抗压轴向力	$[\sigma]$	140	1.25	175
	弯曲应力	$[\sigma_b]$	145	1.25	181
	剪应力	$[\tau]$	85	1.25	106
A3 精制螺栓	拉应力		110	1.25	138
	剪应力		80	1.25	100
	承压应力		170	-	170

压应力及拉应力均通过。

位移图如下：



节点 4 最大位移 $f_x=3.6\text{mm}$, $f_y=6.7\text{mm}$ 。

走行时，仅承载底模自重、侧模自重及内模自重，与施工荷载相比，其荷载很小，不在此工况进行验算。

一、0#块支架检算

1.支架构造

主体结构采用钢管柱与工字钢，如图1、图2。自下之上，最下部使用 $\Phi 1000 \times 8$ 钢管柱作为支撑，钢管柱上横桥向平铺45c#工字钢，再往上依次25a#工字钢和20a#槽钢，20a#槽钢上铺设规格为8cm $\times$ 10cm的方木，以传递梁体湿重。

钢管柱、工字钢、槽钢均为A3钢，容许应力 $[\sigma]=140\text{ MPa}$ 。混凝土容重按 26 kN/m^3 ，木材容重按 8 kN/m^3 计算。

0#块长度为12m，墩身顺桥向尺寸为3.2m，故取悬臂段长度为4.4m（一侧）。

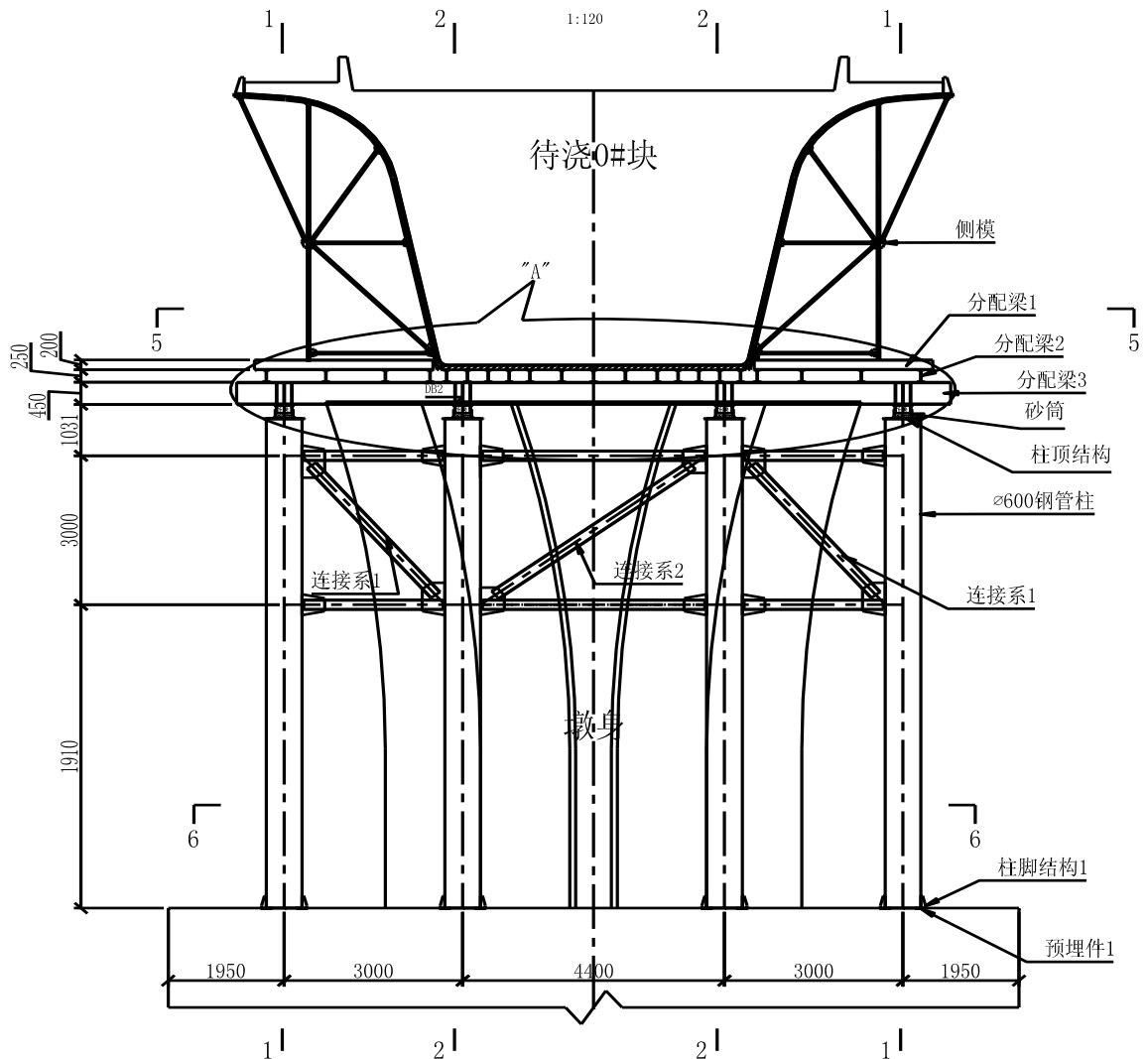


图1 0#块支架布置图（一）

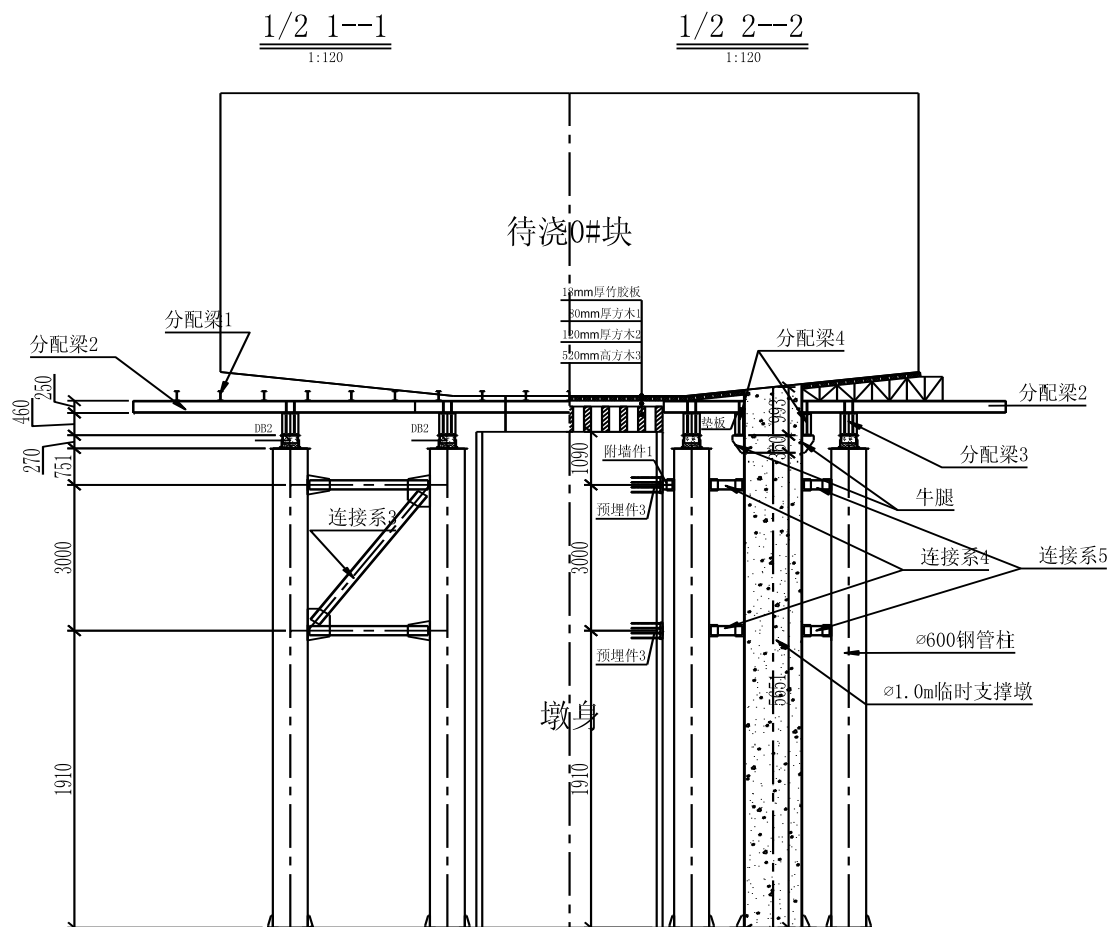


图 2 0#块支架布置图（二）

2.荷载计算

支架承受的荷载包括支架自重、梁体湿重、枕木自重、模板自重、施工人员和施工材料、机具行走运输或堆放荷载等。

a、 2.1 梁体湿重

将截面竖向划分为若干个竖向区间，分区间计算梁体湿重。

每个区间梁体湿重（kN）

$$= \text{截面区间面积 (m}^2\text{)} \times \text{悬臂梁长 (m)} \times \text{混凝土容重 (26kN/m}^3\text{)}$$

每个区间梁体湿重由其对应的分配梁 2 来承受，将梁体湿重转化为均布荷载加在对应的工字钢上。

每个工字钢承受的集度（kN/m）

$$= \text{截面区间面积 (m}^2\text{)} \times \text{混凝土容重 (26kN/m}^3\text{)}$$

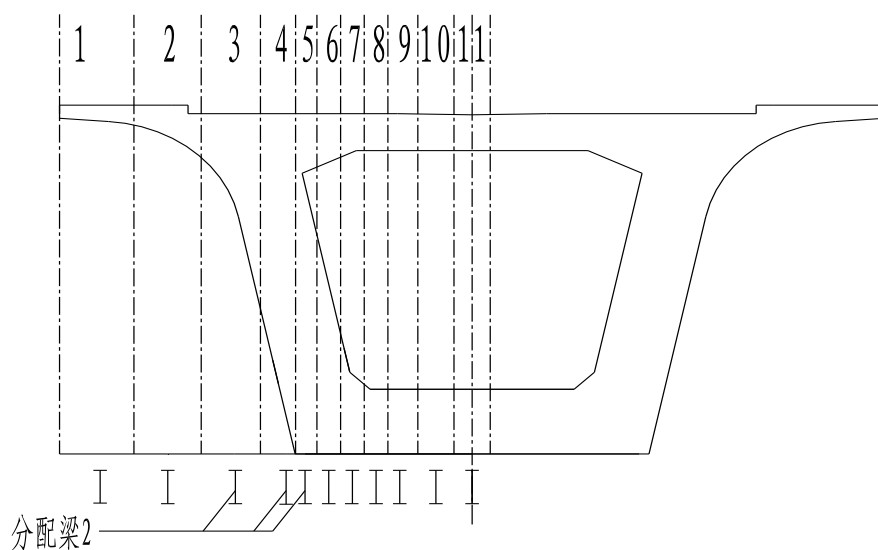


图 3 梁体湿重计算图 (kN/m)

表 1 梁体湿重计算表

区间	1	2	3	4	5	6
截面面积 (m ²)	0.307	0.543	1.504	2.462	1.766	1.351
混凝土容重 (kN/m ³)	26	26	26	26	26	26
对应工字钢承受的湿重集度 (kN/m)	7.98	14.12	39.12	64.02	45.92	35.13
区间	7	8	9	10	11	
截面面积 (m ²)	0.772	0.633	0.795	0.956	0.952	
混凝土容重 (kN/m ³)	26	26	26	26	26	
对应工字钢承受的湿重集度 (kN/m)	20.07	16.46	20.66	24.86	24.76	

b、 2.2 分配梁 1 自重

建模中，对分配梁 1 做了简化，并未将其建立单元，而是将其重量作为荷载，以均布荷载的形式，施加到支承的分配梁 2 上。

由 0#块支架图纸可以得到一侧分配梁 1 总重 $5152.8/2=2576.4\text{kg}$ ，分配到支承其的 8 根分配梁 2 上，则分配梁 1 自重产生的荷载集度为：

$$\text{总重} \div \text{对应分配梁 2 根数} \div \text{悬臂长度} = 2576.4 \times 9.8 \div 1000 \div 8 \div 4.4 = 0.72 \text{ kN/m}$$

c、 2.3 枕木自重

单边枕木计算如下表。木材容重按 8.00 KN/m^3 考虑。

表 2 枕木重量计算表

位置编号	1
型号	10×8cm 方木
单根截面积 (m ²)	0.008
长度 (m)	约 5.3
根数	33
容重 (kN/m ³)	8
重 (kN)	11.1936

将枕木重平均分配到对应的 13 根分配梁 2 上，每根工字钢承受的荷载集度为：
 $11.1936/13/4.4=0.20 \text{ kN/m}$

d、 2.4 模板自重

(1) 侧模板及支架重：

从 0#块模板总图中可以得到侧模板自重：（此处侧模与图纸上的外模对应，且数值取单侧侧模自重）

$$\begin{aligned}
 \text{侧模板总重} &= \text{侧模板 1 自重} + \text{侧模板 2 自重} + \text{侧模框架 1 自重} + \text{侧模框架 2 自重} \\
 &= 1893.8/2.2 \times 0.6\text{kg} + 3413.6\text{kg} + 6599.4/4\text{kg} + 20958/4\text{kg} \\
 &= 10819.44\text{kg} = 108.19 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

将侧模板自重平均分配到对应的 4 根分配梁 2 上，每根分配梁承受的荷载集度为：
 $108.19\text{kN}/4/4.4\text{m}=6.15\text{kN/m}$

(2) 底模板自重

从 0#号块模板总图中可以得到底模板自重：

$$\begin{aligned}
 \text{底模板总重} &= \text{底模板 1 自重} + \text{底模板 2 自重} + \text{底模板 3 自重} \\
 &= 1658.5/2 \times 0.4\text{kg} + 1224.6\text{kg} + 1241.1\text{kg} \\
 &= 2797.4\text{kg} = 27.97\text{kN}
 \end{aligned}$$

将底模板自重平均分配给对应的 13 根分配梁 2 上，每根分配梁承受的荷载集度为：
 $27.97\text{kN}/13/4.4=0.49\text{kN/m}$

(3) 内模板及支撑重量：由于缺乏内模板的相关资料，所以计算中按 300kg/m^2 考虑：

$$\begin{aligned}
 \text{内模板总重} &= \text{截面内周长} \times \text{悬臂段梁长} \times 300\text{kg/m}^2 \\
 &= 16.265\text{m} \times 4.4 \text{ m} \times 300\text{kg/m}^2 \\
 &= 21469.8\text{kg} = 214.7\text{kN}
 \end{aligned}$$

将内模板自重平均分配到对应的 13 根分配梁 2 上，每根分配梁 2 承受的荷载集度为：
 $214.7/13/4.4=3.75\text{kN/m}$

e、 2.5 施工人员和施工材料、机具行走运输或堆放荷载

此项荷载按照经验，并参照《公路桥涵施工技术规范》附录 D，取 1.0kPa 。

每根分配梁 2 承受的荷载集度为：

$$1.0\text{kPa} \times 4.4\text{m}/21 = 0.21\text{kN/m}$$

3.结构检算

利用有限元软件 MIDAS 建立有限元模型，如下图。



图 4 支架有限元模型图

施加各项荷载，进行计算，得出（轴向+弯曲）组合应力图形如下。图中表示了各截面的应力最大值。

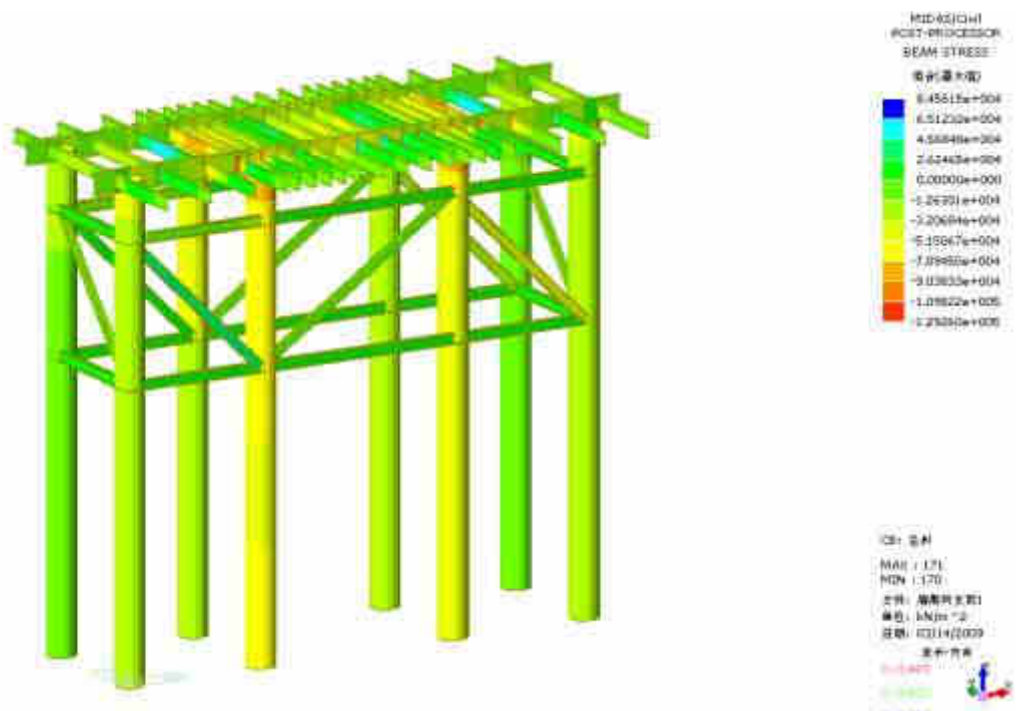


图 5 组合应力图

由图 5 可得，最大应力为 84.6MPa，最小应力为 $-1.29 \times 10^2 \text{MPa}$ ，均小于容许值 $[\sigma] = 140 \text{ MPa}$ 。符合要求。