

341 省道宜兴周铁至杨巷段(东段)  
跨省道 S342 大桥上部结构专项施工方案

无锡交建工程有限公司  
341 省道宜兴周铁至杨巷段(东段)标项目经理部  
二零二三年七月

编 制：

复 核：

审 核：

批 准：

无锡交建工程有限公司  
341 省道宜兴周铁至杨巷段(东段)标项目经理部  
二零二三年七月

目 录

<b>1、编制依据及原则</b> .....	<b>1</b>
1.1 编制依据.....	1
1.2 编制原则.....	2
<b>2、工程概况</b> .....	<b>2</b>
2.1 工程概况.....	2
2.2 主要技术标准.....	3
2.3 主要工程量.....	4
<b>3、工程重点、难点及对策</b> .....	<b>4</b>
<b>4. 施工组织及计划</b> .....	<b>6</b>
4.1 组织机构及人员投入.....	6
4.2 施工计划.....	7
4.3 人员进场计划.....	8
4.4 机械设备进场计划.....	8
4.5 挂篮及模板投入计划.....	9
4.6 资金投入计划.....	9
<b>5、主桥施工技术方案</b> .....	<b>9</b>
5.1 主桥施工顺序.....	9
5.2 施工准备.....	9
5.3 0、1#块施工.....	12
5.4 悬浇段挂篮施工.....	18
5.5 预应力施工.....	29
5.6 边跨现浇段施工.....	38
5.7 合拢段施工.....	39
5.8 线型控制.....	41
<b>6、质量目标、质量保证体系及措施</b> .....	<b>46</b>
6.1 质量方针.....	46
6.2 质量目标.....	46
6.3 保证措施.....	46
6.4 质量问题纠正及预防措施.....	50
<b>7、安全目标、安全保证体系及措施</b> .....	<b>54</b>
7.1 安全目标.....	54
7.2 安全生产保证体系及安全保证措施.....	55
7.3 危险因素分析及对策措施.....	62
7.4 支架及挂篮检查验收.....	71
7.5 连续梁多发事故的原因分析及对策.....	73
<b>8、工期保证措施</b> .....	<b>78</b>
8.1 做好前期准备.....	78
8.2 组织高效的项目领导班子.....	78
8.3 优选专业施工队伍.....	79
8.4 加强资源配置.....	79

8.5 不断优化施工方法.....	79
8.6 协调好内、外部关系.....	80
<b>9、环境保护、水土保持保证措施.....</b>	<b>80</b>
9.1 环保水保目标.....	80
9.2 保证体系.....	80
9.3 环境保护措施.....	80
9.4 水土保持措施.....	81
<b>10、职业健康安全保障措施.....</b>	<b>81</b>
10.1 劳动保护措施.....	81
10.2 医疗卫生保障措施.....	83
10.3 职业病防治措施.....	83
<b>11、文明施工保证措施.....</b>	<b>84</b>
11.1 施工场地美化.....	84
11.2 生活和环境卫生.....	84
11.3 现场文明气氛.....	84
<b>12、应急预案.....</b>	<b>84</b>
12.1 机构与职责.....	84
12.2 应急资源.....	86
12.3 教育、训练.....	87
12.4 互相协议.....	87
12.5 应急响应.....	87
12.6 宣传、培训和演习.....	89
12.7 现场恢复.....	89

**无锡交建工程有限公司**  
**341 省道宜兴周铁至杨巷段(东段)标项目经理部**

**1、编制依据及原则**

**1.1 编制依据**

- (1) 《341 省道宜兴周铁至杨巷段（东段）标招标文件》
- (2) 《341 省道宜兴周铁至杨巷段（东段）标施工合同》
- (3) 《341 省道宜兴周铁至杨巷段（东段）工程施工图》
- (4) 《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50-2011）
- (5) 《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1-2004）
- (6) 《路桥施工计算手册》（人民交通出版社 2001.5）
- (7) 《建筑施工盘扣式脚手架安全技术规范》（JGJ/T231-2021）
- (8) 《装配式公路钢桥多用途使用手册》（人民交通出版社 2001.6）
- (9) 《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》（GB1499-2007）
- (10) 《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》（GB1499.1-2008）
- (11) 《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）
- (12) 《建筑地基处理技术规范》（JGJ79-2012）
- (13) 《竹胶合板模板》（JG/T156-2004）
- (14) 《安全生产法》
- (15) 《建设工程安全生产管理条例》
- (16) 《公路水运工程安全生产监督管理办法》（交通部令 2007 年第 1 号）
- (17) 《特种设备安全监察条例》
- (18) 《特种设备作业人员监督管理办法》
- (19) 《公路工程施工安全技术规程》
- (20) 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46-2005
- (21) 《建筑施工安全检查标准》JGJ59-2011
- (22) 《标准化管理强制性规定》（指挥部下发）
- (23) 《钢结构设计规范》GB50017-2003
- (24) 《镇江市公路水运工程建设工程 “

防坍塌、防坠落、反三违专项整治回头看”实施方案》

(25) 《镇江市交通建设工程危险性较大分部分项工程安全管理办法》

(26) 国家、行业及地方颁布的现行有关法律、法规、标准、规范、及管理  
规定等

## 1.2 编制原则

(1) 遵循招标文件、规范、施工图纸及质量验收标准的原则。在编写主桥施工方法和技术措施，严格按设计标准、现行规范的质量验收标准办理，正确组织施工，确保主桥施工顺利实施。

(2) 坚持实事求是的原则。在制定施工方案中，充分发挥公司、项目部施工优势，坚持科学组织、合理安排、均衡生产，确保高质量、高效益、安全、顺利的完成主桥建设工作。

(3) 坚持施工过程严格管理的原则。在施工过程中，严格执行批复的方案及业主、监理工程师的指令。

## 2、工程概况

### 341 省道宜兴周铁至杨巷段（东段）

(1)主要技术标准跨省道 S342 大桥位于宜兴市扶风村以西,跨越小河和省道 342。省道 342 为一级公路,路基宽 27m,与路线交叉桩号 K8+542.193,交角为 101.5°,通行净空 5.5m。

#### (2) 工程地质概况

本施工标段经过区属于太湖流域堆积平原区,地势平坦,地面标高一般在 2~4m 之间。线中经过区域局部道路及河堤标高最达 4~5m 局部道路及河堤标高最大达 8.17m。场区地层为冲积而成的一套松散沉积物。地层岩性主要为粉质黏土、黏土、淤泥质粉质黏土、粉土、粉质黏土夹砂或粉砂夹粉质黏土

项目区地下水主要类型为松散岩组类孔隙型潜水和微承压水。潜水主要赋存于浅部 1 层素填土松散地层中,其主要补给源为大气降水、人工用水、地表迳流,主要以蒸腾作用排泄,地下径流作用极其微弱。

根据沿线水土分析结果,场地水对混凝土具微腐蚀性;在长期浸水环境中对砼中的钢筋具微腐蚀性;地表水处于干湿交替环境中地对砼中的钢筋具微腐蚀性;地下水处于干湿交替环境中地对砼中的钢筋具微腐蚀性。场地土对混凝土具微腐蚀性;对砼中钢筋具微腐蚀性。

#### (3) 桥型方案

施工图桥跨布置为 12×25m 装配式部分预应力混凝土组合箱梁+ (39+65+39)m 变截面预应力混凝土连续箱梁+10×25m 装配式部分预应力混凝土组合箱梁,桥长以台后填土高度控制,全长 695.9m。

#### (4) 结构设计

桥梁采用上、下行分幅设计，全宽 33.55m，单幅桥宽 16.55m，两幅桥之间设 0.45m 空隙。主桥上部为(39+65+39)m 三跨预应力混凝土变高度连续箱梁，采用单箱双室截面，单箱底宽 11.5m，两侧悬臂长 2.5m，全宽 16.5m。箱梁顶面设置单向 2%横坡，通过箱梁两侧腹板高度调节。中支点处箱梁中心梁高 4.0m，跨中箱梁中心梁高 2.0m，梁高及底板厚均按圆曲线变化。顶板厚 0.28m，悬臂板端部厚 0.18m，根部厚 0.6m；腹板厚 0.65m~0.45m，底板厚 0.3m~0.6m。横隔墙分别设在中支点、边支点处，厚度分别为 2.5m、1.5m，中横隔墙设置人孔以方便施工。

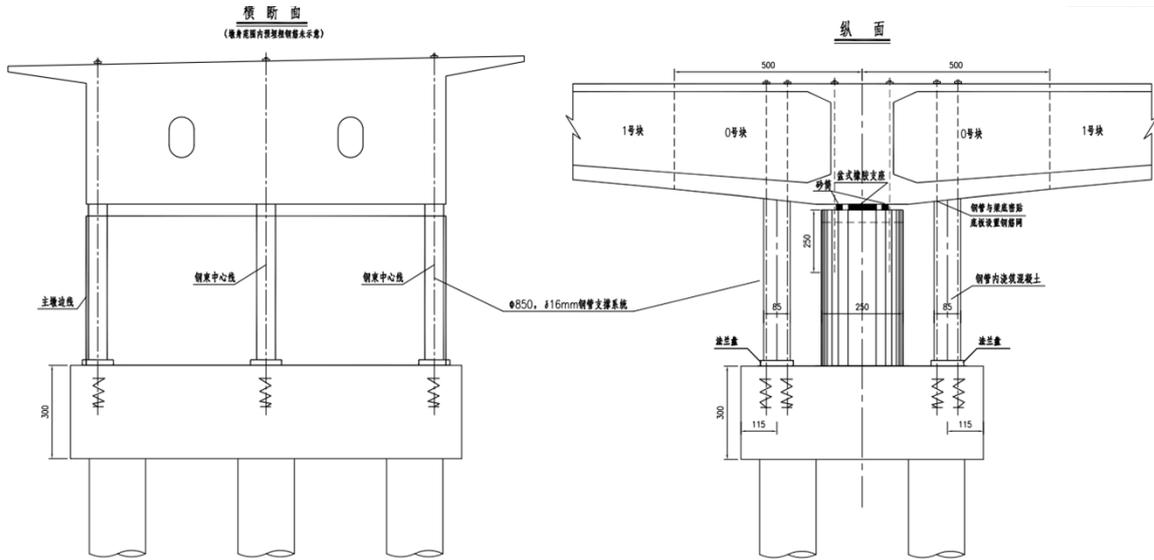
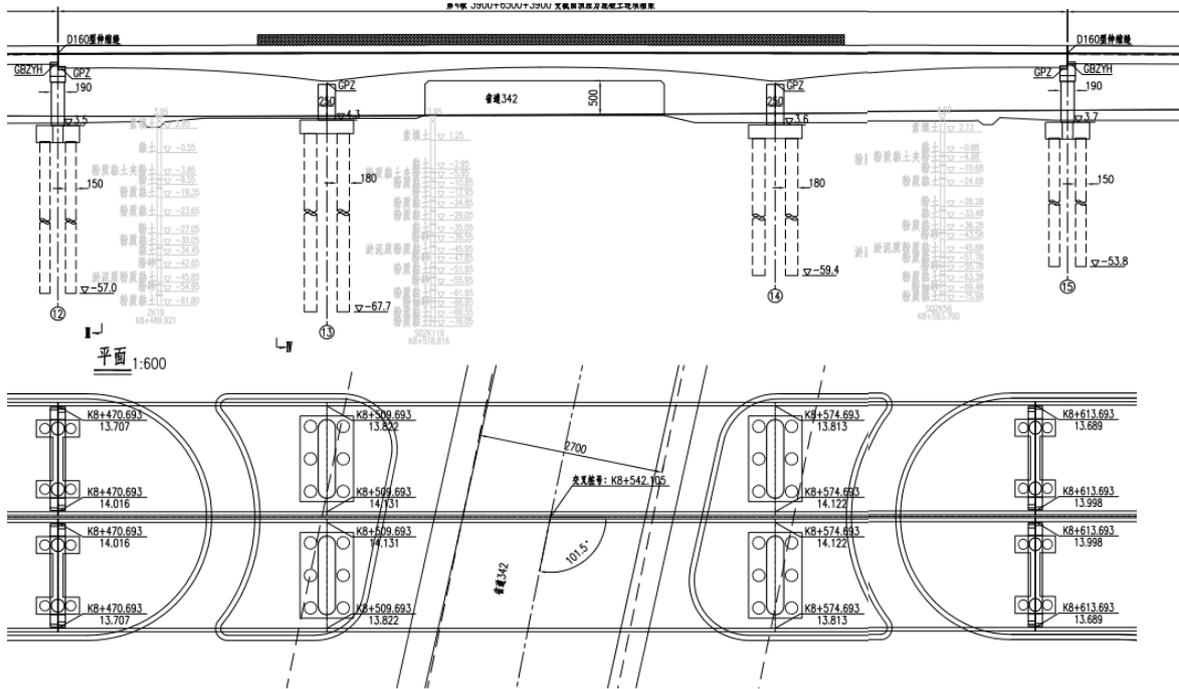
箱梁 0#块节段长 10m，在支架上浇筑。两侧各有 7 个悬浇节段，节段长度为  $3 \times 3.5\text{m} + 4 \times 4\text{m}$ ，采用挂篮悬臂浇筑施工，悬浇梁段最大节段重量为 155.98t，挂篮控制重量 75t。单幅主桥共有 3 个合龙段，即 2 个边跨合龙段和 1 个中跨合龙段，合龙段长均为 2m，在吊架上浇筑，吊架控制重量 35t。边跨现浇段长 5.5m（含伸缩缝宽度）。箱梁为双向预应力结构，分为纵向预应力束和竖向预应力筋。预应力管道采用塑料波纹管。纵向预应力钢束共设置了顶板束(TB、TZ)、腹板束(WB、WZ)、中跨底板束(DB、DZ)、边跨底板束(BZ、BB)、合龙段连续束(HZ、HB/LZ/LB)和预备束(P)等，均为两端张拉。锚下张拉控制应力为  $\text{MPa } f_{pk} \text{con} 1395.75 . 0$  (未扣除锚圈口损失)。预备束孔道应同时预留，对于悬浇预备束应根据施工情况予以设置，如最终未采用，悬浇预备束孔道应进行灌浆处理。对于底板预备束孔道，施工时应对锚具、孔道波纹管进行防锈、防腐处理，以备后用。

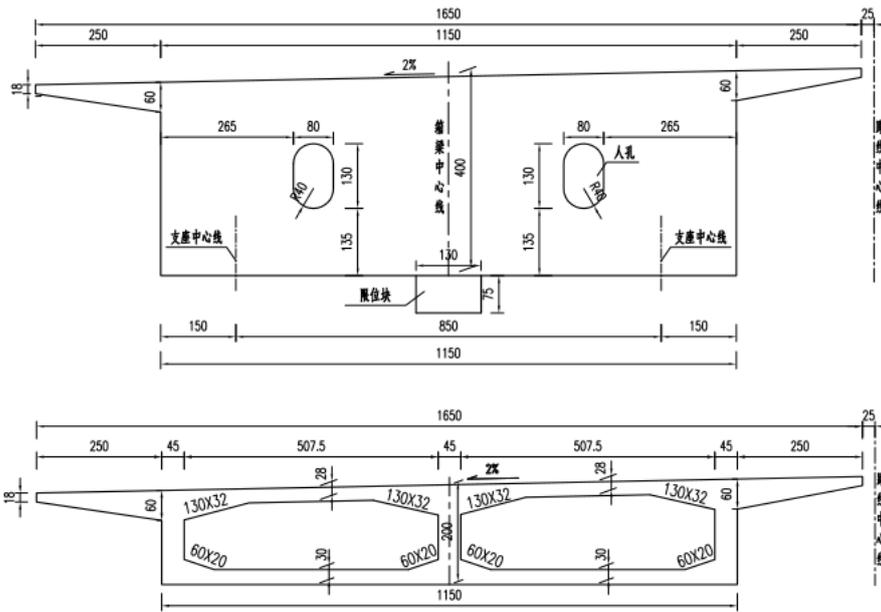
中横梁横向预应力钢束采用每束  $15 - \phi_s 15.2$ 、 $12 - \phi_s 15.2$  钢绞线，采用单端张拉方式，锚下张拉控制应力均为  $\sigma_{con} = 0.75 f_{pk} = 1395\text{MPa}$ 。

竖向预应力钢筋采用直径 32mm 的 JL32 精轧螺纹钢，标准强度  $f_{pk} = 785\text{MPa}$ ，弹性模量  $E_p = 2 \times 10^5 \text{MPa}$ ，每根设计张拉力为 536.6kN，采用单端张拉（竖向预应力筋在梁顶张拉）方式，相应的预应力锚具 YGM-32 和 YGD-32 垫板。主桥主墩采用直立式墩，圆端形截面，圆弧半径  $R = 1.25\text{m}$ ，墩身壁厚 2.5m，承台为低桩矩形承台，主墩承台顶高程以现状地面高程控制。厚 3m，两排计  $6 \phi 1.8\text{m}$  钻孔灌注桩基础；主、引桥之间过渡墩为双柱式桥墩，柱中心距为 8.85m，柱径 1.9m，下接哑铃型承台，高度 2m，基础采用  $4 \phi 1.5\text{m}$  的钻孔灌注桩。

引桥上部结构采用装配式部分预应力混凝土连续箱梁。下部结构桥墩采用柱式

墩，双柱中心距为 8.85m，柱径 1.3m，当墩高 $\geq 7.0\text{m}$  时设置系梁，采用直径为 $\Phi$  1.5m 的钻孔灌注桩基础。桥台采用轻型桥台，承台为低桩矩形承台高 1.5m， $\Phi$  1.2m 钻孔灌注桩基础。





序号	构件名称	型号	单位	数量	备注
1	0#、1#块	C50	块	4	现浇施工
2	悬浇段 (2~11#块)	C50	块	48	24 对
3	现浇段	C50	段	4	现浇施工
4	合拢段	C50	段	6	
5	支座	GQZ4000DX	个	4	
6		GQZ4000SX	个	4	
7		GPZ20000DX	个	4	
8		GPZ20000SSX	个	2	
9		GPZ20000GD	个	2	

## 2.3 主要工程量

## 3、工程重点、难点及对策

(1)因跨 342 国道大桥项目先行施工,在本项目施工结束后,为减少施工成本,并能充分利用本工程挂篮,本工程结束后,挂篮设备将用于跨锡漂漕河及跨锡宜高速公路大桥两座大桥,为不影响这两座大桥工期,必将要求

跨 342 大桥施工环节紧凑，所以必将导致本桥工期紧、施工环节相互制约。怎样合理布置、科学组织，使施工有条不紊展开是重点。本公司选派经验丰富的专业桥梁施工管理人员和精良的队伍。现场临时设施布置要做到紧凑、合理、井井有条。各工序安排要有严密的计划，紧抓关键线路，形成流水作业，环环紧扣，科学合理。人员、设备、材料等资源按计划有序投入，避免窝工。

(2) 0#、1#块及现浇段的盘扣支架现浇。盘扣支架最容易出问题的地方有三，其一支架搭设不规范，尤其剪力斜撑设置不足，支架整体性较差；其二作业班组不按技术交底施工，最突出的是作业工人图省事少搭设横杆，致使横杆步距加大，立杆自由长度增加，轴心受压承载力降低；其三地基处理不当或不重视地基处理，以及支架不预压，致使支架局部下沉，甚至坍塌，这是最严重的。

(3) 墩梁固结的作用。通常认为有两点，一是抵抗连续梁悬臂浇筑过程中的不平衡弯矩，二是大幅减小或防止墩柱出现弯拉应力；除此之外，墩梁固结还起到削弱墩顶箱梁弯矩峰值的作用，并有效阻止整个梁体在支座上的滑移。

(4) 悬浇过程中挂篮施工安全。随着挂篮的普及及制作的工厂化，应该说挂篮设计在安全性上是能够得到保证的；但挂篮设计不能一味的追求轻型化，钢材强度过度的使用，必然伴随刚度及稳定性问题的突出；挂篮是一个综合工作的系统，承重、锚固、行走等各系统相辅相成，否则极易“木桶短板”效应，局部构件的失稳就可能对整个结构的破坏。

施工过程中，尤其是挂篮空载行走时，作业工人的操作不当或失误也往往会造成挂篮的突然坠落等重大安全事故，因此施工前必须对作业班组进行培训。

(5) 主桥线形控制。预拱度是施工前预设的，如设置不合理，一旦形成很难调整。主桥线形控制，包括轴线和高程的控制，关键是标高的控制。这需要设计单位提供准确的设计预拱度，项目部提供准确的挂篮弹性变形及非弹性变形数值，业主指定有资质的监控单位对整个施工过程进行线形控制。

(6) 合拢段施工。合拢段的施工，除一般要求的合拢前临时锁定劲性骨架、解除墩梁临时固结及在一天当中温度最低的时候浇筑混凝土外，应重点关注压重。压重的目的有两点，一是平衡两悬臂端不对称荷载，二是减小合拢段两侧的相对高差。

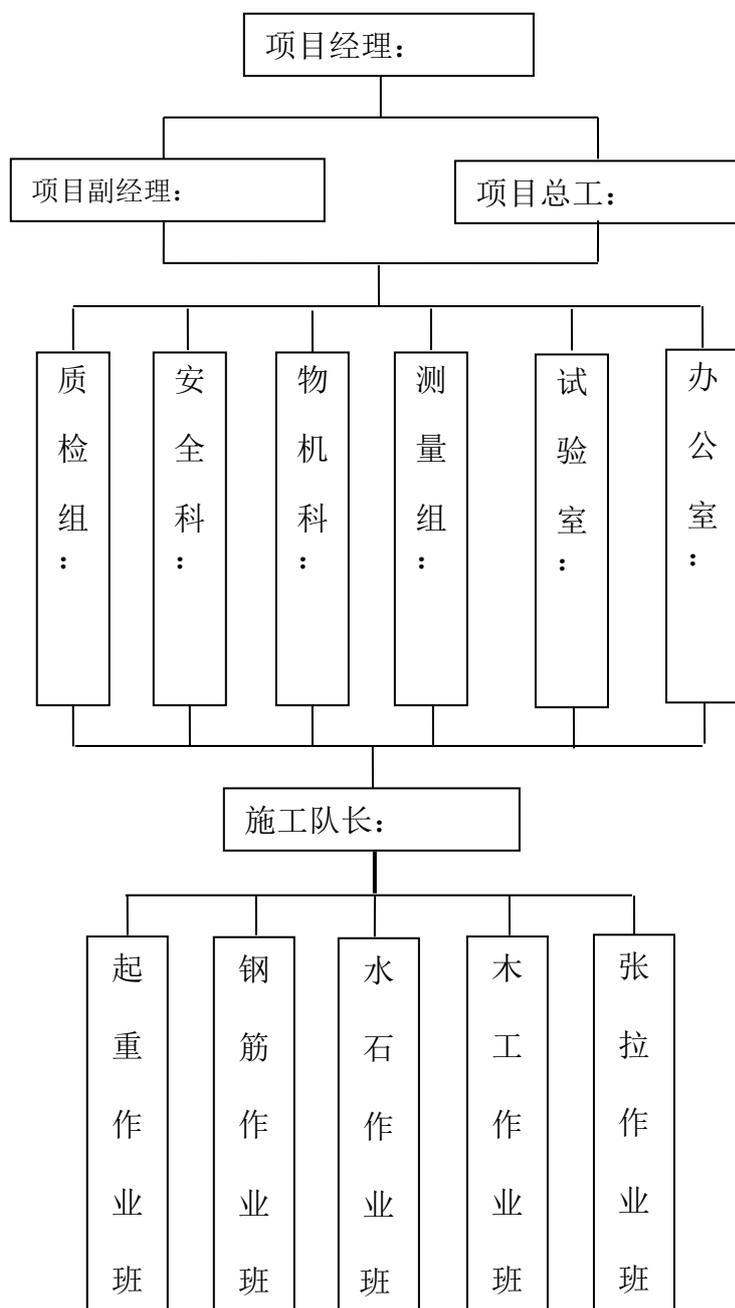
(7) 跨 342 省道桥下施工安全。因假如

挂篮底平台设置前、后侧向操作平台，下放设置密布安全网。则道路中心点离安全平台高程距离过低，影响来往车辆行驶，所以悬浇挂篮下设置防护网方案不可行，只能采用搭设门洞方案，整个施工过程派专人配合道路交通部门，共同做好施工路段的管理工作，确保施工安全和通车安全。

## 4. 施工组织及计划

### 4.1 组织机构及人员投入

我项目部针对主桥施工成立专门组织机构，负责本工程主桥建设工作。在施工过程中，项目部将认真落实岗位，严格按照批复施工技术要求和相关要求，监督及指导作业班组进行施工。



根据主桥施工特点和要求，除项目经理对施工全面负责外，项目部专门指定项目副经理负责组织主桥的施工，施工队长负责具体实施，其他各部门各司其职并互相协调配合，另项目部设立起重作业班、钢筋作业班、水石作业班、木工作业班、张拉作业班完成跨 342 大桥主桥施工任务。

序号	人员	担任本工程职务	工作分工
1		项目经理	全面负责主桥施工的各项工作的；
2		项目副经理	具体负责主桥施工的各项组织、协调工作；
3		项目总工	编制主桥施工方案，施工过程中技术指导、交底工作；
4		质检组	依据施工方案，并负责质量检查和管理工作的；
5		安全科	主桥安全方案制定和评估，施工现场安全检查和管理工作；
6		物机科	主桥施工所需物质调配和供应工作；
7		测量组	主桥施工过程中结构测量控制；
8		试验室	主桥原材料检测和砼质量控制；
9		办公室	负责各项后勤工作；
10		施工队长	负责主桥具体施工的各项工作的安排；

## 4.2 施工计划

### 4.2.1 主桥施工计划

根据总体工期及业主下达的年度计划，计划 2014 年 10 月 15 日开始施工连续梁，2015 年 7 月 1 日前完成除桥面系以外的连续梁混凝土浇筑工作，具体施工时间安排如下：

序号	结构部位	左幅工期时间	右幅施工时间	备注
	一、主桥 13#墩处			
1	0、1#块施工			
2	挂篮拼装及预压			
3	2#~11#块施工			春节放假 15 天
4	现浇段施工			春节放假 15 天；

5	边跨合拢段施工			
	<b>二、主桥 14#墩处</b>			
1	0、1#块施工			
2	挂篮拼装及预压			
3	2#~7#块施工			春节放假 15 天；
4	现浇段施工			
5	边跨合拢段施工			
6	中跨合拢段施工			

### 4.3 人员进场计划

针对开 342 国道大桥变截面连续箱梁施工的特点，组织有该类桥型施工经验的管理和施工人员进行施工。在保证桥梁施工质量、安全的前提下，开展有序的施工。0、1#块施工阶段，采取流水作业进行施工；挂篮拼装（悬臂浇筑）至边跨合拢阶段路左右两个作业组进行施工，每个作业组各操作一对挂篮。主桥施工期间管理人员 6 人、起重工 8 人、电焊工 10 人、钢筋工 20 人、木工 20 人、架子工 10 人、水石工 20 人、预应力张拉工 5 人，合计 99 人。

### 4.4 机械设备进场计划

据本工程内容、数量、计划工期，一切施工机械、设备均应按“充分满足工程需要且搭配合理”的原则，准时进场。具体如下：

**机械设备进场计划表**

序号	机械名称	功率或型号	单位	数量	备注
1	装载机	ZL—30	台	1	
2	发电机		台	1	备用
3	混凝土搅拌楼		台	1	
4	混凝土搅拌楼		台	1	
5	混凝土输送泵		台	2	
6	混凝土运输车	8m <sup>3</sup>	辆	4	
7	钢筋切断机	40	台	2	
8	钢筋弯曲机	40	台	2	
9	交流电焊机	>30KVA	台	10	

11	汽车吊	25T	辆	2	
12	智能张拉设备	YCJ350	套	1	
14	25t 千斤顶	YCJ25	台	2	
15	卷扬机	5t	台	2	
16	三角挂篮		套	4	

#### 4.5 挂篮及模板投入计划

根据跨 342 主桥构造特点和工期要求,本工程投入 4 套三角挂篮(8 副)、0、1#块及悬浇段侧模采用定型钢模。0、1#块、悬浇段内芯模采用型钢与竹胶板组合模板。现浇段侧模、内芯模采用竹胶板与木楞组合模板。合拢段采用挂篮进行合拢施工。

#### 4.6 资金投入计划

为确保主桥施工,保质保量、按期完成,项目部按照业主要求开设专项流动资金予以支持,做好主桥施工动员和前期准备。项目部财务部门做好主桥施工专项资金投入计划,做到专款专用,保证资金及时供给,不影响购置机械设备和物资的采购、员工工资及时发放。

### 5、主桥施工技术方案

#### 5.1 主桥施工顺序

跨 342 主跨采用变截面箱梁,0、1#块采用盘扣支架作为现浇支架进行施工,悬浇段采用挂篮对称施工,其具体施工步骤如下:左幅:0、1#块施工→拼装挂篮、并进行预压,然后进行 2~7#块悬臂对称施工→边跨现浇段→边跨合拢→拆除主墩处的临时固结→中跨合拢形成三跨连续梁。右幅现浇施工步骤同上,悬浇段施工时与左幅错开 2 个块段。边跨现浇段穿插在悬臂梁施工期间进行施工。悬浇段和现浇段施工完成后,先合拢边跨,形成两单悬臂梁,最后再中跨合拢,形成三跨连续梁。边跨、中跨合拢利用挂篮进行合拢。

#### 5.2 施工准备

##### 5.2.1 技术准备

###### (1) 施工图审核

针对主桥上部结构变截面连续箱梁桥梁的施工图设计,在本专项方案编制前,对全桥的坐标、标高、各构件的结构尺寸进行复核,以及对钢筋、砼工程量及各构件的施工顺序和要求进行仔细复核,并详细掌握本桥的各项施工注意点。

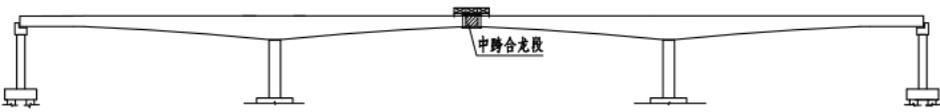
## (2) 技术交底

## 主桥施工顺序图

序号	阶段描述	示意图
1	1.安装施工托架，安装主墩处永久支座。 2.安装施工过程中的临时固结，然后在托架上浇筑0号块件。 3.张拉悬臂束T1、腹板束W1。	
2	1.在0号块上拼装挂篮，继身两侧对称浇筑1号梁段。 2.待浇筑梁段砼强度及弹模达到设计的90%以上时，张拉纵向预应力束T2、W2。 3.张拉0#段竖向束。	
3	1.挂篮前移，继身两侧对称浇筑2号梁段。 2.待浇筑梁段砼强度及弹模达到设计的90%以上且养护时间不少于7天时，张拉纵向预应力束T3、W3。 3.张拉1#段竖向束。	
4	1.以此循环，直至完成最后一个悬臂浇筑梁段(即7号梁段)的施工。	
5	1.在6#、9#墩旁搭设边跨现浇段支架并预压，在支架上浇筑现浇段。	

附注：

- 1.本桥系预应力混凝土连续箱梁,按图所示施工程序进行设计计算,施工须照此执行。
- 2.箱梁施工测量、施工工艺和施工质量要求必须严格按照施工规范办理。
- 3.箱梁0号、边跨现浇段采用支架现浇混凝土,边、中跨合龙段采用吊架现浇混凝土,其余各节段均采用挂篮悬浇施工,挂篮自重不得大于800KN。
- 4.箱梁悬浇中应对称均衡浇筑,混凝土必须达到90%设计强度和不低于7天养护时间才可张拉预应力钢束。
- 5.本桥位于竖曲线上,施工应加强箱梁纵、横向位置的观测,以便及时调整各相邻节段的预拱度及标高。
- 6.中跨合龙段刚性支撑的焊接和固定宜选择在15℃~20℃温度时进行。合龙段混凝土浇筑后应加强养护,以防新浇混凝土开裂。合龙段混凝土达到95%设计强度时方可张拉预应力连续束。
- 7.边跨支架应支撑于坚实的基础之上,并进行预压,以消

<p>6</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.将边跨挂篮改为吊架，吊架一端支撑基臂端，另一端支撑于现浇段。</li> <li>2.安装边跨合龙段弹性骨架，绑扎钢筋，浇筑边跨合龙段砼。</li> <li>3.待合龙段砼强度及弹模达到设计的95%且养护时间达到7天后，张拉边跨合龙段顶、底板束、竖向预应力束。</li> <li>4.拆除边跨临时支架及边跨吊架。</li> <li>5.拆除主墩的临时固结和临时支座，成为单悬臂体系。</li> </ol>	
<p>7</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.将中跨挂篮改为吊架，吊架两端分别支撑基臂端。</li> <li>2.在满足合龙温度和施工标高时，安装并焊接合龙段弹性骨架，绑扎钢筋，部分合龙束的临时张拉，浇筑中跨合龙段砼。</li> <li>3.待合龙段砼强度及弹模达到设计的95%且养护时间达到7天后，张拉合龙段顶、底板束、竖向预应力束。</li> <li>4.拆除中跨合龙段吊架，完成体系转换。</li> </ol>	
<p>8</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.完成桥面系及附属设施的施工。</li> </ol>	

8. 全部预应力束都要对称张拉，按左表所列张拉顺序先长束后短束，且每都采用两端张拉。
9. 主桥上部结构施工完成后方可架设引桥。
10. 合龙过程中两侧压重应平衡加载。

在本方案经过各级部门评审和批准实施后,技术人员将立即根据规范和方案要求编制各分项作业的施工技术交底书,对各相关作业人员进行技术交底。主要将分为 0、1# 块支架搭设与砼浇筑,挂篮拼装、预压及悬臂浇筑,现浇段支架搭设与预压,合拢段施工等分项进行技术交底,技术交底要有目的性和针对性地分阶段进行。

### (3) 施工测量

根据全桥联测的导线点,水准点,进行闭合导线测量放样。其精度必须满足设计及规范要求。

### (4) 配合比设计及原材料的检测

主桥采用 C50 高标号砼,砼由\_\_\_\_搅拌站拌制,试验室提前做好砼配合比的设计和验证,并对拌和楼操作人员进行交底。对所使用的各种原材料,均必须按规范要求进行检测,合格后方可使用。

## 5.2.2 安全交底

主桥施工的分项工程开工前,项目部相关部门组织技术人员、作业班组进行安全交底,并存档备查,交底内容主要包括:支架施工安全交底、挂篮施工安全交底、高空作业安全交底、预应力施工安全交底、特种作业技术交底、应急预案安全技术交底等。

## 5.3 0、1#块施工

### 5.3.1 施工工艺流程

承台周围支架搭设处地基处理,→采用盘扣式现浇支架→安装支座→铺设方木、模板→支架预压→绑扎底、腹板钢筋→安装内模→绑扎顶板钢筋→浇筑箱梁砼→预应力张拉→张拉槽口封锚。

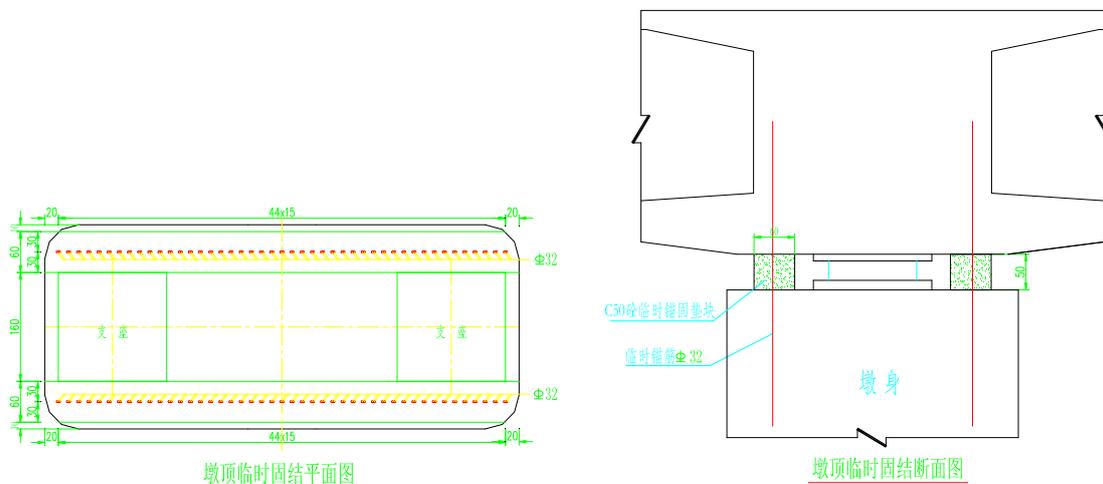
### 5.3.2 基础处理

0、1#块支架施工时首先对承台基坑采用优质黏土进行回填分层压实,再用厚 80cm 的 5%灰土回填压实和浇筑 10cm 厚的 C25 砼基础。

### 5.3.3 墩顶临时固结

根据设计在墩顶边缘设置 50cm 厚、60cm 宽、700cm 长临时 C50 砼锚固垫块。砼垫块上下采用油毛毡分别对墩柱、梁体进行隔离。墩顶临时固结采用锚杆,锚杆采用长 4.5m $\Phi$ 32 螺纹钢。顺桥向靠外侧设置锚杆,下端锚固在墩身内,上端锚固于梁体内,以增加抗震、抗滑能力,并承受梁段施工不平衡带来的不平衡弯矩。

砼临时垫块采用机械与人工相结合的方法进行清理干净，割断钢筋，对称均匀、缓慢进行，防止梁体受到震动。



### 5.3.4 0、1#块支架及底模

主桥箱梁断面为单箱双室，底板宽 11.5m，顶板宽 16.5m。0、1#块现浇箱梁长 8.5m，墩顶处梁高 4m，端头处梁高 3.53m，两侧翼板宽 2.5m。

根据现场地理条件及梁体结构，箱梁支架采用搭设盘扣支架（ $\Phi 60 \times 3\text{mm}$ ），盘扣支架下端设下托，支撑在基础或托架上。盘扣支架顺桥向间距为 0.9m。腹板横桥向间距为 0.6m，底板横桥向间距为 0.6m，翼板横桥向间距为 0.6m，上下横杆的步距为 1.5m。支架顶端设上托和 12 工字钢分配梁，然后在分配梁上设置 8\*8 木楞（腹板处间距 15cm、底板处间距 20cm）和 1.5cm 厚优质竹胶板作为底模。



### 5.3.5 支座安装

支座安装前开箱检查产品使用安装说明书、合格证、质保书，不得任意松动螺栓和拆卸支座。支座垫石砼的强度要满足设计要求，安装支座前复测桥墩中心距离及支承垫石高程，检查锚栓孔位置及深度要符合设计要求。

施工中须注意支座的摆放方向，特别是活动支座的主位移方向，可在支座板顶部、侧面用油漆笔预先标记出中心线、安装线、安装方向，同时相对应的在支承垫石顶部标记好垫石中心线，保证各支座安装正确。

支座安装要保持梁体垂直，支座上下板水平，不产生偏位。支座与支承垫石间及支座与梁底间密贴、无缝隙。支座四角高差不大于 2mm，支座水平偏差不得大于 2mm。

在模板安装前详细检查支座位置，检查的内容有：纵、横向位置、支座的类型及方向、平整度，同一支座板的四角高差，四个支座板相对高差。

支座安装后即按规定锚固支座螺栓，用环氧砂浆进行灌注。支座与垫石之间用环氧水泥浆进行找平。

### 5.3.6 支架预压（采用预应力）

半幅单个 0、1#段砼 135.47m<sup>3</sup>，共计 352.21t，其中不需预压的箱梁部分（墩顶 2.5m 长部分）砼 86.75m<sup>3</sup>，重量 270.7t，实际等荷载预压配重 272.21t。计算中考虑到模板、支架、方木、施工荷载等。

#### 1) 预压荷载（采用预应力法）

为了检查支架的承载力、减少支架的非弹性变形及地基的沉降量，支架的预压主要是针对墩身以外的部分，因此预压重量应为墩身以外重量的 1.2 倍。在支架施工完成后，开始进行预埋预应力张拉法进行张拉，按全截面分阶段张拉。

张拉荷载根据梁体荷载变化而变化，每个断面，在实心段部位应该加压张拉，使预压荷载的布置与砼梁荷载布置一致。按总预压荷载分级加荷，以消除地基沉降及非弹性变形，同时测出弹性变形数据，以在底模标高控制时预留一定的高度。

预压张拉采取分 4 级逐级加载，第一级为 30%的梁体张拉荷载，第二级为 60%梁体张拉荷载，第三级为 100%梁体张拉荷载，最后加载至梁体总荷载 120%。前两级持荷时间不小于 180 分钟（每级加载需经测量变形稳定），分别测定各级荷载下支架弹性变形值、消除非弹性变形。

## 2) 预应力张拉预压方法

预压的变形量观测分 4 个断面：设在底板曲线起点处及两端部位置。每断面四个点，分别设在四条荷载较大的腹板处。变形观测分为加载前、加载中、加载后观测，加载中观测间隔时间 3~4 小时，加载完成的 3 天内观测间隔时间 12 小时。当支架沉降呈平滑曲线变化，48 小时内连续沉降 $\leq 2\text{mm}$ ，可以认定为支架稳定可靠，经报监理工程师、监控单位同意，退松油顶进行卸荷。

## 3) 卸载

卸荷的顺序按照压载的反顺序进行并且作好观测记录，卸荷完成后，对预压张拉期间获得的数据进行分析。观测各测点的标高，计算各测点的弹性和非弹性变形值，并绘出荷载-变形曲线。

### 5.3.7 0、1#块侧模、内芯模

底模调整完毕，吊放侧模板，侧模采用挂篮侧模。侧模为型钢与钢板制作的定型模板，其采用 12cm 槽钢焊接成骨架，间距为 75cm，分配梁采用 5cm 槽钢间距 30cm，外面采用 6mm 厚钢板与槽钢进行焊接。内外侧模板采用  $\Phi 22$  对拉螺杆对拉，拉杆间距按水平 0.6m，竖向 0.6m 布置，底模与腹板侧模连接处贴双面胶，以防漏浆。

0、1#块芯模、人孔洞模板采用 1.5cm 厚竹胶板、方木等制作，腹板及底板钢筋绑扎完成后，模板采用 25t 吊车进行安装，采用 10cm $\times$ 10cm 方木作为内支撑架，用  $\Phi 20$  对拉螺杆对拉，拉杆间距按水平 0.6m，竖向 0.6m 布置。

0、1#块侧模、芯模就位固定后，安放竖向封头模板，封头模板采用竹胶板，10\*10 方木作模板下横梁，I12 工字钢作分配梁，竹胶板上精确开孔，留出纵向钢筋与纵向预应力束道的孔眼、锚垫板的位置及角度。

### 5.3.8 钢筋、预应力孔道施工

0、1#块钢筋用量、规格较多，而且施工工序较为复杂，施工时依据设计图纸在施工现场事先成型然后运输至施工现场绑扎。

第一次安装底板钢筋、腹板箍筋、人孔钢筋。安装腹板竖向预应力管道及精轧螺纹钢。

第二次安放腹板内纵向预应力管道和预应力筋以及横隔板人孔洞上方横向预应力管道。腹板纵向预应力管道在弯曲最高处预埋出气孔，保证压浆的密实。

第三次待内模安装完毕后，绑扎顶板普通钢筋，安放顶板纵向预应力管道。并安装竖向预应力粗钢筋张拉垫板及槽口。

顶板、腹板内有许多预应力管道，为了不使预应力管道损坏，一切焊接在预应力管道埋置前进行，管道安装后尽量不焊接，若需焊接则对预应力管道采用严格的保护措施（如采用竹胶板遮挡），确保预应力管道不被损坏，当普通钢筋与管道发生矛盾时，移动钢筋位置，保证管道定位准确。

钢筋的接头采用搭接焊，按规范要求错开布置，并满足搭接要求。

在钢筋施工过程中注意相关预埋件、预留孔位置以及顶板混凝土浇筑时标高控制点的预埋。

### 5.3.9 预埋件

0、1#段预埋件很多，预埋件分结构预埋件和施工用预埋件。

结构预埋件按桥梁设计图精心施工。

施工预埋件：挂篮预留孔、挂篮锚固系统等，且注意埋设位置、尺寸。检查合格后方可进行下道工序施工。

### 5.3.10 混凝土浇筑

因钢筋和顶板的纵向钢绞线布置较密，混凝土配合比设计时除满足强度、和易性要求外，还需有很好的流动性，以保证混凝土顺利穿过钢筋和预埋管道的空间。

混凝土浇筑前，认真检查模板支撑情况，模板堵漏质量，钢筋绑扎，预埋件、预留孔位置的准确性，模内有无杂物。

砼采用砼罐车由拌合站直接送至施工现场，经过砼输送泵输送至 0#块工作面，从两侧腹板与中部顶板开洞布料，并辅以人工铲运均匀布料，振捣时注意不得碰及底板模板及预应力管道，两侧腹板同时分层进行，并控制两端对称下料，进度保持一致，以保证支架均衡受载。

0、1#块混凝土浇筑顺序按照先由底板最低处即横隔板开始向外，待底层的混凝土浇平后再从梁端开始向内的原则对称浇筑，即自箱梁两侧腹板位置底板，再浇中部底板，往复循环下料，直至底板顶面，然后浇注两腹板砼，要求上、下游腹板交错均匀布料，两侧腹板砼表面高差控制在 50cm 以内，直至将腹板顶面对称浇注完（两层浇筑的间隔时间不得超过混凝土的初凝时间），然后浇注中部顶板——内侧顶板——外侧顶板（翼板）。

顶板混凝土浇筑从两侧向中间进行，横隔板混凝土浇筑穿插在底、腹板浇筑过程中进行。在浇筑腹板、顶板的同时，要注意封头锚垫板处的振捣。由于钢筋较密，采用小直径振动棒加强振捣，确保混凝土的密实。混凝土采用分层浇筑，层厚控制在 30cm。横隔板的钢筋其最大间距较小，串桶难以安放到位，采用涂胶帆布软管作为布料管路，

确保混凝土落料高度 $\gt 2\text{m}$ ，并做到均匀分层布料。

腹板倒角处竖向高度为 $32\text{cm}$ ，在浇筑腹板处混凝土时，混凝土布料厚度不超过倒角与腹板交界点，同时加强对倒角处混凝土振动。

因腹预应力管道道在混凝土内埋深过深，为防止浇筑工程中振动棒振捣不小心把腹板束波纹管振捣变形难以穿束，混凝土浇筑前在腹板束道内穿入直径比束道波纹管小一号的内衬增强塑料管。

混凝土浇筑后初凝后终凝前及时压实、拉毛，具体工艺为两次压实一次拉毛，避免产生收缩裂缝。混凝土终凝后覆盖土工布洒水养生。

#### 5.4 悬浇段挂篮施工

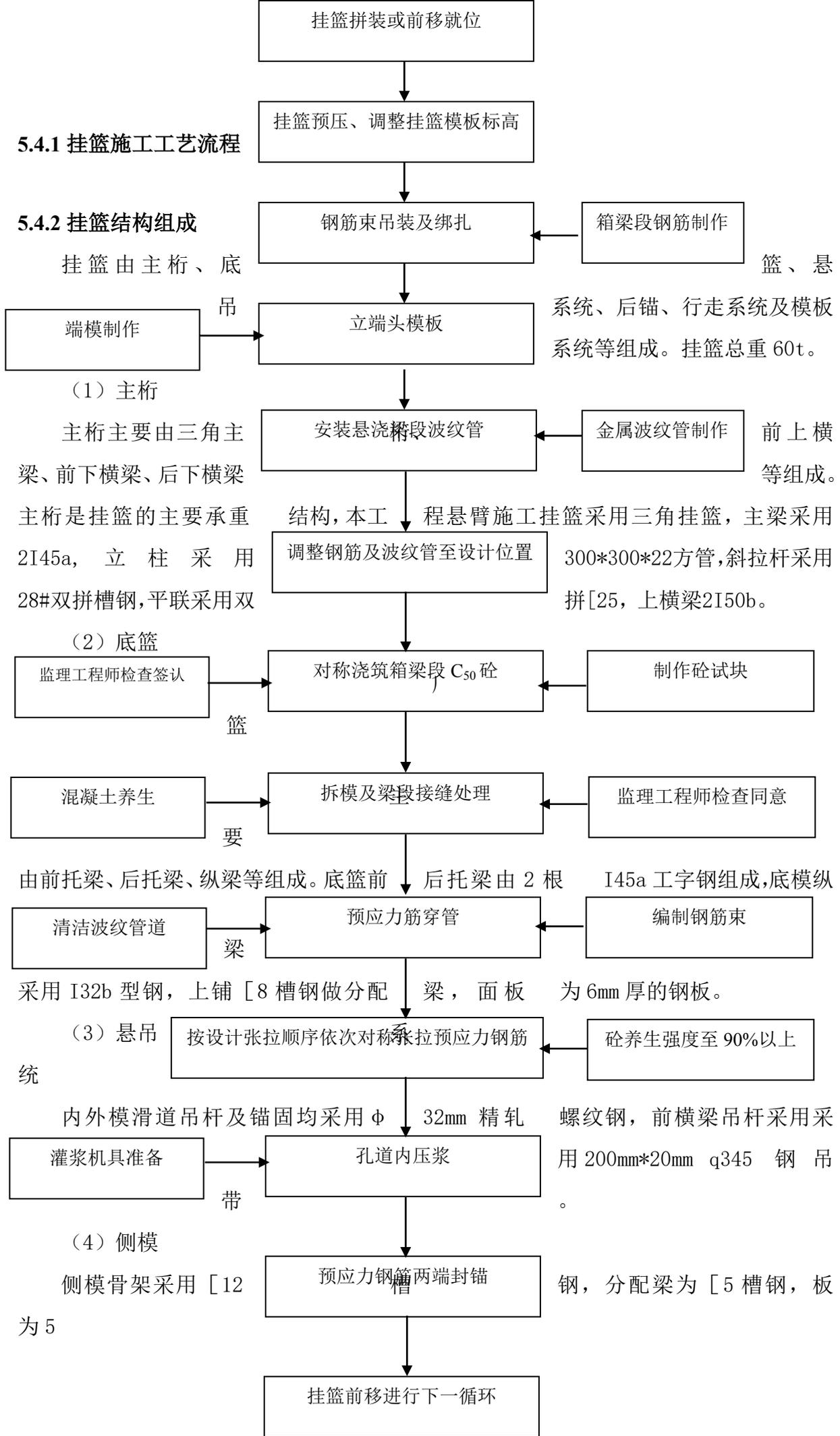
在完成0、1#块砼浇筑、预应力张拉、压浆后，2~11#块采用挂篮悬臂浇筑，长度分别为 $3\text{m}$ 、 $3.5\text{m}$ ，重量 $80.4\sim 103.9\text{t}$ ；合拢段长 $2\text{m}$ ，重量 $45.9\text{t}$ 。

连续梁各节段参数表

序号	节段号	节段长度	节段砼数量(m <sup>3</sup> )	节段重量(t)	
1	0#块	5m	135.47	352.21	
2	1#块	3.5m	59.99	155.98	
3	2#块	3.5m	55.66	144.73	
4	3#块	3.5m	52	135.21	
5	4#块	4m	54.881	142.69	
6	5#块	4m	50.1	132.27	
7	6#块	4m	47.35	123.12	
8	7#块	4m	46.52	120.94	
9	中跨合拢段	1m	14.64	38.08	
10	边跨合拢段	2m	23.15	60.2	
11	边跨直线段	5.42m	99.09	257.64	

### 5.4.1 挂篮施工工艺流程

### 5.4.2 挂篮结构组成



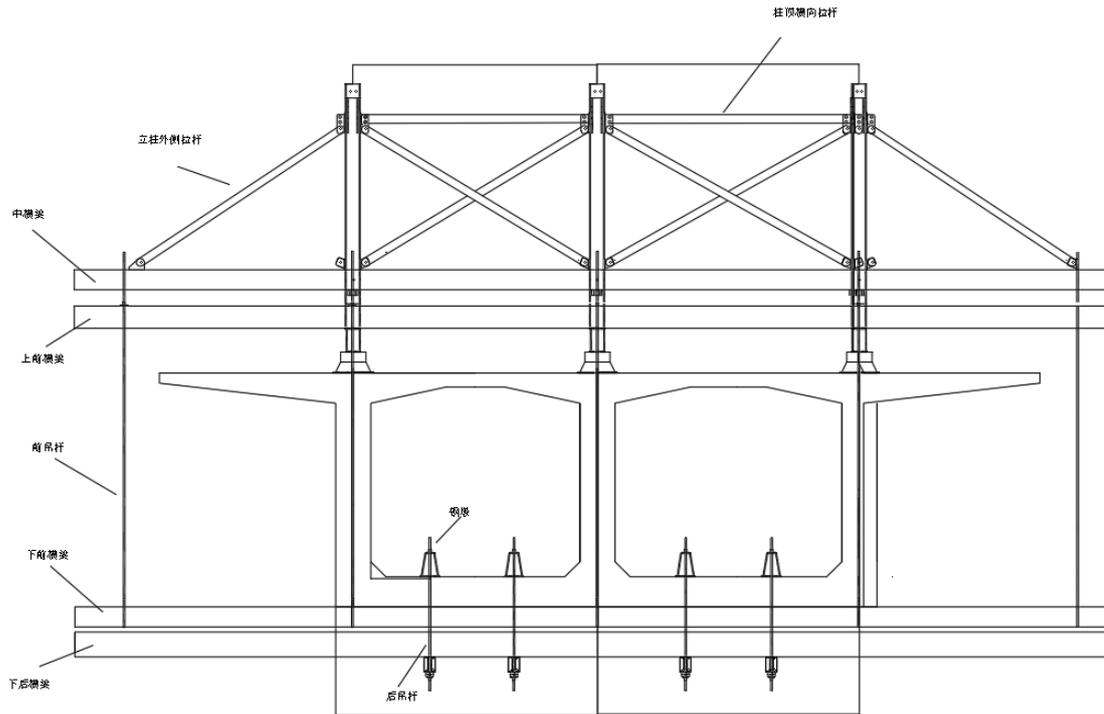
mm 厚的钢板。内模采用型钢骨架与钢板组合形式，通过对拉杆与外模相连。

#### (5) 行走系统

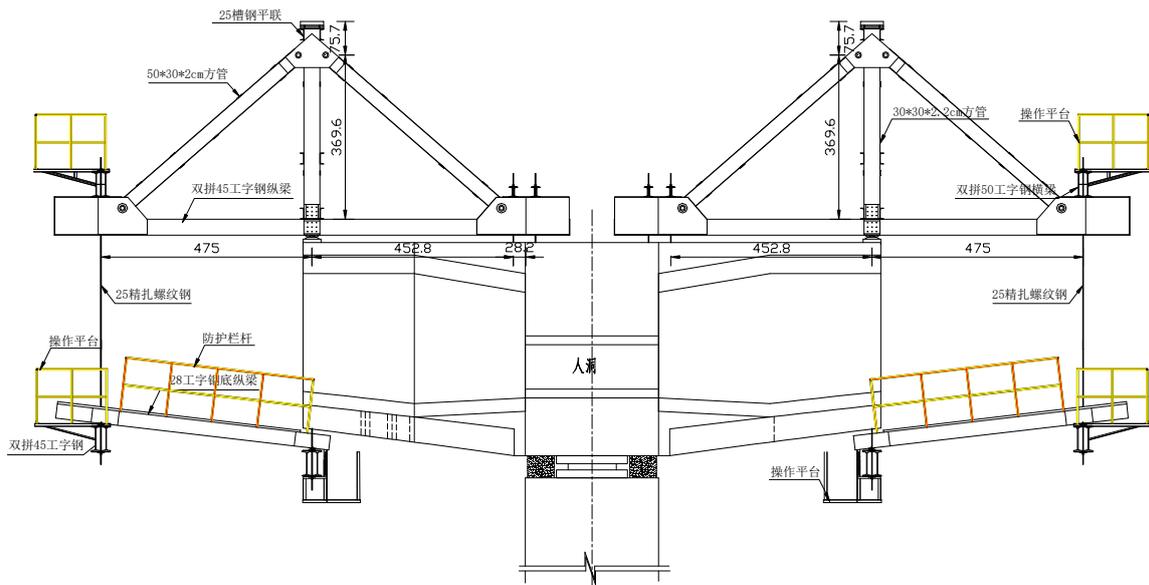
由行走轮、钢枕、反压轮、保护锚固及拖移收紧设备组成, 钢枕采用 2I32a 工字钢。

#### (6) 后锚系统

由精轧螺纹钢、小横梁、连接件、升降齿轮千斤顶等组成。



挂篮正立面图



挂篮侧立面图 单位: cm

### 5.4.3 挂篮拼装及移位

#### (1) 挂篮拼装

挂篮零部件验收: 挂篮制作完毕后, 检查挂篮结构各构件是否按照设计图纸及有关技术规范、规程进行选材、加工、制作, 尤其是对主要杆件焊接及螺栓连接处重点检查检测, 确保强度、刚度符合要求, 发现问题要及时纠正和整改。

①挂篮安装: 挂篮在加工现场试拼检测合格后, 将各部件运至施工现场拼装。拼装完毕后, 对挂篮加载进行预压, 充分消除挂篮产生的非弹性变形。悬臂浇注施工过程中, 将挂篮的弹性变形量纳入梁段施工预拱度计算中, 具体安装步骤如下:

a、在 0、1#块拼装挂篮时, 主桁中心线与腹板中心一致, 利用 0、1#段施工时精轧螺纹钢进行锚固。

在已施工完毕的 0、1#块梁面上将主桁的中线及关键里程碑标记线标记出, 并作出明确标识, 以便于施工人员使用。吊车配合吊装就位, 对于梁面不平整的, 可通过钢楔垫到同一标高; 主桁就位后检查中线, 合格后通过连接器或螺帽锚固。

b. 利用吊车将拼组好的单片主桁安装就位, 并采取临时斜撑固定, 保证两主桁片稳定。

c. 安装主桁后锚处的后锚扁担梁、后锚杆等, 将主桁与后锚扁担梁连接并通过预埋锚固筋连接锚固。

- d. 安装平联杆件，安装上横梁。
- e. 安装吊杆、拆除后锚临时支承垫块。

### ②底篮拼装

主桁架系统安装完毕，检查锚固、连接，按设计要求到位后进行底平台系统安装。

挂篮底篮采用 25t 吊车进行安装，安装底篮前、后托梁并找平，安装纵梁。在主桁及箱梁底板预留孔下穿前后吊杆并锚固，同时用倒链悬挂在前后托梁上，缓慢起吊至吊杆位置，通过倒链对位后进行连接，然后吊杆用螺母固定，拧紧时采用千斤顶配合，解除临时锁定倒链，安装底平台前端及后端工作平台。

### ③模板系统拼装

#### a. 侧模拼装

底平台拼装完毕，经检查各部连接与设计吻合，且稳定牢固后，进行侧模拼装。在施工 0#块时挂篮侧模已就位，利用侧模前、后吊杆将侧模滑道吊起，使侧模骨架悬挂在侧模滑道上，然后用倒链调整侧模位置使其准确就位，最后安装侧向工作平台。

#### b. 内模拼装

待底、侧模拼装完毕加载预压结束，底、腹板钢筋绑扎完毕后，进行内模拼装。在箱梁顶板下设置内模滑道，并利用吊杆吊住内模滑道，用吊车起吊，通过内模滑道前、后吊杆将内模滑道吊起，使起悬吊于滑道上。

### ④张拉工作平台拼装

在桥下将工作平台组装成一个整体，用倒链悬挂于主桁系统上，以便随施工需要进行升降。

### ⑤、挂篮安全注意事项：

#### 主桁梁验收

#### a、主桁检查

- ① 各部位焊缝完好，无裂纹；
- ② 主桁无明显变形；
- ③ 主桁前、后支撑完好、有效，无明显变形；
- ④ 主桁后锚与梁体连接精轧螺纹不少于 4 根，且紧固、可靠；
- ⑤ 后锚精轧螺纹钢筋、螺帽、连接器完好、无损伤；

#### b、滑道检查：

- ① 滑道各段连接螺栓完好，连接可靠；

- ② 滑道与梁体间连接螺栓完好，连接可靠；
- ③ 滑道顶面平顺，并涂有润滑剂，行走速度不应大于 0.1m/min，限位器应设置牢固；

④ 滑道结构安全，无明显变形；

c、模板系统验收：

- ① 内、外滑梁无明显变形，调节自如；
- ② 各块模板之间螺栓完好，连接可靠；
- ③ 模板各部位焊缝完好，无裂纹；
- ④ 内外模板拉杆不得缺少，且连接可靠；
- ⑤ 模板平顺，无明显变形；
- ⑥ 底模纵梁无明显变形；

d、吊挂系统检查：

- ① 吊挂精轧螺纹钢筋、螺帽、连接器完好、无损伤；
- ② 吊带完好、无损伤；
- ③ 前、后横梁完好、无明显变形；
- ④ 吊点处无明显变形，焊缝完好，无裂纹；

e、牵引系统检查：

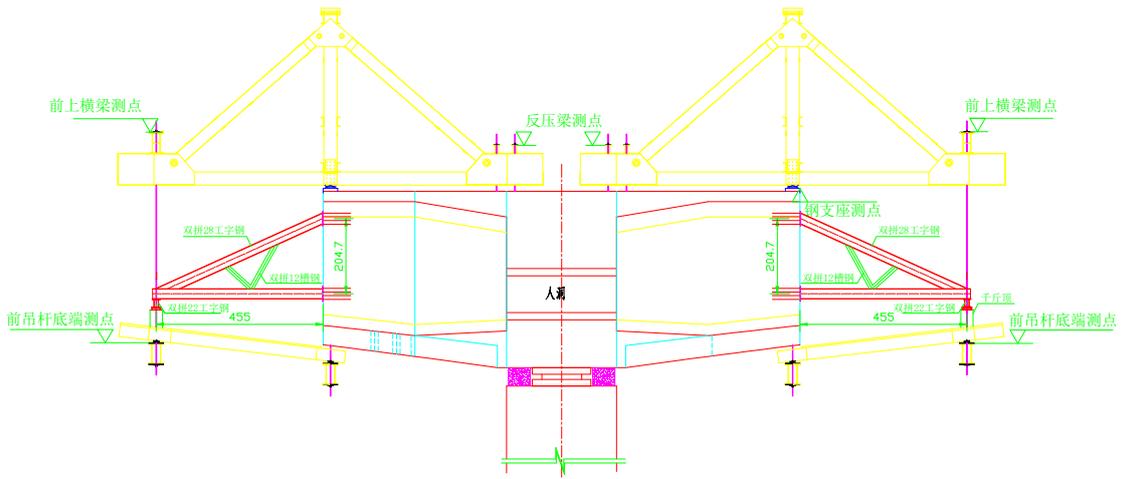
- ① 千斤顶有效、可靠；
- ② 精轧螺纹钢筋、螺帽、连接器完好、无损伤；
- ③ 千斤顶滑道支撑完好，无明显变形；

f、安全设验收：

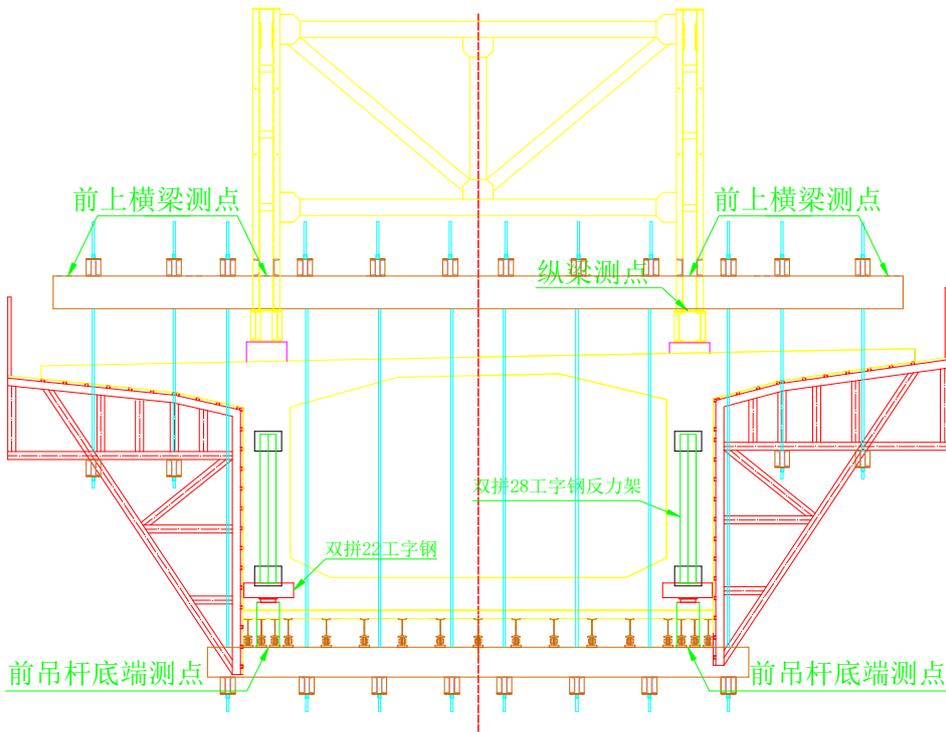
- ① 前上横梁操作平台稳固可靠、无明显变形；
- ② 底模操作平台稳固可靠、无明显变形；
- ③ 侧模操作平台稳固可靠、无明显变形；
- ④ 上、下梯子安装可靠、无明显变形；

## (2) 挂篮预压

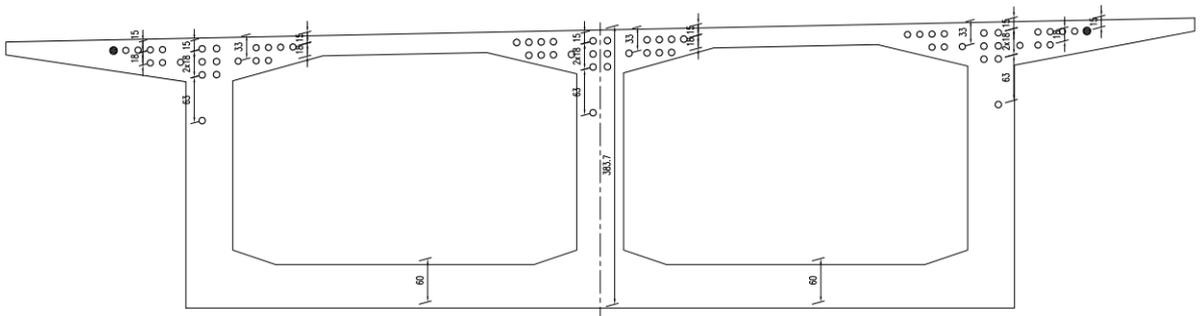
在挂篮安装好后，对挂篮采用反力架对挂篮进行预压。每个腹板位置预埋 2cm 钢板，反力架采用双拼 28 工字钢制作，预压试验采用分级加载方法。分级加载采用千斤顶进行。根据计算单个腹板处，最大加载为 465.8KN，分级加载次数和加载量尽量与梁段实际接近，记录压重的荷载与挂篮前端的变形情况，绘制荷载与挂篮变形曲线。



挂篮预压反力架及测点布置图 单位: cm



挂篮预压反力架断面示意图 单位: cm



通过预压，消除挂篮的非弹性变形，并测试挂篮的弹性变形，为立模标高的确定提供数据支持。

挂篮荷载试验的目的：1) 在挂篮正式使用前，通过对挂篮加载消除挂篮的非弹性变形；2) 实测挂篮的弹性变形，与理论值进行比较，为计算挂篮立模标高提供依据。3) 通过预压验证挂篮设计及安全性能是否满足施工要求。

在进行挂篮荷载试验前，必须对挂篮进行全面的检查，检查内容主要包括：

1) 挂篮两侧主轨道中心是否与设计中线（测量放线）吻合，两侧主轨道的标高是否一致，轨道锚固装置是否已安装好；

2) 挂篮两侧主桁架标高是否一致，间距是否与设计相符；

3) 挂篮所有栓接点，螺栓是否有遗漏，螺帽（含垫圈）是否都已安装、拧紧到位；

4) 挂篮前支点是否已与轨道顶面密贴并参与工作，轨道底面是否与箱梁顶面抄平、抄实；

5) 挂篮主桁架是否已调成水平（通过前支点抄垫和后锚蹬筋张拉调节）；

6) 挂篮后锚系统是否都已安装到位，螺栓是否已紧固；

7) 临时工作平台搭设完成。①搭设施工人员上、下挂篮的工作平台，以便进行变形观测和挂篮检查；②在主吊带与前上横梁锚固处搭设工作平台，以方便工作人员安装张拉设备；③底模前下横梁处搭设工作平台，以方便工作人员安装张拉设备；

8) 变形观测点设置完毕且进行初始测量。①在挂篮左右侧后锚横梁上各设置一个变形观测点；②在挂篮左右侧前支点处各设置一个变形观测点；③在挂篮前上、下横梁顶各设置一个变形观测点。

预压加载采用两端对称同步进行，预压重量为 1.2 倍的结构物自重+1.4 倍施工荷载。分四级试载三天，消除非弹性变形。第一级加载 50%，第二级加载 75%，第三级加载 100%，第四级加载至 120%。预压加载采用两端对称同步进行。

9) 挂篮加载试验注意事项：

加载前应设置好各变形观测点，观测人员和观测仪器同步就位；

观测仪器使用前应进行校核，保证测量数据的准确性；

加载过程中，现场技术人员要认真检查挂篮主桁、吊带、锚固点的变化，发现异常及时停止加载，排除问题后方可继续作业；

加载应逐级进行，加载、卸载量级控制应为 0%、50%、75%、100%、120%、100%、75%、50%、0%，荷载量施加应均匀，重量要准确；加载时及时记录观测结果；

### (3) 挂篮走行

在每一梁段混凝土浇注及预应力张拉完毕后，挂篮将移至下一梁段位置进行施工，直到悬臂浇注梁段施工完毕。

挂篮前移时工作步骤如下：

- a. 当前梁段预应力张拉、压浆完成后，进行脱模(脱开底模侧模和内模)。
- b. 挂篮后支点进行锚固转换，将上拔力转给后锚反压轮。
- c. 拆除底模后锚杆，将后托梁、侧模通过倒链悬挂于外滑梁上。
- d. 在已浇注好的梁段上铺设行走轮 3 个，并与原有钢枕顶面保持水平。

#### 行走轮固定措施：

浇筑悬臂段混凝土时，在箱梁顶部预埋  $\phi 20$  钢筋，钢筋横向间距 28cm，按照主桁中心线对称布置；纵向间距 28cm，按照行走轮位置预埋，钢筋顶部弯钩与行走轮底板焊接，以便固定行走轮。

e. 三角主桁两侧各配有一根 10t 倒链，倒链一端固定于预埋在已浇筑好的梁体预埋钢筋上，一端固定于主桁上。挂篮行走时，保证结构稳定；挂篮移动必须匀速、平移、同步，采取划线吊垂球的方法，随时掌握行走过程中挂篮中线与箱梁轴线的偏差，如有偏差，使用千斤顶逐渐纠正；底模、侧模、主桁系统及内模同时向前移动，直至下一浇筑位置。

- f. 挂篮就位后，进行锚固转换，将上拔力由行走锚固转给主桁后锚杆。
- g. 安装底模后吊杆。
- h. 调整模板位置及标高。
- i. 待梁段底板及腹板钢筋绑扎完毕后，将内模拖动到位，调整标高后，即可安装梁段顶板钢筋。
- j. 梁段混凝土浇注及预应力张拉完毕后，进入下一个挂篮移动循环。
- k. 挂篮倒退行走时，利用竖向预应力钢筋锚固主桁主梁，把倒链一端连在主桁上，另一端连在梁体用于行走的预埋钢筋上，缓慢、均匀、同步牵引挂篮倒退行走。

### (4) 挂篮拆除

完成边跨、中跨合拢段砼浇筑、张拉、压浆后，边跨挂篮利用吊车拆除；中跨挂篮退至墩身处，然后利用吊车将挂篮拆除。挂篮拆除时按拼装时的相反顺序拆除挂篮侧模、底篮及模板系统，主桁后拆除时两端对称地进行。

#### (5) 挂篮拆除防护措施

在悬浇完成合拢段时，即可进行挂篮的拆除，挂篮拆除对称进行。底模板拆除：用葫芦和钢丝绳吊落底模。拆除两侧模板，拆除两侧模时保证两个同时：即主跨和边跨同时卸落，左翼板和右翼板同时卸落。挂篮桁架拆除，先将桁架用葫芦对拉固定，再拆除横向联系，单个吊除桁架。挂篮拆除前，先和航道等部门沟通，取得同意后，进行必要的航道管制，才开始卸落挂篮的底模和侧模。

#### (6) 342 省道上施工安全防范措施

由于跨 342 省道是跨 342 省道施工，施工前，征得有关部门的批准，才开始进行道路上空的挂篮悬浇施工。严格按照交通部门批复的安全方案进行落实。施工时，在道路两端，根据交通部门的要求，设立安全警示、警告标志。并在挂篮侧模底设置安全警示灯。经复核，挂篮施工时，在通行范围内在最高通行高度时，通行高度净大于 4m，满足同行要求。施工过程中，做好临边防抛网设置，杜绝一切物品掉落道路中。

### 5.4.4 模板工程

侧模及底模采用挂篮定型钢模板，内模和端模板（两节段相连接处断面的模板）采用竹胶合板做面板。端模板是保证端部截面尺寸和孔道位置的重要部件，采用 6mm 钢板现场制作，并预留预应力孔道洞口和钢筋位置。侧模背带采用 [12 的槽钢焊接成骨架，纵向 75cm，然后采用 [5 槽钢作为分配梁与骨架焊接，[5 槽钢间距为 30cm，上设 6mm 厚钢板。穿  $\phi 22$  圆钢拉杆配钢垫片，侧模内部两侧加顶托形成对口撑支撑于腹板位置，以加强稳定性。内模面板采用  $\delta = 15\text{mm}$  厚的竹编胶合模板，支撑架间距为 100cm。

### 5.4.5 钢筋工程

(1) 绑扎钢筋时，先进行底板及腹板钢筋的绑扎，待内模立好后再进行顶板钢筋的绑扎，具体绑扎顺序如下：

- a. 底板底横向钢筋。
- b. 腹板箍筋。
- c. 底板底纵向钢筋及纵向钢筋网骨架。
- d. 底板、腹板予应力波纹管、竖向预应力管道、钢筋定位网及锚垫板。
- e. 底板顶面纵、横钢筋及斜角钢筋，包括加固筋及纵向筋。

f. 腹板纵向钢筋及预埋件。

g. 顶板底部、顶部钢筋及横向预应力束。

h. 防撞护栏钢筋及其他预埋铁件。

### (2) 钢筋绑扎注意事项

a. 钢筋接头避免设置在钢筋受力最大之处，应分散布置。

b. 电弧焊接头应错开，接头应避免弯曲处。

c. 主筋保护层厚度为 60mm，采用厂家制作的砂浆作保护层垫块，强度等级为 M50，与梁体标号相同。

为保证预应力筋束的位置，波纹管在现场安装定位。定位钢筋与钢筋骨架焊接牢固。孔道平顺，波纹管接头要严密、不漏浆。

### (3) 预埋件及预留孔

预埋件安装前检查其结构尺寸，焊缝等连接是否满足设计要求。挂篮主梁后锚固筋为  $\phi 32$  精扎螺纹钢，预埋时检查精扎螺纹钢本身是否有电焊等损伤；预埋件设置时与周围钢筋和模板予以固定，以防混凝土灌注时位置错动；泄水管及梁端封锚现浇处进行封边处理。

## 5.4.6 混凝土施工

### (1) 混凝土浇筑前检查要点

检查钢筋、预应力管道、预埋件位置是否准确；

检查已浇混凝土接面的凿毛润湿情况；

浇筑时随时检查锚垫板的固定情况；

检查压浆管是否通畅牢固；

严密监视模板与挂篮变形情况，发现问题及时处理；

准备混凝土养生养护设备。

### (2) 砼浇筑及养护

梁体砼采用 C50 砼，砼由搅拌站供应，浇筑时除对称浇筑，还应由悬臂段向根部进行，以减少交界面的收缩裂缝。浇筑先箱梁底板、腹板至顶板、翼板砼、按分段水平分层灌注砼，每层砼厚 20~35cm，腹板部位厚 48~80cm。为了防止灌注腹板时，砼从底板处上翻，底板砼灌注完后在其顶面加铺模板并进行反压。底板与腹板连接倒角处振捣较困难，容易出现蜂窝麻面现象，振捣时必须格外注意。

砼施工中必须采取下列措施，保证灌注砼质量：

梁段砼一次灌注成功，并在初始灌注的砼终凝前完成，以免箱梁底板接缝处产生微裂纹。砼灌注完成终凝后，在砼表面每隔 0.5~1.0 小时对覆盖土工布洒水养护，养护时间不少于 7 天。

必须严格控制砼的坍落度和配合比，根据温度变化进行调整，并掺用适量的减水剂和缓凝剂。

严格控制砼倒入模的高度，用小型串筒伸入到梁体底部灌注，振捣采用  $\Phi 50\text{mm}$  插入式振捣器均匀振捣。

箱梁两端同时平衡对称灌注，两端砼浇筑不平衡重不超过梁段重 1/4。

砼采用土工布覆盖、洒水养护，时间不少于 7 天。砼强度达到设计强度 90%，方可进行张拉。

## 5.5 预应力施工

### 5.5.1 预应力体系

#### (1) 纵向预应力体系

纵向预应力束采用  $\Phi^{s15.2-15}$ 、 $\Phi^{s15.2-17}$  抗拉强度标准值为 1860MPa 的高度低松弛钢绞线，锚下控制应力为  $0.72f_{pk}=1339.2\text{MPa}$ 。其技术条件应符合 GB/T5224-2003 标准。张拉采用与之配套的机具设备，管道形成采用塑料波纹管成孔。

#### (2) 竖向预应力体系

竖向预应力钢筋采用  $\Phi 32\text{mm}$  预应力混凝土用螺纹钢筋，抗拉强度标准值为 785MPa，张拉控制吨位为 568KN。其技术条件符合 GB/T 20065-2006 标准，锚固体系采用 YGM-32 型锚具；张拉采用 YCJ100 千斤顶；管道形成采用内径  $\Phi 50\text{mm}$  铁皮管成孔。

#### (3) 横向预应力体系

横向预应力束采用 BM15-3  $\Phi^{s15.2}$  抗拉强度标准值为 1860MPa 的高度低松弛钢绞线，采用一端固定一端张拉的形式，固定端按照设计进行挤压固定。锚下控制应力为  $0.75f_{pk}=1395\text{MPa}$ 。

### 5.5.2 预应力筋、波纹管及锚具等要求

#### (1) 预应力钢绞线和精扎螺纹钢进场要求

进场材料应有出厂质量保证书或试验报告单，进场时要进行外观检查。钢绞线表面不得带有降低钢绞线与混凝土粘结力的润滑剂，油渍等物质，允许有轻微的浮锈，但不得锈蚀成肉眼可见的麻坑。 $\Phi 32$ （标准抗拉强度 785MPa）精扎螺纹钢表面不得有裂纹、小刺、机械损伤、电弧烧伤、氧化铁皮及油迹。

进场材料须进行力学性能检验。钢绞线进场应从每批钢绞线中任取三盘进行直径偏差、捻距和力学性能试验。每批为同一编号、同一规格、同一生产工艺制度的钢绞线组成，每批重量不大于 60 吨。检查结果，如有一项试验结果不符合标准要求，则该盘作废。再从未试验过的钢绞线中取双倍数量的试样进行该不合格项的复检，如仍有一项不符合要求，则该批为不合格产品。

Φ32（标准抗拉强度为 785MPa）精扎螺纹钢进场时应分批验收。从正常部位截取试样进行试验，检验结果，如力学性能试验有一项试验结果不符合标准要求，则该批次不得验收，并从同一批未经检验的 Φ32 精扎螺纹钢中再取双倍数量的试样进行复验（包括该项试验所要求的任一指标）。复验结果即使有一个指标不合格，则整批不得验收。

#### （2）波纹管的验收

管道运输至现场后，注意不能使波纹管变形、开裂，并保证尺寸，管道存放要顺直，不可受潮和雨淋锈蚀。波纹管外观应清洁，内、外表面无油污，无引起锈蚀的附着物，无孔洞和不规则折皱，咬口无开裂、无脱扣。

#### （3）锚具的进场要求

在同一材料和同一生产工艺条件下锚具和夹具应不超过 1000 套为一批，连接器应不超过 500 套为一批。外观检查应从每批中抽取 10%的锚具且不少于 10 套，如有一套表面有裂纹超过产品标准的允许偏差，则应取双倍数量锚具重新检查；如仍有一套不符合要求，则应逐套检查，合格者方可使用。

硬度检验应从每批中抽取 5%的锚具且不少于 5 套，对锚具和夹片进行硬度试验。每个零件测试三点，其硬度应在设计要求范围。如有一个不合格，同锚具的外观检一样进行检验。

#### （4）存放要求

预应力筋、锚具和波纹管放在通风良好、并有防潮、防雨措施的仓库中。

#### （5）张拉及配套设备

液压千斤顶在张拉使用前进行试验及验收，试验及验收工作参照《预应力用液压千斤顶》行业标准中部分出厂检验项目进行。在下列情况之一时，千斤顶要和工程中使用的油压表、油管等一起进行配套标定：

新千斤顶初次使用前；使用时间超过 6 个月或张拉次数超过 300 次；

油压表指针不能退回零点，更换新表后；

千斤顶、油压表和油管进行更换或维修后；

张拉时出现断筋而又找不到原因时；

停放三个月不用后、重新使用之前；

油表受到摔碰等大的冲击时。

张拉设备在使用前应配套进行校验，当使用压力机校验时，应以千斤顶压力机为确，压力表精度不低于 1.0 级。对校验后的千斤顶不得进行内部拆装，压力表不得互换。

千斤顶、油泵、压力表的配套标定在千斤顶、油泵、压力表校验合格后，需将其组合成全套设备，进行设备的内摩阻校验，并绘出油表读数和相应张拉力关系曲线。配套标定的千斤顶、油泵、压力表要进行编号，不同编号的设备不能混用。

### 5.5.3 波纹管的施工工艺

预应力管道预埋时应该准确定位，用定位钢筋将波纹管与钢筋骨架绑焊在一起，直线段间距不大于 0.8 m，曲线段间距不大于 0.4m，且须与箱梁普通钢筋牢靠连接，确保预应力管道位置正确、稳固。预应力喇叭管定位应精确、牢固、喇叭管周围模板应严密，防止漏浆而造成锚下空洞。

为确保竖向预应力筋的位置准确，在中部采用定位钢筋。竖向预应力筋锚固端与底板及顶板钢筋位置发生矛盾时，应保证锚垫板和锚下螺旋筋的位置准确而调整腹板及顶板钢筋位置。

若预应力管道与普通钢筋发生冲突时允许进行局部调整。钢筋若遇预应力张拉槽，截断后应预留搭接长度临时弯折，封槽时再复位焊接形成整体。

波纹管安装就位过程中尽量避免反复弯曲，以防管壁开裂，接头处套管搭接长度不小于 50cm 并以胶带严密缠绕，保证不渗水、不漏浆，同时，还应防止电焊火花烧伤管壁。波纹管安装后，检查波纹管位置、曲线形状是否符合设计要求。

为确保管道在砼灌注时不会堵管，在预应力管道定位完成后，应立即穿入直径稍小的内衬管，并在砼灌注过程不断抽动内衬管，砼初凝后拔出内衬管，可保证管道通畅，不会堵塞。

施工中人员、机械、振动棒不能碰撞管道，以免损坏管道造成漏浆。灌注混凝土之前对管道仔细检查，主要检查管道上是否有孔洞，接头是否连接牢固、密封，管道位置是否有偏差。

### 5.5.4 钢绞线的下料、编束和穿束

#### (1) 下料

钢绞线下料采用砂轮锯切割，在切口处两端 20mm 范围内用细铁丝绑扎牢，防止头部松散，禁止电、气焊切割，以防热损伤。同一编号的钢绞线束可集中下料，对于两端同时张拉的预应力钢绞线束，钢绞线下料长度可按每个孔道的实际长度+油顶长度×2+工具锚厚度×2+限位板的有效高度×2+200mm 之和下料，其误差为±30mm。

### (2) 编束

按设计预应力钢束编号编束。编束前对钢绞线进行梳整分根，并将每根钢绞线编码标在两端，后用 18~20#铁丝将其绑扎牢固，绑扎间距为 1~1.5m，编扎成束的钢绞线应顺直不扭转。钢绞线束存放及移运时，保持顺直，不受损伤，不得污染；存放时，须垫方木，间距以钢绞线不着地为度；搬运时，不得在地上拖拉；严禁钢绞线受高温、接触焊接火花或接地电流。

### (3) 穿束

穿束前应全面检查锚垫板和孔道，确保管道畅通，检查制好的钢丝束是否绑扎牢固、端头有无弯折现象；穿束时核对长度及规格，对号入孔；穿束采用卷扬机直接穿束，为便于穿束，将穿入端焊制成锥体状，且加以包裹，以防穿坏波纹管。

穿束前用压力水冲洗孔内杂物，观察有无串孔现象，再用风压机吹干孔内水份。

竖向预应力筋应严格控制非张拉部精扎螺纹外露长度为张拉螺母以外 8cm。精制螺纹钢为厂家定尺加工，收料时注意验收，并不得混用。

## 5.5.5 预应力束张拉

为减少混凝土的收缩徐变对预应力的不利影响，避免由于混凝土收缩、徐变过大造成预应力不满足设计要求，混凝土龄期达到 7 天、强度达到 90%时方能张拉。

### (1) 张拉前的准备工作

预施应力前，应做好孔道摩阻测试，并根据测试结果计算控制应力。预应力施工的各种机具、设备、仪表都经过校验，运营良好；预应力材料除按规范取样做试验外，还应取样作钢绞线、精轧螺纹钢的弹性模量试验，测定其弹性模量和截面积，根据实际试验数据计算预应力筋伸长量。张拉前对锚垫板下砼的密实度进行检查，并观察垫板位置是否正确，压浆孔是否畅通，特别是精制螺纹钢应用专用工具检查，锚垫板是否垂直于预应力筋中线。然后清理垫板，按编号分丝并安装锚环，夹片。安装夹片前，应在夹片外侧涂一层助滑剂，以减小锚固时夹片与锚环之间的摩擦。可以有效的防止滑丝现象，装好的夹片应分均、打紧，安装限位板、千斤顶、工具锚，这时应检查孔道、锚具、千斤顶是否在同一轴线上，当确认后才能开始张拉。

(2) 伸长量计算

预应力伸长量按下式计算：

$$\Delta L = P \cdot L \times [1 - e^{-(KX + \mu \theta)}] / [A_p \cdot E_p (KX + \mu \theta)]$$

式中：

P—预应力钢筋张拉端的张拉力（N）；

X—从张拉端至计算截面的孔道长度（m）；

$\theta$ —从张拉端至计算截面曲线孔道部份切线的夹角之和（rad）；

K—孔道每延米局部偏差时摩擦的影响系数；

$\mu$ —预应力筋与孔道壁的摩擦系数；

L—预应力钢筋的长度（mm）；

$E_p$ —预应力钢筋弹性模量（N/mm<sup>2</sup>）；

$A_p$ —预应力筋截面积（mm<sup>2</sup>）

$\Delta L$ （mm）—预应力筋张拉实际伸长值： $\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2$ 。

$\Delta L_1$ —从初应力至最大张拉应力间的实测伸长值（mm）；

$\Delta L_2$ —初应力以下的推算伸长值，采用相邻级的伸长值。

### （3）预应力钢绞线张拉

由于预应力筋张拉时，应先调整到初应力，再开始张拉和量测伸长值，实际伸长值为两部分组成，一是初应力至张拉控制应力部分的实测伸长量，二是初应力时推算的伸长值，实际伸长值为两者之和。

主桥纵向预应力束在箱梁横断面应保持对称张拉，纵向钢束张拉时两端应保持同步。施加预应力必须采用张拉力和伸长量双控，当预应力钢束张拉设计吨位时，实际伸长量与理论伸长量应控制在±6%以内，否则应停工检查，分析原因，采取相应措施处理后方可继续张拉。钢束张拉时应尽量避免滑丝、断丝现象，当出现滑丝、断丝时，其滑丝、断丝数量不得超过总数1%，否则应换束重新张拉。

横向预应力束采用25t千斤顶逐根进行张拉。

纵横向预应力束张拉程序：0→15%控制应力→30%控制应力→60%控制应力（纵向预应力较长时）→100%控制应力（持荷5min）→锚固

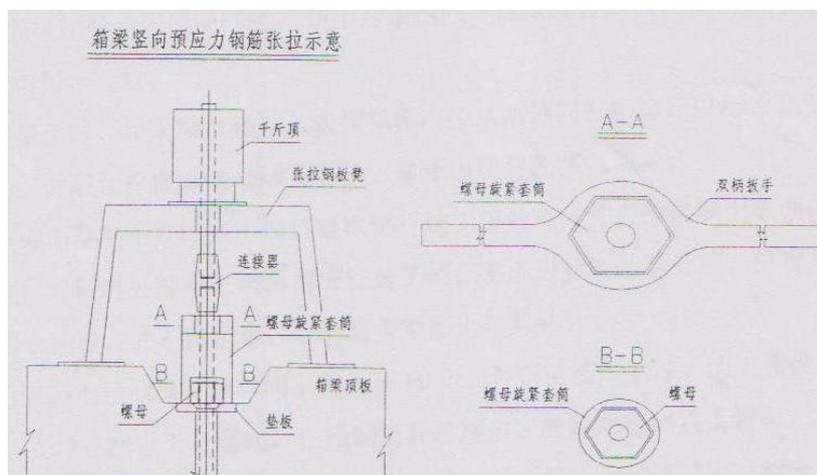
张拉完毕后，锚外多余钢绞线采用手轮砂轮机进行切断，严禁采用烧割，以免损伤锚具及梁端砼。

### （4）竖向预应力筋张拉

竖向预应力张拉顺序：第N#梁段在第N+2#梁段施工完成后张拉，张拉后的钢筋用红油漆做好标记，避免漏拉。

张拉施工采用 YCJ-100 穿心式单作用千斤顶，每次对称张拉 2 根螺纹钢筋。

清理好张拉槽口后，在  $\phi 32$  钢筋上，安装垫板和螺母，并用扳手扳紧。再将穿心拉杆通过连接器连接在预应力钢筋，连接器各有一半长度分别与竖向预应力筋、穿心拉杆相连接。套上自行加工的张拉钢板凳，将千斤顶就位套在穿心拉杆上，拧紧放入垫板，拧紧穿心张拉螺母。



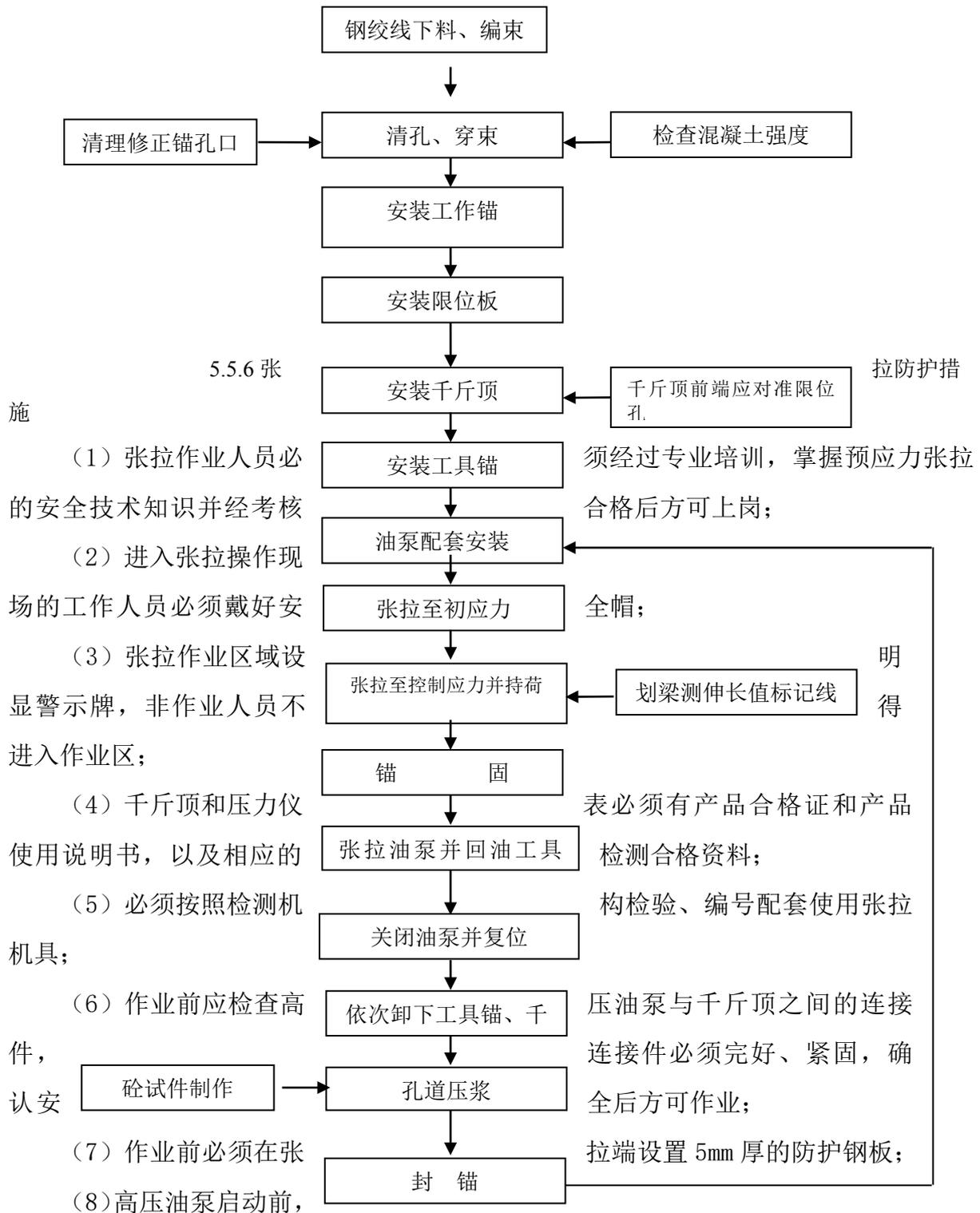
### 竖向预应力筋张拉设备示意图

千斤顶就绪后，开启油泵，前油嘴进油，后油嘴回油，活塞向后移动张拉钢筋。钢筋伸长同时，不断转动拧紧装置拧紧螺母锚固，当油压达到设计控制张拉力，做好 10%、20%、100% 伸长量记录，并持荷 5min。

每节段最后一根竖向预应力待下节段混凝土浇筑并且满足要求后与下节段竖向预应力一同张拉，以保证梁段之间的接头质量。

张拉竖向钢筋后 10 天之内进行复拉，张拉及复拉分别有两个班组进行，并采用不同颜色油漆进行标识。复拉完成后 24 小时内进行压浆。

### 箱梁预应力张拉工艺流程图



应将各油路调节阀松开, 然后开动油泵, 待空载运转正常, 油路无泄漏, 确认正常后方可作业;

(9) 张拉时必须服从统一指挥, 严格按照技术交底要求读表。油压不得超过技术交底规定值。发现油压异常等情况时, 必须立即停机;

(10) 高压油泵不得超载作业, 安全阀应按设备额定油压调整, 严禁任意调整;

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要  
下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/136055011123010142>