

新建武汉 XX 公铁两用长江大桥 铁路引桥和相关配套工程**标段

悬臂梁施工方案

编制人:_____

审核人:_____

批准人:_____

中铁某局集团 XX 大桥项目部第三项目分部

二 00 五年十二月

目 录

| | |
|-----------------------|----|
| ◆编制依据: | 2 |
| 1. 工程概况 | 2 |
| 1.1 工程概况 | 2 |
| 1.2 水文地质 | 3 |
| 1.3 工程数量表 | 4 |
| 2 施工组织及总体部署 | 5 |
| 2.1 施工准备 | 5 |
| 2.2 项目部机构 | 6 |
| 2.3 总体部署 | 7 |
| 3 设计计算资料 | 8 |
| 4 悬臂挂篮结构的型式 | 9 |
| 4.1 挂篮结构 | 9 |
| 4.2 承重系统 | 9 |
| 5 悬臂挂篮工艺流程及施工步骤 | 12 |
| 5.1 0 号块及中间块施工 | 13 |
| 5.2 边跨边块现浇段施工 | 30 |
| 5.3 合拢段施工及体系转换 | 30 |
| 5.4 线形控制 | 33 |
| 5.5 保证施工质量技术措施 | 34 |
| 5.6 施工注意事项 | 35 |
| 5.7 安全保证措施 | 35 |
| 5.8 现场文明施工保证措施 | 36 |
| 5.9 防血吸虫措施 | 37 |
| 6 存在问题 | 38 |

悬臂梁施工方案

◆编制依据:

《规范》、《验标》、《钢结构设计手册》、施工图、挂篮设计图等。

1. 工程概况

1.1 工程概况

引桥1#桥、右线桥多次跨越府环河下游的新斗马河、潞水河西支。

引桥1#桥7~10#墩上的梁为单线现浇连续梁(32+48+32m),连续梁位于圆曲线和缓和曲线上。

右线桥24~27#墩、左线引桥100~103#墩上的梁为单线现浇连续梁(32+48+32m),连续梁位于圆曲线上。

单线连续梁

单线现浇连续梁1#块混凝土方量为 23.7m^3 (重61.62t),底宽4.2m,顶宽7.4米,梁高3.3m,梁高为等高连续梁。顶板厚25cm,局部加厚至45cm,腹板从35cm变化到60cm,底板厚度从25cm变化至60cm。全梁共设5道横隔板,全梁共分35个梁段,中支点0#梁段长6.0m,一般梁段长3m,合拢段长2m,边跨直线段长7.5m,全梁采用两向预应力体系。

纵向预应力:

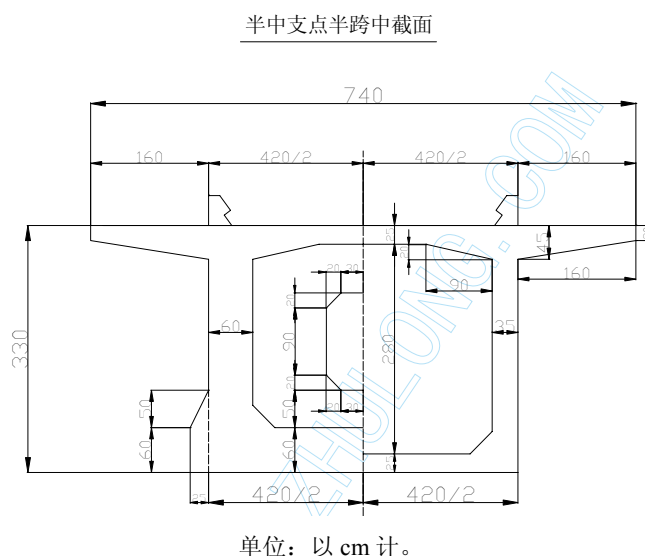
顶、底、腹板索采用9—15.24 钢绞线,外径 91mm塑料波纹管,VSL EC6—9型锚具,两端张拉。

竖向预应力:

采用直径25mm精轧螺纹粗钢筋, 内径32mm铁皮管, JLM25型锚具, 一端张拉, 张拉端布置于梁顶。

管道压浆采用M40水泥浆。

一个主墩布置固定支座, 其余各墩布置活动支座。



1.2 水文地质

长江武汉关历史最高水位为黄海高程 27.654m, 汉口舵落口历史最高水位为 27.814m, 府河受长江倒灌顶托的影响, 最高水位为 27.42m, 最低水位为 16.2m。现浇连续梁的净空水位高度为 4.5m。枯水季节为每年的 10 月到第二年的 5 月, 共计 8 个月, 每年的 5~10 月为汛期。

气象: : 湿润季风气候。平均气温 16.3℃, 最低气温为 -7.1℃, 最高气温达 41.3℃。年平均降雨量 1284.5mm。最大风力为八级, 风速 27.9m/S。雷暴雨日数平均每年 36 天。近 20 年最大积雪厚度 17cm。

1.3 工程数量表

32+48+32m 梁主要工程数量表

| 序号 | 材料 | | 单位 | 数量 | 说明 |
|----|------------------|-------------------------|----------------|--------|------------------------|
| 1 | 现浇墩顶段 | C50 号 | m ³ | 120 | 水上 |
| 2 | 悬灌段及现浇边梁段 | | m ³ | 639 | 水上 |
| 3 | 现浇挡碴墙及端墙 | | | | |
| 4 | 梁体 | Ⅱ级钢筋 | t | 137.1 | |
| 5 | 梁体 | Ⅰ级钢筋 | t | 26.9 | |
| 6 | 预应力粗钢筋制安及张拉 | Φ 25mm,单根 长按 3.292 计 | t | 1.84 | 4×18m 腹板按 0.6m 间距布置 |
| 7 | 铁皮管 | Φ 35mm 内 | m | 435 | 4×18m 腹板按 0.5m 间距布置 |
| 8 | Φ 15.24 钢绞线制安及张拉 | 9-7Φ5 钢绞线 | Kg | 28664 | |
| 9 | 预应力管道 | Φ 91 塑料波纹管 | m | 3023.8 | |
| 10 | 锚具 | JLM-25 | 套 | 288 | |
| 11 | 锚具 | VSLEC6-9 | 套 | 248 | |

| | | | | | |
|----|---------------|-----------------|----|-------|-------------|
| 12 | 悬浇箱梁挂篮 制安拆 | 2 对挂篮 | t | 33 | |
| 13 | C40 混凝土 | 临时支墩 | m3 | 1.6 | |
| 14 | Φ32 粗钢筋 | 临时支墩 | t | 4.4 | |
| 15 | 防水层 | TQF-□型 | m2 | 836.2 | 桥面防水 |
| 16 | 盆式橡胶支座 | GKPZ(□)10GD | 个 | 2 | |
| | | GKPZ(□)10DX | 个 | 1 | |
| | | GKPZ(□)10SX | 个 | 1 | |
| | | GKPZ(□)4DX | 个 | 2 | |
| | | GKPZ(□)4SX | 个 | 2 | |
| 17 | 其它工程数量 | 检查设备 | 套 | 4 | |
| | | M40 水泥砂浆 | m3 | 23.1 | 预应力管道压浆 |
| | | 双侧钢立柱钢栏杆 | m | | 梁体 |
| | | 桥面泄水管 Φ100PVC 管 | m | | 每侧 4 米间隔设一个 |

2 施工组织及总体部署

2.1 施工准备

悬臂现浇连续梁正式施工前必须做好施工前的一切准备工作，主要包括以下内容：

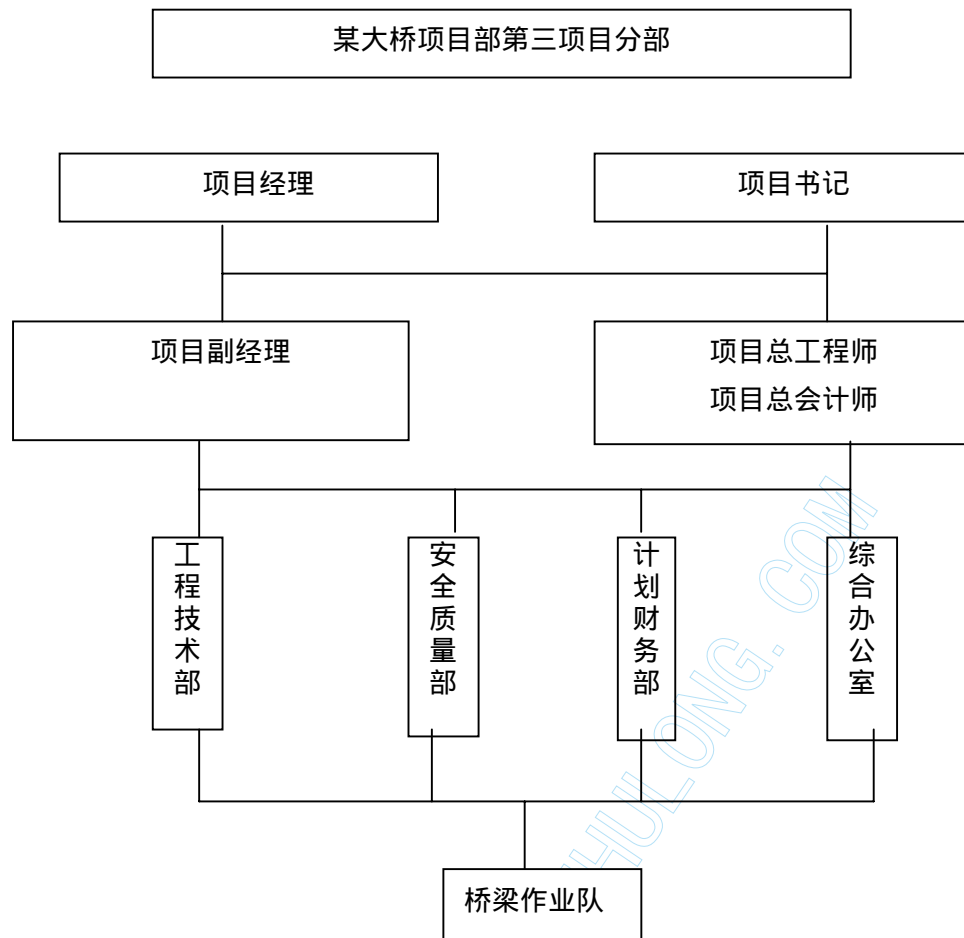
1. 悬臂挂篮的制作和载荷试验。

-
2. 0#块下的墩身施工。
 3. 协作队伍的提前确定。
 4. 混凝土施工配合比的选定。
 5. 施工所需的材料、机械设备的组织进场

2 .2 项目部机构

项目经理部下设工程技术部、安全质量部、计划财务部、综合办公室等三部一室。

机构框图如下：



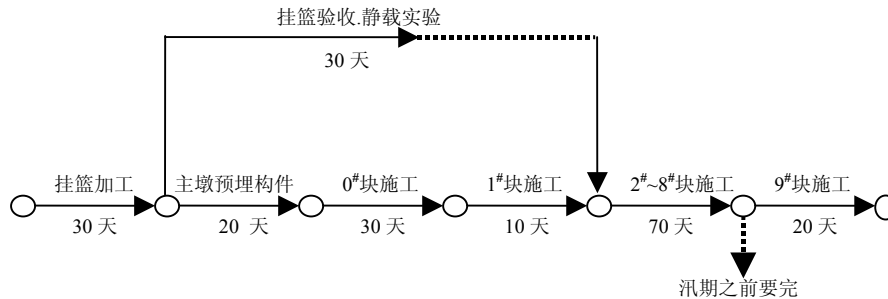
2.3 总体部署

本工程包括 4 处现浇悬臂连续梁,其中一处双线连续梁,3 处单线连续梁,采用 8 套挂篮施工,6 套单线挂篮,2 套双线挂篮。

每处连续梁计划总工期 150 天。在枯水季节施工,先施工桩基础及承台、墩身,主墩预埋支撑构件;再施工 0[#]块,再依次施工 1[#]~8[#]块,在 9[#]块处合拢。

在施工桩基础同时提前做好悬臂挂篮的结构设计,及挂篮的加工制作,并完成静力荷载实验。

悬臂梁挂篮施工网络图



3 设计计算资料

设计说明:

挂篮主体采用 Q₂₃₅H 型钢: $[\sigma]=170\text{mpa}$, $E=2.1 \times 10^5\text{mpa}$ 。

焊缝采用 E₄₃ 焊条焊接: $[\tau]=140\text{mpa}$, $[\sigma]=140\text{mpa}$ 。

采用高强螺栓连接: $[\sigma]=400\text{mpa}$, $[\tau]=250\text{mpa}$ 。

联结板采用 16mm 钢板 (型钢板厚 15mm)。

孔位布置: 边孔距边缘距离: $\leq 1.5d_0 \leq d \leq 4d_0$ 。

中间孔中心间距: $\leq 3d_0 \leq d \leq 8d_0$ 。

荷载: 按最大重量节 02 段设计, 02 段混凝土设计方量为 22.2m^3 , 重 57.72t。挂篮及模板自重 19t。设计荷载 100t。恒载安全系数取 1.2, 活载安全系数取 1.4。

变形: 挂篮变形 0.5mm, 模板变形, 后横梁变形 6mm, 总体变形为挂篮后锚采用 $\varnothing 32\text{mm}$ 精轧螺纹和锚箱, 行走时利用锚箱轴承反压滑道向前滚动, 移动到位后利用 $\varnothing 32\text{mm}$ 精轧螺纹锚定。

挂篮的施工平台在底模上, 底模长度比施工段长 1.5m。

4 悬臂挂篮结构的型式

4.1 挂篮结构

根据砼悬臂浇注工艺及对挂篮设计的技术要求,综合各种形式的挂篮施工特点、用钢量、钢材种类、操作工艺等研究比选后,决定采用菱形挂篮施工,走行方式为无平衡重走行方式,使桁架走行时的稳定系数大于 2.0,满足规范要求。满足挂篮下通航净高不小于 4.5m。挂篮由承重系统、底模系统、模板系统(内、外)、走行系统、后锚固系统组成,挂篮的设计荷载为 100t,当 1#梁段的混凝土强度达到设计强度的 85%且张拉 F2、F3、T2 索后方可安装挂篮。

4.2 承重系统

每套挂篮由 5 片 H 型钢组合梁组成,同时顶面设水平联系杆,提高整体刚度。底横梁梁下设滑道,滑道固定在已浇筑混凝土梁上。

前横梁:采用 2 根 I36a 工字钢栓接于主梁前端上翼缘,竖向配置 4 根承重吊杆。

后横梁:采用 2 根 I36a 工字钢,竖向配置 2 根承重吊杆,2 根后锚吊杆。

立柱:上端设有横向联连接杆,保证主梁横向稳定。

②底模系统

底模长 4.5m 在砼悬臂施工中承担钢筋砼重量及施工机具重量,并兼做施工操作平台。底模采用大块钢模板,模板平铺于底板纵梁上,纵梁在底板下采用 11 根 I36a 工字钢。底板纵梁与前下横梁、后下横

梁采用栓接，前下、后下横梁均采用 2 根 I36a 工字钢。

③模板系统（内、外）

外模用槽钢及角钢做骨架，其外围为大块钢模，钢模面板用 6 mm 热轧板，骨架与模板连接均采用焊接，侧模与底模用螺栓连接，悬臂部分用钢管斜撑在外模槽钢上，侧面与底模同菱形挂篮一起移动，内模采用槽钢和角钢做骨架，钢木组合模板，采用内导梁移动。

④走行系统

分为菱形组合梁走行系统，侧模走行系统及内模走行系统三部分。

菱形组合梁走行系统：在每片梁中部设滑动点 2 个，后部设平衡导向滑轮，箱梁顶面上设 2 个滑道，向前滑移。

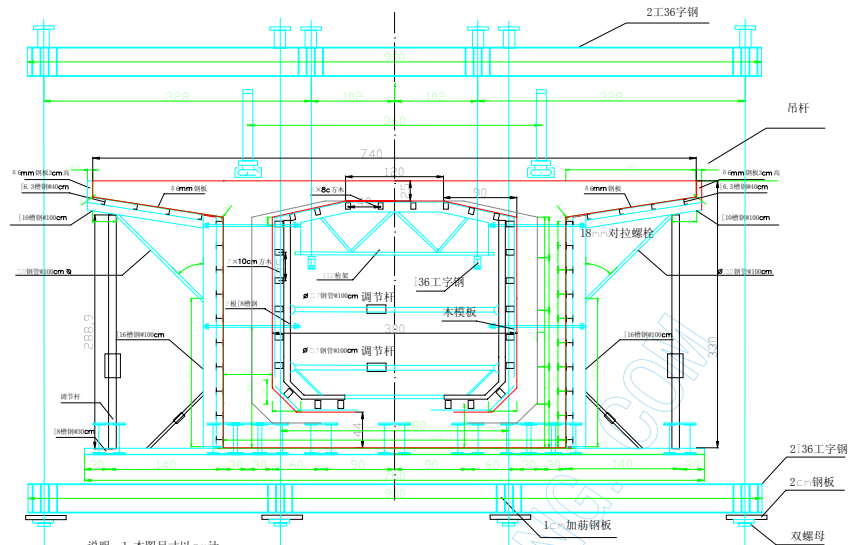
侧模走行：外模走行，在侧模上安装调节杆，当松开后锚栓、底模连接螺栓及支撑拆模时，在模板自重和调节杆共同作用下，侧模、底模向下脱落在主梁上，主梁、侧模、底模、内模滑梁同时前进。

内模走行：放松内模后，内模板即落在内导梁上，与主梁、侧模、内模同时前进。

后锚栓采用 $\Phi 25$ 精轧螺纹粗钢筋。作用是将挂篮承受的荷载传至箱梁上，并防止挂篮倾覆。主梁移动的倾覆稳定由主梁后端压紧器来维持。

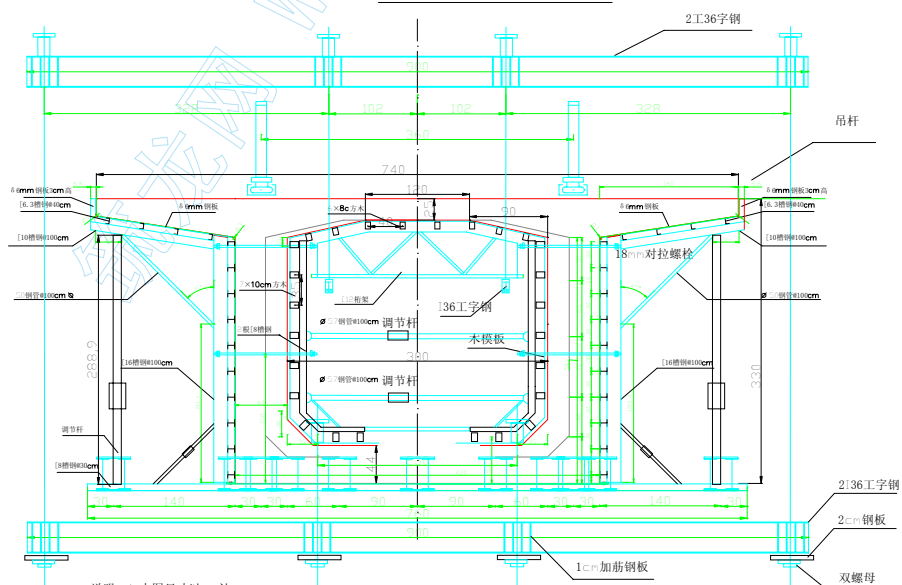
菱形挂篮正面图、菱形挂篮侧面图附后。

前端挂篮正面图A₀₂段



- 说明: 1. 本图尺寸以cm计。
2. 内模顶面安装桁架, 下旋杆采用液压杆, 内模中下部采用水平调节杆支撑。
3. 内模顶端设调整块便于, 内模内径水平尺寸调整。
4. 内模采用木模, 下端配置需要的高度模板, 用量调整内模的垂直高度。拐角底板水平深长60cm。
5. 内模的行走, 拆卸内模放置在桁架底下的工字钢上, 利用2根工字钢向前移动。
6. 底板的模板放在纵向工字钢上, 然后前后横挑工字钢, 利用吊钩悬吊。
7. 外部侧面模板外支撑采用桁架支撑, 在侧面模板上、下用对拉螺栓对拉。
8. 外模板的移动于三角挂篮一起移动。

后端挂篮正面图A₀₂段



- 说明: 1. 本图尺寸以cm计。
2. 内模顶面安装桁架, 下旋杆采用液压杆, 内模中下部采用水平调节杆支撑。
3. 内模顶端设调整块便于, 内模内径水平尺寸调整。
4. 内模采用木模, 下端配置需要的高度模板, 用量调整内模的垂直高度。拐角底板水平深长60cm。
5. 内模的行走, 拆卸内模放置在桁架底下的工字钢上, 利用2根工字钢向前移动。
6. 底板的模板放在纵向工字钢上, 然后前后横挑工字钢, 利用吊钩悬吊。
7. 外部侧面模板外支撑采用桁架支撑, 在侧面模板上、下用对拉螺栓对拉。
8. 外模板的移动于三角挂篮一起移动。

5.1 0号块及中间块施工

每处悬臂灌注连续梁施工采用 2 套轻型菱形挂篮（每套挂篮及附属设备重（含模板）26T），在 2 个主墩上分别对称平衡悬灌箱梁。

0#、1#梁段采用在主墩身周围用万能杆件搭设托架，在托架上浇注成形。其它悬浇段在挂篮上对称浇注砼，边孔边部梁段搭设满堂支架现浇施工。悬浇段和现浇段施工完成后，在中跨先合拢，形成两单悬臂梁，最后在边跨合拢，形成三跨连续梁。边跨合拢采用支架现浇合拢，中跨利用其中一套挂篮合拢。

施工顺序为：[0#段施工]—[悬臂灌注一般梁段边孔边部梁段]—[中孔合拢]—[边孔合拢]。

各合拢段砼灌注，选择在非温度变化剧烈日之夜间气温最低时进行。为切实保证灌注质量，在合拢段两端截面间设钢支撑，并于顶底板上各张拉部分钢绞线，以临时锁定合拢端两段梁体。合拢段砼达到一定强度后，拆除临时支座，解除一端活动支座临时水平约束，待砼强度达到设计强度的 85%后，张拉部分正力矩钢绞线。

施工时，悬灌两端施工设备的重量要保持平衡，并注意无左右偏载，两端浇注进度之差控制在 2 立方米以内。

（一）0号梁段灌注施工工艺

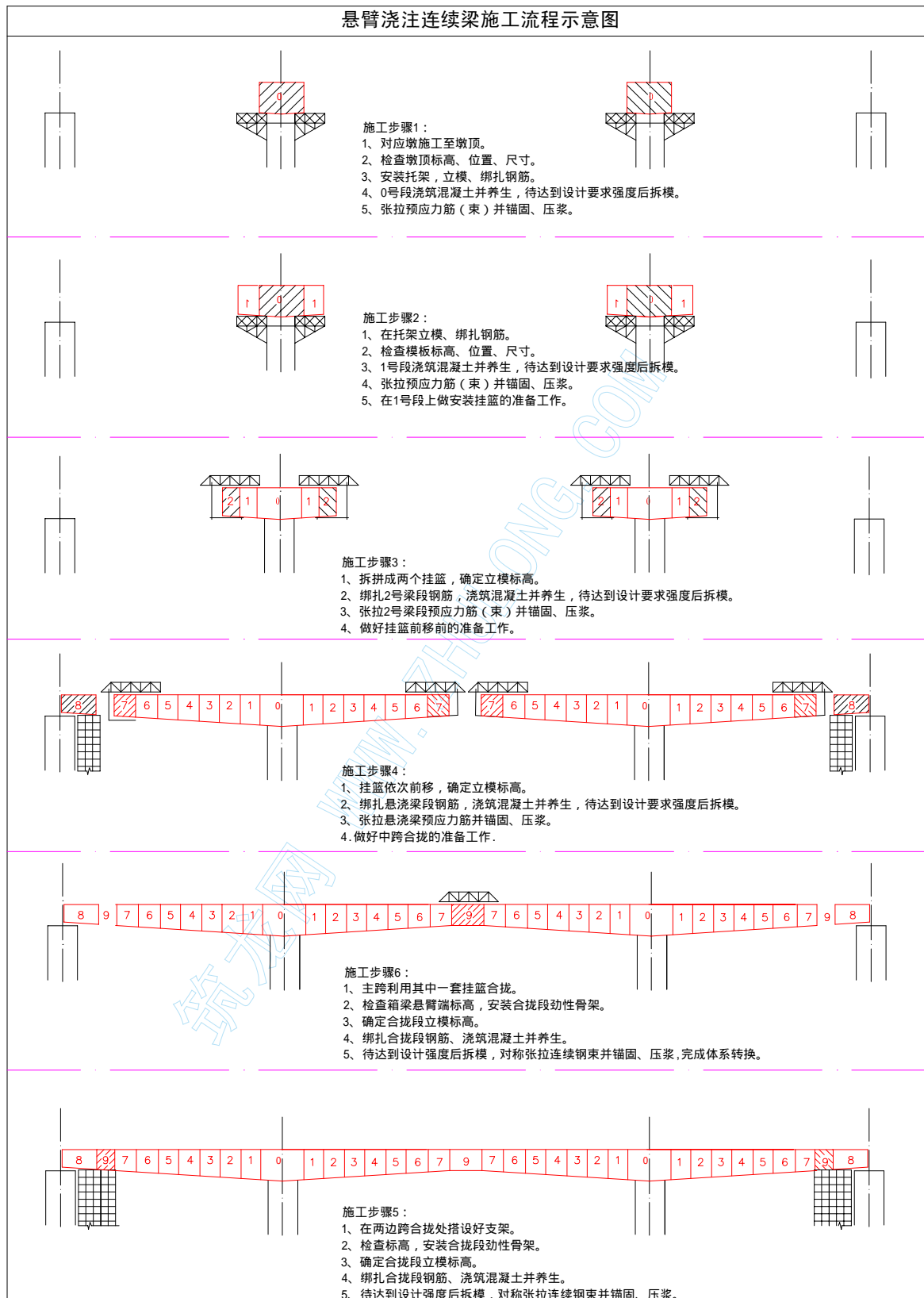
（1）托架架设及预压

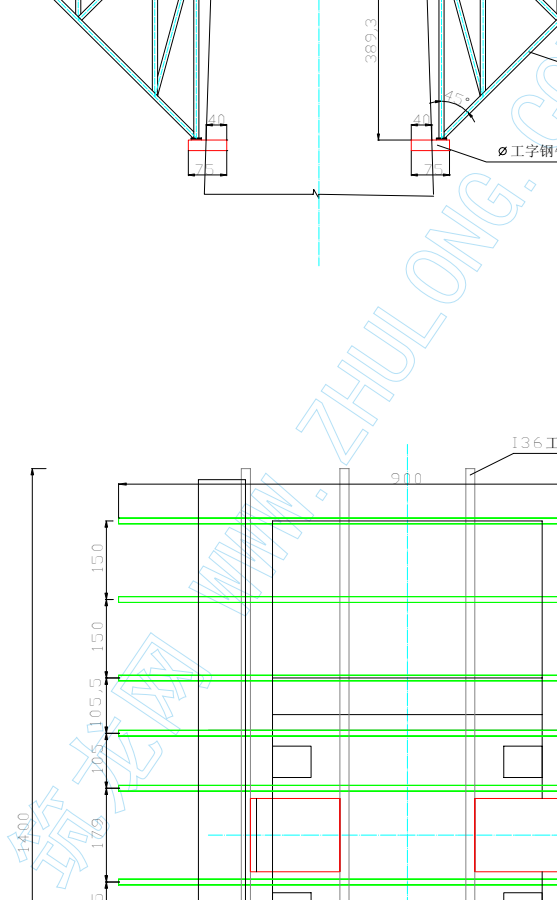
在主墩浇砼前，预埋工字钢牛腿，墩身施工完后，0号梁段利用支承在墩身上的托架，支立联接在牛腿及托架上，在托架上现浇来完成。托架配件通过施工便道运到施工现场，垂直提升时采用吊车。

托架采取现场整体拼装的方式，利用万能杆件进行拼装。托架的底部与预埋在墩身上的牛腿联结，托架的顶面布设横排工字钢且设置横向联系杆，墩顶横向放置4排型钢，梁底模板纵肋放置在型钢上。施工时使用两套托架，两主墩同时施工。

筑龙网 WWW.ZHULONG.COM

悬臂浇筑连续梁施工流程示意图



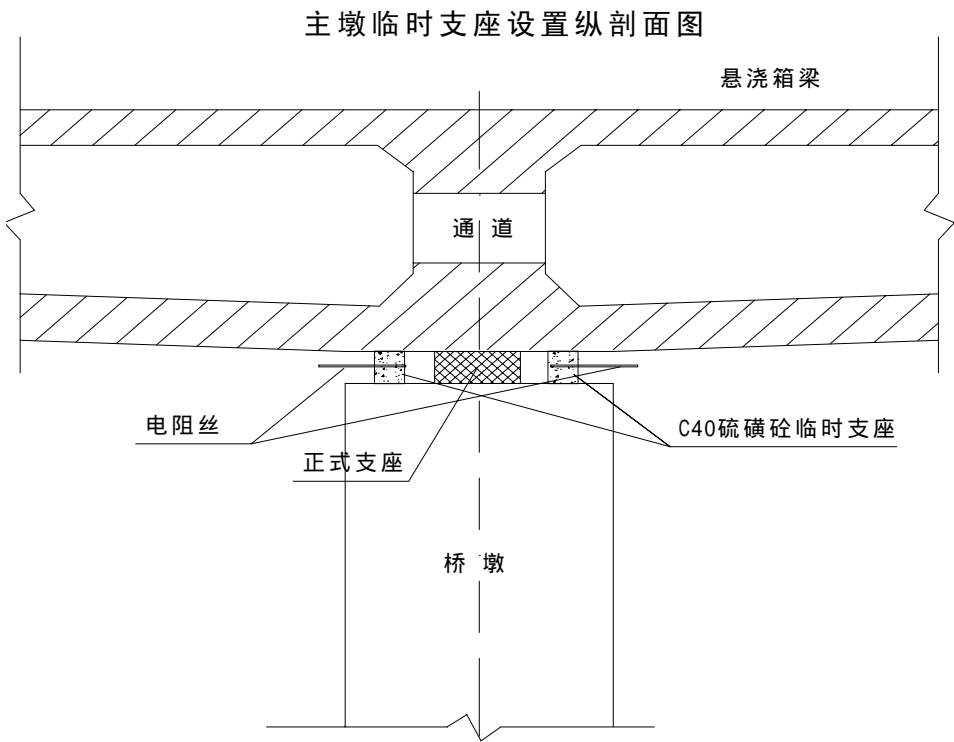


平面示意图

为防止灌注的梁段因托架下沉造成混凝土出现裂缝，并保证梁段的线形与设计一致，除应提高托架刚度，拧紧各节点螺栓，减小托架上部结构变形外，还应对托架进行预压。托架预压采用吊车提升水箱的方法进行。压载时间自压载结束到开始卸载为 48 小时，从开始加载就要布设好观测点（对称分布 6 点），观测次数为加载前、加载（0.1F、0.5F、1.0F、1.2F）、加载完成、加载 12 小时、加载 24 小时、加载 48 小时、卸载（1.0F、0.5F）、卸载后共 12 次。根据观测的数据，分析、推断出弹性变形和非弹性变形。通过预压将非弹性变形消除，根据弹性变形结果控制托架的抬高量。施工中设专人负责测量，并进行抬高量计算。

(2) 正式支座与临时支座

0 号梁段灌注时，正式支座与临时支座均先就位，活动支座并予锁定，主墩临时支座设置纵剖面图附后。



①临时支座：由于桥墩与梁采用支座连接方式，正式支座不能承受施工中产生的不平衡力矩，故须设置临时支座，用以临时固结锁定梁体，平衡施工中产生的不平衡力矩。每个墩顶设置 4 个临时支座，其结构为 C40 硫磺砼。为了便于临时支座的拆除，在其中部布置 800W 电阻丝，可同时通电拆除临时支座。

②正式支座：永久支座采用盆式橡胶支座。单向活动支座的上下导向挡块必须对正，固定支座上下各部件的纵轴线必须对正。支座四角高差不得大于 2mm。

0 号段托架法施工工艺框图附后。

(3) 模板、钢筋

模板安装顺序：底模→外侧模→内模→端头板→底板堵头板→顶板内模→顶板堵头板→外翼边板。

底模安装：底模采用竹胶模板，用侧模包底模的方法进行。施工中注意控制底模平台标高和梁底线型。

侧模安装：侧模采钢木组合模板型钢加固，侧模及支架吊装就位后，翼缘板下口用碗扣脚手架支撑，以防止倾覆。其模板纵横轴与墩顶纵横轴相吻合，两侧侧模用拉条和内支撑加固，以保证其整体刚度和尺寸的准确。再安装木制堵头模板、并用支撑加固。

内模安装：采用钢木组合模板钢管架支撑，并用拉条和外模相拉，保证腹板的几何尺寸。人洞及倒角等特殊部位采用钢木组合模板。并按设计位置正确预埋预埋件和预留预留孔。

钢筋制作：为保证钢筋的绑扎质量，加快施工进度，施工时在现

浇梁段制作钢筋，在胎模内分段绑扎钢筋。钢筋骨架外采用砼作保护层垫块，强度等级为 C50，与梁体标号相同。

钢筋安装：底模定位后，先绑扎底板钢筋，后绑扎腹板钢筋，然后立内模，最后绑扎顶板钢筋，再放置预埋件。

波纹管安装：成孔采用波纹管成孔，利用定位钢筋与钢筋骨架绑扎或点焊牢固，尺寸偏差不得大于 2mm。波纹管在每段端部位置的准确性采用堵头填塞。模板上将每个断面的波纹管的位置提前用氧气割出圆洞，然后将每个部位的波纹管对号放入。

（4）砼浇注

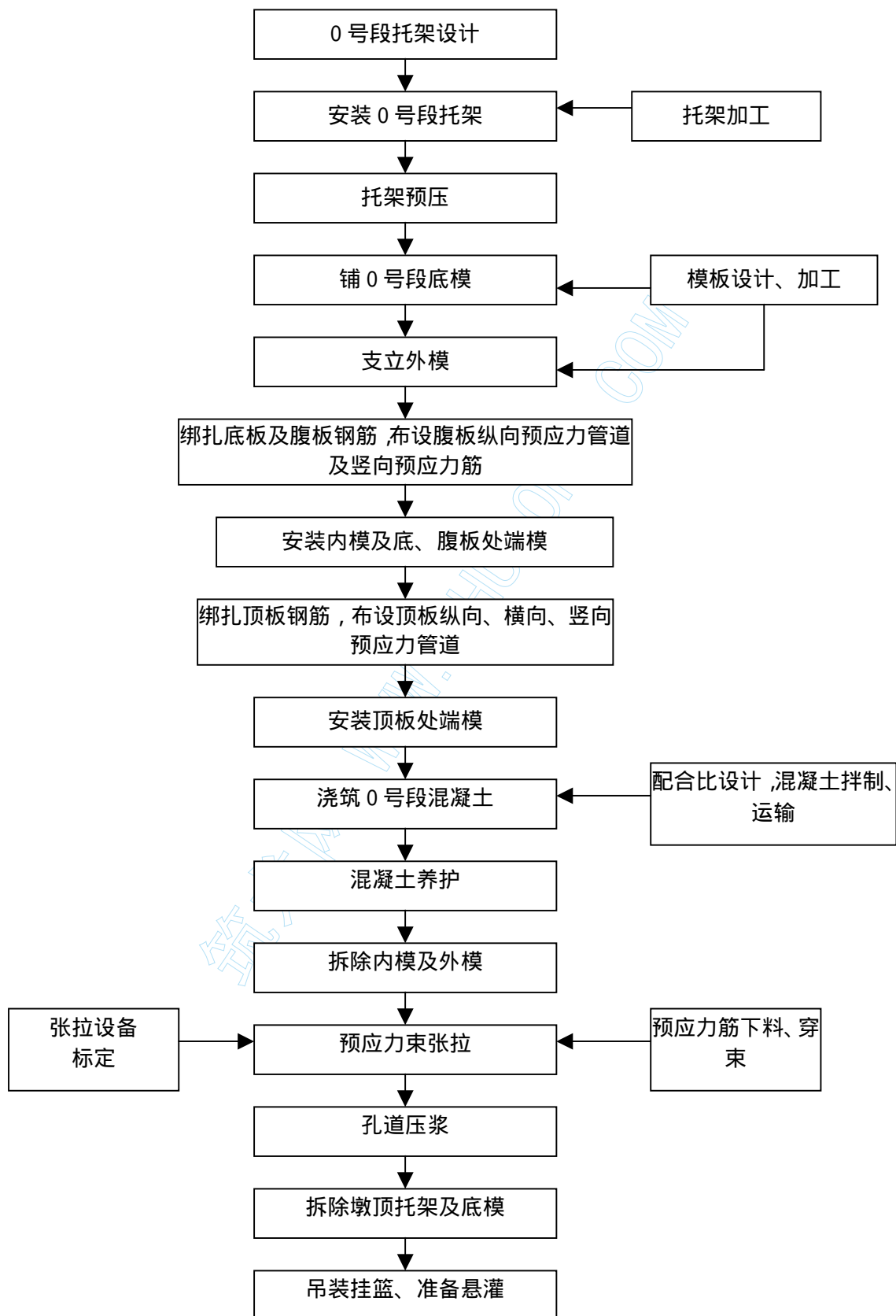
砼采用一次浇注成型的方法。待钢筋、模板、标高、轴线检查合格后方可浇注砼。浇注砼时，先浇注底板，其次浇注腹板，最后浇注顶板。浇筑混凝土时，必须严格控制分层灌注厚度和捣固质量，严禁直接捣固预应力波纹管，以防管道移位或漏浆进去。混凝土灌注完后及时养护。

（5）模板的拆卸

模板拆除顺序：堵头板→端模板→内模板→外侧模板→过人洞模→底模。

待砼强度达到 75%以上，即可拆除堵头模板；砼强度达到 75%以上，即可拆除内模；砼强度达到 90%以上时，按对称同步原则张拉预应力筋，拆除托架，准备安装挂篮。

0 号段托架法施工工艺框图



(二) 挂篮拼装

挂篮加工在工地加工制作，利用汽车运输到施工墩位处，主墩挂篮拼装采用 25t 吊车提吊拼装，等 1#梁段施工完毕并张拉预应力索后才能拼装。拼装顺序如下：

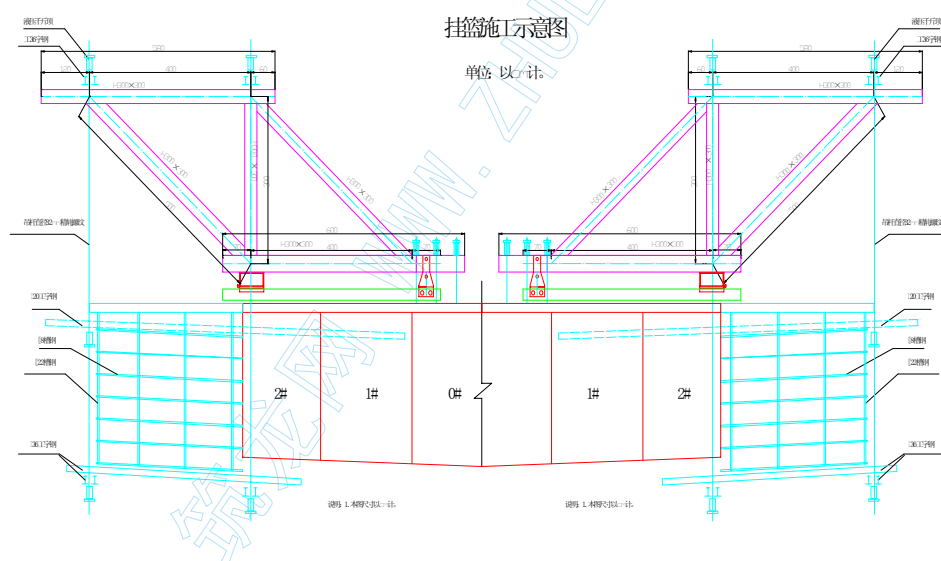
2 号梁段挂篮安装顺序为：将调坡木板、钢枕、滑道，放在已定位置上，并用压紧器将其固定，以防倾覆→用吊车安装主梁，立柱（菱形桁架，底梁锚固在滑道上）及立柱平联→安装前上横梁于主梁端头，并安装平联与主梁连接→拆除 0 号段托架、底板→用吊车先后吊装前下横梁、后下横梁、底板腹板下纵梁，并安装吊杆→安装纵梁，侧模及支架。

挂篮拼装的安全质量要求如下：

- ①挂篮必须进行载荷试验合格后才能进行安装。
- ②挂篮拼装严格按照挂篮设计图纸及拼装顺序进行拼装。
- ③挂篮拼装的连接全部采用螺栓连接，螺栓必须测力扳手进行检测，预拉力不小于 125KN。
- ④精轧螺纹吊杆使用前必须验收合格，安装时必须保证垂直。
- ⑤滑道要求安装平直，在滑道的顶面涂一层黄油。
- ⑥挂篮的安装要求保持水平、同高、稳定。
- ⑦挂篮拼装严格按照高空安全操作规程进行操作。
- ⑧挂篮拼装完成后，请监理到现场检查，检查合格后才能进行下一步施工。
- ⑨挂篮施工的荷载限制在 100t 以内。

(三) 挂篮的预压和试验

挂篮预压采用吊车提升水箱的方法进行。压载时间自压载结束到开始卸载为 48 小时,从开始加载就要布设好观测点(对称分布 6 点),观测次数为加载前、加载 (0.1F、0.5F、1.0F、1.2F)、加载完成、加载 12 小时、加载 24 小时、加载 48 小时、卸载 (1.0F、0.5F)、卸载后共 12 次。根据观测的数据,分析、推断出弹性变形和非弹性变形。通过预压将非弹性变形消除,根据弹性变形结果控制托架的抬高量。施工中设专人负责测量,并进行抬高量计算。



至此挂篮安装完毕。调试合格后,方可绑扎钢筋、立模、浇注。

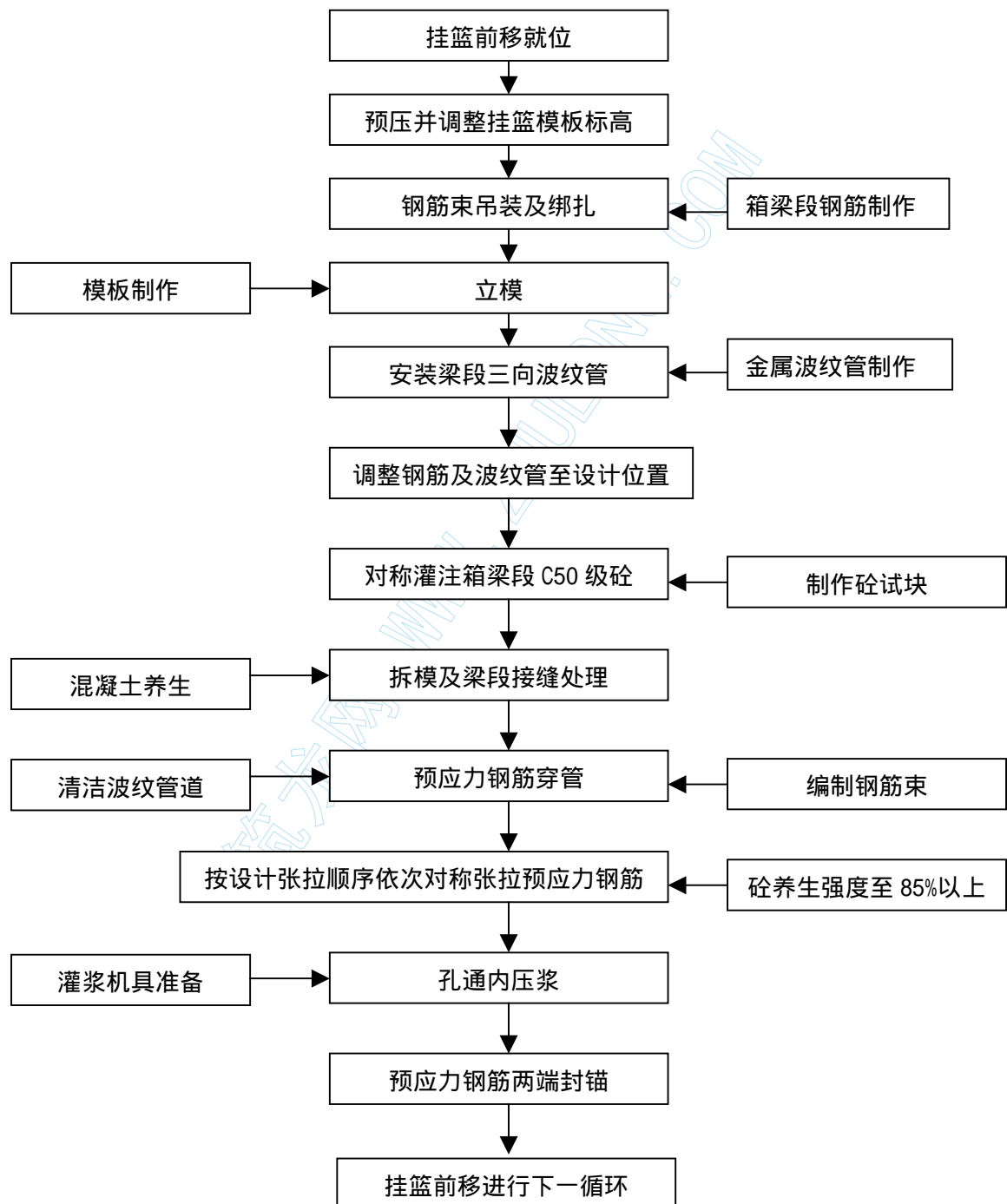
安装时,需作好中线及标高的控制:

中线控制:在 0 号梁段上放置全站仪,将轴线打到模板上,与桥轴线和底板几何中心比较,确定挂篮位置,如有偏差,用倒链在纵梁

上反拉直到中线吻合。

标高控制：后视点标高为 0#块标高，前吊点标高=设计标高+挂篮弹性变形+挂篮自重引起的对结构的下挠。

挂篮施工工艺流程图



(四) 挂篮的移动

待 2 号梁段灌注完毕后，等砼强度达到设计强度的 85%以上，按设计对纵向进行张拉，压浆等强后，移动挂篮，准备灌注下一段对称梁的砼，挂篮的移动必须遵照以下步骤进行：

①先将承重的各吊杆松开，以便倒链承受各杆件重量。

②将主梁后锚杆稍松开，用千斤顶将主梁前支点向前顶起，用人工将滑道转移到位并连接牢固。

③松动模板系统，把外模调节调节到位，用千斤顶将主梁顶推到位，主梁的前移带动侧模系统，底模系统及内滑梁整体滑移到位，随着主梁的前移，压紧器应交替前移（不得少于 2 根），以保持主梁的稳定，滑到位以后将主梁后锚杆锚紧（不得少于 3 根），并用测力扳手张拉 15T。

④侧模系统在主梁前移时与主梁同步前移，到位后，把外模调节杆调节到适当位置，将侧模与底模连接成一个总体。

⑤将底模系统后端锚固于已成梁段上，前端用 IV 级钢与前上横梁连接。

⑥初调中线、标高。

⑦用千斤顶将底模系统与底板，侧模系统与翼缘板及腹板外侧密合，并将后吊杆带上螺母。

⑧精调中线、标高。

⑨用倒链将内模系统拖移到位，并调好中线及标高。

⑩立堵头板。

(11)绑扎底板、腹板钢筋，安装管道、立内模、预埋。

(12)绑扎顶板钢筋、预埋。

(13)复核中线、标高，并检查合格后，方可灌注砼（注：在安装过程中如发现预留孔与挂篮位置不适时，应查明原因，进行处理，不能强行扭杆穿入孔洞，IV级钢吊杆严禁弯曲、打火）。

(14)等强张拉后，重复以上步骤灌注下一段。

挂篮移动注意事项：

①挂篮移动时要保持整体平移，左、右菱形桁架协调一致，防止移动时菱形桁架受水平力过大。

②挂篮的移动速度控制在1.5m/小时以内。

③挂篮移动时左右晃动距离不能大于1cm，同时控制好滑道方向，滑道固定方向偏差2mm。

④挂篮移动前要检查滑道锚固情况，要求每根滑道要锚固三根竖向预应力钢筋，防止挂篮移动时发生倾覆失稳。

⑤挂篮移动时两侧吊杆要用倒链保护。

(五) 绑扎钢筋、安装波纹管道

钢筋按要求下料、弯制，制作成型后挂牌分类堆放，需要钢筋时吊装至挂篮位置，人工绑扎。先绑扎底板、腹板钢筋，并安装竖向预应力筋及波纹管道，待内模前移到位后绑扎顶板底层钢筋，安装顶板预应力管道，绑扎顶板上层钢筋、安装顶板预埋件。安装钢筋、波纹管道、预埋件的尺寸偏差不得大于设计和规范要求。

全桥预应力管道均按照设计要求采用波纹管成孔，安装波纹管时

如果管道与构造钢筋位置冲突时，适当移动构造钢筋，绝对保证预应力管道按设计位置定位，并采取加大定位钢筋直径，加密定位钢筋网片、网片与箱梁构造筋点焊牢固等措施，保证预应力管道位置在浇筑混凝土时不移动。

在灌注混凝土前检查预应力管道的接头是否加连接紧密，管身是否完好，并在预应力管道内填充橡胶棒，在混凝土灌注过程中不得直接振捣预应力管道，以防其移动、破损、漏浆。

(六) 混凝土施工

原材料：混凝土施工所用的骨料、水泥、外加剂必须符合有关规定。

配合比设计：本桥悬灌梁体混凝土设计为 C50 混凝土，由于梁段钢筋及预应力管道较密，选用混凝土配合比的坍落度应在 8~10cm 为宜。

混凝土拌制与运输：混凝土拌制采用拌和站集中拌制，采用砼输送泵车输送砼。

混凝土灌注与振捣：为了使后浇筑的混凝土不引起先浇筑混凝土的开裂，箱梁梁段混凝土一次浇筑成型，并在底板混凝土凝固以前全部浇筑完毕，也就是要求挂篮的变形全部发生在混凝土初凝前，以免裂纹产生。

悬臂施工过程中，挂篮两边对称移动，浇灌砼时，两边块件砼相差不得超过 2 方砼的重量。

(七) 预应力施工

钢绞线穿束：纵向预应力筋穿束前用通孔器疏通预应力管道，纵向预应力筋穿束时先将导线穿过孔道与预应力筋束连接在一起，由卷扬机牵引穿束；穿束后检查预应力筋外露情况，保证两端外露长度基本相同，满足张拉要求，然后安装锚具、千斤顶。

竖向预应力筋依设计下料加工成型，并在梁段混凝土灌注前直接安放在梁体竖向波纹管内。

钢绞线张拉：预应力束张拉选用 YCW-250 型千斤顶，ZB—500 型电动油泵施张。

纵、竖两向张拉，尤其是纵向预应力筋张拉是控制工期和质量的关键工序。张拉必须按设计要求的顺序进行，在梁段砼强度达到设计张拉强度的 85%后即可开始张拉纵向预应力筋，竖向预应力筋张拉待纵向预应力筋张拉完成后进行。但纵向与竖向张拉的梁段数之差不得大于 4。

张拉时确保“三同心两同步”，并采取双控措施，以延伸量控制为主、张拉力校核为辅。“三同心”即锚垫板与管道同心，锚具各锚垫板同心，千斤顶和锚具同心。“两同步”即“T”构两侧两端均匀对称同时张拉。在张拉完后卸下千斤顶，在钢绞线上离锚圈等距作标记，24h 后检查钢束回缩量，合格后再压浆。

预应力张拉注意事项：

①在预应力筋张拉过程中，应特别注意安全。在张拉过程中，严禁人员站在千斤顶后部，操作和测量人员应站在侧向进行工作，严格

遵守操作规程。油泵开动过程中，不得擅自离开岗位，如需离开，必须把油阀门全部松开或切断电路。

②张拉时认真做得孔道、锚环与千斤顶三对中，以便张拉工作顺利进行，并不致增加孔道摩擦力损失。

③张拉过程中预应力筋断裂或滑脱的数量，严禁超过结构同一截面预应力筋总根数的 3%，且一束钢丝只允许一根。

④预应力筋锚固后，锚具外的预应力筋用砂轮切割，但外露长度不小于设计要求。锚具尽快用封端混凝土保护，当需要长期外露时，采取防锈措施。

⑤每根构件张拉完毕后，应检查端部和其它部位是否有裂缝，并填写张拉记录表。

张拉预应力索具体情况见附表。

(八) 孔道压浆

①浆液要求：孔道压浆时，水泥浆抗压强度要求达到 $R_{28}=50\text{Mpa}$ ，水泥标号不得低于 425 号普通硅酸盐水泥，同时水灰比在 0.40～0.45；为减少收缩，可掺入 0.04 水泥用量的铝酸钙 AEA 膨胀剂。

②、压浆准备：张拉施工完成后，切除外露的钢绞线，进行封锚，同时将锚垫板表面清理干净平整，在保护罩底面与橡胶密封圈表面均匀涂一层玻璃胶，闭上橡胶密封圈，将保护罩与锚垫板上的安装孔对正，用螺栓拧紧。清理锚垫板上的灌浆孔，保证通道通畅。

③、压浆方法：试抽真空，启动真空泵，使系统负压能达到 0.07～0.1Mpa，当孔道的真空度保持稳定时，停泵 1 分钟，若压力降低小于

0.02Mpa，既可认为孔道基本达到真空，如果不满足此要求，则表示孔道未能完全密封，需要在灌浆前进行检查及更正。

④、拌浆：拌浆前先加水空转数分钟，使搅拌机内壁充分湿润，将积水倒干净；将称量好的水倒入搅拌机，之后边搅拌边倒入水泥，再搅拌 3~5 分钟直至均匀；将溶于水的外加剂和其它外加剂倒入搅拌机，搅拌 5~15 分钟，然后倒入盛浆筒；倒入盛浆筒的水泥浆应尽量马上泵送，否则应不停的搅拌。

⑤、灌浆：启动真空泵，当真空度达到并维持在负压 0.08Mpa 左右时，打开阀门，启动灌浆泵，开始灌浆；当浆体经过透明高压管并准备到达三通接头时，打开排浆阀门并关闭负压容器阀门，关闭真空泵。透明高压管应超过 10 米以便控制。观察废浆筒处的出浆情况，当出浆流畅、稳定且稠度与盛浆筒浆体基本一样时，关闭灌浆泵，并关闭另一端阀门；再次启动灌浆泵，使灌浆压力达到 0.4Mpa 左右，关掉灌浆泵，关闭灌浆端的阀门；接通水，打开阀门清洗，拆透明高压管。

封锚：张拉端采用 C50 砼封锚，混凝土浇筑前在新老混凝土结合面上打毛，清除表皮，用水冲洗干净并充分吸水后方可进行浇筑，并要求捣实。

注意事项：

①灌浆顺序应先下后上，以免上层孔道漏浆把下层孔道堵塞；直线孔道灌浆，应从构件的一端向另一端；曲线孔道中灌浆，应从孔道最低处开始向两端进行。

②搅拌好的水泥浆必须通过过滤器，置于储浆筒内，并不断搅拌，以防泌水沉淀。

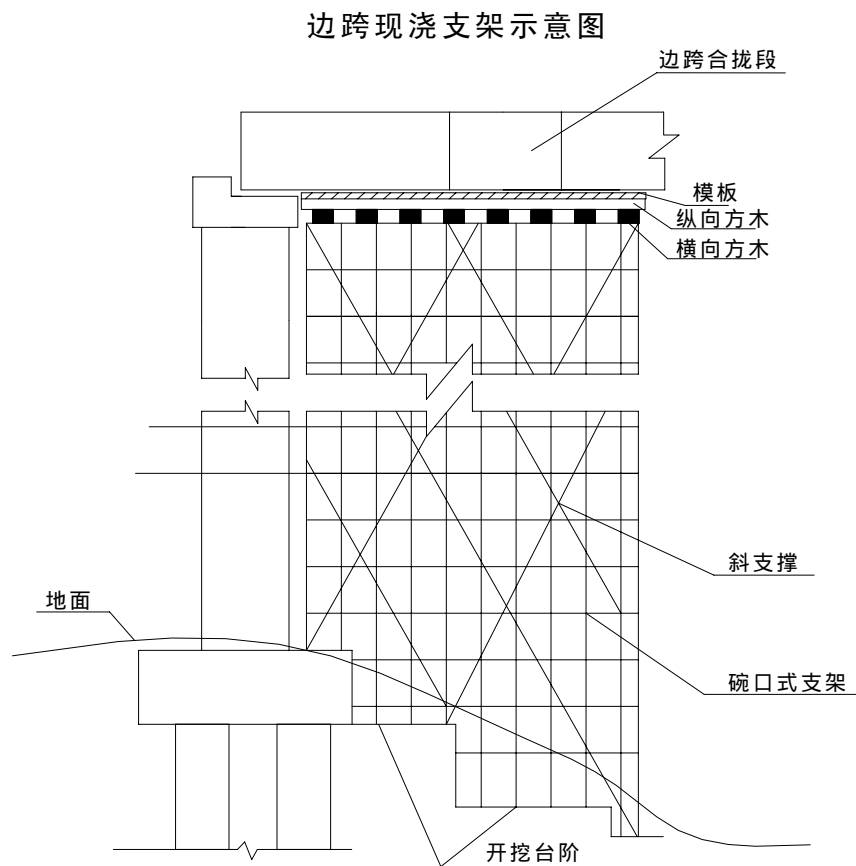
③灌浆工作应缓慢均匀进行，不得中断，并应排气通顺；在孔道两端冒出浓浆并封闭排气孔后，再继续加压至 $0.5 \sim 0.6 \text{ N/mm}^2$ ，稍后再封闭灌浆孔。

5.2 边跨边块现浇段施工

在河堤坡地段搭设 $\Phi 48$ 钢管支架；在较平坦地段搭设碗扣式支架，并设置剪刀撑，底模和侧模为整体钢模，背衬用 $L50 \times 50$ 角钢网络状加固。砼灌注前加载预压，消除支架在荷载作用下的非弹性变形，且测出支架在荷载作用下的弹性变形，保证合拢精度，使合拢段二端标高误差不大于 2 cm 。采用满堂支架现浇施工工艺和方法。

部分河堤坡处脚手架搭设图附后。

5.3 合拢段施工及体系转换



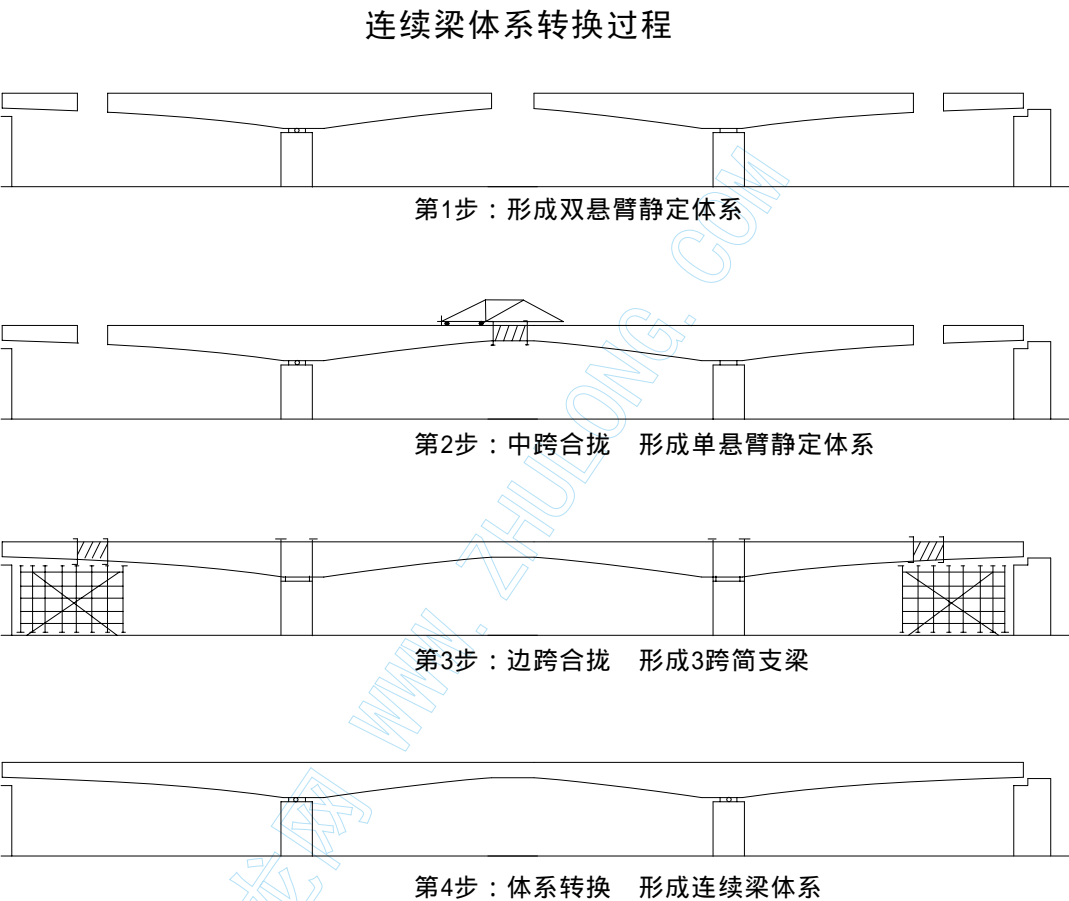
合拢是悬臂灌注施工体系转换的重要环节，合拢施工必须满足受力状态的设计要求和保持梁线形，控制合拢段的施工误差。本连续梁施工在中跨先合拢，形成两单悬臂梁，最后在边跨跨合拢，形成三跨连续梁。边跨合拢采用支架现浇合拢，中跨利用其中一套挂篮合拢。合拢后张拉钢绞线完成体系转换。

合拢前调整中线和高程，将合拢一侧的临时固定支座释放，同时将两悬臂端间距离按设计合拢温度及预施应力后弹性压缩换算后采用体外刚性支撑和四束永久性钢束进行约束锁定。

合拢梁段施工工艺流程：安装底模、侧模板，测量底模标高→绑

扎底板钢筋，安装底板波纹管→安装底模支撑→绑扎腹板钢筋，安装腹板波纹管、预埋件→安装顶板支撑，安装内模→绑扎顶板钢筋，安装顶板波纹管、预埋件→张拉顶板及底板临时钢绞线束→灌注砼。

连续梁体系转换过程图附后。



说明：

- 1、利用一个挂篮进行中跨合拢段施工，张拉预应力束，同时在中跨合拢段的另一端进行平衡压重，压重量与一个挂篮的重量相同。合拢在一天中最低气温时进行，然后拆除膺架和临时支座。
- 2、边跨合拢段在陆地上搭设的支架上现浇，现浇前张拉预应力束后临时锁定装置拆除。
- 3、拆除挂篮和移走平衡压重，单悬臂静定体系转变为设计和连续梁（连续刚构）体系。

灌注砼选在日最低气温时进行，一般选定凌晨 3 时灌注开始，控制到 5 时完成。

先合拢中跨，后合拢边跨。中跨合拢利用一个挂篮来进行，移挂篮到中跨合拢段，在挂篮上完成中跨合拢段的施工，双悬臂梁变成单悬臂梁，完成由双悬臂梁向单悬臂梁的第一次体系转换，在边跨直线

段膺架上完成边跨合拢段的施工，张拉预应力，然后拆除膺架和临时支座，将临时支座反力转移到永久支座上。实现由两单悬臂梁向三跨连续梁的第二次体系转换。

5.4 线形控制

我项目部结合悬臂现浇施工研究并开发了悬臂梁施工线型控制软件，进行信息化施工过程跟踪监控，随时准备反馈及预测各种工况条件下的应力、变形，确保合拢精度。

为保证箱梁结构尺寸，满足设计要求，施工中的线型控制十分重要，箱梁的线型控制包括标高控制、中线控制、跨度、扭曲及断面尺寸控制。

（1）标高控制

影响箱梁悬臂端产生挠度的主要因素有：梁体结构自重、施工荷载、挂篮结构的变形和气温等。

0#梁段施工完毕后，在其中部顶横向两侧设临时水准点，作为箱梁施工标高控制点，并与两岸的水准点进行联测。在每节段设水准观测点9个，其中6个设于模板表面，3个设于砼灌注完后梁顶面。

测量控制分为四个阶段进行：砼灌注前立模标高控制、砼浇注中的模板标高控制、砼浇注后预应力施加前的挠度观测及校核、施加预应力后的挠度观测及校核。

（2）中线控制

在0#梁段施工完毕后的梁顶中部设中线控制点，并常与两端中线控制点联测。中线测量包括三个阶段：挂篮定位控制、砼灌注前控

制和砼灌注后复测。

（3）扭曲控制

在每节浇筑混凝土前和浇筑混凝土后，对挂篮和混凝土结构控制点的高程和平面线形进行综合分析，以便控制扭曲变形。

（4）节段长度及截面尺寸控制

每节段施工完毕后，用钢尺对梁体长度、断面底板厚度、腹板厚度、顶板厚度、两翼板宽度及顶板总宽度进行复核，有误差时在一个节段及时予以调整。

（5）合拢段连接控制

为了保证合拢段的合拢精度必须控制每施工段结构的竖向和横向偏移精度，每浇筑一段调整一段不产生累计误差，控制合拢的偏差在规范要求范围以内。

为了了解悬臂连续梁内力的真实情况在第一联悬臂施工时，进行主梁应力测试、温度场测试、临时固结反力测试及预应力损失测试，具体检测措施由检测单位来实施。

5.5 保证施工质量技术措施

遣技术水平高、操作熟练的技术人员组成精干的测量、试验、检测队伍，制定详细的、切实可行的、具有可操作性的技术管理制度，做到工作有标准，检查按标准，同时装备先进的测量、试验、检测仪器，用科学的手段保障工程质量。

严把材料关，钢筋有出厂质量保证书或试验报告单，并作机械性能试验，对进场的钢筋进行抽验，遵守“先试验，后使用”的原则。

施工中严格控制钢筋的加工质量，加强对钢筋的存放管理，保证钢筋的绑扎和焊接质量。

混凝土工程施工实行工序标准化作业，混凝土达到拌和、运输、灌筑、养护机械化。混凝土采用集中拌和，配备自动计量系统以保证配比计量精确。捣固实行责任区分工制，人员固定，保证混凝土捣固密实，无蜂窝麻面。

5.6 施工注意事项

所有预应力钢筋必须用绝缘胶布包裹防止被电流击伤，在挂篮需要用电时必须保证电线的完好，不得漏电。

5.7 安全保证措施

施工建立健全各种规章制度。我项目部将针对本工程特点，借鉴成功的管理经验，建立健全安全生产制度，做到有章可循，以提高预测预防能力，消除事故隐患，使安全生产始终在受控状态之中。

认真贯彻落实“安全第一，预防为主”的方针和“从严治本，基础取胜”的指导思想，严格按照国家及铁道部颁布的安全技术操作规程和安全规则组织施工。思想重视到位，精力投入到位，狠抓落实到位。加强安全生产管理工作，提高预测预防能力，消除事故隐患，使安全生产始终在受控状态之中。定期由安全领导组组织全体人员，认真学习有关施工安全规则和安全技术操作规程，提高全员安全生产意识。工班每日由班长或安全员进行班前安全讲话，提出当天的安全生产具体要求和注意事项，做到“预防为主，防治结合”。经理部和施

工队将根据安全目标和本工程施工特点，对安全生产事故进行严格的归类划分，并制订相应经济处罚条款，签订安全生产责任状。对完成经理部安全目标的单位和个人，予以奖励；对造成安全生产或人身安全事故的单位和个人，依据条款予以经济处罚。安全生产对先进单位和个人的评比，实行一票否决权。

推行安全标准化工地建设，抓好现场管理，搞好文明施工。施工现场做到布局合理，场地平整，机械设备安置稳固，材料堆放整齐。施工现场设置醒目的照明、安全标语和安全警示标志，提醒所有施工人员注意安全。

严格按照施工现场安全用电规程的要求，进行施工现场电力设施的布置和使用。非专业人员不使用和操作专业电力机械和供电设施。用电施工机械设施安装触电保护器。

所有施工人员均佩戴安全帽，拴系安全带，并张挂安全网，保证作业安全。

交叉施工的工程项目，在施工前了解交叉施工工作内容、施工时间，安全注意事项等，必要时派专人进行协调、防护，确保安全。

5.8 现场文明施工保证措施

施工场地统筹部署，规范整洁，施工使用的机具、设备要集中停放，材料要分别堆码标识，灰、砂、石等大堆料有防风防雨设施，特别是有毒和危险物品，实行专人专项管理，严格保管制度；

施工用电要统筹安排，严禁乱拉乱扯电线，闸刀箱要上锁，带电部分要有明显的标志；

工地现场要挂有文明施工标牌、条幅，采用多种形式向项目部成员进行文明施工教育，提高全员文明施工意识；在工地醒目处设立工程简介牌，各工序设立施工牌；

加强施工现场用水、用电管理，做到无常流水、常明灯；

施工现场固定机械设备要及时清洗养护，且必须搭棚防护，设备旁必须悬挂操作规程牌和设备标牌；

施工人员上岗要着装整齐，配戴与所从事施工范围相一致的施工证；

在危险地带施工时，设立明显的标志，提醒施工人员和行人注意；

施工中，负责保护施工范围内相关建筑物、管线，以保持周围环境协调；

施工完毕后，及时进行施工场地清理，原材料及施工机具堆码、摆放整齐，机械车辆停放有序，保证施工场地整洁、美观。

施工现场作业产生的污水，禁止随地排放。作业时严格控制污水流向，在合理位置设置沉淀池，污水经沉淀后方可排出或回收用于洒水降尘。未经处理的废水，严禁直接排入排水设施。

5.9 防血吸虫措施

（1）开工前请淞口镇当地血防站的医生，向全体施工人员宣传血防工作的意义以及血吸虫病的危害性。

（2）请血防站的医生讲解感染血吸虫病后的症状和观看电视录像带直接感受得血吸虫病后的症状，以及讲解预防控制方面的知识，并且每人发送预防血吸虫知识手册 1 份。

(3) 在施工现场设置预防血吸虫的安全警示牌及宣传标语，提醒职工在疫区工作时不要与疫水接触。

(4) 项目部给每一个职工发放长筒胶鞋，以便在有水的地方走动。进入施工现场的施工人员尽量少接触疫水，确实需要接触疫水时必须穿长筒胶鞋，带长筒橡胶手套，才能施工。

(5) 在深水地区安排在枯水季节的冬天进行施工，那时的血吸虫出来活动的几率很小。

(6) 发放的必备防护用品不得随便丢弃，需要时必须带防护用品进入特殊的施工区域。

(7) 当发现本人有发烧症状且吃药不退烧时，应立即向上级主管部门汇报。

6 存在问题

1. 施工的工期受汛期影响。
2. 一处悬臂连续梁受图纸影响不能施工。