



杆上，支承杆则通过倒置安装在纵梁上的液压千斤顶固定。浇注时通过液压千斤顶的作用，使支承杆上升，从而带动内模向上滑动，逐渐完成混凝土的浇注。整个内模的支承系统安装在挂篮的主梁上，随挂篮一起行走，逐次完成各节段的施工。箱梁内滑模施工，混凝土以 25-40 厘米一层，分层下料，分层震捣，不断滑升出模。其工艺流程为：

挂篮前移就位→底模安置校正→固定外模就位→安置蹬筋、扎底板和肋板外侧钢筋→安肋板堵头板和下承托模板→安肋板四片、穿索管及扎肋板内层竖向钢筋→拉出内模及校正就位→安装支承杆及液压系统→搭设浇灌平台→检查及做浇混凝土准备→浇底板及下承托混凝土至内模平→肋板滑升浇灌至上承托 10 厘米处→调正内模至顶板底标高→安装顶板堵头模板→扎顶板下层钢筋→安顶板纵横铁皮管道→绑扎顶板上层钢筋及预埋铁件→浇顶板混凝土→混凝土养生→穿束→纵向钢束张拉→竖向钢筋张拉→压浆、封锚。

6) 预应力施工，全桥大小 T 构均设三向预应力，纵横向预应力为 24  $\phi$  5 高强钢丝束，共 5270

束，均采用弗氏锚具，三作用千斤顶，束管为薄铁皮管。预应力施工为：制索（现场下料编束）→穿束→张拉→灌浆、封锚。竖向预应力为  $\Phi$  28 冷拉 25 锰硅低合金钢筋，端杆采用 45 号优质碳素结构钢，钢筋一端为镦粗头，锚具为螺杆锚具，张拉采用 YC-60 双作用千斤顶。灌浆自下而上灌之。

### 7) 35 米吊梁施工

35 米吊梁共四楹，每楹重 120 吨，采用预应力斜拉拼装式架桥机架设就位。

## 2、苏州狮山大桥

### 1) 工程概况

苏州狮山桥位于苏州市城西新区内，狮子山东麓，是一座横跨市杭大运河的三跨连续梁桥，其跨径为：45+70+45m，桥面宽 24.6m，其车行道 18m，两侧人行道和栏杆各为 3.3m。上部结构为三孔箱型变截面预应力混凝土连续梁，在箱梁的纵、横、竖向施加预应力。见图 20。

### 2) 箱梁悬浇施工方案确定

(1) 苏州狮山桥箱为双箱单室，挂篮悬臂现浇时，一套挂篮一个单室，即一侧两套挂篮，待悬浇结束，再浇中间 50 厘米接缝，横向穿束张拉成

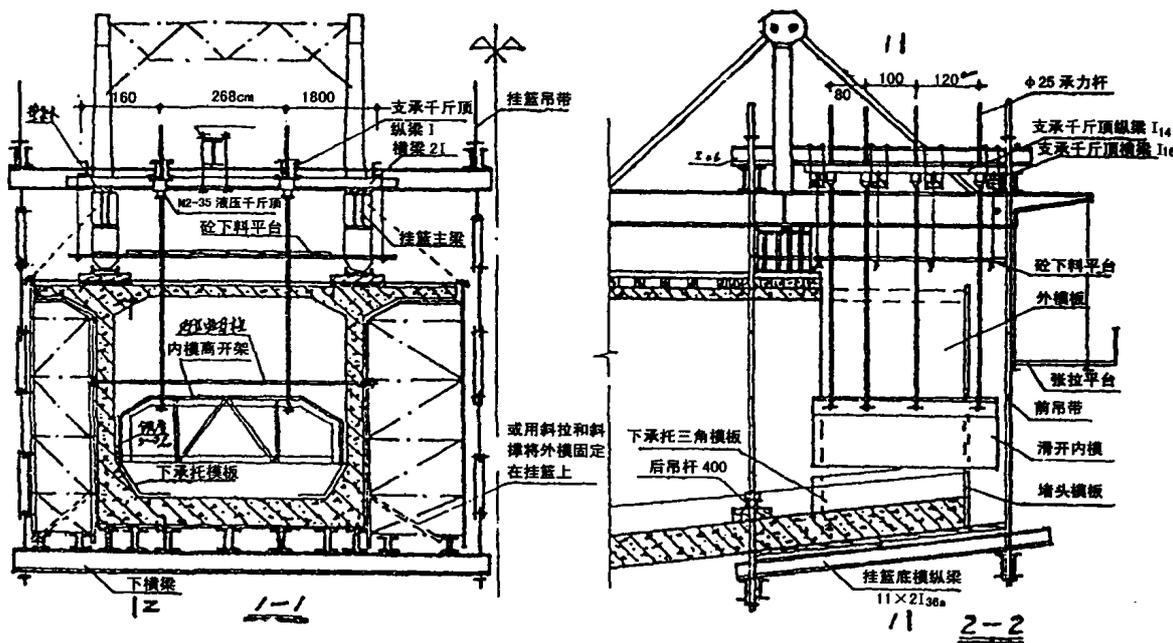


图 19 箱梁节段施工内滑模构造图

一整体结构。箱梁截面见图 21。

(2) 考虑到岸跨梁底与地面较低, 决定采用移动排架代替挂篮, 这样就将原设计决定的 8 套挂篮改为 4 套挂篮, 即河跨四套挂篮, 岸跨四套移动排架对称施工。

(3) 两套方案的受力分析均满足设计要求。

3) 上部结构施工工艺

苏州狮山桥上部结构施工工艺为:

临时固结措施 → 0 号段排架现浇施工 → 桁架式挂篮拼装、移动式排架拼装 → 7 榀浇段梁段悬浇施工, 同时岸跨排架现浇段施工 → 陆上岸跨 2 米合拢段施工 → 体系转换 → 河跨 2 米合拢段施工。

(1) 临时固结措施

a. 必要性。防止由于施工荷载不对称, 对盆式支座产生不对称弯矩而使箱梁失稳。

b. 位置及技术要求。临时固结采用简支梁方式, 即悬浇后使之形成简支双悬臂结构。详见第六部分悬臂施工临时固结技术。

(2) 0 号段箱梁施工

a. 0 号段排架搭设

(a) 每只箱梁 4 只临时支座为 4 只受力点, 直接承受混凝土荷载。

(b) 以承台作为受力基点, 其排架由下而上为: 406 毫米钢管作受力柱 → 30 号工字钢为承重横梁 → 40 号工字钢为承重纵梁 → 8 号槽钢格栏 → 钢模板。在横梁与受力柱间摆放砂筒。

(c) 控制标高为设计标高加 5 厘米预留拱度。

(d) 排架施工时需严格控制标高, 以满足排架搭设好后其标高误差在 ± 5 毫米之内。

b. 箱梁浇注次数决定

(a) 箱梁高 4 米, 顶宽 11.45 米, 底宽 6.2 米, 顶板厚 25 厘米, 腹板宽为变截面, 由 70~30 厘米, 为考虑便于底板下料和保证腹板混凝土下料, 决定箱梁分底板、腹板、顶板三次浇注。

(b) 箱梁布置有 F 式锚具的纵向 24 φ 5 高强钢丝、竖向、横向 φ 32 轧丝锚具的 4 级圆钢筋。尤

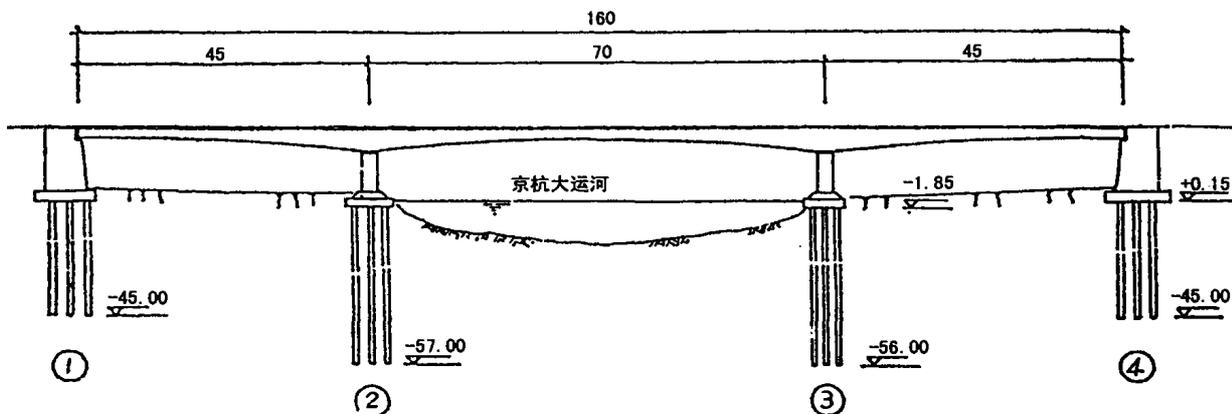


图 20 苏州狮山大桥立面图

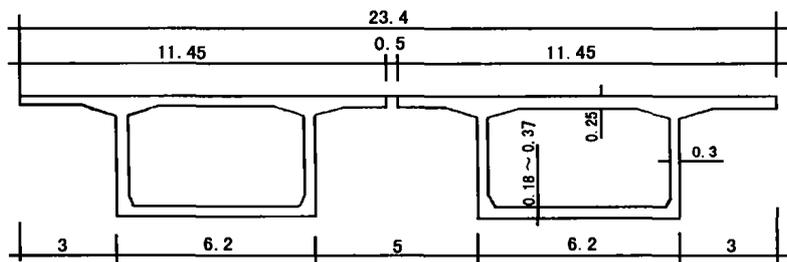


图 21 苏州狮山桥箱梁截面图

说明:

- 1、尺寸均以米计。
- 2、钻孔桩直径为 φ 1200mm。
- 3、设计荷载为: 汽 -20; 挂 -100; 人群 550kg/m<sup>2</sup>。
- 4、桥轴纵坡: 中跨设 R=2300m 圆弧, 两侧按 5%。
- 5、二个箱型梁中间 0.5 米为后浇筑混凝土。

其墩中心处 1.2 米实体梁部分, 布满了竖、横向轧丝锚具及螺纹钢筋。

(c) 采用电动震捣棒与平板震捣器相配合震捣。

(d) 混凝土熟料由机动翻斗车水平运输并倒入蛤蟆斗内, 再由 W1004 吊车直接卸入仓面内。

(e) 坍落度控制在 8 厘米, 以满足弹性模量  $3.3 \times 10^4 \text{MPa}$  及 400 号强度要求。

(f) 为满足弹性模量及强度和施工和易性要求, 采用苏州水泥制品研究所研制的“AT 高效缓凝减水剂”, 以满足初凝时间控制在 4~5 小时施工要求。

(3) 河跨挂篮悬浇、岸跨移动排架加配重现浇方案的实施

河跨、岸跨混凝土浇注段分别为 8 段, 每节段长度 3.5 米, 箱梁高度由 4 米渐变至跨中 2 米。

#### a、挂篮结构及其在 0 号段上拼装

##### (a) 挂篮构造

苏州狮山桥为桁架式为承重结构的挂篮型式, 该型式曾在柳州大桥和重庆长江大桥上应用, 后来在富阳桥上应用。

为了满足箱梁长度和 700KN 节段混凝土重量以及在中跨运河上施工要求, 苏州狮山桥选定挂篮的外部尺寸为长 14 米、宽 11.85 米、高 3.6 米。挂篮结构主要由铁轨和枕木、台车系、主桁系、悬吊系、模板梁系、平衡配重、锚固系统和拖拉行走系统组成。其总重 900KN。重量分配为: 万能杆件组成的主桁系为 21 吨 (210KN); 由型钢及火车轮组成的台车系为 200KN; 由横梁 B 及悬吊系重为 60KN; 由拉杆螺栓及眼睛板组成的锚固系为 10KN; 由铸铁块或混凝土组成的平衡重为 300KN; 由型钢和铰组成的模板梁系为 121KN。挂篮是一个能沿轨道行走的活动操作平台, 其后吊点悬挂在已浇好的箱梁底板上, 在吊篮上可进行下一节的模板、钢筋、预应力与预应力索管埋设和架立, 浇注混凝土、

土、预应力穿束、张拉、灌浆封锚等诸项工序的施工, 完成一个循环后, 新节段与旧节段连成整体, 成为悬臂梁组成部分, 挂篮再进行下一节段施工。见图 22。

##### (b) 挂篮拼装

当桥墩上 12 米 0 号段箱梁完成后, 可在其上拼装挂篮。其拼装程序为: 枕木和钢轨→台车系→台车上主桁→台车后主桁→台车前主桁→主横梁→平衡配重→锚固系→模板梁。

枕木和钢轨, 枕木为  $16 \times 12 \times 250 \text{cm}$  的标准道木, 枕木直接铺于箱梁两边肋的桥面板上, 间距为 40 厘米, 枕木中心线应平行于箱梁中心线, 并在箱梁肋板宽度范围内。钢轨为 P43 型标准钢轨, 轨距 1435 毫米, 钢轨中心线应与枕木中心线重合, 其偏差  $\pm 2 \text{mm}$ , 钢轨与枕木间采用道钉连接, 钢轨用铁路钢板连接, 钢轨之间用拉条固定。钢轨安装后, 再在适当位置安装钳形挡车夹板。

台车系, 铁路轮吊放钢轨上, 并临时用木楔固定好, 在轮轴上安装轴瓦箱, 然后把已拼装好的台车架的四个台车卡座插放于瓦轴箱, 台车架上有扁担架的一头应在前进方向上。

主桁, 主桁由四片桁架组成, 横向分别由杆

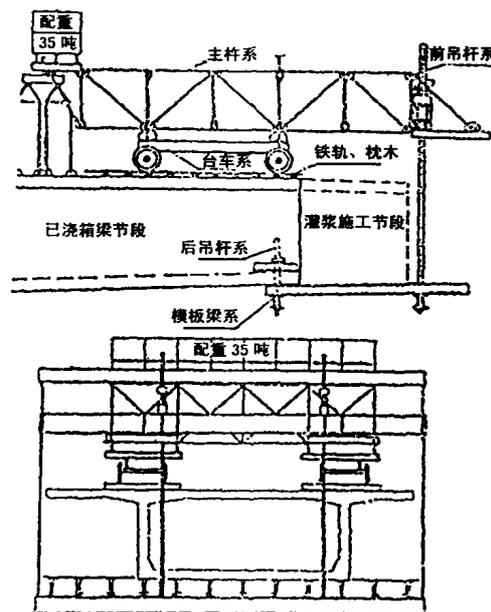


图 22 苏州狮山桥挂篮示意图

件连接,先拼装台上主桁和台车后主桁,然后台车后移,再拼装台前主桁,其前端斜杆待主横梁及安装就位后再拼装,然后拼装前风架及上风撑,将主桁连成一体。

主横梁,在主桁前端 $T_{1A}$ 、 $T_{1B}$ 下弦杆构件上首先安装前后分配梁 $B_2$ 、 $B_3$ 构件,在安装橡胶支座垫块后,分别吊装 $B_{1-1}$ 、 $B_{1-2}$ 两主桁梁,吊装时要平稳缓慢进行,最后将提升承重梁 $B_5$ 安装在主桁梁上。

平衡重,用35吨废钢轨或铁轮作为平衡重,放在主桁后端上弦杆 $T_{2a}$ 、 $T_{2b}$ 上,钢轨分层放置,使四片桁架受力均匀,应与桁架牢固固定。

锚固系,在箱梁两肋板上,预埋锚固板 $H$ ,用四点花篮螺栓与锚固撑杆相连,然后用锚固钢带将锚固撑杆与锚固扁担梁连接,再用卸扣将锚固扁担固定在主桁上的锚固梁 $C_1$ 之上。

模板梁,在地面上先将模板梁按制作不同的箱梁要求进行拼装,并安装前后吊杆,在主横梁 $B_1$ 上安装两个提升承重梁,根据模板等的使用高度,选定提升钢带结合,用销子将钢带装好,并安装在提升承重梁上,在模板梁前后横梁端用钢丝绳捆好,卷扬机提升到箱梁位置,用销子将钢带与前吊杆连接,用螺母将后吊杆固定于箱梁底部。

#### b 移动排架结构及其拼装

##### (a) 移动排架结构

岸跨移动排架结构由砂垫层,排架行走系统,万能杆件排架,模板梁系及顶升系统组成。

移动排架一端由后吊点悬吊在已浇好的箱梁底板上,另一端则形成排架支承的工作平台。在平台上可进行下一节梁段模板、钢筋、预应力索管架立,浇注混凝土及预应力穿索、张拉、灌浆封锚等工序。完成一个循环后,新老节段形成整体,成为悬臂梁组成部分,再进行下一节梁段施工。

为使桥墩两侧临时支座受力平衡,在已浇箱梁上安置配重(使其与挂篮相平衡),其作用点仍在挂篮火车轮处,其中1~4号节段为900KN,5~8号节段为1000KN。

##### (b) 移动排架安装

当0号段箱梁完成后,对移动排架进行安装。先将地基松软土挖去,回垫碎石及黄砂,并用蛙式打夯机振实,其上铺设已焊好的8寸钢管成滑道的路基箱,滑动位置应事先测放准确,再用8号槽将路基箱固定在8寸钢管上安放移动滑块,并在滑块上安装万能杆件排架,在其上安装固型钢和50吨螺旋千斤顶,然后用W1004履带吊将拼装好的模板梁系吊至排架上就位。

##### c 挂篮及移动排架操作要求

###### (a) 总则

挂篮及移动排架加平衡重的施工方法,必须相应协调一致,依据设计的容许要求,可先浇注移动排架上的箱梁节段,再浇注挂篮上的相应箱梁节段(或先浇移动排架上底板再浇挂篮上的底板,再以次相应对称浇注至顶板为止),为减少由于0号节段上荷载的变化而造成临时支座反力的相互增减使0号节段产生转动,以及0号节段的变化。必须在1号节段浇注前,先将对应挂篮的90吨平衡重安置好。

施工中必须满足设计提出的“桥墩上左右两个节段宜同时进行,最大不能超过一个箱梁节段”的要求。

挂篮及移动排架加平衡重的施工步骤如下:

活动排架、平衡重及挂篮就位→在活动排架上制作箱梁节段→在挂篮上制作箱梁节段→穿索、张拉、压浆、封锚→移动排架前移一个节段→平衡重同挂篮在相反方向前移一个节段。

###### (b) 挂篮的操作

###### ※ 使用

使用挂篮就位后,即可在模板梁系上进行立

模、绑钢筋、安装预应力索管、预埋件等作业，浇筑混凝土前必须对挂篮紧固部件进行全面检查，确保其紧密，并对新节段的梁标高进行复核，在台车前分配梁下用硬木垫起，以分配前载，减少轮轴压力，对挂篮锚固系，前悬吊钢带销子，后吊杆螺栓等重要部件进行检查确保无误后方可浇筑混凝土。浇筑混凝土时应对其标高进行跟踪测量，当发生变形时及时用安装在提升承重梁上的四台 50 吨千斤顶进行调整，使其始终保持设计标高中。浇筑混凝土后，应按设计要求及时清孔、穿束，待混凝土达到张拉强度后，即在挂篮上张拉、灌浆、封锚等作业。

※挂篮前移，压浆后 24 小时挂篮可前移，挂篮前移的操作步骤如下：

收紧模板梁前后横梁端部的临时吊点，在后吊点杆砂筒排砂，或螺旋千斤顶松顶，拆除后吊杆螺帽，将后吊点卸掉移至新孔位。

※以交换孔位方法。松动前悬吊钢带。

※将模板梁前后横梁两端的临时吊缓慢放松，模板梁依靠其自重自动与混凝土底板脱开。

※在移动挂篮前，要在新浇筑混凝土节段的桥面上安装好枕木、钢轨、钳形挡车夹板。

※抽去台车轮垫木。

※拆除锚固系。

※挂篮用卷扬机牵引至新节段位置。

※垫好前轮枕木。

※锚固系在新位置上锚固。

※收紧模板梁前后横梁两端的四个临时吊点，使底模板后部紧贴正浇箱梁混凝土底板上，放置砂筒或螺旋千斤顶，垫梁穿入后吊杆，在悬吊脚手上收紧螺帽。

※根据测量高程调整前悬吊钢带孔位，必要时更换钢带组合，收紧螺帽。

※全面检查挂篮各部件，开始下一循环立模、绑钢筋、浇筑混凝土工作。

### (c) 活动排架的操作

活动排架就位后，即可在模板梁上进行主模、绑钢筋、安装预应力管道、埋预埋件等作业，浇筑混凝土前，必须对活动排架是否垫平，模板梁系后吊点，前支点等部件进行全面检查，复核箱梁制作高度确保无误后方可浇筑混凝土。浇筑混凝土时对其标高应进行跟踪测量，当发生变形时，应及时用安装在前支点处的二台 50 吨螺旋千斤顶进行调整，使其始终保持在设计标高中，浇完混凝土后应及时清孔，穿束张拉、封锚，完成节段作业。

活动排架的前移，移动排架操作步骤如下：

※后吊杆操作同挂篮后吊点操作。

※放松前支点千斤顶，模板梁依靠其自重与箱梁底板脱开，用销子将模板梁临时固定在排架上。

※用千斤顶将排架顶起，抽去排架下硬垫木，松下千斤顶，使涂过黄油的滑块落在滑道上。

※在沙垫层上铺设新的滑道路基箱，并相互连接好。

※用卷扬机牵引排架到新节段位置。

※用千斤顶顶起排架，垫上硬木垫块。

※用千斤顶将模板梁后横梁顶起，安装后吊杆，并将其收紧。

※顶起前支点千斤顶，使模板梁处于设计标高位置。

※全面检查活动排架各部件。

※开始新节段的立模、绑钢筋、浇筑混凝土等下一循环的作业。

### d、挂篮悬浇及移动排架现浇施工工艺

挂篮与配重及移动排架前移就位→架立底板及少部分腹板外侧模板→绑扎钢筋及腹板上索管、锚具→架立内侧模板→浇筑混凝土(先岸跨后河跨)→用真空原吸水机吸水→架立腹板外侧模→绑扎钢筋、索管、锚具→架立内侧模板及箱梁顶板底模→绑扎顶板钢筋、索管、锚具→立悬臂侧模

→浇筑混凝土(先岸跨后河跨)→养生→穿索→张拉  
→灌浆、封锚→结束。

e 箱梁除 1 号段为三次浇注外, 2~8 号段均为二次浇注混凝土。

f 箱梁底模采用 6 毫米钢板、侧模、顶板底模均采用钢木结合板, 共 8 套。

g 梁底为二次抛物线, 底模放样时, 3.5 米的直线段起始点和终止点均在抛物线上。

h 为防止漏浆, 钢板底模搭在已浇好箱梁底板内 10 厘米, 而后吊点却在已浇箱梁底板内 75 厘米, 并用千斤顶将吊杆调紧, 再用挂篮前吊点或排架千斤顶调至要求标高, 此时钢底板已与箱梁底密贴压紧, 而侧模, 保留与要浇箱梁的一段模板不拆除, 这样侧模与已浇箱梁间没有松开一直密贴, 顶板预应力索管预埋钢板处采用纤维板, 可随时拆除。

i 混凝土浇注时采用电动插入式震捣棒和平板式震捣器。

k 要严格控制箱梁底模、侧模、悬臂部分吊模的位置, 使其成为一条线, 满足外观要求。

j 0 号段及 1~8 号梁段底二次抛物线标高。见图 23 岸跨箱梁顶底标高图。

w 夏季采用“AT 高效浇凝减水剂”, 其初凝时间可控制在 4~5 小时, 3 天强度达 300 号 28 天强度达 500~600 号, 弹性模量大于  $3.3 \times 10^3 \text{MPa}$ 。

q 冬季施工时, 采用“AT 早强高效缓凝减水剂”, 并用热水搅拌和蓄热法, 在零下  $5^\circ$  时, 气

套内温度控制在  $10 \sim 15$  摄氏度。

k 挂篮悬浇 8 段后, 按设计要求拆除挂篮及配重。

#### (4) 陆上 2 米合拢段施工

2 米合拢段施工时正值冬季, 工地作了量测, 发现每增加 1 度混凝土增长 1 毫米, 最后决定只掺用万分之一铝粉膨胀剂浇混凝土, 结果情况正常。

#### (5) 体系转换

在陆上 2 米合拢段施工结束后便进行体系转换工作。其作法是通过卸除砂筒内黄砂, 使其荷载逐渐传递至永久支座——盆式支座上, 实现单悬臂静定结构体系。

#### (6) 跨中 2 米合拢段实施

在已浇好的 8 号箱梁内预埋 8 根 25 号槽钢, 在梁底标高调节结束后, 选在夜里焊接, 连接型钢使之连成整体, 由于采取此措施, 气温增加 1 度混凝土增长 0.1 毫米, 最后选定目最低气温高于  $5^\circ$  (摄氏) 的一天夜里浇混凝土, 实现了三跨超静定结构连续梁施工。

### 3、富阳大桥

富阳大桥位于浙江省富阳县镇, 横跨秀丽的富阳江, 主跨为五跨连续梁(跨径为 80 米), 桥面宽 13 米, 车行道 10 米, 人行道每侧 1.5 米。连续梁为单箱单室预应力混凝土箱型结构, 采用挂篮悬臂浇注。

#### 1) 临时固结措施

临时固结采用精轧螺纹钢筋(IV 级钢), 通过

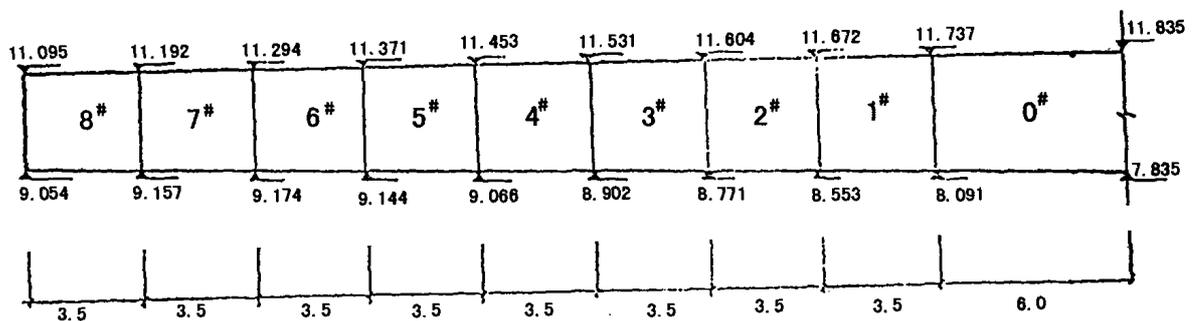


图 23 狮山桥岸跨箱梁顶、底标高图

预应力张拉, 将桥墩、0号段箱梁及墩梁间硫磺胶泥块锁成一体, 来承受由于施工不对称荷载对墩中心产生的弯矩。

2) 墩顶 0 号段 1 号段施工

(1) 钢排架搭设 (见图 24 富阳江桥立面图)

a、排架结构

排架结构为受力明确的简支梁型式, 由模板系统、受力梁柱、传力下座和联系杆件及卸架砂筒组成。其顺序由下而上为: 由 45 号工字钢、32

号工字钢以及  $\Phi 450\text{mm}$  钢管组成的整体传力下座  $\rightarrow 609\text{mm}$  钢管受力柱  $\rightarrow$  砂筒及纵向 45 号工字钢受力梁  $\rightarrow$  横向 22 号工字钢受力梁  $\rightarrow$  8 号槽钢格栅  $\rightarrow$  模板。见图 25 富阳桥 0#、1# 段排架图。

b、箱梁悬挑部分

在桥墩处由 22 号 2 字钢组成桁架式受力托架, 其他部分由横向 22 号工字钢组成受力平台, 其上为木楔块  $\rightarrow$  木排架  $\rightarrow 2" \times 4"$  方木  $\rightarrow$  钢木模板。

(未完待续)

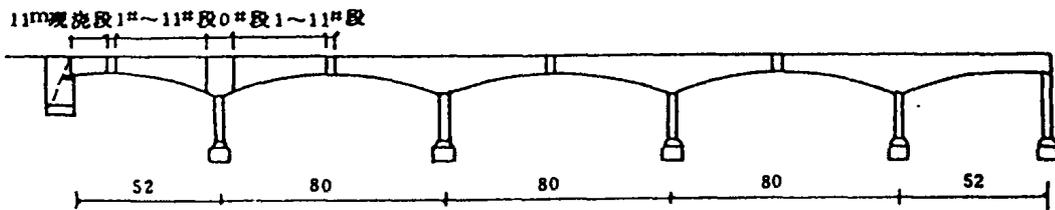
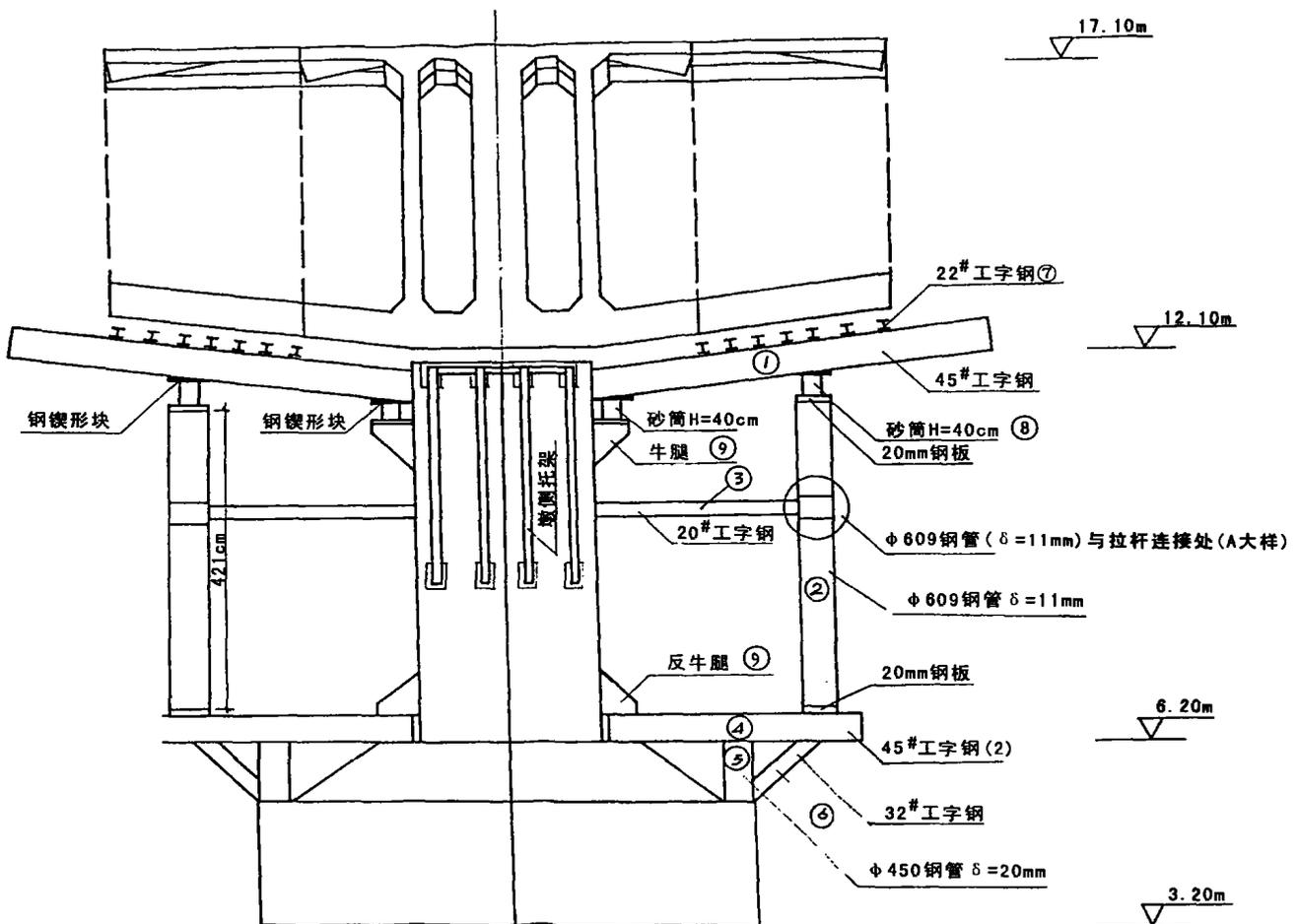


图 24 富阳桥立面图 (五跨连续梁桥)



零号及 01 号段 钢架结构图 (一) 1: 70

图 25 富阳桥 0#、1# 段排架图