

桥梁悬臂拼装施工技术〈二〉

邱式中

(上海市基础工程公司特种基础设计所 200002)

(续接第46期)

2.5 岸跨预制构件吊装

河东河西两侧岸预制构件箱梁32榀、车行道板16榀。

2.5.1 钢排架

从主墩现浇段端部到桥台现浇段两端(河西东端)52.6米长度上安置9排钢架。其中锚固墩两侧。现浇段端部4个排架、自上而下为:横向11米30#工字钢→砂筒→14#工字钢或16#槽拼成Ⅱ或□形受压柱→道木垫层,其他5个排架均为:钢模板→横向11米30#工字钢(河西为军用导梁1.5×1.5m单元拼做横梁→军用梁作受压柱→砂筒→边木→碎石垫层。

2.5.2 预制构件吊装

河东、河西两岸跨2#~9#共8段24榀预制构件,均由136吨住友—林克贝特汽车吊沿2#~9#顺序一次吊装完毕。

2.5.3 梁段间湿接头,同河跨挂篮悬桥时,对应浇注。

2.6 河跨挂篮悬拼

2.6.1 挂篮结构见前节

2.6.2 柳港桥河跨挂篮悬臂拼装河东、河西同时进行,施工工艺为:

预制构件上拖板、走管托运→预制构件上桥面→桥面托运至挂篮下→挂篮悬臂拼装。

a. 构件地面托运

用W1004吊车在构件一端起吊上拖板,走管,由卷板机拖至桥台处。

b. 构件上桥及桥面托运

河东由80吨汽车吊将构件吊至桥面,上拖板、走管,由卷扬机拖至挂篮下;河西由40吨台令起吊上拖运平车、由拖运平车沿重轨拖至挂篮下。

2.6.3 挂篮悬臂拼装

柳港桥河跨段主梁悬臂拼装是预制构件吊装,索的张拉(柳港桥是75φ5与147φ5高强度钢丝索,冷铸镦头锚具,全桥11对索呈竖琴式平行索),混凝土湿接头浇注的综合施工。

a. 河跨段有10榀主梁,每榀主梁需经过以下10个流程。

索的张拉→移动挂篮就位→二次就位→安放两榀箱梁就位→放松后一对索、同时穿前一对索→三次张拉索→车行道板就位→绑接头筋、立接头模板→张拉前一对索→浇注接头混凝土、包括岸跨段,养生达70%强度共10道步序,统称为四张拉、一放掉、三就位。下面叙述一下索二次张拉后,构件进入第二、三次就位过程。

b. 进入挂篮下的台车装有4台30吨螺旋千斤顶,使箱梁顶起由挂篮三角滑车吊住,松千斤顶,使箱梁悬在空中。由三角跑车将箱梁拖至悬吊平台处、跑车脱销,再由悬吊部分起吊横梁上吊钩将箱梁接过来。见图4。

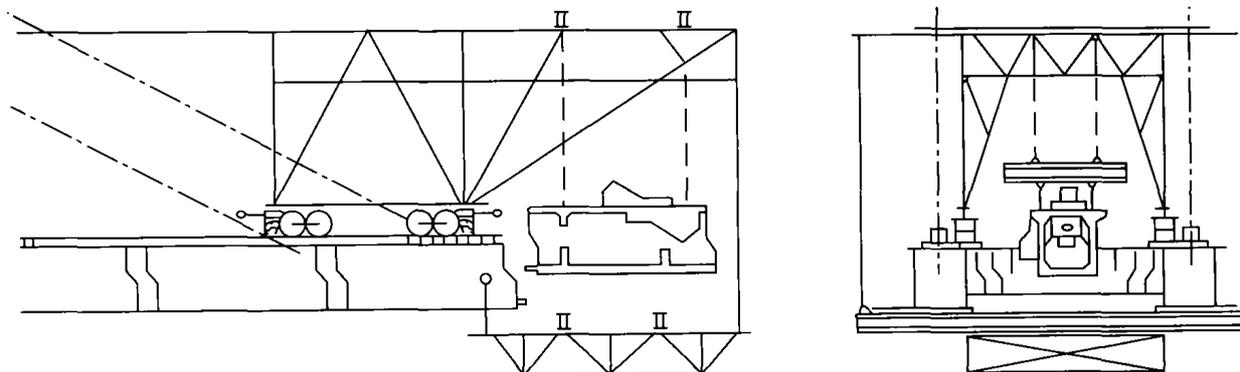


图4 箱梁吊在挂篮空中

松钢丝绳将箱梁放置在悬吊平台的横移梁上（横梁下放四氧乙烯板），由5吨神仙葫芦为动力，将箱梁横移至要求位置。

再用挂蓝上相应侧的前后两台卷扬机起吊后，准确就位。

采用同样步骤将另一榀箱梁安装就位。

此时完成第二次张拉和两榀箱梁就位作业，接着完成前一对索，即刚安装的箱梁穿索作业。

c. 放松后一对索后进行第三次张拉索，并重复安装箱梁步骤安装车行道板。

d. 绑钢筋、立模板后张拉穿好索的前一对索。

e. 浇注河跨、岸跨接头混凝土。

为了平衡挂蓝本身重量，在悬拼过程中，每吊完一组（三榀）构件后，在岸跨的相对的位置上摆放一榀箱梁作压重，见图5。

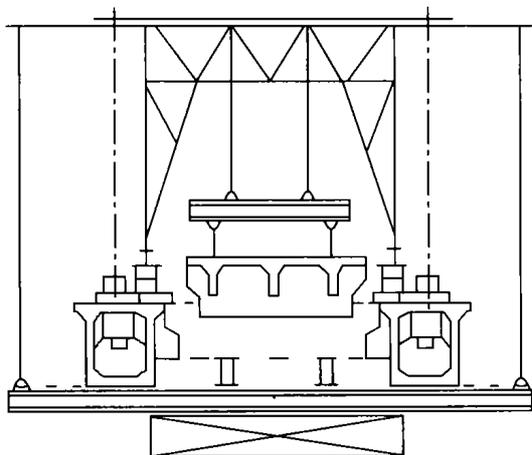


图5 箱梁及车行道板就位图

2.7 16.9米桥台现浇段施工

岸跨自11号索到桥台悬臂梁端为桥台现浇段，长16.9米，共浇混凝土592立方米，高强钢丝1吨，钢材4吨，管道0.3吨，木料近100立方米。

台顶现浇段座落在钢排架上，混凝土浇注分三次，预应力为三向均有。

2.8 90吨30米吊梁施工

30米吊梁施工包括：架设吊梁穿心式承重桁架梁的拼装、就位，30米吊梁桥面拖运，吊梁吊装就位三部分。

2.8.1 承重桁架梁包括2榀 π 型为上下弦杆、 π 型为斜、腹杆的 $2 \times 2\text{m}$ 万能构件拼接梁部分，军用导梁连同下托架横移部分和拼接梁上纵向移动两只小平车、横向联系梁与吊点三部分构件。

2榀 $2 \times 2\text{m}$ 万能杆件承重桁架梁分别在河东、河西桥西上拼成40米，然后由2只挂蓝相帮拖拉吊装过江，座落在安装好的军用导梁上，然后退挂蓝，用履带式10吨春光吊安装承重桁架梁上的小平车，横向联系及吊点，连接桁架梁与军用导梁间螺栓即妥。

2.8.2 30米吊梁桥面拖运

30米吊梁有两榀内梁、两榀外梁，外梁为T型，重心偏移，拖运时需满足稳定要求。

2.8.3 吊梁吊装就位

30米吊梁吊装就位包括：a. 吊梁牵引过江，b. 吊梁横移（外梁需吊在一榀承重桁架梁下，由千斤顶将吊梁吊起横移），c. 吊梁准确就位（外梁用千斤顶下放就位）。

2.9 拆除临时索，释放墩顶、挤台及铺墩约束，拆除所有剩余支架，桥面铺张，安装人行道栏杆、调整索力，完成主体工程。

2.10 美国P-K桥

美国哥伦比亚河上帕斯科—肯尼威克市际桥（Pasco-kennewick Intercity Bridge），该桥为主跨300米的塔墩固结、塔梁分离漂浮式连接型式，门式塔、辐射式密索，连续梁结构。塔顶设有鸡冠式密索集中张拉结构，主梁为薄壁箱型结构，梁高2.13米，梁跨比为1/140。该桥将平面索放在人行道外，成三角形边缘锚固型式，相距23米，提供了很大的抗扭刚度，见图6。

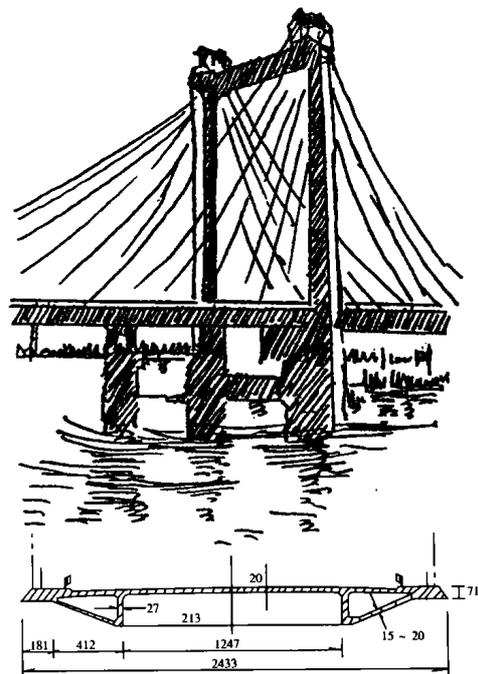


图6 美国P-K桥箱梁结构图

美国哥伦比亚P-K桥,采用双悬臂拼装法,采用干接头型式。

该桥塔为钢筋混凝土空格式构造门式框架。塔柱两侧搭设排架专注18.3米现浇段并与塔柱临时固结,以承受双悬臂拼装时不平衡力矩,其余桥面梁体为预制块件拼装,预制梁块块重254吨。即把对称塔柱钢吊架安放并锚固在架好梁上,由塔顶的辅助钢束保持平衡。构件由船载运至桥下,吊杆与预制梁段铰结,用安装与吊杆相连的千斤顶顶起,杆件缓缓提升到桥面标高,节段间用环氧树脂和预应力相连,待环氧树脂凝固后,张拉斜索,完成梁段安装,见图7。

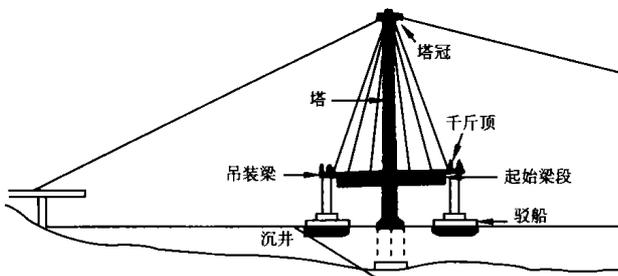


图7 P-K桥悬臂拼装图

2.11 安徽蚌埠桥

蚌埠桥位于安徽省蚌埠市解放四路,在津浦铁路老桥下3.1公里处,全桥长752米,主桥为主跨224米的5孔连续梁斜拉桥。其跨径为38+76+224+76+38m。

该斜拉桥为塔墩固结、塔梁分离漂浮式连接型式,柱型门式框架塔柱、扇形密索连续梁结构。主梁为两个半闭合风嘴箱型断面,梁高2.5米,为预制拼装。预制块4米一段,重110吨。

该桥0号段9米专为排架现浇,采用硫磺泥垫块加竖向索做梁板固结。

塔柱挂蓝悬臂拼装,拼装2块后挂一对大索。拼装采用干湿接头交错方式。干接头环氧树脂胶接缝,湿接头现浇混凝土。

2.12 天津永和桥

永和桥位于天津市,是津汉公路跨越永定河的一座斜拉公路桥。全桥长510米,采用5孔连续梁。主桥跨径为99.85+260+99.85m,见图8。

该桥为塔墩固结、塔梁分离漂浮式连接型式,柱型门式框架塔柱。扇形密索,连续梁结构型式。主箱为三角形边箱的半封闭式流限形断面,以确保抗风稳定性。

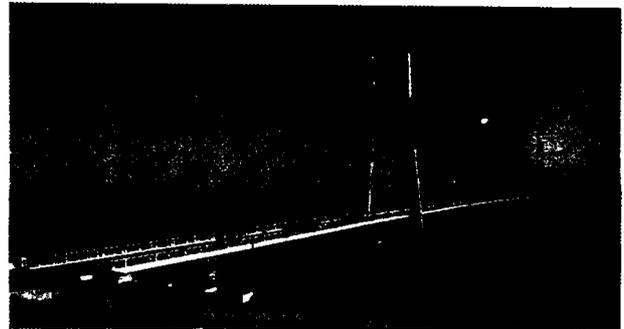


图8 天津永和桥图

全桥两端各有43.7米的现浇段,其余均为预制梁段。现浇由三段组成,边墩顶部为实心段,与预制块毗邻的为过渡性封闭箱梁,端孔为整体箱梁标准段,长5.8m,重116吨。

主梁施工采用支架法拼装。预制梁全部在一岸以预制场地预制,由自动行走台车从便桥上运送到拼装位置。河跨便桥由9孔主跨28米拆装式钢桁梁组成,岸跨由万能杆件拼成。主梁由塔柱两侧开始在支架上悬拼,并在塔根处设临时纵向水平楔形垫块,以塔柱为中心向两侧对称的逐块拼装,张拉斜拉索。每对拉索张拉使梁体临时支座脱空后,测得的线型要与设计线型比较,有几处梁块拼接缝断面的上边缘加垫了浸透环氧树脂的石棉布层,以纠正线型使其与设计一致。如线型一致,就在接缝处用环氧树脂和 $\phi 32$ 纵向预应力筋张拉串连,并用轧丝锚连续接长,至全桥悬拼结束。

由于永定河无航运要求,支架不高(河床之上8~9米),只需人工防守,安全渡过一个流水期,故才采用了类似西德使用的下行式移动架桥方法。采用该法做到:主梁配筋不受施工控制,在安装成型下较有保障,施工速度较快。一般一周即可完成一对索的安装工作。

悬臂拼装结束后,进行边孔强制性合拢,再进行体系转换,最后进行跨中强制性合拢段施工。

2.13 河南五陵卫河桥

五陵卫河桥位于河南省汤阴县,在汤阴至濮阳原窄轨铁路上,跨卫河,为我国第一座采用平衡悬臂拼装法干接头预应力混凝土T型刚构桥,全桥长105米,跨径为25+50+25m,两个T构

之间用唧筒式剪力铰连接。上部结构横截面为单箱单室，箱底宽272cm，桥面宽450cm，采用明槽钢丝束配筋，摩阻式锥形拉杆锚具，于1965年4月建成通车。

2.14 天津市北安桥

北安桥为后张法预应力混凝土T型刚构带挂孔的桥型，全长97.5米，跨径为24+45（挂孔8米）+24米，净宽-18+2×3米人行道共24米，采用悬挂拼工艺，见图9。

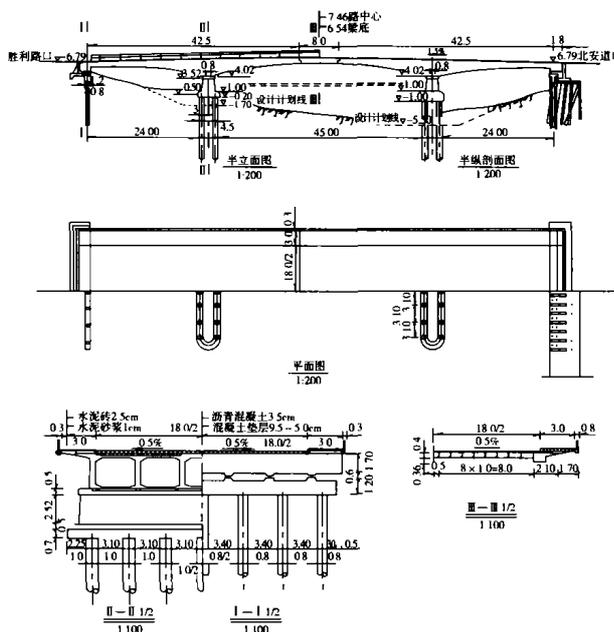


图9 天津市北安桥结构图

2.14.1 在排回上现浇0号梁段。

2.14.2 为防止悬拼过程中对桥墩的只平衡弯矩采取临时固结措施，即在0号梁块与桥墩及二者空隙的混凝土垫块间，采用φ32预应力锚固筋，通过预应力张拉将三者锁为一体，见图10。

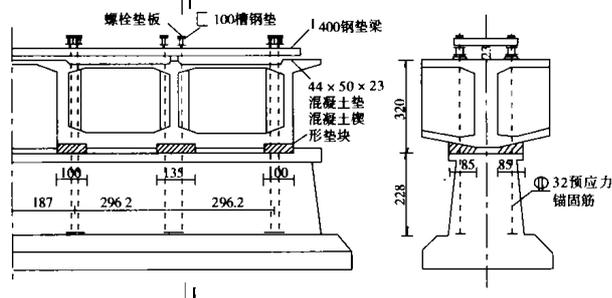


图10 北安桥临时锚固图

2.14.3 箱梁悬拼施工

预制箱梁17段，每段长1.7~4.5m，9号块重45吨，其余节段重30吨，0号块与1号块为湿接头

（宽5cm），其余各节段为干接头。每组箱梁配置87束钢束，其中36束采用37φ5环销锚具，51束采用24φ5 F式锚具。预制梁按单、双号分开间隔预制。块件达到设计深度70%吊运，达100%强度28天后拼装。吊机用旧工字钢组成。拼装工序先拼1~3号和1'~3'号，次拼4~8号和4'~8'号，后拼9号和9'号块。

2.14.4 解除锚固

悬拼至桥台才浇平衡重块件上第一步混凝土，将墩上临时固结解除，转换成单悬臂型式，此时边跨内出现正弯矩，因此需设置相应的预应力钢束。平衡重块件上第二步混凝土在箱梁转换为单悬臂后浇注。对箱梁下缘出现的拉应力的接缝处设置了承拉连接器，平衡重块的设置使箱底拉应力减少到容许值之内。

2.15 天津狮子林桥

狮子林桥位于天津市海河上，为中国公路上最早采用的一座预应力混凝土悬臂梁桥。全桥长96.6m，跨径为24+45+24m，由简支单悬臂加8米柱梁组成。桥面宽24米，上部结构采用变高度的两组箱形梁，因锚固孔短，自梁端向岸边伸出平衡重梁段1.8m，采用钢丝束（配环销锚具）和钢绞线（配星形锚具）配筋和悬臂拼装法干接头施工。但墩上0号段采用排架现浇施工，为平衡因悬臂施工中的平衡弯矩对桥墩中心线的作用采用了同北安桥相同的临时固结措施。该桥1974年5月竣工。

2.16 江门外海桥

江门外海桥位于广东省江门市，为一公路桥，全桥长1708m，主桥为55+7×110+55m，9孔一联预应力混凝土变截面连续梁桥，桥面宽17m，梁桥墩处高5.8m，中部2.5m，桥全宽设两箱单室，每箱纵向分段预制，悬臂拼装施工。在跨中合拢后，再沿桥中轴采用现浇混凝土将两箱连成整体。该桥于1988年5月建成。

2.17 丰城赣江桥

丰城赣江桥位于江西省丰城市，总长1207m，分跨为12×40+55+4×70+55+8×40m，桥宽2×1.0+11m，正桥为Y型墩6孔预应力混凝土连续—刚构桥，引桥采用桥面连续的跨度40米的

（下转第8页）

(2) 塔帽真空压浆

A. 张拉施工完成后, 切除塔顶主缆外露绞线, 清理塔顶上锚垫板的灌浆孔, 保证灌浆通道通畅, 与引出管接通, 进行封锚, 封锚方式采用无收缩高标号水泥浆封锚, 保证锚头处在抽真空过程无气流跑进管道。

B. 在塔帽下缘钢套管安装时在事先其上开一个的洞口, 并焊上6分螺牙, 作为塔帽内主缆30根管道的入浆口; 选塔帽张拉端最上排一块锚垫板作为抽真空处, 其它29块锚垫板排浆孔拧上阀门并关闭。

C. 搅拌水泥浆使其水灰比、流动度、泌水性达到技术要求指标。

D. 启动真空泵抽真空, 使真空度达到 $-0.06\sim-0.1\text{MPa}$ 并保持稳定。

E. 启动灌浆泵, 当灌浆泵输出的浆体达到要求稠度时, 将泵上的输送管接到主缆钢管上端的进浆管向塔帽内30根波纹管开始压浆。

F. 当与抽真空管道相连的透明钢丝网管内流出水泥浆时, 停止压浆工作, 且关上真空泵及该孔道阀门。

G. 灌浆机继续工作, 直至压力达到 $0.5\sim 0.7\text{MPa}$ 时暂停; 此时由上排开始向下排逐孔打开阀门检查, 若阀门处没有流出浓浆, 启动灌浆机继续工作, 直至此阀门流出浓浆并关上。

H. 按上述方法压注完后, 启动灌浆机继续工作加压达到 $0.7\sim 0.8\text{MPa}$ 时持压5分钟, 待半小时后拆除所有阀门。

4. 结束语

海盐塘桥为国内首座用钢绞线作主缆和吊索的自锚式悬索桥, 设计和施工与一般结构比较有其“陌生”的一面, 施工过程中在新工艺、关键工序、重要构件施工前召集设计、施工、监理、监控等方做研讨, 然后做一些仿真或模拟实验, 这样使施工达到设计要求并完善结构细部构造, 全桥于2004年10月31日通过静载实验, 为优良工程。

参考文献

- [1] 薛伟辰. <<现代预应力结构设计>>
- [2] BEN C. GETWICK, JR. <<预应力混凝土结构施工>>

(上接第17页)

预应力混凝土简支梁桥, 正桥和引桥均采用相同的4箱单室等高度箱型梁。梁高1.9米。V型托架及上30米主梁采用斜拷式雷支架就地浇注, 托架之间的40米主梁与支梁均采用相同的工艺预制。相同的双导梁架设, 主桥墩采用浮运承台外壳(外壳平面尺寸与承台相同, 但高度大于承台厚度)施工, 施工速度甚快, 工期仅18个月。于1992年11月竣工、见图11、图12。



图11 丰城赣江桥

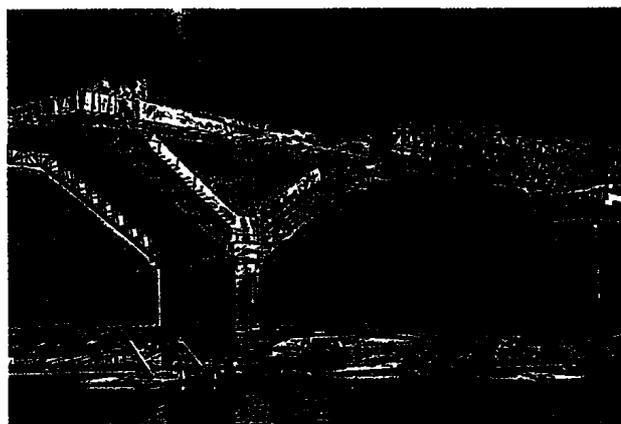


图12a



图12b

图12 双导梁设架4箱单室图