

桥梁悬臂拼装施工技术〈一〉

邱式中

(上海市基础工程公司特种基础设计所 200002)

挂篮(或悬臂吊机)悬臂拼装施工技术,我国以1964年河南五陵卫河桥为首例,该桥为跨径25+50+25m的T型刚构桥,随后在连续梁桥如江门外海桥,连续T型刚构桥如丰城赣江桥,以及混凝土斜拉桥,如主跨200米的泖港桥,主跨224米的蚌埠大桥,主跨260米的天津永和桥得到应用,在国外如主跨300米美国P-K桥等。

1. 挂篮(或悬臂吊机)悬臂拼装施工工艺

挂篮(悬臂吊机)悬臂拼装施工,是利用挂篮或吊机将桥跨结构,在纵向(桥轴成方向)从桥墩向两侧悬臂伸出对称拼装预制好的钢筋混凝土梁段,然后进行接头处理,或通过张拉预应力束,将梁段连成整体,再移动挂篮或吊机悬拼下一节梁段至全桥悬拼结束。浇合拢段或架设吊梁,全桥贯通。

1.1 悬臂拼装特点:

1.1.1 工期短

同悬浇比较,悬拼梁段已成梁,挂篮悬浇中的模板工程、钢筋工程、混凝土工程等强度穿束、张拉、灌浆等一系列都已经在工厂里或现场预制场地完成了。现场只需拼装,这样就大大节约了时间,加快了工程进度,虽然湿接头也需绑钢筋、立模板,浇混凝土,但其量小得多。

1.1.2 由于梁体已预制好,最少也要28天后才吊装,长达半年之久,因而可以减少成桥后混凝土的收缩变形和徐变影响。

1.1.3 因挂篮悬浇比较悬拼施工起重设备多,这主要表现为:

1) 梁体已成构件,一般较重,需要将梁体构件由预制厂或现场预制场地搬运至需拼装要求地点。

2) 解决构件垂直运输和水平运输,例如泖

港桥用汽车吊将构件吊至桥面,再拖运至挂篮下,例如南海九江桥,主梁施工须用浮吊逐段直接悬拼等。

3) 构件在挂篮下,挂篮需要有起吊设备、前运设备、放进吊篮内设备,准确就位设备等。而对悬拼吊机,也同样要解决上述构件起吊、前运及准确就位问题。

1.1.4 悬拼梁间有湿接头、干接头和干湿交错接头及胶接头等。例如泖港桥为湿接头,对于湿接头拼装,其预制和拼装相对容易一些,对于干接头,因为没有湿接头在标高控制上的调剂作用,其预制时就要求位置对应,正确,而拼装时要做些位置准确就位措施,相对要求高些,干湿接头交错其难易程度在两者之间,干接头工程例如美国P-K桥。我国卫河桥,干湿交错接头例如我国蚌埠大桥等。

1.2 悬臂拼装施工流程

悬臂拼装施工流程为:浇注好墩上0#段梁及临时固结措施→0#段上拼装挂篮或吊机→挂篮或吊机准备好→挂篮前移就位或吊机就位→预制梁段结束达到设计要求→梁段上桥面拖拉就位→起吊、前移、下放、横移、准备就位(根据设计要求实施)→接头处理→悬拼结束。(连续T型刚构合拢段施工→体系转换(连续梁简支悬臂梁)→T型结构吊挂孔板→结束→跨中合拢段施工→结束→形成简直支悬臂梁吊装吊梁→结束)。各种桥型施工有所不同,要分类不能混杂在一起。

1.2.1 浇注0#段同时考虑临时固结措施,对于挂篮或吊机对称悬拼,除T型刚构桥,连续T型刚构桥和斜拉桥中塔梁墩全固结连接型式外均必须做临时固结措施,以消除由于施工荷载不对称而引起的对墩中心的不平衡弯矩。

1.2.2.0 #段上拼装挂篮或安装吊机要按操作规程要求实施。

1.2.3 已制好梁段从工厂或现场预制场地送至挂篮下或吊机前要有起吊、运输、就位、施工方案或施工组织设计。

1.2.4 采用挂篮拼装或吊机悬拼,要根据不同桥型及设计的施工步骤要求实施,例如沱港斜拉桥为多次张拉法,同时梁体由箱梁和车行道板组成,实施过程中较为复杂。

1.2.5 接头处理,接着干接头,胶接头、湿接头的要求实施。

1.2.6 对于连续梁桥,悬臂梁桥,斜拉桥中塔梁固结梁墩铰,例如沱港桥,塔梁固结、梁墩铰结,例如徐浦大桥,塔墩固结、塔梁分离漂浮式结构,又例如蚌埠大桥等均要解除临时固结成为简支悬臂梁,施工合拢段后成为连续梁,或吊装吊梁后成为简支悬臂梁带挂孔型式。

1.3 悬臂吊装需注意的问题

1.3.1 梁体起吊安装前,应对起吊设备进行全面安全技术检查,并按设计存载60%、100%和130%分别进行起吊试验。

1.3.2 当临时固结为硫磺胶泥填块,采用高温熔化方法撤除时,必须在支座垫块之间设置隔热措施,以免损坏支座,同时注意防止明火,因为硫磺燃点低易于燃烧。

1.3.3 采用墩顶悬臂吊机安装时,桥墩两侧块件应对称起吊,以保证桥墩两侧平衡受力。

1.3.4 各梁段块件间接缝采用何种类型(湿接缝、干接缝、胶接缝)及接缝厚度,强度要求,应按设计规定处理。

1.3.5 对湿接头而言,墩侧相邻的1号块件提升到设计标高初步定位后,应即测量、调整1号块件的纵轴线,使之与0号块件纵轴线延伸线重合,并使其横轴线与0号块的横轴线平行且间距符合设计要求,随后检查0号块与1号块件间孔道接头情况,调整并制作接缝间孔道接头后,方可将1号块件牢靠固定,浇湿接头混凝土。其他各块件均应按此要求处理。

1.3.6 对胶接缝拼装块件,涂胶前应就位试

拼,其标高、平面位置经测量调整符合要求后,再将构件调开40厘米左右,自上而下,快速均匀涂抹上胶,涂抹厚度宜薄,正式拼装前,应将挤入每个孔道内的胶液清除,防止孔道被堵塞。粘胶剂一般采用环氧树脂,其配合比应经过试验而定。可各配几种,配制时温度不宜超过30度。稠度、固化时间,要满足操作要求,强度要满足设计要求。块件涂料前应保持干燥,胶接缝如须承受拉力,拼接面应凿毛,涂抹时块件表面温度不低于10℃。涂胶固化过程中,宜控制块件温度与胶浆固化温度之差不超过15℃,使环氧树脂胶浆在稳定的温度中固化。

1.3.7 悬臂吊机从中间分为两段向两端伸延时,应注意吊机的定位锚固,经检查符合要求后再起吊拼装。

1.3.8 块件拼装完毕后,后张拉预应力时,应注意下列事项:

1) 应做好张拉预应力的准备工作,包拉湿接缝强度,胶接缝粘胶情况。清理洗刷块件,孔道、明槽、锚具及张拉设备等。

2) 胶接块件拼装完毕,经检查合格后,可即张拉预应力钢材,进行块件挤压,按缝处挤压力应大于0.2MPa,使接缝粘接良好,挤压完毕立刻清理孔道,防止孔道被挤出的胶浆堵住。

3) 湿接缝混凝土强度达到设计要求时才能张拉预应力钢材。

4) 张拉预应力钢材应按张拉力和伸手值双控原则进行。

5) 同一截面中各预应力钢材的张拉顺序及张拉力,应按设计规定分批张拉并作好记录。

6) 块件拼装和预应力张拉时,应注意温度和气象变化,当气温在0℃以下,风力在5级以上时,不宜进行张拉。

7) 张拉过程中要注意安全操作。并注意对桥面明槽内已张拉的预应力钢材加以保护,千斤顶后方禁止站人,不得在有压力情况下拖拧张拉工具的螺丝或油管接头。

1.3.9 为了保证块件、拼装位置的准确,应在施工前绘制主梁安装挠度变化曲线,悬臂拼装过程中应随时观测桥轴处安装挠度曲线的变化情

况，并与设计值进行比较，及时纠正，以便控制块件安装精度。

1.3.10 每对块件拼装完并张拉后，应立即压浆封锚、外露多余钢材应锯掉并用水泥砂浆封固。在块件预应力钢材按设计要求张拉完毕后，方准许放松吊钩。

1.3.11 有吊梁的T型刚构桥明槽混凝土，应在吊梁安装完毕后立即浇注。

1.3.12 采用悬臂法拼装的采用随时固结的桥，应注意结构受力体系的转换工作。当块件拼装完毕，拆除墩顶临时固结系统时，梁体的弯矩符号发生转换，必须注意使预应力钢材符合设计布置。在转换体系前，应按照设计要求张拉的部分块件底部的预应力钢材，并在悬臂梁端设置向下预拱度，防止梁上部已张拉的明槽预应力钢材

上漂，以保证转换体系前后拼装、张拉各阶段的安全。

2. 工程实例

2.1 柳港斜拉桥

柳港桥位于上海松江，距柳港与黄浦江会合口约900米处，为双柱带风撑式双塔、双索面平衡、密索，梁塔固结、梁墩铰结、带吊梁系悬臂预应钢筋混凝土斜拉桥，跨径为85+200+85m，主跨200米，主梁结构为钢筋混凝土分离式双箱结构，中间为Ⅱ型车行道板。箱梁内设纵横副梁，纵梁肋距1.74米，横桥间距3.25米，箱梁高2.2米，约为主跨径的1/90（梁跨比）。采用河跨挂篮悬臂拼装施工、岸跨大型汽车吊拼装工艺。见图1、图2。

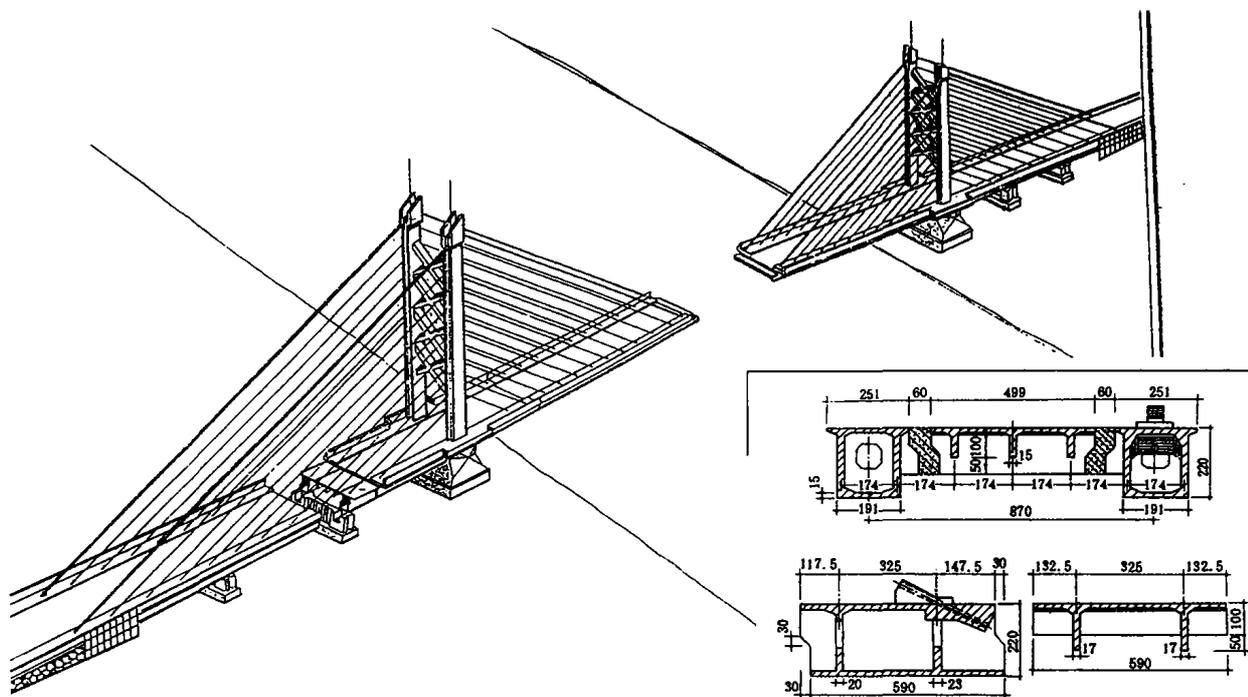


图1 柳港桥结构图

2.1.1 预制构件包括预制岸跨箱梁32榀、为大型汽车吊拼装用，河跨预制箱梁40榀、为订岸挂篮悬拼装施工用，每段长6.5米，包括5.9米预制梁段和0.6米宽湿接缝。预制车行道板，每榀长5.9米，宽4.9米，岸跨16榀，为汽车吊拼装，河跨20榀，挂篮拼装，除此外有8榀风撑、四榀吊梁、见表1。

表1

预制构件名称	尺寸(m)	最大重量(t)	数量				总计
			河跨段	岸跨段	塔柱风撑	吊梁	
箱梁	5.9×1.91×2.2	36	40				72
车行道板	5.9×4.9	24	20				36
风撑		33		8			8
吊梁		90			4	4	4
总计			60	8	4	4	120

2.1.2 预制箱梁车行通板混凝土浇注分层考虑
依据现场条件,箱梁沿2.2米高度分三次浇注混凝土,第一层底板35厘米,第二层腹板1.65米,第三层顶板22厘米,故决定用4厘米厚预制板做顶板低模,所以在腹板上端内侧浇起-10厘米宽5厘米高小牛腿。

车行道板分二次浇混凝土,第一次纵槽梁,第二次为顶板。

泖港桥72榀箱梁、36榀车行道板,各配四套木模,周转9次,共需木材120立方,共浇混凝土1213立方米,所需钢筋284吨。

2.2 40米主墩现浇段施工

悬臂梁从墩顶岸跨至1#索,向河跨至1#索各长20米共40米为主墩现浇段。

2.2.1 40米主墩现浇段排架

主墩现浇段排架是由主墩两侧钢三角排架,岸跨段钢排架及河跨段钢排架和主墩内马鞍形断

岸跨段钢排架及河跨段钢排架和主墩内马鞍形断面木排架组成。(简略)

2.2.2 主墩现浇段混凝土施工

主墩现浇段混凝土分三段浇9次(三段为14米岸跨段、14米河跨段、11米主墩段,)三段中间留两个50厘米后浇带。

主墩现浇段混凝土工艺顺序为岸上段底板(75厘米高)→腹板(100厘米高)→9米长顶板(45厘米高)→河跨段底板(75厘米高)→腹板(100厘米高)→9米长顶板(45厘米高)→主墩段底板(45厘米高)→腹板(100厘米)→21米长顶板(45厘米高)。待排架沉陷趋于平稳后浇50厘米后浇带,以防止不均匀沉陷带来的影响。

2.2.3 预应力施工

主墩现浇段承受负弯矩较大,除普通钢筋外,还在箱梁、车行道板纵梁腹板内配置24 ϕ 5预应力钢丝束(1#~7#),施工中考虑排架沉降引起梁正、负弯矩,为此设置4根24 ϕ 5预应力束,下端锚固于箱梁底板,上端交叉于塔柱上,待悬臂梁安装完毕后予以拆除。

2.3 临时固结措施

为平衡挂篮悬臂拼装时由于不对称荷载而引起的对塔柱墩的不平衡弯矩,依据桥型及结构体系特征,施工时需在梁墩间22.5厘米孔隙内填充硫磺胶泥,并用高强钢丝索,采用墩头锚具,通过预应张拉。将梁墩及硫磺胶泥锁成一体,变铰结为固结。

2.4 0#段上挂篮拼装

2.4.1 挂篮结构

泖港桥挂篮长20米,宽7米,高6米。由主桥系、前悬吊系、后锚固系及工作平台四大部分组成,总重70吨。主桁系由2片拉森板桩作主桁架,由I20#工字钢作横向联系,主桁系座落在可沿轨道行走的4辆台车上,主桁系上安置有起重运输构件用的六台5吨卷扬机和活动三角滑车组。悬吊系通过吊带连接吊蓝,吊蓝内除可安装构件外,尚设有可使构件横移的神仙葫

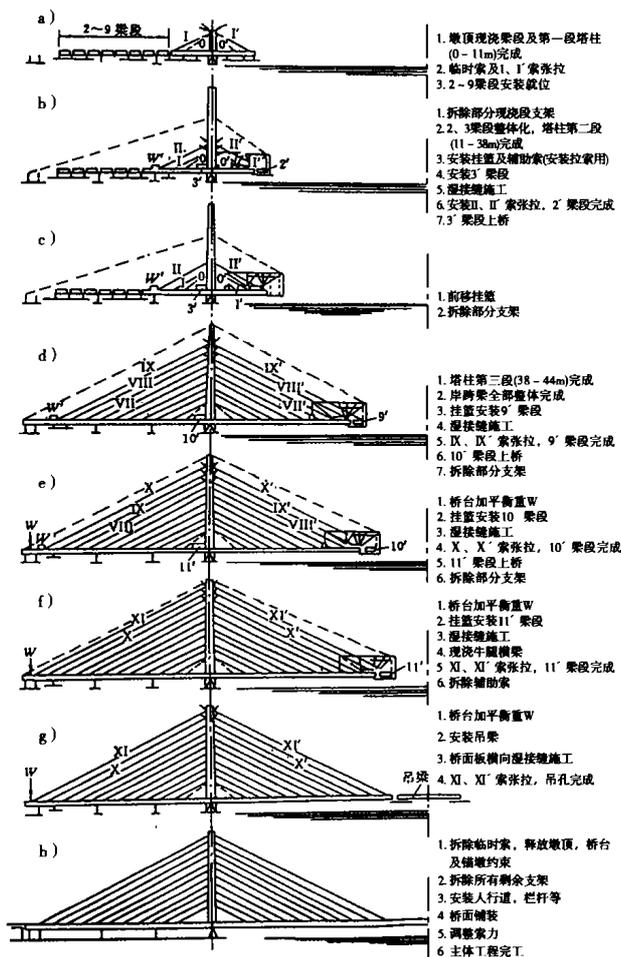


图2 泖港桥施工工艺图

(下转第36页)

每个墩设4根直径1.5m柱桩。承台采用高桩承台，利用当天低潮位时段，吊箱围堰施工。

(2) 上部结构

引桥上部结构采用60m预应力混凝土等高箱梁，梁高6.13m，横桥向为两分离式单箱单室截面。每箱顶宽12.95m，底宽9.5m，腹板厚为0.5m，顶、底板厚分别为0.25，0.4m。主梁采用三向预应力体系。

墩顶处主梁采用加强断面，即在桥墩中心线沿顺桥向左右各1m的范围内，将主梁的底板加厚至1.4m，同时在箱内设加劲肋，增加主梁的横向挡块。加强断面底板还设有横向抗震挡块，抵抗地震产生的横向力。

表1 3种跨径的混凝土连续梁的比较

部分	材料名称	50m	60m	70m
主梁	混凝土B50 / m ³	727.1	872.5	1018
	φ15.24钢绞线 / t	10.2	17.5	30.6
	φ32预应力粗钢筋 / t	17.5	21	24.5
	普通钢筋 / t	80	95	112
墩身	混凝土B35 / m ³	166	190	238
	普通钢筋 / t	21	25	31
承台	混凝土B35 / m ³	117	127	185
	普通钢筋 / t	9	10	15
钻孔桩	混凝土B35 / m ³	340	340	484
	普通钢筋 / t	24	27	39
每延米	混凝土 / m ³	27	2.55	27.5
上下部	预应力筋 / t	0.55	0.64	0.79
合计	普通钢筋 / t	2.7	2.6	2.8

5. 结语

澳凼三桥是世界上首座双层交通预应力斜拉桥，该桥所在区域风速大，地震烈度高，景观要求高。设计中显示了预应力结构设计技术的突出创新，重点解决了：

- (1) 双层受载的单室无隔板箱梁的技术关键。
- (2) 新颖别致具有鲜明地域特征的“m”造型的主塔设计技术。

主塔的“m”造型象征MACAU的第1个字母，也寓意澳门的3个半岛紧密相联，同时也象征澳凼第3座大桥，主塔造型别致，为国际首创，促进了现代桥梁技术进步。澳凼三桥必将成为澳门的又一亮点。

(上接第8页)

芦装置，在锚固系后吊杆上分别紧装有传感器和电子称，在锚固系横梁上装有四只螺旋千斤顶，在台车与受力硬木垫块间装有四只扁千斤顶。挂篮利用卷扬机牵引移动。

构件到安装地点后，先用千斤顶将4只台车抬高，台车下垫硬木垫块，并放置扁千斤顶，然后用千斤顶将构件顶至滑车组的所需高度，上眼睛板，拆除拖板，由滑车组前移至吊篮内，换吊点由卷扬机放下至吊篮底板上，再用神仙葫芦、链条牵引拉至所要求部位，再由挂篮上卷相机起吊后准确就位。

2.4.2 挂篮拼装

挂篮拼装是由塔柱为冲天（塔柱第三榀风撑交叉点牵引索），24米杵杆为摇头，在河跨现浇段上，吊车（W1004）配合下拼装就位。拼装步序为：先铺好移动台车道轨及移动台车，然后主桁架中段部分二榀拼装（用2部吊车在塔柱南北二侧分片吊起，然后用24米摇头杵杆将主桁三榀横向联系将桁架连成一体，其上放置横向联系杆），后拼装前吊杆条（可用W1004吊车分别南北二侧吊起拼装，然后用临时杆焊成一体）。将拼装的主桁架和前悬吊系向前推进至要求位置，再拼装后三角桁架（方向同前悬吊系），最后将32号I型钢、15米吊重梁及前悬吊系、拉森板桩拼装成的2根承重梁和6台卷扬机、后锚固系，在2台吊车配合下安装就序。当水上施工平台上船安装好就位后，挂篮拼装完毕。

挂篮结构见图3。

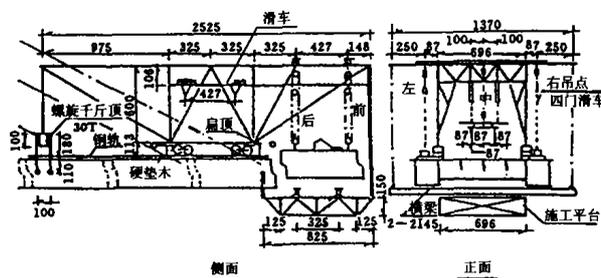


图3 澳港桥挂篮结构图

(未完待续)