

梁合拢段施工技术 (一)

邱式中

梁合拢段施工总体为三种方式,对于简支悬臂梁带挂孔和 T 型刚构带挂孔型式,其合拢段为吊梁吊装就位,对连续梁、连续 T 型刚构型式,其合拢段是将二段梁连成一体。而第三型式是跨中铰合拢段施工技术。第一种型式,例如柳港斜拉桥,广西柳州柳江大桥;第二种型式,例如苏州狮山桥、广州洛港大桥;而第三种型式例如台北光复桥等。

一、超静定的连续梁、连续 T 型刚构桥合拢段施工技术

对于大跨径钢筋混凝土斜拉桥,例如济南黄河桥,对于连续梁或连续 T 型刚构桥合拢段施工,多采用强制式合拢方式。即采用千斤顶预顶,以型钢固定跨中预压,使合拢段支持与已浇混凝土共同受力方法来抵消混凝土徐变和日温差可能产生的混凝土开裂。

1、苏州狮山桥河中 2 米合拢施工

(1) 针对连续梁桥,连续 T 型刚构桥合拢段多由于温度和日照影响,促使已悬浇的混凝土梁体伸长或缩短,尤其是缩短,使刚浇混凝土受拉面产生梁体开裂。需采取相应措施。

(2) 苏州狮山桥合拢段施工已值冬季,工地作了测量,发现每增加 1 度,混凝土梁体增长 1 毫米。

(3) 直接采用型钢连接方式形成整体,苏州狮山桥在已浇好的 8 号箱梁内预埋 8 根 25 号槽钢,在梁底标高调节结束后,选在夜间焊接型钢使之连成整体,由于采取此措施,气温增加 1 度混凝土增长为 0.1 毫米。

(4) 选在日最低温度,夜里高于摄氏 5 度气温下浇膨胀混凝土,实现了三跨连续梁结构。

2、钢筋混凝土斜拉桥合拢段施工

钢筋混凝土斜拉桥,除了由于日照和温度的影响,促使已悬浇的混凝土主梁伸长或缩短外,尚有在日照作用下,已张拉的斜拉索长度也会产生变化,引起已悬浇的混凝土主梁产生水平和垂直方向的变化,形成抬起或降落。因此其影响要比梁式桥厉害,所相应采取的措施也就更强一些。

(1) 东北长兴岛桥合拢段施工见图 1

a、长兴岛斜拉桥主梁悬臂施工,跨中 28 号箱梁为合拢段,其长度为 4.1 米。

b、由于日温度变化的影响,合拢段空隙的宽度,两侧箱梁的高低差经常在变化中,合拢前观测温度 10.5°C ,合拢段宽度变化差 14mm,两侧箱梁高低变化差 3mm,即温度每降 1°C ,空隙增宽 1.3mm。

c、除考虑日温变化影响外,还应考虑混凝土梁悬臂浇注和合拢段施工间隔时间短,在拉索水平分力作用下会产生徐变收缩,为防止上述因素而引起的混凝土开裂,决定在合拢段施工前采取预顶措施,用得 100 吨支顶力将空隙顶宽 5 厘米,待合拢段混凝土达到设计强度 80% 时放松支顶力,使合拢混凝土产生预应力,以抵消可能产生的接应力。

d、经计算决定先在合拢段两侧 27 号箱梁边肋里各预埋 2 根 I20a 工字钢。

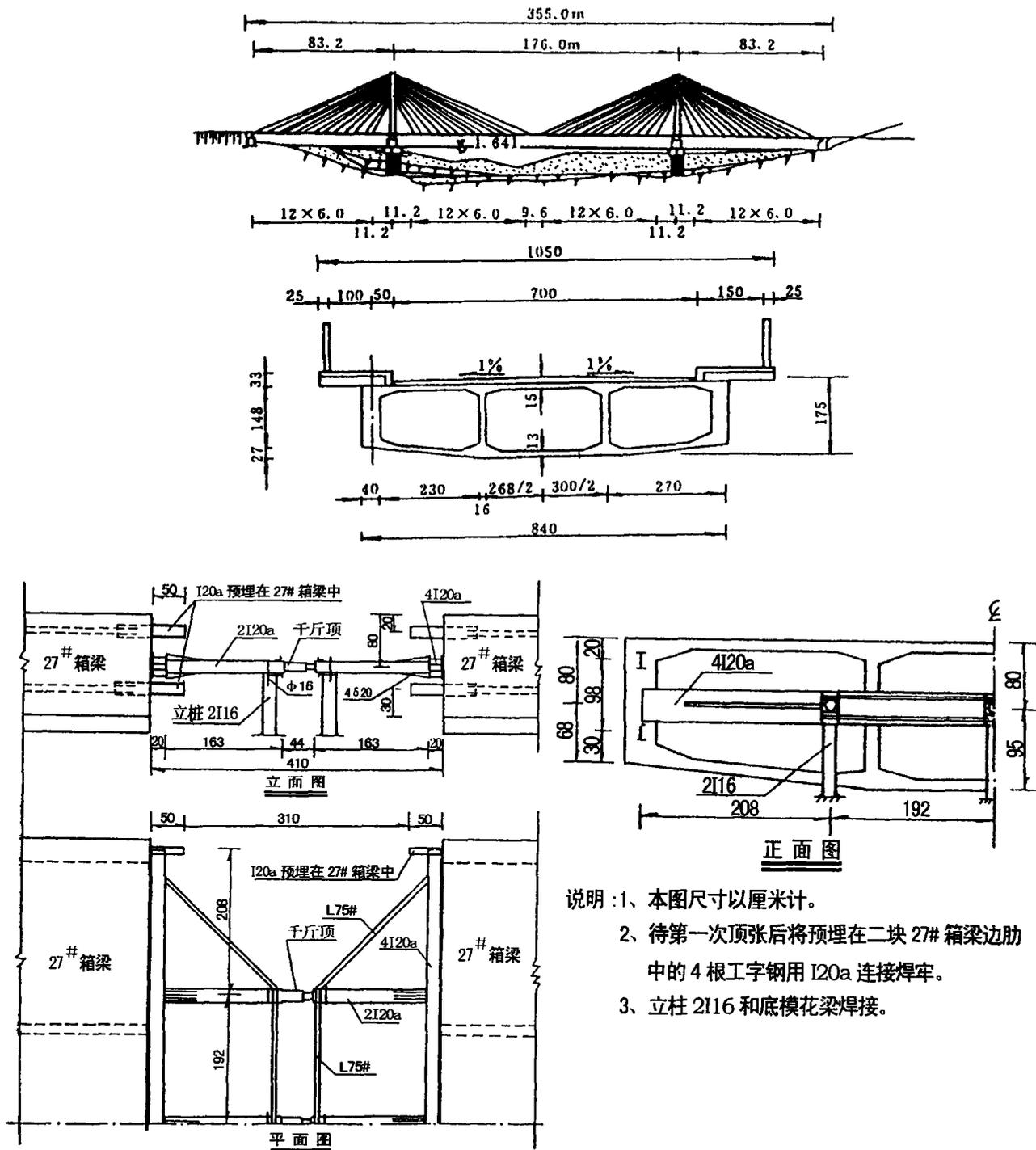
e、1980 年 10 月 19 日 8 时 30 分 -11 时 30 分对合拢段进行预顶,即采用 3 台 YC-60 穿心式千斤

邱式中:上海市基础工程公司 教授级高工

顶在支顶力达 95 吨时合拢段空隙增宽 5.1 厘米, 1 号索塔处箱梁向岸侧移动 2.1 厘米, 2 号索塔处箱梁向岸侧移动 3.1 厘米, 1 号索塔顶向岸侧偏移 3.0 厘米, 2 号索塔顶向岸侧偏移 3.0 厘米, 将合拢段边肋预埋工字钢 I20a 焊接后, 松开支顶力, 合

拢段空隙增宽幅度变力 4.8 厘米。索塔处箱梁和索塔倾斜都有些变化, 详见表 1。

f、在 10 月 21 日浇注合拢段混凝土前, 又进行了一次支顶, 支顶力 105 吨, 并将千斤顶两端的工字钢用角钢焊接, 保证支顶力不减少的情况



- 说明: 1、本图尺寸以厘米计。
 2、待第一次顶张后将预埋在二块 27# 箱梁边肋中的 4 根工字钢用 I20a 连接焊牢。
 3、立柱 2I16 和底模花梁焊接。

图 1 长兴岛桥及 27 号箱梁合拢段图

下, 于当日最低温度 10 月 23 日~22 日 4 时, 浇了合拢段混凝土。

g、待合段混凝土设计强度达 80% 后, 松开支顶力, 拆除模板, 进行箱梁底板的局部预应力张拉, 均未发现合拢段有裂纹出现。

(2) 济南黄河桥合拢段施工

a、济南黄河斜拉桥悬臂浇注岸跨、河跨合拢段为 3.1 米, 见图 2。

b、为了解决主箱梁受温度影响引起的伸缩和

调整合拢时因温度而引起的索力变化, 采用了千斤顶预顶及焊接型钢支撑的方法, 具体为:

(a) 在合拢段前箱梁段预埋 8 对槽钢, 每对用 2 根 25 × 130cm 槽钢组成, 槽钢伸入合拢段内 60 厘米。

(b) 济南桥施工人员观测了三昼夜, 气温相差 7°C 时, 跨径相差 8 毫米。

(c) 用 4 台 YC-60 千斤顶分级加载预顶, 观测距离、索力和高程的变化, 当加大至 100 吨时, 距

表 1 合拢空隙支顶记录

合拢段空隙支顶力 (t)	1# 索塔向岸侧偏移 (cm)		1# 索塔处箱梁向岸侧移动数 (cm)	合拢空隙观测宽度				2# 索塔处箱梁向岸侧移动数 (cm)	2# 索塔向岸侧偏移 (cm)		说明
	支顶时	累计		上游		下游			支顶时	累计	
				累积 (cm)	与支顶前的差数 (cm)	累积 (cm)	与支顶前的差数 (cm)				
0		1.8	0.0	4.558	0.0	4.579	0.0	0.0	1.8	支顶前	
45	0.2	2.0	0.5	4.564	0.6	/	/	0.3	0.0	1.8	
60	0.4	2.2	0.6	4.575	1.7	/	/	1.0	0.2	2.0	
75	0.4	2.2	0.9	4.586	2.8	4.607	2.8	1.8	0.5	2.3	
80	/	/	1.4	4.595	3.7	4.620	4.1	2.2	0.7	2.5	
85	0.8	2.6	1.7	4.599	4.1	4.621	4.2	2.5	1.0	2.8	
90	1.2	3.0	1.9	4.603	4.5	4.625	4.6	2.7	1.2	3.0	
95	1.2	3.0	2.1	4.609	5.1	4.630	5.1	3.1	1.2	3.0	
0	1.2	3.0	2.1	4.606	4.8	4.627	4.8	2.8	1.1	2.9	箱梁边肋工字钢焊完后

注: 1、支顶日期 1980 年 10 月 19 日 8 时 30 分 - 11 时 30 分。

2、当日气温: 白天 16.5°C; 夜间 13°C。

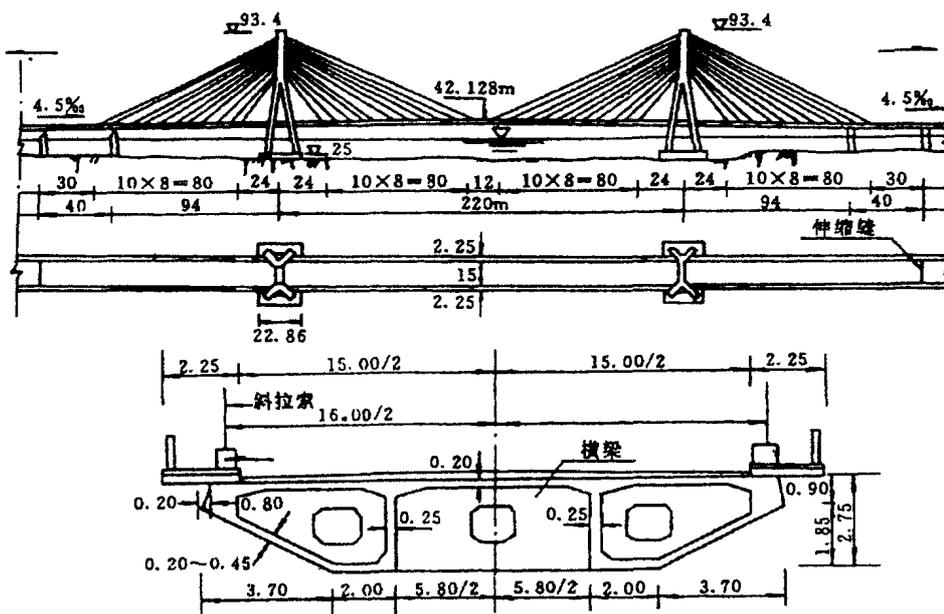


图 2 济南黄河桥

离增大为 28 毫米, 后又退回至 0, 再停 2 小时, 所撑大距离尚剩 11 毫米。故第二次正式施顶时以 90 吨控制, 分二次施顶, 实测撑大距离 25cm, 将槽钢焊接固定。

经观测跨距、索力、标高均符合要求。

c、合拢段模板下的落架工具如木楔或砂筒, 是在浇合拢段混凝土当天最低温度(一般在上午四时)在工字钢焊接后顶紧。

d、合拢段混凝土重约 80~90 吨, 在浇混凝土时候逐步加载, 对岸跨合拢段, 因为支架的弹性或非弹性变形, 也能引起新老混凝土之间产生裂缝, 采用 4 根 I36 工字钢纵向搁在合拢段两边已浇的混凝土上面, 边跨合拢时用螺栓与支架夹紧, 中跨合拢段为底模挂篮夹紧。

e、中跨合拢段合拢后已成连续梁, 为了减少跨中正弯矩, 设计院提出跨中加压重方法, 即利用跨中挂篮重量进行预压。

f、在一切就序后, 在施顶结束后, 支撑焊接结束, 并经观测符合要求, 即 b 项(c)完成后浇筑合拢段混凝土(当地最低温度时浇完混凝土), 经过精心养护, 结果一切良好。

g、中跨合拢操作工艺见表 2

h、施工体会

(a)为了确切了解合拢前温度、高程及距离关系, 以便确定: 边跨合拢段型钢焊接时间; 跨合拢段需施顶力和顶宽距离; 跨合拢段支座正式安装高程和卸落工具楔紧时间; 混凝土浇注时间等。必须加强观测, 济南桥施工人员事先进行三昼夜

表 2 中跨合拢操作工艺

序号	操作内容	观测项目							
		索力	标高	合拢长度	合拢高程	主引桥伸缩缝	边支座位移	塔位移	温度
一	准备: 拆除附孔模板, 保证支座工作完好, 完成压重	全桥	全桥					测	
二	试顶:								
1	检查: 设备及测量标志等								
2	试顶: 吨位 0、20、30、40、50、60、70、80、90、100 吨直至合拢段长度增至 2.5 厘米	测 2 根 1# 索 2 # 索		测	测	测	测	测	测
3	卸荷: 按 30 吨分级卸载。			测	测	测	测	测	测
三	焊接								
1	施顶: 按 20 吨分级加载至顶宽 2.5 厘米	测 2 根 1# 索 2 # 索		测	测	测	测	测	测
2	焊接: 将工字钢与槽钢对准后焊接								
3	卸荷: 按 30 吨分级卸荷, 卸载后观测一天			测	测	测	测	测	测
四	浇合拢段混凝土								
1	完成全部压重								
2	根据观测结果, 确定浇注时间								
3	蒸养至 80% 混凝土, 烧断工字钢, 修补预留孔								
4	张拉规定的部分预应力束	全桥	全桥					测	
五	拆挂篮:								
	拆跨中挂篮, 张拉预应力束, 浇人孔及铺装	全桥	全桥					测	

每 4 小时一次的定时观测，作出记录分析。

(b) 中跨合拢前，设计规定桥面上的设计恒载必须全部上去，有些用压重来代替，可满足要求，仅 23 号索作了一点调整。

(c) 预埋在合拢段两端的槽钢位置，必须对称、平直、准确。

(d) 合拢段两边高程保持平顺，要求悬浇要严格控制在误差。

2、对于大跨径的钢斜拉桥，例如南浦桥、杨浦桥多采取自然合拢法。

南浦桥合拢段设计长度为 12.171m，杨浦桥合拢段设计长度为 5.5m。施工单位根据实际观测悬臂梁长度随气温的变化情况，选定合拢的日期和合拢温度。例如根据南浦桥为 6 月 8 日 22℃，杨浦桥为 4 月 8 日等因素，决定合拢段主梁加工长度，例如南浦桥上游钢主梁加工长度为 12.201m，下游长度为 12.195m，两台桥面吊机分别负责上游和下游一根主梁合拢工作，先安装好一头，等时间，即随着自然降温，连接板高强螺栓眼对准，抡上冲钉，上螺栓，施拧紧，顺利地完成了合拢任务。

(1) 南浦桥合拢段施工

a、合拢段长度确定

该长度要考虑索力对钢梁的压缩，温度变化的规律以及对长度的影响，主要是实际合拢距离的变化，及合拢时操作所需的时间，具体算式如

下：

$$L_{12} = L_{\text{实测}} + 25 \text{ 毫米} - L_{11} - \Delta 1 - \Delta 2 - \Delta 3$$

式中： L_{12} —加工厂应提供第 12 段即合拢段长度。

$L_{\text{实测}}$ —实测长度，由施工单位在气温为 22℃ 时实测的合拢段尺寸。

25 毫米—在定 L_{12} 尺寸时，11 号索尚未调整，25 毫米为两边第 11 段调索后的弹性压缩值。

$\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ —加工厂预拼时实际孔隙。

$\Delta 3$ —考虑合拢时，操作程序要求一定的时间，定为 20 毫米。

对于 $L_{\text{实测}}$ 长度，当时浦东迭合梁已形成，浦西第 11 段仅形成框架，可参见图 3

第 12 段的浦东侧与浦东第 11 段预拼装。 L_{12} 尺寸决定后，即加工浦西侧并为浦西的第 11 段预拼装，然后与浦西第 11 段同时运入工地。

b、合拢段温度及时间

为避免台风且年底通车要求，计划六月份必须合拢。查阅了十年内上海地区的气温变化情况，平均气温为 22℃ 出现频率较大，该温度多数在晚六时以后，确定合拢大气温度为 22℃，(钢梁温度约 25℃)。当时实测了一天的温度变化，发现白天温差较大，而晚上温差小。从实际钢梁的长度变化来分析，温差 1℃，长度变化 6 毫米(指浦东、浦西两边)，温差大对合拢是不利的。综上所述，决

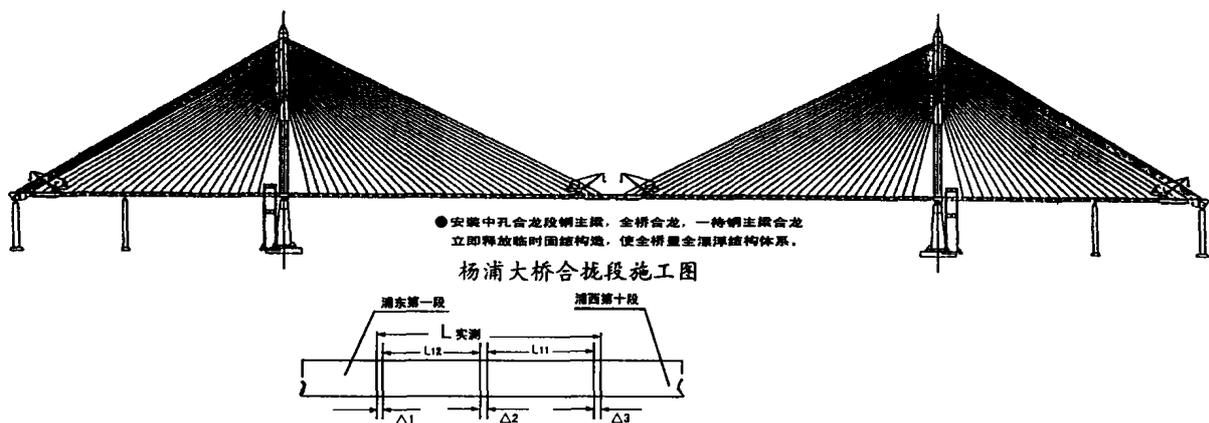


图 3 南浦大桥合拢段施工图

定在晚上合拢。因为这段时间温差小，变化幅度不大，钢梁伸缩量小，可为固定钢梁、施拧高强螺栓赢得较充裕的时间，也便于合拢后有充分时间拆除 0 号段临时固结装置。

c、合拢段钢梁安装

合拢段主梁与东、西 11 号段空隙分别为 4.5mm 和 20mm，合计为 24.5mm，即为合拢段钢梁两端富裕量。

6 月 8 日下午 3 时，先将下游主梁吊入合拢段空挡，随后再吊入上游主梁，将吊入的主梁先与浦东 11 号主梁用冲钉固定，然后穿入高强螺栓，并全部初拧。待气温下降，当合拢段主梁与浦西 11 号段主梁上螺栓孔对齐时，再用冲钉固定，穿好螺栓进行初拧、终拧。由于傍晚下雨气温骤降，为提前合拢创造了条件，到晚上 8 点 25 分一次合拢成功。

两根主梁吊装完成后，立即装好三根横梁，以

增大整体刚度，为在 2 小时内解除临时固结创造了条件。

(2) 杨浦桥合拢段施工

杨浦大桥合拢段分为岸跨合拢和跨中段合拢两部分。岸跨为强制合拢，跨中为自然合拢。

a、岸跨合拢

岸跨采用强制式合拢。

在合拢段位置上留出大于合拢段实际长度的距离。先行吊装作为合拢段的 23 号段框架，然后用两台事先安装在锚固墩上的 1500KN 千斤顶，利用尾段钢梁下的球形盆式支座的可移动性，同时将总重达 3000 吨的尾段钢梁框架及端横梁，向已安装好的 23 号段顶进，最终顺利实现了尾段与 23 号段钢梁之间合拢。这一工艺，具有可以避免受季节和昼夜温度变化使钢梁伸缩带来的确定合拢段钢梁尺寸的困难的特点，但技术上要求很高，必须配备专门设备，并要对结构的受力作详细的计

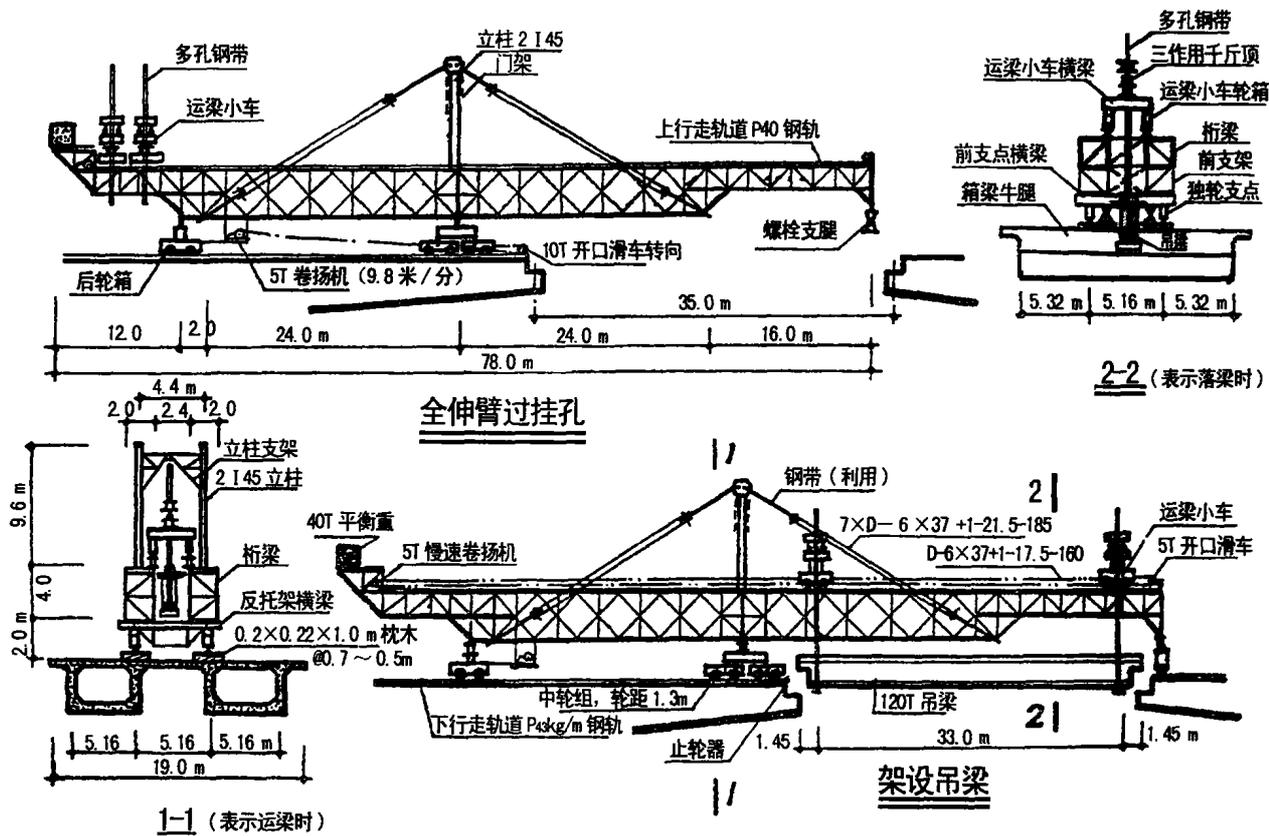


图 4 重庆长江大桥预应力斜拉桥悬式架桥机

算、分析。

b、跨中合拢段

跨中合拢段采取降温自然合拢方式。

预先假定一个合拢温度，然后根据各边界条件计算出这个温度下的钢梁加工长度。施工时，当准备工作就绪后，待大气温度上升或降低到预先设定的要求时（杨浦桥是降温到要求温度时），即将钢梁安装就位。

(a) 合拢温度确定

根据主桥安装总进度要求，跨中合拢时间定在 1993 年 4 月 8 日，根据气象台提供的 1973-1992 年 20 年间 4 月上旬的气象资料分析和对本年度 4 月 8 日温度预测，最终确定最适合的合拢温度为 12℃。

(b) 合拢段钢梁长度确定

由于合拢的实际尺寸除了与温度变化引起的伸缩有关之外，还与钢梁的总体压缩变形、加工及安装误差积累因素有关，必须一一加以修正。根据对跨中 26#、28#、30# 段安装完后三次 24 小时连续观测的结果，并综合分析计算各种因素后，确定合拢段的最后长度为上游钢梁 5.552m，下游钢梁 5.536m。

(c) 合拢段钢梁安装

为了保证跨中合拢段一次吊装成功，4 月 7 日下午进行了试吊，精密调整浦东、浦西两侧标高和轴线。

4 月 8 日，跨中合拢段钢梁正式安装，上午 8 点 48 分，两台桥面吊机同时将上下游各一根主梁

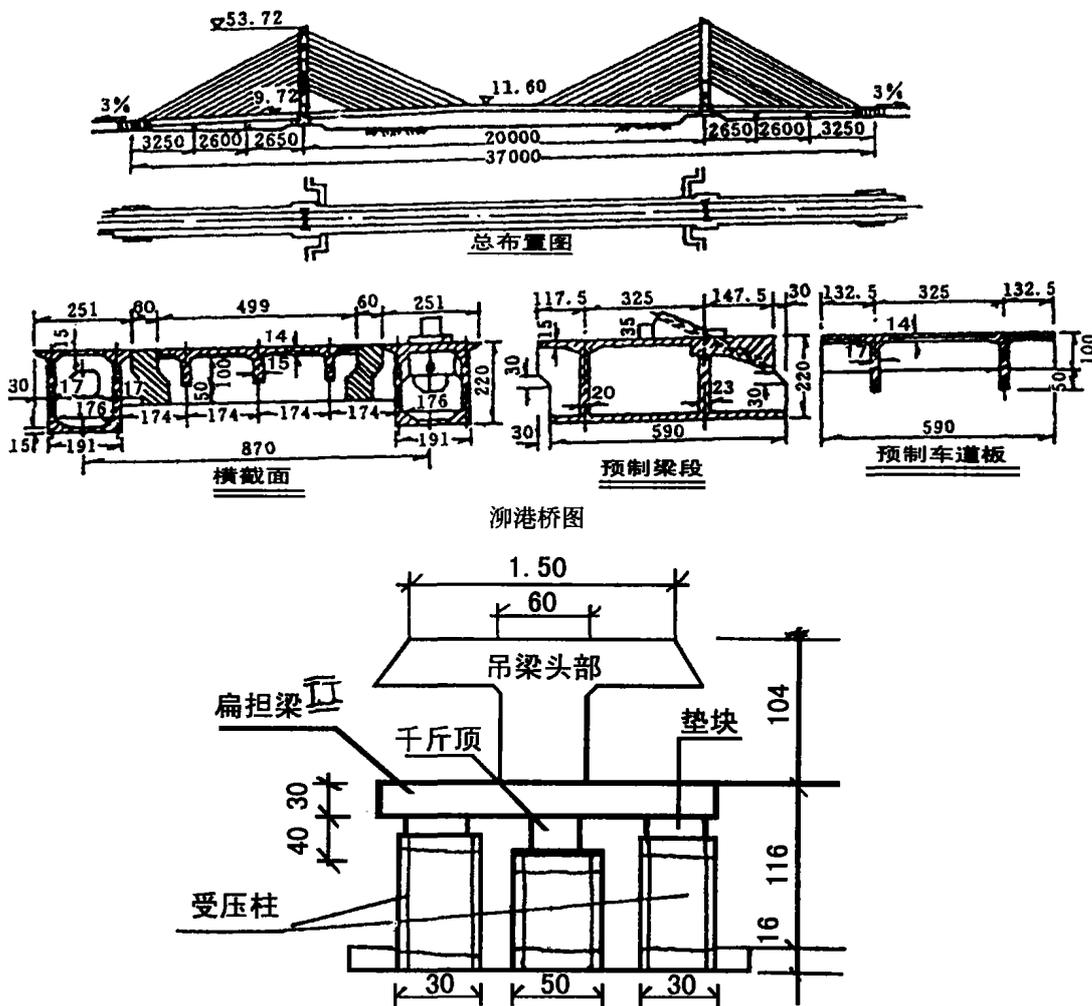


图 5 柳港桥及吊梁施工千斤顶顶吊梁图

起吊就位。浦东一侧按常规进行高强螺栓初拧。由于受到北方冷空影响，桥面温度一致在 10°C 左右，中午12时15分，当桥面温度上升到 12.2°C 时，下游一侧钢梁螺栓孔对齐，此时，早已等候旁边的施工人员抓紧时间争分夺秒，将定位销和高强螺栓穿入螺孔，同时浦西的临时固结开始解除。13点上下游二根主梁的高强螺栓全部到位并开始初拧，13点20分临时固结解除完毕。15点45分合拢段钢梁螺栓全部施拧结束。

二、简支悬臂梁带挂孔和T型刚构带挂孔型式合拢段施工

这种桥吊梁多为预制T型吊梁，长度在30米至40米，在地面或桥面上预制，采用穿心式架桥机或浮吊等大型设备吊装就位，例如重庆长江大桥（主跨174米，吊梁长35.9米，高3.01~3.185米，腹板厚18厘米，上翼缘宽1.3米，横隔梁处宽1.5米，下部厚0.5米，体积46.1至47.5立方米，重115~119吨。）利用桥头北广场制作吊梁，吊梁制作中心线对准桥轴线，可直接拖拉上桥用预应力斜拉拼装式架桥机直接架设，见图4。

上海浏港桥为简支单悬臂梁带挂孔型式，采用 $2 \times 2\text{m}$ 万能杆件承重梁，穿心式方法，将4榀

90吨吊梁拖运吊装就位，本文详谈该方法。

采用大型浮吊方式，常由于河道通航等因素未被采用，但该方法在日本采用的比较多。

上海浏港桥在完成22段主梁挂篮悬臂拼装后，历经2个多月准备后，安全无恙地将4榀30米长90吨重挂孔薄臂吊梁拖运、吊装就位。

1、30米吊梁桥面拖运

1)30米吊梁结构尺寸

30米吊梁有两榀内梁、两榀外梁，外梁成T型，梁高2.2米，腹板厚20厘米，翼缘宽1.6米（内梁1.5米），全长30米，重90吨，属于薄腹梁。梁高稳定性差，拖运时需满足稳定要求。

2、利用千斤顶上吊梁拖板

30米吊梁混凝土强度达到设计要求后，将2只200吨千斤顶安置在吊梁两端悬臂头部扁担梁上，见图5。

利用千斤顶分别在两端先后两端先后轮流顶，先顶起15厘米后，将吊梁底模、格栅抽出，然后再逐次顶至90厘米后，将下拖板、走管、上拖板安置在离端部2.5米处，再用12#槽钢将上拖板和吊梁焊成支撑三角架，并用神仙葫芦捆成一体见图6。

（未完待续）

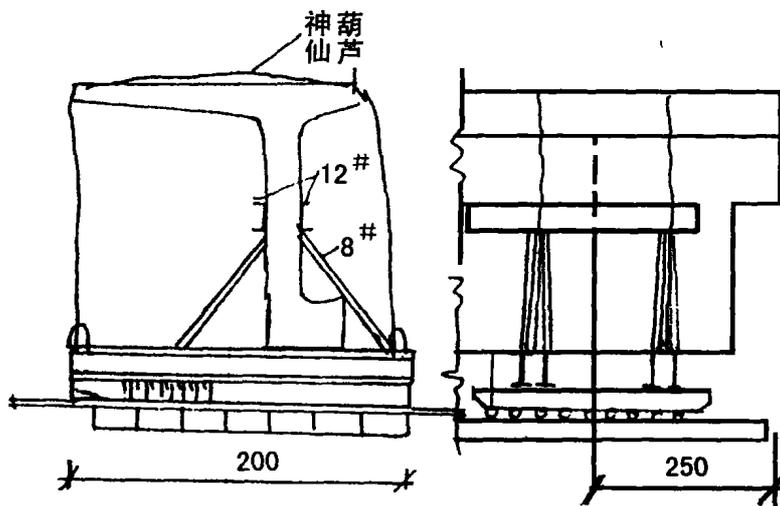


图6 吊梁和上托板捆成一体