

# 梁的施工技术—大型设备吊装法

邱式中 林业琨

(上海市基础工程公司特种基础设计所 上海 200002)

(续上期)

## (1) 沿盖梁边布置

当安装第一跨梁时,梁从后二跨起吊,但安装跨的梁要比后二跨的梁长,为使梁顺利起吊,需加大起吊跨的长度,此时轨道梁需尽量移向该跨的两端,则锚固形式便是沿盖梁边布置。图11便是这种形式。

## (2) 居盖梁中布置

当各跨的梁长度一样,一般均为居盖梁中布置形式(图12)。

## (3) 轨道梁抬高后的锚固

有时在工程实际中,需将架桥机抬高,此时的锚固形式如图13所示。

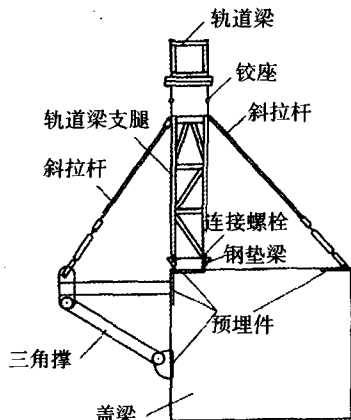


图11 锚固沿盖梁边布置图

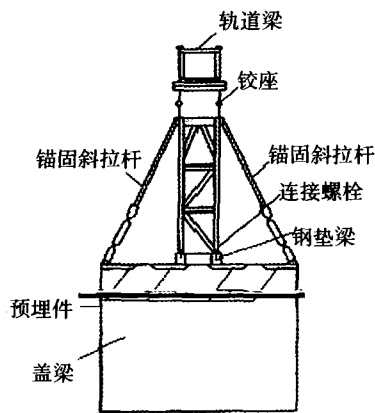


图12 锚固居盖梁中布置

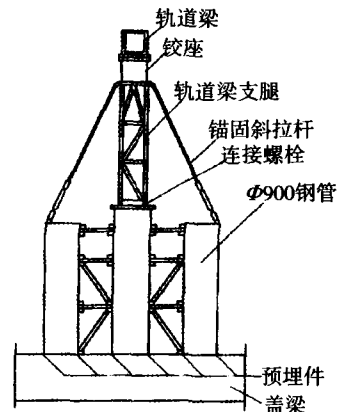


图13 轨道梁抬高后的锚固

## 3.1.4 工程实例(卢浦大桥浦西引桥T梁吊装施工)

### 3.1.4.1 工程概况

卢浦大桥引桥浦西段Pm6~Pm22区段南接卢浦大桥主桥,北跨内环线鲁班路高架立交,全长615m,其T梁段包括主线及两条匝道,共33跨200榀T梁,其T梁跨径30~45m不等,自重60~115t不等。主线及匝道T梁净距为50cm,纵坡分别为2.5%及6.4%,横坡分别为双向及单向2.0%。其盖梁截面呈“凸”形,T梁端部与盖梁设计净距为4cm。

龙华东路段共有三跨T梁,分别为主线的Pm15~Pm16,西匝道的Pz88~Pz89,东匝道的Pz17~Pz18。该三跨T梁跨径均为45m,T梁高度为2.25m,翼缘宽度1.5m,腹板宽0.5m,自重115t。其中Pz88~Pz89共有7榀T梁,平面呈扇型布置,其Pz88盖梁宽度为15.234m,T梁净距0.83m,Pz89盖梁宽度为12.03m,T梁净距为0.35m。该跨两侧边梁长度差值为47cm。Pz17~Pz18跨为标准段匝道,其盖梁与Pm15~Pm16盖梁轴线顺桥向偏差为1.9m。三跨T梁距龙华东路路面高度分别为37m及27m(匝道标高基本相同)。在龙华东路上方布置有热力管道,距路面约8m。

T梁吊装采用进口150t架桥机进行。

### 3.1.4.2 主线及标准段匝道T梁吊装(参见图14)

主线宽17.8m, 每跨共8榀T梁, 匝道标准段宽8.3m, 每跨为4榀T梁。由于主线与匝道净距仅50cm, T梁无法从桥侧面起吊。施工中先将T梁运至每跨2号梁的投影处, 再通过高低吊上梁, 高低吊T梁两端高差最大达到7m。为解决钢丝绳转角问题, 在T梁近端腹板开设销孔穿设吊装销轴。在T梁通过盖梁面后, 桁架再横移将其就位。

匝道T梁施工也是通过高低吊进行上梁, 由于匝道纵坡超过架桥机设计容许纵坡, 所以轨道梁是布置在相邻的主线上, 轨道梁外挑的悬臂段采用在匝道盖梁上立设钢管进行支撑, 受轨道梁长度及结构受力所限, 架桥机无法直接将匝道4榀T梁全部架设就位。因此, 在盖梁上布置滑移轨道, 匝道外侧的两榀T梁通过顶推滑移的方法移动到位, 再进行落架安装。

龙华东路段三跨T梁施工中, 存在以下几个难点(见图15)。

(1) 道路上方存在热力管道, T梁无法从本跨上梁。如此T梁需从邻近的Pml4~Pml5跨上梁, 再带梁纵移至Pml5~Pml6, 进行T梁安装, 期间存在桁架同时作用在Pml4、Pml5、Pml6轨道梁上的工况。Pml4~Pml6跨径为45m+45m, 加上台车外滚轮伸出轨道梁中心约1m, 即台车上的桁架节段至少需要45m+45m+1m×2=92m。但实际桁架长度为91.2m, 相差约0.8m。这0.8m的差距决定了Pml4、Pml5、Pml6轨道梁三点支撑带梁纵移的设想无法实现。

(2) Pz88~Pz89跨7榀T梁呈扇形夹角分布, 外梁两端顶推距离差值达到3m。且纵坡达到6.4%, 横坡为2.0%, T梁与盖梁净距仅4cm。顶推施工如何控制其纵横向位置是较难的。

(3) Pz17~Pz18跨盖梁与主线盖梁轴线差近2m。轨道梁的铰座基础从盖梁转移至T梁上。铰座最大竖直力为1620kN, 水平力为690kN, 在受力面积及稳定性均大打折扣的情况下, 如何确保轨道梁施工受力及稳定也是问题。

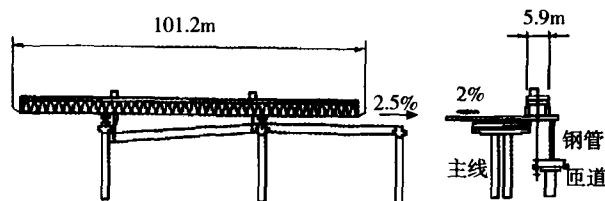


图14 主线及标准段匝道T梁吊装示意

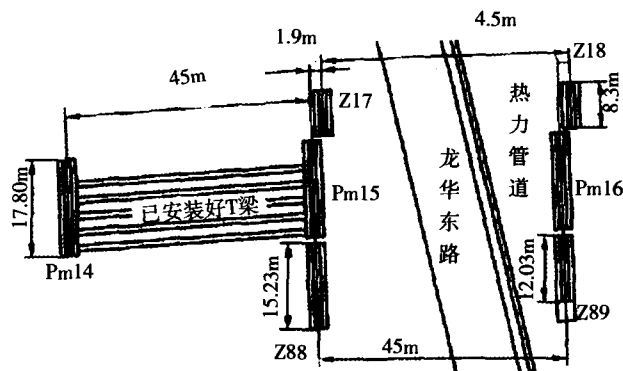


图15 龙华东路段平面示意图

### 3.1.4.3 对龙华东路段三跨的相应措施及施工操作

#### (1) Pml5~Pml6T梁吊装

该跨T梁吊装时为了解决桁架长度与跨径的矛盾, 采用设置临时轨道梁的办法, 减小桁架跨径, 使得T梁纵移的桁架三点支撑状态得以成立。

#### 1) 架桥机带梁纵移施工简介(图16)

带梁纵移是指梁从邻跨上梁后, 桁架前冲至前跨的轨道梁台车上。桁架呈“三点支撑”状态。卷扬机带梁纵移至前跨, 然后桁架再纵移至前跨位置, 完成带梁纵移。在带梁纵移施工中, 存在桁架、卷扬机保险钢丝绳的多次置换。

#### 2) 施工准备

临时轨道梁采用6m+6m轨道梁拼就。临时轨道梁布置在Pml4轨道梁的南侧的T梁上(图17), 轴线距离2.5m。如此临时轨道梁与Pml5、Pml6轨道梁跨径关系为42.5m+45m。桁架所需最小长度为42.5+45+1+1=89.5m。91.2m的桁架可满足跨径要求。临时轨道梁下垫置型钢并焊接。为抵抗水平力, 两轨道梁之间采用型钢进行顶撑。Pml4~Pml5跨留出两榀T梁的上梁空档。临时轨道梁比Pml4轨道梁标高设置低约5cm, 以方便Pml4轨道梁与临时轨道梁的受荷置换。

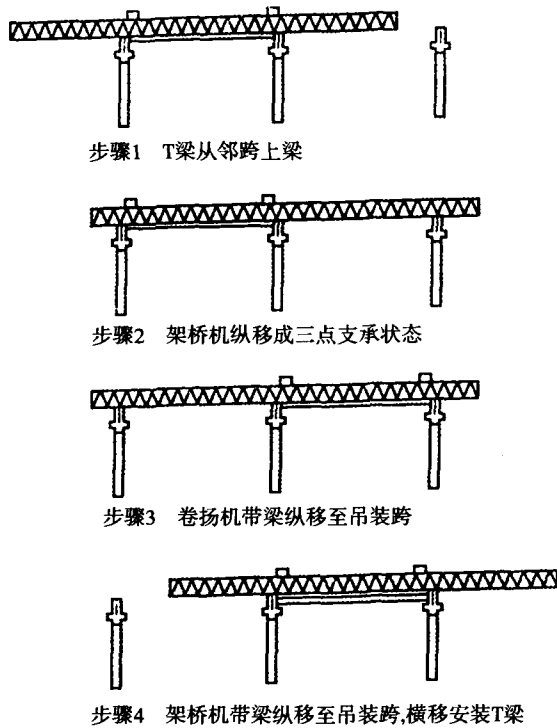


图16 架桥机带梁纵移示意图

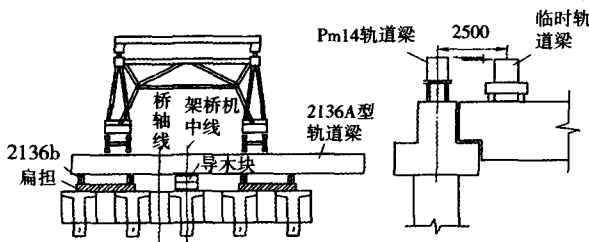


图17 临时轨道梁布置图(单位: mm)

### 3) 施工流程

单榀Pm5 ~ Pm6T梁吊装工序(图18):

- ①架桥机停Pm4 ~ Pm5位置, 吊T梁上桥。T梁搁置、固定在临时轨道梁及Pm5轨道梁上, 卷扬机卸荷。
- ②桁架前冲, 鼻梁与部分标准节作用在Pm6台车上。此时后液压支腿距Pm4中心约1.2m。
- ③后液压支腿(Pm4处)顶起, 台车移走。液压支腿回缩, 将桁架后部置换到临时轨道梁上。
- ④桁架前移约1.5m, 桁架固定, 此时桁架支撑点为Pm6、Pm5及临时轨道梁上。卷扬机带T梁纵移, 至Pm5 ~ Pm6跨。
- ⑤桁架前移至两端悬臂相等。桁架横移, 将T梁就位安装。
- ⑥架桥机回至吊装位置。

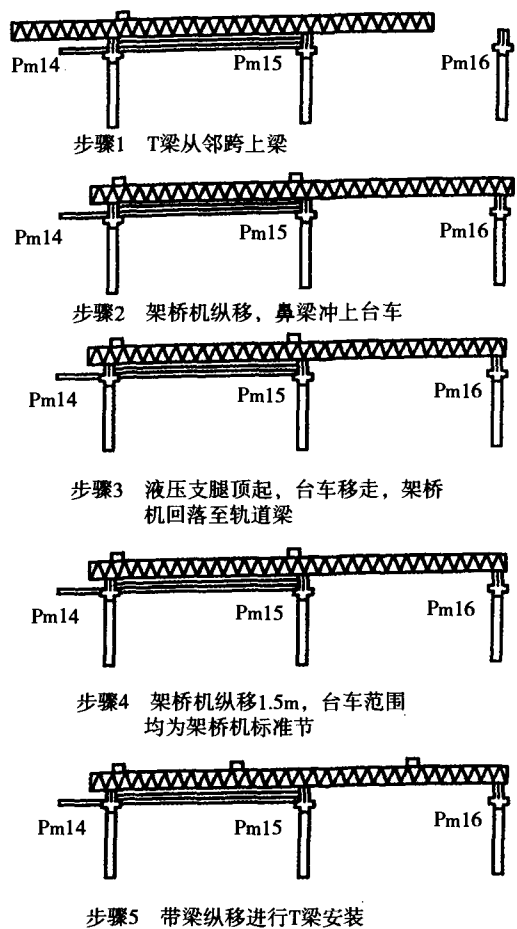


图18 架桥机带梁纵移示意图

### (2) Pz88 ~ Pz89T梁吊装

该跨T梁从上梁至下放流程同前述Pm15 ~ Pm16T梁施工。该跨共7榀T梁, 除近主线的2榀外, 其余5榀需要进行顶推。

#### 1) 滑移轨道设计

滑移轨道梁采用两块上、下覆 $\delta 12$ 钢板形成一箱形结构, 高度为18.4cm, 宽度为20cm, 每节长度为1.5m。在轨道侧面开设 $\Phi 4.0$ cm孔, 间距为30cm, 开孔处槽钢内侧贴板加强。

#### 2) T梁顶推及落架施工(图19)

轨道搁放于匝道盖梁上, 与支座钢板焊接牢固。T梁搁置于轨道滑板上, 在滑移轨道与T梁横隔板间放置垫板, 垫板呈“J”形, 垫板与横隔板端部顶紧, 与横隔板底部采用木楞塞垫。每端采用1台24t液压千斤顶进行顶推, 千斤顶搁放于一加工底座上, 底座钢板开孔, 其直径与间距同

轨道开孔布置,顶推时采用 $\phi 32$ 精轧螺纹钢穿入开孔固定底座,底座随T梁顶推前移不断换位。

T梁端部侧面预设埋件,在吊装前,在该处烧焊牛腿。T梁顶推到位后,利用2台50t千斤顶将T梁顶起,抽去滑移轨道,安放支座并落架、固定,完成该榀T梁的安装。

为解决盖梁不平行、不等长,两端净距不一的问题。在铺设滑移轨道时,两盖梁上的滑移轨道为平行布置,与各自盖梁轴线呈一定夹角。滑移轨道的间距与角度根据每榀梁的实际长度确定,每榀T梁下放前需要进行调整。

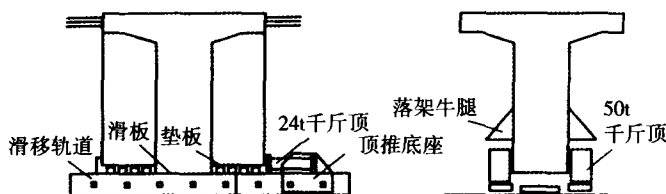


图19 T梁顶推及落架施工示意图

### 3) 平面位置及垂直度控制

在顶推过程中,为防止T梁向外倾覆(盖梁有一单向2%横坡),梁端采用5t葫芦进行保险,葫芦一端固定在匝道端部,一端拉住T梁插筋,并随T梁推移而同步放松。另外通过在垫板与T梁横隔板之间塞垫木楞等,扩大T梁底部受力面积,增大其稳定性。

T梁在顶推过程中,由于纵坡及顶推距离不一,T梁易下滑移位,与盖梁发生摩擦造成顶推无法进行。在操作过程中,T梁两端推进应保持协调一致,注意观测T梁与盖梁间隙情况。若T梁发生较大滑移造成无法顶推,可采用2台50t千斤顶平置在盖梁及T梁横隔板之间进行顶推,此举可有效解决T梁纵向移位。

T梁在落架时支撑面积减小易发生滑移。落架先落上端,再落下端。落上端时T梁下端与盖梁采用木楞等垫实,上端采用葫芦拉紧并随落架同步放松。在落T梁下端时另一端可采用钢筋与盖梁埋件焊接固定。

### (3) Pz17~Pz18T梁施工

该跨T梁在7月27~28日进行吊装。由于

Pz17~Pz18与Pml5~Pml6轴线错位1.9m。在临时轨道梁布置时,将其与Pml4轨道梁的间距调大至4.5m。

T梁预应力共5股钢束,在吊装前张拉端部两束,顶部三束在T梁吊装完成,湿接缝浇筑后进行张拉。因轨道梁铰座作用在T梁预埋件上,为确保T梁的横向稳定及抗剪抗弯能力,经与设计协商,T梁吊装在Pml5~Pml6八榀T梁完成湿接缝并张拉3号钢束后进行。由于部分埋件位置在张拉槽口内,埋件呈一斜面并与铰座有一定高差。为此在埋件与铰座间加焊立板及斜撑进行加强。

考虑到边梁外侧无横隔板,为确保铰座基础的横向稳定,轨道梁铰座布置在2号、4号、7号榀梁上。为防止T梁在水平力作用下发生纵向移位造成轨道梁系统失稳,T梁端部、横隔板底部与盖梁间塞垫退拔装置进行约束。

### 3.1.4.4 施工效果及总结

在以上三跨共19榀T梁的吊装施工中,由于采取了各项针对性很强的施工措施。吊装施工进行得十分顺利,施工的安全、质量及进度等方面都得到了有力的保障。

从该三跨特殊梁段的施工效果来看,在架桥机施工中结合预制梁的顶推、落架工艺,使得架桥机的匝道后续施工成为可能,为架桥机拓展其施工适用范围提供了新的思路。对于与主线存在一定间距、高差、轴线错位及夹角的匝道预制梁吊装施工,该方法具有普遍运用意义。

该架桥机专为徐浦大桥引桥T梁吊装而设计,其设计工况与现卢浦引桥工况差别很大。如匝道T梁施工,T梁高低吊等均为以往所未有。如何在架桥机已定型的基础上,从架桥机本身特点出发,根据新的吊装工况制订出合理有效的施工方案,将是今后吊装施工中经常遇到的一个共性问题。

另外在架桥机施工中,很多梁跨的吊装涉及复杂繁琐的操作流程,施工的难度和安全要求都非常高。这也要求操作人员必须具备较高的技术素质和安全责任心,同时在施工中需要采取各项

针对性的控制措施。

### 3.2 1600t上行式节段梁拼装架桥机施工技术

#### 3.2.1 概述

用节段梁拼装施工工艺来架设桥梁,是在预应力技术、粘结剂技术、混凝土构件预制拼装技术及大型架桥设备制造技术等多种技术发展的基础上建立起来的一种新的架桥技术。20世纪末才开始逐渐被应用推广。根据架桥机的位置不同,把架桥机在桥面以上与桥面以下不同的移动方式,区分为上行式架桥机安装与下行式架桥机安装两种施工工艺。上行式架桥对架桥机的要求相对较高,整台架桥机造价也高。节段梁拼装工艺的优点是:可尽量利用预制厂的优势,大大减少现场的施工用地;可跨越河谷、山峦,甚至闹市中的马路,进行架桥施工,尤其是在闹市区施工,晚上进梁、上梁,白天进行预应力及粘结剂连结,大大加快了施工进度,又不影响地面交通,深受建设投资单位的欢迎。由于这些优势,节段梁拼装施工技术,已越来越被广泛应用。图20为一节段梁拼装施工的实况。



图20 节段梁拼装实例

节段梁拼装施工工艺分两大块:节段梁工厂预制及现场拼装。工厂预制是将梁沿纵轴根据起重能力分成适当长度的节段进行生产,这种生产又分长、短线法生产两类。长线法制筑是在工厂按桥梁底缘曲线制作的固定底模上分段浇筑,底模长度可取桥跨的一半或从桥墩对称取桥跨的长度,浇筑的顺序可以采用奇、偶数,即先浇奇数块节段,然后利用奇数节段的端面弥合浇筑偶数节段,使混凝土面结合密贴,也可采用分阶段的

预制方法。图21示出选用整跨长线分阶段预制的施工顺序和模板的构造。长线法的优点是可容易地按设计结构线形预制节段梁,并在生产过程中保持对线形的控制,不必立即移走已成型节段。缺点是工艺生产台座占地较大,至少为结构跨度的1/2,同时需要很坚固的基础,以免在节段梁预制过程受荷载影响而产生沉降及挠曲。当结构线形为曲线时,则长线台座的制作更加复杂,因此曲线形结构的预制节段梁一般采用“短线法”生产工艺。

短线法制筑工艺是将可调整的外部 and 内部模板安装在一个台车上进行第一节段浇筑,浇筑完成后在其相对位置上安装下一段模板,新的一段要对准已浇好的一段,以保证后一节段安装时完全吻合,见图22所示。短线法很适合工厂节段预制,设备可周转使用,但节段的尺寸和相对位置的调整要复杂一些。对于曲线桥的预制节段可在纵轴位置和节段的宽度变化进行调整,见图23。

节段的拼装面常做成企口缝,腹板企口缝用于调整高程,顶板企口缝可控制节段的水平位置,使拼装迅速就位,并能提高结构的抗剪能力。也有的在预制节段的底板处设预埋件,用以固定拼装时的临时筋(可加临时预应力或用花兰螺丝收紧)。短线法的优点是相对于长线法而言,模位区占地很小,最多只需3个节段的长度。生产点集中,便于操作。可通过对已成型相邻节段梁(底模)的位置调整,达到对节段梁的生产能按结构平曲线和竖曲线进行几何尺寸控制的要求。缺点是在已成型节段(带底模)每次移位后,都必须重新精确地调整位置,对模具的控制要求很高。

节段梁的现场拼装,根据上、下行式架桥机的不同,工艺是有区别的,图24为上行式架桥机拼装示意图。首先架桥机定位于待安装跨,各支腿固定牢靠,梁下托架也已完全就位,并已牢固地支撑于地面,便可开始新一跨的安装,其安装步骤如下:

(1) 节段梁从工厂运至已安装好的就近跨桥面上。

(2) 用起重小车将节段梁逐块移放至新安装跨下的托架上(当梁进入安装跨后,需利用起重小车上的回转机构,将梁旋转90度后,才可将梁搁置在下托架上);

(3) 将梁逐块吊起,次序是靠近已安装跨的先吊,并将梁块悬挂在上(悬吊杆与起重小车在垂直于桥轴方向不会相碰,可参见图25);

(4) 逐块在节段梁连接面上涂粘结剂,穿预应力索,进行节段梁间连接。在每块节段梁连接时,必须利用悬吊杆上的千斤顶调整梁的线形;

(5) 待全跨节段梁连接成整体后,可张拉体外索,并解除悬挂吊杆;

(6) 浇注跨与跨间的湿接头(如有时),同时

可转移梁下托架至新的一跨;

(7) 移动架桥机至待安装跨,开始新的一跨安装。

上述安装工艺是桥面进梁,如桥跨下不需保持交通,也可在桥下进梁,此时梁可直接搁置在地面上,如需保持交通,则梁进入桥下后,立即被悬挂在吊杆上,这样仅影响从运梁车转移至吊杆上这段时间。下托架离地面有一定高度,一般车辆可在其下通过,有了下托架的阻挡,对驾驶员也有安全感,但需增加设备投资,如交通不是非常繁忙地段,宜加强施工组织,尽量利用晚上进梁及进行梁的转移,如必须在白天进梁及进行梁的转移,则应尽量缩短施工时间。

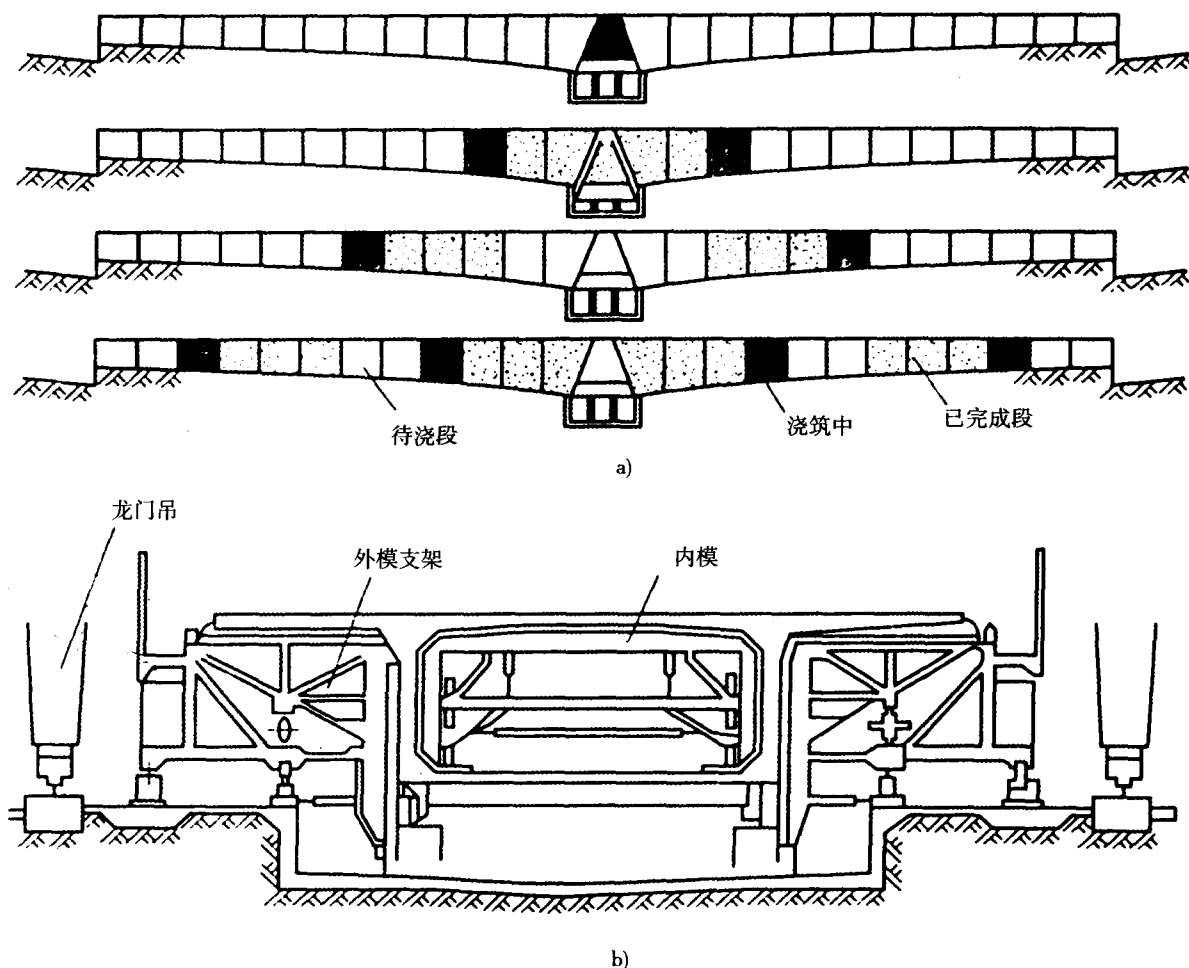


图21 长线法预制节段的顺序和模板构造

a) 施工程序; b) 模板构造

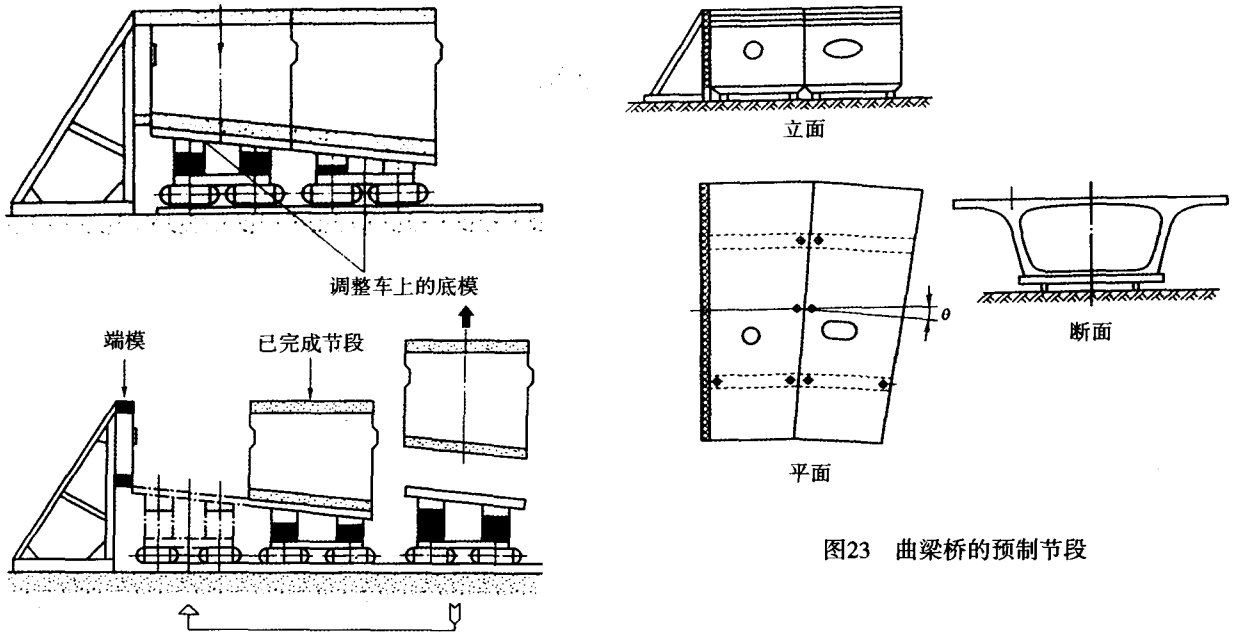


图22 短线法预制节段

图23 曲梁桥的预制节段

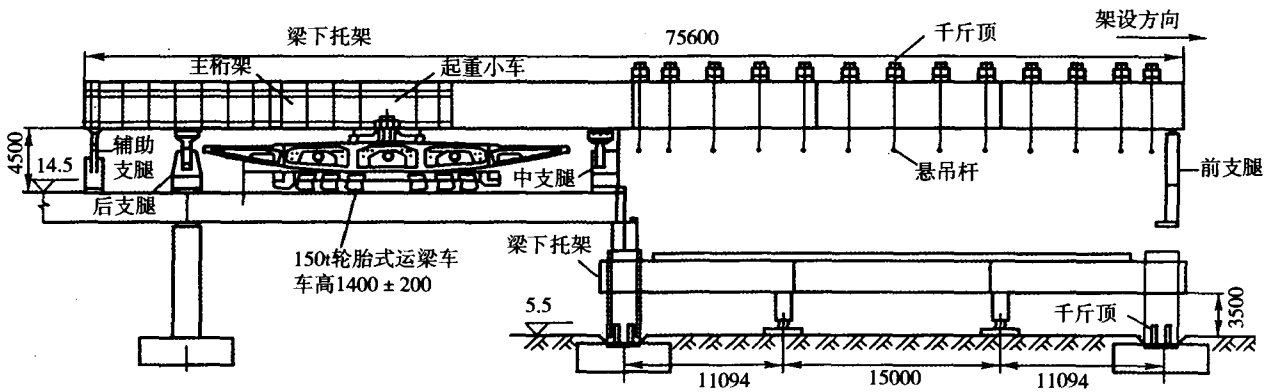


图24 上行式架桥机拼装示意图

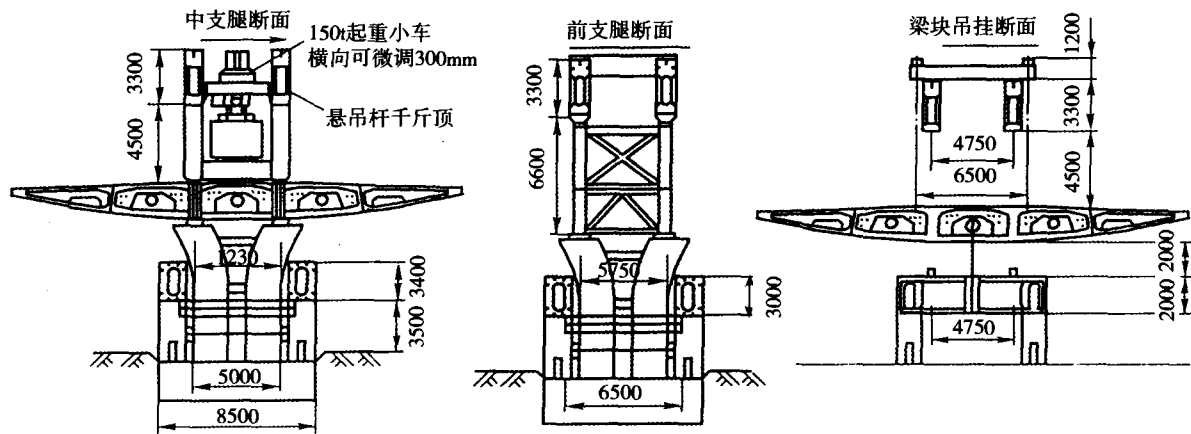


图25 截面图

## 3.2.2 1600t上行式节段梁拼装架桥机的性能参数

与组成

## 3.2.2.1.性能参数

最大跨度:	38m
最不利工况:	38+35m
单块节段最大重量:	150t
单块节段外型尺寸 (长×宽×高):	25m×2.1m×3m
最大允许架设跨重:	1600t
架设桥梁最大纵坡:	±5%
架设桥梁最大横坡:	±2%
最小水平曲线半径:	1000m
工作最大允许风速:	22m/s
停机最大允许风速:	35m/s
吊装装置安全系数:	≥2.5
自行过孔时架桥机抗倾覆系数:	1.35
满足条件下主桁架的挠度	L/480
在所有的操作步骤中架桥机支腿的稳定系数:	1.35

## 3.2.2.2. 1600t架桥机组成(参见图24, 图25)

该架桥机由两榀主桁架、一台起重小车、前后支腿、前后辅助支腿组成。

## (1) 主桁架

总长:	90m(本次用84m)
钢桁架总高:	5.4m
每个钢桁架外侧宽度:	2.4m
钢桁架断面:	三角形
两个主桁架钢梁净宽:	3600mm
最大主桁架钢梁节段长度:	12m
总重量约:	380t

每榀主桁架由8段组成, 每段由上弦、下弦和斜撑三部分组成, 段与段之间由 $\Phi 75$ 和 $\Phi 40$ 的张拉杆连接。

## (2) 起重小车

吊架下吊重:	150t
提升速度(有载)	0~1.5m/min

提升速度

(空载和吊重50t以下时) 0~4.5m/min

提升马达: 液压

提升马达通过一个行星齿轮减速器与带绳槽的卷筒连接, 马达配“常闭式”盘式制动。

提升距离: 32m

纵向最大运行距离: 约78m

水平纵向运行速度: 0~10m/min

横向最大运行距离: ±503mm

架桥机主桁架水平纵向运行速度: 0~2m/min

吊架在三个轴向上液压控制, 主吊架由液压油缸推动, 由无线遥控控制, 可以在横向和纵向方向上做±5%的倾斜, 吊架回转角度为360度, 在无线遥控的控制下, 一个配减速器的马达, 可驱动主吊架在垂直轴线方向上作360度旋转, 总重约43t。

其他附件包括支腿、门式支架, 前、后辅助支腿、辅助吊架、悬吊装置等。

## 3.2.3 架桥机的组拼

## 3.2.3.1 拼装场地

组拼场地宜安排在工地附近。

## 3.2.3.2 拼装起重设备

(1) 架桥机小件及支腿采用一台IPD90履带吊机安装;

(2) 大横梁采用1台90t汽车吊安装;

(3) 主桁架台吊采用2台200t汽车吊安装;

(4) 主桁架空中对接采用1台120t汽车吊安装;

(5) 起重小车吊装采用1台200t汽车吊安装。

## 3.2.3.3 组拼流程

场地平整→墩顶牛腿安装→架桥机支腿安装→安装架桥机支腿小横梁→安装大横梁→安装台车→主桁架地面组拼→双机台吊安装中间(C段、D段、E段)主桁架→空中对接剩余主桁架→安装起重小车。

(下期待续)