

轨道交通工程连续梁挂篮悬臂施工方案

熊明宗

中铁十一局集团第二工程有限公司

摘要：悬挂篮是悬臂灌注施工方法中的重要设备之一，是能够根据轨道的移动进行活动的一种平台。它安装在已完成的悬臂梁段上，并借助精密轧制钢筋锚固到浇筑的梁体上。框架通过前后吊索、撑杆将吊篮外模板与吊篮下模板连接起来，逐步形成现浇梁工作平台，最终达到现浇悬臂施工标准。

关键词：轨道交通；连续梁挂篮悬臂；施工方案

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.24.048

一、工程概况

上海市轨道交通17号线西延伸工程（东方绿舟站—西岑站）（75+111+75）m连续梁主跨于P117#~P118#墩之间跨越G50高速，根据设计该处连续梁采用悬臂灌注法施工。连续梁的P117#、P118#主墩分别位于G50高速的两侧，G50沪渝高速在相交桥梁处为东西走向，桥梁与道路斜交约32°。

（75+111+75）m连续梁全长261m，中支点截面中心处梁高6.8m，中跨合龙段、边跨合龙段、边跨18.5m直线段截面中心处梁高为3.4m，梁底下缘按二次抛物线变化，边支座中心线距梁端0.5m，梁缝分界线至梁端0.07m。

梁体为单箱单室、变高度、变截面箱梁。桥梁建筑总宽9.826米。全联在端支点、中支点、13#块处设横隔板。

箱梁采用纵、横、竖向三维预应力体系。主桥箱梁中跨在111米的1/2长度内共分12个节段，其中0#块长12米，1#~12#块分别长3.45m×3+3.95m×4+4.35m×5。13#块合拢段为2.74米，14#块合拢段2.393m，边跨直线段18.5m。

二、挂篮结构形式

连续梁悬臂浇筑梁段采用全封闭菱形挂篮（单支挂篮自重51.1t）进行施工，挂篮由专业设计单位进行设计。根据相关的设计标准及要求，对于挂篮设计的总重与梁段，其混凝土的重量比值应在0.3~0.5之间；挂篮在施工和行走过程中的抗倾覆稳定系数应不少于2；在挂篮的结构中，锚固系统以及限位系统的安全系数应该控制为小于2。

挂篮进入到施工现场之后，应严格根据《钢结构工程施工及验收规范》进行验收工作，结构之间的焊缝需要根据设计图纸的要求完成实施，其他的施工设备也应有相关的质保书以及检验报告，如精轧螺纹钢、高强螺栓等特殊构件。

三、挂篮悬臂浇筑梁段施工

（一）挂篮悬臂浇筑梁段施工工艺流程

0#块施工完毕后，进行连续梁悬臂浇筑节段的施工。挂篮施工工艺流程为：挂篮系统拼装→绑扎底板、腹板钢筋→安装纵向、竖向预应力波纹管→安装内模板→绑扎顶板钢筋并安装预应力波纹管→进行梁段悬臂浇筑施工。当新浇梁段张拉锚固及孔道压浆后，挂篮向前移动就位进行下一个梁段施工，直至完成最后一个梁段的施工。

（二）挂篮结构设计

连续梁悬臂浇筑梁段采用全封闭菱形挂篮进行施工，挂篮由专业设计单位进行设计。按照设计及规范要求，挂篮的设计、制作重量与混凝土强度实际重量倍数的联系控制在0.3~0.5之间；挂篮施工时的倾覆阻力和慢行时的稳定计算公式不小于2；锚具系统和挂篮极限装置回收系统等基础结构的安全性和舒适性不应低于2。

挂篮进场后，应严格按照《钢结构工程施工及验收规范》进行验收，结构之间焊缝也需严格根据施工设计图纸进行，且其他精轧螺纹钢、高强螺栓等特殊构件在使用的过程中，也应严格质检，且需有相关的质保书和检验报告。

挂篮系统主要由主桁系统、行走系统、锚固系统、底篮系统、吊挂系统、平台操作及防护系统、模板系统（底模、外侧模、内模）等组成。

1. 对于挂篮来说，其核心受力构件是主桁系统，主要是由承重杆件、销轴、连接桁架以及前上横梁等组成。主桁利用型钢杆件和各节点采用销轴连接，形成了菱形或三角形样式的结构，从而方便了拆卸和运输。前上横梁则位于承重桁架前端，它是由型钢焊接而成的组焊件。

2. 对于行走系统来说，其主要组成部分有走行轨道、滑座、吊挂滚轮、轨道压梁、轨道垫梁等。轨道为双拼式钢制规模较大的双轨，主要用于挂篮卸载前移。当挂篮向前移动时，主千斤顶移动前支撑，滑座则与钢轨分离，将整个钢轨向前拖动然后锚固，然后将吊滚轮扣在钢轨上，主桁架就位在轨道上的支撑前沿下方。最后通过液压缸将吊篮向前推动。

3. 锚固系统为主桁系统的自锚平衡装置，主要由扁担梁、锚杆、螺帽、垫块等部分组成。

4. 底篮系统主要由前下横梁、后下横梁、底篮纵梁等部分组成，前下横梁和底篮纵梁均采用H型钢加工。

5. 吊挂系统主要由吊带、吊杆、吊具和T型吊架等部分组成。吊杆采用32mm高强精轧螺纹钢。

（三）挂篮安拆

1. 挂篮安装

0#梁段施工完毕后,在0#梁段上进行挂篮拼装,挂篮拼装由专业队伍进行,具体流程如下。

轨道安装→主桁架前支点、后锚点安装→主桁架安装→前横梁安装→吊杆安装→底模安装→侧模安装→内顶模安装

(1)在0#梁段梁顶安装走行轨道,在墩底分别预拼独立菱形挂篮主桁架,底模平台和外侧模。

(2)利用吊车将菱形主桁架吊装就位,然后吊装剩余挂篮主构件,在0#块上进行拼装,形成整体主构架。

(3)利用吊车将两侧的底模平台分别整体提升到位,然后拼装底模,再将外滑梁安装穿入外模内,通过倒链等辅助设施拖拉外模,使之就位。

2. 挂篮拆除

边跨挂篮拆除,直接在施工完成后利用塔吊及汽车吊配合进行原位拆除。中跨挂篮拆除,须在内模拆除完毕后,底篮系统、侧模和挂篮后退至0#块位置,在墩身附近进行拆除作业。挂篮后退与挂篮行走步骤基本相同,方向相反,挂篮前下横梁吊杆需移动至箱梁外侧。其步骤如下:

- (1) 拆除内模模板及内滑梁
- (2) 挂篮后退
- (3) 拆除侧模、底篮系统
- (4) 拆除上横梁及连接桁架
- (5) 拆除后锚系统、菱形架及走行钢轨

(四) 挂篮预压

1. 预压目的

悬浇段的混凝土质量和梁体的线性控制会受到挂篮弹性、杆件连接缝隙等原因的影响。在预应力混凝土和支点的整体反力作用下,悬浇段处于相当复杂的受力正常状态。由于支架的非均匀变形,导致支点附近的底板和肋板出现应力集中现象。因此,在挂篮安装完成后,需要施加加载进行预压。此举是为了确认挂篮的强度、刚度和稳定性,并消除其非弹性变形。同时,还可以计算出挂篮的弹性变形值以及对挂篮结构的安全性进行检验,从而避免安全事故的发生。

2. 预压荷载

挂篮底模的分配梁在完成安装之后,则需开始静载试验,消除吊篮在正常荷载状态下的非弹性变形,直接测量一般吊装的弹性变形,以便更合理配置未来悬臂浇注梁截面模具设计。吊篮静载试验中的地震作用值范围应为施工时挂篮受力方向最大施工荷载的1.2倍(位于1#节段)。

3. 预压的方法

预压方法采用预压块堆载,根据1#段梁段(1#段为悬浇段最重梁段)自重的60%、100%和120%分三次施加。施加压力前,在底模主要受力位置先安置观测点,然后进行标高和平面位置的测量。压重的先后顺序应按照混凝土浇筑的次序进行。先浇筑的部分先进行压重,后浇筑的部分则稍后进行压重。每一档次的负荷施加完

毕后,需静压重6小时,并进行变形观测。当挂篮预压荷载被完全加载后,需进行3次变形观测,分别在加载后的第6小时、第12小时和第24小时进行,当相隔24小时的预压沉降量观测平均值差异不超过2mm时,可以视为挂篮预压已经稳定,并且可以进行卸载操作。卸载后再次测量标高,通过计算加载前后的标高差来得出挂篮的变形量,从而作为设定预拱度的依据。

(五) 钢筋、预应力、混凝土施工

挂篮悬臂浇筑梁段钢筋、预应力、混凝土等施工工艺及方法与0#梁段相同,不再赘述。悬臂梁段施工时应注意以下几点。

1. 悬臂施工时,应对称进行,最大不平衡重不得大于20t。

2. 节段纵向钢筋伸出节段长度图纸按相同绘制。为满足施工规范规定,施工时,应调整使同一截面接头不超过接头总数的50%。

3. 对腹板束、顶板束在0#段管道中部设置三通管,边跨底板束在距支架约10m处管道周围设置三通管。若钢筋长度超过60m,应增设相距20m左右的三通管,以此来排气,从而确保灌浆的质量。

4. 挂篮前移时,纵向预应力筋必须张拉完成。

5. 主桥箱梁节段悬臂浇筑的立模标高应按第三方监测单位、设计单位要求执行,保证桥梁成桥线形符合设计工况。

(六) 挂篮走行

轨道利用梁体腹板内的竖向预应力 $\Phi 25$ 精轧螺纹钢进行锁定,采用连接套筒接长后使用轨道压梁固定轨道,根据轨道锚固安全要求,在行走状态必须保证行走轮两侧各锚固两根压梁。特别要注意精轧钢套筒连接处的检查,确保牢靠。

四、挂篮施工安全技术措施

(一) 挂篮拼装安全技术措施

1. 根据实际荷载进行加载试验和预压,以评估挂篮的设计强度、刚度和稳定性,并进行工艺试验以验证其走行性能。挂篮在走行和浇筑砼时,要保证抗倾覆稳定系数不低于2。在试验过程中,需有专人对挂篮各部位出现的变化进行详细的观察,从而确保其符合相关的安全技术标准。

2. 挂篮进场时,应该对其结构组件进行逐个验收,并在使用之前进行组装调试。在组装调试之后,应该仔细检查各个部件的连接是否牢固,接头的焊缝是否开裂,杆件是否变形,以及组件的稳定状态等现象。同时,还需要确保联接配件的齐全性和尺寸是否符合设计要求。如果发现问题,应该对其进行及时整改,禁止随意替代或盲目使用结构配件。

(二) 挂篮走行安全技术措施

1. 完成滑道的铺设之后,则要对滑道的水平度以及两侧之间的间距、顺桥方向的位置进行严格的检查工作,滑道两边的顶部高度差不能超过2mm。达到标准之后,则需利用长锚杆与梁体腹板处的竖向预应力筋(或

在预留锚固孔内精轧螺纹筋)进行连接,然后通过压梁来锚固滑道。单面滑道应至少设置7个锚固点(间距通常为50cm,特殊情况下不超过1m)。在放松支撑前的支脚千斤顶上,将挂篮后的锚点转移到主桁架后的锚(小车)位置,以便进行锚固转换,为滑移挂篮做准备。

2. 用后横梁吊杆(倒链辅助)吊住底篮,解除底模后端锚杆。

3. 将侧模板后端内支撑杆拆除,后端挂上外滑梁架,将外滑梁架后端上端固定在桥墩上。拆下内模滑梁后支撑杆,将内模滑梁后端用制作好的后滑梁框架吊挂,并将上端固定在桥墩上。

4. 拆除后锚前,要对反扣轮的各项部位进行严格检查,确保结构之间的连接稳定可靠,且能够在发现异常问题的情况下及时进行处理。

5. 在挂篮移动之前,需要对底模平台的水平进行调整,并完成对挂篮的位置检查,确保后端锚、固定和吊杆的安装牢固可靠。同时,还要检查挂篮上的安全网、钢筋头或其他绳索是否与箱梁钩挂结实。如果发现有问题,应立即处理。在遇到大风时,应立即停止挂篮的移动,从而确保其行走过程中的安全性。

6. 使用前检查挂篮的滑道是否平滑可靠,时刻关注滑道的稳定性,随时将后端枕垫移动到前方。如果滑道锚固解除后无法行走,则必须及时重新安装滑道锚固,确保主梁两端同时行走。

7. 在挂篮行走过程中,如果出现指挥工作人员给出的信号与操作工作人员意见不统一的情况,操作人员则需核实信号是否发出有误,指挥信号与指挥意图只能在一致的情况下挂篮才能完成继续行走。操作人员学听从指挥人员的指挥,但在接收到危险信号时,无论是谁发出的,操作人员都必须立即停止作业。为了确保挂篮移动的安全,2个千斤顶应尽量同步操作,并避免脉冲式行走。挂篮在移动过程中,需要使用2个手拉葫芦来稳定挂篮,并特别注意在下坡移动时要根据前端葫芦的收紧程度来调整同步放松的力度,从而能够防止溜滑事故发生。此外,滑道上所安装的限位装置必须稳定可靠。

8. 在挂篮行驶过程中,需要指定人员在挂篮前后进行观察和监听。一旦发现异常情况或者异常声音,应立即停止行驶,并采取相应措施修复故障。在挂篮滑移过程中,必须确保模板系统的高度适中,且模板上禁止堆放物品及工具等。

9. 为了确保位于同一T构上的两套挂篮移位时的安全性,必须要求它们进行同步对称的移动,且位移差不能超过30cm。另外,在移动过程中,挂篮的后部必须装有保险倒链,并且移动速度不能大于10cm/min。挂篮在开始行驶之前,所有乘坐挂篮的工作人员都需撤离到安全的地点,且挂篮行走时上面的位置是禁止站立及坐的。等挂篮完成就位之后,借助后结千斤顶转换锚具,将锚车的锚固力传递至主梁后锚。在锚柱上,安装下模板后,如发现箱形倒角,一定要加楔形垫片。侧模板和

内模板升起后,调整滑梁架位置。梁段混凝土浇筑、预应力和灌浆完成后,就能够进行下一个挂篮移动周期。

(三) 挂篮对称浇筑施工安全技术措施

1. 在进行悬臂浇筑时,若是桥墩两侧不对称荷载,则绝不能超出挂篮设计要求的平衡限重。

2. 钢筋施工:对称于节段的两侧不允许堆放偏载 $>2t$ 的钢材,吊装钢筋两侧要对称进行,不允许下坡端大于上坡端。绑扎钢筋两个组同时进行。

3. 模板施工:大小里程的两个工作面尽量同时立模,严禁在节段上堆放大于 $2t$ 的模板,做到两边对称作业。

4. 混凝土浇筑施工:两边对称注入混凝土时,使其误差被保持在 $20t$ 以内;在灌注混凝土时,需要专门的工作人员对两个工作面混凝土进度进行实时监控。

5. 预应力施工:为了避免不对称荷载,应当同时安放千斤顶和机具,确保每一边最多比另一边多一台千斤顶的重量。在进行压浆时,在墩顶上方尽量将压浆机具放置好。在张拉和压浆结束后,需要对称地撤离桥面。

6. 悬吊混凝土施工过程中,专人经常检查吊篮地脚螺栓、前后臂杆等主要受拉杆的使用情况,进一步增强千斤顶、链条、钢丝绳等设备的维护保养,发现异常情况则需及时处理。随着悬臂的逐渐延伸,箱内一定要及时安装通风、制冷、照明楼梯等设施,尤其是在夏季。

7. 对浇筑好的梁段两侧设置防护网

(四) 挂篮拆除施工安全技术措施

1. 应按照各自的顺序逐一进行挂篮拆除操作,保持基本对称。在进行作业之前,需完成对吊装机械和机具的安全检查工作,并在作业过程中,需有专人对地面和空中进行指挥。

2. 挂篮的拆卸属于高空作业。每一道工序都一定要认真检查、认真检查,然后才能进行下一道工序。作业人员一般应接受培训和防溺水安全教育,并采取安全措施,最终确保各项施工都能安全进行。

3. 拆除作业施工期间在桥梁和道路两侧设置安全标志、标牌和警示灯,标志标牌用于夜间作业时应有反光功能,并配施工信号灯。

4. 严格按照已从公路管理部门取得的施工许可证明中的内容施工,保证施工期间的通行安全。

5. 在夜间施工时,需按要求设置夜间照明设施,照明必须覆盖整个施工区域。

参考文献

- [1]李明.基于铁路连续桥悬臂施工的线形控制[J].工程机械与维修,2020(03)
- [2]周志成.80+100+80连续梁悬臂浇筑法施工技术[J].工程建设与设计,2018(17)
- [3]邢志辉.公路悬臂现浇连续刚构桥线形施工技术[J].交通世界,2018(18)
- [4]林荣光.大断面连续箱梁悬臂施工挂篮线形控制技术[J].公路交通科技(应用技术版),2016(01)