

# 高速公路桥梁预应力连续梁悬臂挂篮施工技术及管理探讨

潘南骁

云南交发项目管理有限公司 云南昆明 650000

DOI:10.32629/ems.v8i6.20531

**[摘要]** 悬臂挂篮施工技术是现代高速公路桥梁建设中常用的一种施工方法,特别适用于大跨度预应力混凝土连续梁桥。本文结合工程实践,系统介绍了悬臂挂篮施工的基本原理和工艺流程,重点分析了挂篮安装、混凝土浇筑、预应力张拉、挂篮行走等关键环节的技术要点。同时,从质量管理角度出发,探讨了施工过程中常见质量问题的成因及控制措施。希望可以为相关领域的研究提供参考和建议。

**[关键词]** 高速公路桥梁; 预应力连续梁; 悬臂挂篮; 施工技术; 质量管理

## 1、引言

大跨度预应力混凝土连续梁结构形式具有整体性好、行车舒适、维护成本低等优点,悬臂挂篮施工作为连续梁桥的主要施工方法,不需要在桥下搭设支架,对地形适应性强,施工过程中不影响桥下通行或通航,因此在实际工程中得到广泛应用。然而,悬臂挂篮施工工艺复杂、技术要求高,施工过程中的质量控制难度较大。因此,深入研究悬臂挂篮施工技术,加强施工过程中的质量管理,具有重要的现实意义。

## 2、悬臂挂篮施工技术要点

### 2.1 悬臂挂篮施工的基本原理

悬臂挂篮施工的核心思路是从桥墩顶部的0号块开始,向两侧逐段浇筑梁体。在0号块上安装挂篮,利用挂篮作为作业平台和承重结构,完成第1个梁段的钢筋绑扎、混凝土浇筑和预应力张拉。待该梁段达到规定强度后,将挂篮向前移动,继续浇筑下一个梁段,最后完成边跨和中跨的合龙。从受力角度看,已浇筑完成的梁段承担着挂篮和新浇混凝土的重量,梁体内部应力随施工进度不断调整<sup>[1]</sup>。

### 2.2 挂篮的选型与安装

挂篮的选型需要综合考虑桥梁跨径、梁段重量、现场条件等因素。目前工程中常用的有三角形挂篮、菱形挂篮和桁架式挂篮,其中三角形挂篮因受力合理、拆装方便、自重较轻而应用较广。选型确定后,挂篮在正式安装前应在地面进行试拼装,检查各杆件的尺寸匹配和连接可靠性。正式安装时,先在0号块顶面铺设行走轨道并调平,然后吊装主桁架就位,随后依次安装前后横梁、吊带系统、底模平台和侧模。

安装完毕后必须进行加载试验,通常采用堆载法或反力架法,加载重量取最大梁段自重的1.2倍。

### 2.3 混凝土浇筑施工

混凝土浇筑通常分两个阶段进行:先浇筑底板和腹板,后浇筑顶板。浇筑过程中必须保持左右两侧对称均衡,两侧混凝土方量差值控制在5%以内,防止挂篮偏载导致倾覆。混凝土坍落度宜控制在160至200毫米之间,坍落度过大会增大模板侧压力、容易漏浆,过小则影响振捣密实。振捣作业需要特别小心,底板和腹板区域钢筋密集、预应力管道纵横交错,应选用直径较小的振捣棒,避免直接碰撞波纹管 and 锚垫板。顶板浇筑完成后要及时进行二次收面,减少表面收缩裂缝。夏季施工时,混凝土入模温度不得超过30摄氏度,可采取加冰拌和或骨料降温等措施;冬季施工则需覆盖保温,防止早期受冻<sup>[2]</sup>。

### 2.4 预应力张拉与孔道压浆

预应力张拉的目的是给梁体建立有效的预压应力,提高抗裂能力。张拉前需要检查两点:一是混凝土同条件养护试块强度达到设计值的90%以上,二是养护天数不少于5天。张拉用的千斤顶和压力表要定期标定,压力表精度不低于1.0级。施工中采用双控方法,以张拉力控制为主,以伸长值校核为辅。实测伸长值与理论计算值的差值应保持在正负6%以内。如果超出这个范围,必须暂停张拉,找出原因并处理好之后才能继续作业。孔道压浆宜在张拉完成后的48小时之内进行,最晚不要超过7天。压浆料要选用专用的成品压浆剂,水胶比控制在0.26到0.28之间。压浆顺序从最低处

的孔道开始,逐步向高处推进,压浆压力取0.5至0.7兆帕,稳压时间不少于3分钟。压浆结束后及时封堵锚头,防止预应力筋接触潮湿空气而生锈。

### 2.5 挂篮行走与就位

一个梁段的所有工序完成后,需要将挂篮移动到下一个梁段的位置。行走之前的准备工作包括:解除挂篮的后锚固系统,松开各根吊带,让底模和侧模脱离梁体混凝土表面。在行走轨道上涂抹润滑剂减少摩擦阻力,用千斤顶或慢速卷扬机作为牵动力。行走速度要慢并且均匀,通常控制在每分钟0.1米左右。左右两幅挂篮应保持同步前移,两侧的前后距离差不宜超过20厘米。挂篮到达设计位置后,第一时间安装好后锚固装置,然后调整底模和侧模的标高以及轴线。模板调整的允许误差为:轴线位置偏差不大于5毫米,标高偏差在正负5毫米之内。调整结束后,对挂篮的所有连接节点、螺栓、焊缝进行一次全面检查,确认牢固可靠,才能开始下一个梁段的钢筋绑扎和混凝土浇筑<sup>[3]</sup>。

### 2.6 线形控制与施工监测

线形控制是悬臂施工中比较容易出问题的环节。造成线形偏差的原因比较多,比如梁体实际刚度与设计值存在差异、混凝土收缩和徐变的影响、温度变化引起的变形、挂篮自身的弹性变形等。为了把成桥线形控制好,需要建立一套完整的施工监测体系。监测内容包括:每个梁段施工前后的标高、桥梁轴线位置、关键截面的混凝土应力。标高测量最好安排在清晨气温相对稳定的时间段进行,因为温度对梁体的挠度影响很明显。每个梁段至少要测量4个关键节点:混凝土浇筑之前、浇筑之后、预应力张拉之前、张拉之后、挂篮行走之前、行走之后。把这些实测数据与理论计算值进行对比,分析偏差的大小和规律,然后调整下一个梁段的立模标高。实际工程中常用的控制方法有参数识别法、误差反馈修正法等,目的是让最终合龙时的线形满足设计要求。

## 3、悬臂挂篮施工质量管理

### 3.1 材料质量控制

悬臂挂篮施工涉及的材料种类较多,包括水泥、粗细骨料、普通钢筋、预应力筋以及配套的锚具等,每一样都要满足现行国家标准。水泥优先选用低碱含量的普通硅酸盐水泥,强度等级不宜低于42.5级,进场时要核对出厂合格证和批号,并取样复试安定性和胶砂强度。粗骨料的含泥量应控制

在1%以内,细骨料的含泥量不超过3%,骨料的级配曲线要符合连续级配的要求,否则容易造成混凝土离析或强度不足。预应力筋进场后先做外观检查,表面不得有裂纹、锈坑或机械划伤,然后按批次取样检验屈服强度、抗拉强度和伸长率,三项指标均达标后方可使用。锚具和夹具要检查外观和硬度,还要抽样做静载锚固性能试验,确保在张拉过程中不会出现滑丝或断丝。材料进场后要按规格、批次分开堆放,水泥和预应力筋要做好防潮防锈处理,存放区域保持干燥通风。领用材料时遵循先进先出的原则,避免存放时间过长导致性能下降。

### 3.2 施工过程质量控制

模板安装阶段主要检查三件事:模板表面的平整度、板块之间的接缝是否严密、脱模剂涂刷是否均匀。接缝处要粘贴双面胶条或海绵条,防止浇筑时漏浆,漏浆会造成混凝土表面出现砂线或者蜂窝。钢筋绑扎阶段,重点核对钢筋的间距、型号、数量和保护层垫块的布置情况。预应力波纹管的定位必须准确,定位钢筋每隔50到80厘米就要设置一道,间距太大会导致管道在混凝土冲击下移位。混凝土浇筑时,旁站人员要随时观察混凝土的坍落度和和易性,监督振捣作业,振捣棒要快插慢拔,避免漏振,也不能在同一位置停留过久引起过振和离析。每个梁段至少留置3组同条件养护试块,用来判断何时可以张拉。张拉作业开始前,要检查千斤顶和压力表的标定证书是否在有效期内,监督张拉顺序是否按照设计图纸执行,记录每一级的张拉力和对应的伸长值。压浆作业时,要检测浆液的流动度和泌水率,确认符合规范要求后才允许压浆。压浆过程要连续进行,不得中途停顿,排气管冒出浓浆后及时封闭,保证孔道内没有空气残留<sup>[4]</sup>。

### 3.3 常见质量问题及防治措施

第一,混凝土裂缝。这类裂缝多出现在腹板、底板和顶板表面,形状有纵向、横向和不规则网状几种。产生的原因比较复杂:混凝土配合比设计不合理,水泥用量偏大导致水化热过高;早期保湿养护跟不上,表面水分蒸发过快引起收缩裂缝;拆模时间太早,混凝土强度不足就承受了温度应力或施工荷载;预应力张拉不到位,梁体预压应力偏小,无法抵消拉应力。针对这些原因,可以采取几条防治措施。配合比设计时适当掺入粉煤灰或矿粉,减少水泥用量,降低水化热。浇筑完成后立即覆盖土工布并洒水养护,保持表面持续

湿润,普通天气养护不少于7天,干燥大风天气要延长到14天。侧模拆除时机以混凝土强度达到2.5兆帕为准,底模和承重模板必须在预应力张拉并压浆完成后才能拆除。张拉作业要严格按照双控要求进行,确保有效预应力达到设计值。

第二,线形偏差过大。成桥后梁底标高与设计标高相差较多,或者桥轴线出现折线形突变,影响行车平顺和结构受力。造成偏差的原因主要有:立模标高计算时对挂篮变形量估计不足,加载试验数据不准确;温度影响没有考虑到位,不同时段测量的标高校核结果不一致;施工监测频率太低,发现偏差时已经积累了多个梁段。防治措施包括:挂篮安装后必须做加载试验,测出弹性变形和非弹性变形的具体数值,用来修正立模标高计算公式。测量工作选择在清晨5点到7点之间进行,这个时段梁体温度比较均匀,变形相对稳定。每个梁段至少测量5个工况:挂篮行走后、钢筋绑扎后、混凝土浇筑后、张拉后、挂篮再次行走前。把实测标高与理论值对比,采用参数识别方法分析偏差规律,及时调整下一梁段的立模标高。

第三,预应力孔道堵塞或压浆不饱满。孔道堵塞会导致钢绞线无法穿入或者张拉伸长值异常。堵塞的主要原因是波纹管破损或接头处密封不严,混凝土浆液渗入管内。防治措施:波纹管接头要采用大一号的套管套接,套接长度不少于20厘米,两端用防水胶布缠绕三层以上。绑扎钢筋时注意不要踩踏波纹管,浇筑混凝土时振捣棒与波纹管保持10厘米以上的距离,严禁直接接触。压浆不饱满表现为孔道内存在空隙或水分,容易引起预应力筋锈蚀。解决这个问题的关键在于:压浆前用高压水冲洗孔道再用压缩空气吹干,清除内部杂物;浆液的水胶比严格控制在0.26至0.28,流动度在25秒以内;压浆过程中保持0.5至0.7兆帕的压力,并且在最高点设置排气管,待排气孔流出浓浆后再封闭,稳压3分钟以上才能停泵。

### 3.4 安全管理要点

悬臂挂篮施工属于高空临边作业,作业面狭窄、交叉工序多,安全风险比较突出。挂篮从安装、使用到行走、拆除的每一个环节,都要把安全措施落实到位。首先,挂篮的工作平台和走道周边必须设置高度不低于1.2米的防护栏杆,栏杆中间加设一道横杆,底部安装不低于18厘米的挡脚板。所有高处作业人员必须正确佩戴安全带,并将安全绳挂在牢

固的锚点上,不得低挂高用。后锚固系统是挂篮最重要的安全装置,每个后锚点至少设置2根精轧螺纹钢作为锚杆,锚固螺母要拧紧并加设双螺母防松。每天开工前,由班组长和安全员共同检查锚固螺母、连接销轴、吊带和焊缝,发现松动或开裂立即处理。行走轨道要铺设在经过找平的混凝土面上,轨道接头处用薄钢板垫平并压实,防止挂篮行走时出现起伏或卡顿。轨道压梁和轨道的连接螺栓每根都要紧固到位。遇到六级及以上大风、中雨及以上降雨、大雾能见度低于50米等情况,必须停止挂篮行走和高处作业,并将挂篮后锚加固。施工现场要建立日常隐患排查制度,上午和下午各巡查一次,重点检查受力杆件有无变形、吊带有无损伤、工作平台连接是否牢固<sup>[5]</sup>。新进场工人必须经过三级安全教育和岗位培训,熟悉挂篮作业的危险源和应急处置流程。每月组织一次应急演练,让作业人员掌握高处坠落、物体打击等情况的处理方法,提高现场自救和互救能力。

### 结语:

综上所述,悬臂挂篮施工技术在高速公路预应力连续梁桥建设中具有广泛应用,要保证施工质量,必须把握好挂篮安装、混凝土浇筑、预应力张拉、挂篮行走等各个环节的技术要点,建立完善的质量管理体系。施工过程中,要重视线形控制、应力监测和常见质量问题的预防,将质量控制贯穿于每一道工序、每一个环节,只有这样才能建出质量可靠、安全耐用的桥梁工程,为我国交通事业的发展贡献力量。

### [参考文献]

- [1]赵月昌. 桥梁连续梁施工技术质量控制措施研究[J]. 交通世界(下旬刊), 2020(5):110-111.
- [2]孔琦. 高速公路桥梁预应力连续梁悬臂挂篮施工技术[J]. 科学技术创新, 2026(1):134-137.
- [3]陈晋军. 高速公路桥梁工程中的预应力连续梁桥悬臂施工技术[J]. 智能建筑与工程机械, 2024, (7):19-21.
- [4]张旭. 预应力连续梁桥悬臂施工工艺模拟分析[J]. 交通世界, 2025(13):164-166.
- [5]徐嵩. 跨公路预应力桥梁悬臂浇筑连续梁施工[J]. 工程机械与维修, 2021(1):138-139.

作者简介:潘南骁(1994--),男,汉族,云南昆明人,本科,助理工程师,研究方向:公路工程。