

菱形挂篮悬臂施工技术和质量控制

朱银栋

浙江顺畅高等级公路养护有限公司, 浙江杭州 311305

DOI:10.61369/SE.2025070040

摘要 : 本文深入探讨公路施工中菱形挂篮施工技术与质量控制。阐述菱形挂篮在公路桥梁建设中的重要作用, 详细介绍其施工流程, 包括挂篮设计与加工、拼装、预压、行走、混凝土浇筑及拆除等环节。分析施工过程中的质量控制要点, 如材料质量把控、施工工艺规范、变形监测等。旨在为公路工程中菱形挂篮悬臂施工提供技术参考, 确保施工质量与安全, 提高工程建设水平。

关键词 : 公路施工; 菱形挂篮; 施工技术; 质量控制

Construction Technology and Quality Control of Rhombic Hanging Basket Cantilever

Zhu Yindong

Zhejiang Shunchang High-grade Highway Maintenance Co., LTD, Hangzhou, Zhejiang 311305

Abstract : This paper deeply explores the construction technology and quality control of diamond-shaped hanging baskets in highway construction. This paper expounds the significant role of rhombic hanging baskets in the construction of highway Bridges, and elaborately introduces their construction process, including the design and processing of hanging baskets, assembly, preloading, walking, concrete pouring and dismantling, etc. Analyze the key points of quality control during the construction process, such as material quality control, construction process standards, deformation monitoring, etc. It aims to provide technical references for the construction of rhombic hanging basket cantilevers in highway engineering, ensure construction quality and safety, and improve the level of engineering construction.

Keywords : highway construction; diamond-shaped hanging basket; construction technique; quality control

前言

在公路桥梁建设中, 为跨越山谷、河流、道路等复杂地形, 常采用悬臂浇筑法施工, 而菱形挂篮作为悬臂浇筑施工的关键设备, 因其结构简单、受力明确、操作方便等优点被广泛应用。合理运用菱形挂篮施工技术并严格控制施工质量, 对保证桥梁结构安全、施工进度及工程经济效益具有重要意义。本文结合工程实践, 对菱形挂篮施工技术和质量控制进行深入研究。

一、菱形挂篮施工技术

(一) 挂篮设计与加工

设计要点: 根据桥梁的结构形式、梁段重量、施工荷载等因素进行挂篮设计。确保挂篮的强度、刚度和稳定性满足施工要求, 同时考虑挂篮的行走、锚固、悬吊等系统的可靠性。例如在杭绍甬高速公路杭绍至绍兴段项目萧山四号桥主桥采用 90+160+90m 三跨预应力砼变截面连续梁, 桥梁位于圆曲线上, 腹板按照曲线线型布置, 采用单箱单室截面, 直腹板, 箱梁顶板宽 16.5m, 悬臂长 4m, 箱室底宽 8.5m。悬臂施工采用菱形挂篮进行施工。菱形挂篮菱形架采用双拼 [40 槽钢菱形桁架长 9.55m, 高 3.5m, 一个挂篮设置两个菱形桁架, 菱形架之间双拼 [28 和双

拼 [22 槽钢组成。平联与菱形主桁架之间采用焊接连接。菱形桁架的前支座箱体和后锚箱体采用厚度为 16mm 的钢板焊接而成。

在场内按照主桁系统、走行系统、锚固系统、底篮系统、吊挂系统、平台及防护系统、模板系统等部分加工完成。

加工要求: 挂篮各零部件的加工应严格遵守相关钢结构工程质量验收规范。对于重要的受力部件, 如前后下横梁、前上横梁及主桁下弦杆、斜撑杆、斜拉杆、吊带、吊耳、销轴等, 需进行超声波探伤检查, 探伤检验等级符合规范要求。所有孔眼采用钻(鑽)孔, 不得现场冲孔, 以保证孔壁及销轴光洁度。各销轴及孔径、端孔边距的加工误差控制在允许范围内。焊接构件制定合理的焊接工艺, 减少焊接变形, 重要焊缝能采用埋弧自动焊的均采用埋弧自动焊, 并进行超声波探伤检查。

（二）挂篮拼装

施工准备：0#块箱梁施工完成后，清理并平整箱梁顶面，采用M30高强水泥砂浆对行走轨道位置找平，确保各端主桁结构标高一致。复核砂浆层位置及顶面标高，保证两侧行走轨道稳固连接，按挂篮轨道线安装轨道垫梁，前支点处垫梁加密，布置5个垫梁，其余位置与压梁间距1m布置。安装轨道，轨道间用螺栓连接且保证安装顺直，调整轨道顶面保持水平，利用连接器接长竖向预应力钢筋锚固轨道，每条轨道锚固点不少于3处，安装挂篮前将行走小车车轮卡入轨道翼缘。

拼装步骤：从内侧至外侧逐片安装两侧挂篮，每片桁架设临时风缆保障稳定。后锚点、行走小车等通过销轴连接，拧紧前支点撑丝杆；锚杆接长后锚固于后锚点反力梁并施加规定预应力。安装主桁后吊装前横梁、穿插前吊带，底篮根据现场场地条件选整体或单根吊装，外模整体吊装，内模按顶模、侧模顺序安装。

拼装后全面检查连接牢固性与构件完好性。

（三）挂篮预压

预压目的：消除挂篮拼装时产生的非弹性变形，测出挂篮弹性变形值，为桥面线形控制提供依据，并检验挂篮整体受力情况，了解挂篮使用中的实际安全系数，确保安全可靠。通过挂篮预压来获取准确的变形数据，为后续桥梁节段施工的线形控制提供了关键参考，有效保障了桥梁的整体质量。

预压方法：挂篮预压采用砼预制块或铁块进行加压，预压按设计最大荷载的110%预压72小时。根据本桥每个节段的混凝土数量，选用最大节段荷载进行，预压时必须注意翼缘板部分与底板部分区别对待，根据各自梁体重量加载。预压采取分节加载及时观察，所有数据记录在案，并采取分节卸载观察主桁架在卸载过程中每个等级的弹性变形情况，以得到在混凝土浇筑过程中随着荷载增加挂篮主桁架的弹性变形数值，达到指导施工、控制施工标高的目的。加载时分级加载，按总荷载的20%、40%、60%、80%、100%、110%等6级进行加载试验，测试前后吊点的挠度，以指导立模标高。测点沿纵向布置3排，分别布置在节块两端及中间；横向布置5个点，分别布置在三条腹板中线及两侧翼缘板外边缘。通过精确控制加载过程，获取了挂篮在不同荷载下的变形数据，为后续施工提供了重要依据。

（四）挂篮行走

行走前检查：挂篮施工前全面检查主桁架各节点销轴、悬吊系统、锚梁、前支点和轨道等的连接情况，以及行走小车所处轨道翼缘顶板位置。确保各部件连接牢固，无松动、损坏等情况。在某桥梁挂篮行走前，施工人员利用扳手等工具对各连接部位的螺栓进行逐一紧固检查，利用探伤仪对关键销轴进行探伤检测，确保挂篮行走前各部件状态良好。

行走步骤：解除挂篮后锚固，启动行走系统，一般通过手拉葫芦拖动挂篮前支点使挂篮沿轨道前移。行走过程中，将主桁行走小车前后压紧轨道锚梁间距控制在规定范围内（如2.0m以内）。主桁借助前支点行走划船、后端行走小车以及手拉葫芦行走于铺设在箱梁顶面的轨道上，主桁小车车轮卡进轨道翼缘，保证行走安全可靠。同时，应安排人员密切关注挂篮行走状态，如有

异常及时停止调整。在挂篮滑移过程中，为了确保已浇注刚构的稳定性，必须保证同一墩位的两只挂篮应该同时向各自的下一梁段均衡移动，防止由于出现不平衡力而发生倾覆事故。挂篮移动中应注意保持挂篮在缓慢、均匀地移动，降低惯性冲击，有利于结构安全和施工安全，在平移中，当发现平移不均衡时，应控制两边的移动速度，防止出现挂篮移动方向发生变化，当挂篮移动困难时，应停止挂篮移动，并进行仔细检查，查看是否存在挂篮受阻现象，如存在，应清除障碍后再进行挂篮移动。

（五）混凝土浇筑

浇筑顺序：采用分层、分段浇筑方式，先浇筑底板，再浇筑腹板，最后浇筑顶板。底板横桥向由两侧向中间对称均衡进行，以防偏载；顶板横桥向由中间顶板向内侧顶板，再向外侧顶板对称进行。两悬臂端相连必须同时对称浇筑并保持相对平衡，腹板浇筑也必须保持两侧相对平衡。^[1]

浇筑过程控制：控制混凝土的浇筑速度和振捣力度，确保混凝土的密实度和强度。混凝土的分层振捣厚度要严格控制，宜薄不宜厚。插入式振捣器在振捣时要快插慢拔，分层振捣时厚度不要超过振捣棒长度的1.25倍，同时振捣棒插入下层5~10cm左右，插入点要均匀排列，做到不漏振，不重复振，每次移动距离不大于振捣器作用半径的1.5~2倍。每点振动时间20~30s，振捣时间掌握在混凝土表面呈水平状并不再显著下沉，不再出现气泡为止。初凝前做好二次收面，及时清理混凝土表面杂物。设专人实时检查模板及挂篮各受力部件有无变形，实时测量监控掌握挂篮与箱梁挠度变形，以便实时调整模板标高。混凝土灌注完毕后立即用通孔器检查管道，确保预应力管道畅通。梁段混凝土实际浇筑方量控制在设计方量的允许范围内（如103%以内），箱梁顶板正面混凝土浇筑的不平整度控制在规定值（如5mm）以内。

（六）挂篮拆除

按照“先装后拆，后装先拆”原则。先拆除模板系统，包括内模、外模等；再拆除悬吊系统、底篮系统；最后拆除主桁架及行走系统等。并进行对称、平衡、有序的操作。拆除前必须在相应位置提前预埋孔洞，后期卷扬机等拆除设备钢丝绳通过该预留孔下放挂篮。预留好人孔，内膜和内导梁系统解散后通过人孔外运，然后准备足够的卡环、导向滑轮、钢丝绳等。拆除前，对各类拆除设备进行检查，做好保养工作，拆除过程中，注意对构件的保护，避免碰撞损坏，同时设置安全警示区域，确保拆除作业安全。^[2]

二、质量控制措施

（一）材料质量控制

原材料检验环节，除基础检验流程外，需建立原材料全流程追溯体系。对钢材进场时的外观质量进行逐批检查，重点排查表面是否存在结疤、折叠、裂纹等缺陷，同时核对钢材的炉批号、规格型号与质量证明文件的一致性，杜绝“证物不符”情况。对于焊条，除确认型号匹配性外，还需检查其储存条件是否符合规范要求，避免因受潮、变质影响焊接质量，且使用前需按规定进

行烘干处理，并做好烘干记录。精轧螺纹钢进场后，除强度和锚固性能复验外，还需对其螺纹尺寸、表面光洁度进行抽样检查，确保后续张拉作业中与锚具的贴合度，防止因螺纹精度不足导致锚固失效。

构配件验收时，需制定专项验收标准，明确不同构配件的质量判定指标。对于销轴类构配件，除外观和尺寸检查外，还需采用磁粉探伤等检测手段，排查内部是否存在隐性裂纹；吊带除拉伸试验外，需测试其弹性模量和疲劳性能，确保在长期荷载作用下的稳定性。此外，构配件验收需实行“双人复核制”，验收人员与技术负责人共同签字确认，验收合格的构配件需分类存放并做好标识，标注验收日期、规格型号及合格状态，避免与不合格构配件混淆。^[3]

（二）施工工艺控制

焊接质量控制中，需在焊接前对焊接接头进行预处理，清除接头表面的油污、铁锈、氧化皮等杂质，保证焊接面的清洁度。针对不同厚度的钢材，需选择对应的坡口形式和焊接层数，避免因坡口设计不合理导致未焊透、未熔合等缺陷。焊接过程中，安排专职质检员全程旁站监督，实时记录焊接参数，形成焊接过程台账，便于后续质量追溯。对于无损探伤检测，需明确检测比例，重要受力焊缝的检测比例不低于100%，一般焊缝检测比例不低于20%，检测不合格的焊缝需制定返修方案，返修后重新进行检测，直至合格。

拼装精度控制前，需对拼装场地进行平整处理，设置坚实的拼装平台，确保平台平整度偏差控制在规定范围内，避免因场地不平导致拼装精度偏差。拼装过程中，采用全站仪、水准仪等高精度测量仪器进行实时监测，每完成一个拼装单元就进行一次精度复核，及时调整偏差。对于连接螺栓，需使用扭矩扳手按规定扭矩值分次拧紧，遵循“对称、分次”的拧紧原则，防止因单次拧紧力过大导致构件变形，拧紧后需做好标记，避免漏拧、错拧，同时定期对螺栓扭矩进行复查，防止螺栓松动。^[4]

（三）变形监测控制

监测点布置时，需结合挂篮结构受力特点和施工工况，优化监测点位置，确保监测数据能全面反映结构变形情况。在监测点安装过程中，采用可靠的固定方式，保证监测点在施工过程中不

松动、不位移，同时对监测点进行保护，避免因施工干扰导致监测点损坏。监测仪器需定期进行校准，确保测量精度符合要求，校准记录需存档备查。

监测频率需根据施工阶段的风险等级进行动态调整，在挂篮预压加载至设计荷载80%以上时，适当加密监测频率，每30分钟测量一次，实时掌握结构变形趋势；在挂篮行走过程中，采用实时动态监测技术，全程跟踪挂篮位移情况，确保行走同步性。监测数据需及时录入专业分析软件，通过对比设计值与实测值，分析变形原因，若发现变形超出允许范围，立即暂停施工，组织技术人员制定整改措施，待变形稳定并符合要求后，方可继续施工。同时，建立监测数据预警机制，设定预警值和限值，当监测数据接近预警值时，及时发出预警信号，提前采取预防措施。^[5]

（四）质量验收控制

分项工程验收需构建“分层验收+责任到人”机制，每个分项工程验收前，施工单位需先完成自检，自检合格后提交验收申请，并附上完整的自检记录、检测报告等支撑资料。验收时，由建设、监理、施工三方共同组成验收小组，对照设计图纸和《公路桥涵施工技术规范》等标准，采用现场实测、资料核查相结合的方式开展工作。例如检查挂篮制作分项时，除复核结构尺寸偏差是否在允许范围内，还需核查焊接质量检测报告、原材料复验报告的完整性与有效性；验收预压分项时，需重点核对预压荷载值、持荷时间、变形稳定情况是否符合设计要求，确保预压达到消除非弹性变形、验证承载能力的目的，若分项验收存在局部不合格项，需明确整改责任人与整改时限，整改完成后重新组织验收，严禁“带病”进入下道工序。

竣工验收：在整个桥梁悬臂浇筑施工完成后，对挂篮施工质量进行竣工验收。对挂篮拆除后的现场进行检查，对施工过程中的质量控制资料进行审查，确保挂篮施工质量符合设计和规范要求。挂篮施工技术在公路桥梁悬臂浇筑施工中具有重要地位，通过合理的设计、精确的施工和严格的质量控制，能够确保桥梁施工的安全和质量。在施工过程中，要重视施工技术的应用，严格把控各个施工环节，加强质量控制的落实。同时，不断总结经验，对施工技术和管理方法进行优化和改进，以提高公路桥梁工程的建设水平，为交通事业的发展提供可靠的保障。

参考文献

- [1] 邓威.菱形挂篮悬臂浇筑施工技术应用探讨 [J].西部交通科技, 2016(1):67~69.
- [2] 崔学民, 聂桂兰, 王鑫.菱形挂篮在桥梁悬臂浇筑施工中的应用 [J].中国西部科技, 2009, 8(14):27~28.
- [3] 文斌.乐宜高速新民岷江特大桥菱形挂篮施工技术 [J].山西建筑, 2011, 37(3):170~172.
- [4] 陈玉清, 肖飞, 文帆川, 顾箭峰.连续刚构桥悬浇施工菱形挂篮下挠过大分析 [J].四川理工学院学报(自然科学版), 2013, 26(4):61~65.
- [5] 卿高国.菱形挂篮在悬臂现浇箱梁施工中的应用 [J].工程技术研究, 2021, 6(13):99~100.