

浅谈钢桁梁桁片整体焊接、吊装施工技术应用

常云云 李 鹏

陕西煤业化工建设（集团）有限公司路桥分公司 陕西 西安 710021

摘 要：钢桁梁桁片作为钢桁梁结构的核心组成单元，其整体焊接与吊装施工质量直接决定桥梁工程的安全性和稳定性。本文阐述了钢桁梁桁片的结构组成、受力特点及施工核心要求，重点探讨整体焊接与吊装施工的前期准备、核心技术应用要点、质量控制及安全防护措施，结合实操规范明确各环节技术标准，解决施工中常见的焊接缺陷、吊装姿态控制等问题，为同类钢桁梁桁片施工提供可借鉴的实操经验，保障施工高效、安全、有序推进。

关键词：钢桁梁桁片；整体焊接；前期准备；吊装施工；技术应用

引言：随着路桥工程建设向大型化、复杂化发展，钢桁梁结构因刚度大、承载能力强、适用范围广，在各类桥梁工程中应用日益广泛。钢桁梁桁片的整体焊接与吊装是施工核心环节，直接影响工程施工进度和质量，当前部分工程仍存在焊接缺陷、吊装精度不足、安全隐患等问题。基于此，结合施工实践，系统梳理钢桁梁桁片整体焊接与吊装的前期准备及核心技术，明确操作规范和质量验收标准，对提升施工技术水平、规避施工隐患具有重要现实意义。

1 钢桁梁桁片相关基础理论

1.1 钢桁梁桁片结构组成与受力特点

钢桁梁桁片是钢桁梁的核心组成单元，主要由上弦杆、下弦杆、腹杆及节点板构成，各构件通过焊接或螺栓连接形成整体受力体系。上弦杆与下弦杆承担纵向拉力和压力，腹杆分为斜腹杆和竖腹杆，分别承受剪力和轴力，节点板则起到连接各构件、传递荷载的作用。其受力特点呈现明显的空间协同性，荷载通过节点板传递至各构件，需保证各部位受力均匀，避免局部应力集中，同时需兼顾结构的整体刚度和稳定性，满足施工及运营阶段的受力要求。

1.2 钢桁梁桁片施工核心技术要求

钢桁梁桁片施工需遵循“精度控制、质量达标、安全可控”的核心原则，重点满足三方面要求。（1）构件精度要求，桁片各构件的尺寸、角度需严格符合设计规范，偏差控制在允许范围内，确保装配贴合度；（2）焊接质量要求，焊接接头需达到设计强度，无裂纹、气孔等缺陷，保证连接可靠性；（3）吊装适配要求，桁片整体重量、尺寸需与吊装设备性能匹配，施工过程中需控制桁片姿态，避免变形或损坏，同时满足现场施工环境

的安全管控要求。

1.3 整体焊接与吊装技术的适配性分析

整体焊接与吊装技术的适配性是钢桁梁桁片施工顺利推进的关键。焊接质量直接决定桁片整体刚度和承载能力，若焊接存在缺陷，会导致桁片吊装过程中易发生变形、断裂，因此焊接施工需提前结合吊装荷载设计工艺参数。吊装作业需根据焊接完成后的桁片重量、重心位置设计吊点和索具，控制吊装速度和姿态，避免吊装过程中对焊接接头产生额外应力^[1]。

2 钢桁梁桁片整体焊接施工前期准备

钢桁梁桁片整体焊接施工前期准备需围绕材料、设备、构件、人员四大核心维度有序开展，具体如下：（1）焊接材料选型与质量管控。选用的焊条、焊丝、焊剂需与桁片钢材材质匹配，符合设计及规范要求，进场时需查验产品合格证、检测报告，抽样进行力学性能试验，不合格材料严禁投入使用。同时做好材料存储管理，分类存放于干燥、通风库房，避免受潮、锈蚀，确保焊接材料性能稳定。（2）焊接设备调试与参数设定。根据焊接工艺要求，选用合适型号的焊机、焊枪等设备，进场后全面检查设备性能，重点调试电流、电压、焊接速度等核心参数，确保设备运行稳定。调试完成后进行试焊，验证参数合理性，及时调整优化，保障焊接过程连续、稳定。（3）桁片构件预处理与装配。对桁片各构件进行除锈、除油处理，去除表面氧化皮、油污等杂质，保证焊接接触面洁净。按照设计尺寸进行构件装配，精准控制装配间隙、错边量，采用临时固定措施加固，防止焊接过程中构件移位，确保装配精度符合要求。（4）作业人员准备。焊接作业人员需具备相应资质证书，岗前进行技术交底和实操培训，明确焊接工

艺要求、质量标准及安全注意事项,考核合格后方可上岗,确保作业人员熟练掌握焊接操作技能^[2]。

3 钢桁梁桁片整体焊接核心施工技术应用

3.1 整体焊接工艺方案设计

整体焊接工艺方案需结合桁片结构尺寸、钢材材质及现场施工条件编制,核心内容如下:(1)焊接方法选择。根据桁片构件厚度、接头形式,优先选用埋弧焊、气体保护焊,节点部位采用手工电弧焊辅助,确保焊接效率与质量。埋弧焊用于弦杆、腹杆等长直焊缝,气体保护焊用于中等厚度构件拼接,手工电弧焊用于节点等复杂部位补焊。(2)焊接顺序确定。遵循“对称焊接、分层分段、先主后次”原则,先焊接弦杆对接焊缝,再焊接腹杆与节点板连接焊缝;同一构件采用对称施焊,避免焊接变形,分段焊接时控制每段长度,预留收缩量,确保整体尺寸精度。(3)焊接参数明确。根据焊接材料、构件厚度设定参数,埋弧焊电流控制在500-600A,电压30-36V,焊接速度30-40cm/min;气体保护焊电流200-250A,电压22-28V,保护气体流量20-25L/min,参数需经试焊验证后确定。

3.2 关键部位焊接操作要点(节点、拼接处)

关键部位焊接质量直接决定桁片整体性能,操作要点如下:(1)节点焊接。节点板与弦杆、腹杆连接部位,先清理接头间隙,确保间隙控制在2-4mm,采用多层多道焊,第一道焊缝打底,控制电流不宜过大,避免烧穿;后续焊缝分层施焊,每道焊缝焊完后及时清渣,确保层间贴合紧密,焊缝成形均匀。(2)拼接处焊接。弦杆、腹杆拼接部位,先对接口进行坡口处理,坡口角度控制在60-70°,钝边2-3mm;焊接时采用双人对称施焊,控制焊接速度一致,避免出现错边、未焊透等缺陷,拼接焊缝需与构件轴线保持垂直,确保受力传递顺畅。

3.3 焊接过程质量控制与缺陷预防措施

焊接过程质量控制贯穿施工全程,缺陷预防重点如下:(1)过程质量控制。安排专人全程监护焊接过程,检查焊接参数执行情况,及时纠正违规操作;控制焊接环境,温度低于0℃时采取预热措施,预热温度不低于150℃,雨天、大风天严禁露天施焊,避免影响焊接质量。(2)常见缺陷预防。针对裂纹缺陷,焊接前彻底清理接头杂质,控制焊接冷却速度,避免骤冷骤热;针对气孔缺陷,确保焊接材料干燥、保护气体纯度达标,焊接时避免空气侵入焊缝;针对未焊透缺陷,精准控制坡口尺寸和焊接电流,确保焊缝熔深符合要求。

3.4 焊接后检测与验收标准

焊接完成后需按规范开展检测验收,具体要求如下:(1)外观检测。焊接完成后冷却至室温,检查焊缝外观,表面无裂纹、气孔、夹渣、未焊满等缺陷,焊缝成形规整,余高控制在2-4mm,咬边深度不超过0.5mm,长度不超过焊缝总长的10%。(2)内部检测。采用超声波检测为主、射线检测为辅的方式,对焊缝进行内部检测,超声波检测覆盖率100%,射线检测抽样比例不低于30%;检测结果需符合《钢结构焊接规范》要求,不合格焊缝需彻底返修,返修后重新检测直至合格。(3)验收流程。检测合格后,整理焊接记录、检测报告等资料,报监理单位验收,验收合格后方可进入下一道工序,所有资料留存归档,确保可追溯^[3]。

4 钢桁梁桁片整体吊装施工前期准备

钢桁梁桁片整体吊装前期准备需围绕设备、场地、索具、人员四大核心:(1)吊装设备选型与验算。根据桁片整体重量、吊装高度及现场作业空间,选用塔吊、履带吊等适配设备,明确设备型号、额定起重量及工作半径。对设备起重量、起升高度、稳定性进行验算,确保满足吊装荷载要求,进场后检查设备制动、变幅、起升等系统性能,调试合格后方可投入使用。(2)吊装场地规划与处理。清理吊装作业区域障碍物,划分作业禁区,设置警示标识。对吊装设备站位区域进行地基处理,铺设钢板或碎石垫层,压实平整,验算地基承载力,防止吊装过程中设备沉降、倾斜,保障作业安全。(3)吊点与索具设计安装。根据桁片重心位置、结构形式,设计对称吊点,吊点位置避开焊接接头及薄弱部位,采用专用吊具连接。选用的钢丝绳、卸扣等索具,规格需与吊装荷载匹配,进场后查验合格证明,进行载荷试验,安装时确保索具与桁片接触部位加设防护垫,防止损伤构件。(4)技术与人员准备。编制专项吊装施工方案,明确吊装流程、参数及安全措施,报监理单位审批后,对作业人员进行技术交底。吊装指挥、操作人员需具备相应资质,岗前开展实操培训,明确岗位职责,考核合格后方可上岗。

5 钢桁梁桁片整体吊装核心施工技术应用

5.1 整体吊装流程与操作规范

整体吊装需严格遵循既定流程,规范操作步骤,确保吊装作业有序推进,具体如下:(1)吊装前检查。吊装作业前,再次核查吊装设备性能、索具连接可靠性,确认桁片吊点固定牢固,清理作业区域无关人员及障碍物,检查警示标识、防护措施到位情况,指挥人员、操

作人员到位后,下达吊装指令。(2)试吊操作。启动吊装设备,缓慢起升桁片,当桁片离开地面 10-20cm 时停止起升,停留 5-10 分钟,检查设备受力、索具拉伸、桁片姿态情况,确认无异常后,方可进行正式吊装。(3)正式吊装与就位。正式起升时,控制起升速度不超过 0.5m/min,平稳起升至设计高度,缓慢调整设备变幅、回转,将桁片转运至安装位置。就位时,缓慢下放桁片,调整桁片水平度、垂直度,对准安装基准线,确保就位精度符合要求后,临时固定。(4)吊装收尾。桁片就位固定完成后,缓慢松开索具,检查索具与桁片分离情况,避免损伤构件,随后将吊装设备转移至指定位置,清理作业区域,整理吊装工具。

5.2 吊装过程中的姿态控制与精度调整

吊装过程中,桁片姿态控制与精度调整是核心,直接影响安装质量,具体操作要点如下:(1)姿态控制。采用对称吊装方式,确保桁片起升过程中受力均匀,避免出现倾斜、扭转。吊装过程中,指挥人员实时观察桁片姿态,通过调整吊装设备变幅、回转速度,及时纠正桁片偏移,确保桁片始终保持水平状态。(2)精度调整。就位前,采用水平仪、经纬仪等仪器,测量桁片的水平度、垂直度及安装位置偏差,偏差控制在规范允许范围内。若出现偏差,通过微调吊点受力、设备位置,逐步校正,确保桁片就位精度,避免强行就位导致构件变形。(3)重心控制。吊装过程中,始终关注桁片重心变化,避免因重心偏移导致吊装失衡。若桁片出现重心偏移,及时调整索具长度、吊点位置,确保重心与吊装中心线重合,保障吊装平稳^[4]。

5.3 吊装过程安全防护措施

吊装作业风险较高,需落实全方位安全防护措施,防范安全隐患,具体如下:(1)人员防护。作业人员必须佩戴安全帽、安全带,高空作业人员需系挂安全绳,严禁违规作业、酒后作业。吊装指挥人员需站在视野开阔、安全的位置,使用标准指挥信号,确保操作人员准确接收指令。(2)设备防护。吊装过程中,安排专人监护设备运行状态,实时检查设备制动、起升、变幅系统,若出现异常声响、故障,立即停止吊装作业,排查故障并调试合格后,方可继续作业。(3)现场防护。作业区域设置硬质围挡和警示标识,严禁无关人员

进入作业禁区。吊装过程中,避免桁片下方站人,若需高空配合作业,需搭设安全操作平台,确保作业人员安全。(4)应急防护。提前制定吊装应急处置方案,配备应急物资,针对吊装失衡、设备故障、构件坠落等突发情况,明确应急处置流程,确保突发情况发生时,能够及时有效处置,减少损失。

5.4 吊装就位后的固定与衔接工艺

桁片吊装就位后,需及时落实固定与衔接措施,确保构件稳定,为后续施工奠定基础,具体如下:(1)临时固定。就位后,采用临时支撑、抱箍等措施固定桁片,临时支撑需设置在桁片薄弱部位,确保支撑牢固,防止桁片移位、倾倒。临时固定完成后,再次检查固定可靠性,确认无松动后,方可松开索具。(2)永久衔接。临时固定后,开展桁片与已安装构件的衔接施工,衔接部位采用焊接或高强度螺栓连接,焊接需遵循相关工艺要求,确保焊接质量;螺栓连接需按设计扭矩拧紧,做好螺栓紧固记录。(3)衔接验收。衔接施工完成后,检查衔接部位的安装精度、连接可靠性,采用仪器测量衔接处的偏差,核查焊接质量、螺栓紧固情况,验收合格后,拆除临时固定设施,进入下一道施工工序。

结束语

钢桁梁桁片整体焊接与吊装施工是一项系统性工程,需严格把控前期准备、核心施工、质量检测等各个环节,确保焊接质量达标、吊装作业安全精准。本文详细阐述了焊接与吊装的关键技术要点及管控措施,有效解决了施工中常见的技术难题。实践表明,严格落实各环节技术规范,加强焊接与吊装技术的协同配合,可显著提升施工效率和质量。

参考文献

- [1] 孔德超. 香山大桥钢桁梁桁片连续匹配拼装工艺研究 [J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(2):0037-0041.
- [2] 孙亮. 大跨度钢桁拱桥设计关键技术 [J]. 城市道桥与防洪,2021(4):61-64.
- [3] 韩永胜, 吴泽鹤, 邱礼钿, 王博, 黄智航. 大跨度钢桁梁双节间节段整拼技术 [J]. 世界桥梁,2026,54(2):45-51.
- [4] 陈平, 方伏浪, 丁仕洪. 玉磨铁路元江特大桥钢桁梁悬臂架设关键技术 [J]. 桥梁建设,2021,51(5):123-129.