铁路特大桥门式墩钢盖梁施工全过程风险管理

吴海明
珠海东方重工股份有限公司，广东 珠海 519000
DOI:10.61369/ETQM.2026080011

摘　　要： 铁路特大桥门式墩钢盖梁施工上跨既有线，安全风险高。以新建珠肇高铁江门水道特大桥53–56号墩工程为例，分析施工准备、制作、运输吊装、现场焊接各环节风险，识别出吊装倾覆、高空坠落、营业线干扰、焊接变形等风险源，提出组织保障、技术控制、监测预警、应急响应等措施。风险管理关键在于风险辨识的前瞻性、控制措施的针对性与应急机制的有效性，可为同类跨线桥梁施工提供参考。

关 键 词： 门式墩；钢盖梁；风险管理

Risk Management Throughout the Entire Construction Process of Steel Cover Beams for Portal Piers of Railway Super Major Bridges

Wu Haiming
Zhuhai Dongfang Heavy Industry Co., Ltd., Zhuhai, Guangdong 519000

Abstract: The construction of steel cover beams for portal piers of railway super major bridges involves high safety risks when crossing existing lines. Taking the construction of piers 53–56 of the Jiangmen Waterway Super Major Bridge on the newly–built Zhuhai–Zhaoqing High–Speed Railway as an example, this paper analyzes the risks in various stages including construction preparation, fabrication, transportation and hoisting, and on–site welding. It identifies risk sources such as hoisting overturning, falling from heights, interference with operational lines, and welding deformation. Measures such as organizational support, technical control, monitoring and early warning, and emergency response are proposed. The key to risk management lies in the forward–looking nature of risk identification, the pertinence of control measures, and the effectiveness of emergency response mechanisms. This can provide a reference for similar cross–line bridge constructions.

Keywords: portal pier; steel cover beam; risk management

引言

随着铁路建设快速发展，新建线路与既有线交叉跨越日益增多。门式墩结构简洁、受力明确、施工周期短，在跨越既有铁路、公路时应用广泛。钢盖梁作为门式墩的关键承重构件，其施工质量直接关系桥梁结构安全。跨线施工条件下，钢盖梁吊装面临营业线行车、高空防护、大型机械管控等多重挑战，风险因素交织叠加，任一环节失误均可能引发安全事故。因此，对钢盖梁施工全过程开展系统性风险管理研究，具有重要工程实践意义。

一、项目概况与风险特征

（一）工程背景

新建铁路珠肇高铁江门至珠三角枢纽机场段变更设计江门水道特大桥53号至56号墩门式墩钢盖梁工程，位于江门市新会区。工程主要内容为四座门式墩钢盖梁的制作、运输、吊装、焊接及涂装施工。钢盖梁采用Q370qDNH耐候钢材质，盖梁高度2.8米、宽度3.3米，钢柱外包混凝土厚度为横向40厘米、顺桥向30厘米，混凝土墩柱尺寸为3.4米乘3.9米。主要构件包括顶板、底板、腹板、隔板等板单元，板厚介于18毫米至32毫米之间。四座钢盖梁总重量达717吨，单座最重约183吨。

（二）主要风险源识别

项目部组建应急救援指挥领导小组，由项目经理任组长，项目总工与安全总监任副组长，各部门负责人为成员。领导小组下设应急救援办公室，由安环部兼管日常工作。应急救援队伍按专业划分为通讯联络、治安、抢险、抢修、后勤保障等分队，明确各队职责与人员构成。组长负责下达与解除救援命令，副组长协助组织，各部门依分工履职。应急响应启动后各专业队伍十五分

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

钟内集合待命，快速展开救援。

二、施工准备阶段风险管理

（一）技术方案评审

施工准备阶段的技术风险管理，核心在于方案的科学性与可行性。钢盖梁吊装方案须经施工单位技术部门组织安全、质量、技术等专业人员进行审核，由施工单位技术负责人签字后方可实施。专项施工方案编制完成后，组织专家论证评审，重点审查吊装设备选型、地基承载力计算、吊耳布置、索具选用、工况分析等内容。方案中明确天窗点作业流程、时间节点控制、人员分工及应急措施，确保施工组织有序。图纸会审环节由项目总工程师组织技术人员学习设计图纸，对尺寸、坐标、标高、设计说明等内容认真核对，形成图纸自审纪要，经设计、监理、业主确认后作为施工依据[1]。

（二）人员资质管控

施工人员专业能力关乎风险防控成效。作业人员准入制度明确特种作业须持证，焊工按类别与位置分别培训考核，停焊超六个月者重考，驻站联络员与现场防护员经铁路局培训考试合格后上岗。开工前由技术负责人组织交底，再由工长向班组传达，确保作业人员掌握工艺流程与应急措施。

（三）设备与材料检验

设备与材料的质量状况是风险防控的基础。吊装设备进场前须检查产品合格证及有效的检验检测报告，自检合格后方可投入使用。起重机械的制动器、限位器、安全装置须灵敏可靠，钢丝绳出现断丝、锈蚀、磨损超标、死弯、绳心挤出等情况时须立即更换。焊接材料进厂时须有生产厂家出厂质量证明，并按现行标准进行复验，焊条药皮剥落、变质、生锈的不得使用。钢材进厂后检查外观、规格，进行化学成分及力学性能复验，合格后方可入库。吊耳、索具等吊装附件须经探伤检验合格后方可投入使用。

三、加工制作阶段风险控制

（一）板单元制造精度控制

钢盖梁遵循“板、板单元、节段总装”的制造顺序，板单元尺寸精度决定总拼质量。切割工序按焊接条件预留收缩余量，严格控制板块公差。顶板与底板单元在划线平台打出基准线、隔板与加劲肋定位线并作钢印标记，便于总拼时精准对位。板单元组拼在专用支架上采用反变形技术抵消焊接角变形，隔板单元以刚性固定控制收缩变形。单元完成后校正平直度，及时修正缺陷。

（二）焊接工艺评定与过程控制

焊接工艺评定是质量保障的基础。根据设计图纸与规范编制评定方案，经专家评审后逐项开展试验，涵盖各类接头的力学性能与宏观断面酸蚀检测。评定合格后形成工艺指导书，指导现场作业。焊接过程严格把控线能量，采用小电流、快速焊、多层多道工艺，并控制层间温度。施焊顺序对称于桥轴线，均匀同步进行。焊缝完成后检查外观并开展无损探伤，一级焊缝全部采用超声波探伤[2]。

（三）吊耳与码板安装质量

吊耳布置位置经CAD软件三维模拟计算确定梁段重心，吊耳设置在梁段强结构位置，即腹板与隔板交叉处，确保受力传递路径可靠。吊耳与母材之间采用熔透焊接，按全熔透一级焊缝要求进行探伤检测，合格后方可投入使用。码板作为临时固定措施，其焊接质量同样遵循正式焊缝要求，定位焊长度50至100毫米，间距400至600毫米，焊脚尺寸不得大于设计焊脚尺寸的二分之一。吊耳、码板切割时采用气割方式，沿焊缝边缘画出切割线切除，碳刨清除切割留根时预留30毫米后用打磨机磨平，防止损伤母材。

四、运输与吊装阶段风险防控

（一）运输过程安全保障

钢构件运输选用平板车或抽拉轴线车，提前勘察行驶路线，明确路面宽度、转弯半径、桥梁限载与架空线高度等条件。装车时在构件与车体间放置缓冲材料，超宽超高车辆设置明显标识并安排专人负责。构件到场后及时卸货、分区堆放，避免二次倒运带来的安全风险。

（二）地基处理与设备选型

吊装作业地基承载力须满足设备要求。160吨汽车吊自重70吨，配重55吨，支腿下铺设2.7米乘2.2米路基板，经计算地基承载力需达到160千帕。400吨履带吊自重350吨，配重270吨，路基箱尺寸6米乘2米共四块，接地面积48平方米，计算地基承载力需达到260千帕。施工前对吊装区域进行碾压夯实处理，经检测达到承载力要求后方可进行吊装作业。吊装设备选用根据构件重量和工作半径确定，GGL-2、GGL-3节段重21吨采用160吨汽车吊，吊装半径12米；GGL-1a重93.8吨、GGL-1b重53.84吨采用400吨履带吊；GGL-1整体重148吨采用400吨履带吊带超起工况，工作半径20米。

（三）吊装作业过程控制

吊装作业执行试吊流程，构件起升离地半米时暂停，检查吊车支腿、吊钩、钢丝绳、吊耳状态，确认无误后方可继续起吊。起升速度控制在每分钟1.25米以内，构件升至超过既有设备半米后停止，等待封锁停电指令。钢丝绳与水平面夹角保持六十度以上，采用四绳起吊且吊点对称，确保构件平稳。钢盖梁就位后使用千斤顶与码板微调标高、中线及梁缝宽度，误差控制在设计允许范围内，经检查合格后摘钩[3]。

（四）营业线施工防护

营业线施工防护是跨线吊装的关键环节。施工前获取安全施工许可，与铁路设备管理单位签订配合与安全协议。施工计划通过审批后执行，未批准的项目不得施工。驻站联络员提前到达车站行车室核对计划，确认现场准备就绪后登记要点。现场防护员在施工点两端按规定设置减速与停车信号，曲线视线不良时增设中间防护员。施工期间驻站联络员与现场防护员保持通话，及时掌握列车运行情况。天窗点施工时，封锁命令下达且接触网停电后方可吊装。施工完成后检查线路是否具备放行条件，人员、机具、材料全部撤出限界，方可销记。

五、现场焊接与安装阶段风险控制

（一）焊接变形与线型控制

综合措施控制钢盖梁焊接变形。顶板与底板对接选用埋弧自动焊，端部预留段与下段同步施焊。腹板与顶底板采用气体保护

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

半自动焊，正面焊后反面清根。横隔板焊缝从桥轴中心向两侧分段施焊。焊接顺序遵循对称原则，先底板后侧面，侧面由两侧向中间对称施焊。用全站仪和水准仪监测标高、中心线偏差等参数，调整焊接参数与顺序，焊后测量变形，为后续安装提供预控数据。

（二）高强螺栓连接与剪力钉施工

高强螺栓用于连接钢柱与预埋板，孔位配钻以保证安装精度。钢柱就位后按调整标高、扭转、垂直度的顺序校正，配合钢楔、垫板、撬棍及千斤顶等工具。校正完毕焊接钢柱与预埋钢板接缝，再浇筑柱内混凝土固定。剪力钉焊接前开展工艺试验，参数经评定确认后方可施工。焊接时从构件长度方向中心向两侧展开，接地导线对称布置。剪力钉底角形成三百六十度周边焊角，焊缝平均直径不小于二十七点五毫米。随机抽取总数百分之三的剪力钉进行三十度弯曲检验，焊缝与热影响区无肉眼可见裂纹即为合格[4]。

（三）高空作业防护措施

高空作业平台搭设严格遵循安全规范。钢盖梁顶部设置临边护栏，护栏底角设置踢脚板，防止工具、螺栓等小型物件坠落。箱内爬梯采用方钢管焊接，施工人员系好安全带后通过爬梯进入箱梁内部作业。人孔临时盖板采用钢筋格栅结构铺设防坠网，防止人员意外跌入。跨线施工区域采用密目网进行全封闭防护，防止焊接火花和零星物件掉落接触网。作业平台与接触网带电部分保持安全距离，经测量确认距离满足要求后方可作业。施工平台搭设完成后经安全、技术、监理人员联合验收合格方可投入使用。

（四）焊接质量检测与缺陷处理

焊缝质量检测实行自检、互检与专检相结合。外观检查在焊缝冷却后进行，检查表面质量。超声波探伤按规范执行，一级焊缝全部探伤，二级焊缝按比例抽检。缺陷返修由经验丰富的焊工操作，同一部位返修不超过两次，两次不合格须重新制定方案并经技术负责人审批。

六、应急管理与风险响应机制

（一）应急组织体系

项目部成立应急救援指挥领导小组，项目经理任组长，项目总工与安全总监任副组长，工程部、技术质量部、安环部、物资设备部等部门负责人为成员。领导小组下设应急救援办公室，由安环部兼管日常工作。应急救援队伍按专业划分为通讯联络、治安、抢险、抢修、后勤保障等分队，各队职责与人员配置明确。组长负责下达与解除救援命令，副组长协助组织，各部门依分工履职。应急响应启动后各专业队伍十五分钟内集合待命，迅速展开救援[5]。

（二）专项应急预案

针对主要风险源制定专项应急预案，涵盖大型设备倾覆、接触网断裂、挖断管线、天窗点延误及防洪防汛等情况。设备倾覆时立即通知车站，布置停车标识，将设备吊离线路并配合抢修。接触网事故设置警戒，验电接地后抢修，安装线夹并调整装置，具备送电条件后销记。防洪防汛实行二十四小时值班，跟踪天气，雨后检查边坡、涵洞、墩台及排水设施，发现隐患及时加固。

（三）应急物资与演练

应急物资按清单配备并定期检查更新，保证物资数量充足、状态良好。主要应急物资包括编织袋500条、道砟300立方米、枕木50根、撬棍20根、运输车2台、装载机1台、短钢轨6根、汽车起重机2台、挖掘机2台、发电机2台等。应急专用车辆处于待命状态，确保接到指令后能够迅速出动。应急预案定期组织演练，模拟真实场景检验预案的可操作性和各专业队伍的协同配合能力。演练内容包括吊装设备倾覆处置、接触网故障抢修、防洪抢险等科目，演练结束后进行评估总结，针对暴露出的问题修订完善应急预案。

（四）事故后处理

事故发生后按照“四不放过”原则查明事故原因和责任人员，分析事故发生的直接原因和间接原因，找出管理制度和技术措施方面的漏洞。以书面形式向上级主管部门提交事故报告，内容包括事故发生时间、地点、伤亡情况、事故经过、原因分析、责任认定、整改措施等。针对事故暴露的问题制定预防措施，修订完善相关管理制度和操作规程，防止同类事故再次发生。组织全体人员进行事故警示教育，通报事故情况及处理结果，提高全员安全意识和风险防范能力。

七、结束语

门式墩钢盖梁施工风险管理涵盖技术、管理、组织、应急等多维度。风险识别的前瞻性是管理基础，准确判定各环节风险源并评估等级，可为防控提供依据。控制措施的精准性至关重要，从方案评审到应急准备各项管控须贴合风险特征。应急机制的有效性是保障，完善的组织体系、物资储备与常态化演练能提升应对能力。跨线施工条件下，营业线安全始终是核心，强化施工与运营协调、落实天窗点作业与防护联控，是保障施工与行车安全的根本。

参考文献

[1] 户东阳，卢三平，曾敏，等 . 跨越既有铁路门式墩钢盖梁转体施工技术 [J]. 施工技术，2021，50(23)：36-40.

[2] 李小乐 . 铁路工程中的门式墩钢盖梁吊装施工技术 [J]. 工程建设与设计，2022(4)：87-89.

[3] 尚海阔 . 铁路特大桥钢盖梁吊装技术优化研究 [J]. 工程技术研究，2024，9(20)：75-77.

[4] 刘亚丽 . 门式墩钢盖梁施工关键技术探究 [J]. 江西建材，2020(8)：122-123，125.

[5] 薛红博 . 上跨营运铁路门式墩钢盖梁的选用和吊装施工 [J]. 价值工程，2020，39(10)：163-166.

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.