

地铁巨峰站 1 号口钢天桥拆除的安全管控

丁 华

上海建浩工程顾问有限公司 上海 200235

摘 要：以上海地铁巨峰路站 1 号口既有钢人行天桥拆除工程为研究对象，该天桥横跨城市主干道张杨北路，紧邻运营地铁车站、公交枢纽与新建商业连廊，施工空间狭小、人流车流密集、地铁运营安全红线约束严格，高空动火、大型吊装、临运营地铁扰动多重风险叠加。本文通过现场风险辨识、专项方案论证、全流程安全管控体系构建，系统梳理钢天桥拆除前、拆除中、拆除后三大阶段安全管理要点，针对临运营地铁钢结构拆除的结构稳定、动火防火、交通导改、振动控制、人员设备管控五大核心风险提出分级防控措施，建立“风险前置研判—动态实时监测—多主体协同值守—闭环隐患整改”安全管控模型。工程实践表明，该管控体系可有效规避坍塌、坠物、地铁设施受损、火灾、交通事故等重大安全隐患，为城市运营地铁出入口钢结构天桥拆除同类工程提供可复制的安全管理参考。

关键词：运营地铁；双机协同拆除；高空动火；吊装安全；狭小场地；临近轨道保护

引言

随着城市轨道交通运维更新与城市道路升级改造，早期建设的地铁出入口人行钢天桥逐渐无法满足通行荷载、景观标准及城市更新要求，需进行拆除改造。城市核心城区地铁天桥拆除区别于常规户外钢结构拆除，其紧邻地铁运营轨道、出入口客流密集、地面施工空间受限，且施工过程需严格规避对地铁设备、结构及正常运营的干扰，施工精度与安全管控标准极高。

1 工程概况与重大危险源辨识

1.1 工程概况

某在建工程，项目分为地下一层、地上一层及二层，项目位于地铁及规划用地范围内进行施工。涉及现状运营 6、12 号线巨峰路站换乘通道改造及 5 号出入口与商业地块地下室连通道工程，其一改造原 6 号和 12 号线换乘通道、将原 6 号线与 12 号线地面换乘通道局部凿除、在地块范围新建地下换乘通道给地铁使用，保留原跨越张杨北路的换乘通道与新建地下换乘通道连接，满足地铁之间的换乘功能，同时在现有通道南侧新建一座通道提升地铁的功能；其二将地块地下商业与地铁 12 号线巨峰路站 5 号口地下连通，改造中需将 5 号出入口通道局部凿除与商业开发地下通道连接，通道内设置 10m 长的安全区供地铁使用^[1]。

1 号出口天桥横跨张杨北路，施工平面动态布置，主要工况为：1）装饰及铺装层拆除，对张杨北路分道封闭；2）双机抬吊使天桥落地及分段切割并装运，对张杨北路封闭半幅（天桥下全封闭）；3）4.2 区施工，仅封闭邻近 1 条车道。

1 号出口钢天桥分为 2 个施工区域，其中西端伸入 6 号线站台 2677mm 为 4.2 区，采取满堂支撑架支撑等待 4.2 区拆除后，单杆件分段切割后汽车吊装车运出；其余为 4.1 区拆除，采取双机抬吊整体原位垂直下落地面方式，而后在地面按重量等分为 3 段汽车吊装车运出。在拆除作业前，需先使用人工作业拆卸装饰物及各种管线，随后采用人工风镐破碎混凝土铺装层并进行清理运输。

1.2 施工流程：

施工准备 → 天桥与地铁站台分隔 → 局部封闭道路 → 拆除管线拆除 → 破除铺装层等 → 搭设支撑架 → 全封闭道路 → 双机就位吊稳桥梁两端同步切割分离天桥 → 垂直吊落到地面 → 落地桥梁分成 3 段 → 汽车吊装车外运 → 局部封闭道路 → 人工汽车吊配合逐根拆除 4.2 区结构 → 清理恢复场地。图 1 示例

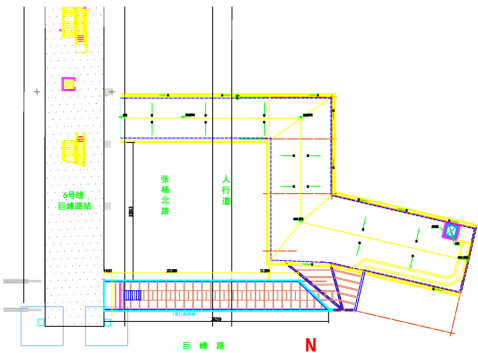


图 1 工程示意图

1.3 重大危险源辨识

通过使用 LEC（风险评价方法），对施工全流程的

危险源进行风险分级,划分为一级高风险、二级中等风险以及三级低风险:

(1) 一级重大风险(红区,24h 专人值守)

①钢桁架不对称切割、未设置临时支撑,结构失稳整体坍塌,坠物砸毁地铁设备、路面车辆;②高空气割火花坠落引燃地铁通信电缆、路面沥青、绿化带植被,引发火灾;③吊装钢丝绳断裂、吊点失效,钢构件坠落侵入地铁轨道,造成运营中断;④拆除振动超标,地铁隧道、信号设备变形,引发行车安全事故。

(2) 二级较大风险(黄区,作业全过程旁站)

①因未正确佩戴安全带且未采取边缘防护措施,高空作业人员发生坠落事故。②夜晚施工期间未能设置充分的隔离设施和警示标识,导致社会车辆误闯施工区域,与起重机发生碰撞。③地下管线探测不清,切割、吊装配重压损燃气、电力管线;④立体交叉作业无隔离,小型钢材、焊渣飞溅伤人。

(3) 三级一般风险(蓝区,常态化巡查管控)

①临时线路故障或焊接设备漏电引发触电事件;②钢材切割粉尘、清运扬尘污染周边;③废弃物随意堆积,阻碍了消防通路及人行通道;④特种作业人员无证上岗、安全技术交底不到位。

2 施工重难点分析

2.1 场地条件受限,设备站位困难:施工区域位于城市主干道,地面可利用施工空间狭小,大型吊车展开、回转、构件吊装落位空间不足,需精准规划两台汽车吊的站位、臂长及作业半径。

2.2 双机协同精度要求高:双机抬吊作业需保证两台吊车起升、回落、受力同步,若荷载分配不均、动作不同步,易导致钢桁架扭曲、变形、倾覆,引发安全事故。根据规范要求,双机抬吊总荷载不得超过两台吊车额定起重量之和的75%,单机荷载不超过自身额定起重量的80%,受力控制精度要求极高^[2]。

2.3 临近运营地铁,安全管控严苛:施工处于地铁保护区,拆除切割、吊装回落过程产生的振动、晃动需严格控制,杜绝触碰地铁结构、管线及信号设备,保障地铁全天候正常运营。

2.4 交通组织难度大:天桥横跨市政主干道,拆除作业需临时占用部分车道,需精准规划封闭时段,最大限度降低对城市交通的影响,同时做好现场围挡、警示及人流车流疏导工作。

2.5 高空拆除作业风险高:高空切割、吊点固定、构件拆除作业量大,存在高空坠落、构件坠落、动火作业火灾等安全隐患。

3 分阶段全过程安全管控体系构建

3.1 施工前期:风险预控与源头管控

(1) 专项方案与报备:编制地铁保护区施工专项方案、双机抬吊专项安全方案及应急预案,完成住建、地铁运维、交通管理部门报备,审批通过后方可施工。对所有施工人员、吊车司机、指挥人员进行专项技术交底与安全培训,持证上岗。

(2) 现场防护布置:施工前采用硬质围挡封闭作业区域,设置警示灯、警示标识、夜间照明系统,保证地面施工照度 $\geq 50lx$ 。对天桥下方市政管线、交通设施采用防护毯、防护架全覆盖保护,避免构件坠落、切割火花造成损坏。

(3) 地铁防护监测:施工前在地铁出入口结构、邻近轨道区域布设振动监测点、位移监测点,实时监测施工过程中结构振动与变形数据,设定预警阈值,超标立即停工处置。

3.2 施工中期:作业动态安全管控(核心阶段)

3.2.1 结构稳定安全管控(防坍塌核心)

(1) 拆除顺序刚性管控:严禁单侧一次性切割支座,每段桁架切割前搭设两道临时钢托撑,托撑底部铺设钢板扩散压力;

(2) 内力释放管控:切割点采用分次薄割,避免一次性切断造成应力瞬间释放导致桁架扭转;全程全站仪监测桁架两端支座位移,单次位移超过3mm立即停工复核;

(3) 严禁立体不对称拆除,两侧班组同步切割、同步卸载,设置专职结构工程师全程旁站。

3.2.2 高空动火防火安全管控(地铁电缆防护重点)

(1) 立体多层防火隔离:天桥底部满铺阻燃防火毯,下方1.5m搭设双层钢丝安全网承接焊渣;地铁电缆沟、通风设备外侧加装防火挡板;

(2) 动火作业“一人一监护”:每个切割工位配置2名监护人员,1人操作、1人持灭火器值守,动火区间每30分钟检查下方防火毯有无阴燃;

(3) 天窗动火时限管控:23:00—5:00限时动火,动火结束后持续监护30分钟,确认无余火、高温焊渣后方可撤离;路面绿化带提前洒水湿润,防止火花引燃杂草。

3.2.3 大型吊装作业安全管控

(1) 结合钢天桥总荷载、施工场地条件、吊装半径及双机抬吊规范要求,本工程选用500t、300t两台汽车吊协同作业。其中500t汽车吊为主吊设备,承担主要荷载,300t汽车吊为副吊设备,辅助平衡受力,两台吊车对称布置于道路两侧,规避主干道中央区域,减少交通占用面积^[3]。

(2) 吊装区域应采用全封闭的硬质隔离设施,并划

分三个警戒区,严禁人员或车辆进入吊机回转范围。

(3) 信号司索、起重司机统一标准化手势、对讲机频道,对讲机双电池备用,避免信号中断;

(4) 分段钢构件捆绑采用双吊点兜底捆绑,吊耳满焊探伤合格,吊装过程低速平稳起吊、平移,严禁快速甩动构件撞击地铁站厅、新建连廊;

(5) 地面解体区设置缓冲垫层,构件落地缓慢下放,禁止高空直接抛掷小型钢材。

3.3 施工后期:收尾与恢复阶段安全管控

(1) 支座破除仅采用人工风镐,禁止破碎锤强振,同步持续监测地铁道床振动;

(2) 废料全部清运完毕,清理残留焊渣、油污,洒水降尘,恢复道路标线、人行道铺装;

(4) 拆除围挡、临时支撑、监测设备前,复核地下管线无损伤,地铁设备外观、信号运行正常;

(5) 五方联合竣工验收,核对安全台账、监测记录、隐患整改记录,形成完整安全档案归档;

(6) 施工完成 72 小时内持续跟踪地铁运营设备运行状态,留存回访记录。

4 关键重大风险专项防控措施

4.1 钢桁架失稳坍塌专项防控

(1) 事前完成桁架分段切割力学验算,出具卸载受力计算书,明确每一步拆除后的支撑体系承载力;

(2) 进行跨中分割前,需安装临时门式钢结构支撑,并在支撑与桁架之间添加橡胶缓冲层,以避免发生滑动。

(3) 全过程 24 小时全站仪位移监测,设置 3mm 预警阈值、5mm 停工阈值;

(4) 遇大风(6 级及以上)立即停止高空切割、吊装作业,对未拆除桁架增设侧向缆风绳固定。

4.2 构件坠落侵入地铁轨道专项防控

(1) 每段桁架设置两根侧向牵引钢丝绳,控制吊装摆动方向,远离轨道一侧;

(2) 吊装区域与地铁站厅之间设置 5m 高硬质防护围挡;

(3) 吊装作业时地铁调度实时待命,一旦出现构件偏移、吊具异常,立即下达停运指令;

(4) 吊具和钢丝绳需每天进行探伤检测,若发现断丝或锈蚀情况超过规定标准,应立即替换。

5 工程实施安全成效与管理优化

5.1 管控体系实施成效

本工程采用分步清理 → 节点松解 → 双机抬吊分段拆

除 → 地面拆解清运”的总体施工工艺,优先拆除桥面附属设施,降低主体吊装荷载,再通过双机协同抬吊,分段拆除钢桁架主体,全程夜间错峰施工,最大程度降低对交通及地铁运营的影响。

本工程严格执行上述全过程安全管控方案,整个拆除周期未发生高处坠落、火灾、吊装事故,未出现振动超标、管线破损、坠物影响地铁运营事件,交通疏导有序,隐患整改闭环率 100%,顺利在预定天窗工期内完成天桥拆除,验证了多主体协同、分级动态管控体系在临运营地铁钢结构拆除工程中的实用性^[4]。

5.2 管理优化

本工程通过双机协同汽车吊拆除工艺,圆满完成上海地铁 6 号线巨峰路 1 号口大跨度钢天桥拆除施工。施工全程选择夜间错峰作业,未对地铁正常运营、周边市政设施及道路交通造成不良影响,结构拆除无变形、无倾覆风险,施工精度、安全指标全部达标。

相较于传统单吊车拆除、高空拆解工艺,双机协同施工优势显著:一是适配狭小城区场地,无需大型施工占地,大幅降低场地改造成本;二是双机对称受力,有效规避大跨度钢结构拆除的变形、倾覆风险,施工安全性大幅提升;三是大幅减少高空拆解作业量,将高空高危作业转化为地面安全作业,缩短施工工期 30% 以上;四是施工噪音、振动可控,绿色环保,适配城市核心区施工要求。

6 结论

本文结合地铁保护区狭小场地工况,采用两台汽车吊双机协同抬吊技术,通过优化设备选型、吊点布置、协同作业流程及安全管控体系,有效解决了场地狭小、临近运营地铁、双机同步精度低、施工风险高等行业难题。

工程实践证明,双机汽车吊协同拆除工艺安全可靠、高效节能、适应性强,完美适配城市核心区地铁附属钢结构拆除工程,可有效平衡施工效率、工程质量与周边环境安全,为同类城市更新、地铁运维改造、狭小空间大型钢结构拆除工程提供了成熟的施工参考。

参考文献

- [1] 王小华.斜腿刚构天桥机械破拆现场实测与模拟仿真分析[J].施工技术,2024,53(15):76-81.
- [2] 王勇.建筑拆除工程安全施工技术与风险防控探讨[J].建筑安全,2023(5):45-48.
- [3] 赵强.建筑施工起重吊装作业安全技术要点分析[J].建筑机械化,2022(11):48-51.
- [4] 吴永恒.城市桥梁拆除施工安全技术管控措施研究[J].交通世界,2023(13):173-175.