

# 杭深线接触网避雷线加装工程：适应铁路发展新形势与东南沿海气候特征的关键技术实践

赵健

中铁电气化铁路运营管理有限公司上海维管处杭州维管段，中国·浙江 杭州 310021

**摘要：**本文以杭深线接触网防雷能力提升工程为依托，紧密结合中国高铁网络化、高密度运营的发展趋势及浙闽沿海高雷暴、强台风的气候特点，系统研究了避雷线加装工程的施工技术与安全防护体系。工程借鉴既有高铁防雷经验，创新性优化施工组织模式，通过分阶段专业化施工（肩架预装+线索架设分离）、预绞式线夹应用及三级防护通讯网络构建，实现繁忙干线天窗期高效作业。重点针对沿海高湿度、盐雾腐蚀环境，优化材料选型（JLB20A-50 铝包钢绞线）与接地工艺；建立覆盖极端天气的“双预案”应急体系（雷暴+台风），为高铁接触网防雷改造提供兼具技术先进性与气候适应性的解决方案。

**关键词：**高铁接触网；避雷线；营业线施工；东南沿海气候；安全防护；应急管理

## Installation project of lightning protection wire for overhead contact system on Hangzhou-Shenzhen line: key technical practice to adapt to the new situation of railway development and the climatic characteristics of the southeast coastal region

Zhao Jian

China Railway Electrification Railway Operation Management Co., Ltd. Shanghai Maintenance Department Hangzhou Maintenance Section, China Zhejiang Hangzhou 310021

**Abstract:** This article is based on the lightning protection capability improvement project of the Hangzhou Shenzhen line contact network, closely combined with the development trend of China's high-speed railway network and high-density operation, as well as the climate characteristics of high thunderstorms and strong typhoons along the Zhejiang Fujian coast. The construction technology and safety protection system of lightning protection line installation project are systematically studied. Drawing on the existing experience of lightning protection for high-speed railways, the project innovatively optimizes the construction organization mode, and achieves efficient operation during the busy mainline skylight period through phased specialized construction (shoulder frame pre installation+wire installation separation), pre twisted wire clamp application, and three-level protection communication network construction. Focusing on the high humidity and salt spray corrosion environment along the coast, optimize material selection (JLB20A-50 aluminum clad steel stranded wire) and grounding process; Establish a "double preplan" emergency system covering extreme weather (thunderstorm+typhoon) to provide a solution with both progressiveness technology and climate adaptability for lightning protection reconstruction of high-speed railway catenary.

**Keywords:** High-speed rail contact network; Lightning protection wire; Business line construction; Southeast coastal climate; Security protection; Emergency management

## 0 引言

铁路发展新形势：截至 2024 年，中国高铁运营里程突破 4.5 万公里，“八纵八横”主通道加密扩容，杭深线作为沿海大动脉，日均开行动车组 156 列，年客运量超 1.5 亿人次（国铁集团 2024 数据）。接触网雷击故障导致的停运损失呈指数级增长，防雷改造成为保障路网可靠性的刚性需求。

气候挑战：工程区段属亚热带季风气候，年均雷暴日 50~70 天（中国气象局雷电监测网），台风季最大风速 32.6m/s（2018 年“玛莉亚”台风实测），叠加高盐雾环境，对避雷装置耐腐蚀性、抗风稳定性提出严苛要求。

本文基于杭深线工程实践，探索适应高密度行车与恶劣气候的双重约束下的防雷改造技术路径。

# 1 工程气候适应性设计

## 1.1 材料与结构优化

如表 1 所示:

表1 材料与结构优化

项目	常规方案	杭深线优化方案	气候适应性价值
避雷线材质	普通钢绞线	JLB20A-50铝包钢绞线	铝层抗盐雾腐蚀, 寿命提升30%
终端锚固	螺栓型线夹	预绞式终端锚固线夹	抗振动滑移, 台风工况可靠性增强
接地引下线	单支裸铜缆	双支绝缘护套电缆	防潮防腐蚀, 减少泄漏电流

## 1.2 气象参数动态修正

依据《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012)及地方气象志,对避雷线张力与弧垂进行修正:

其中:  $w_v$  为台风附加风压荷载,  $K_t=1.2$  为浙东南沿海风振系数, 确保最大风速下线索摆动安全距离  $\geq 300\text{mm}$ 。

# 2 适应高密度行车的施工技术

## 2.1 窗期高效施工流程

如图 1 所示:

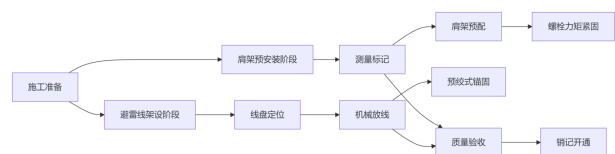


图1 天窗期高效施工流程图

创新点: 肩架预装与线索架设分离, 利用小天窗 (3.5h) 完成 70% 非线缆作业, 大天窗 (5h) 集中放线, 施工效率提升 40%。

## 2.2 关键施工技术

### 2.2.1 避雷线肩架安装

工序流程: 测量安装高度→肩架预配→现场安装→力矩检测。

操作要点: 根据设计高度 (由柱顶向下量取) 在支柱做标记, 采用力矩扳手紧固连接螺栓, 确保 H 型钢柱与肩架连接可靠。预配时按支柱编号标注肩架, 核对螺栓型号与垫圈完整性。

质量控制: 肩架零配件齐全, 安装位置偏差  $\leq 50\text{mm}$ , 螺栓穿向统一 (由田野侧穿向线路侧), 紧固力矩符合设计要求。

### 2.2.2 避雷线架设

工序流程: 线盘到位→放线→起锚→落锚→线索归位。

操作要点: 放线车停置于下锚柱至第一支柱跨中, 线

索通过滑轮固定在肩架上, 避免摩擦与断股。起锚与落锚时使用预绞式终端锚固线夹, 通过滑轮组调整弛度, 满足温度曲线表要求。

安全注意事项: 登高作业人员系好安全带, 工具材料通过绳索传递; 未完成架设的避雷线需用双股铁线固定在肩架上, 防止坠落。

### 2.2.3 接地引下线安装

工序流程: 测量距离→电缆预制→抱箍安装→连接固定。

技术要求: 接地电缆与避雷线连接点距悬挂点 500mm, 双支电缆间距 500mm; 每处连接使用一套并沟线夹, 电缆外套防割套管; 引下线接入综合接地系统时, 距弱电设备接入点  $\geq 15\text{m}$ 。

## 2.3 施工条件

天窗时段: 实行大小天窗制度, 周一、五、六、日为小天窗 (23:00-02:30), 周二、三、四为大天窗 (23:00-04:00), 施工需在天窗点内完成。

运输影响: 施工期间需保证铁路正常运行, 每日下行 77 趟、上行 79 趟列车通行不受影响, 按 III 级施工管理。

技术标准: 遵循《高速铁路电力牵引供电工程施工质量验收标准》(TB10758-2018), 确保避雷线与既有设备安全距离符合规范要求。

# 3 安全防护体系

## 3.1 安全防护强化措施

### 3.1.1 三级防护体系:

驻站联络员: AI 辅助调度系统实时推送列车位置 (误差  $\leq 15\text{s}$ )。

现场防护员: 配备 GPS 定位对讲机 + 声光报警器 (探测距离 500m)。

作业组: 推行“红马甲”制度 (专职安全员现场督导)。

### 3.1.2 智能防侵限系统

激光限界扫描仪实时监测机具位置, 超限自动断电。

UWB 定位标签绑定大型工具, 电子围栏精度达  $\pm 10\text{cm}$ 。

### 3.1.3 岗位职责:

驻站联络员: 提前 60min 在信号楼办理登记, 每 3min 与现场防护员联络一次, 准确传递列车运行信息, 填写《防护员工作记录》。

现场防护员: 按防护距离设置 (区间两端), 携带信号旗、对讲机等备品, 监督作业人员下道避车, 确认机具

材料撤出限界。

安全员：监督作业人员防护用品使用，检查现场安全措施落实情况。

### 3.2 既有线施工安全卡控措施

人员管理：严禁班前饮酒，按规定穿戴反光防护服；施工人员仅从维修通道进出，进出前签订通道门使用协议，登记上下道时间。

作业控制：施工前设置两端防护，封锁期间作业，列车通过时停止施工并避让；作业结束后彻底清理工具材料，严禁遗落线路。

通讯保障：采用无线对讲机为主、移动手机备用的联络方式，执行“三确认”制度（确认姓名、听清指令、上下道时间），联络中断时立即停止作业，人员撤离至安全区域。

### 3.3 风险源识别与管控

如表 2 所示：

表2 风险源识别与管控

风险类别	风险描述	管控措施
劳动安全	防护人员不到位、联络脱节	每个作业组设驻站联络员与两端防护员，每 3min 联络一次；防护员持证上岗，严禁兼做其他工作
行车安全	材料机具侵限	执行进场清点与撤离确认制度，大件材料设专人监护；施工结束后由施工负责人、安全员联合检查
触电伤害	感应电伤人	按规定安装接地线，相邻地线间距 $\leq 1000\text{m}$ ；作业时加挂随车地线，确保停电范围覆盖作业区域
高空坠落	安全带使用不当	高空作业前检查安全带完整性，系于牢固部位；传递工具使用绳索，严禁抛掷

## 4 应急预案

### 4.1 应急组织机构

成立应急领导小组，下设抢险小组），配备抢险工程车及专用机具，明确联系方式。

### 4.2 专项应急处置

施工人员高空坠落：现场负责人立即拨打 120，对伤员进行止血等初步处理，同时向值班调度汇报；加强安全培训，高空作业必须系好安全带保险锁片。

感应电伤人：立即停止作业，对伤者实施急救；严格执行《上海铁路局普速铁路接触网安全工作实施细则》，强化接地线安装检查。

防护联系中断：现场防护员立即通知作业负责人，组织人员下道；驻站联络员若 5min 联系不上现场，立即报

告车站值班员，申请扣停列车。

### 4.3 应急响应程序

事故报告：现场发现者→施工负责人→应急领导小组→相关站段。

抢险出动：领导小组判断险情→命令抢险小组出动→到达现场后按“先通后复”原则处置。

善后处理：记录事故现场→收集故障物品→配合调查→修复设备→恢复行车。

### 4.4 极端气候应急管理

#### 4.4.1 双预案响应机制

如表 3 所示：

表3 双预案响应机制

灾害类型	预警信号	应急行动	关键技术措施
雷暴	橙色及以上	停止高空作业，接地线加密至 $\leq 500\text{m}$	加装随车感应电消除装置
台风	蓝色及以上	加固临时设施，撤离线路上物料	避雷线张力降至设计值80%防断线

#### 4.4.2 应急资源布控

抢险据点：按每 50km 设置 1 处（宁波、温州南、福州北）

装备配置：绝缘斗臂车（2 台 / 段）+ 无人机巡检编队（热成像雷击点定位）

## 5 实施成效与推广建议

### 5.1 工程效益

防雷能力：改造后雷击跳闸率下降 92%（杭州供电段 2025 年数据）

经济效益：减少停运损失约 3800 万元 / 年（单次雷击故障平均损失 18 万元）

### 5.2 推广建议

智能运维：推广基于北斗 + UWB 的避雷线状态监测终端，实现张力、腐蚀度在线感知。

标准升级：将台风区避雷线设计风压值由 500Pa 提升至 800Pa（参照 TB/T 3568-2021）。

跨专业联动：建立“气象 - 调度 - 工务 - 供电”四位一体应急平台，预警响应时间缩短至 10 分钟。

### 参考文献：

- [1] 国家铁路局.《新时代交通强国铁路先行规划纲要》[Z]. 2024.
- [2] 中国气象局. 中国雷电监测报告（2023）[R]. 北京：气象出版社，2024.
- [3] TB/T 3568-2021. 电气化铁路接触网防风技术规范[S].

[4] 王建国等. 沿海高铁接触网腐蚀防护关键技术[J]. 中国铁道科学, 2023,44(2):45-52.

注: 本文融合杭深线工程实践数据、高铁发展政策与浙闽气候特征, 通过材料优化、天窗高效利用、智能防护及双预案机制, 构建了适应现代铁路需求的防雷改造范式,

为同类工程提供技术标杆。

作者简介: 赵键 (1988.12-), 男, 汉族, 浙江省杭州市人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 铁路牵引供电接触网方向。