

T/GXAS

团 体 标 准

T/GXAS 1407—2026

高速公路桥隧电力线路运维管理规范

Specification for operation and maintenance of power circuits in
expressway bridges and tunnels

2026 – 08 – 14 发布

2026 – 08 – 20 实施

广西标准化协会 发 布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 1

5 基本要求 2

 5.1 组织 2

 5.2 基础设施与环境 2

6 巡视检查 2

 6.1 管理对象与监控 2

 6.2 智能巡检 3

 6.3 特殊巡检 3

 6.4 人工巡检 3

 6.5 智能预警与处置 4

7 养护维修 4

 7.1 清洁与防腐 4

 7.2 紧固与整理 4

 7.3 防火封堵 5

 7.4 绝缘与接地测试 5

 7.5 预防性试验 5

 7.6 保护装置校验 5

 7.7 故障处理 5

 7.8 养护记录与归档 6

8 信息采集 6

 8.1 采集对象与内容 6

 8.2 技术要求 7

 8.3 采集流程 7

9 数据管理 7

 9.1 数据分类 7

 9.2 质量控制 8

 9.3 数据安全 8

10 安全管理 8

 10.1 电气安全 8

 10.2 消防安全 8

 10.3 网络安全 8

 10.4 备品备件管理 9

 10.5 应急管理 9

参考文献..... 10

前 言

本文件参照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由广西网络安全和信息化联合会提出、归口并宣贯。

本文件起草单位：广西福玉高速公路有限公司、广西智投机电工程有限公司、广西交通投资集团梧州高速公路运营有限公司、广西网络安全和信息化联合会、广西智能交通科技有限公司。

本文件主要起草人：李诗荣、刘聪、秦曙光、覃瑞宏、刘耀喜、聂林焕、张龙生、李莉莉、吴玮、覃信满、兰书棋、雷志宁、奉佳、蔡俊、尹哲明、李俊辉、梁文浩、陈佳、黄煊、闫建伟、蔡凌燕、韦芳圻。

高速公路桥隧电力线路运维管理规范

1 范围

本文件界定了高速公路桥隧电力线路运维管理涉及的术语和定义以及缩略语，规定了高速公路桥隧电力线路运维管理的基本要求、巡视检查、养护维修、信息采集、数据管理、安全管理的要求。

本文件适用于改建、扩建及运营阶段的高速公路桥梁与隧道电力线路（含供电主线缆、分支线缆及附属配电设施关联线缆）的运维管理工作，其他等级公路桥隧的电力线路运维管理可参照本文件执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求
GB/T 6995 电线电缆识别标志方法（所有部分）
GB/T 19292.2 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第2部分：腐蚀等级的指导值
GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
GB/T 25070 信息安全技术 网络安全等级保护安全设计技术要求
GB/T 34428.5 高速公路监控设施通信规程 第5部分：隧道环境检测器
GB 50217 电力工程电缆设计标准
DL/T 596 电力设备预防性试验规程
DL/T 1253 电力电缆线路运行规程
JT/T 610 公路隧道火灾报警系统技术条件
YD/T 4242 电信网和互联网数据安全日志审计指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高速公路桥隧电力线路 power circuits in expressway bridges and tunnels

为高速公路桥梁与隧道的照明、通风、监控监测、应急处置等设施提供电力输送与配电供给的线路及其配套组成构件的总称。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CRC：循环冗余校验（Cyclic Redundancy Check）
HTTPS：超文本传输安全协议（Hypertext Transfer Protocol Secure）
MQTT：消息队列遥测传输协议（Message Queuing Telemetry Transport）
NFC：近场通信（Near Field Communication）
RCD：剩余电流动作保护器（Residual Current Device）
RFID：射频识别（Radio Frequency Identification）
SPD：浪涌保护器（Surge Protective Device）
TLS：传输层安全协议（Transport Layer Security）

5 基本要求

5.1 组织

应建立桥隧电力线路运维管理体系，明确组织架构与岗位职责，定期组织专业技能与安全培训。

5.2 基础设施与环境

5.2.1 桥隧电力线路的敷设、选型与防护应符合 GB 50217、DL/T 1253 的规定。根据桥隧特殊环境采取相应的防护措施，包括但不限于：

- 桥梁露天环境电力线缆及附件应具备耐紫外线、耐老化性能，金属构件应加强防腐；
- 桥梁振动明显区段应采用抗振型固定方式，在伸缩缝处设置柔性连接和余量补偿；
- 桥梁盐雾腐蚀环境应采用防腐型线缆及金属构件，防腐涂层维护周期宜 ≤ 2 年；
- 隧道内高湿度/凝露环境应采用防潮密封措施，必要时配置除湿装置，电力线缆接头处宜采用防水型接头；
- 隧道内有害气体环境应配置气体监测装置，设备防爆等级应符合 GB/T 3836.1 的规定；
- 隧道防火分区穿越防火分区的电力线缆孔洞应采用耐火极限不低于分区构件的防火封堵，封堵应兼具防火、防水、防鼠功能；
- 隧道电力线缆沟应增设防渗水垫层并设置纵向排水盲管；桥梁电力线缆井底部应设置集水坑及自动排水泵；
- 易积水区段（隧道低洼处、桥梁排水口）应设置自动排水装置，电力线缆支架高度应高于历史积水水位；
- 电力线缆及金属构件的防腐等级应达到 GB/T 19292.2 的规定，其中沿海路段桥梁与隧道应根据海洋盐雾腐蚀环境按 C5 级执行；防腐涂层的维护周期应缩短为 1 年/次，电力线缆接头宜采用 IP68 级防水密封设计。

5.2.2 线缆金属护套、桥架、支架及设备外壳应可靠接地，桥隧出入口、高落差及过电压敏感区段应设置多级防雷与过电压保护装置，并定期检测有效性。

5.2.3 应建立统一、清晰、耐久的线缆标识体系，线缆标识的识别标志、颜色及标记方法应符合 GB/T 6995（所有部分）的规定，应对电力线缆、桥架、接头、检查井、分支点等进行编号标识，标识应包含名称、编号、用途、电压等级、走向等信息。

5.2.4 保障运维作业的基本条件包括：

- 桥上线缆检修点应设置安全护栏及警示标志；
- 隧道内应设置安全可靠的检修通道和照明；
- 恶劣天气条件下进行户外作业时，应制定专项安全措施。

5.2.5 宜逐步建立智能化巡检与环境监测体系，对关键部位和重点环境参数进行实时感知，为状态评估和预警提供数据支撑。

6 巡视检查

6.1 管理对象与监控

6.1.1 巡视检查对象应包括：

- 电力线路本体：供电主线缆、分支线缆、接头、终端头；
- 附属设施：配电箱（柜）、保护装置（如 SPD、熔断器、断路器等）、电缆桥架、保护管、电缆井；
- 安全防护设施：防火封堵、接地装置、警示标识。

6.1.2 应检查路径与环境条件，包括敷设条件、隧道内温湿度、积水、有害气体浓度，桥梁振动、腐蚀介质等。

6.1.3 应建立巡视检查管理制度，巡视检查的内容、周期、方法和记录要求应符合 DL/T 1253 的规定。

6.1.4 巡视检查记录应真实、完整，发现异常应及时上报并录入运维管理平台。

6.2 智能巡检

6.2.1 巡检方式

宜建立桥隧电力线缆智能巡检技术体系，可采用以下一种或多种组合的巡检方式，对线缆、接头、桥架、环境等状态的自动感知、智能判别、异常预警与闭环处置。数据应实时接入运维管理平台：

- 视频巡检：对关键区段进行实时监控，自动识别异常状况；
- 在线监测巡检：对重要供电回路进行不间断监测，采集运行数据；
- 无人机巡检：对桥梁高空区段进行巡检；
- 智能机器人巡检：对隧道内电缆廊道进行自动巡检；
- 移动终端智能巡检：运维人员使用智能巡检终端，完成点位打卡、缺陷上报。

6.2.2 巡检内容

6.2.2.1 线缆本体智能巡检，实时监测线缆温度、负荷电流、局部放电、绝缘状态、护层电流等，宜采用分布式光纤测温+局放在线监测方式巡检。

6.2.2.2 接头与终端智能巡检，通过红外测温、局放监测、视频识别，检测接头过热、放电、松动、受潮、锈蚀等异常，宜采用红外测温+超声波局放检测+视频图像识别方式巡检。

6.2.2.3 路径与环境智能巡检，监测敷设条件、隧道内温湿度、积水、有害气体、烟雾；桥梁振动、位移、腐蚀、盐雾、风速等，宜采用环境传感器+视频监控+无人机巡检（桥梁）方式巡检。

6.2.2.4 防护设施智能巡检，检查防火封堵完整性、接地装置状态、防雷装置状态、标识标牌完整性，宜采用视频图像识别+智能机器人巡检方式巡检。

6.2.2.5 设备运行智能巡检，配电箱、保护装置（SPD/RCD）运行状态、告警信息、动作记录，宜采用在线监测+远程数据采集方式巡检。

6.2.3 巡检周期

6.2.3.1 在线监测类：实时/不间断监测。

6.2.3.2 视频巡检：每日1次。

6.2.3.3 无人机巡检（桥梁）：每月1次；恶劣天气后加巡1次。

6.2.3.4 机器人巡检（隧道）：每周1次（若有）；重要隧道可提高至每日1次。

6.2.3.5 人工巡检：一般区段每月1次，重点区段每半月1次。

6.2.3.6 视频事件分析：实时监控、即时告警。

6.2.3.7 尚未配置机器人或无人机自动巡检系统的特大桥、特长隧道，应采用视频巡检与人工巡检相结合的方式，巡检频率不应低于每周2次。

注：特大桥：多孔跨径总长 $>1\,000\text{ m}$ 或单孔跨径 $>150\text{ m}$ 的公路桥梁，或桥长 $>500\text{ m}$ 的铁路桥梁。

6.3 特殊巡检

注：特殊巡检：新投入运行或经大修后、异常天气、高温大负荷等情况下对电力线路开展的专项巡检。

6.3.1 桥梁上应定期检查以下内容：

- 桥墩处电力线缆井有无积水、杂物；
- 伸缩缝处电力线缆保护管有无变形、破损；
- 桥面排水是否导致电力线缆桥架积水；
- 高墩处线缆振动位移、腐蚀情况；
- 水位监测联动，水位超预警值时自动触发线缆安全巡检。

6.3.2 隧道内应定期检查以下内容：

- 电力线缆沟盖板是否完好，沟内有无淤积；
- 隧道衬砌渗漏水是否影响电力线缆；
- 射流风机等振动设备附近的线缆固定是否可靠；
- 电力线缆托架、接电线及接电极是否有腐蚀。

6.4 人工巡检

6.4.1 巡视周期应符合以下要求：

- 日常巡视：每月至少 1 次；
- 夜间巡视：每季度至少 1 次；
- 定期检查：每年至少 1 次；
- 专项巡检：汛期（雨季）专项巡检、台风专项巡检前后各 1 次。

6.4.2 日常巡视检查内容见表 1。

表1 桥隧日常巡视检查内容

检查部位	隧道	桥梁
线缆外观	外护套有无破损、受潮	外护套有无老化、开裂、鸟兽啃咬
接头、终端	有无凝露、放电痕迹	有无过热、锈蚀
电力线缆桥架/保护管	支架有无锈蚀、松动	固定件有无松动，伸缩缝处有无变形
防火封堵	隧道防火分区封堵是否完好	—
环境状况	电力线缆沟有无积水、杂物、异常气味	电力线缆井、桥架有无积水，桥面积水、排水孔是否堵塞
鼠虫病害	电缆沟、桥架有无鼠虫啃咬破损，防火封堵是否被虫鼠破坏	外露线缆护套有无鸟兽啃咬、风化破损，保护管固定是否完好

6.4.3 定期检查应包括以下内容：

- 按 DL/T 596 的要求每年至少进行 1 次接地电阻测试；
- 按 DL/T 596 的要求进行绝缘电阻测试；
- 保护装置动作特性校验；
- 电力线缆接头红外测温；
- 隧道内有害气体浓度检测。

6.4.4 人工巡视发现的缺陷或隐患应拍照记录，并按严重程度分级上报，必要时启动应急响应。

6.5 智能预警与处置

6.5.1 建立三级智能预警与处置机制：

- 红色预警（危急）：立即推送抢修，30 min 内响应。
- 橙色预警（严重）：2 h 内到场核查。
- 黄色预警（一般）：24 h 内安排处理。

6.5.2 预警信息应自动推送至运维平台、移动端 APP、短信通知。

6.5.3 智能巡检发现的缺陷应自动生成工单。

7 养护维修

7.1 清洁与防腐

7.1.1 应定期对桥隧内的电力线缆桥架、保护管、配电箱（柜）等金属部件进行清洁，去除积尘、油污及腐蚀性附着物。隧道内清洁频次宜不低于每半年 1 次，桥梁上露天部分宜不低于每季度 1 次。

7.1.2 金属支架、保护管等应根据环境腐蚀程度采取以下防腐措施：

- 一般环境：每 2~3 年涂刷防锈漆 1 次；
- 沿海地区或存在腐蚀性气体环境：每年至少检查并维护 1 次防腐涂层；
- 发现涂层脱落、锈蚀时应及时处理；
- 隧道出入口、桥梁线缆外露段采用防鼠咬护套，山区桥隧每季度检 1 次护套完整性。

7.1.3 电力线缆外护套应保持清洁，发现污秽严重或有化学腐蚀物附着时，应及时清理并评估护套状况。

7.2 紧固与整理

7.2.1 应每半年检查电力线缆固定夹具、支架螺栓等紧固件的状态，发现松动、锈蚀、缺失时应及时紧固、更换或补装。桥梁振动区段宜缩短检查周期。

7.2.2 对敷设凌乱、交叉重叠的电力线缆应进行整理归顺，确保排列整齐、固定可靠，并符合设计规

定的弯曲半径要求，固定间距应符合 GB 50217 的要求。

7.2.3 电力线缆标识牌应清晰、牢固，发现脱落、字迹模糊时应及时更换。隧道内标识牌应选用耐潮湿、防腐蚀材质。

7.3 防火封堵

7.3.1 桥梁上穿越伸缩缝的电力线缆，应设置柔性连接和防水弯。

7.3.2 穿越隧道防火分区隔墙、楼板及电力线缆井孔的电力线缆孔洞，应采用防火封堵材料封堵，其耐火极限应不低于贯穿部位构件的耐火极限。防火封堵材料及施工应符合 GB 50217 的规定。

7.3.3 应每半年检查防火封堵的完好性，发现脱落、开裂、失效等情况应立即修复。隧道内检查防火分区处、电力线缆井进出口。

7.3.4 隧道内电力线缆桥架分段处、重要设备进线口等部位宜设置阻火包带或防火涂层。

7.4 绝缘与接地测试

7.4.1 应按 DL/T 596 的要求定期对电力线缆进行绝缘电阻试验，存档试验数据并分析性能变化趋势。主绝缘电阻测试每年至少 1 次，潮湿隧道可缩短至半年；外护套及内衬层绝缘电阻测试每 3 年至少 1 次。

7.4.2 系统联合接地电阻值应符合设计要求，定期抽检，异常时应及时排查处理。

7.5 预防性试验

7.5.1 预防性试验的项目、周期和要求应符合 DL/T 596 的规定。

7.5.2 应按 DL/T 596 的要求对电力线缆主绝缘进行交流耐压试验，并按 DL/T 596 的要求开展局部放电检测及铜屏蔽层电阻和导体电阻比测量。

7.5.3 应定期测量电力线缆外护套和内衬层的绝缘电阻，周期宜为每 3 年至少 1 次。当在 20℃ 时每千米绝缘电阻低于 0.5 MΩ 时，应判断外护套或内衬层是否进水，并采取相应措施。

7.6 保护装置校验

7.6.1 配电箱内的 SPD、RCD 等，应按产品说明书要求定期校验动作特性。校验周期宜为每年 1 次，多雷区或腐蚀环境半年 1 次。

7.6.2 校验记录应包括装置型号、设定值、实测动作值、结论及下次校验日期。不合格装置应立即更换。

7.6.3 熔断器等一次性保护装置动作后，应查明原因并更换同规格型号的产品，不应私自增大熔体电流。

7.7 故障处理

7.7.1 故障分级

按影响范围、危害程度、供电重要性将桥隧电力线路故障分为三级，故障分级及处理要求如下。

—— I 级故障（特别重大）：

- 隧道全段停电、消防/照明/通风失效；桥梁关键设备失电；影响道路安全通行；
- 处置要求：立即启动应急抢修，4 h 内恢复关键供电。

—— II 级故障（重大）：

- 单回路线缆故障、部分区段停电、接头击穿、接地故障；
- 处置要求：24 h 内完成抢修并恢复供电。

—— III 级故障（一般）：

- 单设备告警、轻微发热、外护套小面积破损、标识缺失、支架松动；
- 处置要求：72 h 内完成处理。

7.7.2 故障上报

7.7.2.1 发现故障后 10 min 内上报监控中心与运维负责人。

7.7.2.2 上报内容：故障位置、现象、影响范围、是否影响安全。

7.7.2.3 I 级、II 级故障应同步上报上级管理部门。

7.7.3 故障诊断

7.7.3.1 采用“远程研判→现场检测→仪器定位”流程：

——远程：查看电流、电压、温度、局放、平台告警；

——现场：红外测温、绝缘测试、接地测试、电力线缆故障测试仪定位。

7.7.3.2 桥梁上故障定位精度应 ≤ 10 m，隧道内故障定位精度应 ≤ 5 m。

7.7.4 故障抢修

执行“先保通、后修复；先安全、后作业”原则，抢修内容包括：

——线缆断裂、击穿：重新制作接头/更换线缆；

——接头过热、放电：重做接头、紧固、防腐、密封；

——受潮进水：烘干、除湿、修复外护套、加强防水；

——保护装置动作：排查短路/过载/漏电，更换合格器件。

7.7.5 修复验收

故障修复后应按DL/T 596的规定进行绝缘电阻测试、接地电阻测试及交流耐压试验，同时进行红外测温及通电试运行观察，各项指标合格后恢复供电。

7.7.6 故障复盘与归档

I 级、II 级故障处理完毕后7 d内完成复盘，形成报告（原因分析、处置过程、暴露问题、整改措施、防范建议），录入故障知识库。

7.7.7 知识库管理

7.7.7.1 应建立故障处理知识库，收集整理典型故障案例、处置经验、预防措施等内容。知识库应包括但不限于：

——常见故障现象、原因及处置方法；

——故障诊断流程及测试数据；

——备品备件更换记录及注意事项；

——新技术、新工艺应用经验。

7.7.7.2 知识库应动态更新，每季度至少评审 1 次。

7.7.7.3 应将知识库与运维平台联动，在故障诊断时自动推送相关案例。

7.8 养护记录与归档

7.8.1 每次养护维修作业后，应及时记录作业内容、时间、人员、使用的仪器设备、测试数据及结论。

7.8.2 养护记录应纳入运维管理平台统一归档。

7.8.3 地质灾害后线缆专项、风险评估较高的线缆维修应做好专项记录。

7.8.4 宜建立养护记录台账，定期汇总、统计与分析。

8 信息采集

8.1 采集对象与内容

8.1.1 采集对象应包括电力线路本体与附属设备、供配电附属设施、环境对象（温湿度、腐蚀性气体、振动、水浸等）、管理对象（巡检计划与执行记录、故障历史记录、预防性试验报告、养护维修档案等）。

8.1.2 采集内容应包括：

——线缆及附属设备：型号规格、额定电压、敷设方式、投运日期、绝缘电阻、局部放电量、温度、负荷电流等；配电箱及保护装置运行状态、告警信息；施工记录、改造记录、退役评估报告等全生命周期数据；

- 环境信息：桥梁振动数据、线缆廊道温湿度、腐蚀介质浓度；隧道不同区段温湿度、有害/可燃气体浓度、积水深度、火灾烟雾浓度；
- 运维管理信息：巡检计划与执行记录、缺陷/隐患描述及照片、故障现象与类型、故障位置、诊断过程、处理措施及修复结果、养护作业记录。

8.2 技术要求

8.2.1 采集精度应满足以下要求：

- 电压测量精度应不低于 $\pm 0.5\%$ ，电流测量精度应不低于 $\pm 0.5\%$ ，绝缘电阻测量精度应符合 DL/T 596 的规定；
- 线缆及接头温度测量精度应不低于 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，环境温度测量精度应不低于 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- 湿度测量精度应不低于 $\pm 3\%$ RH，腐蚀性气体浓度测量精度应不超过对应传感器标准示值误差的 $\pm 5\%$ 。

8.2.2 采集频率应满足以下要求：

- 电压、电流、线缆温度、隧道内烟雾浓度等实时监测参数的采集频率应不低于每 1 min 1 次；异常触发时，采集频率应提高至每 10 s 1 次；
- 绝缘电阻、接头接触电阻等预防性试验参数，应按季度、半年度或年度周期采集；
- 线缆型号、配电箱规格等静态参数，应在参数变更时及时采集更新。

8.2.3 采集方式应满足以下要求：

- 实时监测参数宜通过温度传感器、电流/电压互感器、绝缘监测装置、环境传感器等设备自动采集；宜采用有线通信，复杂环境下可采用无线通信；
- 线缆外观检查、局部放电人工巡检（使用手持式局放仪）、接地电阻测试等，应由运维人员使用专用仪器按规定执行，并通过具备 NFC/RFID 识别、拍照、数据录入功能的移动终端现场录入系统。

8.2.4 隧道环境检测器的数据采集与传输应符合 GB/T 34428.5 的规定。

8.3 采集流程

8.3.1 应根据桥隧电力线路系统的规模、重要性等级及风险评估结果，制定信息采集方案，明确采集点布设位置、采集参数、技术指标、频率及数据传输路径。

8.3.2 应按方案安装传感器、数据采集单元等设备，完成硬件连接、供电检查、参数初始化、通信配置与联网调试，并进行现场比对校准，验证技术要求应符合 8.2 的规定。

8.3.3 自动采集设备按设定持续工作，数据经边缘计算初步处理后上传至统一的运维管理平台；运维人员应按照巡检计划执行手动采集任务。

8.3.4 自动采集数据经边缘计算处理后上传至运维管理平台；平台接收后应进行格式校验及数值范围合理性检查。

8.3.5 当设备更换或系统拓扑变更后，应在 3 个工作日内更新静态参数；每季度评估 1 次采集系统整体有效性。

9 数据管理

9.1 数据分类

9.1.1 运维数据按性质分为以下三类：

- 基础数据：线缆型号、规格、生产厂家、敷设图纸，长度、结构类型等桥隧基本信息，配电箱、保护装置型号等附属设备参数；
- 运行数据：电压、电流、功率等实时电气参数、温度数据、绝缘状态数据，温湿度、腐蚀性气体浓度等环境监测数据；
- 管理数据：巡检记录、故障处置记录、养护计划与实施记录等。

9.1.2 运维数据按来源分为自动采集数据与人工录入数据。

9.1.3 各类运维记录应真实、完整、可追溯，保存期限符合以下要求：

- 故障处置记录、应急响应记录、预防性试验报告等关键记录保存期限 ≥ 5 年；

- 日常巡视记录、养护维修记录、保护装置校验记录等一般记录保存期限 ≥ 2 年；
- 自动采集的电压、电流、温度等实时运行数据保存期限应 ≥ 3 年；局部放电、护层电流等关键状态数据保存期限应 ≥ 5 年；
- 视频录像保存期限 ≥ 30 d，涉及关键事件的录像应长期保存。

9.1.4 所有记录应采用电子化方式统一归档，并与运维管理平台对接，支持多维度查询与分析。

9.2 质量控制

9.2.1 数据质量应满足完整性、准确性、一致性、及时性及可访问性要求。采集数据项应无缺失，因故无法采集的应在系统中标注原因。

9.2.2 建立采集设备定期检定/校准制度，关键传感器每季度至少进行1次现场比对或实验室校准。仪器仪表应每年送检校准1次。人工录入数据实行“录入-审核”双人负责制。

9.2.3 数据传输应采用CRC等校验算法保证完整性；数据入库前应通过逻辑规则引擎进行二次校验；如通信中断、数值超限等异常数据应自动标记“待核查”，并触发告警通知人工复核。

9.3 数据安全管理

9.3.1 数据安全应满足保密性、完整性和可用性要求。

9.3.2 应实施以下管理措施：

- 访问控制：运维管理平台应设置分级权限，并采用“用户名+密码+数字证书”等的多因素身份认证；
- 存储与传输安全：敏感数据应采用SM4国密算法加密存储；数据传输宜采用HTTPS、MQTT over TLS等加密协议；
- 安全审计：应记录所有数据的访问、修改、删除操作日志，日志格式应符合YD/T 4242的规定且不可篡改，审计日志保存周期应 ≥ 6 个月。每月开展安全审计。

10 安全管理

10.1 电气安全

10.1.1 桥隧电力线路的电气安全应符合GB 50217、DL/T 1253的规定。电力线缆金属护层、金属支架、配电箱（柜）等均应可靠接地，接地电阻值应符合设计要求。

10.1.2 停电作业应执行“停电-验电-接地-挂牌-上锁”五步流程，不应带电作业。

10.1.3 配电箱（柜）应保持锁闭状态，箱内应保持清洁干燥，无杂物堆积。

10.1.4 绝缘工具应定期校验，校验周期应 ≤ 6 个月。

10.2 消防安全

10.2.1 电力线缆夹层、竖井、隧道电力线缆沟等部位应配备灭火器材，并定期检查、更换。

10.2.2 穿越隧道防火分区的电力线缆孔洞应按照7.3的要求进行防火封堵，确保耐火极限符合要求。

10.2.3 隧道内应设置火灾自动报警装置，并与通风、照明等系统联动。火灾自动报警系统的技术要求应符合JT/T 610的规定。电力线缆密集区段宜设置线型感温火灾探测器。

10.2.4 不应在电力线缆通道、配电箱附近堆放易燃物品。

10.3 网络安全

10.3.1 运维管理平台的建设应该满足GB/T 25070和GB/T 22239的规定，其保护等级应不低于等级保护二级。

10.3.2 智能化系统与外部网络连接时，应部署防火墙或网闸，并配置访问控制策略。

10.3.3 登录智能化管控平台应采用双因素认证。

10.3.4 智能化系统的操作日志应符合9.3.2的要求，记录所有用户的登录、配置修改、数据导出等操作，定期审计异常行为。

10.3.5 智能化系统的软件应定期更新，安全补丁应在测试环境验证后及时安装，并应定期开展漏洞扫描，对发现的漏洞及时评估风险并修复。

10.4 备品备件管理

- 10.4.1 应根据电力线路重要性等级、故障历史及抢修难度，储备必要的备品备件，包括但不限于：
- 重要隧道及关键供电回路应储备与运行电力线缆同型号规格的备用线缆，一般路段可建立应急供货机制；
 - 中间接头、终端头、电力线缆固定夹具；
 - 防火材料、抢修照明设备、应急电源等。
- 10.4.2 备品备件应定点存放、定期检查、及时补充，并建立台账，做到账物相符。
- 10.4.3 备品备件的存储环境应符合要求，防止受潮、锈蚀、老化。
- 10.4.4 应配备适合场景的电力线缆故障及检测工具，对于山区，应重点储备防啃咬、抗拉伸线缆及应急抢修设备。

10.5 应急管理

- 10.5.1 应针对桥隧可能发生的火灾、水灾、塌方、结构严重变形、电力线路故障等极端情况，制定电力线路抢修专项应急预案。
- 10.5.2 应定期组织应急演练，其中，涉及Ⅰ级故障场景的专项应急预案演练每半年至少1次，Ⅱ级故障场景的专项应急预案演练每年至少1次，演练应模拟真实故障场景，检验预案的可操作性、队伍的响应速度及多部门协同能力。
- 10.5.3 发生故障后，应按照预案迅速组织抢修，尽快恢复供电。抢修结束后应进行复盘。



参 考 文 献

- [1] GB 50168—2018 电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准[S].
 - [2] JTG 3370.1—2018 公路隧道设计规范[S].
 - [3] JTG/T 3383-01—2020 公路通信及电力管道设计规范[S].
-

中华人民共和国团体标准
高速公路桥隧电力线缆运维管理规范
T/GXAS 1407—2026
广西标准化协会统一印制
版权专有 侵权必究