

苏通 GIL 综合管廊工程施工安全防护体系设计研究

黄志高¹,吉宏²,戴掣军²,钱玉华¹,谢兴祥²,王志强³,戴大海²

(1. 国网江苏省电力有限公司,江苏 南京 210008; 2. 江苏省送变电有限公司,江苏 南京 210037;
3. 国家电网公司 交流建设分公司,北京 100052)

摘要:为确保苏通 GIL 综合管廊工程 GIL 设备安装安全管理工作处于可控、能控与在控状态,重点研究 GIL 施工安全防护体系,从火灾自动报警系统、气体环境探测系统、人员管理系统、车辆数据监测系统和视频监控系统等 5 个方面进行设计,提高了 GIL 设备安装安全管理工作效率。

关键词:综合管廊工程;安全防护体系;设计研究

中图分类号:TP277 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2019)05-0215-03

Study and Design of Protection System for Engineering Construction in GIL Tunnel Project

HUANG Zhigao¹, JI Hong², DAI Qiejun², QIAN Yuhua¹, XIE Xingxiang², WANG Zhiqiang³, DAI Dahai³

(1. State Grid Jiangsu Electric Power Co., Ltd., Nanjing 210008, China;

2. Jiangsu Transmission and Transformation Co., Ltd., Nanjing 210037, China;

3. Exchange Construction Branch of State Grid Corporation of China, Beijing 100052, China)

Abstract: To ensure the safety management, GIL equipment installation should be in a controllable state in the GIL tunnel project. This paper mainly researches on the safety and protection system for GIL installation and designs automatic fire alarm system, gas environment detection system, personnel management system, vehicle data monitoring system and video monitoring system, improved the efficiency of security management of GIL equipment installation.

Keywords: GIL tunnel project; safety protection system; design and research

0 引言

苏通 GIL 综合管廊工程是世界上首个特高压 GIL 综合管廊工程,是目前世界上电压等级最高、输送容量最大、技术水平最高的超长距离 GIL 创新工程。GIL 设备安装工程包含地面引接站的设备安装、工作井内及管廊内的 GIL 设备运输及对接安装等多个工序,涉及到施工电源设置、有限空间作业、高处作业、起重作业、管廊内 GIL 设备运输等多项风险作业,其施工难度大、安全风险高、安全事故社会影响大。但是,以往工程并未针对管廊 GIL 设备安装工程进行过安全风险辨识,未制定过系统的安全防护措施,也未研制相关的安全防护系统。苏通 GIL 综合管廊工程 GIL 安装安全防护体系设计及试验是在对作业现场风险识别、危险源辨识的基础上,开展安全防护体系设计及试验,布置安全防护监测设备,对保证工程建设安全稳定具有极其重要的意义。

1 安全防护体系设计范围

GIL 管廊内作业人员众多,各工序内用电、用火频繁,存在较大安全隐患,而且管廊长度较长,人员分散,发生火灾时必须实时探测到,并第一时间告知管廊内外相关人

员。依据国家有关标准规范,需要设计火灾自动报警系统。

由于管廊特殊的地质结构和地理环境,存在甲烷等有害气体,若有害气体浓度超标,极易造成人员中毒、火灾、爆炸等安全事故。工程大量使用 SF₆ 气体作为绝缘介质,若 GIL 设备发生泄漏,SF₆ 气体浓度超标,将会造成人员窒息,严重威胁管廊内作业人员的安全,因此需要设计气体环境探测系统^[1]。

管廊内部空间狭小,作业人员多。管廊内 GIL 设备作业包含有 GIL 设备运输、安装、注气、试验等多个工序,涉及到施工、厂家、监理以及业主等多单位人员,因此需要设计人员管理系统^[2]。

管廊内部空间狭小,作业时同时存在 GIL 管道运输车辆、SF₆ 气瓶运输车辆、GIL 安装车辆以及 SF₆ 气体处理车辆等多种安装运输车辆,且 GIL 轨道运输车体积大、自身重,一旦发生碰撞事故,将会造成重大人身和财产损失。为保证管廊内 GIL 设备运输车辆安全,防止发生碰撞或翻车事故,造成设备损坏或人身伤害,有必要组织开展管廊内 GIL 运输车辆安全行驶保障体系设计研究^[3]。

管廊工程场地大,施工工序多,存在 GIL 设备起重、地面运输、垂直运输、管廊内运输、安装、试验等多项风险作业,安全隐患较多;管廊长度长,作业面多,作业人员较为分散,且管廊内视野不够开阔,视线不够清晰,仅依靠人力

作者简介:黄志高(1962—),男,江苏泗阳人,教授级高级工程师,本科,主要从事特高压电网规划与建设管理。

无法做到全面、全方位、全过程进行安全管控,安全风险极大。因此有必要组织开展视频监控系统设计研究。

结合上述分析,开展苏通 GIL 综合管廊工程 GIL 施工安全防护体系设计及试验,布置安全防护监测设备,建立基于物联网的监控与报警系统,通过对管廊 GIL 施工过程中人的行为、物的状态以及环境因素进行实时监控,及时发现不安全因素,及时进行预警或处置,需配置如下系统:

- 1) 火灾自动报警系统;
- 2) 气体环境探测系统;
- 3) 人员管理系统;
- 4) 车辆数据监测系统;
- 5) 视频监控系统。

2 安全防护体系设计思路与原则

2.1 设计思路

根据综合管廊的运维复杂情况及特点,建立基于物联网的监控与报警系统,是实现智慧管廊的必由之路^[4]。

- 1) 感知层:感知来自各子系统前端探测器、传感器的各种数据。
- 2) 传输层:提供无线、有线通信等可靠传输。
- 3) 应用层:通过 1 个“统一管理信息平台”,集成环境与设备监控系统、安全防范系统、通信系统、预警与报警系统及地理信息系统 5 大中心模块实现系统的分布式应用和纵向深入,以实现信息的共享和联动。

2.2 设计原则

根据所确定的设计范围,苏通 GIL 综合管廊的安全防护设计配置方案依据以下原则设计:

- 1) 可靠性
系统应确保管廊数据获取、融合、传输等过程的可靠性。其中,感知数据是管廊各项应用的基础和判别依据,可靠的数据获取、融合和传输是保证系统功能正常运行的基础。
- 2) 可扩展性
系统应能够动态调节,为不同网络应用提供可扩展性,包括网络拓扑结构可扩展、服务内容可扩展等。
- 3) 兼容性、开放性和易维护性
系统的软、硬件采用模块化、组态化设计,可以方便地进行容量的扩充和功能的维护升级。同时,系统建设基于 Web、B/S 结构,软件设置开放性网络接口,可实现将监测信息上传至监控中心和各级主管部门、单位。
- 4) 安全性
监控与报警系统的安全标准要特别保护用户的信息隐私,为各政府部门、单位提供不同安全级别的网络应用。

3 系统总体设计研究

3.1 火灾自动报警系统设计

火灾自动报警系统主要具备 4 个基本功能:火灾自动

识别、消防电话、消防器材管理、公共广播^[5]。火灾自动识别:保证第一时间识别已发生的灾情;消防电话系统:让前端人员发现隐患或灾情时能及时告知后端控制室;消防器材管理:保证各消防器材设施在需要时能正常运行;公共广播:保证后台控制人员对管廊内外能及时发布广播内容^[6]。

根据综合管廊实际情况,设有消防主监控中心和分控中心,消防分控中心内设消防集中报警系统。在主监控中心内设控制中心报警系统^[7],各分控中心所控制防火分区内的电气火灾监控设备、气体探测控制器等控制器之间通过 ZR-RVS-2×1.5 mm² 双绞线,采用菊花链方式进行组网;分控中心内的火灾报警控制器通过 CAN-FIB-100BT 模块与主监控中心实现光纤组网;分控中心内的火灾报警控制器通过 CANET-I-II-CAN 模块与主监控中心实现以太网组网;主监控中心内的火灾报警控制器通过 JBF-TD802 传输设备与消防大队联网并与监控中心集中监控平台通信^[8]。火灾报警及联动控制系统示意图见图 1。

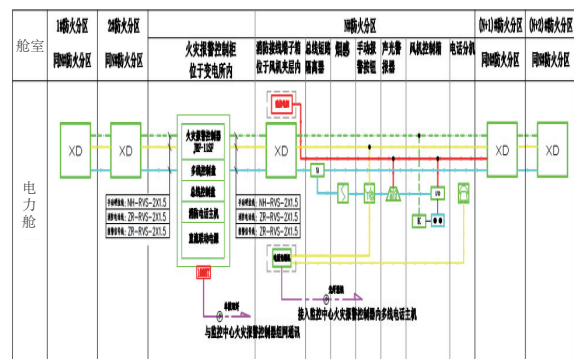


图 1 火灾报警及联动控制系统示意图

3.2 气体环境探测系统设计

综合管廊全长 5.56 km,考虑到信号线缆最佳传输距离为 200 m,为保证信号有效传输,计划分为 28 个气体探测分区。在管廊内配置六氟化硫气体探测器(红外式)VT3412IR(SF₆)、氧气体探测器 VT3412(O₂)、甲烷气体探测器(CH₄)、硫化氢气体探测器 VT3412(H₂S),通过气体探测信号线(ZRC-RVVB-6×2.5 mm²)接回至气体报警控制器 VT320;CAN 总线式(4 总线)连接,各气体报警控制器 VT320 通过网线连接接入交换机^[9]。各分区设备安装及连线方式(示意图)如图 2 所示。

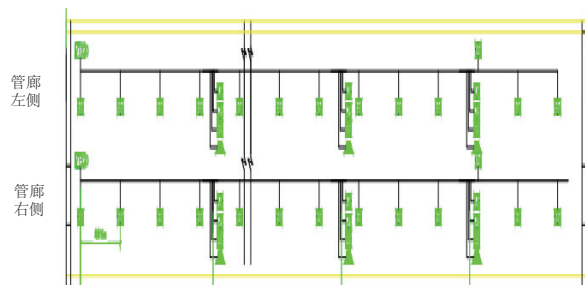


图 2 气体环境探测系统标准段平面图

3.3 人员管理系统设计

人员管理系统设计方面,综合考虑到微基站工作最佳距离为 200 m~600 m,同时要保持一定的探测重叠度,依据管廊坡度和走向分布,在保证定位精度和控制成本两个前提下,最佳工作距离按左右取中各 200 m 进行设计,因此在管廊内每隔约 400 m 安装 1 台定位微基站,合计共 16 台以覆盖整个管廊区域。考虑到施工人员主要活动在管腔中部,故将定位基站吸顶安装以获得最佳定位效果,具体安装位置详见图 3 黑色框选区域。人员定位系统安装布设方案如图 3 所示。

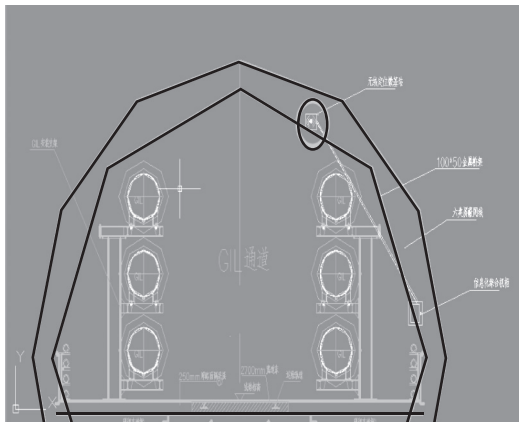


图 3 定位基站安装图

定位标签通过无线信号传输至定位微基站,定位微基站通过 6 类屏蔽网线沿金属桥架连接到就近信息化综合机柜内的交换机,再通过单模光缆连接传输到后方的监控中心。为了保证信息稳定传输,每 200 m 设置 1 台信息化综合机柜,于管廊侧壁贴壁安装,信息化综合机柜主要用来存放传输设备(包括交换机、熔纤盘、电源适配器等),保证设备稳定运行。

3.4 车辆数据监测系统设计

实时监测是管廊工程动态设计的重要组成部分,是确保安全施工的基础。在施工中,通过监控量测,掌握施工车辆的工作状态,利用监控量测结果调整指导施工,积累资料并为以后的类似工程提供类比依据;同时预测事故和险情,以便及时采取措施防止事故发生。根据建设单位需求,本子系统主要考虑管廊内 GIL 管道安装工程车辆车载信息收集、传输、应用方案。

前端车载信息收集、数据打包由车辆制造方承担,数据打包后车载信号线经由编码器转化为网线连接数据终端^[10]。

传输方案采用 MESH 无线覆盖方案,主要是桥接加漫游模式,让数据终端与不同基站之间具有漫游切换功能,车辆在隧道内行驶时,车载终端与隧道内 mesh 无线通信设备可实时进行通信,车辆采集的数据通过车载无线终端传输至隧道内无线设备,然后通过光纤传输至后端控制中心。

应用方案为集中监控平台接收数据包后将数据转化为可视化信息反应之显示端。

3.5 视频监控系统设计

视频监控系统结构分为前端部分、信号传输部分、中心控制显示部分及数据存储。系统通过前端监控点网络摄像机采集图像信息,通过网络传输回中心,实现管廊实时监控、视频巡检,并对视频数据进行集中存储。综合管廊内设备集中安装地点、人员出入口和监控中心等场所应设置摄像机;综合管廊内每个分区应至少设置 3 台摄像机,不划分分区的舱室,摄像机设置间距 ≤ 100 m,摄像机使用垂直吊杆安装于管廊顶部。综合管廊由于网线传输距离上限为 100 m,设定每 200 m 为一段监控分区,每段分区设置 1 台交换机,在每段分区内设置 3 台网络摄像机(区段出入口),监测任何进入分区内的人员情况。所有的视频监控画面都可以通过智能安全管控平台控制、显示,实现全范围监控,并且可在监视器上切换显示各分区的监控画面。监控摄像机在管廊顶部用专用支架固定吊装,摄像机通过六类屏蔽网线沿金属桥架连接到位于管廊下腔区域的综合机柜内部的交换机后,再通过单模光缆连接传输监控信号到后方的监控中心。

4 结语

通过上述设计研究,部署火灾自动报警系统、气体环境探测系统、人员管理系统、车辆数据监测系统、视频监控系统,提高了苏通 GIL 管廊工程 GIL 设备安装安全管理工作效率,并为以后同类项目开展提供一定参考和帮助。

参考文献:

- [1] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于加强城市地下综合管线建设管理的指导意见[Z]. 北京:国务院办公厅,2014.
- [2] GB50838-2015 城市综合管廊工程技术规范[S]. 北京:中国电力出版社,2015.
- [3] GB16806-2006 消防联动控制系统[S]. 北京:中国电力出版社,2006.
- [4] GBZ/T205-2007 密闭空间作业职业危害防护规范[S]. 北京:中国电力出版社,2007.
- [5] GB50348-2018 安全防范工程技术标准[S]. 北京:中国电力出版社,2018.
- [6] GB50116-2013 火灾自动报警系统设计规范[S]. 北京:中国电力出版社,2013.
- [7] GB50166-2007 火灾自动报警系统施工及验收规范[S]. 北京:中国电力出版社,2007.
- [8] GB50016-2014 建筑设计防火规范[S]. 北京:中国电力出版社,2014.
- [9] GB50370-2005 气体灭火系统设计规范[S]. 北京:中国电力出版社,2005.
- [10] GB50263-2007 气体灭火系统施工及验收规范[S]. 北京:中国电力出版社,2007.

收稿日期:2019-05-10



中国科技核心期刊

(中国科技论文统计源期刊)

收录证书

CERTIFICATE OF SOURCE JOURNAL
FOR CHINESE SCIENTIFIC AND TECHNICAL PAPERS AND CITATIONS

机械制造与自动化

经过多项学术指标综合评定及同行专家
评议推荐，贵刊被收录为“中国科技核心期
刊”（中国科技论文统计源期刊）。

特颁发此证书。



中国科学技术信息研究所
Institute of Scientific and Technical Information of China
北京复兴路15号 100388 www.istic.ac.cn

2018年11月

证书编号：2017-N515-0761
有效期至：2019年12月

