

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2014.03.006

# 国内首座1万m<sup>3</sup>LNG全容储罐的电气设计

□ 中国市政工程华北设计研究总院 (300074) 侯 彪

**摘 要:** 针对国内首座1万m<sup>3</sup>LNG全容罐的电气设计, 本文对外方设计的内容进行了阐述, 并给出了与我方在相关领域设计的异同; 同时对我方配套设计的重点内容进行了论述, 意在引起业内专业人士对相关知识点的重视。

**关 键 词:** LNG全容储罐 LNG潜液泵 LNG加压泵 断路器

## Electrical Design of the Domestic First Ten Thousand Cubic Meters of LNG Full Containment Tank

North China Municipal Engineering Design and Research Institute Houbiao

**Abstract:** In the light of electrical design of the domestic first ten thousand cubic meters of LNG full containment tank, this paper explicates the design of foreign design, and given our similarities and differences in the relates fields of design; At the same time, the key content of our supporting design are discussed, In order to cause the attention of related industry professionals to such as knowledge point.

**Keywords:** LNG full containment tank LNG submersible pump LNG pressure pump circuit breaker

### 1 概述

国内首座1万m<sup>3</sup>LNG全容储罐本体由某国外公司设计, 该罐砼壁内侧直径28m, 拱形罐顶距地面33m。本体设计所含电气专业部分包括储罐爆炸危险区域划分、防雷保护、接地装置、走道照明和顶部电缆桥架等方面内容。与该罐有关的用电设备包括罐顶LNG潜液泵及罐外LNG加压泵的配电设计由我方配套完成。为便于业内人士对该型储罐电气设计的认识, 现就外方及我方配套设计的主要内容简介如下。

### 2 外方设计中的电气部分

#### 2.1 爆炸危险区域划分

储罐所处爆炸危险环境的危险介质是甲烷、其分级分组为ⅡAT1。危险介质及其分级分组与GB50058-92《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》附录三气体或蒸气爆炸性混合物分级分组举例完全一致。

危险区域的划分是从全容罐罐壁和罐顶向外沿各方向4.5m以内为爆炸性气体危险环境2区; 罐顶设备为从释放源算起沿各方向4.5m以内, 以及此球的水平赤道面与罐顶面之间的圆柱体为爆炸性气体危险环

境2区；罐顶压力安全阀为从排放管中心算起1.5m以内的球体为爆炸性气体危险环境1区。这些区域的界定和图面表达与国内设计基本相同，所不同的是外方设计图纸的依据是美国国家防火协会颁布的《化工危险场所易燃液体、气体、蒸汽的分类及相应场所的电气安装》（NFPA497 classification of flammable liquids, gases, or vapors and of hazardous (classified) locations for electrical installations in chemical process areas），国内设计依据是GB/T 20368-2006《液化天然气（LNG）生产、储存和装运》，并且依据GB/T20368-2006第7.6.2款，外方设计图中未见罐顶压力安全阀从排放管中心算起沿各方向1.5m以外4.5m以内为爆炸性气体危险环境2区的内容。

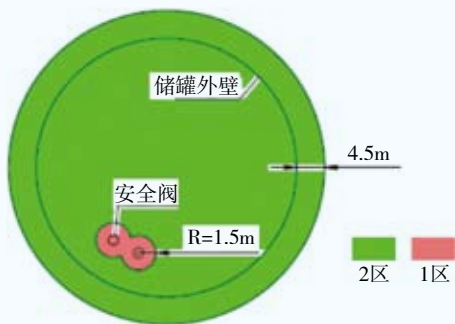


图1 爆炸危险区域划分简图

## 2.2 防雷保护

外方设计图纸中没有明确全容罐属于几类防雷建筑物，但从具体做法上判断全容罐被划为第二类防雷建筑物。其中防直击雷的措施是在全容罐罐顶及罐壁安装接闪带，接闪带采用截面为70mm<sup>2</sup>镀锡裸铜绞线组成不大于10m×10m网格，引下线亦为截面为70mm<sup>2</sup>镀锡裸铜绞线，间隔不大于10m。接闪带之间采用压接方式连接，用膨胀螺栓固定，固定点间距0.9m。对比国内GB50057-2010《建筑物防雷设计规范》第4.3.1款规定，其防直击雷设计更趋严格，并且在材料选择上与发达国家一致。

为保护置于罐顶管线和设备免受雷害损坏，全容罐罐顶平台多处设置有接闪杆。接闪杆由接闪端（air terminal）和支撑体（lightning support）组成，高度有5m和7m两种，其接闪端采用直径15mm、长500mm铜棒，并用截面为70mm<sup>2</sup>镀锡裸铜绞线沿支撑体引下与

罐顶接闪带连接，支撑体采用热镀锌钢管。在国内的设计中，接闪杆的接闪端采用热镀锌圆钢。

在全容罐罐壁距地2.0m处，每根引下线与接地线连接处均设置有防雷保护系统测试箱（test box for lightning protection system）。这种作法与国内GB50057-2010《建筑物防雷设计规范》第5.3.6条的要求基本一致。

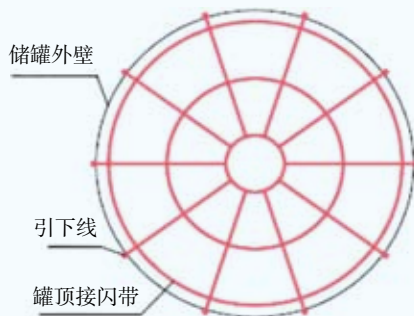


图2 罐顶防雷平面简图

## 2.3 接地装置

外方设计的接地装置是在距全容罐外壁1.5m处埋设第一圈环形水平接地装置，埋深1.0m，距第一圈环形水平接地装置外3.0m处埋设第二圈环形水平接地装置，埋深1.5m。第二圈接地装置中间均布四处检查坑，坑内设有垂直接地棒及与厂区主接地网连接用接线端子。水平接地装置采用截面为70mm<sup>2</sup>镀锡裸铜绞线，垂直接地装置采用直径20mm长3.0m铜棒。

从接触电压和跨步电压的角度分析，外方的这种设计让人费解。

罐区接地电阻4Ω，以实测为准（这点与国内设计要求相同）。接地装置导体间连接采用热熔焊接。

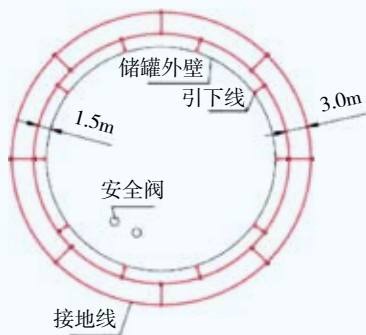


图3 储罐接地平面简图

## 2.4 设备接地

为满足设备接地要求, 外方利用在储罐顶部沿接线箱、接线盒集中部位敷设的电缆桥架中通长敷设的截面为70mm<sup>2</sup>绝缘铜绞线 (green insulated stranded copper conductor) 作为接地线, 该接地线与主接地网连接。罐顶设备包括桥架、平台扶手、平台出入口静电消除器、放散管接地板、LNG潜液泵等均采用截面为70mm<sup>2</sup>绝缘铜绞线与桥架内接地线连接。罐顶接线箱、插座等均采用截面为35mm<sup>2</sup>绝缘铜绞线与桥架内接地线连接。

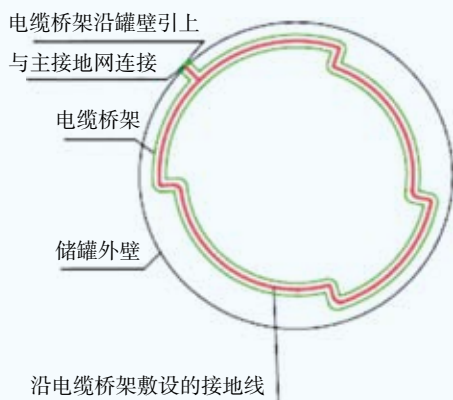


图4 罐顶设备接地平面简图

## 3 我方配套部分的电气设计

与全容罐生产运行有关的用电设备的供电、控制由我方完成。其中, 与全容罐配套的地面上的罐外LNG加压泵是容量最大的用电设备, 共3台, 功率为250kW/台, 其供电电缆长度180m。罐顶LNG潜液泵是供电距离最远的用电设备, 共3台, 功率为50kW/台, 其供电电缆长度260m。

### 3.1 电缆截面的选择

电缆截面的选择要考虑的因素较多, 因该项目配套设备容量较大, 供电距离较远, 因此电缆截面的选择要考虑的主要因素应是允许温升、热稳定、电压损失等。

按允许温升选择, 供电给罐外LNG加压泵铜芯电缆最小截面应为 $2(4 \times 150) \text{ mm}^2$ , 供电给罐顶LNG潜液泵铜芯电缆最小截面应为 $4 \times 35 \text{ mm}^2$ 。

该项目配电线路的保护电器采用的是断路器, 其

瞬时脱扣器的全分断时间 (包括灭弧时间) 极短, 一般为10ms ~ 20ms。采用变压器高压侧10kV中性点不接地系统短路容量为无穷大计算出的保护开关安装处的短路电流23.4kA, 及短路电流持续作用时间20ms的最不利条件, 按热稳定要求计算出的铜芯电缆最小截面为 $4 \times 35 \text{ mm}^2$ 。

正常情况下, 电动机电压偏差允许值为+5% ~ -5%, 经计算, 变压器的电压损失为1.65%, 因此在变压器高压侧为稳定的额定电压时, 低压侧线路允许电压损失为8.35%。按电缆线路电压损失6%计算出电缆截面分别为: 供电给罐外LNG加压泵的铜芯电缆最小截面为 $4 \times 185 \text{ mm}^2$ ; 供电给罐顶LNG潜液泵的铜芯电缆最小截面为 $4 \times 50 \text{ mm}^2$ 。

综合允许温升、热稳定、电压损失三大因素的结论: 供电给罐外LNG加压泵铜芯电缆最小截面应为 $2(4 \times 150) \text{ mm}^2$ , 供电给罐顶LNG潜液泵铜芯电缆最小截面应为 $4 \times 50 \text{ mm}^2$ 。

初步选择的电缆截面最终还应按照满足保护用断路器灵敏度要求进行验证。

### 3.2 保护用断路器的选择

保护用断路器的选择涉及正常工作条件、短路工作条件和使用环境条件等诸多因素。正常工作条件和使用环境条件是最直接的、最受关注的选型条件, 这两个条件在选型过程中都会得到满足。而最重要的短路工作条件因受供电电源等外部条件和供电系统内部复杂计算的限制往往得不到有效落实。

LNG泵供电电缆保护用断路器应满足在短路条件下分段能力的要求。采用变压器高压侧10kV中性点不接地系统短路容量为无穷大计算出的保护开关安装处的短路电流23.4kA, 因此保护用断路器额定运行短路分段能力最低应为35kA。

由于LNG泵的配电线路较长, 被保护线路末端接地故障电流不能满足断路器动作灵敏性要求。在加大相导体及保护接地导体截面, 进一步降低电缆线路的电压损失, 提高接地故障电流的同时, 在满足热稳定要求的前提下, 降低断路器瞬时过电流脱扣器的整定值是提高TN系统接地故障保护灵敏性的重要措施。

为满足断路器动作灵敏性要求, 经反复验算, 最终选择供电给罐外LNG加压泵铜芯电缆截面为 $2(4 \times 185) \text{ mm}^2$ , 断路器短路瞬时动作电流的整定

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2014.03.007

# 建立与市场化经营相适应的薪酬体系

## ——杭燃集团薪酬体系改革尝试

□ 杭州市燃气集团有限公司(310007) 沈淑敏

近年来,新奥能源、港华燃气、华润燃气等一批新锐势力占领燃气行业并逐渐壮大,传统国有燃气企业的生存与发展正面临着严峻的考验。在区域化竞争日趋激烈的今天,对燃气企业在专业人才、资金储备、安全保障等技术经济竞争能力提出了更高的要求。传统的人事管理将人看作是一种成本,是被管理、被控制的对象,人事部门则是一个不能创造收益的辅助部门,重复着事务性工作。而现代人力资源管理则将人看作企业中最宝贵、最有创造力的资源,既需要管理,更需要开发,人力资源战略也成为企业的核心竞争力之一。

作为一家全资国有企业,杭州市燃气集团有限公司(以下简称杭燃集团)加快“四新”技术的普及运用,生产型员工呈下降趋势,人均劳动生产率也逐年提高,但人力资源总体状况并不理想,人力资源结构不合理,经营管理人才以及与市场发展息息相关的营

销人员相对缺乏,人才队伍建设不完善。企业所需人才主要靠引进大中专毕业生,不仅培养周期较长,期间如不能提供有吸引力、有竞争力的薪酬条件,这部分员工随时会离开企业。2010年初,杭燃集团在制定企业“十二五”发展战略时,明确人力资源发展的目标是以“平等拥有发展机会,建立“管理、技术、职员、操作”四大员工通道,完善市场化的薪酬体系,形成合理科学的人力资源队伍结构。”具体包括建立“用”“养”并重的培训机制、建立以业绩为导向的薪酬机制、建立多层次的激励机制等。为实现上述人力资源发展目标,近年来,杭燃集团先后完成了液化石油气改制,液化石油气业务由杭燃集团与百江燃气合资;通过让地分流,将原从事人工煤气业务的原制气分公司职工分流到市公交集团,主业减员近千人;实施了组织架构调整,建立起决策、执行、监督“三分离”的内部管理体制。截至2013年底,公司员工由

值为过载长延时动作电流的7倍。供电给罐顶LNG潜液泵铜芯电缆截面为 $4 \times 120\text{mm}^2$ ,断路器短路瞬时动作电流的整定值为过载长延时动作电流的8倍。

### 3.3 电机控制

拖动LNG泵的电机采用变频器控制,管网压力信号作为反馈调节信号。控制方案中设有本地和远程控制选择开关,LNG泄漏联锁电源进线断路器分励脱扣。所有运行及故障信号通过通讯接口上传至控

制室。

## 4 结束语

国内首座 $1\text{万m}^3$ LNG全容储罐已完成联合设计,这是国际化背景下知识和思想融合的结果、更是标准国际化的结果。希望通过本文能对业内专业人士有所启发和帮助。