

四川元坝天然气净化厂电气安全设计分析

对四川元坝天然气净化厂电气安全设计进行了详细的分析,提出了可靠的外部供电线路及外部供电电源是保证净化厂电气安全的前提。净化厂内放射状的供配电设计、可靠的防爆区划分以及完善的防雷、防静电接地设计等是电气安全的根本保证。

王树国/中国石化工程建设有限公司

0 引言

四川元坝气田工程是中石化重点工程,其核心装置——元坝天然气净化厂的电气安全设计非常重要。由于净化厂通常随着气田就地建设,山区较多,供电线路长,特别是长输距离外线路由于有时穿越浓雾多雷的山脉、村庄,容易遭受雷击导致外线路出现故障。四川元坝天然气净化厂加工原料是高含硫的酸性天然气,年处理量为40亿方,该厂突然断电造成的损失远大于大型的石油化工厂。特别是由于 H_2S 泄漏导致装置安全停车的用电要求高于常规的石油化工厂。本文从电气安全设计的角度详细分析了本净化厂的电气设计理念及采取的具体措施。



王树国/教授级高工

关键词/Keywords

供电线路·
供电电源·
防爆区划分·
电气安全·

1 供电安全的必要条件

1.1 外部供电电源的安全设计

四川元坝天然气净化厂是中石化重点工程元坝气田的核心处理装置,处理的原料气为高含硫酸性气体(含甲烷、 H_2S 等),操作介质主要有甲烷、 H_2S 、MDEA和 H_2 等。其工艺装置是加工处理易燃易爆有毒危险介质的连续生产装置,突然停电将导致人身和设备重大损

伤及巨大经济损失,要求保持高度的生产连续性、安全性和稳定性,其主要负荷均属一、二级负荷。因此,要求双重电源供电,当一路电源发生故障时,另一路电源不应同时受到损坏。本净化厂外部电源分别引自苍溪变电站和洪江变电站220 kV变电所的110 kV母线段,每回110 kV线路均能承担本工程的全部用电负荷。

1.2 供电外线路安全设计

供给元坝天然气净化厂的双路电源均为专用线路,单塔单回敷设。在净化厂开工试运行阶段,由于110 kV/10.5 kV总变电站出线(分别为10 kV管理中心甲线、集气总站)外线路同时遭受雷击,造成线路A、B两相接地短路跳闸后导致净化厂大面积停车事故。分析原因是110 kV/10.5 kV总变电站接入了非生产负荷,同时在继电保护整定上两条线路保护整定为短路延时,且延时时间过长导致给净化厂供电的开关跳闸停车。整改措施为:①将110 kV/10.5 kV总变电站改为净化厂供电的专用变电站,拆除非生产接入负荷;②在无法拆除非生产接入负荷情况下,将保护功能调整为短路速断保护,发现故障及时切除非生产负荷;③提高外供电线路的安全设计,在外线路现有避雷线的基础上加装线路避雷器,同时加强外线路的巡视与管理,减少雷击对外线路的影响。

2 净化厂内安全供电采取的措施

2.1 设计可靠的净化厂内供配电方案

净化厂内在正常工况时,总用电负荷

为38 343 kW；开工工况时，总用电负荷为41 545 kW。根据用电负荷情况及供电距离，本设计将10 kV供电电压深入负荷中心。

1) 根据净化厂总的负荷情况，全厂界区内设110 kV/10.5 kV总变电站1座，10 kV/0.4 kV变电所12座。110 kV/10.5 kV总变电站供电单线图如图1所示，全厂供电单线图如图2所示。

2) 110 kV、10 kV和380 V系统均采用双电源供电，各电压等级系统均为单母线分段，正常为分段运行方式，为了保证供电安全，110 kV、10 kV母线段均设置了电源快切装置，变电所内设置微机保护及监控系统。

3) 110 kV变电站的变压器容量的选择原则为：正常工况时，每台主变压器容量原则上按负荷率不超过50%考虑，满足所供电装置（或单元）全部用电负荷要求。

4) 110 kV变电站布置原则为：110 kV变电站

为四层建筑物，二层设置10 kV及低压开关柜室、消弧接地装置室和电容器室等功能房间，四层设置110 kV配电室、继保室和主控室，一、三层为电缆夹层。

5) 10 kV及以下变电所设置原则为：在生产装置或公用工程各单元内按需要设置10 kV及以下变电所，供本单元或附近单元内中低压用电负荷。各10 kV及以下变电所双路电源引自110 kV/10.5 kV总变电站10 kV不同段母线。10 kV、380 V侧均采用单母线分段接线，且分列运行，分段开关设快切装置，10 kV及以下变电所根据具体情况设置电缆沟或电缆夹层。

6) 净化厂负荷分配原则为：界区内的高压用电负荷由10 kV配电装置直供；220 V/380 V的负荷由低压配电装置放射式直配，按负荷分配均匀及减少供电距离的原则分配在低压配电装置不同的母线段上，一备一用的用电负荷分配在不同母线

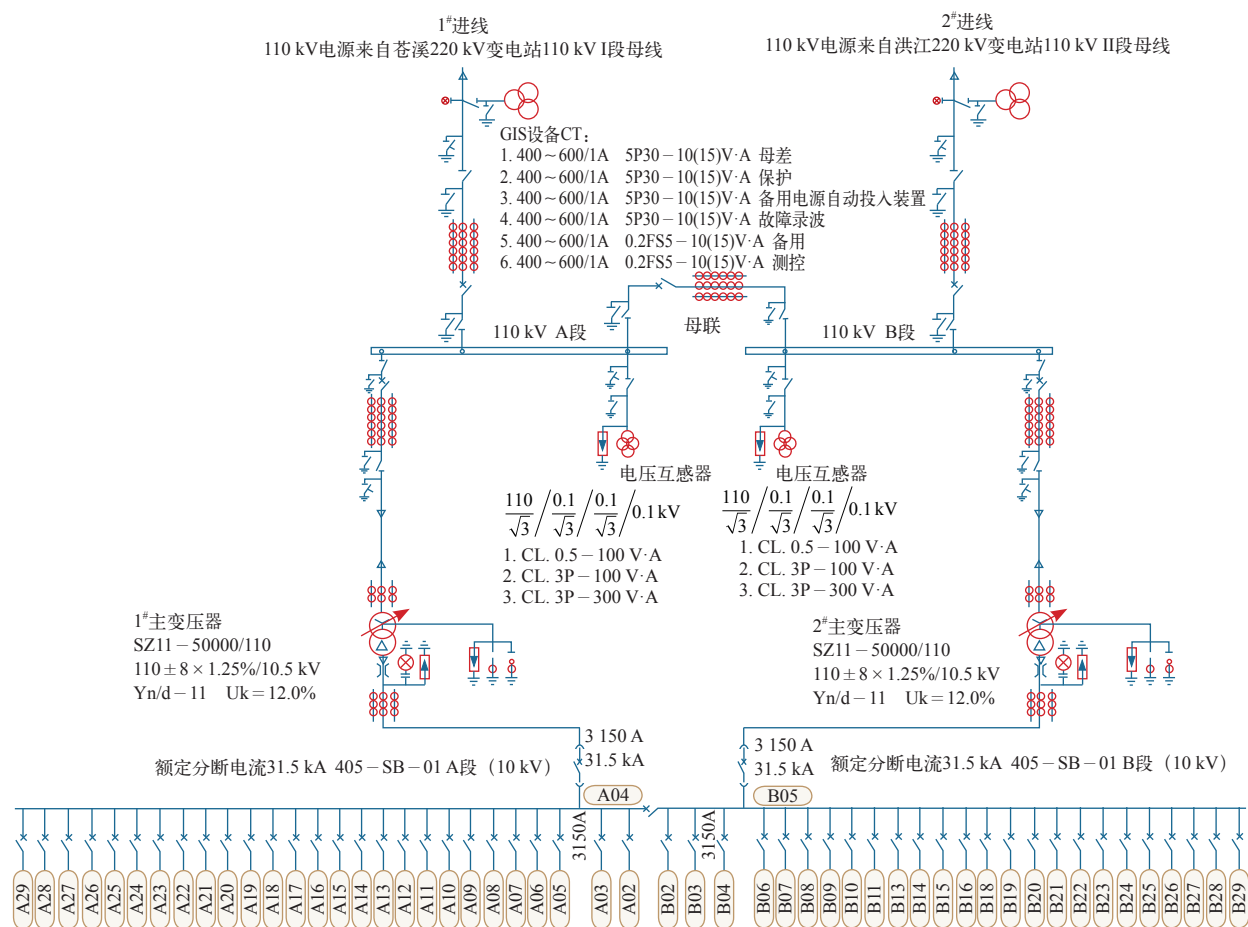
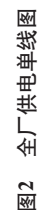


图1 110 kV/10.5 kV总变电站供电单线图



段。受供电半径的影响,本工程185 kW及以上电动机的电压等级采用10 kV。

2.2 净化厂内变电所综合自动化(SCADA)系统的设计

(1) 继电保护与计量

变电所继电保护的配置按照GB/T 50062—2008《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》^[1]配置,计量按照GB/T 50063—2008《电力装置的电测量仪表装置设计规范》^[2]配置。

(2) 变电所综合自动化系统

净化厂监控系统总站设在界区内的110 kV/10.5 kV总变电站。110 kV总变电站为有人值守变电所,设有主控制室;10 kV及以下变电所按无人值守设计。为提高供电系统的自动化水平,确保供电系统的运行质量和可靠性,净化厂内的变电所设置功能齐全、可靠性高、结构紧凑和操作简单的变电所自动化系统。在电气安全设计方面采取的主要措施为:①集保护、控制、监测和通信为一体,其软硬件的配置采用中石化成熟、可靠的主流产品;②结构采用分层分布式,分层分布式的终端综合保护单元为数字式模块化结构,直接安装在开关柜上,各综合保护单元和主机间采用开放型总线,标准通信网络,易于信息交换和各种指令传递;③微机综合保护系统具备保护的独立性和功能的完整性。配置灵活,结构简单,且维护方便,具备友好的人机界面及简便实用的专家管理系统。

(3) 可视化防误系统

为了保证净化厂连续可靠供电,全厂设置了完善的可视化防误系统,该系统由五防和视频系统组成。110 kV总站防误系统配置集控防误操作系统,具有防误闭锁、控制和信号返回于一体功能,可显示全厂10 kV及以上电气设备的一次主接线图,在线显示开关、小车、刀开关和接地开关的状态。0.4 kV电气设备显示进线和分段开关,在集控防误系统或综合操作屏上可实现全厂电气设备的模拟预演功能,电动设备的闭锁由具有冷闭锁功能的遥控闭锁继电器实现,手动操作通过锁

具结合设备机构联锁实现强制闭锁功能,0.4 kV进线、母联采用电编码锁闭锁断路器的手动操作;在110 kV总站设置压板防误系统,实现变电站内所有压板的防误闭锁、状态实时在线采集等功能;在110 kV总站设置五防服务器,具有与下级各个分站独立五防系统的接口;五防系统总站、分站独立成网。视频系统总站设置视频服务器和视频工作站,可接入各分站及子站安装的摄像机、灯光控制器等设备接口,总站防误系统可以与上级站防误系统通信,净化厂防误系统具有在上级站模拟、闭锁的集控模式功能,总体结构系统如图3所示。

(4) 工程计算

元坝净化厂供电系统采用了功能强大的ETAP计算软件进行电气系统潮流分析、谐波分析、短路电流计算、电压降计算以及电动机再起启动计算等,确保了计算结果的准确性,为电气的安全供电提供了可靠的理论计算保证。

2.3 应急电源的设计原则

对于一级负荷中的特别重要负荷增设应急电源。仪表DCS、SIS系统电源由AC 220 V UPS供电;电气设备继电保护由DC 220 V电源装置供电;事故照明、疏散照明由AC EPS供电。鉴于本净化厂的工艺特殊要求,仪表AC UPS装置、电气直流电源等均为冗余设计。其中仪表AC UPS不间断电源均为双机热备份,直流电源均为双电双充双电池组。为了区别通常的石化炼油厂,应工艺专业的要求,重要场所的UPS不间断电源的应急时间为60 min。按照石化规范,UPS不间断电源的应急时间为30 min。但对于本净化厂,考虑到H₂S泄漏、工艺安全联锁停车、火炬紧急放空要求及保证人员有足够的疏散时间,在双电源均失电的情况下,应保证重要场所UPS的应急时间为60 min。重要场所包括中心控制室、火炬单元等。在UPS室的布置上,对于大功率UPS设备,将铅酸免维护蓄电池安装在有机械通风的单独蓄电池室,同时设置可靠的氢气探测器以确保蓄电池工作的安全。

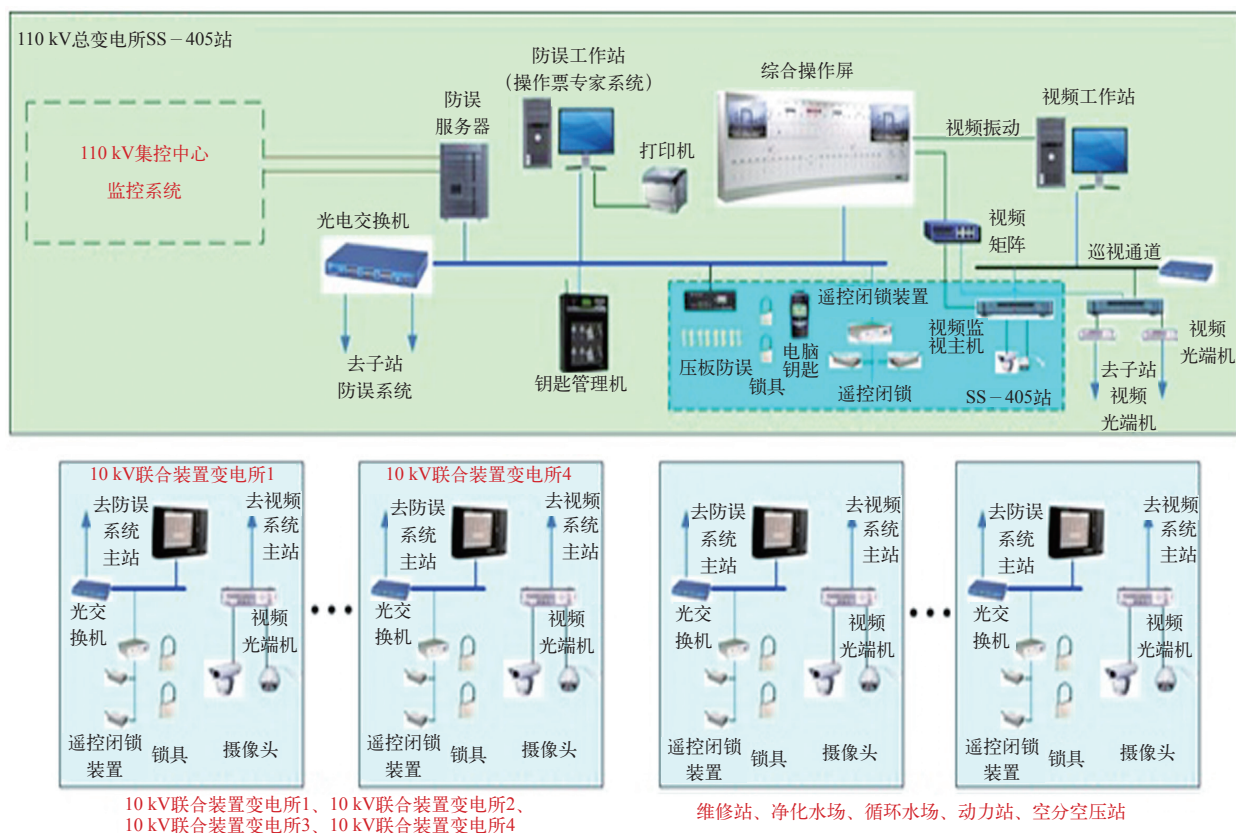


图3 全厂可视化防误系统总体结构

2.4 元坝净化厂的爆炸危险区域划分设计

元坝净化厂的原料气为高含硫天然气，出厂产品有净化后的天然气及硫磺等，防爆区划分设计非常重要。经过对工艺介质严格的分析判断，确定了净化厂硫磺成型、硫磺库房为非导电粉尘防爆区域，四套联合装置等为气体危险区域。气体危险区域的防爆区划分应遵循GB 50058—2014《爆炸危险环境电力装置设计规范》^[3]。非导电粉尘防爆区域划分应遵循GB 12476.3—2007《可燃性粉尘环境用电气设备 第3部分：存在或可能存在可燃性粉尘的场所分类》^[4]。硫磺成型、硫磺库房粉尘防爆区域划分如图4所示。联合装置气体危险区域的防爆区划分如图5所示。

2.5 净化厂工艺装置内的防雷、防静电接地设计

防雷、防静电设计是保证天然气净化厂电气安全的十分重要的内容。净化厂区内的防雷、接地设计执行GB 50057—2010《建筑物防雷设计规范》^[5]和GB/T 50065—2011《交流电气装置的接地设计规

范》^[6]的有关规定，同时严格执行石化行业标准SH 3097—2000《石油化工静电接地设计规范》^[7]。对具有爆炸和火灾危险环境的高大建筑物需做防雷保护和接地，厂区内的塔、容器、管道、框架和装卸车设施等需做防静电接地。装置（单元）界区内接地设计包括工作接地、保护接地、防雷接地和防静电接地，上述接地采用共用接地网，接地电阻不大于4 Ω。对于本净化厂的110 kV变电站，由于GIS电气设备的特殊要求，110 kV变电站的接地电阻不大于0.5 Ω。在其他项目容易被忽视的管道防静电接地方面，严格执行行业标准：在平行管道净距小于100 mm时，每隔20 m加跨接线；当管道交叉且净距小于100 mm时应加跨接线；同时在管道进出装置区、分岔处应进行接地；长距离无分支管道应每隔100 m接地一次；在液硫罐区、溶剂罐区加装罐顶避雷针等。在元坝净化厂“三查四定”阶段，设计人员严格按照设计图样检查施工单位施工，发现问题及时督促施工单位整改，确保了电气防雷、接地的规范施工。

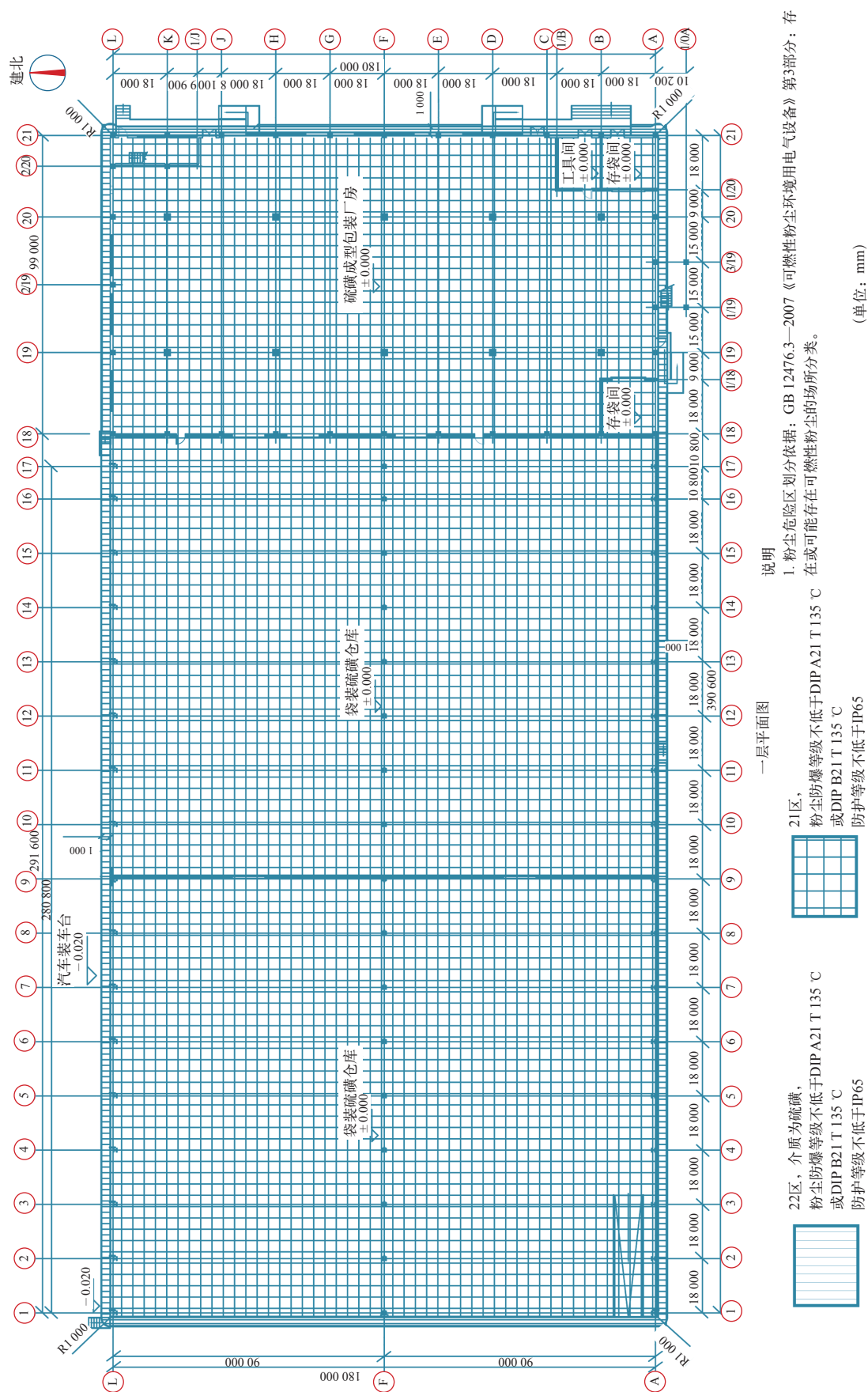
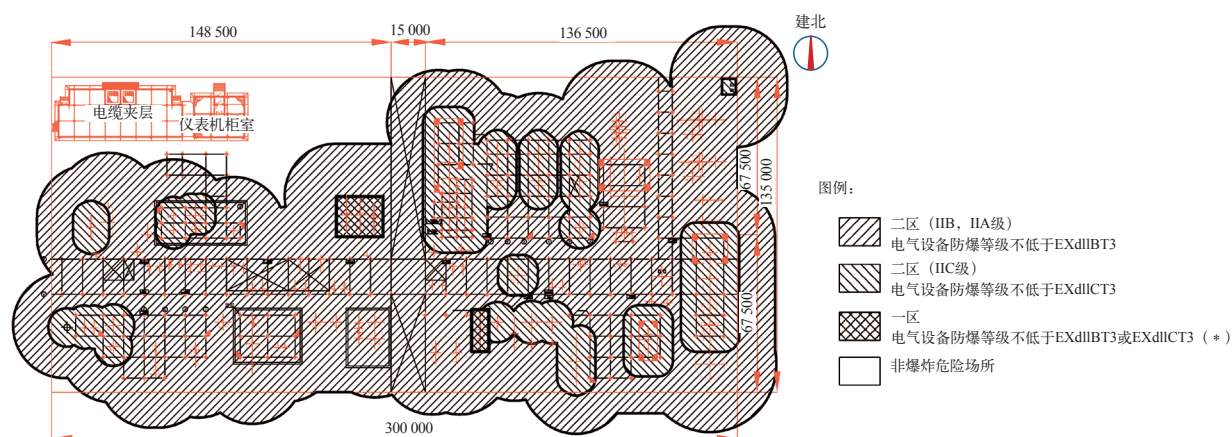


图4 硫磺成型、硫磺库房粉尘防爆区域划分



- 说明:
1. 图中尺寸以毫米为单位, 相对标高 $EL \pm 0.00$ 相当于绝对标高 $EL482.00$ m。
 2. 爆炸危险区域划分依据国家标准GB 50058—2014《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》绘制。
 3. 爆炸危险区域处于装置边界线以内的电气设备的选型应满足相应防爆级别及组别的要求, 处于装置边界线以外的部分及在检修通道部分需采取安全措施确保安全。
 4. 危险区域内未画出的地坪下的沟、坑和井等为一区。
 5. 该爆炸危险I区内的电气设备的防爆等级不得低于EXdIICT3。
 6. 上层平台释放源含有轻于空气的爆炸性气体 (H_2), 以释放源为中心, 半径为4.5 m, 顶部与释放源的距离为7.5 m的范围化为IIC区。上层平台释放源含有重于空气的爆炸性气体, 以释放源为中心, 半径为15 m, 地坪上的高度为7.5 m及半径为7.5 m, 顶部与释放源的距离为7.5 m的范围化为IIB区。

图5 联合装置爆炸危险区域划分平面图

2.6 设计可靠、简洁的工艺联锁方案

根据工艺、安全专业联锁要求, 制定可靠、简洁的工艺联锁方案, 确保 H_2S 泄漏时的应急处理得当, 保证操作人员的安全。电气专业根据工艺、安全专业提出联锁要求, 首先明确与仪表自控专业、电信专业的设计分工。根据正常的工艺起动、停车及紧急停车的联锁级别进行电气二次图样的设计。在设计过程中, 与自控专业、电信专业明确常开、常闭触点及容量, 根据联锁的重要性预先约定自控、电信专业的触点型式, 即是保持触点还是脉冲触点等。在现场联动试车阶段, 电气专业密切配合工艺、安全专业模拟各种工艺联锁要求及 H_2S 泄漏的各种紧急停车工况、模拟事故情况下人员的安全疏散应急指示等, 及时满足了工艺、安全专业的联锁要求, 确保净化厂的生产运行稳定。

3 结束语

四川元坝天然气净化厂作为处理高含硫天然气净化厂, 其特殊的工艺需要也给电气专业提出更高的设计要求, 在电气安全设计方面要求更加严格。目前四川元坝天然气净化厂已经正式投入商业运行近两年。本文在净化厂电气安全设计方

面仅对其关键环节进行了总结、分析。随着大型气田的不断发现, 天然气净化装置还会出现更加新型、更节能的加工工艺, 对电气安全设计还会提出更严格的要求, 希望本文能够对大型天然气净化厂的电气安全设计提供借鉴。

参考文献

- [1] GB/T 50062—2008 电力装置的继电保护和自动装置设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2008.
- [2] GB/T 50063—2008 电力装置的电测量仪表装置设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2008.
- [3] GB 50058—2014 爆炸危险环境电力装置设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
- [4] GB 12476.3—2007 可燃性粉尘环境用电气设备 第3部分: 存在或可能存在可燃性粉尘的场所分类 [S]. 2007.
- [5] GB 50057—2010 建筑物防雷设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2010.
- [6] GB/T 50065—2011 交流电气装置的接地设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2011.
- [7] SH 3097—2000 石油化工静电接地设计规范 [S]. 2000.

(收稿日期: 2016-03-27) EA