

机场飞行区内围界安防的供电方案设计

童立钦

上海民航新时代设计研究院

摘要:近年来,为贯彻平安机场的建设要求,同时对飞行区安防控制提出更高的要求,我国提出“四型机场”设计原则,即以“平安、绿色、智慧、人文”四大要素作为核心来进行民航机场的设计。在这个背景下,围界安防工程成为每个机场都需考虑的建设内容,那么如何在考虑经济、合理的情况下为该套系统供电,也成为每个电气设计师必须面对的课题。本文将介绍典型机场围界安防系统的供配电方案。

关键词: 供配电; 飞行区; 飞机场; 围界安防系统
【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.13.101

引言

国内机场的飞行区围界总长度通常为9~15公里。本文以国内某4E级民用运输机场为例,介绍围界安防系统的主要设备、用电需求以及供配电方案。

该机场建设之初未考虑围界安防系统的用电。机场飞行区围界长度约为12公里。在飞行区南北两端各设有一个10/0.4kV的灯光站变电站,在飞行区与航站区的交界处设有航站楼等建筑单体。

围界安防系统的供电设计通常以围界安防控制箱作为与围界工艺专业的设计分界面,因此本文仅讨论安防控制箱及以上的供配电设计。

一、围界安防设备的用电需求

围界安防系统通常由大量的防区组成,每个防区的长度为120米左右,每个防区均设有一个围界安防控制箱,容量为0.9kW,输入电压为220V。目前规范未明确围界安防设备的负荷等级,考虑其重要性暂定为二级负荷。为避免相邻防区因为线路故障同时失效,围界安防控制箱采用放射式供电。

综上所述围界安防设备的用电需求存在以下特点:

1. 用电点位数量较多且分布较为均匀。
2. 每个用电点位的设备负荷较小。
3. 需设置上级安防配电箱,以满足放射式供电的要求。通常每三~四个防区设置一个安防配电箱。

二、围界安防系统的配电难点

机场飞行区内通常包含如下供电点位:

1. 10kV供电点位: 南北灯光变电站、航站楼变电站;
2. 220/380V供电点位: 南北灯光变电站、航站楼变电站、货运库等单体建筑。

上述供电点位均集中在跑道靠近航站区一侧。而围界安防系统设备沿围界均匀分布,最远端的安防配电箱距上述供电点位有3公里的供电距离,飞行区内存在供电电源点位不足的情况。因此,如围界安防系统采用低

压供电,则供电电缆规格选型受限于电压降以及敏感度校验,导致必须使用截面较大的电缆,投资增加较大。如采用增设10/0.4kV箱式变电站的方式,考虑到飞行区的特殊性,飞行区内部分区域不允许设置超过一定高度的障碍物,需仔细复核箱式变电站的设置位置。因此,设计师需根据现场情况权衡两种方案的经济性及合理性。

三、围界供配电方案

本工程围界安防系统电源引自灯光站10kV母线段,经箱式变电站降压后为安防设备供电。采用该方案的原因是如果直接采用低压供电,围界安防电源只能引自灯光站低压侧,其低压侧主要为助航灯光系统供电,助航灯光系统为一级负荷中特别重要负荷,而围界安防系统负荷等级较低,负荷等级与低压母线段其他负荷不匹配。另外,该机场位于雷电多发区域,围界安防系统本身受雷击的概率较大。因此为避免影响助航灯光系统的正常运作,本工程围界安防系统不考虑由灯光站等建筑直接低压供电。

本工程在飞行区内共设置4座10/0.4kV箱式变电站,为飞行区内围界安防系统供电。箱式变电站采用环网供电,1#~2#箱式变电站高压电源引自南灯光站,3#~4#箱式变电站电源引自北灯光站。正常情况下1#箱式变电站与2#箱式变电站分别由南灯光站不同高压母线段供电,1#箱式变电站环出断路器分闸,如遇到线路故障,由机场工作人员手动分断正常供电的进线断路器,合上环出断路器。供电形式如下:

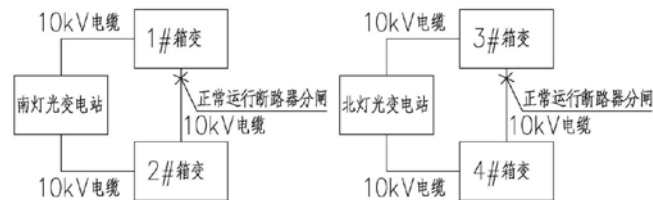


图1 箱式变电站供电形式

箱式变电站均设置在导航台敏感区之外,且箱式变电站高度满足障碍物面的要求。箱式变电站位置如下:

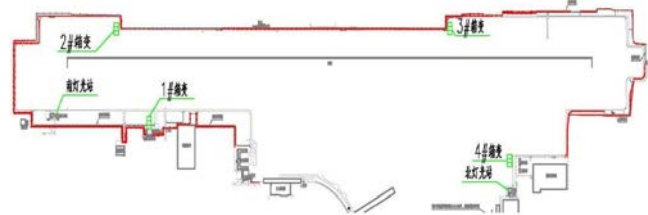


图2 箱式变电站位置

表1 箱式变电站计算书

箱式变电站计算书							
用电设备 组名称	设备 容量(kW)	需要系数 (Kx)	功率因数 cos φ	计算负荷			变压器 容量 (kVA)
				有功 P30(kW)	无功 Q30(kVar)	视在 S30(kVA)	
安防回路1	9	1	0.8	9.00	6.75	11.25	
安防回路2	8	1	0.8	8.00	6.00	10.00	
预留用电	15	0.8	0.8	12.00	9.00	15.00	
小计: Σ=	32			29.00	21.75	36.25	
有功同时系数Kp=		0.95		27.55			
无功同时系数Kq=		0.97	0.79		21.10	34.70	
功率因素COS φ 2补偿到			0.93				
无功补偿值Qc=					10.21	29.62	
变压器计算负载率 β =		100%					
变压器计算功率Se=						29.62	
变压器容量 S=						1	
电压等级	10kV±2x2.5%/0.4kV						50
接线	Dyn11						
短路阻抗 Uk%=	6						
实际变压器负载率 β =	59%						

每个箱式变电站的安防设备负荷约为17kW，考虑飞行区内远期可能新增其他设备的可能，箱式变电站预留一定的容量。因此选用容量为50kVA的箱式变压器，变压器负载率约为59%。低压侧设集中的无功功率自动补偿装置，补偿后的功率因数为0.93。箱式变电站参考计算书如下：

根据本工程中工艺专业围界安防控制箱的设置情况，共设置30个安防配电箱，安防配电箱要求防护等级IP54。安防配电箱间距约360米，供电电压等级为380V/220V，电源均引自就近箱式变电站。本工程围界安防控制箱包含围界辅助照明，因不考虑5个以上防区同时报警，为减少不必要的投资，回路负荷按最多五个防区同时点亮灯具考虑。考虑到该机场部分区域在大雨时会由积水的情况，安防配电箱采用镀锌钢管作为支架架高0.3米安装。安防配电箱参考系统图如下：

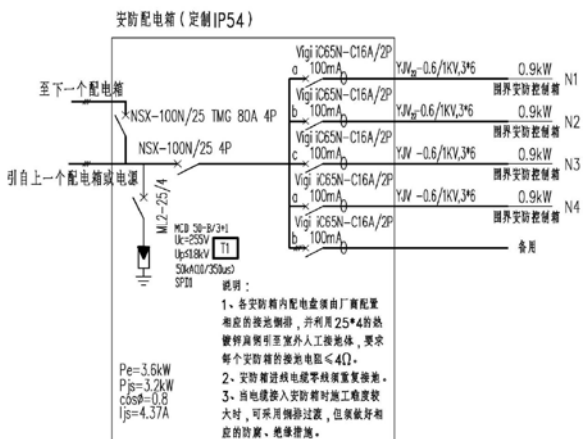


图3 安防配电箱系统图

本文选择本工程内最长的供电回路作为范例，介绍配电方案的设计。该回路总设备负荷9.9kW，总计算负荷7.4kW，总供电长度1.45公里。该回路共包括3个安防配电箱，供电方式为链式供电，供电原理图如下：

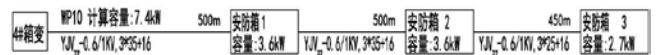


图4 配电回路供电原理图

考虑到围界供电回路均属于长距离供电，因此选择NSX-100N/40A TMG 80A 4P断路器，该断路器电流速断值为80A。

电压压降校验如下表：

经计算后，选择上述规格的供电电缆的情况下线路末端电压降为4.14%，满足国家规范及设备使用需求。

灵敏度校验如下：

经计算，当电缆截面选用35平方毫米的时候，回路瞬断采用80A的情况下，线路允许长度 $L=220V / (\text{线路相保阻抗} \times 1.3 \times \text{自动开关整定电流} \times \text{瞬动倍数})$

$$L=220V / (2.404 \times 1.3 \times 20A \times 4) = 0.879 \text{公里} < 1 \text{公里}$$

经计算线路允许长度小于箱式变电站至安防箱2的长度，因此需在安防箱1内出线至安防箱2侧增设一个NSX-100N/25 TMG 80A 4P开关，保障下级电缆满足敏感度要求。同理，经复核安防箱2出线至安防箱3侧处也需增设低瞬断电流倍数的断路器以保障灵敏度满足要求。

当然，也可以通过增加电缆截面的方式来满足灵敏度要求。经计算当电缆截面选用70平方毫米的时候，回路瞬断采用80A的情况下，线路允许长度 $L=220V / (\text{线路相保阻抗} \times 1.3 \times \text{自动开关整定电流} \times \text{瞬动倍数})$

表2 回路电压降计算表

电缆规格	主线芯	导体实际工作温度 θ (°C)	导线单位长度交流电阻 R_j (Ω /km)	线路每相单位长度的感抗 X' (Ω /km)	标称线电压 U_n (kV)	标称相电压 U_{np} (kV)	功率因数 $\cos \phi$	$\sin \phi$	$\tan \phi$	有功负荷 P (kW)	计算电流 (A)	单位长度电压损失 $\Delta U\%$ /km (%/km)	线路长度 L (km)	电压损失 $\Delta U\%$ (%)
YJV-0.6/1kV-	35	60	0.721	0.059	0.38	0.22	0.8	0.6	0.75	7.4	14.1	3.922653323	0.5	1.9613
YJV-0.6/1kV-	35	60	0.721	0.059	0.38	0.22	0.8	0.6	0.75	5	9.5	2.650441434	0.5	1.3252
YJV-0.6/1kV-	25	60	1.009	0.059	0.38	0.22	0.8	0.6	0.75	2.6	4.94	1.897515284	0.45	0.8539

$L = 220V / (0.350 \times 1.3 \times 20A \times 4) = 1.852$ 公里 > 1.45 公里

YJV₂₂-0.6/kV, 3X70+35电缆约为400元每米, YJV₂₂-0.6/kV, 3X35+16电缆约为206元每米。YJV₂₂-0.6/kV, 3X25+16电缆约为160元每米。如采用增加电缆截面的方式, 约增加30万左右的投资。因此, 笔者认为增设保护断路器是一种更经济的选择。

四、电缆敷设

飞行区内10kV电缆采用直埋敷设方式, 遇围界基础或路面穿SC100热镀锌钢管保护, 敷设深度为1米。高压电缆距巡场路内侧1米外敷设。

围界低压电缆在两层围界之间土面区内采用直埋敷设, 如遇硬化地面区域则采用150X100桥架敷设, 桥架安装在内层围界内侧, 采用镀锌角钢作为支架固定于硬化地面上。遇围界基础或路面穿SC50热镀锌钢管保护, 敷设深度为0.8米。在围界低压供电电缆与内层围界距离暂定为1.2米, 与弱电管线的距离符合相关规范要求。

五、防雷接地

在箱式变电站变外装设人工接地网, 接地体采用热镀锌角钢50x50x5, $L=2.5$ 米, 顶端离地0.8米, 间距5米; 接地线采用40X4热镀锌扁钢, 接地线离箱式变电站基础的距离为3米; 接地电阻须小于4欧姆。变压器中性点选用1x70mm²铜缆与人工接地体可靠连接。

各安防箱内配电盘须配置相应的接地铜排, 并利用25*4的热镀锌扁钢引至室外人工接地体, 要求每个安防箱的接地电阻小于4 Ω 。安防箱进线电缆零线需重复接地。

金属桥架及线槽采用WDZB-YJ(F)E-1x4mm²的导线做跨接, 每隔20m~30m增加与接地保护干线的连接点, 起始端和终点端均应可靠接地, 全长不少于两处与接地极相连接。

六、电力监控系统

为提升业主对飞行区用电的管理能力, 减少人力消耗。本工程在新增箱式变电站的高压进线及出线、低压进线及出线、变压器处新增电力监控点位。1#~2#箱式变电站接入南灯光站电力监控系统中, 3#~4#箱式变电站接入北灯光站电力监控系统中。实现对新增箱式变

站配电系统的各类参数实施远程监控、管理与保护, 由监控室进行统一的监控和管理。

主要监控对象包括:

1、遥控测量低压进线的三相电流、三相电压、频率、有功功率和功率因数。监测低压进线主开关、切换开关的开关状态、电源进线的缺相、过压、低电压、失电的自动监视及故障报警。

2、遥控测量低压柜各路线的三相电流、三相电压及必要的电度、频率。监测出线断路器的开关状态、缺相、过压、低电压的自动监视及故障报警。

3、遥控测量变压器的有功功率、无功功率、频率和功率因数。监测变压器进线主开关、出线开关的开关状态和内部故障综合信号。

4、遥测高压进线的三相电流、三相电压、频率、有功功率和功率因数。

结语

本文介绍了一个典型国内机场新增围界安防系统的供配电设计方案, 该方案是围绕该机场围界实际情况进行设计。在实际应用中, 如果实际机场的围界长度较短, 也可仅在跑道远离航站区的一侧设置围界安防专用箱式变电站, 靠近航站区的一侧由各个建筑单体提供低压电源。另外, 如果是新建机场, 建议各位设计师在供电方案设计阶段就考虑在飞行区内设置额外的变电站, 为飞行区内的用电设备做好预留。对于现有机场新增围界安防系统, 建议各位电气设计师在设计之前提前踏勘现场, 了解电源点位、与使用单位沟通、了解场地条件等, 做到因地制宜, 设计出经济合理的供配电方案。

参考文献

- [1] ISBN 978-7-5123-9995-2. 工业与民用供配电设计手册(第四版)[S]. 中国电力出版社.
- [2] GB50394-2007. 入侵报警系统工程设计规范[S]. 中国计划出版社.
- [3] GB50054-2011. 低压配电设计规范[S]. 中国计划出版社.

作者简介:

童立钦(1989.11.3), 男, 汉族, 上海, 双学士, 工程师, 研究方向: 机场助航灯光及配电设计。