

石化企业 DCS 抗爆中心控制室 通风空调系统设计特点分析

中国石化工程建设公司 韩宇丽[☆]

摘要 根据石化企业 DCS 抗爆中心控制室的特殊性,从室内环境条件、新风系统、空调冷热源、气流组织、设备备用等几个方面介绍了其通风空调系统设计的特点。

关键词 DCS 抗爆中心控制室 室内环境 新风系统 冷热源 气流组织 设备备用

HVAC design characteristics of DCS blast-resistant central control building in petrochemical refineries

By Han Yuli[★]

Abstract According to the particularity of the distributed control system (DCS) blast-resistant central control building, presents the characteristics of the HVAC system design from the aspects of indoor environment condition, fresh air system, air conditioning cold and heat sources, air distribution, standby equipment, etc.

Keywords distributed control system, blast-resistant central control building, indoor environment, fresh air system, cold and heat source, air distribution, standby equipment

★ SINOPEC Engineering Incorporation, Beijing, China

①

0 引言

近年来,随着国内石油化工企业大型化、炼化一体化进程的加快,千万吨级的石油化工厂拔地而起。作为控制心脏的中心控制室在石油化工厂的重要地位显而易见。中心控制室运行是否正常直接影响到产品的质量、数量甚至是全厂能耗。

目前国内大中型石油化工企业的中心控制室基本上采用分散控制系统(distributed control system,DCS,国内一般习惯称为集散控制系统)。DCS 分散控制,集中操作,分级管理,配置灵活,组态方便,可作为一种有效的工具和实现手段,对整个石油化工厂的全部生产活动进行综合自动化控制和过程优化。DCS 能否长周期稳定运行,与为其服务的空调通风系统密不可分。

石油化工厂装置通常有可能泄漏有毒、有害或有爆炸危险性的气体。有毒、有害气体会对操作人员产生危害;有爆炸危险性气体有可能引起装置的爆炸。DCS 中心控制室必须对这些气体采取有效

的防护措施,通常设计成全封闭抗爆结构。本文重点介绍 DCS 抗爆中心控制室通风空调系统设计的几个特点。

1 室内环境条件要求

石油化工厂装置年运行时间长,以炼油装置为例,通常设计年运行 8 400 h,一般炼油厂检修周期为 3 a。无论是中心控制室的仪表设备,还是为其服务的暖通空调设备,都要求能够满足长周期、连续、稳定运行的需要。

对 DCS 中心控制室来说,为保证 DCS 能够良好地工作,并避免装置区产生的有害气体对设备产生影响,同时尽可能地延长设备的使用寿命,SH

①[☆] 韩宇丽,女,1971 年 8 月生,大学,高级工程师
100101 北京市朝阳区安惠北里安园 21 号中国石化工程建设公司
(010) 84878025
E-mail: hanyuli@sei.com.cn
收稿日期:2009-12-16
修回日期:2010-04-28

3004—1999《石油化工采暖通风与空气调节设计规范》给出了 DCS 中心控制室的室内温湿度、洁净度要求。温度:夏季(26 ± 2) $^{\circ}\text{C}$,冬季(20 ± 2) $^{\circ}\text{C}$;相对湿度: $50\%\pm 10\%$;温度变化率: $<5^{\circ}\text{C}/\text{h}$;相对湿度变化率: $<6\%/h$;有害物最高允许质量浓度:尘, $0.2\text{ mg}/\text{m}^3$, H_2S , $0.015\text{ mg}/\text{m}^3$, SO_2 , $0.15\text{ mg}/\text{m}^3$ 。

此外,DCS 中心控制室要求室内保持一定的正压,防止室外污染空气(通常含 H_2S , SO_2 等腐蚀性气体)经由门窗无组织渗入室内,保证控制室内环境条件满足上述要求。SH 3004—1999《石油化工采暖通风与空气调节设计规范》规定 DCS 中心控制室应有正压要求,但并未给出具体数值。国外厂家或全球性公司通常要求 DCS 的设备间维持 $25\sim 30\text{ Pa}$ 的正压。

2 新风系统

对于抗爆中心控制室,新风系统是必不可少的。

抗爆中心控制室是全封闭钢筋混凝土结构,每一面外墙上均不设置任何外窗,只有必要的外门与室外相通,外门均为抗爆门,内设门斗。门斗的四面墙壁均为钢筋混凝土结构,门斗内外双层门均为抗爆门,密封严密。典型抗爆中心控制室平面布置见图 1。在这样一个碉堡式密封“盒子”里,要保证设备的正常运行和操作人员最基本的呼吸需求及维持必要的室内正压,需要运行良好的新风系统。

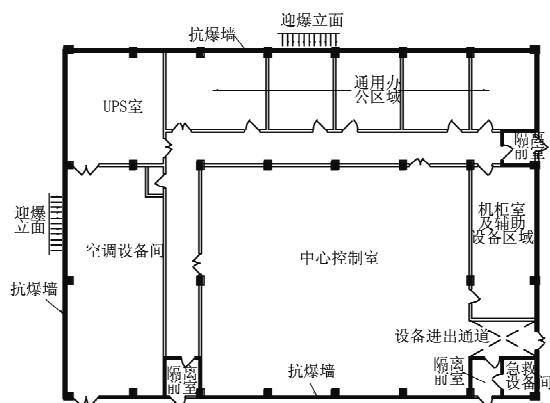


图 1 典型抗爆中心控制室平面布置

抗爆中心控制室的新风系统设计有许多不同于舒适性空调的特殊性。

1) 新风量的确定。抗爆中心控制室密封性好,双层外门、无窗设计,房间正压,使得新鲜空气

无法渗入建筑物。抗爆中心控制室作为全厂的控制中枢,操作人员必须 24 h 坚守岗位。操作人员对新鲜空气的需求需要通过新风系统补入。由于密封性好,如果按 GB 50019—2003《采暖通风与空气调节设计规范》规定的工业建筑新风量标准 $30\text{ m}^3/(\text{人}\cdot\text{h})$ 考虑,操作人员会感觉憋闷、不舒适。SH/T 3160—2009《石油化工控制室抗爆设计规范》要求新风量按 $50\text{ m}^3/(\text{人}\cdot\text{h})$ 设计,新风量不足总送风量的 10% 时,按送风量的 10% 计算。为了将新风顺利引入系统,在保证房间正压要求的前提下,设置离心风机排风,排风量根据房间正压值要求通过计算确定。

2) 新风净化处理。DCS 中心控制室对室内环境要求很严,尤其是对尘、腐蚀性气体的浓度有要求。新风必须经过一定的净化才允许进入控制室。目前石油化工厂中心控制室的通常做法是新风在进入空调系统前由新风净化机组处理。新风净化机组由粗效、中效或亚高效过滤器,吸附剂和低噪声风机组成,过滤效率 $\geq 95\%$,机组内装设各种浸渍炭吸附剂,对大气中的硫化物、氮氧化物、有机化学气体等的净化效率达 85% 以上。这样就可以基本满足控制室对室内环境的洁净要求。有些外资或合资的项目对新风净化要求更严,需采用净化能力更高的化学过滤器,如美国某公司生产的高效化学过滤设备,该过滤设备是以氧化铝为基材的浸渍了高锰酸盐强氧化剂的过滤材料为主,并根据石油化工厂空气中含有的不同腐蚀性物质配置了不同的过滤吸附材料制成的化学净化过滤器。同时需提供专业的监测空气品质的测试片及实时监测变送器和数据采集器。根据过滤材料的吸附程度及时更换滤材。

3) 抗爆阀的应用。抗爆中心控制室外围护结构均为钢筋混凝土结构,要求能够抵抗来自建筑物外部爆炸冲击波的破坏。外墙上的任何开洞都会破坏其抵抗爆炸冲击波的能力。抗爆中心控制室设计要求为:抗爆外墙上不需特殊维护的洞口尺寸不得大于 150 mm 。这样尺寸的洞口作为动辄 $4\,000\sim 5\,000\text{ m}^2$ 的中心控制室的新风引入口是无法满足要求的。目前石油化工厂的常规做法是在新、排风口设置抗爆阀。

抗爆阀是一种安装在抗爆建筑物的进、排风口上的,能够抵抗来自建筑物外部爆炸冲击波的风

阀。当室外发生爆炸时,抗爆阀瞬间关闭,抗爆能力等同于抗爆墙,能起到关键的保护作用。抗爆阀根据爆炸发生瞬间单位面积上承受的冲击力的大小,决定抗爆阀阀叶是否关闭及关闭的时间,以防止爆炸冲击对人体及设备造成破坏。例如,瑞士某公司生产的抗爆阀,当冲击力为 1 MPa 时,关闭时间为 1.5 ms;冲击力为 4 MPa 时,关闭时间为 1.1 ms。抗爆阀受到冲击波后的瞬间关闭特性,很好地解决了抗爆中心控制室新风引入口的抗爆防护问题。

目前抗爆阀的典型安装形式有三种:① 直接在空调机房外墙上开洞并安装抗爆阀。这种做法目前在石化行业中心控制室的设计中用得较普遍。其设计简单,易操作。② 抗爆阀安装在空调机房屋顶上(见图 2)。这种做法要求在屋面开洞并作

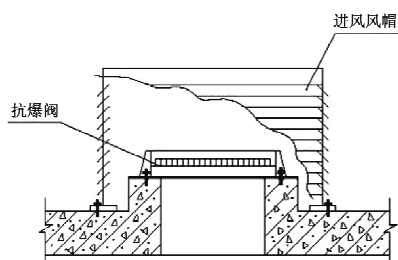


图 2 抗爆阀直接安装在屋顶

好防水。目前较少采用。③ 在抗爆中心控制室的空调机房屋顶设置专门的进排风小室(见图 3)。这种进排风设置方式在荷兰某公司的技术规定中要求采用,国内某千万吨炼油乙烯一体化项目中也采用过。该项目控制室面积较大,接近 5 000 m²,内设办公房间,操作人员较多。为了给操作人员创造良好的卫生环境,新风量约占到总风量的 15%,需要更大的新风进风面积。如果直接在建筑物外墙上开设风口,外墙不足以提供足够的开洞面积。其原因是,虽然抗爆阀对开设在抗爆墙上的新排风口起到了很好的抗冲击波保护作用,但也正是因为它的这种瞬间关闭特性,使得抗爆阀的阻力偏大,要保持与普通进风口大致相当的阻力,在同样进风量的情况下,抗爆阀需要更大的开洞面积。例如,新风量为 3 000 m³/h,压降为 100 Pa 的情况下,抗爆阀的阀体尺寸为 852 mm(宽)×670 mm(高)×250 mm(厚)。

如图 3 所示,在屋顶设置进排风小室还解决了另外一个难题,就是新风的洁净问题。通常石油化

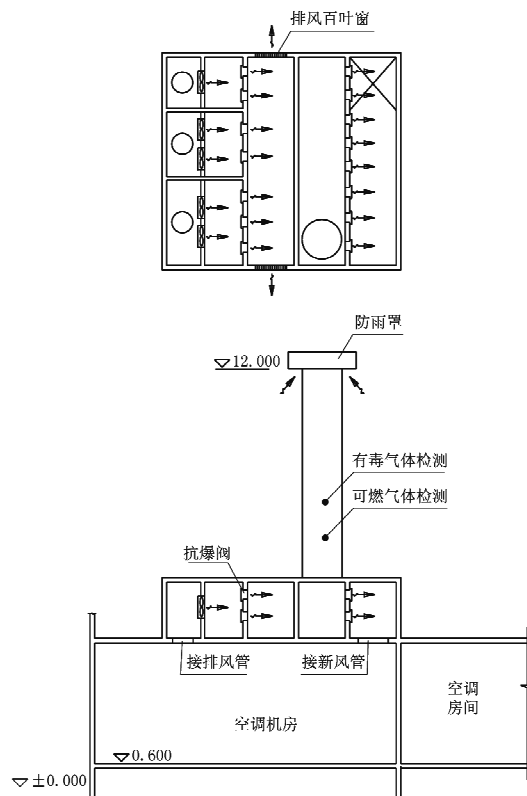


图 3 屋顶进排风小室

工厂物料和产品的密度比空气大,而且防爆区的划分也类似三维球体。在高出室外地面 12 m 以上引风,引入的新风更洁净。但目前国内石油化工厂中心控制室采用这种方式的较少,采用第一种方式的居多。笔者总结其原因大概是,为了安全起见,中心控制室距危险装置较远,对室外新风的危险防护要求不甚严格,通常又采取了一定的措施,所以新风引入口没有要求设置在室外地面 12 m 以上。另外从结构设计角度考虑,设置在屋顶的凸出建筑的抗爆计算比较复杂。

4) 可燃、有毒气体报警器及气体密闭阀的应用。从图 3 可以看到,新风引入管设置了可燃气体检测和有毒气体检测装置。这是由石油化工行业的特殊性决定的。石油化工厂加工的物料及中间产品、最终产品往往具有挥发性、可燃性、腐蚀性甚至有毒。一旦发生泄漏事故,混有大量这些物质的空气进入中心控制室,就会对操作人员、设备产生危害。中心控制室要求保持正压以避免不必要的空气渗入,同时新风的引入口要求设置可燃气体检测和有毒气体检测装置及气体密闭阀。石油化工厂产生的有毒、可燃气体种类很多,每一种气体检

测装置只能检测一种介质。近年来,随着安全卫生专业的介入,可燃、有毒气体报警器的设置越来越接近实际情况。安全卫生专业利用软件模拟计算各个装置发生爆炸泄漏等事故时可燃或有毒气体泄漏是否对控制室造成影响,根据影响程度决定控制室新风进口是否设置可燃气体检测或有毒气体检测装置。如需设置,新风进风道上必须同时设置气体密闭阀,当有毒气体或可燃气体浓度超过允许值时,密闭阀自动关闭,新风净化机组联锁停机,停止向室内空调送风,空调短时间内维持室内风循环。电动气体密闭阀应为常开状态,断电后自动关闭。

3 空调系统冷热源设置

石油化工企业中心控制室是全厂的控制中枢,需要长周期稳定运行,外界因素对其影响越小越好。因此,中心控制室的集中空调系统通常采用风冷冷源,即采用风冷恒温恒湿空调机作为空调冷源。风冷恒温恒湿空调机可以很好地将控制室的温湿度控制在要求的范围内。

随着国家对炼油厂能耗的限制及对节能要求的不断提高,余热利用受到重视。石油化工厂有大量的低压蒸汽或高温热水未被有效利用。采用溴化锂吸收式制冷机可以利用低压蒸汽或高温水,甚至是品位不太高(80~90℃)的中温水来产生夏季空调需要的冷水,降低全厂能耗。近年来,新建的石油化工厂越来越多地采用溴化锂吸收式制冷机作为全厂的冷热源。

中心控制室由于其非比寻常的重要地位,要保证在 DCS 设备进入控制室调试期间就有稳定的环境温湿度,中心控制室的集中空调系统在设备投产前,DCS 调试时就需良好运行。此时由于装置还未投产,全厂的余热还没有产生,溴化锂制冷机没有热源可以利用,无法供冷。因此,在全厂采用余热制冷的系统中,中心控制室不能采用单一的冷水作为冷源,要求既有冷水盘管制冷又可以在没有冷水的情况下直接蒸发制冷,可以实现这种功能的恒温恒湿空调机称为双冷源型机组。

中心控制室内的 DCS 设备发热量非常大,单位面积冷指标能达到 300~500 W/m²。除了严寒地区,部分寒冷地区的中心控制室冬季仍需供冷或者仅需提供少量热量。中心控制室通常直

接利用恒温恒湿空调机标配的多级电制热,多级电制热同时作为控制温湿度精度的手段。严寒地区的中心控制室可以采用热水盘管制热。热水盘管作为恒温恒湿空调机的备选件可以在设计时选用。

4 气流组织

典型抗爆中心控制室主要由控制室和机柜室、不间断电源(uninterrupted power supply, UPS)室、工程师室及辅助房间组成。随着中心控制室规模越来越大,很多办公房间也布置在其中(办公房间设置在密闭抗爆中心控制室内,从规范角度讲是不安全也不舒适的,但目前这种情况时有发生)。办公用房的空调设计既有别于民用建筑,又可以套用民用建筑的空调设计方案,不赘述。这里只讨论工艺功能房间的气流组织情况。

中心控制室布置着大量的 DCS 设备,不允许采用水循环的集中空调形式,以免空调水泄漏造成事故。中心控制室(不包括辅助办公用房)要求采用全空气集中空调系统。其中面积最大的控制室是操作人员控制全厂生产运行的房间,其内布置有大屏幕和大量显示屏,设备散热量中等,同时需考虑操作人员的舒适性要求。机柜室和 UPS 室布置的全部是机柜,设备散热量大,通常无人值守。以往面积较小的中心控制室通常设计成单一全空气集中空调系统,控制室和机柜室由同一风道送风。根据部分现场反馈情况,机柜室散热量非常大,为了维持其室内温度,不得不调低空调机的运行温度,带来的直接后果是控制室的室内温度偏低。一种解决办法是,对于面积不大的控制室,仍然采用同一空调系统,从空调机出口静压箱分成两个不同的风道,分别送至控制室和机柜室,利用风道上的调节风阀调节两者的平衡。这种方法可以解决问题,但调节起来比较麻烦。最好的方法是,从空调冷源开始就分开设置,有人操作同时设备散热量大致相似的控制室、工程师室等房间作为一个系统,无人值守、设备散热量大的机柜室、UPS 室等房间设为另外的系统,由不同的空调机提供冷热源,由不同的风道分别送到各自服务的区域,独立调温。分设两个系统同时解决了有人操作和无人值守房间对新风量要求不同的矛盾。

气流组织通常采用上送上回方式。下送上回的送风方式直接将冷风送到机柜下部,似乎应该效果更好。但实践证明,石油化工厂采用下送上回方式不太适合。首先,控制室操作人员多,地面难免不清洁,下送风会产生扬尘,并引射室内自然沉降的灰尘,增大空气中的飘尘浓度,对设备产生不良影响。平时无人值守的机柜室也不建议采用下送风的形式。下送风通常把活动地板下的空间作为静压箱,活动地板下敷设着大量

的 DCS 通信和动力电缆,其接口与地板空间是不进行隔离密封的,这就增加了其工作的不稳定因素。同时,直接将冷风送入机柜,使计算机设备内的电子器件长期处在流动的气流中,也会造成工作的不稳定。

图 4 是某已经投产运行的抗爆中心控制室的空调风系统流程图,空调系统采用风冷冷水机组加空气处理机的形式,恒温恒湿控制系统由专业的控制公司设计完成。

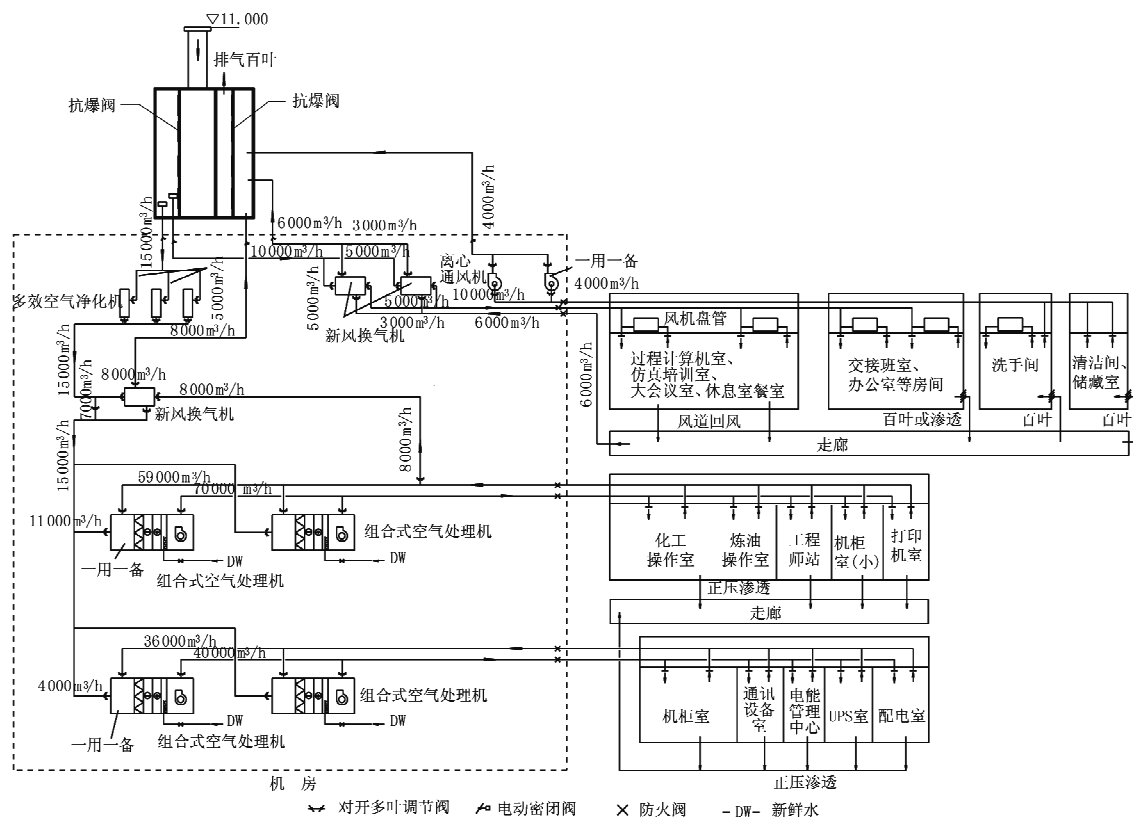


图 4 抗爆中心控制室空调风系统流程图

5 设备备用

DCS 抗爆中心控制室的空调设备要求全年 365 d 不停歇运转,除了要求设备本身运行稳定可靠外,必须设置备用设备。通常设置单机备用,当其中一台空调机发生故障时,其余空调机应仍能 100% 满足要求。新风净化机组也应设置备用,以保证操作人员的卫生要求。

6 结语

DCS 抗爆中心控制室设计涉及许多领域的知识,目前国内的设计规范对其规定较少。在设计过程中,常会遇到这样那样的问题需要不断解决和完

善。以上设计特点是笔者在多年的设计过程中积累的经验 and 体会,供大家参考和讨论。欢迎广大同行给予指导和建议。

参考文献:

- [1] 张华英. DCS 控制室环境条件及空气调节设计方案探讨[J]. 石油化工设计, 1995(2)
- [2] 赵波. 国外石油化工厂生产区 DCS 控制室空调设计[J]. 石油化工设计, 1995(2)
- [3] 中国石化集团洛阳石油化工工程公司. SH/T 3160—2009 石油化工控制室抗爆设计规范[S]. 北京:中国石化出版社,2010