

石油化工企业消防用电的供配电设计探讨

火灾事故不仅危害石油化工企业的人员和财产安全，而且容易引起爆炸等重大安全事故。因此，防止火灾事故发生，保证人身、财产安全及防止爆炸等次生灾害发生，是工程设计中非常重要的设计内容。需要各专业在设计中采取适当的技术措施，防止火灾发生。对于电气专业，可通过合理确定消防用电的负荷等级，正确设置柴油发电机及柴油泵等第二动力源，优化切除非消防电源措施等，完善电气供配电系统设计，保证消防负荷供电的可靠性。

董云鹏/中石油北方工程设计有限公司



董云鹏/工程师

0 引言

在石油化工企业供配电系统设计中，根据用电负荷的等级，确定供配电系统设计方案，以满足不同用电设备的供电要求。对于消防负荷只考虑供电回路的独立性、设置双电源切换和采用耐火电缆及防火分隔等，并未充分考虑消防用电负荷供配电系统的特殊性。以下根据相关设计规范和消防审查中遇到的问题，就石油化工企业消防用电的供配电系统进行探讨。

1 消防用电的负荷等级及供电要求

1.1 消防用电的负荷等级

对于消防电气设备，在相关设计规范中对其负荷等级均有相应设计要求。

GB 50016—2014《建筑设计防火规范》（以下简称《建规》）第10.1.1~10.1.3条对消防用电的负荷等级进行了规定，明确了不同建筑物的消防用电为一级、二级或三级用电负荷。

GB 50160—2008《石油化工企业设

计防火规范》（以下简称《石化规》）第9.1.1条规定，当仅采用电源作为消防水泵房设备动力源时，应满足GB 50052—2009《供配电系统设计规范》所规定的一级负荷供电要求；第8.3.8条的条文解释，消防水泵的供电方式当不能满足一级负荷供电要求时，应设置柴油发电机作为第二动力源。消防泵不宜全部采用柴油发电机作为消防动力源。

GB 50183—2004《石油天然气工程设计防火规范》（以下简称《石规》）第9.1.1条规定，消防泵房用电设备的电源宜满足现行国家标准GB 50052—2009

《供配电系统设计规范》所规定的一级负荷供电要求。当只能采用二级负荷供电时，应设柴油发电机或其他内燃机直接驱动的备用消防泵。当条件受限制或技术、经济合理时，也可全部采用柴油发电机或其他内燃机直接驱动消防泵。

通过对上述规范及相关防火规范的理解和分析：在确定消防用电负荷的负荷等级时，《建规》是按建筑物及室外消防水用量考虑，消防负荷等级为一级、二级或三级；《石化规》、《石规》是按照全厂性总体要求考虑，规定消防泵（包括消防水泵、泡沫消防泵等）负荷等级为一级，当供电电源只能满足二级用电负荷时，采用柴油发电机作为第二动力源。对于石油化工企业的其他消防用电设备，如：消防电梯、防烟排烟设施、火灾自动报警系统、自动灭火系统、消防应急照明系统以及电动的防火门窗、卷帘和阀门等，《石化规》、《石规》对其用电负荷等级未作

关键词/Keywords

消防用电负荷·
负荷等级·
双重电源·
动力源·
消防负荷分组·

规定,则应按《建规》执行。

1.2 消防用电负荷的供电要求

JGJ 16—2008《民用建筑电气设计规范》规定:一级负荷应由两个电源供电,当一个电源发生故障时,另一个电源不应同时受到损坏。此电源应为两个独立电源,而且不能同时断电。着重强调了电源独立性,但在设计中实现困难。因地区大电力网在主网电压上部是并网的,无法得到严格意义上的两个独立电源。

GB 50052—2009《供配电系统设计规范》规定:一级负荷应由双重电源供电,当一电源发生故障时,另一电源不应同时受到损坏,双重电源可一用一备,亦可同时工作,各给一部分负荷供电;二级负荷的供电系统,宜由两回线路供电。规范中对两个电源修改为双重电源,并说明双重电源可以分别来自不同电网,或者来自同一电网,但在运行时电路互相之间联系很弱,或者来自同一个电网但其间的电气距离较远。一个电源系统任意一处出现异常运行时,或发生短路故障时,另一个电源仍能不中断供电。

因此,在进行供配电系统设计时,应按GB 50052—2009《供配电系统设计规范》执行。

根据石油化工企业供电的经验,大部分石油化工企业的供电电源均能满足一级负荷供电要求,小部分石油化工企业的供电电源能够满足二级负荷供电要求,供电电源仅满足三级负荷供电要求的石油化工企业基本没有。

2 消防用电负荷第二动力源的设置

2.1 消防水泵和泡沫消防泵

在以往设计项目的消防审查中,消防部门对于消防水泵第二动力源的设置经常提出异议,有些地方的消防部门提出第二动力源只能采用柴油发电机,不能采用柴油泵。并解释:如采用柴油泵,相当于把柴油发电机和备用泵合为一体,降低了消防负荷供电的可靠性。

现行规范中关于柴油机或柴油泵设置要求如下。

GB 50074—2014《石油库设计规范》第12.2.12条规定,石油库消防水泵的设置,当一、二和三级石油库的消防水泵有2个独立电源供电时,主泵应采用电动泵,备用泵可采用电动泵,也可采用柴油机泵;只有1个电源供电时,应采用下列方式之一:①主泵和备用泵全部采用柴油机泵;②主泵采用电动泵,柴油机泵作备用泵;③主泵采用柴油机泵,备用泵采用电动泵。

GB 50974—2014《消防给水及消火栓系统设计规范》(以下简称《水规》)第5.1.1条规定,消防水泵驱动器宜采用电动机或柴油机直接传动,消防水泵不应采用双电动机或基于柴油发电机等组成的双动力驱动水泵。消防水泵的供电或备用动力应符合下列要求:①消防水泵应按一级负荷要求供电,当不能满足一级负荷要求供电时应采用柴油发电机组作为备用动力;②工业建筑备用泵宜采用柴油发电机消防水泵。

根据上述规范要求,结合石油化工企业实际情况,消防水泵和泡沫消防泵的第二动力源采用柴油发电机和柴油泵均符合设计规范的要求。从电气专业角度,设置柴油泵,电动消防泵的用电负荷等级可降为二级负荷,电气供配电系统设计简单。只有在消防水泵和泡沫泵数量较多或有其他消防负荷时,才考虑设置柴油发电机。电气专业应与涉及到消防用电的专业共同确定采用柴油泵或柴油发电机。

2.2 其他消防用电负荷

石油化工企业的消防水泵之外的其他消防用电负荷,不适合采用柴油泵作为第二动力源。当供电电源不能满足其用电负荷要求时,应按GB 50052—2009《供配电系统设计规范》规定,根据消防设备允许中断供电的时间,采用柴油发电机、不间断电源(UPS)、蓄电池及独立于正常电源的馈电回路作为应急电源。消防电梯、防排烟风机、电动门窗和电动卷帘宜采用柴油发电机或独立于正常电源的馈电回路作为应急电源;火灾自动报警系统、消防应急照明系统和自动灭火系统的阀门宜采用UPS和蓄电池作为应急电源。

3 消防用电负荷的供配电系统设计

《建规》第10.1.6条规定，消防用电设备应采用专用的供电回路，当建筑内的生产、生活用电被切断时，应仍能保证消防用电。条文解释：消防电源宜直接取自建筑内设置的配电室的母线或低压电缆进线，以保证当切断生产、生活电源时，消防电源不受影响。对于建筑的低压配电系统主接线方案，采用不分组设计和分组设计两种。对于不分组方案，常见消防负荷采用专用母线段，但消防负荷与非消防负荷共用同一进线断路器，或消防负荷与非消防负荷共用同一进线断路器和同一低压母线段。这种方案主接线简单、造价较低，但这种方案使消防负荷受非消防负荷故障的影响较大。对于分组设计方案，消防电源是从建筑的变电站低压侧封闭母线处将消防电源分出，形成各自独立的系统。这种方案主接线相对复杂，造价较高，但这种方案使消防负荷受非消防负荷故障的影响较小。

因此，在消防审查时，各地消防部门执行时要求不尽相同。部分地区要求无论何种企业和建筑，都要执行消防负荷与非消防负荷分组设计方案。

石油化工企业与一般民用建筑相比，有其特殊性。石油化工企业存在一级用电负荷和一级用电负荷中特别重要负荷，如突然断电，可能会造成爆炸、火灾、中毒、人员伤亡及重大经济损失。

GB 50116—2013《火灾自动报警系统设计规范》第4.10.1条规定，消防联动控制器应具有切断火灾区域及相关区域的非消防电源的功能，当需要切断正常照明时，宜在自动喷淋系统、消火栓系统动作前切断。条文解释：关于火灾确认后，火灾自动报警系统应能切断火灾区域及相关区域的非消防电源，在国内是极具争议的问题。理论上讲，只要能确认不是供电线路发生的火灾，都可以先不切断电源，尤其是正常照明电源，则应予以保持有利于人员的疏散。正常照明、生活水泵供电等非消防电源只要在水系统动作前切断，

就不会引起触电事故及二次灾害。其他在发生火灾时没必要继续工作的电源，或切断后也不会带来损失的非消防电源，可以在确认火灾后立即切断。火灾时可立即切断的非消防电源有：普通动力负荷。火灾时不应立即切掉的非消防电源有：正常照明、生活给水泵和安全防范系统设施。关于切断点的位置，原则上应在变电所切断，这样比较安全。当用电设备采用封闭母线供电时，可在楼层配电小间切断。

因此，石油化工企业在进行消防用电的供配电系统设计时，不能单纯要求在火灾发生时采用分组方案，切除全部生产、生活等非消防负荷。应根据具体情况采取不同的供配电方案。

1) 对于附设变电所的建筑物，如无一级用电负荷和一级用电负荷中特别重要负荷，则采用低压配电系统分组方案，发生火灾时，同时切除全部非消防负荷；如存在一级用电负荷和一级用电负荷中特别重要负荷，则将其与消防负荷设置在同一分组，根据火灾情况，在满足设备安全停车，不造成爆炸、中毒和人员伤亡的情况下，手动逐步切除。

2) 对于单独设置的为多个建筑物供电的变电所，建议采用低压配电系统不分组方案，对发生火灾的建筑物非消防用电负荷（考虑一级用电负荷和一级用电负荷中特别重要负荷），采用手动逐步切除。

3) 对于消防用电负荷较多的企业，建议单独设置消防变电所，为消防用电负荷供电。

4) 对于设置了火灾自动报警系统的企业，在火灾自动报警系统设置切除非消防负荷的功能，根据火灾发生情况和全厂用电负荷特点，分时分批切断非消防负荷。

4 消防用电负荷的末端切换设置

关于消防负荷的末端切换的设置部位，也一直存在争议。有人认为在消防设备附近不设置配电设备时，变电所或配电室的低压配电装置即为末端切换的位置，不必在消防设备附近设置末端切换。

(下转第78页)

为了尽量保持变频器在电网波动时继续运行,将变频器欠电压管理设置为“报警”而不设置“停机”,欠电压故障电压设置为70%的额定电压,欠电压故障延时设置为5 s,欠电压保护设置为“直流母线保持”,直流母线维持时间设置为可设置的最长时间。这样设置当出现短时电网波动时,变频器会通过快速降低输出频率使电动机一定程度上工作在发电状态维持直流母线电压,同时直流母线上的电容器在电网电压降低时也会向直流母线提供能量支撑,维持变频器短时继续工作,等待电网恢复正常运行工况。

如果电网波动深度较深,变频器因电压过低导致内部元件无法维持运行而停止工作,变频接触器也会因电网电压过低释放,此时即使电网短时恢复正常,变频也无法正常起动。为解决问题将变频器设置为允许“飞车再起动”,输出缺相检测延时4 s。因为出现输出缺相故障时变频器需要手动复位才能起动,而电网深度波动,电压降至60%以下时变频接触器会因低电压暂时释放,电网电压恢复时重新吸合。为确保变频器不在电网电压降低接触器瞬间释放检测出输出

缺相故障,将输出缺相检测时间增加4 s延时,确保在变频器因电网深度波动失电压停止运行,在电网恢复正常时变频器在允许时间内自动恢复运行。

经过几次的晃电工况测试,变频器在电网恢复启动时,因电动机转数下降过快,造成压频比控制方式下飞车再起启动出现过电流停机现象,适当延长变频加减速时间和提高变频器过电流保护值可有效避免此种情况发生。

5 结束语

变频器优良的节能和调速性能广泛受到各行业欢迎，但变频器对电网的谐波污染和对电缆、电动机绕组的绝缘破坏也是不可小觑的，再加上变频器本身的高故障率又让很多企业对其望而却步。任何事物都有其优劣两面性，如何更好地发挥其优点，抑制其缺点成为技术人员研究的永恒课题。通过对变频器系统架构的完善，控制电路的改进，运行环境的改善和内部参数设置的优化，让其更好地发挥自身优点为各行业服务。

(收稿日期: 2017-02-10) **EA**

(上接第74页)

《建规》第10.1.8条规定，消防控制室、消防水泵房、防烟和排烟风机房的消防用电设备及消防电梯等的供电，应在其配电线路的最末一级配电箱处设置自动切换装置。条文解释：本条规定的最末一级配电箱，对于消防控制室、消防水泵房、防烟和排烟风机房的消防用电设备及消防电梯等，为上述消防设备或消防设备室处的最末级配电箱；对于其他消防设备用电，如消防应急照明和疏散指示标志等，为这些用电设备所在防火分区的配电箱。

根据相关灭火系统设计规范，对消防用电设备的控制连锁要求比较复杂。如《水规》规定：消防水泵控制柜应设置在消防水泵房或专用消防水泵控制室内；消防水泵控制柜应设置机械

应急起泵功能；消防水泵准工作状态设置自动巡检等。

因此,消防负荷的末端切换应尽量设置在消防用电负荷附近,从而保证消防供电的可靠性。

5 结束语

合理进行电气供电系统设计,保证消防用电的可靠性,是预防火灾发生的重要措施之一。对于消防用电的供电系统设计,设计规范要求不够细致或规范间不一致的内容,在设计过程中,只有根据项目的具体情况,深入学习和领会,选择适合的供电系统,才能提高消防用电的可靠性。

(收稿日期: 2017-02-10) **EA**