

# 配电箱系统图绘制中的常见问题分析

孟凡超

(中海油石化工程有限公司, 山东 青岛 266000)

**摘要** 在常规的电气设计中包含了诸如爆炸危险区域划分、配电箱系统图、配电平面图等, 每种图纸的绘制都至关重要, 其绘制的合理性等也直接关系到民用建筑、工业厂房等电力系统的可靠运行。如稍有不慎, 就可能导致安全事故, 轻则设备损坏, 重则发生重大火灾或爆炸等事故。本文归纳总结了系统图容易出现的问题, 并根据此类问题进行剖析, 以期为解决此类问题提供借鉴。

**关键词** 配电箱; 系统图; 电缆

**中图分类号**: TP317.4

**文献标识码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)04-0100-03

在实际电气设计过程中, 配电箱系统图的绘制是电气设计中非常基础且重要的内容, 它可以反映配电箱的特性、负荷回路的信息等。无论是民用设计院还是工业设计院, 设计者均会接触到系统图的绘制<sup>[1]</sup>。然而在系统图绘制过程中, 总会出现各种不合理的配置。而在诸多的系统图绘制中, 以配电箱系统图的绘制最为基础, 无论是民用还是工业设计院, 电气设计师在着手设计整套电气图纸时, 都会接触此类图纸。而此类图纸涵盖了很多信息, 如进出线电缆选型、开关设备的选型等<sup>[2]</sup>。这些信息的设定都至关重要, 比如馈线回路电缆选型过小, 可能会引起电缆断线或火灾等安全事故。正因为系统图较为基础且包含内容过多, 本文将阐述设计师经常遇到的误区。

## 1 误区 1: 照明和插座回路都设置漏保

在照明和插座配电箱系统图中, 设计师经常会出现这样的误区, 即照明和插座都设置了漏电保护器或者插座回路未设置漏电保护器。要明确照明和插座回路是否装设漏电保护器, 要从电气安全的原则说起。我们都知道, 当人体触电时, 由于电流的作用, 人体肌肉会不自觉地收缩, 当手持式用电设备发生漏电, 如果人体正在持握该设备, 人体肌肉收缩导致了无法正常摆脱漏电设备, 反而会越握越紧。而电流对人体的伤害不仅取决于电流的大小, 还取决于摆脱电流的时间, 时间越久对人体的伤害越大。为了防止此类事故的发生, 设计者要在回路中加装漏电保护器, 它可以检测微弱的漏电电流, 并快速地切断故障回路, 进而保证了人身安全。那么我们再来探讨固定设备如灯具、冰箱、洗衣机等是否有必要加装漏电保护器呢? 当灯具发生漏电时, 人体触摸到带电灯具, 因灯具不同于手持式用电设备, 它本身固定在顶棚或墙面上,

人体肌肉收缩自然就摆脱了带电物体。而此种固定用电设备的供电回路无论是否加装了漏电保护器, 当发生漏电事故时, 人体都会被电击一下并且立即摆脱漏电设备。所以照明回路是不需要设置漏保的, 否则容易造成漏保的滥用。

然而值得一提的是, 由于很多固定设备如冰箱、洗衣机等都是由插座供电的。鉴于民用或工业用电时不规范, 有时用户可能会用冰箱、洗衣机等插座接手持式用电设备如小型电钻。故出于此种原因, 在工业与民用的照明和插座的配电箱系统图绘制中, 为了避免用电不规范给人身带来的伤害, 因此对插座回路加装保护人身安全的漏保附件是有必要的。

综上, 在绘制系统图时, 照明回路(除考虑火灾漏电保护)无需设置漏电保护器, 而插座回路(无论是给固定设备还是手持设备供电的回路)均需设置漏电保护器。

## 2 误区 2: 系统图馈线回路中 BV 和 BVR 滥用

在工程设计中, 经常会出现 BV 线和 BVR 线的滥用。前者是绝缘硬铜线, 后者为绝缘软铜线。这两种线的名称和特征都比较相似, 故在工程设计中经常会有设计者搞不清在绘制系统图时馈线回路该用什么线。

首先这里阐述下两种线型的特点。对于小截面的 BV 线而言, 一般都是由一根铜芯构成, 铜芯较粗, 用以承载回路中的电流, 正因为是由单根铜芯组成, 所以此类线一般较硬, 不太利于施工, 尤其大截面的 BV 线更不容易压接, 但是此类线也有其优点, 比如价格相对比较便宜, 小截面 BV 线接线处更加可靠。而 BVR 是由多根软铜线组成的, 其特点就是线型软, 方便穿管和施工, 但是它也有缺点, 如价格相对较贵, 且非专业人员在压接 BVR 时会出现压接不可靠等情况, 而

压接不可靠可能会导致接线处容易被烧坏,影响用电安全。

基于两种线型的特点,在实际的系统图绘制过程中,我们一般会在小回路用电设备如照明、插座等采用 BV 线,因为本身回路较小,所需要的 BV 线截面也较小,不会因为线太硬导致施工不便等问题,同时小回路采用 BV 线在接线时更加牢靠,无需做专业的接线端子<sup>[3]</sup>。

那么 BVR 线用在什么场合呢?一般工业和民用设计中,经常会出现防静电跨接等设计,此类设计是为了防止金属外壳用电设备或者金属管道产生电火花而采取的安全措施。当管道或者设备金属外壳有静电电荷积聚时,通过接地导线将此类电荷引入大地,杜绝安全隐患。在防静电接地中采用的跨接线或接地导体因为需要大截面的导体,故一般采用 BVR。此时如果再采用 BV 线,会因为大截面的 BV 线不易弯曲而导致施工困难。

### 3 误区 3: 系统图中特殊电缆型式的误用

电气设计时,设计者通常会根据上游专业提供的用电负荷来进行设计,用电负荷需要明确负荷等级、容量大小等信息。设计者以上游专业提供的用电条件作为输入做出合理的设计,比如选择适配的电缆等。本文以常见的应急照明系统图为例来阐述系统图中电缆型式误用的情况。一般应急照明回路用以给应急照明灯具(如指示灯、应急灯等)供电,此类负荷最大的特点就是要求电源可靠并且需由耐火电缆供电。为什么需采用耐火电缆,需要我们了解耐火电缆的特性。耐火电缆相较于普通电缆而言,它可以在火灾时保持正常功能。当火灾发生时,为了人员可以安全逃生,应急照明灯具需在事故发生时仍能正常点亮一段时间。如果此时采用普通的电缆供电,当火灾发生时,馈线回路的电缆经火焰煨烧很快就会失去作用,无法保证人员安全有序地撤离。

在此类电缆的选择中,设计者经常会出现以下误区:(1)采用普通的阻燃电缆代替耐火电缆。阻燃电缆仅仅具有阻燃特性,而无法在火灾下保持正常功能,它的侧重点是要求电缆可以在规定的时间内熄灭,此类电缆的作用是为了防止火灾的蔓延,从而影响其他用电设备或人员救援。(2)采用一般或阻燃电缆穿钢管保护,将钢管上刷防火涂料,误认为可以达到耐火电缆的效果。此类做法也是不可行的,当火灾产生的高温通过钢管传递给里面敷设的电缆时,电缆因无法承受高温而失去作用。(3)对于要求阻燃且耐火的场所,

仅选用普通的耐火电缆。设计者要注意到一般的有机型耐火电缆并不一定能组织火焰燃烧,当场所对于供电线路有阻燃耐火特殊要求时,设计者应采用阻燃耐火电缆(ZAN)或无机型耐火电缆(如矿物绝缘电缆)。配电系统图中只有合理地选择电缆型号,才能为电气安全保驾护航<sup>[4]</sup>。

### 4 误区 4: 电缆、开关与回路计算电流不匹配

低压配电系统设计是非常复杂的,存在着这样那样的配合,如开关和电流相配合、上下级开关之间配合等,科学合理地实现它们之间的配合不仅可以为建设方节约成本,还可以杜绝各种隐患。在配电箱系统图中就存在很多这样的配合,其中以电缆、断路器和回路计算电流配合最为常见。各元器件的相互配合尤为重要,否则会引发一系列的故障。比如电缆和断路器没配合好,那么当回路发生故障,电缆已经过载很久,但是断路器依然未可靠动作,导致电缆烧毁引发火灾。再比如断路器和计算电流没配合好,导致一合断路器就发生过负荷跳闸事故。

因此,做好电缆、断路器和回路计算电流的配合至关重要。这里将详细地阐述配合的基本原则。首先对电缆进行说明,当一个电缆的型号和截面固定时,那么它的额定载流量也会随之确定,如 $2.5\text{mm}^2$ 电缆在标准环境下的额定载流量约为 $27\text{A}$ ,回路中实际的负荷电流不可以超过电缆本身载流量。值得注意的是,电缆的额定载流量是在标准环境下测量得到的,它实际的允许载流量还要根据环境温度、敷设方式等进行折算,如 $2.5\text{mm}^2$ 的电缆穿管敷设,载流量需进行校正,一般校正系数可取 $0.8$ ,极度恶劣的环境下可取更低的校正系数。其次对回路计算电流进行说明,回路中计算电流一般是根据所接负荷容量和电压等级决定的,在电气设计中负荷电流的计算可以参考《电力工程设计手册》表 7-2 进行计算。此外,设计者需要注意以后的扩容做准备,如某厂房目前接入灯具为 $2\text{kW}$ 负荷,但是考虑后期要扩大厂房的规模,后续还会在同一照明增加照明用电负荷,那么远期的这些负荷我们也要考虑进去。否则在未来厂房扩容时,可能会因为增加的用电负荷过大而导致整个供电回路的电缆和开关容量过小而更换。以上阐述了电缆、回路计算电流在设计时的要点,那么电缆、断路器和回路计算电流的配合原则为:电缆安全载流量(考虑环境校正后) $\geq$ 断路器的额定电流 $>$ 回路的计算电流(考虑远期规划)。只有遵循这个配合原则,才能保证配电回路的可靠运行。当回路中发生过载时,断路器会检测到负荷电流

过大,在电缆尚未因为过载而导致烧毁之前,断路器会可靠动作,切断用电负荷,保护此回线路上的电缆和用电设备。

### 5 误区 5: 系统图中照明、插座回路采用铝芯电缆

一些设计者在对照明、插座配电系统图绘制的时候,馈线回路采用铝芯电缆。而依据《工业与民用供配电设计手册》第四版第九章导体选择中:照明、插座等分支回路应采用铜导体。铝芯电缆相对于铜芯电缆来说,其有一定的优势,如价格低廉、质量轻等。但是在低压电气设计中,铝芯电缆的缺点更为明显,这些缺点和铝本身的特性息息相关。第一,铝线容易被氧化形成氧化膜,而氧化膜有很高的电阻率,如果接头处处理不好,高电阻率更容易导致发热。第二,铝相对铜来说有更高的膨胀系数。铝的膨胀系数是铜的1.5倍,而高的膨胀系数意味着同样的热量,铝膨胀的体积更大,当用电回路中有电流流过时,铝线会因为电流产生的热量而膨胀,接头处会因为膨胀的原因相互挤压,而当回路断电时,铝线会逐渐冷却至原状,导致接头处出现空隙,加大了与空气的接触概率,考虑到铝的易氧化特性,进而进入恶性循环,引发火灾。第三,铝芯很容易被氯化氢所腐蚀。在日常的工程设计中,聚氯乙烯绝缘的电缆经常被设计院采用,为了防止氯化氢的分解,这类电缆的聚氯乙烯绝缘层中会添加一种稳定剂用于抑制分解。而当线路发生过载或温度过高时,稳定剂将失去作用,那么电缆会释放出少量的氯化氢腐蚀铝。从铝芯电缆的这些特性可以看出铝电缆不如铜电缆可靠,铝的安装工艺和维护条件要求较高,而一般的场合如建筑物内的照明、插座等可能会被非专业人员所触及,所以在实际设计过程中,对于一些可靠性要求高或者非专业人员容易触及的回路应选用铜芯电缆。

值得注意的是,铝芯电缆并非禁止使用,其应用场合也非常广泛,如工地的临时用电回路,考虑到项目结束临电线路会被拆除等成本问题,经常会使用铝芯电缆;又比如高压输电线路中的架空线,这类导体就采用铝芯作为电流的载体,因为铝芯本身质量轻,对杆塔的荷载要求相对更低,此外采用铝芯(钢芯铝绞线等)工程成本也会更低。

### 6 误区 6: 照明配电系统图中进线电缆采用 3+2 的形式

笔者发现一些设计师在对照明配电箱系统图绘制时,会因为成本原因采用 3+2 型式的电缆作用照明配电

箱的进线电缆。目前无论是民用还是工业建筑,LED灯的应用范围非常广泛,它以其高效率和高光通量的特点在诸多种类的灯具中脱颖而出。经实验测试可得,同功率的LED灯发出的光通量是白炽灯光通量的10倍<sup>[5]</sup>。所以现在很多建筑、厂房等均采用LED灯作为照明灯具,也符合国家节能环保的要求。但是LED灯不同于白炽灯,它属于感性元器件,在正常运行过程中容易形成谐波。而谐波对电力系统是有危害的,单从配电箱系统图上考虑,当馈线回路给LED灯具供电时,LED灯具产生的谐波会通过电缆的中性点叠加流过系统电源侧。当谐波电流足够大的时候,在中性线汇流的谐波数值可能会超过基波的数值,也就是说此时中性线流过的电流可能会超过相线电流。此时如果采用3+2的电缆,如采用 $3 \times 50 + 2 \times 25 \text{mm}^2$ 的电缆,相线截面为 $50 \text{mm}^2$ ,中性线截面为 $25 \text{mm}^2$ ,而流过相线的实际电流却小于流过中性线的实际电流,这样会导致中性线上发生过载,馈线回路断路器会跳闸而引起断电,故电缆应选择 $4 \times 50 + 1 \times 25 \text{mm}^2$ (即4+1的电缆型式)的规格。

综合上述原因,可以总结出当回路中可能会出现较大的不平衡电流或谐波电流时,中性线截面的选择不宜小于相线截面,否则容易出现中性线过载的现象。

### 7 结语

本文以工程设计中最常见的配电箱系统图绘制为入手点,对系统图中容易出现的误区进行补充说明,阐述了诸如电缆材质选型、电缆或导线型号选择及电缆、断路器和计算电流配合等问题,提醒设计者在工程设计时重视设计质量和原则问题,可以有效地杜绝工程设计中容易被忽视的隐患,保证供电安全,进而有效地保证人们的人身和财产安全。

### 参考文献:

- [1] 谢炜.从低压进线总配电箱系统图发现的设计问题[J].建筑电气,2018,37(04):61-68.
- [2] 金封,鲍光海.智能配电箱系统设计[J].电器与能效管理技术,2017(11):54-58.
- [3] 杨鑫鑫.常用设备配电箱系统外部接线的探讨[J].山西建筑,2018(02):105-106.
- [4] 王新杰,李腾虎.一种低压综合配电箱温升性能提升优化[J].电工电气,2023(07):74-76.
- [5] 李新龙,陈玉孝.展位地面配电箱安装技术探讨[J].安装,2022(11):42-44.