

# 电气开关柜发热问题探讨

周奕君

泰国格乐大学 泰国 曼谷 10220

**摘要:** 电气开关柜作为电力系统关键设备,其发热问题日益严峻,影响系统安全与稳定。现状分析显示,触头、母线、电缆接头等部位发热频发,导致设备损坏与故障。原因涉及设计不合理、生产与安装质量问题、元件老化、负荷异常及环境因素等。为预防发热,需加强系统规划与设备选型,提高安装与检修质量,实施元件防老化处理,优化电力负荷管理,并改进散热设计。这些措施旨在提升电气开关柜运行可靠性,保障电力系统安全稳定运行。

**关键词:** 电气开关柜;发热问题;预防措施

引言:随着电力需求的日益增长,电气开关柜作为电力系统的重要组成部分,其安全性与稳定性备受关注。然而,发热问题成为制约电气开关柜运行可靠性的关键因素之一。本文旨在深入探讨电气开关柜发热的现状、成因及预防措施,以期为电力行业提供有效的解决方案。通过深入分析,我们期望能减少因发热导致的设备故障与经济损失,提升电力系统的整体运行效率与安全性。

## 1 电气开关柜发热问题的现状分析

### 1.1 发热问题的普遍性与严重性

在电力系统中,电气开关柜作为电能传输与分配的核心设备,其运行状态直接关系到整个系统的安全性和稳定性。然而,随着电网规模的扩大和电力负荷的增加,电气开关柜发热问题日益凸显,成为电力行业亟待解决的重要课题。这一问题不仅普遍存在,且其严重性不容忽视。近年来,多起典型的电气开关柜发热事故案例引起了广泛关注。例如,某发电厂因电气开关柜内部触头接触不良,导致长时间过热,最终引发短路故障,造成设备损坏和生产线停运;又如,某变电站的母线系统因设计缺陷导致散热不良,长期高温运行后绝缘材料老化,引发大面积停电事故。这些案例不仅造成了巨大的经济损失,更严重影响了社会的正常秩序和居民的生活用电。发热问题对电力系统的影响是多方面的。首先,它加剧了电气设备的老化速度,缩短了设备的使用寿命。长期高温运行会导致材料性能下降,绝缘层破坏,进而引发短路、漏电等安全问题。其次,发热问题还会影响电力系统的供电质量和稳定性。设备过热可能导致电压波动、电流谐波等问题,降低供电质量;而一旦发生故障停电,将给工业生产、商业运营以及居民生活带来不便和损失。从经济损失的角度来看,电气开关柜发热问题不仅直接导致了设备维修和更换的费用增

加,还可能引发更广泛的经济损失。例如,停电事故会导致生产线停工、商业活动中断,造成直接的经济损失;同时,停电还可能引发社会恐慌、交通拥堵等连锁反应,进一步放大经济损失。

### 1.2 发热问题的主要表现形式

电气开关柜发热问题的表现形式多种多样,其中最常见和典型的主要包括触头发热、母线发热和电缆接头发热等。(1)触头发热是电气开关柜中最为常见的发热问题之一。触头作为电气连接的关键部件,其接触电阻的大小直接影响着电流的通过能力和热量的产生。当触头接触不良或氧化严重时,接触电阻会增大,导致通过触头的电流产生大量热量,进而引发触头发热。触头发热不仅会损坏触头本身,还可能引发邻近部件的过热和烧毁。(2)母线发热则是由于母线系统中电流分布不均或散热不良所导致的。母线作为电气开关柜中传输电流的主要通道,其散热性能的好坏直接影响着整个系统的运行温度。当母线系统设计不合理或散热条件恶化时,母线上的电流会产生大量热量而无法及时散发出去,导致母线温度升高并可能引发过热故障。(3)电缆接头发热则是由于电缆接头处接触不良或电缆绝缘层老化破损等原因所导致的。电缆接头作为电缆线路中的重要连接点,其接触质量的好坏直接影响着电缆线路的安全运行。当电缆接头接触不良时,会产生较大的接触电阻并引发局部过热现象;而当电缆绝缘层老化破损时,则可能导致电流直接作用于金属导体并产生大量的热量。

## 2 电气开关柜发热原因分析

### 2.1 系统规划与设计不合理

系统规划与设计的合理性是预防电气开关柜发热问题的前提。然而,在实际工程中,由于负荷统计不准确或容量配置不足,往往导致设备在运行过程中承受过大的负荷,从而产生过多的热量。此外,导通形式的不合理也是

造成发热问题的重要原因。在设计电气系统时,若未能充分考虑电流的均匀分布,采用不合理的导通方式,将导致电流在某些部位集中,进而产生局部过热现象。这种不均匀的电流分布不仅加剧了设备的热负荷,还可能引发接触不良和短路等问题,进一步加剧发热情况。

## 2.2 设备生产与安装质量问题

设备生产与安装质量是影响电气开关柜发热问题的直接因素。在元器件生产阶段,若厂家质量控制不严,使用的材料不合格或生产工艺不达标,将直接导致元器件存在缺陷,增加发热风险。例如,接触不良的触头、电阻值过大的导线等都可能成为发热的源头。而在设备安装阶段,若安装人员操作不规范,未能严格按照设计要求进行施工,也可能导致接触不良、紧固不牢等问题<sup>[1]</sup>。这些问题在设备运行初期可能并不明显,但随着时间的推移,会逐渐加剧设备的发热状况,最终引发故障。

## 2.3 设备元件老化与损坏

电气开关柜中的设备元件在长期运行过程中会经历自然老化和磨损过程。随着使用时间的增加,元件的性能会逐渐下降,如绝缘层老化、金属部件腐蚀等,这些变化都会增加设备的发热风险。同时,接触不良也是导致元件老化和损坏的重要原因之一。当接触部位因氧化、松动等原因导致电阻增大时,通过该部位的电流会产生更多的热量,从而加速元件的老化和损坏过程。此外,如果设备在运行过程中受到振动、冲击等外部因素的影响,也可能导致元件松动或损坏,进而引发发热问题。

## 2.4 电力负荷异常

电力负荷的异常波动也是导致电气开关柜发热的重要原因之一。当电力系统中的负荷发生较大波动时,如突然增加或减少大量负载,将使得电气设备在短时间内承受过大的电流冲击或负荷变化。这种急剧的负荷变化不仅会导致设备温度升高,还可能引发设备内部应力集中和疲劳损伤。特别是当负荷超过设备设计容量时,设备将长时间处于超负荷运行状态,其内部元件将承受巨大的热应力和机械应力,从而加速老化和损坏过程<sup>[2]</sup>。此外,负荷分配不均也会导致设备局部过热问题。在电力系统中,若未能合理分配负荷使得某些设备承担过大的负荷,将导致这些设备在运行过程中产生过多的热量并引发发热问题。

## 2.5 环境因素

环境因素也是影响电气开关柜发热问题的重要因素之一。环境温度过高将直接导致设备散热不良,使得设备内部温度持续上升并引发发热问题。特别是在高温、潮湿、灰尘等恶劣环境下运行的设备更容易受到环境温

度的影响。此外,灰尘、潮湿等环境因素还会加速设备的老化过程并降低设备的绝缘性能,从而进一步增加发热风险。例如,灰尘的积累会阻碍设备的散热并导致接触不良;潮湿的环境则会导致设备内部金属部件腐蚀和绝缘层老化等问题。因此,在设计和安装电气开关柜时需要考虑环境因素对其运行稳定性和可靠性的影响并采取相应的防护措施以减少发热问题的发生。

## 3 电气开关柜发热问题的预防措施

### 3.1 加强系统规划与设备选型

(1) 负荷统计与增长预测。进行充分的负荷统计是预防电气开关柜发热问题的基础。电力系统规划部门应定期对电网负荷进行详细调查,包括现有负荷的分布、大小及变化趋势等,并结合经济发展趋势和用电需求进行科学合理的增长预测。通过准确的负荷统计和增长预测,可以为电气开关柜的容量配置提供有力依据,避免容量不足导致的超负荷运行和发热问题。(2) 合理配置容量。在明确负荷需求的基础上,合理配置电气开关柜的容量是预防发热问题的关键。容量的配置应充分考虑设备的冗余性和扩展性,既要满足当前负荷需求,又要为未来的负荷增长预留足够的空间。此外,还应注意不同设备的容量匹配问题,确保各级开关柜之间、开关柜与变压器等设备之间的容量协调一致,避免因容量不匹配导致的电流分布不均和局部过热现象。(3) 高质量设备选型。选择高质量、高可靠性的设备是预防电气开关柜发热问题的重要手段。设备选型时应优先考虑知名品牌和信誉良好的厂家,确保设备在设计、制造、材料选用等方面均达到行业标准和规范要求。同时,还应根据实际需求选择合适的设备型号和规格,确保设备在性能、参数等方面满足系统要求,减少因设备不匹配导致的发热问题。

### 3.2 提高设备安装与检修质量

(1) 制定严格安装流程。电气开关柜的安装质量直接关系到设备的运行效果和安全性。因此,在安装过程中应制定严格的安装流程和标准,明确各项安装步骤、技术要求和质量标准。安装人员应严格按照流程和标准进行操作,确保设备安装质量符合规范要求。同时,还应注意设备的防护和密封性处理,防止灰尘、潮湿等环境因素对设备造成损害。(2) 定期检修与维护。定期对电气开关柜进行检修和维护是预防发热问题的重要措施。检修内容包括设备清洁、紧固、调整、测试等方面,旨在及时发现并处理潜在问题。在检修过程中,应特别注意触头、母线、电缆接头等关键部位的检查和测量工作,确保接触良好、无过热现象。此外,还应加强

对设备的预防性试验和在线监测工作,及时发现并消除潜在的安全隐患<sup>[3]</sup>。

### 3.3 加强元件防老化与抗氧化处理

(1) 定期检查与更换。电气开关柜中的元件在长期运行过程中会逐渐老化和损坏。为预防因元件老化导致的发热问题,应定期对易老化元件进行检查和更换。检查内容包括元件的外观、性能、参数等方面,对于老化严重或损坏的元件应及时进行更换处理。同时,还应建立完善的元件更换记录和档案管理制度,确保元件的更换工作可追溯、可管理。(2) 接触面抗氧化处理。接触面的氧化是导致电气开关柜发热问题的主要原因之一。为减少接触电阻和发热现象的发生,应对接触面进行抗氧化处理。具体措施包括涂抹导电脂、使用抗氧化材料等方法。导电脂具有良好的导电性和抗氧化性能,能够有效降低接触电阻并提高接触面的稳定性;而抗氧化材料则能够减缓接触面的氧化速度并延长设备的使用寿命。

### 3.4 优化电力负荷管理

(1) 保持负荷稳定可控。保持电力负荷的稳定性和可控性是预防电气开关柜发热问题的重要策略之一。电力系统运营单位应加强对负荷的监测和管理,通过先进的负荷预测技术和智能化调度系统,合理安排电力生产计划,确保电力供应与需求之间的平衡。同时,应建立健全的负荷管理机制,对大型用户进行负荷管理,引导其合理安排生产计划,减少突发性负荷波动对电网的冲击。此外,还应加强对电网的实时监控和数据分析,及时发现并处理负荷异常情况,避免超负荷运行导致的设备过热和损坏<sup>[4]</sup>。(2) 合理分配负荷。合理分配负荷是预防电气开关柜局部过热的有效手段。在电网规划和设计阶段,应充分考虑负荷的地理分布、用电性质等因素,合理规划和布局电网结构,确保电力负荷在电网中均衡分布。同时,在设备选型和配置时,应根据负荷特性和用电需求,选择合适的开关柜型号和规格,并合理配置设备容量和数量,避免局部设备因承担过大负荷而产生过热问题。此外,在设备运行过程中,还应加强对负荷分配的监控和调整,确保电力负荷在设备之间均匀分配,避免个别设备因过负荷而发热。

### 3.5 改进散热设计

(1) 优化散热结构。散热设计的优劣直接影响电气开关柜的散热效果。为预防发热问题,应优化设备的散热结构,提高散热效率。具体措施包括增加散热面积、改善散热通道、采用合理的散热布局等。例如,在开关柜内部设置合理的风道,引导气流顺畅流动,提高散热效果;在母线排和元件布局上,应尽量减少遮挡和阻挡,确保热量能够及时散发出去。此外,还可以考虑采用被动散热技术,如热管散热器、散热片等,进一步提高散热性能。(2) 使用先进散热材料和技术。随着科技的发展,新型散热材料和技术不断涌现,为电气开关柜的散热设计提供了更多选择。例如,使用高导热性能的材料制作散热元件和导热路径,可以显著提高热量的传导效率;采用相变材料作为散热介质,可以在温度变化时吸收或释放大量热量,实现更高效的散热效果。此外,还可以利用智能温控技术,通过温度传感器实时监测设备温度,并自动调节散热装置的工作状态,实现精准散热和节能降耗。这些先进材料和技术的应用将为电气开关柜的散热设计带来新的突破和发展。

### 结束语

综上所述,电气开关柜发热问题是电力行业不可忽视的挑战。通过加强系统规划与设计、提升设备安装与检修质量、实施元件防老化处理、优化电力负荷管理及改进散热设计等多方面的努力,我们可以有效预防和控制发热问题的发生。未来,随着技术的不断进步与应用的深化,相信电气开关柜的发热问题将得到更加全面和有效的解决,为电力系统的安全稳定运行提供坚实保障。

### 参考文献

- [1] 龚亮. 低压开关柜触头发热原因分析及解决措施[J]. 中国设备工程, 2020(11): 176-177.
- [2] 张发军, 潘亚培, 李桂芹. 高压开关柜的实际温升及发热解决措施[J]. 通信电源技术, 2019, 36(10): 279-280.
- [3] 王峰, 李敏, 李慧佳. 电气开关柜发热问题探讨[J]. 中国设备工程, 2022(04): 27-28.
- [4] 张弘. 电气开关柜的发热问题研究[J]. 电力系统装备, 2021, (06): 98-99.