

数据中心类项目电力工程设计探究

武奇奇

广东力田科技股份有限公司 广东 广州 510000

摘要：数据中心电力工程设计关乎系统稳定运行与能耗控制。供配电系统需保障供电可靠性，UPS系统确保电力不间断，配电线路设计要兼顾安全与效率，防雷接地系统为设备安全护航。面对能源效率提升压力、新技术适配难题及运维管理复杂性增加等挑战，通过优化设计、技术融合及智能化运维管理等策略，可有效提升数据中心电力工程设计水平与运行效能。

关键词：数据中心类项目；电力工程；设计

引言

在数字经济蓬勃发展的当下，数据中心作为信息存储与处理核心枢纽，其电力工程设计质量直接影响数据中心的可靠性、稳定性与经济性。可靠的供配电系统、高效的不间断电源、合理的配电线路及完善的防雷接地系统，是数据中心安全运行的关键。然而，随着行业发展，数据中心电力工程设计面临诸多挑战。本文围绕数据中心类项目电力工程设计要点展开分析，探讨应对挑战的有效策略。

1 数据中心类项目电力工程设计概述

数据中心类项目电力工程设计作为确保数据中心安全、稳定运行的关键环节，涉及从电源规划到配电系统设计的全流程专业技术工作。其核心在于构建可靠且高效的电力供应体系，满足数据中心持续运行、负载灵活调配以及未来扩容需求。在电源设计方面，数据中心通常采用多回路市电接入方案，通过不同变电站的多路电源引入，形成互为备用的供电架构，有效降低因单一电源故障导致的断电风险。配备大功率柴油发电机组作为备用电源，确保在市电异常时能够快速切换并持续供电。柴油发电机组的容量需依据数据中心IT设备、制冷系统等关键负载的总功率进行精确计算，保障应急供电时长满足业务需求。配电系统设计着重考虑电能的合理分配与管理，通过中低压配电柜、列头柜等设备，将电能安全稳定地输送至各个服务器机柜及配套设备。采用模块化设计理念，使配电系统具备灵活扩展能力，便于适应数据中心业务增长带来的电力需求变化。引入智能配电管理系统，实时监测各支路电流、电压、功率等参数，实现对电力系统运行状态的精细化管控，及时发现并处理潜在故障隐患。电力工程设计中还需重视UPS（不间断电源）系统的配置。UPS不仅能够在线电中断瞬间提供不间断电力供应，还能有效过滤电网中的谐波干扰，

为IT设备提供纯净稳定的电源环境。根据数据中心的等级和业务重要性，合理选择双变换在线式、模块化UPS等设备类型，并采用冗余配置方案，进一步提升供电系统的可靠性，为数据中心7×24小时不间断运行筑牢电力保障基础。

2 数据中心类项目电力工程设计要点分析

2.1 供配电系统设计

（1）数据中心供配电系统需构建高可靠架构，采用双路市电接入形成冗余配置，确保单路市电故障时仍能维持电力供应。变压器容量需依据IT设备、制冷系统及辅助设施总功率进行精确计算，预留15%-20%冗余容量以适应未来负载增长。需合理规划变压器台数与运行方式，通过分列运行配合联络开关实现灵活切换，降低单台设备故障对整体供电的影响。（2）低压配电柜作为电力分配核心，其主接线形式宜选用单母线分段带联络结构，实现负载均衡分配与故障隔离。断路器选型需匹配系统短路电流水平，具备快速分断能力，减少故障范围扩大风险。智能监控模块的配置不可或缺，通过实时监测电压、电流、功率因数等参数，为运维人员提供设备运行状态信息，实现故障预警与精准定位。（3）供配电系统的谐波治理是保障电能质量的关键环节。数据中心内大量非线性负载如服务器、UPS等会产生谐波电流，导致电压畸变、设备发热及电网损耗增加。需在配电系统中设置有源滤波器或静止无功发生器，针对性抑制特定次谐波，将总谐波畸变率（THD）控制在5%以内，确保电力系统稳定运行与设备安全^[1]。

2.2 不间断电源（UPS）系统设计

（1）UPS系统设计需优先满足数据中心负载特性，对于核心IT设备应采用在线式双变换UPS，通过整流器、逆变器的持续电能转换，提供稳定纯净的交流输出，实现零转换时间切换，有效抵御市电电压波动、频率偏移

等干扰。UPS容量配置需考虑负载峰值功率、功率因数及冗余需求,一般按N+1或2N架构部署,提升系统容错能力。(2)电池组作为UPS系统断电后的能量来源,其容量计算至关重要。需根据数据中心预期后备时间、负载功率及电池放电特性进行精确核算,通常配置15-30分钟后备时长以满足应急需求。选择阀控式密封铅酸电池或锂电池时,需关注电池一致性、充放电效率及循环寿命,采用智能电池管理系统实时监测电池电压、温度与充放电状态,延长电池使用寿命并及时预警故障。(3)UPS系统的并机技术是实现大容量供电与冗余备份的核心手段。通过精密的均流控制技术,确保并联运行的UPS模块负载分配均衡,避免单机过载。采用模块化UPS架构可实现在线扩容与热插拔维护,显著提升系统灵活性与可用性,减少停机维护时间,保障数据中心7×24小时不间断运行。

2.3 配电线路设计

(1)数据中心配电线路设计需综合考量载流量、电压降及机械强度等因素。线缆截面选择应依据负载电流、敷设方式及环境温度,严格遵循电缆长期允许载流量大于计算电流的原则,并确保线路末端电压降不超过额定电压的5%,避免因电压不足影响设备正常运行。对于大电流回路,宜采用多芯电缆并联或母线槽方式,降低线路阻抗与发热。(2)线缆敷设路径规划需兼顾安全性与散热性能。采用桥架、线槽等封闭式敷设方式,对不同电压等级、功能用途的线缆进行物理隔离,防止电磁干扰。在冷热通道布局的数据中心内,电源线缆应与网络线缆分层敷设,避免交叉干扰。合理设置线缆弯曲半径,避免因过度弯曲导致绝缘层损坏,影响线路绝缘性能与使用寿命。(3)配电线路的防火与防护措施是保障数据中心安全的重要环节。选用阻燃或耐火型电缆,在穿越防火分区、电缆竖井等部位设置防火封堵,防止火灾蔓延。对于户外引入或易受机械损伤的线路,需采用金属套管或铠装电缆进行防护,并做好防水、防潮处理,确保配电线路在复杂环境下可靠运行^[2]。

2.4 防雷接地系统设计

(1)数据中心防雷系统需构建多级防护体系,在电源进线处安装电源浪涌保护器(SPD),对直击雷、感应雷及操作过电压进行逐级限制。根据线路电压等级与设备耐受过电压能力,合理配置SPD的标称放电电流、最大放电电流及残压参数,确保其在雷击或过电压事件中快速泄放能量,将设备端口电压限制在安全范围内。(2)接地系统设计需满足低接地电阻与等电位连接要求。采用联合接地方式,将防雷接地、工作接地、保护接地等

共用一组接地装置,接地电阻值不大于1Ω。通过等电位连接网络,将数据中心内各类金属设备、管道、桥架等进行电气连接,消除不同设备间的电位差,防止反击电压对设备造成损坏。使用铜排或编织铜线作为等电位连接材料,确保连接可靠、接触良好。(3)防雷接地系统的检测与维护是保障其有效性的关键。定期对SPD的性能参数、接地电阻值、等电位连接状况进行检测,及时更换老化或损坏的SPD,修复松动或锈蚀的连接点。在雷雨季节来临前,开展全面防雷接地系统检查,确保在雷击事件发生时,防雷接地系统能够有效发挥防护作用,保障数据中心设备与人员安全。

3 数据中心类项目电力工程设计面临的挑战与应对策略

3.1 面临的挑战

3.1.1 能源效率提升压力

数据中心作为能耗密集型设施,其电力工程设计面临着能源效率提升的巨大压力。随着数据处理需求呈指数级增长,服务器等IT设备的功耗不断攀升,冷却系统为维持设备正常运行所需的能耗也随之增加。传统电力系统在转换、传输和分配电能过程中存在固有损耗,配电设备的能效水平、UPS(不间断电源)系统的转换效率等环节都制约着整体能源利用率。加之数据中心24小时不间断运行的特性,微小的能耗浪费经过时间积累也会形成庞大的能源消耗。企业对降低运营成本的迫切需求,使得电力工程设计必须在保障设备稳定运行的基础上,寻求更高效的能源利用方式,以应对能源效率提升的严峻挑战。

3.1.2 新技术应用适配难题

电力工程领域不断涌现的新技术,如模块化电源系统、智能微电网、储能技术等,为数据中心带来新的发展机遇的同时,也带来适配难题。不同新技术的技术标准、接口协议存在差异,与现有的电力基础设施兼容性难以保障。例如,模块化电源系统虽然具备灵活扩展的优势,但在接入现有配电网络时,可能因电压、频率等参数不匹配,影响整个系统的稳定性。储能技术在数据中心的应用中,其充放电控制策略与数据中心用电负荷特性的匹配度,以及与其他电力设备的协同工作机制,都需要深入研究和反复调试。新技术的应用还涉及设备选型、安装调试、后期维护等多个环节,每个环节都可能出现技术适配问题,增加了电力工程设计的复杂性^[3]。

3.1.3 运维管理复杂性增加

数据中心电力系统架构日趋复杂,涵盖供配电设备、UPS系统、制冷系统等多个子系统,各子系统之间相

互关联、相互影响,使得运维管理复杂性显著增加。随着数据中心规模扩大,设备数量和种类大幅增多,故障点也随之增加,故障排查和定位难度加大。例如,当电力系统出现异常时,可能涉及多个设备和线路的问题,需要运维人员具备全面的专业知识和丰富的实践经验才能快速准确判断故障原因。数据中心对电力供应的可靠性要求极高,任何短暂的停电都可能造成数据丢失或业务中断,这就要求运维管理必须具备快速响应和处理故障的能力。设备的定期维护、性能监测和优化调整等工作,也对运维人员的技术水平和管理能力提出了更高要求。

3.2 应对策略

3.2.1 优化能源效率设计

在数据中心电力工程设计中,优化能源效率设计是关键。通过采用高效节能的电力设备,如高效率的变压器、低损耗的电缆和高转换效率的UPS系统,可从源头降低电能损耗。在供配电系统设计方面,合理规划配电线路布局,减少线路长度和迂回,降低线路损耗;优化电力分配方式,根据不同区域用电负荷特性,采用分区供电、按需分配的策略,提高电力使用效率。对于冷却系统,采用先进的制冷技术和智能控制策略,根据设备发热情况动态调节制冷量,避免过度制冷造成能源浪费。引入能源管理系统,实时监测和分析电力消耗数据,通过数据挖掘和分析,发现能源浪费点并及时进行优化调整,实现能源的精细化管理。

3.2.2 推动新技术融合应用

为应对新技术应用适配难题,需积极推动新技术在数据中心电力工程中的融合应用。在设计阶段,充分调研和评估各类新技术,结合数据中心的实际需求和现有电力系统特点,选择适配性强的技术方案。通过建立统一的技术标准和接口规范,确保不同新技术之间以及新技术与现有系统之间的兼容性。在模块化电源系统应用中,采用标准化设计和接口,实现快速安装和灵活扩展;对于储能技术,深入研究其与数据中心电力系统的协同运行模式,制定合理的充放电控制策略,使其能够有效平滑电力波动、提高供电可靠性。加强新技术应用

的测试和验证工作,在实际应用前进行充分的模拟测试和试运行,及时发现和解决技术适配问题,保障新技术应用的稳定性和可靠性。

3.2.3 构建智能化运维管理体系

面对运维管理复杂性增加的挑战,构建智能化运维管理体系是有效解决途径。利用物联网、大数据、人工智能等技术,实现电力设备的全面感知和数据实时采集。通过部署传感器,实时监测设备的运行状态、电气参数、环境参数等信息,并将数据上传至运维管理平台。运用大数据分析和人工智能算法,对采集的数据进行深度挖掘和分析,实现设备故障的预测性维护,提前发现潜在故障隐患并及时进行处理,降低故障发生率。建立智能化的故障诊断和应急处理系统,当电力系统出现故障时,系统能够快速定位故障点,分析故障原因,并自动生成最优的故障处理方案,指导运维人员进行快速修复,缩短故障处理时间,保障数据中心电力供应的连续性和稳定性。通过智能化运维管理体系,还可实现运维工作的自动化和标准化,提高运维管理效率和质量^[4]。

结语

综上所述,数据中心类项目电力工程设计是一项系统且复杂的工作。通过对供配电、UPS、配电线路及防雷接地等系统设计要点的把握,以及针对能源效率、技术应用和运维管理等挑战采取的应对策略,能够显著提升数据中心电力工程设计质量。未来,随着技术的不断进步,数据中心电力工程设计需持续创新,以更好地适应行业发展需求,保障数据中心安全、高效运行。

参考文献

- [1]连旭,裴童心,魏琪.数据中心项目全面质量管理要素评价研究[J].科技与创新,2025(4):184-187.
- [2]孙春萍.数据中心项目智能化系统的设计与应用[J].智能建筑与智慧城市,2021(9):8-10.
- [3]赵玉龙,鲁祥凤,关兵,等.电力工程设计中模块化智能变电站的应用探讨[J].中国仪器仪表,2025(3):55-58.
- [4]邓灿辉.电力工程设计质量管理体系整合优化研究[J].工程建设与设计,2024(15):70-72.