

数据中心供电架构研究

董 磊 潘洪涛

中国移动通信集团河北有限公司 河北 石家庄 050000

摘 要：随着信息技术的飞速发展，数据中心已经成为现代社会的重要基础设施之一，其运行稳定性和可靠性直接影响到业务的连续性和安全性。本文通过研究目前数据中心不同的供电架构，从主备变压器是否物理隔离、是否分层放置、高压油机与外市电对应关系、是否采用新型的供电技术如一体化电源，电力机房与设备机房对应等方面分析优缺点，探索数据中心供电架构优选方案。本文可为构建更加稳定、可靠、节能的数据中心供电架构提供理论支持和技术指导。

关键词：数据中心；供电架构；设备放置位置；一体化电源

0 引言

数据中心是现代社会中不可或缺的一部分，它们提供了存储、处理和传输大量数据所需的基础架构，这些基础设施需要大量的能源来运行，因此，设计和构建高效且可持续的数据中心供电架构变得越来越重要^[1]。本文主要研究目前数据中心不同的供电架构，从主备变压器是否物理隔离、是否分层放置、高压油机与外市电对应关系、电力机房与设备机房对应等方面分析优缺点，通过对数据中心供电架构的研究，探索数据中心供电架构优选方案。

1 不间断电源

不间断电源设备指不会因短暂停电中断、可以一直供应高品质电源、有效保护精密仪器的电源设备。不间断电源能在提供不间断电源设备的基础上发挥其储能作用，并且对电力体系予以净化和稳定处理^[2]。不间断电源的工作原理可以概括为：在市电正常时，不间断电源通过整流器将市电转换为直流电供给蓄电池充电，并通过逆变器将直流电转换为稳定的交流电供给负载。当市电发生故障时，蓄电池立即对逆变器供电以保证不间断电源交流输出电压。不间断电源对数据中心至关重要，它确保了电力供应的连续性，保护了关键硬件免受电力波动损害，防止了数据丢失和系统崩溃，并保障了业务连续性和数据完整性。

2 一体化电源

一体化电源（又称为集成电源系统、电力模块），

是一种将电源转换、分配、控制和保护功能整合在一个或几个设备内的电力供应解决方案。这种设计旨在提高电力系统的效率、可靠性和维护便捷性。其主要组成部分包括：变压器，提供电压转换，将高电压转换为低电压或反之，以适应不同设备的需求；逆变器/充电器，将直流电（DC）转换为交流电（AC）；整流器：将交流电转换为直流电，用于为电池充电或为某些电子设备供电；控制系统：监控和管理整个系统的运行状态，包括功率分配、电池管理、故障检测与保护等功能。

3 电力机房与设备机房

电力机房，也常被称为配电室，电力机房的任务是确保建筑或设施内的电力供应稳定、安全，同时也负责电力的分配和管理，以满足不同区域或设备的用电需求。设备机房，则是指存放和维护各种自动化设备、服务器、网络交换机、存储设备等IT设备的空间。这些设备构成了信息传输、数据处理和存储的基础设施，支持着数据中心的运营。它与电力机房的关联在于，设备机房依赖电力机房提供的稳定电源，同时也通过监控系统与电力机房紧密相连。

4 数据中心供电架构分析

本文主要研究数据中心自10kV市电引至设备供电的多级主流供电模式，图1为目前数据中心各类供电示意图，后续将从变电站、变压器、不间断电源、蓄电池等多个方面逐一分析。

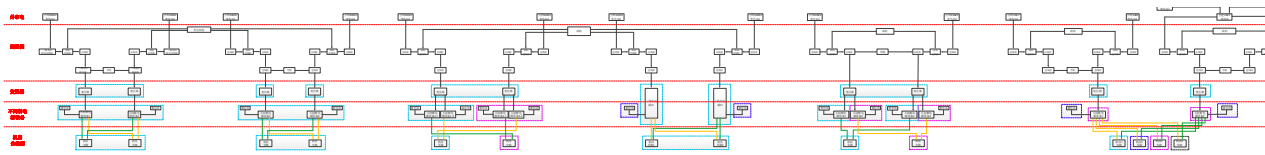


图1 数据中心各类供电示意图

4.1 设备放置位置

4.1.1 互为主备变压器是否物理隔离

《数据中心设计规范》(GB50174-2017) 8.1.5规定,数据中心应由专用配电变压器或专用回路供电,变压器宜采用干式变压器,变压器宜靠近负荷布置。同时,该规范中对A级数据中心变配电所有明确的要求,变压器应为2N配置,容错配置的变配电设备应分别布置在不同的物理隔间内。

目前数据中心变压器按放置分类分为两个维度(放置楼层位置、是否物理隔离)四种情况,具体如表1所示:

表1 数据中心变压器放置位置分类

序号	放置楼层位置	是否物理隔	符合标准
模式1	各楼层分布式	未物理隔离	B级数据中心建设标准
模式2	放置	物理隔离	A级数据中心建设标准
模式3	一层集中式	未物理隔离	B级数据中心建设标准
模式4	放置	物理隔离	A级数据中心建设标准

变压器一层集中式放置,优点在于高低压分离,即保证二楼(含二楼)以上电力室均为380V低压,运维过程中可以根据维护人员能力水平对应不同电压等级的机房,但随着数据中心运维人员能力提升、人员数量压降,人员复用需求增大。而各楼层分布式放置,可有效降低电缆和楼层配电柜的成本投入,在供电距离不变且供电能力相等的情况下,高压电缆价格仅为同等供电能力低压密集母线价格的30%左右(铜价变化对该数值有较大影响)。

4.1.2 蓄电池是否独立放置

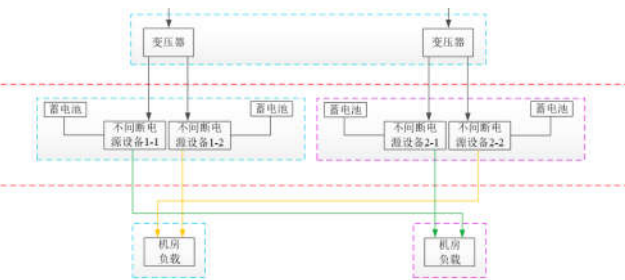


图2 蓄电池与不间断电源同机房放置

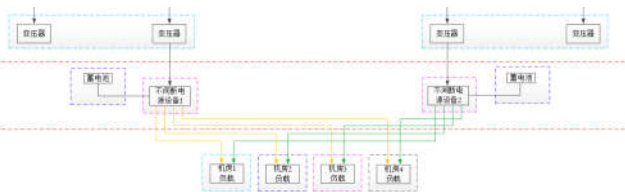


图3 蓄电池独立放置

目前各项规范中,对于蓄电池只有叠放层数、间距、后备时长、温控、电池监控等方面的要求,没有明确要求是否需要独立放置。如图2所示,蓄电池与不间断

电源放在同一机房,优点是蓄电池与不间断电源间距近,线缆损耗低、压降小。如图3所示,蓄电池单独放置,优点是降低主配电机房温度要求,温度设置更灵活,有效降低能耗;更重要的是,如果发生蓄电池起火事件,不会影响机房供电,安全性高。综上所述,出于安全考虑,蓄电池单独放置方案更优,需要注意的是,如果使用直流供电系统,供电回路全程压降应满足《中国移动通信集团通信电源、空调维护管理规定(2022版)》中要求,如表2所示。

表2 直流电源电压变动范围和全程最大允许压降

标准电压(V)	通信设备受电端子上电压变动范围(V)	供电回路全程最大允许压降(V)
+24	+19 ~ +29	2.6
-48	-40 ~ -57	3.2
240	192 ~ 288	8
336	260 ~ 400	10

4.2 供电架构

4.2.1 变电站

数据中心自建变电站是指企业自行投资建设、拥有并运营的电力设施,主要用于满足数据中心内部的电力需求。变电站应符合《通信中心机房环境条件要求》(YD/T 1821-2008)相关要求,既要考虑尽量靠近园区负荷中心及市政电源引入方向,又要避免对通信机房造成电磁干扰^[3]。

自建变电站优势:一是定制化与灵活性,变电站建成后,数据中心可以按照自身的生产计划和用电需求定制电力供应,确保电力供应与生产节奏高度匹配,提高供电及时性和能源使用效率;二是成本控制,虽然初期投资较大,但长期来看,对于高能耗的数据中心来说,提升电压降低线损节省的成本可能相当可观;三是供电稳定性,自建变电站可以减少对外部电网的依赖,降低因电网故障导致的停电风险,保证生产连续性;四是增强竞争力,自建变电站的供电稳定性,可能提供政企市场竞争优势。

自建变电站劣势:一是前面提到的高昂的初始投资,自建变电站需要大量的资本投入,包括建设、设备和维护成本,提高单机架(或单位功率)投资成本;二是需要专业维护管理能力,相较于传统10kV、380V、110kV电力系统的运行和维护需要更高的专业知识和技能,增加了运营成本。

数据中心是否选择自建变电站是一个需要综合考量的决策,涉及到经济、技术、法律和市场等多个方面的因素,应深入分析自身需求、资源状况及市场环境,进行详尽的可行性研究,以做出最合适的选择。《中国

移动数据中心机电工程建设指导意见》中规定,“当数据中心用电总容量超过允许引接公共变电站的最大容量时,可根据当地供电部门的要求建设 35kV~220kV 自用变电站”^[4]。

4.2.2 高压油机与外市电对应关系

数据中心一般使用一类市电,根据《通信局(站)电源系统总技术要求》(YD/T1051-2010)中电网条件定义,一类市电平均月市电故障次数应不大于1次,平均每次故障持续时间不大于0.5h^[5]。发生故障的次数和单次故障时长均比较少,双路同时发生故障的可能性更低,启用油机的场景较少。为更好复用油机、减少油机投入,建议一组油机对应多对外市电(注:油机配置数量需满足极限情况供电需求)。

4.2.3 动力楼是否配置高压配电

动力楼是否设置一级高压配电,实质上影响两个方面,一是动力楼设备放置空间,二是油机与市电并网位置。目前大多数数据中心都会在动力楼设置一级高压配电,如果动力楼空间紧张,则可选择仅在机房楼设置一级高压配电,两种方案优缺点并不明显,可根据现场情况综合选择。

4.2.4 是否采用一体化电源

相较于传统变压器+不间断电源供电架构,一体化电源的优点包括:简化系统设计,减少了系统组件数量,简化了安装维护流程;提高效率,通过集中管理和优化电能流动,减少了能量损失;增强可靠性:冗余设计使得系统在部分组件故障时仍能正常工作;灵活性:易于扩展和调整,适应不同规模和需求的应用环境;维护成本较低:由于系统集成度高,减少了故障点,降低了长期的维护成本^[6]。

其缺点包括:一体化电源系统初期投资较高,这是因为集成了多种功能模块,如变压器、逆变器、控制器

等,相对于单独的电源设备,购买成本较高;维护问题,虽然一体化设计简化了系统复杂性,但在维护时,如果需要对单一模块进行维修或更换,可能比单独系统更加复杂,因为需要熟悉整个系统的内部结构。热管理:集成多个高功率电子元件可能导致系统内部温度升高,这要求在设计时有良好的热管理措施,否则可能影响设备的稳定性和寿命。

5 结语

综上,不间断电源配置与适配效果直接决定机房供电容错能力。数据中心供电架构设计需以不间断电源稳定运行为核心,严格遵循行业规范,结合场地条件、设备功耗、用电规模优化整体供电方案,兼顾安全性、经济性与运维便捷性。本次分析结论可为数据中心供电系统建设、改造及运维提供实操参考,助力构建以不间断电源为核心保障的高可靠、低能耗、高安全的现代化供电体系。

参考文献

- [1]王驰. 高密度数据中心2N供电架构失效分析与优化[J].设备管理与维修,2026,(11):60-62.
- [2]唐鹏海. 基于智能控制策略的大型数据中心供电架构优化研究[J].信息记录材料,2026,27(7):120-122.
- [3]赵石. 数据中心离网式分布式供电系统性能分析[J].设备管理与维修,2026,(6):176-179.
- [4]沈楚莹,罗永强,孙雪莹,等. 数据中心环形直流供电架构设计及多能协同智能控制[J].电信工程技术与标准化,2025,38(S1):8-12.
- [5]柳青. 基于电力电子变压器的数据中心的低压侧合环运行供电架构[J].绿色建造与智能建筑,2024,(7):115-116+120.
- [6]周京华,王江博. 数据中心供电架构概述与展望[J].电源学报,2026,24(1):289-299.