

数据中心供电系统若干问题探讨

访中国科学院计算机技术研究所研究员张广明

■ 史海疆/本刊记者



张广明 研究员
中国科学院计算机技术研究所
China Machine Media

供电系统的规模需要充分考虑到数据中心的可持续发展的能力，要保证有5年的扩展能力、改造的经济可能性和改造的技术可行性。

随着业务量的增长，数据中心的重要性日益凸显。数据中心的供电系统在保障可靠供电和数据安全中起到了重要的作用，其规划设计受到了业内人士的广泛关注。数据中心供电系统的规划设计与数据中心的性质、商业需求目标、规模、近期和远期升级扩展计划及能源效率预期目标等都密切相关。为此，本刊特地采访了中国科学院计算机技术研究所研究员张广明先生，请他对数据中心供电系统的规划设计进行阐述。

规划设计须全方位考虑

电气应用：设计人员在数据中心的规划设计阶段首先要考虑哪些问题？

张广明：数据中心规划和设计人员必须具备的基本观念是，作为一个数据中心，不需要美观，重要的是确保IT设备安全、可靠，功能能够发挥作用，更重要的是可用性、适应性和总拥有成本。

在数据中心的规划和设计阶段需要考虑并确定的因素主要包括以下几点：

- 1) 数据中心业务定位。自用型、商业化型、开发测试中心、灾备份中心、计算中心、互联网、企业及政府部门。
- 2) 数据中心的建设规模。业务需求、扩展需求、面积需求、经济投入及机架的数量。
- 3) 数据中心的选址。自然环境、配套环境、资源条件、安全状况及建设成本。
- 4) 数据中心的可用性。配电系统、空调系统、通信系统、消防系统及产品选用。
- 5) 数据中心的经济性。经济效益、总体拥有成本、能源利用率及能效目标。
- 6) 数据中心的可服务性。可维护性、可修复性、服务可控性及运营服务。

不科学的非规范化的规划设计主要表现在：

1) 凭主观臆断确定数据中心规模、预算和建造进度。

2) 在功能和技术可行性不明确的情况下, 过于强调工程细节和设备选型, 过早强调硬件设备会使项目陷入冗长的技术讨论中。

电气应用: 请问数据中心供电系统的规模与容量应如何确定?

张广明: 数据中心供电系统容量统计的范围包括: IT设备、供电设备(包括发电机、变压器、转换开关、各级配电系统和不间断电源系统等)、制冷系统(包括空调系统、温湿度调节系统)、照明系统和辅助设备。

供电系统的规模需要充分考虑到数据中心的可持续发展的能力, 要保证有5年的扩展能力、改造的经济可能性和改造的技术可行性。

设计供电和制冷方案时必须考虑最高功率密度, 而估算总功率容量时, 则要用平均机架功率密度。

电气应用: 对于数据中心的备用电源, 应如何规划设计?

张广明: 数据中心连续运行的两个基本条件: 不间断供电和连续制冷。为了确保数据中心运行的安全可靠, 必须配置柴油发电机, 仅依靠蓄电池不能保证系统持续供电。蓄电池供电时间是固定的, 而市电因故障停电的时间是不确定的, 如果市电停电时间大于蓄电池供电时间, 系统的供电最终还是要中断的。在数据中心的供电由市电转换为柴油发电机供电的这段过渡过程, 应由不间断电源系统(UPS)来承担供电功能。为了确保数据的安全可靠, 数据中心的供电系统和制冷系统都需要配置能任意延长供电时间的第二路备用交流电源。

选用柴油发电机容量的错误做法是按照UPS与柴油发电机的匹配能力来选择容量。数据中心配备的柴油发电机容量的选择原则是:

- 1) 按照数据中心能源效率指标(PUE)来计算。
- 2) 如果UPS输入功率因数低, 选用的柴油发电机容量需要留出裕量。
- 3) 如果制冷设备存在着功率因数低、起动电流大的问题, 选用的柴油发电机容量也需要留出裕量。

市电与柴油发电机的转换需要遵循以下原则:

- 1) 当选用的是高压柴油发电机时, 采用3极自动转换开关(ATS)转换。
- 2) 当柴油发电机是公用设备时, 采用4极ATS转换。
- 3) 当柴油发电机是数据中心专用设备时, 采用3极

ATS转换。

数据中心中备用蓄电池的功能为: 在市电故障时, 备用柴油发电机起动和切换时间内向负载供电。

蓄电池必须保证的备用供电时间: 柴油发电机起动时间+转换时间。

在现代数据中心中, 备用蓄电池的供电时间是有理论上最大可用时间的。尽管设计者不可能将这一时间缩减到几十秒钟, 但5~10 min也足够了。

模块化设计成为趋势

电气应用: 目前数据中心的设计越来越趋向于模块化, 请您谈一下系统模块化设计的优势有哪些?

张光明: 现代信息系统对基础设施的一个基本要求是: 该系统必须能连续工作。一个能连续工作的系统必然是一个能够修复和可快速修复的系统。一个能修复和可快速修复的系统要求组成该系统的所有子系统都必须有模块化功能。

模块的基本特征包括: ①模块是系统中一个可独立运行的单元。②结构上整体安装、拆卸、更换和移动。

系统模块化标准化设计的优势主要体现在以下几点:

- 1) 提高适应性。具备高部署速度、可扩展的能力和重新配置的能力。
- 2) 提高可用性。提高可靠性、减少平均恢复时间、批量生产的优势及减少人为错误。
- 3) 降低总拥有成本。包括投资成本、非能源运营成本 and 能源成本。

模块化UPS本质上是一个模块化集成化的N+1冗余并机系统。

并机系统集成的优势包括: 省去了现场安装、连线和调试等工作, 提高系统调试质量, 减少人为错误; 无需再单独购置和安装并机需要的设备, 缩短建设周期, 缩短故障修复时间; 容量的匹配、输入输出阻抗的匹配和连接的规范化; 节省机房设备安装的物理空间; 提高管理维护水平, 降低运营费用。

可热插拔快速修复的优势包括: 故障修复时间是单机冗余系统的1/8~1/10; 减少人为错误、降低维护难度及减少再故障率; 模块化无工具安装, 系统安装时间缩短到单机冗余系统的1/10~1/15; 可按需要扩展系统容量; 避免过度规划; 降低设备和备件成本, 明显地提高设备工作效率; 简化规划、设计和安装流程; 降低非设

备资本成本。

电气应用：请问对于数据中心的供电方案应如何规划设计？

张广明：在规划数据中心供电系统方案时首先要考虑的问题有：

- 1) 数据中心的定位和可用性要求。
- 2) 数据中心的规模和供电容量。
- 3) 电网环境和负载性质。
- 4) 数据中心的可持续发展规划，包括数据中心可用性、与扩充有关的可扩展能力和改造的可行性、投资成本与经济性。
- 5) 能源效率要求。

因数据中心的规模不同、机房布局不同、维护水平不同和对可扩展能力的要求不同等因素，供电布局方案有三种形式：集中式、区域式和分散式。下表为三种供电布局方案的比较。

电气应用：对于数据中心供电系统设计还有那些问题需要注意？

张广明：供电系统的可改造和可升级功能要求有以下几点：

- 1) 交流能源输入主电路供配电设备通常应按预期的最终扩充容量一次配置到位。
- 2) 各级配电设施要留有足够的备用路数、开关和插座。

表 三种供电布局方案比较

比较内容		供电布局方案		
		集中式	区域式	分散式
可用性	故障隔离性，大面积故障停电几率	大	中	小
	故障修复难度和修复速度	难	中	易
易管理性	系统管理	易	中	较难
适应性和可扩展性	对UPS的变更和扩容	难	中	易
	对UPS输入供配电系统变更和扩容	难	中	易
	对UPS输出供配电系统变更和扩容	难	中	易
易维护性	维护难度	大	中	小
	维护工作量	小	中	大
成本	一次性购置成本	高	中	小
	扩容或变更成本	高	中	小
	运行成本	高	中	小

3) 所有的供配电系统，都要留有适当的扩容备用空间。

4) 重要的供配电环节，应配置隔离开关，维修旁路等。

供电系统的可维护功能要求应该注意提供对系统和设备进行特殊测试的条件。诸如对特定部位和线缆节点的温度测量，对特定部位的电压和电流的验证性测量。例如，要对系统中某环节的电流（包括相线、中性线和地线）进行验证性测量时，由于线缆敷设和接点弯曲度问题，使得钳形电流表根本无法操作，留有足够的维护空间是维护工作必须具备的条件，包括设备前后门开启和维护维修工具的施展空间，很多情况下故障修复被设备物理空间条件所延误。

在数据中心供电系统中，经常发生的一种故障现象是，当某一设备因设备故障或人为操作（例如测量时）误动作而发生短路现象时，该设备的继电保护没有动作之前，上游继电保护先动作，致使局部故障造成大面积的供电中断。这种现象是由于各级继电保护的器件容量或保护特性选择不当，不能把故障限制在发生故障的设备，也就是说，不具备故障隔离功能。

设计人员的供电系统设计理念需要转化。

1) 研究工作应从单台设备向整个供电系统变化。所研究的问题包括：系统中各种设备和环节的相互匹配问题；系统可用性和冗余配置问题；可修复和降低修复时间问题；系统模块化布局问题；各种设备和环节连接技术和连接的规范化问题；系统的布局问题；可维护性和集中管理问题；可扩展性问题等。

2) 对系统可靠性的研究向可用性研究变化。真正能为用户带来价值的是其可用性。研究内容包括：系统可修复和可快速修复设计；设备和系统的冗余可容错技术；设备的模块化可在线热插拔维护和扩容技术；系统的集成一体化技术；智能管理技术等。

3) 提高供电系统的“适应性”。对于供电系统，需要考虑以下的设计思路：模块化标准化设计；开放式设计；集成化设计。

4) 集成一体化设计理念。集成一体化设计理念遵循了以下四点原则：各供电设备制造和供应渠道的统一化；各供电设备和环节结构的一体化和连接的规范化；各供电设备和环节源状态管理的集中化；各供电设备和环节结构的模块化、冗余配置和连接的热插拔功能。

5) 系统模块化设计成为供电系统设计的基本原则。EA