

数据中心供配电系统规划与应用

访中国移动通信集团设计院有限公司高级咨询设计师李玉昇

■ 史海疆/本刊记者



李玉昇 高级咨询设计师
中国移动通信集团设计院有限公司

中国移动通信集团设计院建设数据中心的目的是建成“安全、高效、低成本、绿色”的数据中心，努力实现IT设备、土建和机电各系统的最佳匹配。

近几年，中国移动大规模开建数据中心，并进行了一系列战略规划。建设目标是打造“安全、高效、低成本、绿色”的数据中心，努力实现IT设备、土建和机电等各系统的最佳匹配，创建新型的绿色数据中心。为了探究如何实现这一目标，本刊特地采访了中国移动通信集团设计院有限公司高级咨询设计师李玉昇先生，请他介绍数据中心供配电系统各个环节应如何进行规划、设计。

电气应用：李总您好！首先请您介绍一下数据中心在我国的发展情况，以及中国移动通信集团设计院在数据中心领域的业务开展情况。

李玉昇：数据中心是互联网重要的基础设施，是承载云计算与未来业务发展的重要载体。在云计算、大数据和互联网客户需求等因素的驱动下，中国数据中心市场保持快速持续增长。

2008—2015年，中国数据中心IDC市场规模增长约9倍；2015年中国数据中心市场规模达492亿元。2015年，三家电信运营商IDC市场收入共208.6亿元，占IDC全部市场收入的42.5%。其中，中国电信在三家运营商中占了50%以上。中国移动在2008年才有资格开展数据中心的业务，在此之前主要是中国电信和中国联通在做。2011年，中国移动开始大规模进入数据中心领域，并制定了一系列的战略规划。

2013年1月工信部等五部委出台《关于数据中心建设布局的指导意见》。按照指导意见提出的市场需求导向、资源环境优先、区域统筹协调、多方要素兼顾和发展与安全并重等原则，中国移动规划了呼和浩特、哈尔滨数据中心等总部主管数据中心以及省级数据中心。目前，中国移动正在规划、建设的数据中心共有40多个。

中国移动建设的数据中心在用途上分为两类：一类是满足自用；一类是提供租赁业务，满足客户需求。

随着信息技术产业和通信技术产业的互相融合，

中国移动自有业务数据的需求量在日新月异地上涨。因此，新建一批数据中心满足IT支撑平台、核心网和业务平台等自用系统需求。

提供给客户的数据中心租赁业务主要包括主机托管、带宽出租和增值服务等。在这一业务领域我们做了两级布局。总部主管数据中心：服务于全网集中化的自用系统，兼顾地域不敏感IDC客户需求、公众服务云。省公司主管数据中心：服务于省内自用系统和地域要求较强的IDC客户需求。

中国移动通信集团设计院建设数据中心的目的是建成“安全、高效、低成本和绿色”的数据中心，努力实现IT设备、土建和机电各系统的最佳匹配。

数据中心的等级划分

电气应用：为了达成数据中心的建设目标，实现可靠性与成本之间的平衡，请问在数据中心的规划设计阶段应考虑哪些问题？

李玉昇：首先对数据中心业务按不同可靠性等级进行划分。按照GB 50174—2008《数据中心设计规范》将数据中心划分为A、B和C三级。系统运行中断将造成重大的经济损失或公共场所秩序严重混乱的应为A级；系统运行中断将造成较大的经济损失或造成公共场所秩序混乱的应为B级；不属于A级或B级的数据中心机房应为C级。

A级数据中心采用“容错”系统，可靠性和可用性等级最高。

B级数据中心采用“冗余”系统，可靠性和可用性等级居中。

C级数据中心满足基本需求，可靠性和可用性等级最低。

2个或2个以上的B级数据中心同时运行，数据实时传输的云数据中心也可定义为A级。

不同可靠性等级的数据中心应采用不同的供配电系统结构。

A级数据中心应由双重电源供电；变压器 $N(1+1)$ 冗余；后备柴油发电机 N 或 $(N+X)$ 冗余；UPS系统按 $2N$ 或 $2(N+1)$ 冗余配置。

B级数据中心宜由双重电源供电；变压器 $N(1+1)$ 冗余；后备柴油发电机只有1路电源设置；UPS系统按 $(N+1)$ 冗余配置。

C级数据中心由两回线路供电；变压器 N 配置；不设置后备柴油发电机；UPS系统 N 配置。

不同可靠性等级的数据中心应配置不同技术水平的设备，同时，供配电系统配置要具有灵活性，以适应不同可靠性等级的供电要求。

数据中心供配电系统设计

电气应用：请问对于数据中心供配电系统的各个环节应如何进行设计？

李玉昇：数据中心供配电系统构成如下图所示。

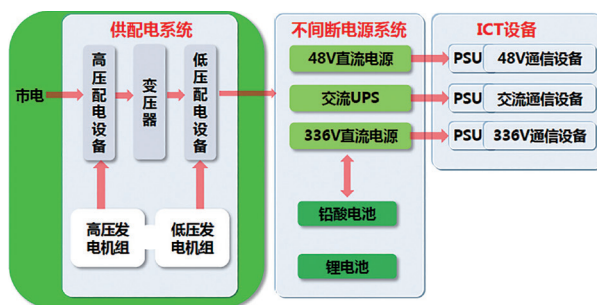


图 数据中心供配电系统构成

由上图可知，市电是数据中心整个供配电系统的第一环节，因此应先确定市电的引入方案。

市电引入的电压等级需根据当地供电条件、用电容量及局址所在地供电部门要求确定。数据中心供电系统涉及的电压最高一般不超过35 kV。

所谓双重电源是指从不同的变电站引入两路电源或是从同一个变电站的不同母线段引入。双回线路电源是指从同一个变电站的同一母线段的不同开关引入。

市电应优选从公共变电站引入，需自建变电站时，推荐采用110/10 kV，单路输出容量宜大于10 000 kV·A，尽量减少市电引入的回路。

数据中心自备发电机组的设置如表1所示。

高压发电机组运行方式具体方案由供电部门确定，建议采用发电机组电源自动投入，市电电源自动恢复。鉴于高压发电机可实现并机，根据负荷大小自动投入适当的机组数量，提高安全可靠，可实现集中部署，便于维护，数据中心机房楼采用10 kV高压发电机。

市电/柴油发电机组的转换装置——自动转换开关（ATSE）的选择要点如下：

1) 为保证切换的可靠性和速度，选择PC级ATSE产品。

2) TN-S、TN-C-S系统一般不需要设四极开关。

3) $2N$ 供电系统不影响供电的连续性，不选用旁路式ATSE。

数据中心供电系统可以选择的几种变压器性能对比如表2所示。

非晶合金铁心变压器价格偏高，价格高出环氧树脂变压器40%左右，考虑设备成本回收年限，建议数据中心房变压器优先选配SCB10及以上系列普通节能型干式变压器，不宜选择非晶合金变压器。

低压配电柜的结构分类包括：

表1 数据中心自备发电机组设置

项目	高压发电机组	低压发电机组
适用条件	1) 适合长距离传输 2) 用电负荷较大, 可多台并机 3) 高压负荷 (空调系统采用高压冷水机组) 4) 可远离负荷中心	1) 适用于短距离传输 2) 不宜采用多台并机 3) 低压负载 4) 靠近负荷中心 5) 可分布实施, 满足不同客户需求
输出电压等级	输出 10 kV 电压	输出 400 V 电压
市电与发电机组转换运行方式	在集中发电机房配电室的高压供电系统上进行, 市电、发电机组电源运行方式有以下三个方案: 1) 电机组电源自投, 市电电源自复 2) 电机组电源自投, 市电电源手动恢复 3) 电机组电源手动合闸, 市电电源手动恢复	高低压变电站低压侧的ATS自动转换开关上自动切换
供电系统设置	1) 高压供电, 发电机组输出电缆用量少, 有色金属用量需求量少 2) 根据负荷大小自动投入适当的机组数量, 避免大功率机组小负荷运行, 实现错峰控制, 减少燃油、机油浪费 3) 需对高、低压设备进行电容补偿; 以减少对电网产生的谐波污染	1) 采用低压供电, 发电机组输出电缆用量较大, 有色金属用量需求量大 2) 需对低压设备进行电容补偿; 以减少对电网产生的谐波污染
操作维护	操作人员需具有高压操作资质的工程人员, 增加日常操作维护成本	操作人员只需一般电动机的认知已可进行操作维护, 日常操作维护成本低

表2 变压器参数对比

对比项目	非晶干式变压器	SCB10干式变压器	SGB干式变压器
主要材料	非晶带材、NOMEX纸	硅钢片、环氧树脂	硅钢片、NOMEX纸
结构	高压采用分段圆筒层式线圈, 低压为铜箔绕制	高压为圆筒层式线圈, 低压为铜箔绕制	高压线圈采用饼式线圈, 低压为铜箔绕制
能耗	空载损耗较普通干式变压器低 70%左右	普通	普通
初期投资/万元	30	18	
绝缘等级	≥F	F	≥F
重量/kg	7 780	7 005	
噪声/dB	66.5	63	
宽×深×高/mm	1 730×1 270×1 950	1 945×1 270×1 985	
生产厂家	较多	较多	较少

1) 固定分隔插拔式-断路器安装在底座上, 断路器可以插拔, 对断路器安装容量无要求。

2) 固定分隔-断路器固定安装在母线上, 对断路器安装容量无要求。

3) 抽屉式-断路器固定安装在抽屉里, 断路器一般安装最大容量为630 A。

数据中心变压器采用“1+1”运行方式, 当其中一段母线发生故障时, 另一段母线将承担100%用电负荷, 低压配电柜宜采用固定分隔低压开关柜, 考虑到便于后期开关在线检查、测试等维护作业, 宜采用固定分隔插拔式。

数据中心的ITC设备输入功率因数为0.88~0.93, 呈容性, 输入电流谐波为20%~30%。

UPS低负载率(15%以下)功率因数为0.8~0.9, 呈容性, 输入电流谐波为10%~20%。空调系统末端、大功率水冷机组等变频设备投入致系统谐波含量较大(15%~20%), 电压、电流畸变严重超标。

因此, 需要设置电容补偿设备以提高功率因数, 减少谐波电流。配电系统设计时应考虑补偿设备的接口和安装空间, 选用SVG/SVG+, APF比传统电容补偿设备更适合数据中心。同时, 选型时尽量选用功率因数高、谐波小的设备。

数据中心备用电源选型

电气应用: 请问数据中心中的备用电源系统宜选用哪种类型的电池?

李玉昇: 目前, 多数数据中心还是以铅酸蓄电池作为存储电能的装置, 其具有电动势能高、充放电可逆性好、使用温度范围广和原材料丰富廉价等特点, 获得了广泛的应用。但是在数据中心的里, 大规模的铅酸蓄电池应用也暴露出了其缺点, 其重量造成机房承重问题, 维修要求高, 相对寿命短, 并且还富含毒性。

为此, 研究采用磷酸铁锂电池来替代铅酸电池。磷酸铁锂电池是指用磷酸铁锂作为正极材料的锂离子电池, 通过锂离子的正负极迁移实现电能转换。磷酸铁锂电池具备的优点如下:

- 1) 能量密度高。
- 2) 寿命长, 可在-10~40℃环境下使用。
- 3) 大电流放电性能好。
- 4) 环保, 对环境无污染。

磷酸铁锂电池存在的缺点主要是价格偏高, 大容量产品成熟度不足。不过相信随着产量的增加, 磷酸铁锂电池的成本将会逐渐降低, 应用的成熟度也会逐渐提高。**EA**