浅谈 A 级机房供配电 2N、DR 和 RR 系统构架

Discussion on the Architecture of 2N, DR and RR Systems for Power Supply and Distribution in Class A Equipment Room

邓志军

Zhijun Deng

科迪（上海）测试技术有限公司　中国·北京 100101

Commtechasia (Shanghai) Test Technology Co., Ltd., Beijing, 100101, China

摘　要：对于 GB 50174—2017《数据中心设计规范》中供配电系统构架的扩展，结合最近几年数据中心最新配电技术以及实际工程中对数据中心各种配电方式的实际运用，分析并且对比数据中心供配电 2N、DR 和 RR 系统构架，总结了它们的配电工作原理、实际可用性、实际应用模型分析以及他们的优劣和投资效益及其建设成本投资等。

Abstract: For GB The expansion of power supply and distribution system architecture in 50174-2017 *Specifications for Data Center Design*, combined with the latest power distribution technology of data centers in recent years and the practical application of various power distribution modes of data centers in practical projects, analyzed and compared the power supply and distribution 2N, DR And RR system architecture of data centers, and summarized their power distribution working principle, practical availability and reality International application model, advantages and disadvantages and investment benefits as well as construction cost investment.

关键词：2N 配电系统构架；DR 配电系统构架；RR 配电系统构架；建设投资成本

Keywords: 2N distribution electrical system; DR Distribution system architecture; RR distribution system architecture; construction investment cost

DOI: 10.12346/peti.v5i1.7531

1 概述

供配电系统是数据中心的重要组成部分，是保障数据中心 IT 服务器设备正常运行的重要保证，具有专业性强、组成系统设备较多、系统也较复杂的特点，在数据中心建设投资时应认真对待，确保满足数据中心规范要求，在运行过程中也应加强配电系统的运维管理工作，重视日常巡查及应急演练，确保能安全稳定运行。论文针对 A 级数据机房的要求，浅谈 A 级机房供配电 2N、DR 和 RR 系统构架级对比分析其供配电特点。

1.1 数据中心的分类和标准

数据中心根据不同的场所、机构性质、重要性以及网络中断后造成的损失和社会影响，可以将数据中心分成三个等级，即 A、B、C 级，A 级级别最高。其基本要求如表 1 所示。

1.2 A 级数据中心供配电措施

可靠性高是 A 级数据中心配电必须具备的特点，因此计算机电子服务信息系统设备、供配电系统也应同时达到容错级，从而可以实现整体高的可靠性，可以达到 99.9995% 的标准。A 级数据中心机房同时存在两套独立全容量冗余的电力变压器、柴发机组、UPS 供配电等配置的配电系统。

论文结合数据中心规范及运行维护特点，引用 TIA-942《Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers》及 GB 50174—2017《数据中心设计规范》、和 Uptime 中对数据中心的等级要求相关规定。A 级数据中心应满足冗余配置，容错等要求，可以采用 2N 供配电系统，也可以采用其他供配电系统来避免单点故障。

【作者简介】邓志军（1983-），男，中国北京人，硕士，工程师，从事数据中心的供配电构架解决方案、项目管理及测试管理、建筑智能化的设计及验证研究。

表 1 数据中心 A、B、C 三级技术要求

项目	技术要求			备注
	A 级	B 级	C 级	
电气				
不间断电源系统电池最少备用时间	15min 柴油发电机作为后备电源时	7min 柴油发电机作为后备电源时	根据实际需要确定	—
空调系统配电	双路电源（其中至少一路为应急电源），末端切换。应采用放射式配电系统	双路电源，末端切换，宜采用放射式配电系统	宜采用放射式配电系统	—
变配电所物理隔离	容错配置的变配电设备应分别布置在不同的物理隔间内	—	—	—

A 级数据中心供配电系统应符合下列规定 [3]：

①应由双路电源供电，并应配置 10kV 或 0.4kV 备用电源；其备用电源可采用柴发机组，也可采用供配电系统中独立于正常电源的专用配电线路。

②低压配变电系统宜采用 M（1+1）冗余（M=1、2、3…），供电系统主接线配电应采用单母线分段结构，并应设分段隔离开关。

③低压配变电系统依据其工作特点可采用 DR、RR 系统配置。

第一，2N 配置就是有 2 组 UPS 互为备份，当 1 组 UPS 出现故障，另一组 UPS 仍然能保证 IT 设备的正常运行。

第二，DR 配置即有 3 组低压配变电系统互为备份，当其中 1 组系统出现故障，利用剩余 2 组系统供电，保证后级设备的正常运行。

第三，RR 配置即有 1 组低压配变电系统为其他几组系统冗余备份，当其中 1 组系统出现故障，利用备份系统供电，保证后级设备的正常运行。

④不间断电源系统应按 2N 或 M（N+1）冗余（M=2、3、4…）配置，当满足下列要求时，可采用不间断电源和市电电源相结合的配置方式。

⑤不间断电源系统电池备用时间应不小于 15min。

不间断电源系统需保证市电失电、发电机组正常供电之前的系统不间断运行。后备时间主要包括两路市电停电、发电机组延时启动、发电机组启动成功及并机完成时间、市电与发电机组转换时间。

1.3 三种供配电方式：2N、DR、RR

1.3.1 2N 配置

①机房等级。2N 配置，满足 GB50174—2017《数据中心设计规范》中 A 级机房要求；满足《UPTIME》中 T4 等级机房要求；满足《TIA942》中 T4 等级机房要求。

②配置特点。2N 配置就是有 2 组 UPS 互为备份，当 1 组 UPS 出现故障，另一组 UPS 仍然能保证 IT 设备的正常运行。

2N 配置，设备占用空间多，日常运行效率低，初始投资多，操作维护简单。优点是结构简单，易于维护。

1.3.2 DR 配置

①机房等级。DR 配置，满足《UPTIME》中 T4 等级机房要求。GB50174—2017《数据中心设计规范》和《TIA942》未提及这种配置。

②配置特点。DR 配置就是有几组 UPS 互为备份，当其中 1 组 UPS 出现故障，利用剩余的 UPS 供电，保证 IT 设备的正常运行。

DR 配置，设备占用空间少，日常运行效率较高，初始投资少，操作维护较复杂，电缆路径的物理隔离较困难。优点是运行效率高，节约投资。

1.3.3 RR 配置

①机房等级。RR 配置，满足《UPTIME》中 T4 等级机房要求。GB50174—2017《数据中心设计规范》和《TIA942》未提及这种配置。

②配置特点。RR 配置就是有 1 组 UPS 为其他几组 UPS 冗余备份，当其中 1 组 UPS 出现故障，利用备份 UPS 供电，保证 IT 设备的正常运行。

RR 配置，设备占用空间较多，日常运行效率较高，初始投资较多，操作维护复杂，需要大量的 STS。优点是投资较少，效率较高。

1.4 三种供配电方式可行性分析

数据中心每个配电系统都有不同配电结构，分析整个供配电系统是很困难的，且难以进行整个系统分析。因此，分析人员常采用将供配电系统进行分解，然后根据系统组成，将数据中心分解为单元模块或者设备单元，然后在已知模块

或设备可用性的基础上进行供配电系统可用性计算。详细分析请参考表 2 供配电系统模块可用性。

表 2 供配电系统模块可用性

设备或系统名称	可用性	备注
市电	0.999 703 200 000 000 0	中国电力企业联合会 .2015 年全国电力可靠性指标（EB/OL）
柴油发电机	0.999 928 361 900 000 0	
变压器	0.999 972 603 490 315 0	
ATS	0.999 943 780 430 000 0	
STS	0.999 973 800 000 000 0	
带静态旁路的 UPS	0.999 942 844 720 000 0	
高压断路器	0.999 999 894 406 404 0	
低压短路器	0.999 999 856 000 000 0	
配电柜	0.999 978 000 000 000 0	

根据数据中心供配电系统的特点，可以将数据中心供配电系统分为由串联型，并联型系统组成的数据中心供配电构架 [1]。串联型和并联型模块示意图如图 1 所示，图 1a）表示串联型模块，该模块的可用性为：A（ti）=P0×P1×P2；图 1b）为并联型模块，该模块的可用性为：A（t2）=P0×［（1–P3）+P3×P4］，P 代表可行性概率。

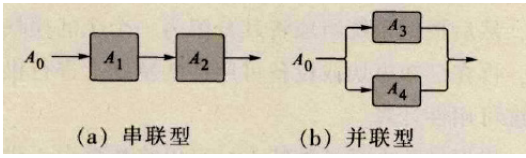

图 1 配电系统分解类型

关于可用性对比，分别对 2N、DR、RR 三种架构的可用度进行分析，分析结果见表 3。

表 3 2N、DR、RR 三种架构的可用度分析结果

系统名称	可用度
2N 系统	0.99999
DR 系统	0.99997
RR 系统	0.99994

从以表 3 可用度数值来看，2N、DR、RR 三种架构的可用性大致相同，2N 系统可用性最高 [2]。

1.5 三种供配电方式建设成本、运行成本对比分析

从表 4 可以看出，2N 系统建设成本最高，DR 配电系统比 2N 配电系统低 8.6%，RR 系统比 2N 系统低 8.2%。RR 系统运行成本最高，DR 配电系统最低 [3]。

表 4 建设成本、运行成本（电费）对比分析

系统名称	建设成本	运行成本（电费）
2N 系统	100	100
DR 系统	91.4	99.1
RR 系统	91.9	106.4

1.6 三种供配电方式系统架构、物理隔离、运维难度分析

供配电方式系统架构、物理的隔离、运行维护难度分析见表 5。

表 5 供配电方式系统架构、物理的隔离、运行维护难度分析

系统名称	系统架构	实现物理隔离	运行维护难度
2N 系统	简单	容易	低
DR 系统	适中	很难	适中
RR 系统	复杂	适中	高

2 结语

① 2N 配电系统的优势主要是系统可用性比较高、系统架构比较简单、配电设备和电气线路比较容易实现物理隔离、运行成本中等、运行维护难度最低。其缺点是建设成本偏高，运行费用也较大。

② DR 配电系统优势主要是建设成本最低，系统可用性、配电系统架构复杂程度、运行维护难度、系统运行成本在三个系统中均处于中等水平。其不利的地方是设备和线路很难实现物理隔离。

③ RR 配电系统重要的优势从上述可以看出其建设成本较低，可靠性可以满足基本要求，配电设备和电气线路可以实现较好的物理隔离。但其不利的是配电系统架构较复杂、运行成本和运维难度也比较高。

参考文献

[1] 叶充.建筑供配电系统可靠性评估与思考[J].建筑电气,2011,30(6):19-24.

[2] 牛犇.可靠性原理和统计数据在供配电设计中的应用[J].建筑电气,2011,30(8):17-24.

[3] 陈金銮.电子信息系统机房UPS系统配置设计探讨[J].建筑电气,2011,30(12):18-22.