

数据中心限额供电下的低压配电架构研究

丛宝丰

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司 广州 510663)

摘要: [目的]为了解决特殊场景下数据中心的配电架构,需提出一种全新的设计方案。数据中心配电设计目前已经相当成熟,早已进入标准化设计阶段,各种典型设计与标准设计已经发布,可以满足低压配电设计中大部分情况,常规设计已无过多创新点。但标准设计中不含一些特殊场景,如因投资问题引发的限额供电问题。[方法]依托具体项目,在限额供电的背景下采用资源池概念进行架构重新设计。[结果]研究结果表明:资源池架构系统可以简化远期扩容方案、降低工程造价、提高供电可靠性。[结论]新架构可以满足前端限额供电的特殊背景,并具有非常高的经济性与安全性,可以为类似工程提供借鉴。

关键词: 限额供电; 配电架构; 资源池; 分期建设

中图分类号: TM7; TM727.4

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2018)S1-0106-07

Research on IDC Low-voltage Distribution Structure Under Limited Power Supply

CONG Baofeng

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: [Introduction] In order to solve the distribution structure of IDC in special situations, a new design has been proposed. Now the IDC distribution power grid design is already quite mature, which is in the stage of standard design. A variety of typical designs and standard designs have been published, so most of the situation in low voltage distribution design can be satisfied, the traditional design doesn't have too much innovation. However, the standard design does not cover some special scenes, such as the problem of limited power supply caused by the investment problem. [Method] Based on a specific project, this paper redesigned power grid structure with the concept of resource pool under the background of limited power supply. [Result] According to the special situation of this paper, we design a new IDC distribution structure and optimize the long-term transformation plan. [Conclusion] The new structure can satisfy the special situation such as the limited power supply, and which has very high economy and security. The new structure can provide reference for other similar projects.

Key words: limited power supply; distribution structure; resource pool; staging construction

在某电力调度中心设计中,IT设备、UPS和高压直流等末端设备按照远期规模设计,受前期投资限制,地下一层配电室及柴油发电机按照本期规模设计,在此背景下,本文讨论一种兼顾经济性和可操作性的低压配电系统架构。而配电的《典型设计》、《南方电网公司10kV及以下业扩受电工程典

型设计》、《中国南方电网受电典型设计出版图集》并未包含此种非典型、非标准的架构设计,因此需重新设计新的配电架构,既满足末端设备供电的要求,又符合限额供电的背景,还要具备经济性,远期扩容可操作性。

1 设计难点

1) 根据相关文章分析,调度中心负荷为IA级负荷,可靠性要求极高^[1-2]。如何在限额供电的前提下保证机房末端设备供电的可靠性是新架构的一

收稿日期: 2018-04-28

修回日期: 2018-06-16

基金项目: 中国能建广东院科技项目“数据中心关键技术研究”(EX03931W)

大难题。

2) 远期改造存在较大安全风险, 目前低压配电设施的改造建议停电作业, 而调度中心的配电设施对比民用建筑配电设施结构复杂, 且末端可靠性要求极高, 断电将造成电网调度系统故障, 甚至由此造成电网瘫痪等重大安全事故。因此远期改造需配合复杂的倒闸操作, 避免由此造成设备的停电, 所以从设计层面必须最大化减少远期扩容所带来的改造风险。

3) 远期改造施工难度大, 电力调度中心相比一般数据中心的建设还存在一定劣势, 国有资产投资严格受国家控制, 投产面积有明文规定, 因此各楼层的电源室均面积有限。且调控中心为保证各种系统的可靠性, 大部分系统均采用双系统甚至是 $2N+1$ 配置, 走廊布置大量虹吸雨水管、新排风管、排烟管、水管、母线、电缆线槽等。因管线众多, 一般设计都需要采用 BIM 技术进行管线碰撞研究, 而限额供电后, 其余工程按终期投产, 管道布置后将很难为远期扩容电力母线提供安装空间与施工作业面, 因此设计必须考虑远期扩容的可实施性。

2 资源池概念引入

资源池的概念源自计算机通信领域, 指的是“当某一个资源使用完后, 资源池把相关的资源标示清除掉, 以示该资源可以再被下一个请求使用^[3-5]。”

资源池的优点是资源共享, 提高资源的共享性, 并提高资源的利用率。而本项目的前端限额供电, 末端 UPS 又按满负载容量配置, 末端机房因功能不同而不能进行机房预留, 因此提高前端供电容量的利用率, 最大化利用前端有限的电能则成了架构设计的重要设计思路。设备负荷估算方法常见用需用系数法, 利用系数法, 而这两种算法通常估算负荷偏大^[6], 正常情况下负荷计算偏大无危害, 而负荷计算偏小则导致机柜设备无法上架等重大问题。但在本文背景下, 负荷计算偏大将不利于有限的前端资源充分利用。且根据设计经验, 服务器机柜的运行负荷一般低于设计值。因此需要采用一个新的架构在特殊背景下最大化减小设计留有的过多裕度。

而资源池的概念的引入将巧妙解决以上的问题, 将有限的前端供电资源作为一个电力“资源

池”, 末端所有机房均从这个电力资源池取电, 因各机房估算负荷时可能偏大, 且众多机房共用一个资源池可考虑同时率, 进一步提高服务器负荷“削峰填谷”的能力。

如图 1 和图 2 所示, 经对比, 采用资源池后每个机房的设计负荷将得到一定程度提高。而当末端设备容量超过前端需求时, 在设计架构时即考虑对非重要设备进行限额供电(指定限额供电机房), 保证不过载运行。

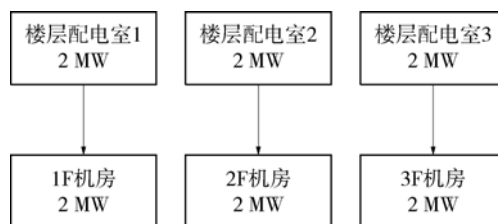


图 1 分散供电示意图

Fig. 1 Distribution power supply diagram

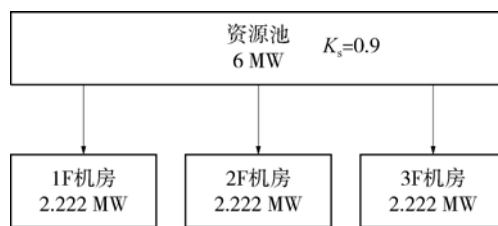


图 2 资源池供电示意图

Fig. 2 Resource pool power supply diagram

资源池最重要的优点是解决全部机房分期建设的问题。如图 3 和图 4 所示, 经对比, 传统解决方案是机房分期建设, 本期前端限额供电, 将此部分电源缺口设计为预留机房用电。

但在本文特殊背景下, 不同机房所属功能不同, 机房将一次性建设, 且前端限额供电, 新架构共用一个电力资源池, 从前端进行总量控制。而末端机房虽然全部投产, 但各机房的机柜服务器上架是逐步进行的, 资源池架构可暂时满足前端供电容量限制。随着设备上架率逐渐提高, 当总负荷超过前端限额容量时, 即对指定限额供电设备进行限电处理, 因此资源池架构仅需为末端限额供电的机房提供远期接驳点即可。

3 远期扩容方案比选

设计将基于资源池供电架构进行设计, 资源池内架构将根据国标《数据中心设计规范》(GB



图3 传统供电方案分期建设示意图

Fig. 3 Construction of power supply by traditional scheme diagram

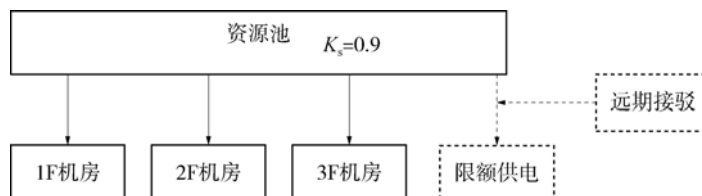


图4 资源池供电方案分期建设示意图

Fig. 4 Construction of power supply scheme by resource pool diagram

50174—2017)、低压配电设计规范(GB 50054—2011)、供配电设计规范(GB 50052—2009)^[7-9],调度控制中心机房为A级机房,中压外电接入采用两供一备接入方案,两路主供线路上级电源来自不同的500 kV变电站,变压器低压柜采用传统的“三锁两钥”设计方案,而在楼层配电间则采用资源池设计架构,而根据负荷等级与负荷可靠性要求,数据中心负荷全部为双电源设置,从中压10 kV(20 kV)至末端机柜服务器均需构成两路以上电源,因此配置A、B路资源池。设计如图5所示。

资源池架构远期扩容方案,应方便远期扩容使用,并充分考虑后期施工的可实施性,同时具备一定的经济性,避免投资浪费。远期架构改造需要遵循以下原则:

1) 远期架构改造需依据已经设计配电架构,即上文论述的资源池架构,否则架构重建将导致末端设备的长期停电,并造成前期投资完全浪费。

2) 远期架构改造需考虑远期低压配电房接入楼层配电房的母线施工难度。根据《民用建筑电气设计规范》(JGJ16—2008)^[10],电气导体宜敷设在水管上方。母线安装需要较大的施工作业面,而当本期建设完后,其余管线已经施工完毕,远期将导致扩容母线无法固定安装。因此需要走综合管廊的远期母线部分需本期建设。

3) 过渡的资源池方案与最终方案的改造尽可能简单并易于操作。改造的复杂性正比于改造的经济性,降低工程造价是所有设计的基本原则,且改造越复杂,改造时出错的概率就越大,因此简易化改

造过程将大幅度降低工程造价,提高供电可靠性。

基于以上设计原则,设计两套楼层配电间配电架构进行方案比选。

3.1 方案1—传统方案

传统过渡方案如图6所示,本期建设本期配电柜,本期配电柜留有过渡阶段开关,过渡阶段采用过渡电缆形式对本期投运的部分UPS设备进行限额供电。并在配电室预留终期配电柜位置。

终期改造时需要新建接入母线,终期配电柜,改造后如图7所示,虚线为新增母线段,改造时需要拆除过渡电缆,其中过渡电缆的拆除与新增母线段的协调至关重要,容易造成带电拆除或造成末端设备停电,无论发生哪种事故都是严重的安全生产事故,因此改造时对改造人员的技术能力有非常高的要求。

3.2 方案2—资源池方案

资源池方案的配电架构如图8所示,本期即建设远期所需的配电柜,并预留远期主干母线的接入开关与路由。设计思想为远期配电柜本期建设,这部分柜体未来采用远期接入母线供电,本期采用过渡电缆进行供电。

本期建设时在本期配电柜预留过渡电缆开关,过渡作用同传统方案,不同的是资源池方案的过渡电缆开关数量与过渡电缆的数量远少于传统方案,这点可以通过图6与图8虚线数量的对比可以得出结论,用新方案的2个开关与2根电缆代替传统方案的8个开关与8根电缆,无论是经济性还是施工难度,新方案都具备非常大的优势。

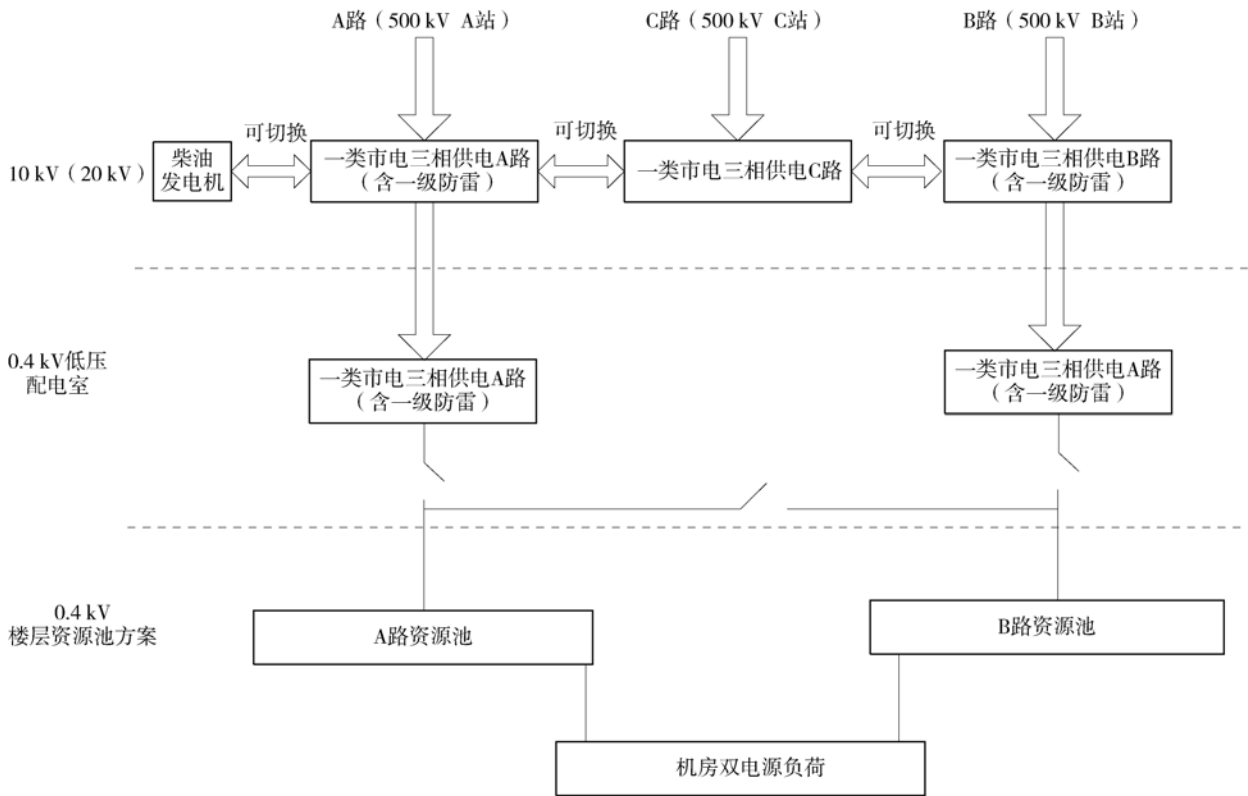


图 5 资源池供电方案系统架构示意图

Fig. 5 Schematic diagram of resource pool power supply scheme system architecture

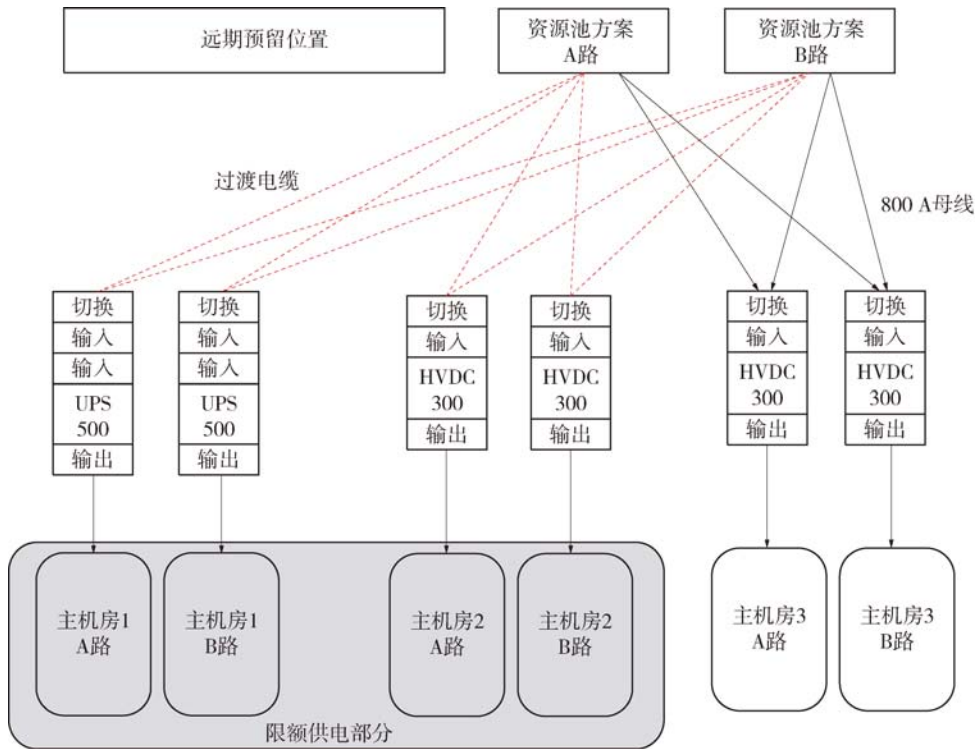


图 6 传统扩容方案过渡阶段接线图

Fig. 6 Transition wiring diagram of traditional expansion stage scheme

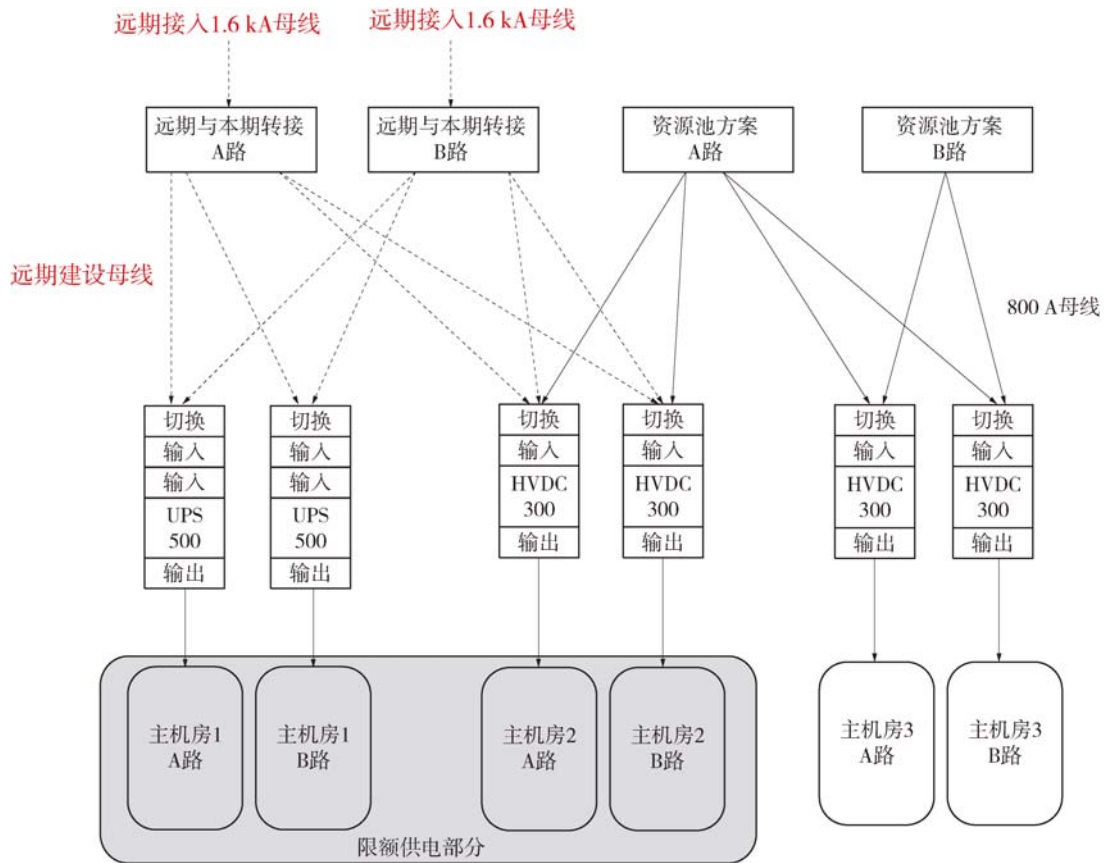


图7 传统扩容方案终期阶段接线图

Fig. 7 Transition wiring diagram of traditional final stage scheme

资源池方案与传统方案不同的是本期即建设远期预留配电柜，并在配电柜上增加过渡电缆的接线开关与远期扩容母线接入开关，而与传统架构最主要的区别则是传统方案在过渡阶段限额UPS采用过渡电缆供电，远期需要拆除电缆改造成母线槽，而新方案则在本期建设中直接建设母线槽，为限额UPS供电。

新方案的供电路由在过渡阶段是从本期配电柜到过渡电缆，再到远期(本期已建设)配电柜，最后通过远期母线(本期已建设)为限额UPS供电。既满足了末端UPS需要按终期建设的需求，又满足了前端供电不足需要限额供电的矛盾。

新方案与传统方案对比，最大的优势有两点：

1) 保证本期与远期的设备型号、外观一致。本期一次性建设了绝大部分终期配电设施，包括远期配电柜与远期配电柜到限额UPS的母线槽，这种在大型数据中心招标中有非常大的优势，一次性采购可以保证同厂、同型号、同色的设备，而远期采购

因公开招标等因素，同一配电室的本期与远期设备可能会型号不一致，带来运行可靠性与美观性等诸多问题。

2) 降低了未来转供电施工带来的停电影响。传统方案终期改造时需拆除诸多过渡电缆，并新建限额UPS的接入母线，理论上上述过程可以不会造成末端停电，但根据上文分析这个过程技术含量非常高，而现场施工人员一般技术能力有限。对于电力、民航等数据中心，末端失电将造成重大影响，甚至造成安全事故，因此改造过程存在相当大的技术风险。同时终期改造时为带电作业，拆除多根电缆与新增母线槽需要同时进行才能保证末端不停电，因此增加了改造人员的触电风险。

新方案限额UPS的接入母线槽本期即建设完，改造过程非常简单，仅需简单几步即可完成转供电操作：

1) 先将本期A路配电柜的过渡电缆开关断开，此时A路失电，UPS的切换开关自动转移到B路。

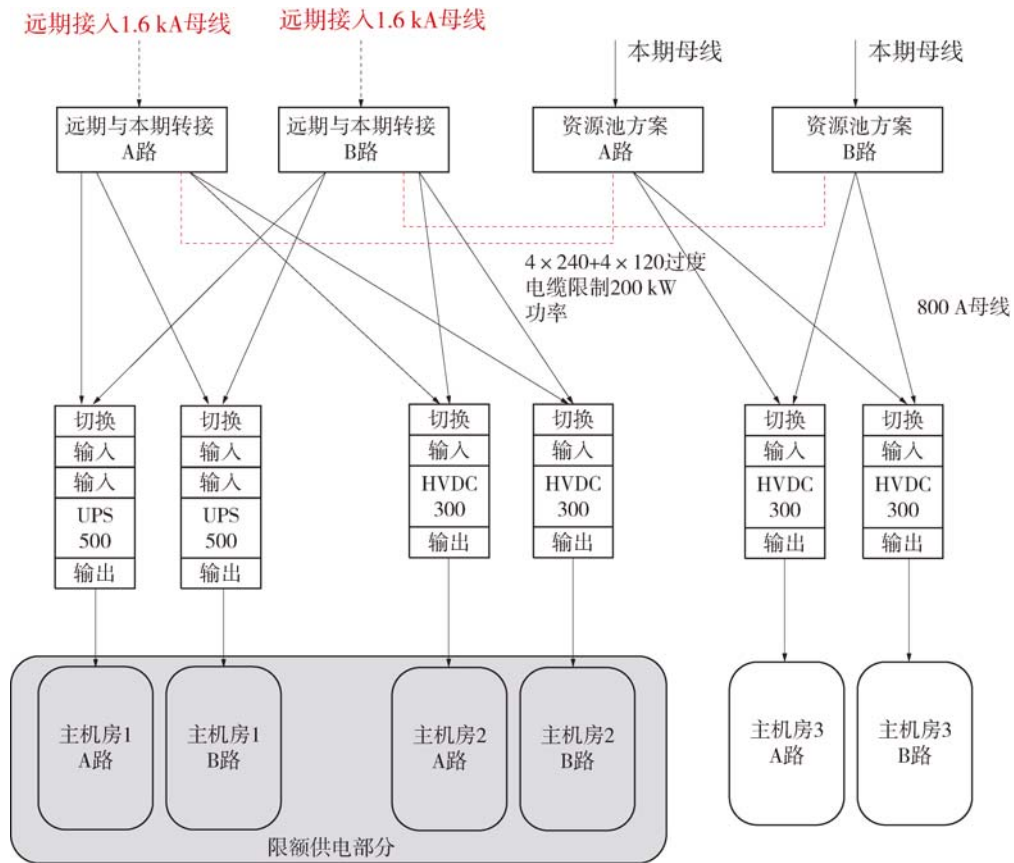


图 8 资源池改造方案接线图

Fig. 8 Wiring diagram of resource pool reconstruction scheme

2) 拆除 A 路过渡电缆，闭合远期配电柜接入到限额 UPS 的母线输入开关，此时 A 路带电，完成了 A 路改造过程。

3) 同理 B 路改造同以上步骤，改造完成。

因此资源池方案的架构设计具有非常高的技术可靠性，施工安全性，并简化了施工步骤。

4 经济性研究

因为资源池架构方案本期建设了很多终期设施，因此从本期投资的角度看无疑资源池架构的经济性

表 1 全生命周期投资差异表

Tab. 1 Total life cycle investment difference table

参数	传统方案	资源池方案	投资差异/万元
400A 塑壳开关/个	8	2	12.00
WDZ-YJV-4 × 240 + 1 × 120 过渡电缆/m	120	30	9.72
施工改造/(人·天)	60	10	5.00
合计	—	—	26.72

较差，但从数据中心的全生命周期角度出发资源池架构将具有非常好的经济性，表 1 依托具体工程，详细分析了两种架构的全生命周期投资差异。

如表 1 所示，两种方案基于全生命周期的对比差异分析，资源池架构的方案具有一定的经济优势。

5 结论

数据中心低压配网设计目前已经非常成熟，常规中低压配电项目套用标准设计图例即可，而本文依托具体设计项目，针对中压电源投资分期建设，而末端 UPS 终期建设这一特殊场景进行研究，进而得出数据中心一种低压配电新架构—“资源池”架构。总结起来，资源池架构有如下优点：

1) 新架构引用信息领域的资源池概念，将有限的前端电源看作为资源池，巧妙运用低压配电的需要系数与同时系数，最大化减少设计层面虚大的负荷需求。末端为终期建设，当前端电源已经无力支撑末端 UPS 时，对限额设计的 UPS 可以采用限额供

电, 满足安全性要求。

2) 新架构的设计将本期与终期进行了巧妙的结合, 本期即建设了终期大部分设施, 过渡阶段仅仅多出两根电缆, 即避免了远期招标设备不一致而带来的运维难度与美观性要求, 又避免了传统方案后期施工难, 管线预留繁琐等问题。同时新方案的提出极大地提升了改造过程的安全性, 最小程度降低了改造过程的施工周期与施工难度。

3) 新架构在全寿命周期的成本分析上也低于传统方案。

本文的架构理念可以为类似特殊场景的数据中心在配电方案设计上予以参考。

参考文献:

- [1] 丛宝丰, 李光泰. 基于负荷层级设计的电力调控中心供电可靠性研究 [J]. 南方能源建设, 2015, 2(3): 57-61.
CONG B F, LI G T. The research of power reliability in power dispatch [J]. Energy Construction, 2015, 2(3): 57-61.
- [2] 周鹏, 李光泰. 电网调度专业用房基于负荷分级的配电系统设计 [J]. 供用电, 2012, 29(5): 35-37+41.
ZHOU P, LI G T. Design on distribution system for load classification of professional computer room in power grid dispatching [J]. Power Supply, 2012, 29(5): 35-37+41.
- [3] 刘赛, 李绪蓉, 万麟瑞. 基于排队论的云计算资源池模型研究 [J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(12): 87-89.
LIU S, LI X R, WAN L R. Computing clouds resources pool model research based on queue theory [J]. Computer Technology and Development, 2012, 22(12): 87-89.
- [4] 赵潇潇, 白晓民. 云计算资源池在电力信息化中的应用 [J]. 华北电力技术, 2014(8): 62-65.
ZHAO X X, BAI X M. Application of cloud computing and resource pool in electric power system [J]. North China Electric Power, 2014(8): 62-65.
- [5] 许晓东, 吴春丽, 陶小峰, 等. 基于 OFDMA 的分布式网络架构干扰分析及资源池概念 [J]. 北京邮电大学学报, 2007, 30(1): 19-20.
XU X D, WU C L, TAO X F, et al. Interference analysis of OFDMA based distributed network architecture and resource pooling [J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2007, 30(1): 19-20.
- [6] 钟景华, 李泽平. 工业与民用配电设计手册: 第四版 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2017: 25-45.
ZHONG J H, LI Z P. Handbook for design of industrial and civil distribution [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2017: 25-45.
- [7] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 数据中心设计规范: GB 50174—2017 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2017.
Ministry of Housing and Urban and Rural Construction in People's Republic of China. Code for design of data centers: GB 50174—2017 [S]. Beijing: China Planning Press, 2017.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 低压配电设计规范: GB 50054—2011 [S]. 北京: 中国计划出版社出版, 2012.
Ministry of Housing and Urban and Rural Construction in People's Republic of China. Code for design of low voltage electrical installations: GB 50054—2011 [S]. Beijing: China Planning Press, 2012.
- [9] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 供配电设计规范: GB 50052—2009 [S]. 北京: 中国计划出版社出版, 2010.
Ministry of Housing and Urban and Rural Construction in People's Republic of China. Code for design electric power supply systems: GB 50052—2009 [S]. Beijing: China Planning Press, 2010.
- [10] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 民用建筑电气设计规范: JGJ 16—2008 [S]. 北京: 中国计划出版社出版, 2010.
Ministry of Housing and Urban and Rural Construction in People's Republic of China. Civil electrical design specifications: JGJ 16—2008 [S]. Beijing: China Planning Press, 2010.

作者简介:



CONG B F

丛宝丰(通信作者)

1987-, 男, 辽宁鞍山人, 工程师, 硕士, 主要从事数据中心等基础环境配套工作 (e-mail) caji@126.com。

(责任编辑 李辉)