银行数据中心机房供配电方案探析

万立勇

（贵阳银行股份有限公司信息科技部，贵州 贵阳 550081）

摘要：结合某银行总行数据中心建设项目，探讨了银行数据中心供配电方案，分析了银行数据中心机房用电负荷，同时对供配电架构、电源（含应急后备电源）、变压器选择、UPS 电源以及末端配电系统设计进行深入分析，对同类工程建设具有一定借鉴意义。

关键词：数据中心；负荷分析；变压器；UPS 电源；末端配电

Analysis on power supply and distribution scheme of bank data center computer room

WAN Liyong

(Information Technology Department, Guiyang Bank Co., Ltd., Guiyang 550081, China)

Abstract: Combined with the data center construction project of Bank Head Office, the power supply and distribution scheme of the bank data center is discussed, the power load of the bank data center computer room is analyzed, and at the same time, the power supply and distribution structure, power supply (including emergency backup power supply), transformer selection, UPS power supply and in-depth analysis of the design of the terminal power distribution system has certain reference significance for the construction of similar projects.

Key words: data center; load analysis; transformer; UPS; terminal distribution

0 引言

数据中心作为数据集中处理、存储、传输、交换和管理的基础设施，近年来得到不断的发展与进步。而电力是数据中心正常运转的“血液”，一旦出现供电故障或低质量的供电，IT设备发生宕机将导致数据丢失或中断等严重后果。传统的供配电方案采用电缆与配电列头柜供电、IT负荷与动力照明负荷不分开的配电方式，存在很大的安全隐患和一定的局限性。本文结合某银行数据中心建设项目，采用大母线（密集型母线）和智能小母线供电、IT负荷与动力照明负荷分开配电方案，具备一定的安全经济性，运行更为稳定。

1 项目概况

本工程数据中心为贵阳银行总行数据中心，根据其使用用途、电力中断及数据丢失引起的经济损失及社会影响，结合GB 50714—2017《数据中心设计规范》，本工程数据中心按照A级机房标准建设。

本数据中心建设面积约为2 832 m^2，4F为主机房，按功能分为服务器机房一～三、网络机房及接入机房、配电间A、B以及备件间，共设计网络列头柜48个，3 kW机柜264个；6F设有296 m^2的运维室，设计运维工位68个；高低压配电室和柴油发电机间设置在大楼－1F，UPS蓄电池室设置在－2F，1F设置三电源切换室以及9F设置消防气瓶间。

依项目建设要求，首先需要对数据中心负荷进行分析和计算，其次根据计算负荷大小，确定配电变压器的数量与容量、每组发电机的数量与容量、密集型母线与小母线的规格及UPS台数与容量等，再搭建可靠合理的供配电架构，然后根据供配电架构对高压配电、变压器、低压配电及末端配电进行选择与设计。数据中心机房供配电整体控制策略如图1所示。

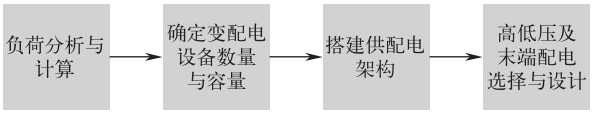

图 1　数据中心机房供配电整体控制策略图

Fig. 1 Overall control strategy of power supply and distribution in data center machine room

2　负荷分析与计算

2.1　数据中心负荷分析

银行数据中心负荷可分为照明动力负荷和IT负荷两大类。照明动力负荷主要为机房精密空调、新风、插座和普通照明负荷，IT负荷包括服务器、加密机、安全设备以及门禁、消防电源等负荷。

动力照明负荷采用双路市电外加柴油发电机供电即可满足要求。IT负荷供电要求为不间断以及电能质量合格（稳压稳频，电压和频率均在合适的范围内），应采取UPS电源供电。

2.2　负荷计算

数据中心负荷在设计的前期可以采用单位面积功率法进行粗略计算，而在初步设计和施工图设计阶段，可采取需要系数法进行测算。

服务器类IT设备功率可根据规划的机柜数量乘以单个机柜平均负荷功率（一般单个机柜设备功率按2～4 kW标准估算）来粗算，再加上运维室工位计算机、大屏、消防与应急照明等用电负荷，最后乘上一个同时系数。动力照明负荷计算，动力负荷主要是精密空调的设备功率，可依据其制冷量进行计算，而照明功率测算按单位面积功率法进行计算。

3　电源选择

本工程银行数据中心供电要求可靠性高，上级电源采用双路市电加双路柴油发电机供电模式，且单路市电故障，另一路市电能带载数据中心全部的负荷。数据中心不同等级机房电气技术标准见表1。

表 1　数据中心不同等级机房电气技术标准

Tab. 1 Electrical technical standards for different levels of computer rooms in data center

机房等级	A 级	B 级	C 级
市电	双重电源供电	双重电源供电	两回线路供电
后备柴油发电机	(N+X) 冗余，(X=1 ～ N)	N，当供电电源只有一路需设置后备柴油发电机系统	不间断电源的供电时间需满足信息存储要求时，可不设置柴油发电机
变压器	M (1+1) 冗余，（M=1，2，3，...）		N
不间断电源系统配置	2N 或 M(N+1) 冗余，(M=2，3，4，...)	N+1	N
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	双路电源，末端切换	采用放射式配电

柴油发电机系统是银行数据中心常用的应急电源，柴油发电机组具有热效率高、起动迅速等优点，被数据中心广泛采用。银行数据中心对于电能频率、电压和波形特性有严格要求，选用G4级别柴油发电机。柴油发电机性能等级见表2。

表 2　柴油发电机性能等级

Tab. 2 Performance grade of diesel generator

性能等级	定义	用途
G1	用于只需规定其电压和频率的基本参数的连接负载	照明和其他简单的电气负载
G2	用于对电压特性与公用电网有相同要求的负载，当负载变动时，允许暂时的电压和频率偏差	照明系统、泵、风机和卷扬机
G3	用于对频率、电压和波形特性有严格要求的负载（整流器和晶闸管整流器控制的负载对发电机电压波形影响需要特殊考虑的）	无线电通信和晶闸管整流器控制的负载
G4	用于对频率、电压和波形特性有特别严格要求的负载	数据处理设备或计算机系统

4 供电架构设计

银行总部数据中心需要按照A级数据中心标准建设，根据GB 50174—2017《数据中心设计规范》在附录“电气”中规定：A级数据中心应满足容错要求，可采用2*N*系统，也可采用其他避免单点故障的系统配置。A级数据中心供配电系统架构常见的还有DR和RR两种，相较而言，2*N*架构具有简单明了、易进行物理隔离及日常运维方便等优点，被广泛采用。不过2*N*架构建设成本稍高，但可用性更高。三种供配电架构对比分析如图2所示。

本工程银行数据中心采用2*N*架构，引入4回10 kV高压进线，IT负荷和动力照明负荷分开供电，10 kV设置高压联络，为手动模式，禁止高低压形成电磁环；0.4 kV设置低压自动联络，柴油发电机输出0.4 kV电压，与市电进行切换，设置低压市电联络开关动作时间小于ATS切换动作时间，只有双路市电全停，发电机才自启。本工程配电架构设计中，变压器、ATS切换开关、UPS、柴油发电机和空调系统等均为两套，互为备用，以确保机房设备不间断供电，同时对运维室监控大屏、运维工位等负荷采取STS切换开关进行供电，确保连续性。具体如图3所示。

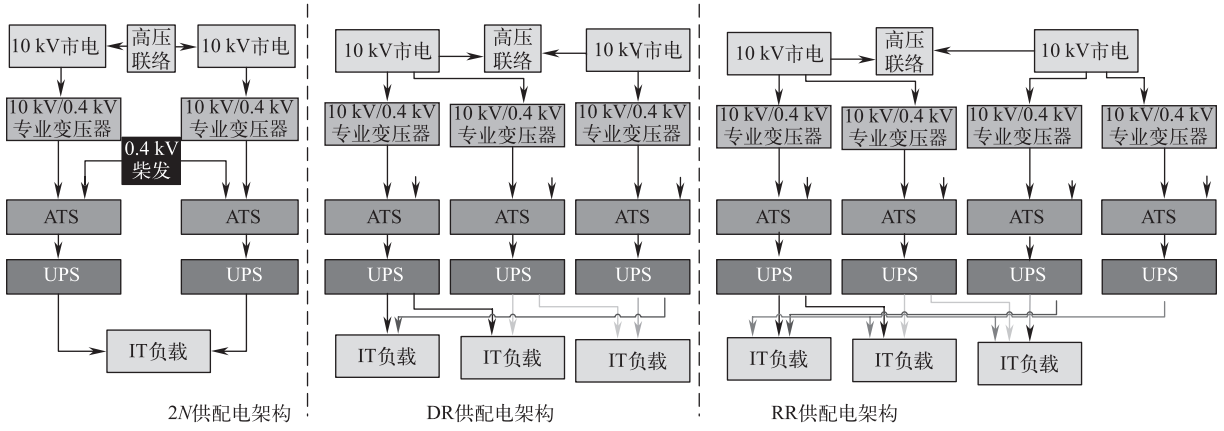

图 2 三种供配电架构对比分析图

Fig. 2 Comparative analysis of three power supply and distribution structures

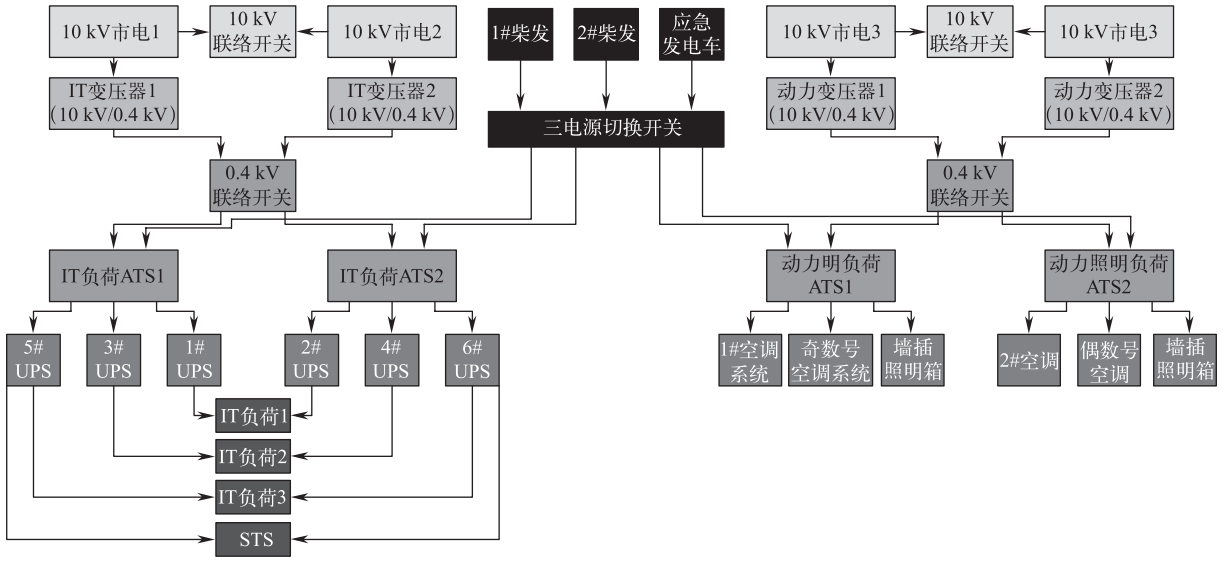

图 3 本工程数据中心供配电结构设计图

Fig. 3 Power supply and distribution structure design of the data center of the project

5 高低压配电设计及变压器选择

5.1 高压配电系统设计

高压配电系统是数据中心运转正常的关键。本工程数据中心在大楼－1F设置两个高压配电房，引入4回10 kV高压进线，来自于110 kV阳关变电站和110 kV会展变电站两个不同变电站。双路市电均采取双母分段方式供电。当一路高压市电失电或检修时，可手动合闸母联开关，另一路高压将带上全部的负载。

5.2 变压器的选择

变压器应配置$M(1+1)$冗余。（$M=1$，2,3,...），在数据中心用电容量较大时，为防止数据中心以外其他负荷干扰，对供电可靠性要求较高，本工程数据中心设置4台专用变压器给机房供电，对于小型数据中心须在变压器低压侧引出专线供电。从防火安全角度考虑，本工程数据中心变压器全部采用干式变压器，且统筹用电负荷中心与变电所之间距离，变电所设置高压配电房内，以缩短供电半径，减少损耗。本工程数据中心高压电气一次接线图如图4所示。

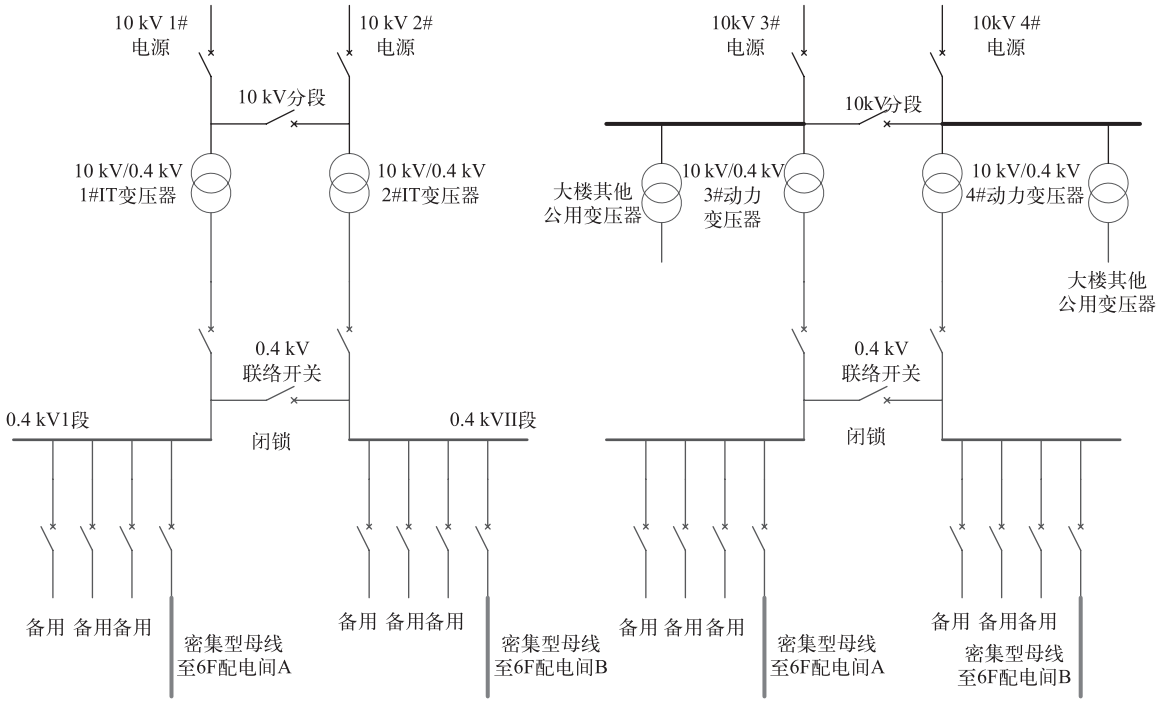

图 4 本工程数据中心高压电气一次接线图

Fig. 4 Primary wiring diagram of high voltage electrical in the data center of the project

5.3 低压配电设计

本工程数据中心服务器机房设置于大楼6F。为缩短供电半径，靠近负荷中心，在4F设置两个低压配电间，即配电间A、B。由－1F高压配电房和柴油发电机房采用8条400 V密集型母线经由两个不同的供电走廊（路由）构成配电间A、B的电源总进线。

本工程数据中心采用4台500 kV·A、2台250 kV·A UPS给IT负荷供电，数据中心布置24台风冷式精密空调设备进行制冷，空调设备采用2N双总线容错系统配电，每台精密空调设备均配置专门的抽屉开关。本工程数据中心6F机房低压配电设计如图5所示。

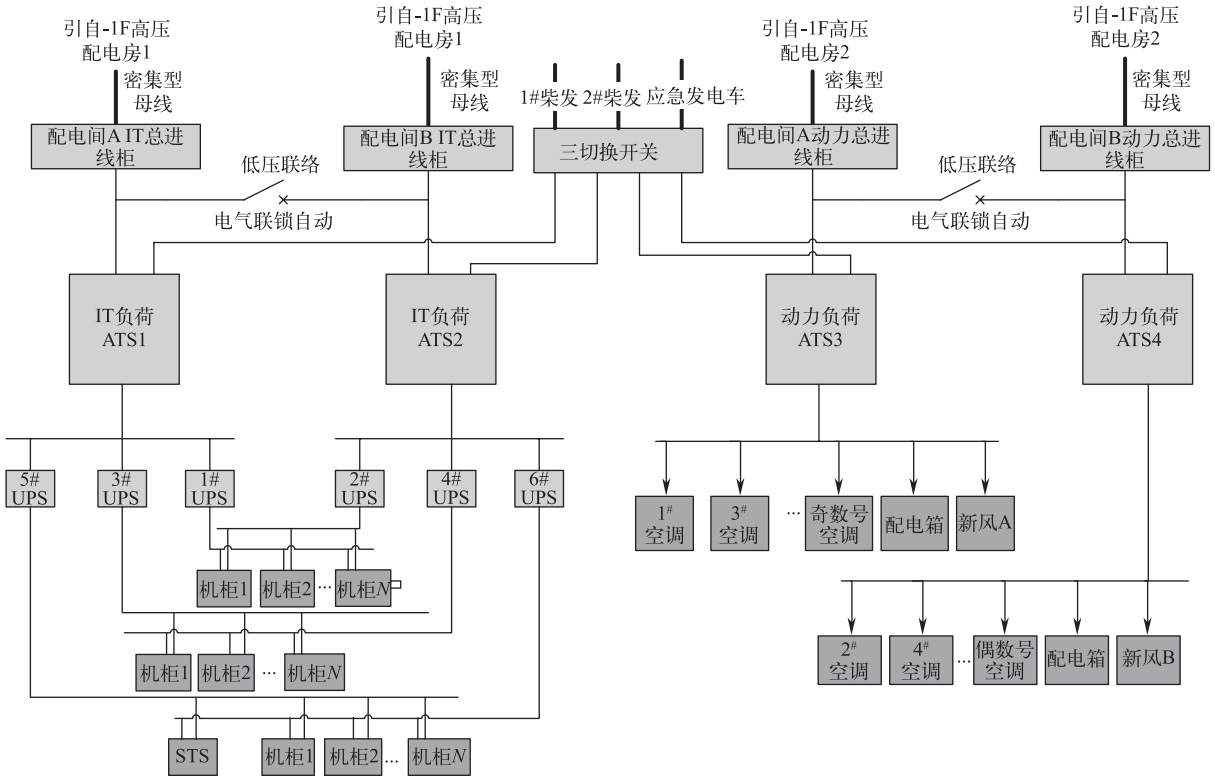

图 5　本工程数据中心 6F 机房低压配电设计图

Fig. 5 Design drawing of low voltage power distribution in 6F machine room of data center of the project

6　末端配电

数据中心IT负荷传统末端配电方式是采用电缆从UPS输出柜至各机房内每个配电列头柜，再经列头柜配电，采用电缆接至各机柜PDU的方式。其缺点很多，比如电力列头柜占用面积多，使得机柜数量变少；而电缆如果下走线占据地板大量空间，不利于空调设备冷量的流通，且大量电缆使用使得机房电能损耗增加；电缆接头易氧化，松动或接触不良易造成电缆过热或打火进而引起火灾等。

本工程数据中心采用小母线配电方式，采取配电插接箱完成对每一个机柜的配电，采用即插即用的配电插接箱来替代列头柜和大量电缆，达到简化安装、灵活部署等目的。其优点主要有：

1）提高了配电可靠性，可避免电缆接头氧化、松动和接触不良等问题，提升了机房用电安全和可靠性。

2）增强了配电灵活性。在机柜的容量或位置不确定时，可先部署母线槽主体，后根据实际情况选择插接箱进行配电。小母线可带电插拔，在带电情形下可随时增加或减少机柜数量或容量而不影响其他设备运行。

3）降低了机房配电的综合成本，采用小母线供电解决了传统配电方式下所带来的后期运维工作量大、运维周期不可控及人为干预下安全性降低等问题。同时，小母线省掉了电力列头柜，为机房腾出更多的空间放置机柜，且小母线槽可根据需要进行调整配置，在25年中可随时迁移、复用，从而减少重复投资。

7　结束语

银行总部数据中心的建设，供配电系统的设计与建设是保障数据中心安全可靠运行的基础，提高供配电可靠性在于供配电系统设计合理性和容错性。本文以实际工程为例探析了银行数据中心供配电方案，实践表明此供配电方案安全经济

好且运行更为稳定，主要体现在以下几个方面：

1）采用2*N*供配电系统架构，配置两套完全对称的供配电系统，具有一定容错性，规避了单点故障造成的影响。

2）靠近负荷中心设置两个完全对称的配电间，提高了配电可靠性，同时降低了电力损耗。

3）采用密集型母线代替电缆经由两个不同的供电走廊构成配电间A、B的电源总进线，提升了电力传输的安全性。

4）末端配电采用小母线配电方式，采取配电插接箱完成对每一个机柜的配电，机柜采用智能PDU供电，提升了供电的可靠性与安全性。

本数据中心供配电系统的设计与建设可为同类工程或项目建设提供一定参考。

参考文献

[1] 钟景华．数据中心供配电系统设计[J]．电气应用，2021，40(2)：4-7．

[2] 钟景华．数据中心供配电系统架构及备用电源的选择[J]．建筑电气，2017(11)：88-92．

[3] 盖琪彦．数据中心供配电设计简析[J]．建筑电气，2021(12)：42-58．

[4] 辛树俊．大型数据中心供配电系统设计[J]．中国电气工程学报，2020(5)：1-3．

[5] 赵婉芳，王妍．数据中心供配电系统设计和应用[J]．电工技术，2019(15)：89-90．

[6] 宋伟男，邵安，等．小母线配电模式在数据中心的应用研究[J]．科技创新与应用，2022(3)：45-48．

作者简介

万立勇（1983—），男，工程师，调度自动化高级技师，现从事数据中心建设与维护工作。

（收稿日期：2022-01-25）