数据中心20 kV供配电系统及柴油发电机组的设计

丁雪鹏，吴攀峰

（华信邮电咨询设计研究院有限公司，浙江 杭州 310052）

摘要：在市场存在巨大需求和国家政策支持的双重利好下，近些年在全国掀起一股数据中心建设热潮。数据中心对供电可靠性和安全性要求比较高，特别是高等级数据中心，除常规配置双重10 kV市电电源外，还配置有多重后备保障电源（如柴油发电机组、UPS、EPS和高压直流等）。在国内部分经济较发达地区，出现不太常见的20 kV等级供电电压。将结合实际工程案例浅谈20 kV供配电系统在数据中心的应用，以及如何选择匹配的变压器和柴油发电机组的电压等级。

关键词：数据中心电压等级；10 kV； 20 kV；配电系统柴油发电机组

Design of 20 kV power supply and distribution system and diesel generator set in data center

DING Xuepeng, WU Panfeng

(Huaxin Post Consulting Design and Research Institute Co., Ltd., Hangzhou 310052, China)

Abstract: Under the double favorable of market demand and the support of national policies, in recent years, a data center construction boom has been set up across the country. The data center has high requirements for power supply reliability and safety, especially for high-grade data centers. In addition to the conventional configuration of dual 10 kV mains power supply, it is also equipped with multiple backup power supplies (such as diesel generator sets, UPS, EPS, high voltage DC, etc.). Below, the application of the 20 kV power supply and distribution system in the data center and how to select the matching transformer and diesel generator voltage level are discussed in combination with the actual engineering case.

Key words: data center voltage level; 10 kV; 20 kV; power distribution system diesel generator set

0 引言

随着我国经济的快速发展，人们日常生活越来越依靠信息的处理和存储，使得数据中心在生活中的地位日渐重要。2016年10月，中共中央政治局第36次会议首次提出要建设全国一体化的国家大数据中心，以推行电子政务、建设新型智慧城市等为抓手，以数据集中和共享为途径，建设全国一体化的国家大数据中心，推进技术融合、业务融合和数据融合，实现跨层级、跨地域、跨系统、跨部门及跨业

务的协同管理和服务。在政策利好的驱动下，以互联网为平台，信息技术与传统生产组织和制造流程深度结合，网络空间与物质世界趋向融合，工业互联网、网络制造、众包生产和工业4.0等以数字化、网络化、智能化和服务化为核心的新一轮产业变革已经到来，云计算、大数据等技术应用前景广阔。

由于市场巨大需求，再加上国家政策上的支持，近年来，大型数据中心建设如雨后春笋般地在全国各地呈现。电力供应犹如数据中心业务运营的命脉，它也从某种程度上决定了数据中心的安全运营及可用性。目前，在全国主要经济发达省份，特别是新建工业园区或多或少地出现了20 kV供电电压等级。而大型数据中心普遍采用10 kV柴油发电机并机系统作为备用电源，由于两者电压等级不同，需采取一定的措施使二者有效地匹配起来。本文将结合某数据中心项目来进行具体分析，供大家参考。

1 项目基本资料

某数据中心项目，建设规模为46 370 m^2，含两栋IDC机楼（每栋20 420 m^2）和一栋动力中心（5 530 m^2）。数据中心地上四层，房屋高度22.80 m；动力中心地上二层，房屋高度11.70 m。每栋数据中心规划配置3 016个IT机柜，按国标A级数据中心标准进行建设。IT机柜规划如表1所示。

2 负荷计算及变压器配置

根据各专业提供的用电设备功率，每栋数据中心总的设备安装功率为21 007 kW。电气负荷计算书如表2所示。

根据上述计算结果，在每栋数据中心配置8套低压配电系统，每套系统配置两台互为备用的2 500 kV·A变压器及配套低压柜，每台变压器负载率维持在46%左右。低压配电系统采用单母线分段方式运行，两段母线之间设母联开关，两台变压器出线总开关与联络开关之间设机械与电气联锁，任何时候只能有两台开关处于合闸状态。当一台变压器失电后，另一台变压器带起故障变压器一级、二级等重要负荷。当失电电源恢复供电后，自动恢复正常状态。

表1 每栋数据机房IT机柜规划

Tab. 1 IT cabinet planning for each data room

序号	楼层	机房	机房面积/ m^2	单机柜额定功耗/kW	单机房总额定功率/kW
1	一层	主机房1—1	626	3.4	788.8
2	二层	主机房2—1	626	3.4	788.8
3		主机房2—2	612	3.4	788.8
4		主机房2—3	612	6	1 188
5		主机房2—4	626	6	1 188
6	三层	主机房3—1	626	6	1 188
7		主机房3—2	612	6	1 188
8		主机房3—3	612	6	1 188
9		主机房3—4	626	6	1 188
10	四层	主机房4—1	626	6	1 188
11		主机房4—2	612	6	1 188
12		主机房4—3	612	6	1 188
13		主机房4—4	626	6	1 188
14	合计		8 054		14 246.4

3 变压器及柴油发电机组电压等级选择

3.1 柴油发电机组电压等级选择

经过和当地供电部门沟通，本工程所在的区块只提供20 kV外市电，且每路容量最大可以达到20 000 kV·A。业主要求尽可能多排机柜，且把外市电容量用足，本工程采用模块化设计，每两套低压配电系统（每套系统配置两台互为备用的变压器）采用同层供电的方式向4个数据机房供电。每台变压器容量选择为2 500 kV·A，与机柜功耗及外市电容量有比较好的匹配。

根据GB 50174—2017《数据中心设计规范》第8.1.12条规定“A级数据中心应由双重电源供电，并应设置备用电源”。如选用0.4 kV柴油发电机组作为备用电源，则需配置持续功率约为2 300 kW（常用功率约为2 500 kW，

表2　电气负荷计算书

Tab. 2　Electrical load calculation book

序号	用电设备名称	安装功率 P_s /kW	需要系数 K_x	功率因数 cosφ	需要功率			备注
					有功功率 P_{js} /kW	无功功率 Q_{js} /kvar	视在功率S_{js} /kV·A	
1	IT 机柜	14 246	0.8	0.85	11 396.8	7 063.1	—	—
1	冷水机组	2 280	0.9	0.85	2 052.0	1 271.7	—	—
2	冷冻一次泵	220	0.9	0.85	198.0	122.7	—	—
3	冷冻二次泵	220	0.9	0.85	198.0	122.7	—	—
4	冷却水泵	360	0.9	0.85	324.0	200.8	—	—
5	冷却塔	240	0.9	0.85	216.0	133.9	—	—
6	机密空调末端及新风机	1 180	0.9	0.85	1 062.0	658.2	—	—
7	建筑负荷	900	0.7	0.85	630.0	390.4	—	—
8	负荷功率小计	19 646	—	—	16 076.8	9 963.5	—	—
9	UPS 损耗 P_L=6%×P_{js}	—	—	—	854.8	—	—	—
10	UPS 充电功率 C_P=10%×P_{js}	—	—	—	1 424.6	—	—	—
11	低压电容器补偿容量	—	—	—	—	—1 000	—	—
12	短时应急运行功率合计（=动力负荷+电损+充电功率）	—	—	0.90	18 356.2	8 963.5	20 427.8	—
13	常态运行功率合计（=动力负荷+电损）	—	—	0.88	16 931.6	8 963.5	19 157.8	—
14	选择变压器（2 500 kV·A×16）	19 646.0	—	—	—	—	40 000.0	—
15	变压器负荷率（短时应急运行）	—	—	—	—	—	—	51%
16	变压器负荷率（常态运行）	—	—	—	—	—	—	48%
17	变压器损耗 P_b=0.01S_{js}	—	—	—	204.3	—	—	—
18	Q_b=0.05S_{js}	—	—	—	—	1 021.4	—	—
19	归算到 10 kV 侧（短时）	19 646.0	—	0.88	18 560.4	9 984.9	21 075.8	—
20	归算到 10 kV 侧（长时）	19 646.0	—	0.86	17 135.8	9 984.9	19 832.7	—

备用功率约为2 800 kW）的柴油发电机组。目前市场上常用的0.4 kV柴油发电机组常用功率基本上维持在2 000 kW及以下，常用功率达到2 000 kW以上需整机进口。数据中心行业主流的柴油发电机品牌，常用功率1 800 kW价格约为250万元；常用功率2 000 kW价格约为360万元；常用功率2 200 kW价格约为550万元；常用功率2 500 kW价格约为830万元。常用功率达到2 500 kW的柴油发电机组，后期运维欠缺便利性和增加的投资（本项目配置20多台）是业主所不能接受的，采用0.4 kV柴油发电机组显然不可行。

本工程外市电电压等级为20 kV，采用20 kV柴油发电机组是一个比较好的选择。但20 kV柴油发电机组在国内外市场几乎没有应用，需要特别定制，造价成倍增加，也不利于后期运行维护。

通过综合比较，最终选择目前数据中心行业广泛应用的10 kV柴油发电机组，共配置24台（22主+2备）常用功率为1 800 kW的10 kV柴油发电机组。本工程10 kV柴油发电机组集中设置于室外动力中心内，使数据中心尽可能多排布IT机柜（柴油发电机组设置于数据中心内，进排风占用空间比较大，且影响机房合理布局），充分利用市电容量且便于集中维护管理，同时有效克服了低压柴油发电机组受制于供电距离短的问题。

3.2　变压器电压等级选择

10 kV柴油发电机组与市电切换主要有两种方案：①每台10 kV柴油发电机组经过升压变压器将电压由10 kV升为20 kV后，再通过并机的方式与两路20 kV外市电进线切换；②将20 kV外市电通过降压变压器将电压由20 kV降为10 kV后，再与10 kV柴油发电机组并机系统进行切换。

如采用方案①，需要配置24台10 kV/20 kV升压变压器，不但占用建筑空间，增加比较多的投资，同时增加了故障率（由于柴油发电机组平时不使用，造成变压器长时间处于闲置状态，很容易出现故障）。和甲方技术部门对供电方案进线讨论时，共同否决了此方案，最后选择方案②。

最后选择的方案是在动力中心内配置8台单台容量为10 000 kV·A的变压器（20 kV/10 kV），将4路20 kV市电（每两路为一组，互为备用）先转换为8路10 kV市电，经过与2套（每套采用10主1备柴油发电机组）10 kV柴油发电

机组并机系统切换后，分8路10 kV电源（每两路为一组）送至每栋数据中心一层二级10 kV配电系统。每栋数据中心配置8套低压配电系统，每套系统配置2台互为备用的2 500 kV·A变压器（10/0.4 kV）及配套低压柜，每台变压器负载率维持在46%左右。目前市电柴油发电机切换中压ATS设备价格也在下降，考虑到数据中心保证等级，本工程在大型园区采用成套ATS产品来实现柴油发电机和市电切换。每栋数据中心20 kV/10 kV配电系统与柴油发电机并机系统切换架构如图1所示。

4 电气系统整体构架及配置

经过以上不同方案优缺点比较后，确定了每栋数据中心电气系统整体架构及设备配置，如图2所示。

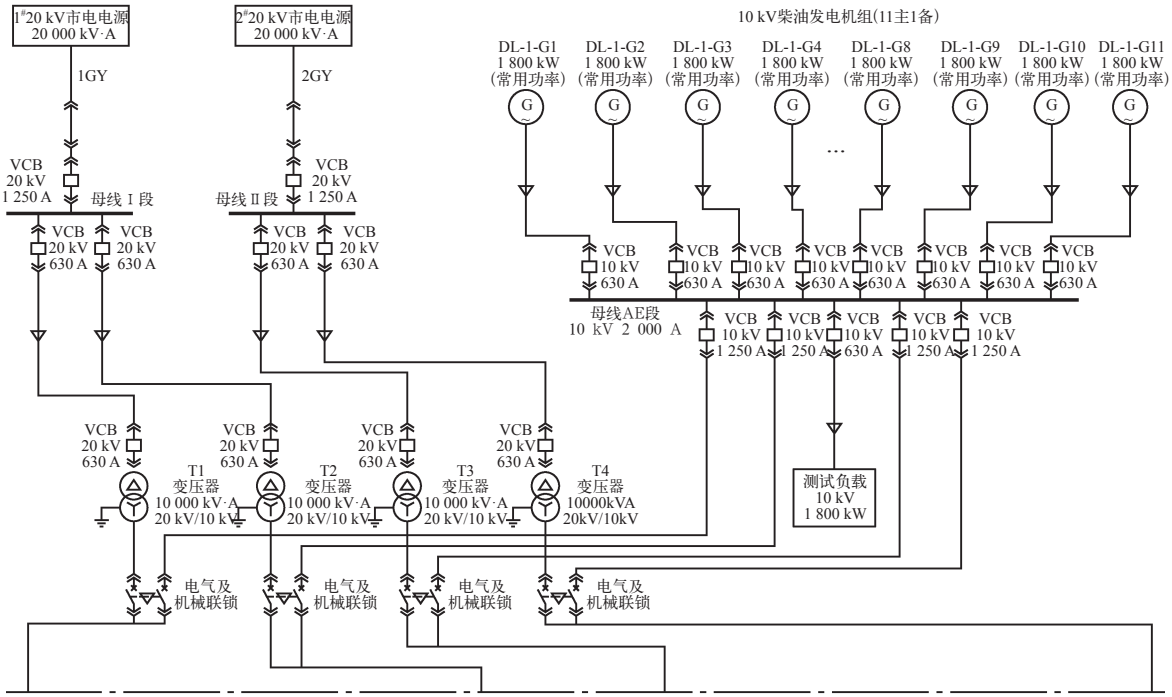


图1 20 kV/10 kV配电系统及与油机并机系统切换架构

Fig. 1 20/10 kV power distribution system and oil machine parallel system switching architecture diagram

5 结束语

数据中心对安全运营及供电可靠性要求比较高，一旦中断供电，必然造成IT设备宕机、数据丢失或网络中断，从而会造成重大的经济损失和比较大的社会影响。所以对于数据中心项目，在论证电气系统构架方案时，除考虑设备可用性、设备初期投资及后期运营费用外，还应充分考虑设备的可靠性、后期设备运维的便利性。

参考文献

[1] 中华人民共和国工业和信息化部．数据中心设计规范：GB 50174—2017[S]．北京：中国计划出版社，2017．

[2] 中国机械工业联合会．20 kV及以下变电所设计规范：GB 50053—2013[S]．北京：中国计划出版社，2013．

[3] 中国工程建设标准化协会信息通信专业委员会．数据中心等级评定标准：T/CECS 488—2017[S]．北京：中国计划出版社，2017．

[4] 中国建筑东北设计研究院．民用建筑电气设计规范：JGJ 16—2008[S]．北京：中国建筑工业出版社，2008．

[5] 张东霞，王继业，刘科研，等．大数据技术在配用电系统的应用[J]．供用电，2015，32(8)：6-11．

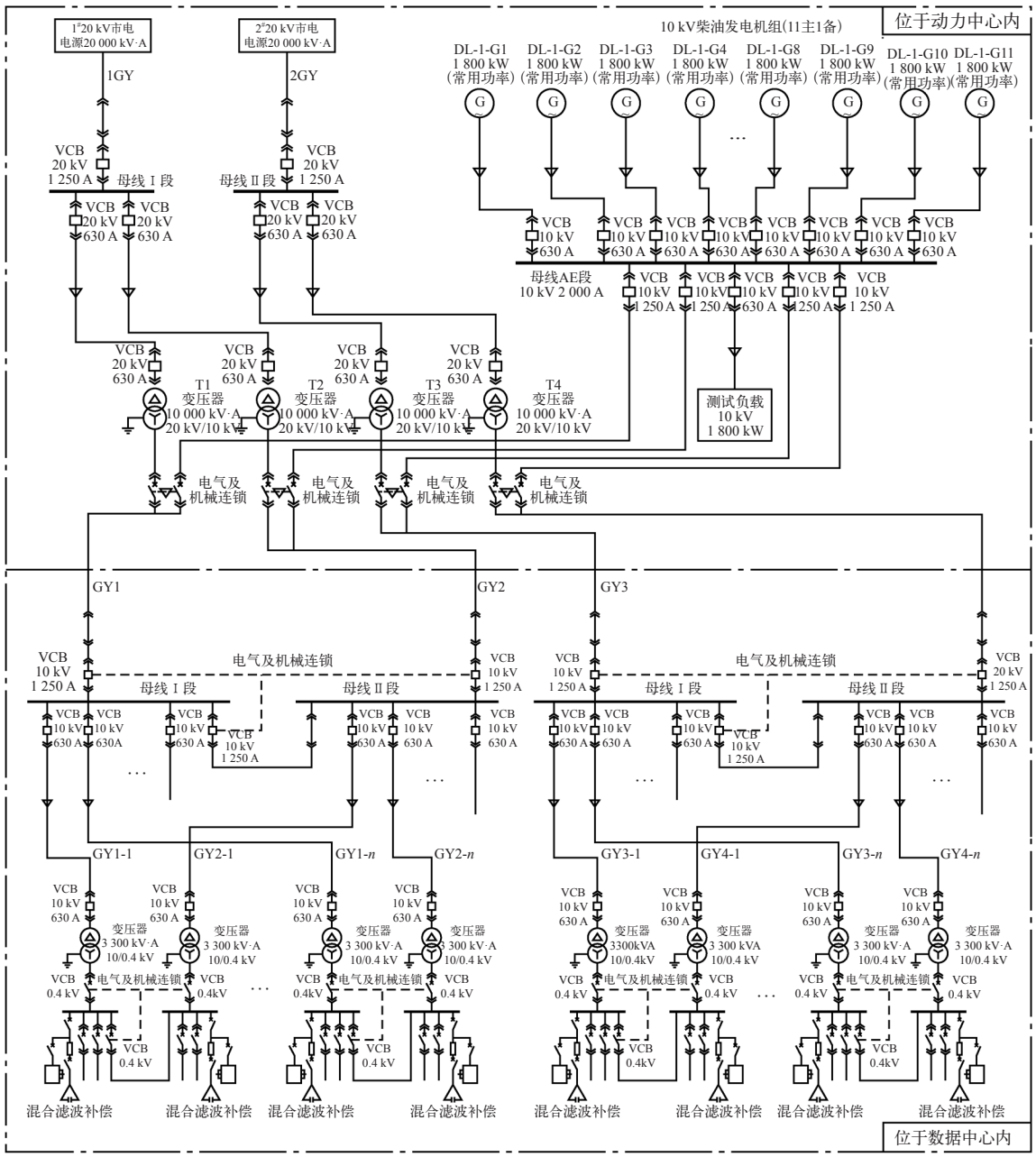


图2 每栋数据中心电气系统整体架构图

Fig. 2 Overall architecture of the electrical system of each data center

作者简介



丁雪鹏

丁雪鹏（1982－），男，本科，工程师，主要从事数据中心工程电气设计工作。

(收稿日期：2019－07－23)EA