

浅谈数据中心机房的供配电设计

刘华荣

万达信息股份有限公司 上海市 200233

摘要: 本文以一个小型B级数据中心机房为案例,从一名参与机房建设的弱电工程师的角度,对数据中心机房的规范要求、机房负荷计算、UPS的选择及电池的计算到机房配电柜的设计和深化设计等方面的有关问题进行了介绍和总结。

关键词: 机房供配电、机房负荷、UPS选择、配电柜设计

1 引言

随着电子商务、大数据、云计算、人工智能和物联网等一系列新兴互联网业务的迅速发展,各行各业涌现了大量的数据中心,数据中心机房作为承载上述各类业务的基础设施中心,在各行各业正扮演着越来越重要的角色,其安全性、可靠性至关重要,而安全、可靠的电力供应又是数据中心机房正常运行的基本保障。数据中心机房供配电设计是机房建设中的一个复杂问题,设计人员既要有丰富的强电设计经验又要熟悉数据中心机房供配电的具体规范要求。

在实际的机房建设中,机房建设往往属于智能化工程,由智能化单位负责机房建设的实施,就机房供配电而言,智能化单位的弱电工程师需要与强电设计方、市电提供方、配电柜制作方、精密空调提供方、UPS电源提供方等进行供电和配电方面的沟通和协调。因此,参与机房建设的弱电工程师必须掌握数据中心机房的规范要求、机房供配电的基本知识和相应的计算方法。

下面我们通过笔者参与的一个小型B级机房供配电系统的整个设计过程进行介绍和总结,与行业相关人士尤其是弱电工程师们共同探讨、学习数据中心机房供配电系统的规范要求、基本知识、设计思路和设计过程。

2 数据中心机房的分级

数据中心机房的分级,根据GB50174-2017《数据中心设计规范》的要求划分为A、B、C三级,是根据数据中心机房的使用性质、数据丢失或网络中断在经济或社会上造成的损失或影响程度确定所属级别。^[1]

A级要求最高,一般指政府或大型企事业单位的重要数据中心机房,C级要求最低,一般指除A、B级以外的各类普通数据中心机房,国家规范中B级机房的定义是1)电子信息系统运行中断将造成较大的经济损失;2)电子信息系统运行中断将造成公共场所秩序混乱。国家规范中对各级机房的选址、环境、建筑结构、空气调节和电气等还有详细的要求。本案例参照B级机房标准建设,其机房供配电系统的设计需要满足规范中关于机房电气部分的要求。

3 案例情况介绍

本案例为一个市级健康大数据平台的数据中心机房一期,总面积约90余平方米,分为主机房区域和电池间区域,主机房配置有机柜24台、3台精密空调、1台模块化UPS主机柜、1台精密列头柜、1台UPS配电柜和1台空调配电柜,电池间配置有1台商用空调、2个电池柜和市电力柜,如图1所示:

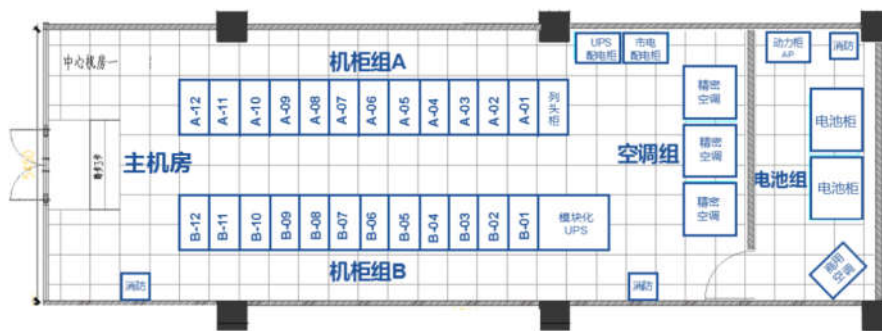


图1: 机房设备平面布局图

4 机房用电设备负荷计算

本机房用电设备主要包括：1) 精密空调和商用空调、2) UPS电源及机柜组、3) 机房照明及维修插座、4) 其他各类辅助系统，负荷测算如下：

4.1 精密空调和商用空调

制冷量为40KW的精密空调3台，每台的满载额定电流是43A，商用空调1台，其满载额定电流为12A。

经测算：精密空调每台的满载额定功率 = $43A \times 380V \approx 16KW$

商用空调每台的满载额定功率 = $12A \times 380V \approx 5KW$

则：空调系统总负荷 $\approx 16KW \times 3 + 5KW \approx 53KW$

4.2 机柜设备供电

主机房共有24台机柜，其中两台为网络列头柜，故仅有22台设备机柜，根据用户机柜内所配置的设备情况，本项目的机柜属于低密度机柜，每台机柜内设备我们按3.5KW的负荷进行测算。^[2]

则：机柜总负荷 $\approx 3.5KW \times 22 \approx 77KW$

4.3 机房照明等

机房照明及其他各类辅助系统的负荷不大，我们按总负荷10KW估算。

综上所述，机房内总的用电负荷 $\approx 53KW + 77KW + 10KW = 140KW$

5 UPS的选型及电池计算

5.1 UPS的选型

根据用户的需求，本机房内UPS不间断电源只需给机柜内设备供电不用给精密空调供电，断电后维持机柜内设备运行的时间为30分钟。故UPS电源的选型只需考虑机柜内的设备负荷，由测算得知机柜内设备的总负荷为77KW。

UPS电源的标称功率一般以视在功率KVA表达，为方便选型，我们将机柜内设备的总负荷77KW转换为视在功率，IT类负载我们一般取功率因数为0.9，则：总负荷 = $77KW \div 0.9 \approx 85KVA$ 。

我们所选的UPS品牌中有90KVA、120KVA、150KVA等各种功率等级，因为UPS电源的最佳工作状态在额定功率的70%左右，经测算： $120KVA \times 70\% = 84KVA$ 与机柜总负荷85KVA最为合适，故我们选择了120KVA的UPS不间断电源。

5.2 蓄电池的计算

根据用户要求，本机房UPS不间断电源在断电时要维持机柜内设备30分钟的持续工作。我们所选的UPS品牌标配的蓄电池是12V-100AH的，12V-100AH的蓄电池理论值为负载 = 1.2KW时可以持续供电1小时。

我们选择了60节12V-100AH的蓄电池，验算如下：

1) 60节蓄电池的可持续供电的理论值 = $1.2KW \times 60 \text{节} = 72KW$ 可持续供电1小时；

2) 受UPS功率因数、最低放电电压和电池衰减等因素的影响，实际可持续供电

时间需要乘以一个系数，这个系数我们有个经验值是0.65；

3) 则60节蓄电池可持续供电的实际值 $\approx 72KW \times 0.65 = 46.8KW$ 可持续供电1小时；

4) 换算成机柜设备总负荷的持续供电时间 = $46.8KW \div 77KW \times 60 \text{分钟} \approx 36 \text{分钟}$

由上述计算可知：60节12V-100AH的蓄电池可以满足断电时维持机柜内设备持续工作30分钟。

6 机房总配电柜的设计

6.1 初步设计

参照B级数据中心机房的要求，为保障数据中心机房供电的可靠性，本机房的供电电源应由两路独立的供电电源供电，具体说就是进入机房需要有两路电源，且这两路电源分别来自不同的变压器，这一要求也是B级数据中心机房对供电电源的基本要求，当供电电路只有一路时，也可以设置后备柴油发电系统。

初步设计分为以下几步：

1) 总配电柜的拓扑设计

根据本机房的供配电情况，

我们可以初步绘制总配电柜系

统回路拓扑如图2所示。

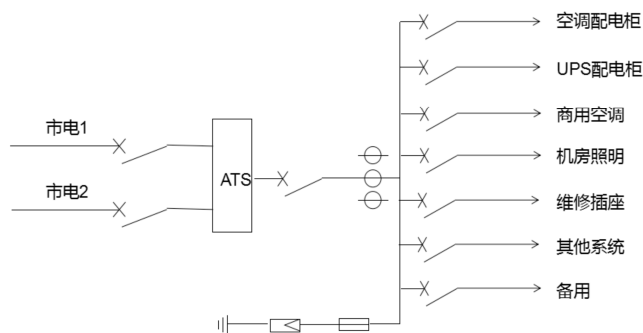


图2

2) 计算市电进线的容量

由上节计算得知：

机房总的用电负荷 $\approx 129KW$

强电专业习惯于用电流A值来表述用电负荷的大小，无论是选择空气开关还是选择供电电缆，故我们将机房总的用电负荷转换成电流的表述方式：

机房总的用电负荷 $\approx 140\text{KW} = 140000\text{W} \div 380\text{V} \approx 368\text{A}$

根据电缆载流量对照表，我们向市电提供部门要求能提供500A以上的电流，并建议市电1和市电2采用4*240+1*120的供电电缆，同时，两路进线开关采用500A的断路器。

3) 输出端各回路的开关和线型选择

如图2所示，配电柜共初步设计有7个回路，其中机房照明、维修插座、其他系统和备用回路这四个回路因负荷较小，统一采用额定电流32A的C32/2P空开，回路配线统一采用3X6mm²的电缆。

输出端各回路中最主要的回路是到空调配电柜和UPS电源的回路，其开关和线型选择如下：

6.2 空调配电柜回路

由第4节的测算可知：空调系统总负荷 $\approx 16\text{KW} \times 3 + 5\text{KW} \approx 53\text{KW}$

换算成总电流 $= 53\text{KW} \div 380\text{V} \approx 140\text{A}$

考虑到精密空调的启动电流比较大和24小时的不间断运行，根据电缆载流量对照表，我们选择了4*120+1*70的电缆，该型号电缆可以达到300A以上的安

全载流量，空气开关我们选择了标称为315A的空开。

6.3 UPS配电柜回路

由第4节的测算可知：

UPS配电柜回路总负荷 \approx 机柜总负荷 $\approx 3.5\text{KW} \times 22 \approx 77\text{KW}$

换算成总电流 $= 77\text{KW} \div 380\text{V} \approx 200\text{A}$

根据电缆载流量对照表，我们选择了4*120+1*70的电缆，该型号电缆可以达到300A以上的安全载流量，空开我们选择了标称为315A的空开。

6.4 商用空调回路

我们已知商用空调的满载额定电流为12A。

对于小负载的情况，我们完全可以凭经验或“电工口诀表”快速根据电流选择电缆，12A的电流4mm²的铜线电缆就够了，考虑到空调的启动电流比较大且长时间不停机运行，故我们保守的选择了5X6mm²的电缆和标称电流40A的C40/3P的空开。

6.5 初步设计完成

通过上述的计算，本机房总配电柜的初步设计已完成，见图3。

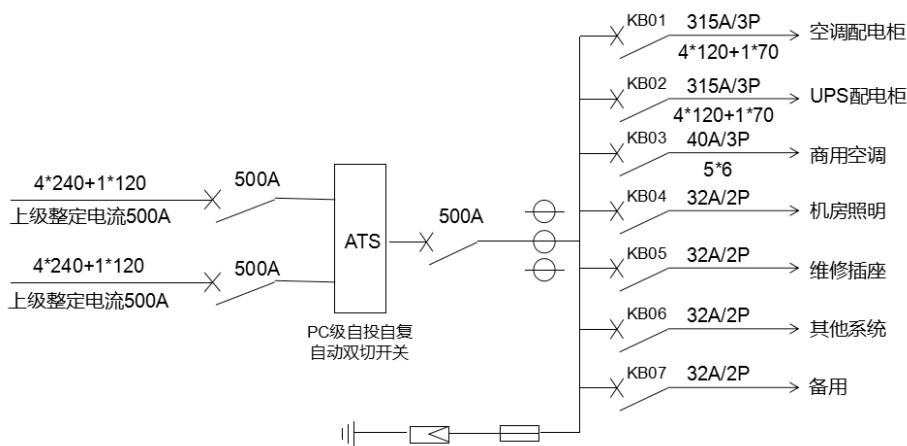


图3 总配电柜

7 深化设计

现场总是会有些条件满足不了我们的初步设计，本项目也不例外，当我们和大楼的市电管理部门再次沟通后，得知大楼没法提供给机房两条独立的500A的供电回路，但是可以从两个独立的配电房分别给我们两条300A的供电回路。现场条件的变化，让我们不得不重新分析整个供配电方案，进行深化设计。

经对机房负荷情况的分析，我们发现空调系统的总负荷为53KW、机柜的总负荷为77KW，两者负荷差距不

大，可以考虑分别独立供电，而且空调系统和机柜内的设备供电分开后，两者之间用电互不干扰，也是一个不错的方案。

经深化设计，我们将原来的总配电柜、空调配电柜和UPS配电柜三个配电柜合成为空调配电柜（图4）和UPS配电柜（图5）两个配电柜。同时，我们将机房照明、维修插座、其他系统等供电统一设计到空调配电柜中，则空调配电柜的总负荷为63KW，UPS配电柜总负荷仍是77KW。

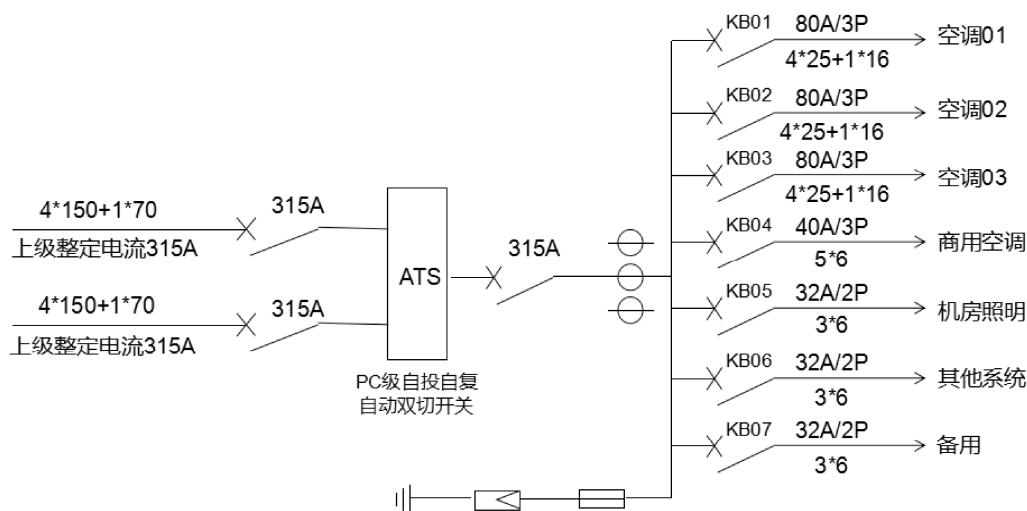


图4 空调配电柜

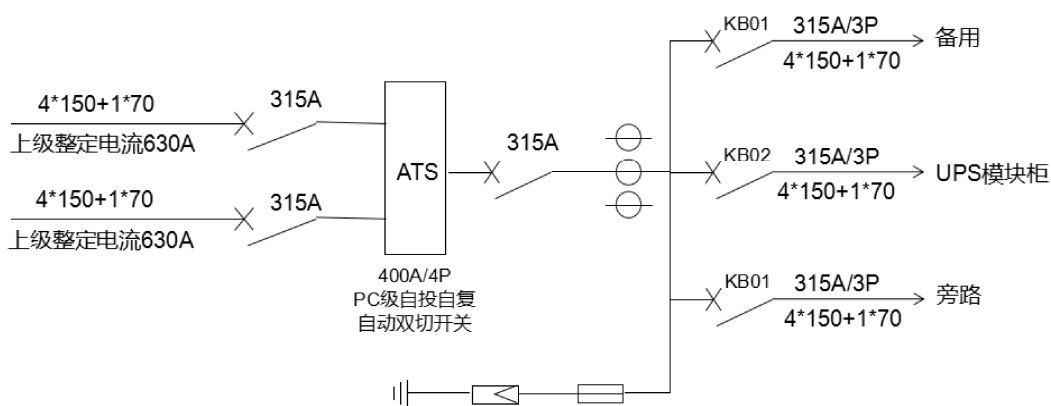


图5 UPS配电柜

深化设计后，方案得以优化，也得到了项目各方的认同，项目得以顺利竣工。当然，数据中心机房供配电系统还包括了精密列头柜、防雷接地，有的供配电系统还包括了柴油发电机组等，因篇幅和专业知识的所限，在此不一一说明，大家可以参考相关文章。

8 结束语

在本数据中心机房项目的建设过程中，笔者作为机房建设单位的一名弱电工程师，和市电提供单位、配电柜制作单位、空调、UPS安装单位和现场施工人员就供配电系统相关的问题进行了反复的设计沟通，本文既是一

篇论文也是机房建设过程的记录，通过论文的方式与大家共同探讨和学习，希望本文针对数据中心机房供配电系统的负荷计算、UPS的选型及蓄电池容量的计算、配电柜的设计与深化设计等过程的介绍，能够对大家今后的工作有所帮助和借鉴。

参考文献：

- [1]数据中心设计规范GB50147-2017，北京：中国计划出版社，2017
- [2]齐曙光等，数据中心基础设施测试技术，北京：清华大学出版社，2020