

文章编号: 1671-6612 (2020) 05-588-04

某热带地区水电站 一次回风直膨式空调应用与研究

查显顺 陈鹏云 谢方祥

(长江勘测规划设计研究有限责任公司 武汉 430015)

【摘要】 通过对热带地区水电站室外空气计算参数的分析及空调系统冷负荷的计算,并结合厂房布置特点,研究了厂房一次回风空调系统的设计方案、气流组织、各区域空气状态参数及节能降耗情况;分析了直膨式空调机组的优势;提出高温高湿地区地面水电站通风空调设置回风系统可以极大地降低通风空调能耗;选择直膨式空调机组作为空调冷源可以节约厂房空间,避免了繁琐的空调水系统。一次回风直膨式空调在高温高湿地区地面水电站是值得推广应用的。

【关键词】 通风空调;直膨式机组;等湿加热;一次回风;气流组织
中图分类号 TU83 文献标识码 B

Application and Research of Primary Return Air Conditioning System Using Direct Expansion Unit in a Tropical Hydro-power Station

Zha Xianshun Chen Pengyun Xie Fangxiang

(Changjiang, Survey, Planning, Design and Research Co., Ltd, Wuhan, 430015)

【Abstract】 Combined with the layout feature of the powerhouse, researches the design scheme and the air distribution of primary return air conditioning system of the powerhouse and the quantity of air state in each position, based on the analysis of outdoor air design conditions of hydropower station in tropical area and the calculation of air conditioning system cooling load. Analyzes the advantages of direct expansion air conditioning unit. Presents that it can greatly reduce the energy consumption of ventilation and air conditioning to design return air for the air conditioning system of ground hydropower station in high temperature and high humidity region. It can save space for powerhouse and avoid using air conditioning water system to select direct expansion air conditioning unit on roof as the cold source of air conditioning system for powerhouse. It is worthy of being promoted and applied to design primary return air conditioning system using direct expansion unit for ground hydropower station in high temperature and high humidity region.

【Keywords】 ventilation and air conditioning; direct expansion unit; sensible heating; primary return air; air distribution

作者(通讯作者)简介:查显顺(1987.5-),男,工程师,E-mail:zhaxianshun@cjwsjy.com.cn
收稿日期:2020-08-26

0 概述

位于热带地区的某枢纽建筑物主要包括大坝、溢洪道、引水发电系统、上下游围堰及导流洞,引水发电建筑物为地面厂房,共安装2台单机容量为75MW的水轮发电机组,总装机容量为150MW。地

面厂房位于河床左岸,厂房尺寸为:61m×21m×53m(长×宽×高)。

水电站通风空调系统主要目的是降温除湿^[1-5],常用的有两种形式,一是直流式通风空调系统:将室外空气通过空调机组降温除湿处理后送至厂房主

厂房、主变洞、副厂房, 依次带走厂内各部位余热余湿后将厂内空气直接排出室外; 二是采用全面通风(未经降温除湿处理)与局部空调相结合的方式, 两种形式的空调冷源常为风冷或水冷冷水机组。前者沿着气流方向, 空气温度越来越高, 易出现局部区域温度相比于设计值偏高或偏低的现象; 后者存在末端机组占用厂内空间、冷水进入设备间等缺点, 且二者均需配置繁琐的水系统。本工程针对热带地区室外空气高热高湿的特点, 采用一次回风直膨式空调系统, 避开了前述两种空调形式存在的缺点, 通过优化气流组织以及降低新风比的方式, 极大地实现了电站通风空调系统的节能降耗。

1 空气参数与冷负荷

1.1 室外空气参数分析

本工程地点地处热带地区, 所属流域的气候主要受西南季风(夏季风)和东北季风(冬季风)的影响。由于该地区靠近海, 其气候条件总的特性是湿热, 常年有雨, 年内气温变化不大。根据室外空气计算温度简化方法^[6-8], 并结合本工程水文气象资料, 电站主要室外空气计算参数如表1所示。

表 1 室外空气计算参数表

Table 1 Calculation parameters of outdoor air

序号	名称及单位	值
1	日平均最低气温 (°C)	19.2
2	夏季空调室外计算干球温度 (°C)	34.2
3	多年平均气温 (°C)	26.4
4	夏季通风室外计算温度 (°C)	31.2
5	多年平均相对湿度 (%)	86

1.2 负荷计算与分析

(1) 室内余热余湿

室内余热包括地上围护结构的传热、厂内设备及人员的散热, 余湿主要为地下围护结构壁面及人体的散湿。室内余热、余湿计算结果如表2所示。

表 2 室内余热、余湿计算结果汇总表

Table 2 Summary of calculation results of indoor heat gain and moisture excess

序号	生产场所	室内余热 (kW)	室内余湿 (kg/h)
1	主厂房	167.6	4.55
2	副厂房高温区	86.8	2.01
3	副厂房空调区(多联机系统)	72.4	0.63

4	GIS 室层(独立通风系统)	30.1	—
5	总计	356.9	7.18

(2) 新风负荷

根据工程所在地气象参数及焓湿图分析, 空调季节新风状态点的焓值为 112.7kJ/kg, 含湿量 30.5g/kg。新风焓值及含湿量较高, 故在方案设计时需要尽可能减少新风量, 使厂内人工环境达标的同时降低通风空调能耗。

2 一次回风空调方案应用与分析

2.1 方案概述及气流组织

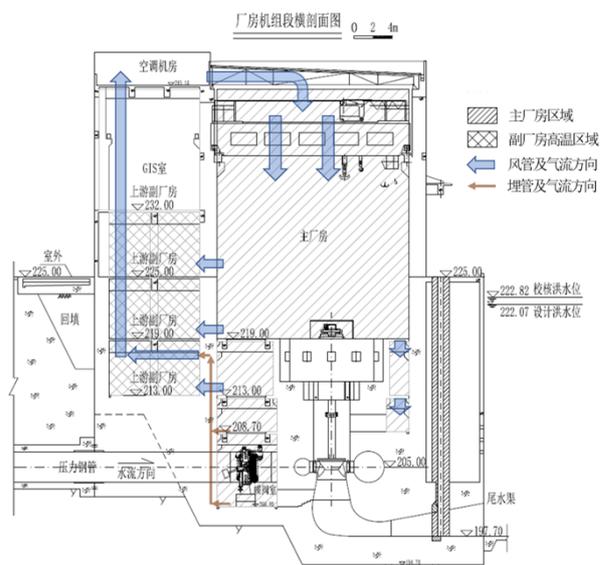


图 1 厂房机组段横剖面气流流向图

Fig.1 Air flow direction of cross section of powerhouse unit area

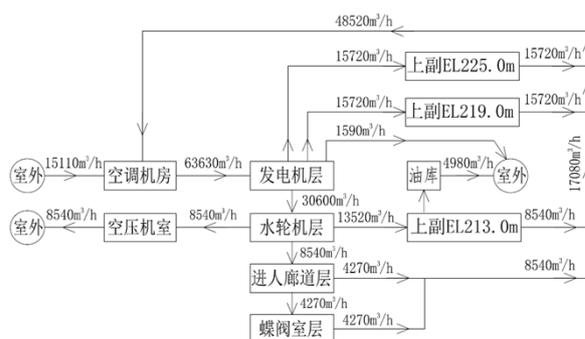


图 2 厂房一次回风空调系统流程框图

Fig.2 Flow-process of primary return air conditioning system of powerhouse

根据厂房布置形式以及热、湿负荷计算结果, 将厂房通风空调系统划分为三个部分: 一是主厂房

及副厂房高温区的一次回风空调系统(本文研究对象);二是部分电气设备和人员房间的多联机空调系统;三是GIS室、油库等区域的独立通风系统。厂房机组段横剖面气流流向图如图1所示。厂房一次回风空调系统新风、回风经过空调机组处理后自主厂房顶部送入,依次经过较低温度区(主厂房)、高温区(副厂房),沿途带走余热、余湿后通过回风管(井)至空调机组,进入下一次空气循环。厂房一次回风空调系统在空调机组、回、排风机及管路设施的作用下,形成流程框图如图2所示。

2.2 通风量确定与机组选型

(1) 通风量的确定

厂房一次回风空调系统气流以串联方式带走沿途各部位余热、余湿。根据冷负荷与焓差的传统通风量计算方法^[9]存在较多未知的输入条件。因此本文通过等效计算方法确定总送风量,继而逐个计

算沿气流方向各区域的通风量,并对各区域温度与换气次数进行试算,最终确定各区域的通风量与空气状态,如表3所示。总送风量等效计算方法为:主厂房区域设计温度比副厂房高温区域低2℃,结合厂房布置,整个厂房视为一个等效计算区域,可取其平均温度值为34℃,而厂房热湿比计算值为14万,可近似认为厂房空调送风过程为等湿送风,从而确定送风状态点S,继而确定室内状态点N。空气处理及送风过程焓湿图,如图3所示。

根据厂房布置,空压机室排风难以排至回风井,根据规范要求,蓄电池室及油库需要设置独立排风系统,不可设置回风。结合空气处理过程计算,并尽可能减少新风量,最终确定该空调系统回风量为48520m³/h,新风量为15110m³/h,总送风量为63630m³/h,新风比为23.7%。新风负荷为202.2kW,系统总负荷为456.6kW。

表3 厂房各部位通风量计算表

Table 3 Calculation results of ventilation rate for each area of powerhouse

序号	部位名称	通风量 (m ³ /h)	焓值 (kJ/kg)	含湿量 (g/kg)	温度 (°C)	换气次数
0	送风状态点	—	61.2	15.3	22	—
1	主厂房发电机层	63630	67.3	15.4	27.7	1.9
2	主厂房水轮机层	30600	70.4	15.5	30.8	3.6
3	主厂房进入廊道层	8540	72.0	15.8	31.3	2.3
4	主厂房蝶阀室层	4270	73.6	16.6	30.8	1.5
5	副厂房 213m 高程	13520	73.9	15.8	33.1	4.2
6	副厂房 219m 高程	15720	74.0	15.5	33.9	4.9
7	副厂房 225m 高程	15720	74.0	15.4	34.2	4.2

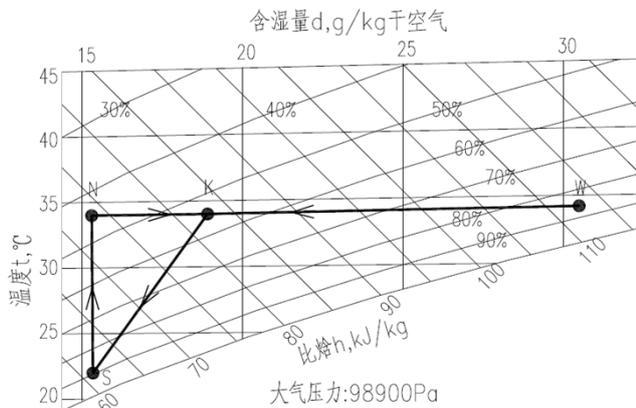


图3 空气处理及送风过程焓湿图

Fig.3 Psychrometric chart of air treatment and supply process

(2) 机组的选择

在确定了顶部送风的基础上,结合地面厂房结构形式,将空调机组布置在屋顶是较为合理的方案,冷源选择直膨式空调机组,其具有如下特点:①机组不占用厂外用地;②机组为风冷直接蒸发式空调设备,无繁琐的冷冻水、冷却水系统进入厂房,极大程度方便了安装和运行维护;③处理后的空气直接送入厂房,缩短了送风距离,降低了输送能耗;④机组配有新风引入功能,可通过送、回风风量的调整进入节能运行工况。

根据通风量及热、湿负荷的计算,考虑安全系数,直膨式空调机组的主要选型参数为:制冷量为510kW,风量为70000m³/h。

3 节能分析及运行策略

3.1 系统节能分析

为研究厂房空调系统的能耗情况,将传统直流空调方案与一次回风空调方案的年耗电量进行对比计算分析,如表4所示。两方案选用同类型的空调机组,由于地处热带地区,传统直流空调系统采用全新风运行的方式,新风负荷极大,需要选择制冷量更高的机组,而两者回、排风机等能耗基本一致。经计算分析,一次回风空调方案相比传统直流空调方案节能率可达55.9%。

表4 通风空调系统耗电对比表

Table 4 Comparison of power consumption of ventilation and air conditioning system

方案名称	机组制冷量 (kW)	机组制冷功率 (kW)	风机功率 (kW)	年总耗电量 (万 kWh)	比例
传统直流空调方案	1286	430	23.18	271.43	100%
一次回风空调方案	510	170	23.18	119.59	44.1%

3.2 节能运行策略

随着智能管理的发展,无人值守水电站已逐渐成为现实。为满足电厂设备运行的需要,减少运行管理的工作量,对本电站设置通风空调设备的监测和自动控制系统^[10-12]。根据厂房一次回风空调系统特点、厂内热、湿负荷及新风状态设置风量调节功能,如图4所示。在机组的新风入口(W点)、回风入口(H点)处设置温、湿度传感器,当室内回风焓值 $h_H \geq$ 室外新风焓值 h_W 时,通过自动控制系统调节电动风量调节阀(DT-1~DT-3),使一次回风空调系统进入最大新风工况运行,即机械通风工况;当 $h_H < h_W$ 时,调节电动风量调节阀(DT-1~DT-3),使一次回风空调系统进入最小新风工况运行,从而降低系统的运行能耗。

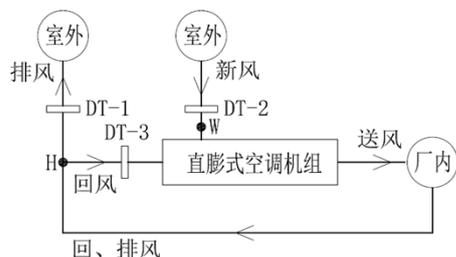


图4 一次回风空调系统风量调节原理图

Fig.4 Diagram of air volume adjustment of primary

return air conditioning system

4 结论与建议

(1) 热带地区室外空气具有高温高湿特点,水电站的通风空调设计应注意:仅靠机械通风不能排除厂房余热余湿,需设置空调系统,且在满足厂内人员与设备基本要求的前提下尽量减少新风量,降低新风负荷,减少空调能耗。因此,热带地区地面厂房采用新、回风量可调的一次回风空调系统是比较合理的方案,应被广泛推荐。

(2) 屋顶直膨式空调机组应用于地面厂房,无繁琐的水系统,结构简单,占用空间少,是较为合理的空调冷源方案。

参考文献:

- [1] 付祥钊. 水电站地下主厂房顶送风研究[J]. 暖通空调, 1996,(1):59-62.
- [2] 王琳薇,刘旭东. 安谷水电站主厂房通风设计[J]. 四川水力发电, 2018,37(1):73-74,92.
- [3] 查显顺,陈鹏云. 乌东德水电站通风空调设计分析[J]. 暖通空调, 2015,45(2):57-59.
- [4] 范湘蓉,赵晓峰. 溪洛渡水电站地下厂房通风系统布置设计[J]. 四川水力发电, 2011,30(3):87-89.
- [5] 郭建辉,王迪良. 彭水地下水电站厂房通风气流组织的数值模拟及方案比较[G]. 水电暖通空调技术, 2004,(14): 115-117.
- [6] 水电站机电设计手册编写组. 《水电站机电设计手册》(采暖通风与空调) [Z]. 北京:水利电力出版社, 1987.
- [7] 电子工业部第十设计研究院. 空气调节设计手册(第二版) [Z]. 北京:中国建筑工业出版社, 2005.
- [8] SL 490-2010, 水利水电工程采暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京:中国水利水电出版社, 2010.
- [9] 肖益民,林婷莹,徐蒯东. 地下水电站主厂房通风空调系统设计风量的确定[J]. 暖通空调, 2014,44(12):27-31.
- [10] 吴丹丹,杨艳,孔德宁. 龙滩水电站通风空调自动控制系统[J]. 水利水电技术, 2011,42(6):48-51.
- [11] 张晓华. 三峡左岸电站暖通空调系统设计与运行[J]. 暖通空调, 2012,42(9):95-99.
- [12] 杜钊,李初辉. 浅析向家坝水电站通风空调控制系统[J]. 水电站机电技术, 2012,35(5):120-122.