

涉外工程特殊气象条件下的通风空调设计

中南电力设计院 谢网度[☆]

摘要 阐述了酷热干燥沙漠性气候条件下涉外工程通风空调系统常用的设计方案、设计难点,以及空调机组和输煤、石灰石输送系统除尘器选型应注意的事项。

关键词 涉外工程 酷热干燥气候 通风空调 除尘设计 关注点

Ventilating and air conditioning system design for projects concerning foreign countries in particular climatic conditions

By Xie Wangdu[★]

Abstract Describes the commonly used design schemes and design difficulties of ventilating and air conditioning system for the kind of projects under extremely hot dry desert climatic conditions, and the concerns in selection of air conditioning units and dust collectors in the coal, limestone conveying system.

Keywords project concerning foreign country, hot dry climatic, ventilating and air conditioning, dust removing design, attention point

★ Central Southern China Electric Power Design Institute, Wuhan, China

①

1 概述

近几年,笔者所在单位设计了大量涉外工程。工程所在地的气候特点各不相同,其中某些工程所处地区的气象条件很恶劣,有的气象条件甚至恶劣到在以往的工程设计中都没有遇到过。

涉外工程通风空调系统设计首先必须严格履行合同,往往设计方案不是最适合当地气象特点的方案。其次,因地区和气候不同,不同项目各有其特殊要求,例如,对于土耳其的项目,通风空调系统设备必须经欧盟 CE 认证方可使用,其中一点特别需要注意:欧盟地区禁止使用在我国或其他第三世界仍可以使用的空调制冷剂 R22,空调设备必须使用 R134a 等环保型制冷剂;对于地处苏丹的电厂工程,由于当地气候酷热,按我国标准设计制造的制冷空调设备无法正常运行,且设备制冷量衰减大,因此设计选型时应根据室外气温修正空调机组的风冷压缩冷凝系统;对于印尼的项目,根据当地气候特性必须全年运行空调设备,故空调设备备用率要更高。印尼和马来西亚当地的燃煤挥发分很高,其输煤除尘设备不能选择静电除尘器和扁布袋除尘器。石灰石输送系统运行过程中产生的灰尘

量很大,除尘器入口灰尘浓度远远超过了除尘器允许入口浓度,使得除尘器布袋在短时间内就被堵死,采用脉冲袋式除尘器时气布比应适当。

下面结合苏丹和印尼工程项目的设计经验和教训,根据工程当地气候特性,总结通风、空调、除尘设计方案和值得注意的问题。

2 酷热干燥沙漠性气候条件下的通风空调设计

以苏丹 Al-Fula 电厂工程为例进行介绍。

2.1 室外气象参数

Al-Fula 没有气象观测站,设计该工程时采用邻近的 Babanusa 气象站的资料。Babanusa 位于东经 27°40',北纬 11°20',海拔高度 543 m,当地气候属热带沙漠气候。

根据 Babanusa 气象站 1971—2008 年的观测资料统计,其基本气象参数如下:多年平均气温 28.9℃,极端最高气温 48.5℃,极端最低气温 1

①☆ 谢网度,男,1963 年 4 月生,大学,教授级高级工程师
430071 武汉市武昌民主路 668 号中南电力设计院
(027) 67816830
E-mail: xiewangdu@csepi.com
收稿日期:2011-11-16

℃,多年平均气压 960.2 hPa,多年平均降水量 499.2 mm(合同中提到的年平均降水量为 200 mm),日最大降水量 138.3 mm,多年平均蒸发量 4 501.6 mm,平均相对湿度 36.3%,平均风速 2.4 m/s,最大风速 38.9 m/s,多年平均日照时间 3 169 h,多年平均沙尘暴时间 40 d,全年主导风向为 NE,夏季(4—6月)主导风向为 SW 和 NE,冬季(12—2月)主导风向为 NE。

根据多年逐月气象参数,按我国规范计算得到的室外设计参数如下:夏季空调室外计算干球温度 40.9℃,夏季通风室外计算干球温度 37.4℃,夏季空调室外计算日平均温度 35.9℃,夏季空调室外计算湿球温度 26.6℃。

2.2 汽轮机房喷水蒸发降温通风

苏丹 Al-Fula 电厂为 3×135 MW 的燃油电厂,汽轮机采用空冷凝汽方式。

工程合同要求汽轮机房室内最高温度只能比室外环境温度(干球温度)高 10℃,且汽轮机房通风采用正压通风系统。在考虑涉外工程必须满足合同要求且投资费用最少的前提下,汽轮机房采用喷水蒸发式送风机组机械进风、屋顶风机机械排风的通风方式。室外空气经喷水蒸发式送风机组降温处理后,经汽轮机房 0.000 m 层和运行层送风口送入室内,吸收室内余热、余湿后,由设置于汽轮机房屋面的屋顶风机排至室外。

汽轮机房内汽轮机、发电机及管道散热量为 4 050 kW,散湿量为 2 025 kg/h。

汽轮机房通风空气处理过程如下:室外空气(干球温度取夏季通风室外计算干球温度 37.4℃,相对湿度原则上应采用最热月 14:00 的平均值,此处采用最热月月平均相对湿度 34.3%)经喷水蒸发式送风机组等比焓降温处理至送风状态(干球温度 25.3℃,相对湿度 90%),经设置在汽轮机房 A 列墙各层风口送入室内,吸收室内余热后,由设置于汽轮机房屋面的屋顶风机排至室外。

排风温度则既要考虑到满足合同要求,又要考虑到节约投资,故按室外空气温度 $37.4^\circ\text{C} + 8^\circ\text{C} = 45.4^\circ\text{C}$ 设计。此种情况下,汽轮机房通风量为 725 373 kg/h,经喷水蒸发式送风机组等比焓降温处理后的送风量为 650 360 m³/h,汽轮机房排风量为 694 183 m³/h。设备选型情况为:设计选用 6

台喷水蒸发式送风机组,每台机组送风量为 1.25×10^5 m³/h,总送风量为 7.5×10^5 m³/h;设计选用 18 台屋顶风机,每台风机风量为 5.0×10^4 m³/h,总排风量为 9.0×10^5 m³/h。为了保证室内为正压,可投运 14 台屋顶风机,4 台备用(备用率为 28%),此时,汽轮机房总排风量比总进风量少 10%左右。

汽轮机房通风系统示意图见图 1。

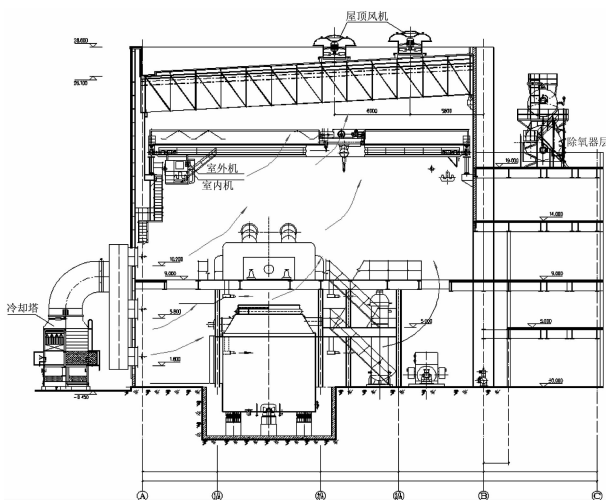


图 1 汽轮机房通风系统示意图

在该工程概念设计审查过程中,业主工程师提出:汽轮机房通风应采用自动控制,根据室外气象条件,逐台停止喷水蒸发式送风机组的运行,以减少耗水量。

喷水蒸发式送风机组是由抽风型汽水横向流动或汽水逆向流动的散热型冷却塔设计改型而来,是由进风铝合金防沙百叶窗(带铝合金防尘网)、进风铝制风口式过滤器、集水池、喷淋水泵、喷淋水管及布水系统、喷嘴、填料、风机及其电动机、塔体、必要的检修门、检修爬梯、配电控制箱等设备及部件组成的空气处理设备。为满足工程当地气象特性,重点改进了进风百叶和进风空气过滤器,并且为保证送风风压,调整了风机的选型。

2.3 泵房喷水蒸发降温通风

项目合同要求所有泵房室内设计温度最高值为 35℃,且要求室内保持正压。故泵房均采用喷水蒸发式空气处理机组正压送风,泵房外墙上部设铝合金百叶窗自然排风的通风方式,以保证泵房室内温度不超过 35℃。

本文以辅机循环水泵房为例进行说明。泵房

总冷负荷为 105 kW。其中设备散热量为 62 kW,围护结构传热量仅考虑工作区内负荷,为 43 kW。

辅机循环水泵房通风空气处理过程如下:室外空气(干球温度取夏季通风室外计算干球温度37.4℃;相对湿度原则上应采用最热月 14:00 的平均值,此处采用最热月月平均相对湿度 34.3%)经喷水蒸发式空气处理机组等比焓降温处理至送风状态(干球温度 26.1℃;相对湿度 85%),经风管送入泵房室内,吸收室内余热后,由设置于外墙上部的铝合金百叶窗排至室外。考虑到夏季通风室外计算温度的不保证率较低,排风温度按室外空气温度 32℃设计。此种情况下,经喷水蒸发式送风机组等比焓降温处理后的送风量为 52 500 m³/h。设备选型情况:选用 1 台喷水蒸发式空气处理机组,风量处理能力为 6×10⁴ m³/h,冷却能力为 217 kW,喷水量为 80 t/h。

喷水蒸发式空气处理机组由以下功能段组成:进风段(带进风弯管及进风铝合金防沙百叶风口)、板式粗效及袋式粗效过滤段、水喷淋冷却段(含喷淋水泵)和送风机段。其中板式粗效过滤器的过滤效率应满足欧洲标准 G1 等级的要求;袋式粗效过滤器的过滤效率应满足欧洲标准 G3 等级的要求。过滤器材料应为非燃或阻燃型。

2.4 冷水机组、分体式空调设备选型及设备布置

2.4.1 制冷剂

1) 制冷剂特性和禁用年限

苏丹 Al-Fula 项目和喀土穆工程外方合同中均明确规定:“所有设备的制冷剂应采用对大气臭氧层无破坏作用的制冷剂,并经蒙特利尔协定认可,如英国×化学工业公司命名的 R134a 或 KLEA32 或者等同的制冷剂。”

冷水机组和工业型分体空调采用的压缩机均可以采用 R134a 制冷剂。小型民用分体式空调采用的回转式压缩机使用的环保型制冷剂通常为 R407C 或 R410A。这 2 种制冷剂均为 R22 制冷剂的替代产品。

2) 适合高温环境的制冷剂(见表 1)

从表 1 可以看出,对风冷冷水机组和工业型风冷分体式空调机,当制冷剂冷凝温度同为 50℃时,采用 R134a 制冷剂的冷凝压力仅为采用 R22 时的 67%。因此,即使外方合同规定仍可以采用 R22,高温环境地区工程的风冷冷水机组和风冷分体式

表 1 适合高温环境的制冷剂的温度压力对照表		
温度/℃	绝对压力/MPa	
	R22	R134a
35	1.365	0.884 8
40	1.55	1.015
45	1.735	1.158
50	1.96	1.317
55	2.09	1.491
60	2.35	1.691

空调机亦应采用 R134a 制冷剂。

2.4.2 室外环境温度对设备选型的影响

1) 风冷分体式空调机适合的气候类型

在使用房间空调机时,有一定的温度和环境条件,并不是在任何环境温度下都能正常使用。当环境温度超过使用范围或者不符合使用条件时,房间空调就不能正常工作或者工作效率很低。

风冷分体式空调机通常分为三种:冷风型、热泵型、电热型。按不同的气候类型标准制造的空调机,其适用的环境温度范围(见表 2)是不相同的。根据国标 GB/T 7725—2004《房间空气调节器》的规定,气候类型分为三类:T1,T2,T3。

	表 2 不同空调器的适用环境温度范围 ℃		
	气候类型		
	T1	T2	T3
冷风型	18~43	10~35	21~52
热泵型	-7~43	-7~35	-7~52
电热型	≤43	≤35	≤52

注:对于不带除霜装置的热泵型空调器,工作的最低温度可为 5℃。

由表 2 可见,T3 气候类型的空调最高工作环境温度为 52℃,可以适应热带高温气候,因此称为热带型空调;T2 气候类型的空调称为寒带型空调;而 T1 气候类型的空调称为温带型空调。

目前国内生产的空调器大多为 T1 气候类型,夏季在制冷工况下运行时,当室外温度超过 43℃时,无法正常制冷或者工作效率会很低;而冬天在热泵工作条件下作制热运行时,当环境温度低于-7℃时,就无法正常工作或者制热效率很低。

对于民用类分体空调器,用于高温地区工程中时,如苏丹 Al-Fula 项目和喀土穆工程,当地极端最高气温为 48.5℃,阳光直射下的温度达 80℃,对照表 2,应采用 T3 气候类型的空调机,并在设备材料表中注明气候类型代号。另外,应注意空调器制冷工况时的最低运行环境温度,如 T3 气候类型热泵型空调器制冷工况时的最低运行环境温度仍为 21℃。

对于工业类分体空调机,应在设备招标文件内

注明:空调机制冷量/制热量所对应的设计工况、空调机能正常运行的室外最高环境温度,甚至注明空调机能正常制冷运行的室外最低环境温度。

对于风冷冷水机组,同样应在设备招标文件内注明:空调机制冷量/制热量所对应的设计工况、空调机能正常运行的室外最高环境温度。

2) 制冷剂对 COP 的影响

以某厂同容量的风冷冷水机组为例,标定工况下采用 R22 制冷剂机组的 COP 为 3.094;采用 R134a 制冷剂机组的 COP 则为 2.968,采用 R407C 制冷剂机组的 COP 则为 2.851。

可见,环保型制冷剂 R134a 和 R407C 的能耗特性稍逊于 R22 制冷剂。

3) 室外环境温度和室内设计温度对制冷量的影响

不同工况下风冷分体式空调制冷量修正系数见表 3。

表 3 不同工况下风冷分体式空调制冷量修正系数								
室内进风温度/℃		室外机冷凝器进风干球温度/℃						
湿球	干球	25	30	35	40	43	45	50
16	23	0.98	0.94	0.89	0.85	0.82	0.81*	0.77*
18	25	1.05	1	0.95	0.90	0.87	0.85*	0.81*
19	27	1.10	1.05	1	0.95	0.91	0.89*	0.85*
20	28	1.12	1.07	1.02	0.96	0.93	0.91*	0.86*
22	30	1.19	1.13	1.08	1.02	0.99	0.96*	0.90*
24	32	1.26	1.20	1.15	1.08	1.05	1.02*	0.97*

注:表中数据为某风冷分体式空调机产品样本内的数据,带*栏内数据为推算所得。

从表 3 可以看出,风冷分体式空调机制冷时名义工况参数为:室内侧干球温度和湿球温度分别为 27℃和 19℃;室外侧空气干球温度和湿球温度分别为 35℃和 24℃。

如对于苏丹喀土穆工程,合同要求空调设备制冷量应按室外极端最高气温 48℃设计,空调室内设计温度为(24±1)℃,按此要求设计,风冷分体式空调机制冷量修正系数只有 0.81。反推之,制冷剂采用 R22 时,同制冷量的风冷分体式空调机的压缩机配置与名义工况相比,容量需增大近 20%;而与采用 R22 制冷剂的风冷分体式空调机相比,采用环保型制冷剂的空调的压缩机容量配置需增大 20%~30%。

2.4.3 风冷冷水机组和风冷空调室外机的布置

对于苏丹 Al-Fula 项目和喀土穆工程,室外极端最高气温为 48.5℃,阳光直射下的温度达 80℃,按当地习惯,风冷冷水机组和风冷分体式空调

机室外机通常布置在室外地面上,尽可能布置在建筑物北侧遮阳处,不提倡布置在屋面上。当风冷冷水机组因场地条件限制必须布置在屋顶上时,宜设置遮阳设施。

3 输煤除尘设计

印尼和马来西亚燃煤的挥发分很高,如印尼公主港项目的设计煤种和校核煤种的干燥无灰基挥发分分别为 50.76%和 52.87%。DL/T 5035—2004《火力发电厂采暖通风与空气调节设计技术规程》规定:“当输煤系统选用电除尘器时,煤尘可燃基挥发分应小于 46%”,因此,其输煤除尘系统不能选择静电除尘器。

马来西亚古晋电厂一期工程外方合同中对输煤除尘系统除尘器的选型没有作具体规定,设计时选用了多管冲激式除尘器。该电厂二期工程设计时,业主提出要求对一期除尘器进行改型设计,与二期工程一样均选用袋式除尘器。经了解,主要原因是多管冲激式除尘器存在排污水二次污染问题,再者业主方不习惯采用水浴式除尘器。

基于以上原因,当外方合同没有对输煤系统除尘器选型作具体规定时,印尼和马来西亚的燃煤电厂输煤系统除尘器只能选择袋式除尘器,通常选用脉冲袋式除尘器,除尘风量过小(≤5 000 m³/h)时可采用扁布袋除尘器。

土耳其 Silopi 石灰石输送系统转运站、筛碎楼、干燥系统采用了扁布袋和脉冲袋式除尘器,现场反映除尘器基本不能正常运行,特别是扁布袋除尘器。经分析,主要原因是石灰石系统运行过程中产生的灰尘量太大,即除尘器入口灰尘浓度可能远远超过了除尘器最高允许入口浓度 30 g/m³,使得除尘器布袋在短时间内就被堵死,灰尘大量溢出到室内。输煤系统采用的脉冲袋式除尘器的气布比一般为 100~120,扁布袋除尘器更达到 180。而电厂除灰系统除尘器选择有如下规定要求:除尘器过滤风速不能超过 0.8 m/min,即其气布比不应大于 48。因此,选择石灰石系统布袋除尘器时,其过滤风速应参照电厂除灰系统除尘器选择原则,布置空间受限时气布比也不应超过 60。在安装场地条件允许时,建议采用布袋除尘器前增加一级旋风除尘器的两级除尘方式,旋风除尘器能够捕集粒径>5 μm 的大颗粒粉尘,可大大降低布袋除尘器的入

口含尘浓度,有效提高除尘系统除尘效率。博茨瓦纳 Morupulab 燃煤电站输煤除尘系统采用布袋除尘器前增加一级旋风除尘器的两级除尘方式,究其原因是外方合同要求输煤除尘系统最高排放标准为 50 mg/m^3 ,除尘系统采用一级布袋除尘器难以达到如此低的排放标准。

袋式除尘器的消防要求:涉外工程输煤系统选用的袋式除尘器,按《美国防火协会标准》的规定,除尘器内必须设置水喷淋消防设施。因此,不论外方合同中有没有对袋式除尘器的消防作出要求,袋式除尘器内必须设置水喷淋消防设施。

4 涉外工程通风空调设计其他应关注的问题

出口欧盟的设备及商品必须经过欧盟 CE 认

证。

在欧盟市场,CE 标志属强制性认证标志,不论是欧盟内部企业生产的产品,还是其他国家生产的产品,要想在欧盟市场上自由流通,就必须加贴 CE 标志,以表明产品符合欧盟《技术协调与标准化新方法》指令的基本要求。这是欧盟法律对产品提出的一种强制性要求。CE 认证证书必须由总部位于欧盟成员国的认证机构签发。自 20 世纪 80 年代末以来,已有一批外资认证机构进驻中国。

应该注意的是:不论外方合同中有没有对空调制冷剂作出规定,若空调设备要求通过欧盟 CE 认证,冷水机组和空调设备的制冷剂必须采用环保型制冷剂 R134a,R407C 和 R410A,而不得采用 R22。