

200 MW 直接空冷装置空气动力特性研究

赵顺安 ,黄春花 ,石金玲

(中国水利水电科学研究院 ,北京 100044)

摘要 通过 200 MW 机组直接空冷装置空气动力模型试验 ,研究了空冷装置的空气动力特性、空冷凝汽器和高架平台下建筑物对空冷流场的影响以及平台的的不同高度对阻力系数的影响 ,给出了 200 MW 空冷装置的气流总阻力系数及沿程各部分的阻力系数 .结果表明 ,24 个风机进口靠近迎风侧的风机进风量较大 ,汽机房附近的风机进风量较小 ,其余大体均匀 ;平台高度的变化未对气流总阻力系数构成影响 .

关键词 200 MW 机组 ;直接空冷 ;空气动力特性 ;阻力系数 ;模型试验

中图分类号 :TK264.1+1 文献标识码 :A 文章编号 :1006-7647(2005)S2-0021-03

在“煤富水缺”的华北、东北和西北地区 ,节水型空冷式火力发电机组是较可行的机组 .空冷机组有间接式和直接式 ,近年来 ,直接空冷越来越多地得到应用 .直接空冷系统中 ,汽轮机排出的乏汽 ,通过管道送入空冷凝汽器的钢制散热器 ,由通过散热器的气流将其冷却为凝结水 ,减少了常规二次换热所需的中间介质^[1] .由于直接冷却汽轮机排出的乏汽 ,直接空冷凝汽器一般布置在主厂房附近 ,通过风机强制通风进行冷却 ,因此 ,了解和掌握空冷凝汽器及其相关组件的空气动力特性是空冷器布置选型和设计的关键 .风机平台高低影响其他构筑物布置和空冷凝汽器的换热效率 ,所以 ,了解风机平台高度及平台下构筑物对空气特性的影响具有一定的意义 .本文给出了 200 MW 机组直接空冷机组空冷器及风机平台高度对其动力特

性影响的模型研究结果 ,可供工程设计参考 .

1 模型设计

1.1 工程概况

某工程 200 MW 直接空冷机组 ,直接空冷装置布置在汽机房“ A ”列外、平行“ A ”列的高架平台上 ,平台的设计标高为 34.0 m ,平台下有空间交错钢桁架 ,零米处近“ A ”列区域布置有风机控制间、凝结水箱、精处理再生间及凝结水泵房等等 ,平台四周设置 11.5 m 高的挡风板 ,如图 1 所示 .每台机 24 个空冷凝汽器分为 6 个组垂直于“ A ”列布置 ,每组有 4 个单元空冷凝汽器 ,配置 18 台风机 .每个空冷凝汽器均由 8 个管束组成 ,8 个管束由以 56°角构成的等腰三角“ A ”形结构组成 .

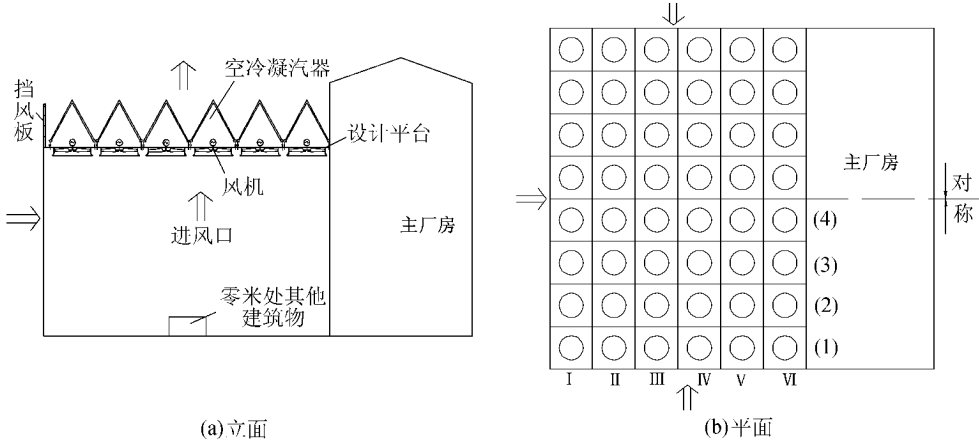


图 1 直接空冷装置示意图

作者简介 赵顺安(1962—),男,山西曲沃人,高级工程师,从事冷却塔与火核电水工水力学研究.

1.2 模型设计

在无外界风情况下,两台机组流动是对称的,因此取该装置的一半进行试验即可满足要求.模型按雷诺准则设计^[2,3],但要使 $Re_m = Re_p$ 是不可能的,因此,为了提高试验精度,使气流处于阻力平方区,原型与模型的阻力系数相等,模型的比尺需要适当加大,取长度比尺 $L_r = 50$,制成半整体正态模型.为满足高架平台高度变化的要求,模型试验装置是以原型空冷装置的两台机界面为底面,将 1/2 原型顺时针旋转 90°,因此,原型中水平放置的 6×4 组直接空冷凝汽器,在模型中就变成了与试验室地面垂直放置,原型中的地面、汽机房等随之均与试验室地面垂直.试验模型装置简图如图 2 所示,直接空冷凝汽器以等效阻力的多孔板模拟,多孔板阻力系数可以从《实用流体阻力手册》^[4]中查取.

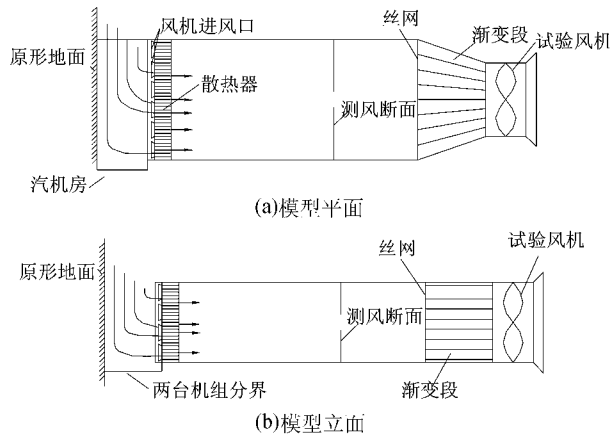


图 2 试验装置简图

1.3 量测参数与方法

风机进风口风速分布的测点设在每个进风口的中心,采用 RHAT-301 型热球风速仪测量.模型风量的测试断面选在距离试验抽风机进口 2 m 处,这里气流均匀,作为测量断面比较适宜.用标准的 Y1000 型毕托管和一台 YJB-150 型补偿式微压计测量,通过量测压差确定各测点风速.采用全压管和补偿式微压计测量全压,采用普通干湿球温度表测量环境干湿球温度,采用 DYM3 型盒式气压表测量大气压.风量的调节由 SVF-113 型变频调速器控制.

2 试验结果

在进行模型试验时,用变频调速器调节风速,模型试验段测量断面处的雷诺数为 $Re_m = vL/\nu \approx 1.6 \times 10^5 \sim 2.3 \times 10^5$.通过模型可以测量出自进风口至空冷器出口的空气阻力及总阻力系数 ζ ,由式(1)计算.

$$\zeta = \frac{P_0 - P}{0.5\rho v_0^2} \tag{1}$$

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \tag{2}$$

式中: P_0 为大气压力, Pa; P 为测量断面的平均全压, Pa; ρ 为空气密度, kg/m³; P_i 为测点的全压, Pa; v_0 为测试断面的平均风速, m/s.

分别对风机平台高度 28 m、31 m、34 m 和 37 m 进行试验研究,风机平台下有建筑物与无建筑物的总阻力系数试验结果见图 3 和图 4,图中横坐标为以测试断面参数计算的雷诺数 Re ,阻力系数为用测试断面平均风速表示的总阻力系数 ζ ,由结果可看出雷诺数变化对总阻力系数影响不大,说明模型试验的气流处于阻力平方区.

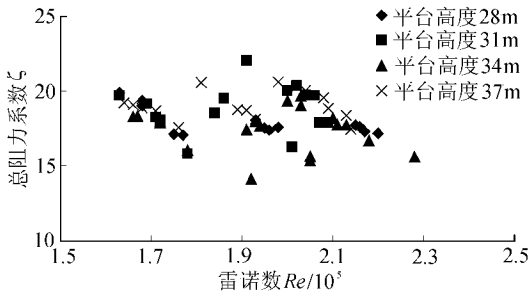


图 3 4 种平台高度下 $\zeta \sim Re$ 关系(无建筑物)

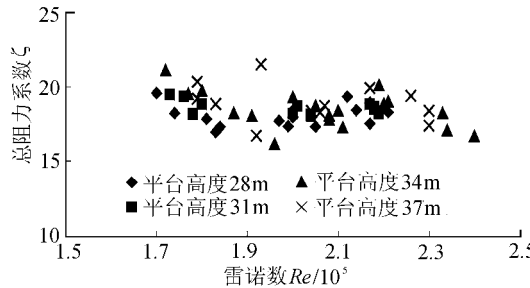


图 4 4 种平台高度下 $\zeta \sim Re$ 关系(有建筑物)

2.1 平台高度、平台下建筑物与阻力系数的关系

由图 3 和图 4 可看出,风机平台高度对气流阻力没有什么影响,说明风机平台 28 m 高度已经较高,高度再增加对于平台下的气流流态影响不大.将有建筑物与无建筑物平均后比较,并以散热器迎面风速 v_f 的动能头表示,则得零米处无建筑物时,总阻力系数为 49.30,零米处有建筑物时为 50.56,有建筑物时阻力系数增加了 2.5%,影响不大.

2.2 风机进风口的风速分布

24 个风机在平台上由于所处位置不同,进风情况也不一样,试验中测量了每个风机进风口中心处的风速.为了与原型对照方便,整理资料时将测量时的位置图又旋转 90°回到原型位置,图 5 是零米处无建筑物时的测量结果,图 6 是零米处有建筑物时的测量结果.图中横坐标 I ~ VI 表示原型空冷凝汽器分为 6 个组,而(1)(2)(3)(4)则表示每组中的 4 个单元空冷凝汽器; v_i 是风机进风口中心点的风速, v_0 是进风口的平均风速,即 $v_0 = \sum v_i/24$,以 v_i/v_0 的值作为各进风口风速大、小的相对比较.由图 5 和图 6 可看出,在每一单元 4 组空冷凝汽器的风机中,

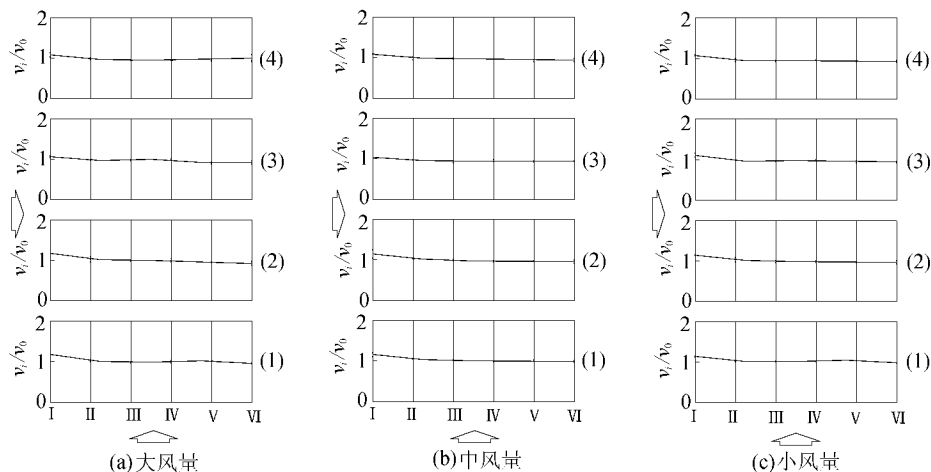


图 5 风机进口风速(无建筑物)

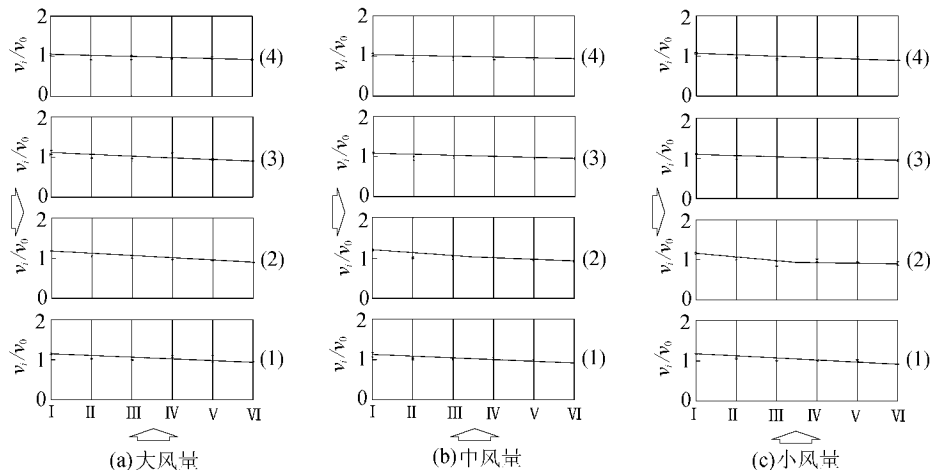


图 6 风机进口风速(有建筑物)

近风侧的第(1)(2)组进口风速较大,距离汽机房较近的第(4)组进风条件差,风速较低,但减小的幅度不大,零米处有建筑物时,各风机进口风速分布趋势与无建筑物时大体相同。

2.3 总阻力系数 ζ 的试验值与计算值的比较

气流从直接空冷装置进口到出口沿程各部分阻力系数由 6 项组成:气流进空冷装置及转弯的阻力系数 ζ_1 ,风机进口的阻力系数 ζ_2 ,风机出口及气流转弯阻力系数 ζ_3 ,直接空冷凝汽器散热器的阻力系数 ζ_4 ,气流出散热器后的转弯损失系数 ζ_5 ,气流出空冷凝汽器的动能损失系数 ζ_6 。文献[5]给出了各部分阻力系数的计算公式,计算结果与模型试验所得的阻力系数值见表 1。

表 1 模型试验与计算所得的总阻力系数

零米处 建筑物	试验 ζ_{0f}	计算						总和
		ζ_1	ζ_2	ζ_3	ζ_4	ζ_5	ζ_6	
无	49.30	3.5	1.31	4.38	30	2.38	7.92	49.49
有	50.56	4.6	1.31	4.38	30	2.38	7.92	50.59

注:表中所列阻力系数值均以散热器迎面风速 v_f 的动能头表示。

由图 3 和图 4 可知平台高度的变化未对气流总阻力系数构成影响,只是零米处有建筑物时,气流总阻力系数略有增加。由表 1 可知,模型试验所得出的

总阻力系数与根据文献计算所得的基本一致。

3 结 论

通过模型试验,得出了 200 MW 直接空冷装置在不同平台高度、不同风量及零米处有、无建筑物工况下,24 个风机进口的风速分布,靠近迎风侧的风机进风量较大,汽机房附近的风机进风量较小,其余大体均匀,确定了空冷装置气流从进口到出口的总阻力系数及沿程各部分的阻力系数,同时,模型试验还表明,由于平台 28 m 已经相当高,因此平台高度的变化未对气流总阻力系数构成影响,只是零米处设置建筑物会使气流总阻力系数略有增加。

参考文献:

- [1] 丁尔谋.发电厂空冷技术[M].北京:水利电力出版社,1992.
- [2] 赵振国.冷却塔[M].北京:中国水利水电出版社,2001.
- [3] 清华大学水力学教研组.水力学[M].北京:人民教育出版社,1981.
- [4] 华绍曾,杨学宁.实用流体阻力手册[M].北京:国防工业出版社,1985.
- [5] Van AARDE D J, KÖRGER D G. Flow losses through an array of a-frame heat exchangers[J]. Heat Transfer Engineering, 1993, 14(1): 78-82. (收稿日期:2005-09-27 编辑:熊水斌)