

水电站无压尾水洞引风过程热工计算方法

清华大学 南京理工大学 余延顺[☆]

清华大学 李先庭 石文星

摘要 在水电站无压尾水洞引风热湿交换过程简化模型基础上,提出了无压尾水洞引风有效作用长度的概念,建立了热湿交换过程的热工计算方法,包括引风沿程空气参数、引风热湿交换量及引风有效作用长度等热工参数的计算,并利用现场测试数据对该方法进行了验证。应用该方法对映秀湾水电站无压尾水洞引风系统连续 6 d 运行的热工参数进行了计算与分析,得到了其变化规律。

关键词 水电站 无压尾水洞引风 热湿交换 有效作用长度 热工计算方法

Thermodynamic calculation method of tailrace tunnel ventilation process in hydropower stations

By Yu Yanshun[★], Li Xianting and Shi Wenxing

Abstract Based on a simplified model of heat and moisture transfer process in tailrace tunnel ventilation, introduces the concept of effective length of tailrace tunnel ventilation, and establishes a thermodynamic calculation method of heat and moisture transfer process, including the calculation of air parameters during the process, quantity of heat and moisture transferred and the effective length of the tunnel, and validates it by the field test data. By the method calculates and analyses the thermodynamic parameters when the tailrace tunnel ventilation system continuously operates for six days in Yingxiuwan hydropower station, and obtains the variation rule of these parameters.

Keywords hydropower station, tailrace tunnel ventilation, heat and moisture transfer, effective length, thermodynamic calculation method

★ Tsinghua University, Beijing, China

①

0 引言

无压尾水洞引风过程是空气在无压尾水洞逆向流动过程中与尾水表面及洞壁面之间同时进行热湿交换的过程。由笔者的研究结果^①知,无压尾水洞对引入洞内的空气有良好的热湿处理效果,在无压尾水洞长度足够大的条件下,全年引风出口空气参数接近对应尾水温度的饱和状态参数。因此,对水电站通风空调系统而言,无压尾水洞是一个巨型的天然“空调机”,利用其对电站厂房进行通风空调,具有节能、环保和可再生的优点,符合能源的可持续发展要求。目前,虽然对无压尾水洞引风过程

的热湿处理效果有了一定的认识,并在四川映秀湾水电站中成功实施了我国第一个大规模应用无压尾水洞引风对电站厂房进行通风空调改造的工程实例^[1-2],但长期以来因缺乏对无压尾水洞引风过程热湿传递机理及热湿交换特性的研究,无压尾水洞引风系统的应用缺乏充足的理论依据与热工计算方法,实际应用尚停留在探索与现场测试数据的应用阶段^[1,3]。因此,迫切需要建立一套简捷、实

①[☆] 余延顺,男,1975 年 11 月生,工学博士,博士后,副教授
210094 南京理工大学动力工程学院 803 教研室
(025) 84315485-306
E-mail: yuyanshun@126.com

收稿日期:2006-04-05

一次修回:2006-07-10

二次修回:2007-02-13

① 余延顺,李先庭,石文星,等. 瀑布沟水电站通风空调系统无压尾水洞引风模型试验与热工计算研究报告. 清华大学建筑技术科学系,2006

用的工程设计方法,以解决当前工程应用中存在的问题,从而促进无压尾水洞引风技术在水电站通风空调工程中的科学利用。

由于在无压尾水洞引风的工程应用中,我们所重点关注的对象为引风出口空气的平均参数,因此在前期研究中,笔者采用集总参数法建立了无压尾水洞引风过程空气与尾水表面及洞壁面之间同时进行热湿交换的准三维数学模型,通过数值方法对引风过程的热湿交换特性进行了计算与分析。结果表明,在无压尾水洞引风的热湿交换过程中,空气与尾水表面之间的热湿交换起主导作用,其热湿交换量占总热湿交换量的 80%~90% 左右^[1,4-5]。为便于工程应用,文献[5]在数值模型及现场测试验证的基础上对无压尾水洞与空气接触的洞壁面作了等壁温简化处理,提出了热湿交换过程的简化模型,并采用积分方法求出了简化模型的分析解,同时利用模拟试验与现场测试结果对简化模型进行了验证。这些研究成果为无压尾水洞引风技术的应用提供了理论基础与数学分析工具。

$$h_a(x) = \frac{\beta_b U h_{b, \text{sat}} + \beta_w L h_{w, \text{sat}}}{\beta_b U + \beta_w L} + \left[h_a(0) - \frac{\beta_b U h_{b, \text{sat}} + \beta_w L h_{w, \text{sat}}}{\beta_b U + \beta_w L} \right] \exp\left(-\frac{\beta_b U + \beta_w L}{m_a} x\right) \quad (1)$$

$$d_a(x) = \frac{\beta_b U d_{b, \text{sat}} + \beta_w L d_{w, \text{sat}}}{\beta_b U + \beta_w L} + \left[d_a(0) - \frac{\beta_b U d_{b, \text{sat}} + \beta_w L d_{w, \text{sat}}}{\beta_b U + \beta_w L} \right] \exp\left(-\frac{\beta_b U + \beta_w L}{m_a} x\right) \quad (2)$$

式(1),(2)中 $h_a(x)$ 为无压尾水洞沿程 x 处空气的比焓, kJ/kg; β_b, β_w 分别为空气与洞壁面和空气与尾水表面之间以空气含湿量差为驱动力的质传递系数, kg/(m²·s), 可按如下方法计算^[6], 对于空气的减湿过程有 $\beta = \rho_a(11.3u + 12.1)/3600$, 对于空气的加湿过程有 $\beta = \rho_a(16.2u + 22.3)/3600$, 其中 ρ_a 为空气的密度, kg/m³, u 为引风相对速度, m/s, 对于洞壁面 u 即为引风风速, 对于水面 u 为引风相对水面的速度; U 为空气与洞壁面接触的湿周, m; $h_{b, \text{sat}}, h_{w, \text{sat}}$ 分别为对应洞壁面温度和尾水温度的饱和空气比焓, kJ/kg; L 为无压尾水洞宽度, m; $h_a(0)$ 为无压尾水洞入口空气的比焓, kJ/kg; m_a 为空气的质量流量, kg/s; x 为距离, m; $d_a(x)$ 为无压尾水洞沿程 x 处空气的含湿量, kg/kg; $d_{b, \text{sat}}, d_{w, \text{sat}}$ 分别为对应洞壁面温度和尾水温度的饱和空气含湿量, kg/kg; $d_a(0)$ 为无压尾水洞入口空气的含湿量, kg/kg。

湿空气的比焓计算式为

在无压尾水洞引风技术的实际工程应用中,由于数值模拟方法计算过程复杂,不便于工程应用的快捷计算与分析。因此,本文在无压尾水洞引风热湿交换过程简化模型的基础上,提出了无压尾水洞引风有效作用长度的概念,并建立了一套完整的无压尾水洞引风过程的热工计算方法,以指导工程设计,同时为水电站无压尾水洞引风工程的应用提供完整的设计分析方法与理论依据。

1 无压尾水洞引风过程的热工计算方法

无压尾水洞引风过程的热工计算主要包括无压尾水洞引风参数(引风温度、相对湿度及含湿量等)、引风热湿交换量(包括空气与尾水表面及洞壁面之间的热湿交换量)及无压尾水洞引风有效作用长度等热工参数的计算。

1.1 无压尾水洞引风参数计算

文献[5]在无压尾水洞引风热湿交换过程的简化模型基础上,采用积分法得出空气在无压尾水洞逆向流动并与尾水表面及洞壁面之间进行热湿交换过程中空气沿程比焓及含湿量分布的计算公式,分别为

$$h_a(x) = 1.01t_a(x) + d_a(x)[2501 + 1.84t_a(x)] \quad (3)$$

式中 $t_a(x)$ 为无压尾水洞沿程 x 处空气温度, °C。

由式(3)得

$$t_a(x) = \frac{h_a(x) - 2501d_a(x)}{1.01 + 1.84d_a(x)} \quad (4)$$

将式(1),(2)代入式(4)可得无压尾水洞引风过程空气沿程温度分布计算式。湿空气的含湿量计算式为

$$d_a(x) = 0.622 \frac{\varphi_a(x)p_{a, \text{sat}}(x)}{B - \varphi_a(x)p_{a, \text{sat}}(x)} \quad (5)$$

式中 $\varphi_a(x)$ 为无压尾水洞沿程 x 处空气相对湿度, %; B 为当地大气压力, Pa; $p_{a, \text{sat}}(x)$ 为沿程 x 处空气的饱和水蒸气分压力, Pa, 可按下式计算^[8], $p_{a, \text{sat}}(x) = \exp(c_1/T_a + c_2 + c_3 T_a + c_4 T_a^2 + c_5 T_a^3 + c_6 T_a^4 + c_7 \ln T_a)$, 其中 $T_a = t_a(x) + 273.15$, $c_1 \sim c_7$ 见表 1^[7]。

表 1 $c_1 \sim c_7$

	$t_a(x) \in (-100\text{ }^\circ\text{C}, 0\text{ }^\circ\text{C})$ 时	$t_a(x) \in (0\text{ }^\circ\text{C}, 200\text{ }^\circ\text{C})$ 时
c_1	-5 674.535 9	-5 800.220 6
c_2	6.392 524 7	1.391 499 3
c_3	$-9.677\ 843 \times 10^{-3}$	$-4.860\ 239 \times 10^{-2}$
c_4	$6.221\ 570\ 1 \times 10^{-7}$	$4.176\ 476\ 8 \times 10^{-5}$
c_5	$2.074\ 782\ 5 \times 10^{-19}$	$-1.445\ 209\ 3 \times 10^{-8}$
c_6	$-9.484\ 024 \times 10^{-13}$	0
c_7	4.163 501 9	6.545 967 3

由式(5)得

$$\varphi_a(x) = \frac{d_a(x)B}{0.622p_{a,\text{sat}}(x) + d_a(x)p_{a,\text{sat}}(x)} \times 100\% \quad (6)$$

将式(2)代入式(6)可得无压尾水洞引风过程沿程空气相对湿度的计算公式。

1.2 无压尾水洞引风过程的热交换量计算

在无压尾水洞空气沿程流动过程中,在空气与尾水表面及洞壁面之间的温差及水蒸气分压力差作用下,空气与尾水表面及洞壁面之间进行相互耦合的热湿交换。由笔者的研究报告^①和文献[4-5]的分析可知,空气与尾水表面及洞壁面之间的热交换量为焓差作用下的全热交换量。因此,由上述无压尾水洞引风参数的计算公式(1)~(6)可得到空气在无压尾水洞沿程流动过程中由入口断面至 x 断面的全热交换量。

1) 空气与尾水表面之间的全热交换量 $Q_{c,w}(x)$

$$Q_{c,w}(x) = \int_0^x \beta_w L [h_a(x) - h_{w,\text{sat}}] dx \quad (7)$$

将式(1)代入式(7)积分得

$$Q_{c,w}(x) = \beta_w L \left(\frac{\beta_b U h_{b,\text{sat}} + \beta_w L h_{w,\text{sat}}}{\beta_b U + \beta_w L} - h_{w,\text{sat}} \right) x + \frac{\beta_w L \dot{m}_a}{\beta_b U + \beta_w L} \left[h_a(0) - \frac{\beta_b U h_{b,\text{sat}} + \beta_w L h_{w,\text{sat}}}{\beta_b U + \beta_w L} \right] \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{\beta_b U + \beta_w L}{\dot{m}_a} x\right) \right] \quad (8)$$

2) 空气与洞壁面之间的全热交换量 $Q_{c,b}(x)$

$$Q_{c,b}(x) = \int_0^x \beta_b U [h_a(x) - h_{b,\text{sat}}] dx \quad (9)$$

将式(1)代入式(9)积分得

$$Q_{c,b}(x) = \beta_b U \left(\frac{\beta_b U h_{b,\text{sat}} + \beta_w L h_{w,\text{sat}}}{\beta_b U + \beta_w L} - h_{b,\text{sat}} \right) x + \frac{\beta_b U \dot{m}_a}{\beta_b U + \beta_w L} \left[h_a(0) - \frac{\beta_b U h_{b,\text{sat}} + \beta_w L h_{w,\text{sat}}}{\beta_b U + \beta_w L} \right] \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{\beta_b U + \beta_w L}{\dot{m}_a} x\right) \right]$$

$$\left[1 - \exp\left(-\frac{\beta_b U + \beta_w L}{\dot{m}_a} x\right) \right] \quad (10)$$

1.3 无压尾水洞引风过程的湿交换量计算

在无压尾水洞引风空气流动过程中,空气与尾水表面及洞壁面之间的湿传递是以水蒸气分压力差为驱动力进行的,但水蒸气分压力差在较小的温度范围内可用具有不同湿交换系数的含湿量差来代替^[8]。因此,在无压尾水洞引风过程中,空气由入口断面至 x 断面的湿传递量可根据空气含湿量差进行计算。

1) 空气与尾水表面之间的湿交换量 $W_{c,w}(x)$

$$W_{c,w}(x) = \int_0^x \beta_w L [d_a(x) - d_{w,\text{sat}}] dx \quad (11)$$

将式(2)代入式(11)积分得

$$W_{c,w}(x) = \beta_w L \left(\frac{\beta_b U d_{b,\text{sat}} + \beta_w L d_{w,\text{sat}}}{\beta_b U + \beta_w L} - d_{w,\text{sat}} \right) x + \frac{\beta_w L \dot{m}_a}{\beta_b U + \beta_w L} \left[d_a(0) - \frac{\beta_b U d_{b,\text{sat}} + \beta_w L d_{w,\text{sat}}}{\beta_b U + \beta_w L} \right] \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{\beta_b U + \beta_w L}{\dot{m}_a} x\right) \right] \quad (12)$$

2) 空气与洞壁面之间的湿交换量 $W_{c,b}(x)$

$$W_{c,b}(x) = \int_0^x \beta_b U [d_a(x) - d_{b,\text{sat}}] dx \quad (13)$$

将式(2)代入式(13)积分得

$$W_{c,b}(x) = \beta_b U \left(\frac{\beta_b U d_{b,\text{sat}} + \beta_w L d_{w,\text{sat}}}{\beta_b U + \beta_w L} - d_{b,\text{sat}} \right) x + \frac{\beta_b U \dot{m}_a}{\beta_b U + \beta_w L} \left[d_a(0) - \frac{\beta_b U d_{b,\text{sat}} + \beta_w L d_{w,\text{sat}}}{\beta_b U + \beta_w L} \right] \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{\beta_b U + \beta_w L}{\dot{m}_a} x\right) \right] \quad (14)$$

1.4 无压尾水洞引风有效作用长度计算

在无压尾水洞引风空气沿程流动过程中,空气参数以指数规律逐渐接近对应尾水温度的饱和状态,且由于空气与尾水表面及洞壁面之间热湿传递势的逐渐减小,无压尾水洞对空气的热湿处理作用逐渐减弱^[5]。当无压尾水洞中空气参数接近对应尾水温度的饱和状态参数,即无压尾水洞的全热交换效率 E 接近 1 时,无压尾水洞失去对空气的热湿处理能力。因此定义无压尾水洞引风有效作用

① 余延顺,李先庭,石文星,等. 瀑布沟水电站通风空调系统无压尾水洞引风模型试验与热工计算研究报告. 清华大学建筑技术科学系,2006

长度为使无压尾水洞全热交换效率 E 接近 1 的最小长度。

无压尾水洞全热交换效率 E 表示无压尾水洞对空气实际处理过程与无压尾水洞足够长或空气与无压尾水洞接触时间足够充分的理想热湿处理过程的接近程度,其定义式为

$$E = 1 - \frac{t_s(x) - t_w}{t_s(0) - t_w} \quad (15)$$

式中 $t_s(0)$, $t_s(x)$ 分别为无压尾水洞引风入口及 x 位置空气的湿球温度, $^{\circ}\text{C}$; t_w 为尾水温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

根据空气热湿处理过程的热力学原理,若使 $E=1$ 则要求无压尾水洞的长度足够长或接触时间足够充分,这在实际中是很难满足的。因此,在工程应用中,可以无压尾水洞全热交换效率 $E=0.90 \sim 0.95$ 作为无压尾水洞引风有效作用长度的确定

$$X_{\text{lim}} = \frac{1}{M_0} \ln \frac{4.1868 \{b - \sqrt{c - \{t_s(0) - E[t_s(0) - t_w] - a\}^2}\} - M_1}{M_2} \quad (18)$$

其中

$$M_0 = -\frac{\beta_b U + \beta_w L}{\dot{m}_a}, M_1 = \frac{\beta_b U h_{b,\text{sat}} + \beta_w L h_{w,\text{sat}}}{\beta_b U + \beta_w L}, M_2 = h_a(0) - \frac{\beta_b U h_{b,\text{sat}} + \beta_w L h_{w,\text{sat}}}{\beta_b U + \beta_w L} \quad (19)$$

至此,在无压尾水洞引风热湿交换过程简化模型的基础上,确立了一套完整的无压尾水洞引风过程的热工计算方法。应用该方法可在已知引风入口参数、尾水参数、无压尾水洞结构参数条件下实现对无压尾水洞引风系统沿程空气参数、引风热湿交换量及无压尾水洞引风有效作用长度等热工参数的计算与分析。

2 热工计算方法的验证

应用笔者对四川映秀湾水电站无压尾水洞引风系统的现场测试数据^{[5]①}对本文所提出的热工计算方法进行验证,结果如图 1~3 所示。验证时假定洞壁面温度与尾水温度相等^②。

由图 1~3 可以看出,计算结果与现场测试结果吻合得较好,在数值分布上具有很好的一致性。由此表明,在无压尾水洞引风工程中,可应用本文提出的热工计算方法对引风过程中的热湿交换特性进行计算与分析,并且该方法能满足工程应用的精度要求。

3 热工计算方法的应用

为研究该热工计算方法的实用性,以映秀湾水电站无压尾水洞引风工程为例,应用本文的热工计算方法对其引风过程的热工参数进行计算与分析。

依据。

由式(15)可得空气流经至有效作用长度处的湿球温度为

$$t_s(x) = t_s(0) - E[t_s(0) - t_w] \quad (16)$$

据文献[9],湿空气的比焓与湿球温度之间的关系可近似拟合为

$$h_a(x) = 4.1868 \{b - \sqrt{c - [t_s(x) - a]^2}\} \quad (17)$$

式中 a, b, c 为拟合系数,当 $h_a(x) \leq 29.31 \text{ kJ/kg}$ 时, $a = -34.443, b = 87.92, c = 8525$; 当 $h_a(x) > 29.31 \text{ kJ/kg}$ 时, $a = -21.63, b = 64.92, c = 4356$ 。

在无压尾水洞引风的温度范围内,由式(1), (16), (17)可得无压尾水洞引风有效作用长度 X_{lim} 的表达式,为

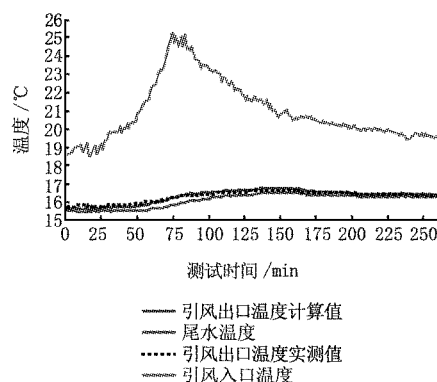


图 1 第一测试阶段无压尾水洞引风出口空气温度实测值与计算值的比较

计算中,无压尾水洞引风入口实时空气参数和尾水温度采用现场实测数据,无压尾水洞结构参数及引风系统的运行参数如表 2 所示^①。映秀湾水电站无压尾水洞引风系统连续 6 d 运行的热工参数的计算结果如图 4~10 所示。

由图 4~6 可知,在无压尾水洞引风的入口段,

① 余延顺,李先庭,石文星,等. 映秀湾水电站无压尾水洞引风温降效应测试报告. 清华大学建筑技术科学系,2005

② 余延顺,李先庭,石文星,等. 瀑布沟水电站通风空调系统无压尾水洞引风模型试验与热工计算研究报告. 清华大学建筑技术科学系,2006

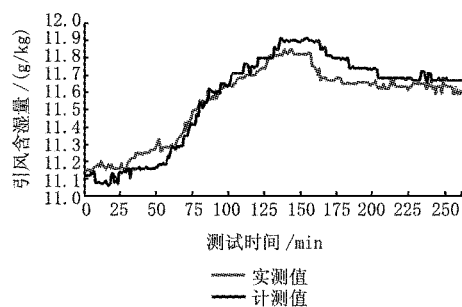


图2 第一测试阶段无压尾水洞引风出口
空气含湿量实测值与计算值的比较

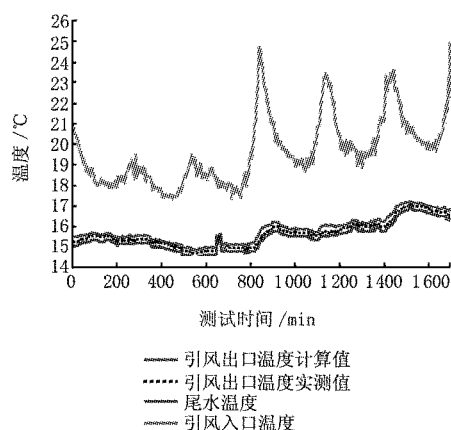


图3 第二测试阶段无压尾水洞引风出口
空气温度实测值与计算值的比较

表2 无压尾水洞结构参数及引风系统的运行参数

尾水洞长度/m	380
尾水洞高度/m	13.6
尾水洞宽度/m	7.0
尾水深度/m	8.38
尾水流动截面积/m ²	58.66
尾水流量/(m ³ /s)	215
空气流通截面积/m ²	34.2
引风量/(m ³ /h)	1.21×10^5

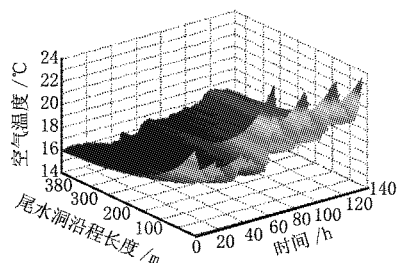


图4 沿程空气温度分布计算结果

空气参数的变化较为剧烈,随着沿程流动,空气参数变化逐渐趋于平缓,最终接近对应尾水温度的饱和状态。

由图 7,8 可知,在无压尾水洞引风的热湿交换

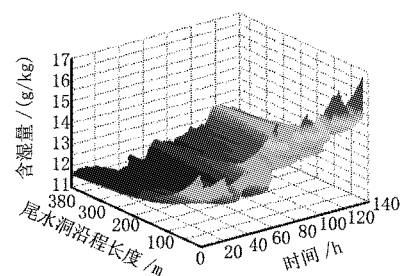


图5 沿程空气含湿量分布计算结果

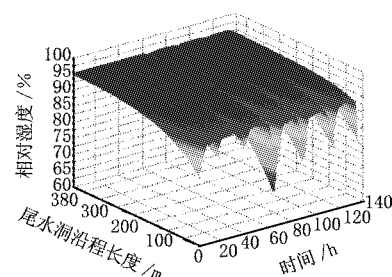


图6 沿程空气相对湿度分布计算结果

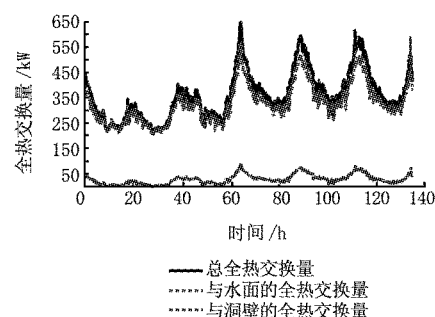


图7 无压尾水洞逐时引风全热交换量计算结果

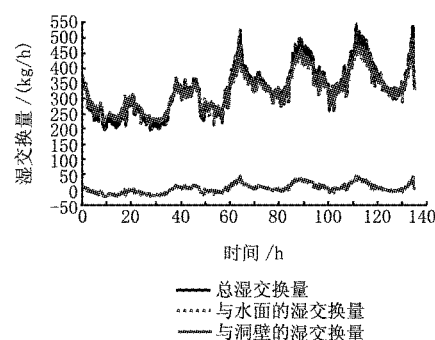


图8 无压尾水洞逐时引风湿交换量计算结果

过程中,空气与尾水表面之间的热湿交换占主导作用,其热湿交换量占总热湿交换量的 90%左右,这与文献[5]的数值计算结果相吻合。

由图 9 可知,在无压尾水洞结构参数一定,且运行参数及尾水温度基本不变的情况下,当引风入口空气的比焓高于对应尾水温度的饱和空气比焓

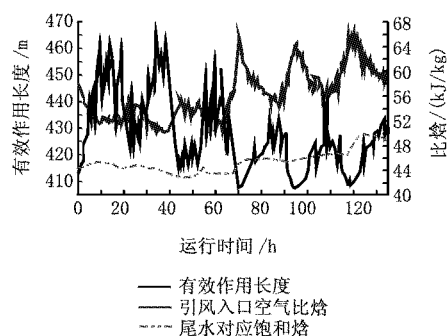


图9 无压尾水洞引风逐时有效作用长度计算结果 ($E=0.95$)

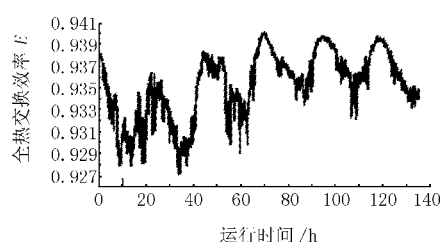


图10 映秀湾水电站无压尾水洞 (全长 380 m) 引风逐时全热交换效率

时,无压尾水洞引风有效作用长度随引风入口空气比焓的增大而减小。在该计算条件下,为使无压尾水洞全热交换效率达到 0.95,要求无压尾水洞的最小长度为 400~460 m。由图 10 可知,在该运行期间,映秀湾水电站无压尾水洞(全长 380 m)的逐时全热交换效率为 0.927~0.940。

4 结论

针对目前水电站无压尾水洞引风技术应用中存在的理论研究不足与设计参数选取尚无成熟依据的现状,在无压尾水洞引风热湿交换过程简化模型的基础上,采用积分方法提出了一套完整的无压尾水洞引风过程的热工计算方法,并通过现场测试数据进行了验证。应用该热工计算方法对映秀湾水电站无压尾水洞引风系统连续 6 d 运行的热工

参数进行了计算与分析,得出了映秀湾水电站无压尾水洞引风系统引风参数的变化规律。

应用该热工计算方法可在已知引风入口参数、尾水参数及无压尾水洞结构参数条件下实现对无压尾水洞引风过程中沿程空气参数、引风的热湿交换量及无压尾水洞有效作用长度等热工参数的简便、快捷计算。该热工计算方法的提出为水电站无压尾水洞引风工程的应用提供了一套完整、简便、实用的理论计算方法与设计分析工具,可为水电站无压尾水洞天然冷源的开发利用所借鉴。

参考文献

- [1] 王政.瀑布沟地下厂房利用无压尾水洞引风的设计[J].水电站设计,2001,17(1):35-36
- [2] 金峰.我国水电暖通空调简史与长江流域水电站[EB/OL].[2005-08-04].<http://www.jzsjw.com/shownews.asp?newsid=689&borderid=55>
- [3] 杨合长.天然冷源在黄河小浪底水电站通风空调系统中的应用[J].暖通空调,2002,32(1):67-69
- [4] 余延顺,李先庭,石文星,等.水电站无压尾水洞引风热湿交换过程的研究[J].暖通空调,2006,36(增刊):241-245
- [5] 余延顺.水电站无压尾水洞引风过程的热工特性研究及应用[R].北京:清华大学,2006:30-45
- [6] 絵内正道,荒谷登,前田英彦,他.冷却流水面による大規模吹抜け空間の調湿・除湿 第1報——小型模型空間を用いた流水面の凝縮・蒸発量の実験結果[G]//空気調和・衛生工学会論文集,1999,72:47-56
- [7] 赵荣义,范存养,薛殿华,等.空气调节[M].北京:中国建筑工业出版社,1994
- [8] 连之伟,张寅平,陈宝明,等.热质交换原理与设备[M].北京:中国建筑工业出版社,2001
- [9] 陈祖获.湿空气参数计算法及其 TI-58C 型计算器的计算程序简介(上)[J].铁道车辆,1985(2):25-33

• 会讯 •

瑞典蒙特(北京)公司召开技术交流会

3月16日,中国勘察设计协会建筑环境与设备专业委员会组织了在京国防系统设计院的25位专家,到位于北京顺义天竺开发区的瑞典蒙特(北京)公司进行了参观访问和技术交流。专家们参观了公司的转轮除湿设备和湿膜加湿设备的生产线。随后由罗继杰副理事长主持,进行了除湿技术交流,陈贻谅名誉理事长介绍了我国转轮除湿技术的发展情况,高岩总经理介绍了公司的产品生产状况,瑞典蒙

特(北京)公司执行董事古纳先生及北京公司技术专家 Gerard Mojet 分别介绍了转轮除湿设备的发展历史和现状,以及转轮除湿设备在军事工业中的应用情况,随后,设计院的专家与公司的专家,就转轮除湿设备在特殊工程中应用的一些技术问题进行了热烈的讨论,专家们也对设备的工程应用问题提出了一些有益建议。

(本刊特约通讯员 李兆坚)