

深圳 T3 航站楼雨水池 应用于空调冷却系统的研究

深圳华森建筑与工程设计顾问有限公司 王红朝[☆]

摘要 针对深圳即将建设的 T3 航站楼,对雨水池能否用于空调冷却系统进行了研究。结果表明,在深圳地区地表水间接应用于空调冷却系统是不节能的,采用处理后的雨水作为冷却水系统补水,节水省钱效果显著。

关键词 空调系统 冷却水系统 地表水 节能 节水

Rain water pool used for cooling in air conditioning system of Shenzhen T 3 airport building

By Wang Hongchao[★]

Abstract For the T3 airport building to be built, performs the feasibility study. As a result, it is not energy efficient to use surface water for cooling in the air conditioning system indirectly in Shenzhen, while utilization of treated rain water as makeup water of cooling water system is a water saving and economical solution.

Keywords air conditioning system, cooling water system, surface water, energy saving, water saving

[★] Huasen Architectural & Engineering Designing Consultant Ltd., Shenzhen, Guangdong Province, China

①

0 引言

随着我国经济的高速发展,能源问题已经关系到国家兴亡,于是各种节能的技术、产品、系统粉墨登场。集中制冷的空调系统中,地源热泵系统是当今环保节能空调的新代表,已经有许许多多的成功案例,目前在广东南部地区,随着生活水平的提高,人们在深山湖水边建设酒店、高尔夫会所、水疗 SPA、高档别墅。因为有许多建筑物建设在一些湖水附近,许多专家、学者、节能公司大力推荐湖水冷却系统,即地表水地源热泵系统,这个系统在广东地区是否节能,需要进行具体探讨。深圳机场扩建 T3 航站楼,有一 200 万 m² 的水面,水深达 4 m,本文针对该机场雨水池应用于空调冷却系统的节能效果进行研究。

1 气候条件

深圳地区在北回归线以南,其气候为典型的夏热冬暖气候,夏季高温时间长,空调季长达 180 d 甚至 270 d,一般建筑物不设计冬季供热,经统计,五星级酒店供暖时间为 15~20 d,最多不超过 30 d。

从气候条件看,地表水地源热泵系统在深圳地

区是否节能主要取决于夏季的运行。

2 周边可利用地表水的温度调查

深圳及周边地区可利用的地表水主要是一些水库、淡水湖。笔者调查了两个利用湖水冷却的工程项目,以说明湖水温度的实际情况。

2.1 深圳东部华侨城茶园酒店水景湖水,湖面平均长 400 m、宽 200 m,深 2 m,工程建设前为一山泉活水湖,清澈见底,工程建设后,由于久旱及其他原因,上游溪水基本断流,水草枯死,湖水混浊。实测 2007 年 7、8 月两个晴天的湖水温度和气温,见表 1(由于当时酒店试运行,测试数据由安装公司空调技术人员提供,是两个高温天气的数据,用于分析主机运行的安全性,具体日期没有记录)。

根据施工队的记录,2007 年 7 月某日,在试机间隙停机情况下,15:00 时,气温 36℃,水温 31℃。

①[☆] 王红朝,男,1969 年 6 月生,大学,高级工程师,副总工程师
518054 广东省深圳市南山区滨海之窗办公楼六楼深圳华森
建筑与工程设计顾问有限公司
(0755) 86126766 (0)13802229097
E-mail: wang-h-ch@163.com
收稿日期:2009-07-17

表 1 试机期间气温、水温测量值 ℃

		时刻							备注
		08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	
7月某日	气温	29	30	31	33	34	33.5	32	
	水温	28	28.2	28.5	28.7	28.8	28.8	28.7	
8月某日	气温	29	31	32	34	36	34	33	连续运行且水量变少, 太阳辐射升温加大
	水温	28.5	28.5	29	31	32	32	30	

2007 年 8 月试运行以后,记录的最高水温为 32 ℃ (气温 36 ℃),运行主机 3 台,当时运行的最大冷负荷为 3 411 kW(970 rt)。

2.2 深圳三正半山酒店附近有一大型水库,湖面较大,取水湖区平均长 1 000 m,宽 400 m,深 10 m,从该酒店工程部收集到的数据显示,2005 年 7—10 月湖水水温变化范围为 26~29 ℃。

2.3 经查阅国家水质勘测资料,湛江湖光岩火山口湖,东西方向最长 1.9 km,南北方向最宽 1.4 km,面积约 2.30 km²,分东西两湖,东湖小,西湖大,湖水水面标高 23 m,湖底标高 1.0 m,湖水最大深度 22 m (1997 年 3 月测),湖水温度从上到下逐渐降低,由 27 ℃降到 17 ℃,湖面水温比空气温度低 3~5 ℃。

3 雨水调节池冷却空调系统的水体计算

根据对 T3 航站楼的负荷分析,设计日负荷估算结果见表 2。该工程的设计冷负荷为 56 256 kW (16 000 rt),设计日总冷量为 794 897 kWh/d。

表 2 设计日冷负荷估算^①

运行时段	逐时冷负荷系数	逐时冷负荷/kW
06:00—07:00	0.68	38 254
07:00—08:00	0.72	40 504
08:00—09:00	0.74	41 629
09:00—10:00	0.81	45 567
10:00—11:00	0.83	46 692
11:00—12:00	0.83	46 692
12:00—13:00	0.83	46 692
13:00—14:00	0.86	48 380
14:00—15:00	0.88	49 505
15:00—16:00	1.00	56 256
16:00—17:00	0.96	54 006
17:00—18:00	0.89	50 068
18:00—19:00	0.89	50 068
19:00—20:00	0.87	48 943
20:00—21:00	0.83	46 692
21:00—22:00	0.67	37 692
22:00—23:00	0.54	30 378
23:00—24:00	0.30	16 877
汇总		794 897

根据国内外的湖水调查资料,在稳定天气情况下,大体量开敞水面夏季昼夜自然温降为 0.2~1 ℃,《给水排水设计手册》^[1]中室外游泳池设计中亦

采用此数据,当利用自然温降平衡湖水热动态时一般保守取 0.2~0.5 ℃。另外根据我国一些专家对湖水源热泵的研究资料,可以用湖水温升增强散热的办法来计算湖水蒸发散热的散热量,当采用温升方法计算散热时一般取湖水温升 1 ℃。

用自然温降计算本项目所需的水体可按式(1)进行计算^[2]。根据需求,自然温降散热量应能满足设计日总散热量,可得

$$V = \frac{3\,600Q}{1\,000c_p\Delta t} \quad (1)$$

式中 V 为雨水池水容积, m³; 3 600 为换算系数, s/h; Q 为设计日总散热量(取 1.2 倍设计总冷量), kWh/d; 1 000 为换算系数, L/m³; c_p 为水的比热容, 4.186 8 kJ/(kg·℃); ρ 为水的密度^②, 1.0 kg/L; Δt 为敞开水面夏季自然温降,取 0.2~1.0 ℃/d。

经计算得,当自然温降取 0.2 ℃时所需雨水池水容积为 4 101 959 m³,按水深 4 m 计算水面面积为 102.5 万 m²;当自然温降取 0.5 ℃时,所需雨水池水容积为 1 640 784 m³,按水深 4 m 计算水面面积为 41.0 万 m²。

用温升法计算本项目所需的水体可按式(2)进行计算^[3]

$$Q_z = \rho\nu(0.022\,9 + 0.017\,4v_t)(p_b - p_q) \frac{B'}{B}\beta \quad (2)$$

式中 Q_z 为单位面积水面蒸发损失的热量, kW/m²; ν 为温度与湖水温度相等的饱和蒸汽的汽化潜热, kJ/kg; v_t 为湖水面风速,深圳夏季取 2.1 m/s; p_b 为与湖水温度相等的饱和湿空气的水蒸气分压力, Pa,详见表 3; p_q 为深圳设计环境(干球温度 33 ℃,湿球温度 27.9 ℃)的空气水蒸气分压力, 342.1 Pa; B' 为深圳夏季大气压力, 100 340 Pa; B 为标准大气压力, 101 325 Pa; β 为压力单位换算系数, Pa/mmHg,取 133.32 Pa/mmHg。

根据式(2)可以计算出单位面积湖水在某一温度时的蒸发散热量。通过对深圳地区湖水温度的调查,设定雨水池在空调设计日负荷最大时气温参数下自然热平衡时的水体温度为 29 ℃,当空调利用雨水池冷却,空调设计日负荷最大时雨水池达到

① 王红朝,李百公,宋孝春,等.深圳宝安国际机场 T3 航站楼中央空调系统节能研究报告,2007

② 笔者认为式中增加的 ρ 有待探讨。

表 3 水的蒸发潜热和饱和蒸汽分压力^[1]

水温/℃	蒸发潜热 ν /(kJ/kg)	饱和蒸汽分压力 p_b /Pa
25	2 441.3	3 173
26	2 438.8	3 360
27	2 436.3	3 560
28	2 434.2	3 773
29	2 431.7	4 000
30	2 430.0	4 240

注:表中数据来自文献[1]第 827 页。

新的热平衡时的水体温度为 30℃,从而计算本项目空调冷却散热所需要的水面面积。

计算得雨水池 29℃时单位水面散热量为 0.175 9 kW/m², 30℃时单位水面散热量为 0.248 7 kW/m²,二者差值为 0.072 8 kW/m²。空调设计负荷为 56 256 kW(16 000 rt),主机 COP 取 5,最大散热量为 $1.2 \times 56\,256\text{ kW} = 67\,507.2\text{ kW}$,计算得需要的水面面积为 92.7 万 m²。

利用温升的计算方法适用于 24 h 连续空调的项目,当冷却放热与湖水对自然环境的散热量达到平衡时最高允许温升为 1℃;实际上湖水温升的储热量很大,就本项目来讲,当水深 4 m 时,面积为 92.7 万 m² 的湖面温升 1℃的储热量经计算为 15 529.6 MJ,空调设计日总散热量为 $1.2 \times 794\,897\text{ kWh} = 953\,876\text{ kWh}$,即 3 434 MJ,计算得温升 1℃的湖水储热量相当于 4.52 d 的空调设计日总散热量。

根据甲方提供的资料,雨水调节池 200 万 m²,水深 4 m,由计算结果可以得出能够利用雨水调节池对空调系统进行冷却降温的结论。

4 冷却方式的经济比较

从前面的叙述可知,深圳 T3 航站楼项目中雨水池能用来替代冷却塔对制冷系统进行冷却,但是如果冷却塔放置的位置、噪声等问题不是影响是否使用冷却塔的决定因素时,使用雨水池降温冷却是否经济,需要进行运行费用分析。

制冷系统利用雨水池冷却的方式可有以下三种:一是利用板式换热器间接冷却方式,这种方式可有效地避免主机冷凝器与雨水池的水直接接触,保证主机的使用安全和使用寿命;二是雨水池的水直接进入主机进行冷却,由于池水含氧丰富及雨水中的杂质、酸碱物质的不可控(例如酸雨),为保证主机的运行安全及使用寿命,本项目不采用此种方式;三是利用在雨水池中放置塑料盘管的间接冷却方式,该方式由于采用的材质是塑料,传热性能较差,作为

夏季冷却时要求湖水温度不宜高于 27℃,即冷却温度不高于 32℃,因为该方式要求有 5℃的传热温差,另外该方式管道的散热量为 20~25 W/m,只适用于会所、别墅等小项目,本工程不适合采用这种冷却方式。综上所述,本工程如果采用雨水调节池进行冷却,需采用板式换热间接使用。

为了进行经济性比较,下面采用单台主机制冷量 7 032 kW(2 000 rt)的冷却系统在不同冷却方式下进行经济对比,不同方式的冷却系统图见图 1~3。

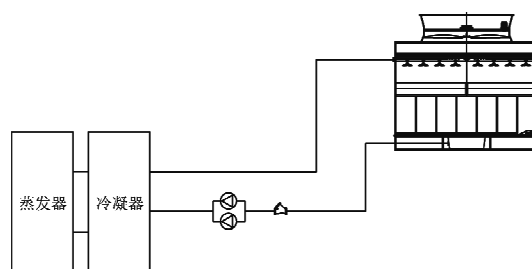


图 1 冷却塔冷却系统原理图

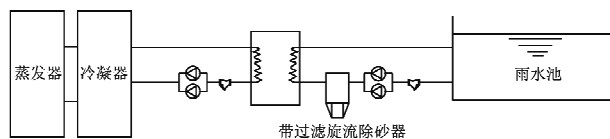


图 2 雨水池间接冷却系统原理图

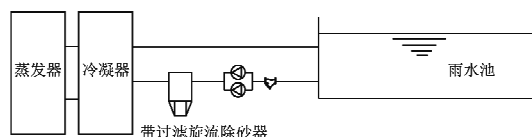


图 3 雨水池直接冷却系统原理图

在本项目中由于雨水池的水质含氧量高,且在雨季水质不能保证,只能采用常规间接冷却方式。在 T3 航站楼项目中由于夏季雨水池水温较高(30℃),采用板式换热器 2℃温差换热然后冷却制冷主机,板式换热器冷热端的温度参数为 30℃/35℃,32℃/37℃;为便于简单比较,雨水直接冷却同样采用 5℃温差计算冷却水量。各系统运行费用见表 4。

从经济运行分析,在 T3 航站楼项目中,利用雨水池间接冷却不节能,原因是深圳地区夏季水温偏高,不能通过大温差设计来降低冷却水泵、池水换热器的运行电费。

(下转第 13 页)