

亚龙湾区域供冷系统设计

中国建筑设计研究院 宋孝春[★] 李娟 夏树威
海南国电华德能源投资有限公司 庄竞 唐雪宗

摘要 介绍了亚龙湾旅游度假区星级酒店群用区域制冷站的系统设计。从制冷负荷的调研、设计日负荷率的统计研究、注重用户端制冷机的寿命周期、合理选配设备容量和台数、分期投入、降低初期成本、提升回报率等方面作出了尝试。

关键词 区域供冷 外融冰 系统设计 节能示范 分期建设

Design of Yalongwan district cooling system

By Song Xiaochun[★], Li Juan, Xia Shuwei, Zhuang Jing and Tang Xuezong

Abstract Presents the design of the district cooling system serving the star hotels in Yalongwan tourist holiday resort. Performs a preliminary research in investigation of the cooling load, statistical analyses of the design day load ratio, emphasizes on the life cycle period of the refrigerating units in user's ends, proper selection of the capacity and number of the equipment, construction by stages, and reducing the initial cost for improving the repaying ratio.

Keywords district cooling, external melt ice, system design, demonstration of energy efficiency, construction by stages

★ China Architecture Design & Research Group, Beijing, China

①

1 工程概况

海南省三亚市亚龙湾是我国唯一地处热带的国家级旅游度假区,集中了多家顶级的国际知名度度假酒店,制冷空调开机时间超过 11 个月,亚龙湾内在建与已运行的酒店总建筑面积近 100 万 m²,亚龙湾中心广场西面的 8 家酒店和亚龙湾开发公司本部将成为区域制冷站的第一批用户,8 家酒店分别是天域、红树林、凯莱、喜来登、万豪、希尔顿、华宇及丽思卡尔顿,总建筑面积 47.69 万 m²,总供冷面积 36.66 万 m²。

该项目被列为 2007 年国家节能示范项目及海南省科技节能重点项目。

区域制冷站位于亚龙湾国家旅游度假区 E-08 土地区域,占地 1.2 hm² (18 亩)。该地块地处亚龙湾海湾主干道路边,背靠青梅湾红树林保护区,面对超五星级的丽思卡尔顿大酒店,与海的距离仅百米之遥,位于红树林区域内,背面距离青山 1 km 左右。

2 冷负荷

1) 空调冷负荷

根据调研情况,每家酒店冷负荷需求不同,制

冷机设备品牌、单机容量、使用年限均有差异,都有备用制冷机。

空调末端主要为风机盘管加新风系统,空调冷水供回水温度为 7℃/12℃,采用两管制变水量系统。表 1 是 8 家酒店制冷机装机调查情况。

表 1 亚龙湾制冷机装机调查

酒店名称	建筑面积/ m ²	供冷面积/ m ²	制冷机容量/kW(r)		
			装机	设计使用	备用
天域一期	50 000	30 000	3 164	1 582(450)	1 582(450)
天域二期	80 000	60 000	4 922	2 989(550+300)	1 934(550)
红树林	50 000	40 000	6 856	4 043(800+350)	2 813(800)
凯莱	18 500	17 000	4 219	2 813(400+400)	1 406(400)
喜来登	85 750	55 000	6 329	3 164(450+450)	3 164(900)
万豪	27 635	26 400	4 571	2 813(500+300)	1 758(500)
希尔顿	35 000	29 400	5 626	3 516(600+400)	2 110(600)
华宇皇冠	60 030	48 830	8 685	5 485(910+650)	3 200(910)
丽思卡尔顿	70 000	60 000	6 680	4 835(525+2×425)	1 846(525)
合计	476 915	366 630	51 052	31 240(8 885)	19 813(5 635)

①☆ 宋孝春,男,1963 年 3 月生,大学,工学学士,教授级高级工程师,机电院总工

100044 北京市西城区车公庄大街 19 号

(010) 68302577

E-mail: songxc@cadg.cn

收稿日期:2010-04-07

修回日期:2010-04-24

2) 空调逐时负荷

根据万豪酒店制冷运行情况,统计分析空调逐时负荷系数,计算制冷站设计日逐时负荷,进行蓄冷设计。

空调冷负荷最大值(13:00)为 31 240 kW (8 885 rt),夜间峰值冷负荷(06:00)为 16 245 kW (4 620 rt)。设计日总需冷量为 528 263 kWh (150 245 rth)。设计日逐时冷负荷见表 2。

表 2 亚龙湾设计日逐时冷负荷

时刻	冷负荷/kW(rt)	负荷率/%
00:00	15 620(4 443)	50
01:00	15 307(4 354)	49
02:00	14 370(4 087)	46
03:00	13 745(3 909)	44
04:00	12 808(3 643)	41
05:00	12 183(3 465)	39
06:00	16 245(4 620)	52
07:00	19 681(5 598)	63
08:00	20 931(5 953)	67
09:00	23 430(6 664)	75
10:00	24 679(7 019)	79
11:00	26 241(7 463)	84
12:00	28 428(8 085)	91
13:00	31 240(8 885)	100
14:00	29 053(8 263)	93
15:00	29 053(8 263)	93
16:00	28 428(8 085)	91
17:00	27 491(7 819)	88
18:00	29 053(8 263)	93
19:00	26 241(7 463)	84
20:00	24 367(6 930)	78
21:00	22 805(6 486)	73
22:00	20 931(5 953)	67
23:00	15 932(4 531)	51
合计	528 263(150 245)	

3 系统设计

采用有二次基载的主机上游串联外融冰部分负荷冰蓄冷系统。系统原理图见图 1。

1) 主机:选用 4 台双工况多级离心式冷水机组,白天供冷、夜间制冰,单台制冷量为 3 867 kW (1 100 rt),乙二醇供回温度为 5 °C/10 °C;单台制冰量为 2 631 kW (748 rt),制冰供回温度为 -6 °C/2.4 °C。

2) 基载主机:暂设 2 台(满负荷时应为 4 台)单工况基载多级离心式冷水机组,全天供冷,单台制冷量为 4 132 kW (1 175 rt),冷水供回温度为 4 °C/11 °C。

3) 蓄冷设备:选用 56 套 IPCB-456 型蓄冰钢盘管,布置在混凝土水槽中,总储冷量为 89 658

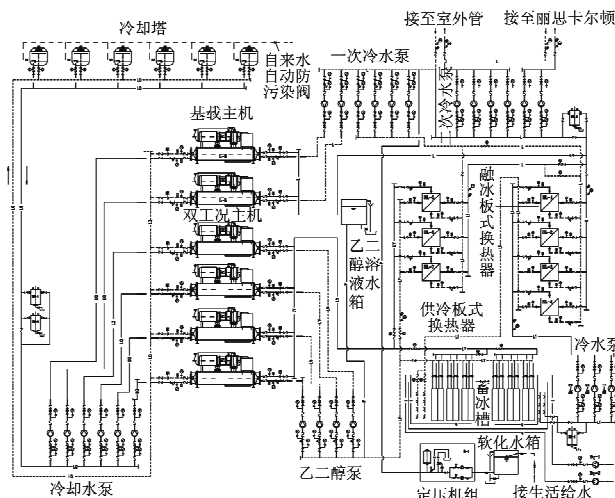


图 1 冰蓄冷系统原理图

kW(25 500 rth)。

4) 板式换热器:设 4 台融冰供冷板式换热器,单台换冷量为 6 250 kW,空调冷水供、回温度为 3 °C/11 °C,一次融冰冷水供、回温度为 1.3 °C/10 °C。

设 3 台制冷板式换热器,与空调换冷后的一次水先与双工况主机的乙二醇换冷降温,再进入池水融冰,乙二醇供、回温度为 3.5 °C/9 °C,一次冷水供、回温度为 4 °C/10 °C。

制冷站基载主机与蓄冰系统同时供冷时,冷水供、回温度为 3.3 °C/11 °C。

5) 冷却水:冷却水泵、冷却塔各 6 台,采用逆流方形冷却塔,设在室外地面上。冷却塔风机采用变频控制。

冷却水泵、乙二醇泵与制冷机组一对一匹配设置,不设备用泵。

6) 冷水泵:采用二次泵变流量水系统,基载冷水泵、融冰冷水泵为一次泵,定速运行,采用台数控制;7 家酒店及丽思卡尔顿各设 2 组二次冷水泵,根据最远端用户采用比例压差控制水泵频率。

7) 补水定压:乙二醇系统采用高位膨胀水箱定压方式,溶液箱设在 2 层,空调冷水系统采用闭式隔膜膨胀罐定压方式。

8) 预留机位:从设计日负荷平衡表(见表 3)分析,夜间基载主机供冷量有些不足,夜间峰谷值差 7 668 kW (2 181 rt),供冷初期可先租用酒店制冷机组(>2 181 rt 即可)补充基载负荷;待用户制冷机报废后,可在站房内预留主机位置增设 2 台基载主机(2×4 131 kW (1 175 rt))。

表 3 亚龙湾设计日负荷平衡表

时刻	总冷负荷/kW(rt)	基载主机供冷/kW(rt)	制冷机制冷/kW(rt)		蓄冰槽/kW(rt)		取冷率/%
			主机制冰	主机供冷	储冰量	融冰量	
00:00	15 620(4 443)	15 620(4 443)	10 970(3 120)		28 750(8 177)		
01:00	15 307(4 354)	15 307(4 354)	10 900(3 100)		39 632(11 272)		
02:00	14 370(4 087)	14 370(4 087)	10 829(3 080)		50 444(14 347)		
03:00	13 745(3 909)	13 745(3 909)	10 759(3 060)		61 185(17 402)		
04:00	12 808(3 643)	12 808(3 643)	10 618(3 020)		71 786(20 417)		
05:00	12 183(3 465)	12 183(3 465)	10 548(3 000)		82 317(23 412)		
06:00	16 245(4 620)	8 263(2 350)	7 341(2 088)		89 658(25 500)		
07:00	19 681(5 598)	8 263(2 350)		3 868(1 100)	82 088(23 347)	7 552(2 148)	8.42
08:00	20 931(5 953)	8 263(2 350)		7 735(2 200)	77 141(21 940)	4 933(1 403)	5.50
09:00	23 430(6 664)	8 263(2 350)		7 735(2 200)	69 691(19 821)	7 433(2 114)	8.29
10:00	24 679(7 019)	8 263(2 350)		7 735(2 200)	60 992(17 347)	8 681(2 469)	9.68
11:00	26 241(7 463)	8 263(2 350)		11 603(3 300)	54 596(15 528)	6 375(1 813)	7.11
12:00	28 428(8 085)	8 263(2 350)		15 470(4 400)	49 885(14 188)	4 694(1 335)	5.24
13:00	31 240(8 885)	8 263(2 350)		15 470(4 400)	42 361(12 048)	7 507(2 135)	8.37
14:00	29 053(8 263)	8 263(2 350)		15 470(4 400)	37 023(10 530)	5 320(1 513)	5.93
15:00	29 053(8 263)	8 263(2 350)		15 470(4 400)	31 686(9 012)	5 320(1 513)	5.93
16:00	28 428(8 085)	8 263(2 350)		15 470(4 400)	26 971(7 671)	4 694(1 335)	5.24
17:00	27 491(7 819)	8 263(2 350)		15 470(4 400)	23 199(6 598)	3 759(1 069)	4.19
18:00	29 053(8 263)	8 263(2 350)		15 470(4 400)	17 861(5 080)	5 320(1 513)	5.93
19:00	26 241(7 463)	8 263(2 350)		15 470(4 400)	15 333(4 361)	2 507(713)	2.80
20:00	24 367(6 930)	8 263(2 350)		11 603(3 300)	10 815(3 076)	4 500(1 280)	5.02
21:00	22 805(6 486)	8 263(2 350)		11 603(3 300)	7 858(2 235)	2 939(836)	3.28
22:00	20 931(5 953)	8 263(2 350)		11 603(3 300)	6 775(1 927)	1 065(303)	1.19
23:00	15 932(4 531)	15 932(4 531)			17 798(5 062)		
合计	528 263(150 245)	240 431(68 382)	83 006(23 608)	197 248(56 100)	82 601(23 493)	92.13	

4 管网和用户端设计

- 1) 室外管网:采用直埋保温管,枝状敷设方式。
- 2) 用户端:采用板式换热器的间接连接方式。
- 3) 管网二次水供、回温度为 3.5℃/11℃,用户侧三次水供、回温度为 7℃/12℃。

4) 保持供水温度 7℃ 恒定,调节进入板式换热器管网水的流量进行控制。用户侧冷水泵采用变频控制。

5 机房布置

- 1) 制冷站建筑总面积 3 749 m²,地下 1 层、地上 2 层,层高 6 m。
- 2) 制冷机、融冰供冷板式换热器、水泵布置在地下 1 层,蓄冰槽、制冷板式换热器设在 1 层,变配电、管理用房在 2 层。
- 3) 制冷站平面布置见图 2~5。

6 自控设计

6.1 冰蓄冷系统

部分负荷蓄冰系统运行工况比较复杂,对控制系统的要求相对较高,除了保证各运行工况间的相互转换及冷水、乙二醇的供、回温度控制外,还应解决主机和蓄冰设备间的供冷负荷分配问题。

本工程采用优化控制(智能控制)系统,根据测定的气象条件及负荷侧回水温度、流量,通过计算

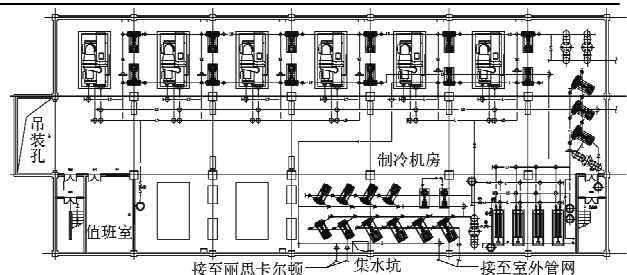


图 2 制冷站地下 1 层平面图

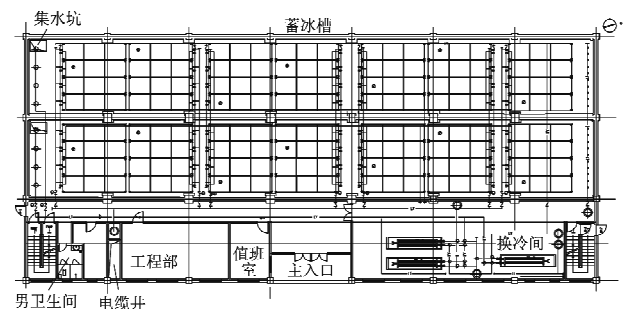


图 3 制冷站 1 层平面图

预测全天逐时负荷,然后制定主机和蓄冰设备的逐时负荷分配(运行控制)情况,控制主机输出,最大限度地利用蓄冰设备融冰供冷,以达到节约电费之目的。系统自控原理图见图 6。

1) 主机制冰工况: V2, V3 全闭, V1 全开,双工况主机制冰。通过盘管间冰层厚度传感器测定

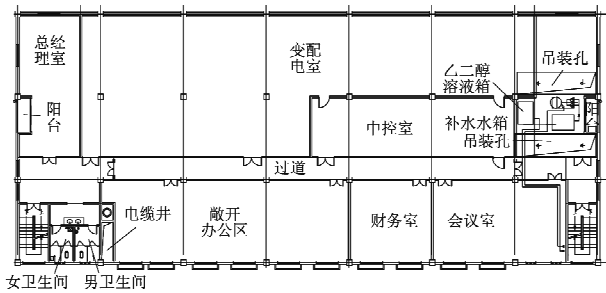


图 4 制冷站 2 层平面图

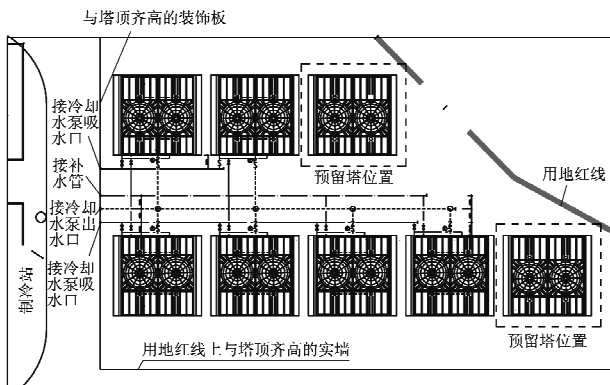


图 5 冷却塔平面布置图

蓄冰量,达到设定值时停主机。通过测定冰槽液位和检测乙二醇回水温度(由 T1 测得)判断或修正蓄冰量。

根据不同部位冰层厚度测定值,控制进入该端盘管的乙二醇流量,以均衡蓄冰。

2) 主机单独供冷工况: V1, V7, V9 全关, V2, V3, V8 全开, 保持 T3 恒定来控制主机能量调节。

3) 蓄冷装置单独供冷工况: 双工况主机、乙二醇泵停, V8, V9 全关, V7 全开。保持 T2 恒定, 调整融冰冷水泵频率, 改变进入蓄冰槽、融冰板式换热器的一次冷水流量。

4) 联合供冷工况: 乙二醇泵、双工况主机运行, V1, V7, V8 全关, V2, V3, V9 全开, 保持 T1 恒定, 调节融冰冷水泵频率, 改变进入蓄冰槽和板式换热器的载冷剂流量。

5) 冷水供冷控制: 以上 2)~4) 工况, 恒定 T2, 调节融冰冷水泵频率, 改变进入融冰板式换热器的一次水流量; 恒定最远端用户管网侧压差, 改变二次冷水泵频率, 以均衡负荷侧供冷量。

6) 基载主机和基载冷水泵全天开启, 恒定 T4 来控制基载主机能量调节。

6.2 用户换热站系统(自控原理见图 7)

- 1) 板式换热器出水温度监测及恒温控制;
- 2) 系统程序启停及分台数控制;
- 3) 运行设备、温度、压力、流量、冷量等参数显示、记录;

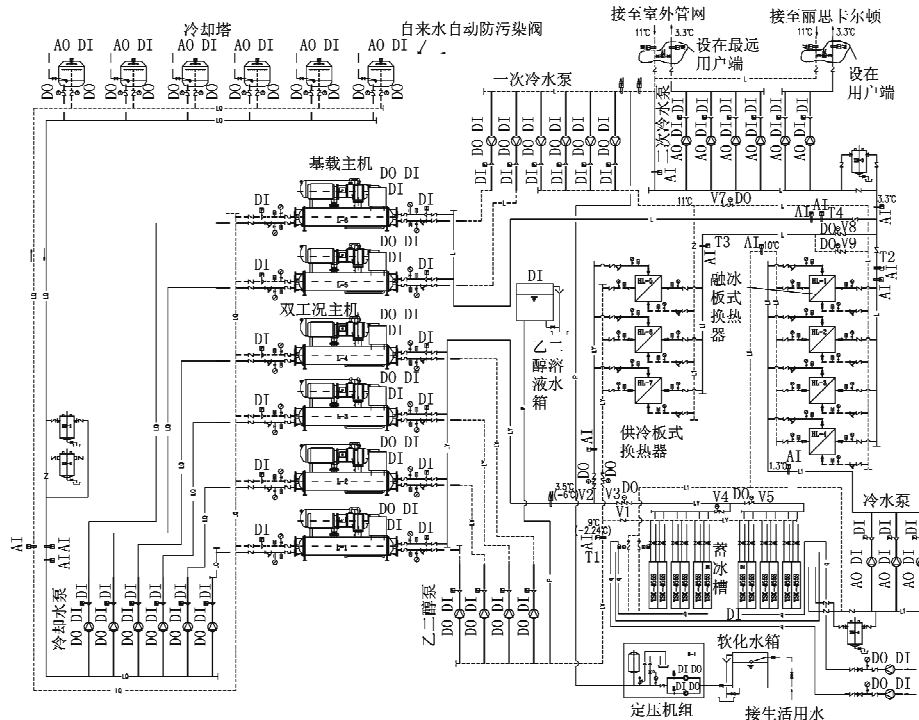


图 6 冰蓄冷系统自控原理图

(下转第 71 页)