

建筑节能与冰蓄冷空调的研究与应用

葛洲坝（北京）房地产开发有限公司 孙自亮

国寿远通置业有限公司 林孝青

摘要

随着全球变暖与能源的日趋紧张，节能减排的担子越来越重，作为一个暖通专业的从业者，应该在节能减排和绿色建筑中发挥自己应有的作用，并贡献出自己的聪明才智。空调系统的耗能在建筑中占有很大的比重，而冰蓄冷空调以电力的削峰填谷和节约用户的运行费用，在建筑节能方面越来越起到重要的作用。本文将重点阐述建筑节能的一些方法及冰蓄冷空调的基本原理及分类、冰蓄冷空调的运行模式及负荷匹配以及在实际工程中的应用等，得出了冰蓄冷空调虽然增加了投资者的建筑安装初期投资的成本，但是在运行费用和长期发展上对节能减排具有一定的优势，从而降低了整个建筑的寿命周期成本，并能取得长期的环境效益。

关键词：节能减排；可持续发展；冰蓄冷空调。

Abstract

Facing the increasingly severe global warming and gradual scarcity of energy resources, it has been very urgent to pay attention to energy saving and emission reduction. As a HVAC practitioner, I should play my due role in energy saving and emission reduction as well as the construction of green buildings with my intelligence. As it occupies a great proportion in the energy consumption of buildings, the air conditioning system should be a priority for all in the energy saving. The ice thermal storage system, which can realize electrical peak-shift and reduce operating cost of users, has been playing an more and more important role in building energy saving. This paper emphasizes on some building energy saving technologies and the conditions of ice thermal storage system including its basic principle, classification, capacity calculation, operation mode, load matching, engineering application, etc. It is concluded that the application of the ice thermal storage system is conducive to reducing operation cost and long-term energy saving and emission reduction so as to reduce the life cycle cost of the building and achieve long-term environmental benefits, although the initial installation cost of users shall be increased. In addition, some practical application problems and corresponding improvement measures are proposed with the combination of engineering application examples in the paper for later verification and promotion.

Keywords: Energy-saving and emission-reduction, sustainable development, Icecool-Storage Air-Conditioning.

第 1 章 绪论

1.1 节能建筑的定义及概念

目前我国所定义的节能建筑是指遵循气候设计方法和国家节能设计规范（目前住宅建筑有三个住宅节能设计规范，分别为严寒和寒冷地区节能设计规范、夏热冬冷地区节能设计规范、夏热冬暖地区节能设计规范，公共建筑采用公建节能设计规范），设计出符合建筑功能分区、朝向、风力、间距等建筑能耗较低的建筑，其主要指标有：建筑规划和平面布局要有利于自然通风，绿化率不低于 35%；建筑间距应保证每户至少有一个居住空间在大寒日能获得满窗日照 2 小时等。节能建筑也可以被称为绿色建筑或者可持续发展建筑[1]。

需要强调的将所有节能设计方法和节能技术都应用到建筑设计当中，其设计出来的建筑并不一定就是节能建筑，任何节能建筑其所处的地理位置、气候条件都有其特殊性和适应性，应该根据其条件，综合进行经济、技术比较，合理的运用节能设计方法，才能设计出低能耗的节能建筑。例如西北干旱地区适合采用蒸发冷却空调、夏热冬冷地区适合地源热泵空调等空调技术，而不能将所有的节能技术、设备简单的堆砌起来而形成所谓的节能建筑，其结果往往是失败而告终。

1.2 建筑节能的重要性以及意义所在

我国人均耕地面积约为全球人均耕地面积的 1/3，水资源是全球人均占有量的 25% 左右，而污水回收利用率仅为欧美发达国家的 25%。我国现有建筑总面积约 400 亿平米，预计到 2020 年还将新增建筑面积约 300 亿平米（每年新增约 18 亿到 20 亿平米），我国正处于城镇化的高速发展阶段，将突破 50% 的城镇化率。据不完全统计，城镇化率每提高 1%，新增能耗约为 6000 万吨标准煤，新增建筑用地约为 1000 千平米甚至更多，新增钢材、水泥砖木等建材总重量约为 6 亿吨。目前我国单位建筑面积的能耗是发达国家能好的 2-3 倍以上，甚至更多，还要在未来 15 年之内保持 GDP 的高速发展，必将带来巨大的资源瓶颈和环境恶化压力，实现建筑业的可持续发展，必须采取节能建筑。

采用节能建筑还将带来我国能源的新革命，大量可再生能源的发展和利用必将会大大促进建筑技术的快速发展。目前已经应用的可再生能源包括太阳能、风能、水能、生物质能、地热能、海洋能等非石化能源，鼓励和支持安装太阳能热水系统、太阳能供热和制冷系统、太阳能光伏发电系统等太阳能利用系统。

第 2 章 建筑节能措施

2.1 围护结构节能措施

建筑物的围护结构是指建筑物与大气相通的部位，主要包括外墙、外窗（包含玻璃幕）、屋顶，其节能措施主要是针对以上部位进行的。从建筑体形来说，同样面积的建筑物，接近立方体的外表面积最小，可以节能。衡量建筑物的体形是否符合节能标准的一个重要指标就是体形系数-建筑物外表面积和其包围的体积之比。对于一定体积的建筑物，其体形系数越大，意味着其围护结构的面积越大，建筑物的热负荷和冷负荷也就越大。一次我国颁布建筑节能设计标准规定了建筑物的体形系数，如严寒、寒冷地区公共建筑体形系数不能大于 0.4，居住建筑体形系数不能大于 0.3；目前针对围护结构的节能措施主要有：

2.2 空调系统节能措施

空调系统的节能措施有很多，但从根源上不外乎分为合理选择采暖空调系统、合理选择冷热源、合理减少空气和水输送过程的能耗、热回收、废热与可再生能源的应用以及加强运行管理等五个方面。

2.3 国内外发展冰蓄冷空调的现状

冰蓄冷空调技术在国内外已经有了很长时间的发展，已经应用于国内很多大型工程和区域供冷，通过阅读大量文献了解到冰蓄冷空调技术以及节能概念在国内外的研究发展状况和技术的发展趋势。

2.3.1 各地区蓄冷空调项目概况

从九十年代初，内地开始建造蓄冷空调工程，至去年8月已有建成投入运行和正在施工的工程 833 项，分布在 4 个直辖市和 22 个省。蓄冷工程主要集中在城市建设和经济发展迅速、白天高峰电力紧缺的北京、广东和东南沿海地区。预计今后蓄冷技术将会在我国更广大的地区得到应用和推广。

2.3.2 企业—引进、发展

- 蓄冷空调工程在我国二十多年的发展历程，从开始的引进、吸收、消化国外先进技术，正逐步走上研制开发新型产品的自主创新道路。

国外品牌：美国 BAC、FAFCO、EVAPCO、CALMAC、MUELLER、CRYOGEL、法国 CIAT。

国内厂商：北京西冷、清华同方，浙江华源、浙江国祥，北京高灵，广州鑫誉，广州贝龙、中机远雄，……

合资工厂：CIAT——杭州厂， BAC——大连厂， EVAPCO——上海厂，台湾“冰宝”——上海厂。为进一步降低了生产成本、减少了运输费用、缩短了供货时间创造了条件。

自主开发：同方——闭式外融冰，华源——纳米导热复合盘管，中机运雄——片

冰，……。具有世界先进水平。

第 3 章 冰蓄冷空调系统的技术原理和应用实例

(以远洋万和城为例)

3.1 冰蓄冷空调系统原理简介:

所谓蓄冷空调就是在夜间用电低谷期(同时也是空调负荷低峰时间)用制冷主机制冷,并利用蓄冷材料的显热或潜热将冷量贮存起来,待白天电网高峰(同时也是空调负荷高峰时间)时,再将冷量释放出来,以满足空调或生产工艺的需要。

蓄冷空调有水蓄冷、冰蓄冷、共晶盐蓄冷和气体水合物蓄冷四种方式,而在实际运用中采用最多的为水蓄冷、冰蓄冷。水蓄冷技术适用于现有常规制冷系统的扩容或改造,可以在不增加制冷机组容量的情况下提高供冷能力;而选用冰蓄冷和低温送风系统相结合的蓄冷供冷方式,在初投资上可以和常规空调系统相竞争,且在分时计费的电价结构下,其运行费用要低得多,因此,已成为建筑空调技术的发展方向。与常规空调相比,蓄冷空调不仅具有重要的社会效益,削峰填谷平衡电力负荷、提高能源利用水平、提高发电机组效率、减少环境污染等,而且还具有一定的经济效益:减少机组的容量、提高制冷机组运行效率、节省电费及电力设备费等。因此在空调的设计、施工和中央空调的改造工程中,蓄冷技术已经得到了广泛的应用。特别是实行峰谷双费制的地区,具有更好的经济效益。

3.2 冰蓄冷空调的系统流程配置

冰蓄冷空调系统由制冷主机、冰蓄冷装置、板式换热器、循环泵、自动控制系统以及控制阀门等组成。系统的流程主要是针对冷水主机和蓄冰装置的相互关系而言,可分为串连系统和并联系统,串连系统又分为主机上游和主机下游两种方式。

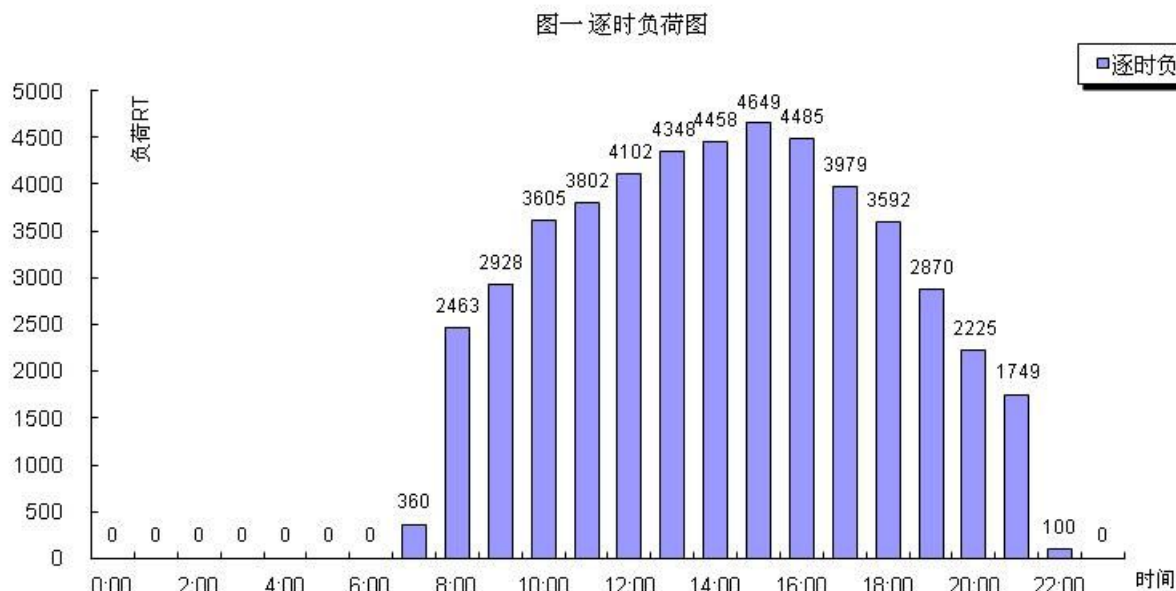
3.3 工程概况及冷负荷说明

3.3.1 工程情况:

本工程位于朝阳区北四环东路,是远洋地产开发的亚奥商圈综合性开发项目,项目定位为办公楼及商业综合性建筑,建筑(空调)面积为 13.6 万平方米,档次较高,本着节能的原则,本项目的空调冷源方案采用内融冰蓄冰空调系统方案。冷负荷经计算为:设计日峰值冷量为 16351Kw,约合 4649RT,首先确定的是钢盘管内融冰技术,依此为基础进行本项目的冰蓄冷空调系统的设计。

3.3.2 负荷说明:

设计日负荷可根据业主的使用要求结合建设部的设计标准计算得出,也可以根据设计院给出的设计日 24 小时逐时负荷得出,具体负荷的描述,见图一所示:



3.3 本项目冰蓄冷方案的确定及选型要点

蓄冰盘管为盘管外结冰方式的一种,分为内融式制冰和外融式制冰,盘管分为三种:蛇形管、圆筒形管和 U 型立式盘管,其中内融冰式以传热效率高、融冰速率稳定见长,本项目经过比较,首先确定采用内融冰式闭式流程,其次就是蓄冰盘管的种类及材料选择方案的确定。以下为钢盘管和塑料盘管的比较,性能对比,其热导率、强度及工程业绩均有较大的差异,综合比较,钢盘管具有较大的技术优势,故本项目最后确定采用钢制蓄冰盘管。

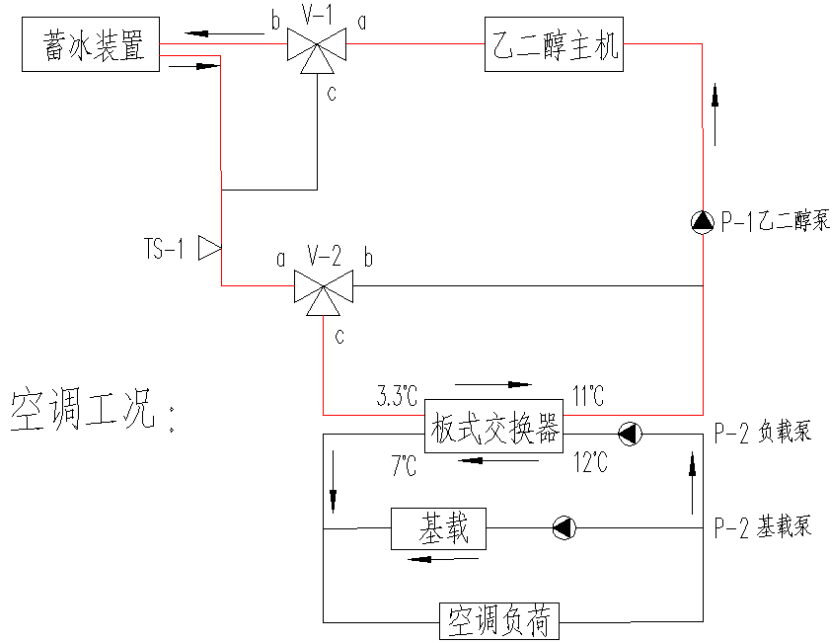
通过以上分析,我方确定采用钢盘管作为蓄冰装置,舍弃了塑料盘管,并以不锈钢水箱作为冰槽,负担本项目的蓄冰冷源。

3.4 本项目蓄冰空调系统的设计描述

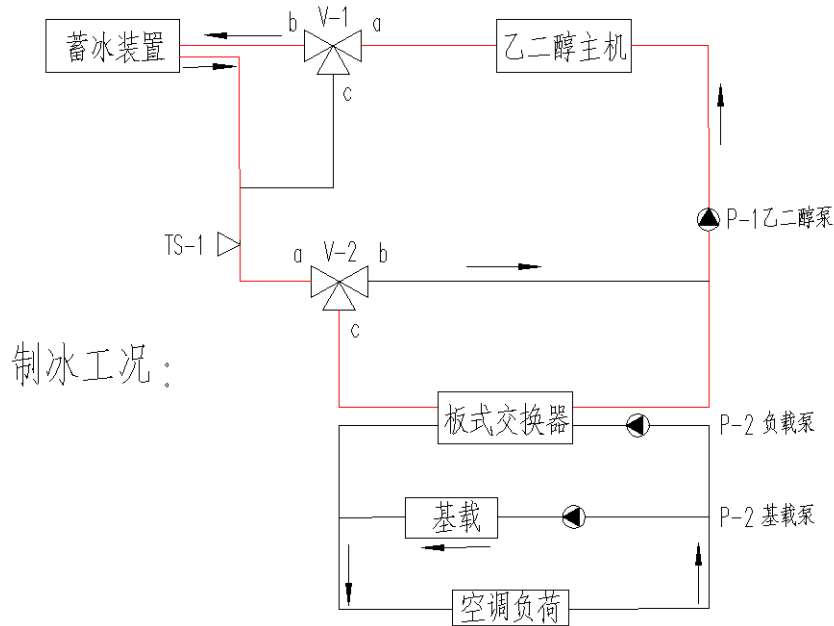
3.4.1 本项目蓄冰空调系统的设计流程方式

本项目通过招标的方式,最终采用了美国益美高公司(Eavpco)的钢盘管蓄冰技术,其蓄冰系统流程通常有两种,即单循环回路和双循环回路。单循环回路应用相对比较广泛。双循环回路方式通常应用在夜间在制冰期存在的少量冷负荷无法通过设置基载主机来提供,需要边制冰边融冰来提供冷量满足夜间负荷需求。根据本工程的空调使用规律,可确定本工程的蓄冰系统流程采用单循环回路方式,蓄冰系统流程图如下:

空调工况下:



制冰工况如下：



3.4.2、系统流程说明

- 1) 流程中设有板式热交换器，用以将蓄冰系统的乙二醇回路与通往空调负荷的水回路隔离开。
- 2) 在供冷期间，空调高温冷冻水侧的温度通过板式热交换器与低温的乙二醇侧进行热交换，将冷冻水温度调整到空调负荷所需要的温度，同时板式热交换器还保证乙二醇仅在蓄冰循环中流动，而不流经各空调负荷回路中，可减少乙二醇用量并避免乙二醇在空调负荷中的泄漏。
- 3) 回路中设有两个电磁三通阀 V1, V2。根据冷负荷变化，通过三通阀 V1 调节进入蓄

冰装置的乙二醇流量，保证进入换热器的乙二醇温度恒定并满足冷负荷需求。三通阀 V2 用于保持进入板式热交换器的乙二醇流量恒定。温度传感器 TS1 用于感测进入板式热交换器的乙二醇温度，它可置于板式热交换器冷端进口处，也可置于三通阀 V2 的 a 端。

3.4.3 系统控制模式说明

1) 主机单制冰模式

此工作模式工作在电力低谷期，电价低廉。主机设定为制冰工况并满负荷运转，所制得的冷量全部以冰的形式储存起来，以供白天冷负荷高峰期使用。

2) 主机供冷+融冰供冷模式

此工作模式主机满负荷以空调形式运转，不足冷量由融冰满足，融冰供冷量根据负荷变化由三通阀 V2 来调节。此间板式热交换器低温乙二醇侧入口端温度恒定在 3℃左右。在此时段之间，主机在电力高峰阶段由于电价较高，负荷较大，主机满负荷运转亦不能满足，不足冷量由融冰供冷满足，可节省大量的运行费用。

3) 主机单供冷模式

此间一般为电力平段期，只需运行主机即可满足冷负荷需求。乙二醇不流经蓄冰装置而直接进入板式热交换器，主机运行根据冷负荷变化进行调节。此工况模式目的是把储存的冷量集中到高价电的时候使用，在冷负荷较小情况之下，可实现电力高峰期间全融冰方式以节省大量的运行费用。

4) 单融冰供冷模式

此间冷却塔及主机均关闭，避开电力高峰期，仅以融冰来满足冷负荷的需求，将系统的高峰用电量降至最低，以节约运行成本。随着冷负荷的减少，单融冰时段逐渐增多，以达到最大限度节电的目的。

3.5 本项目蓄冰空调系统的设备选型及说明

系统主要设备均须满足设计的性能要求，保证使用寿命，使系统稳定可靠的运行。所有这些设备均已在大量的蓄冰系统运行实践中经受了长期的考验，可以很好的满足设计要求。为降低系统的初期投资，系统中部分设备依据设计师及业主要求进行了适当的调整，但均能满足蓄冰系统设计时所提出的技术性能指标。以下是本项目主要蓄冰设备的选型及计算过程：

3.5.1 双工况主机和基载主机的容量

本项目尖峰负荷为 4649RT，采用部分负荷的形式，部分负荷率为 0.7，所以暂定双工况主机容量为 $4649 \times 0.7 = 3254\text{RT}$ 。由于夜间有负荷，所以考虑选择基载主机：1 台 300RT；那么，双工况主机约为： $3254 - 300 = 2954\text{RT}$ ，结合主机设备参数，暂时选择 3 台 900RT 的双工况主机；制冰工况 585RTh。

3.5.2 蓄冰设备选择

根据双工况主机制冰工况参数，制冰时间 8 小时，则总制冰量约为： $585*3*8=14040\text{RTh}$ 。根据蓄冰设备厂家参数，初步选择 40 台 ICE-385E 盘管，总容量约 15400RTh。

3.6 冰蓄冷空调和常规空调的总体比较

1)、削峰量

常规空调系统主机总容量为	4750	RT
蓄冰空调系统主机总容量为	3000	RT
削峰量	37	%

2)、电力装机容量比较

常规空调系统电力装机容量	3770	KW
蓄冰空调系统电力装机容量	2659	KW
节省量	1111	KW

3)、设备投资比较

常规空调系统设备投资	1765	万元
蓄冰空调系统设备投资	2192	万元
投资增加	428	万元

4)、运行费用比较

常规空调系统年运行费用	525	万元
蓄冰空调系统年运行费用	419	万元
年节省运行费用	106	万元

5)、回收期

冰蓄冷空调系统增加的设备费回收期限为： $428/106=4$ 年

以上计算均根据实际建安成本计算。

通过实际工程的深入研究后总结如下：冰蓄冷空调系统确实在建安成本上会增加一次性投资，较常规空调系统增加除投资约 30%左右，但会节约大量的运行费用，从节能和环保的角度出发，值得大力推广冰蓄冷空调技术。提倡通过对建筑物从能源、地理位置和环保节能的角度出发，认真进行经济技术的综合比较后，科学确定采用是否采用冰蓄冷技术。

参考文献

- [1] 绿色建筑评估标准
- [2] 暖通空调复习教材（第三版） 艾为学等 中国建筑工业出版社 2013
- [3] 公共建筑采用公共建筑节能设计标准. GB50189-2005, 北京, 中国建筑工业出版社, 2005
- [4] 严寒寒冷地区居住建筑节能设计标准、夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准、夏热冬冷居住建筑节能设计标准, 北京, 中国建筑工业出版社, 2001-2003
- [5] JGJ158-2008 蓄冷技术规程 北京, 中国建筑工业出版社, 2008
- [6] 潘雨顺. 冰蓄冷在制冷空调中的应用前景与发展趋势 [J]. 中国冷冻空调杂志, 1994, 25(3): 15-19
- [7] 李金平, 王如竹, 郭开华. 蓄冷空调技术及其发展方向探讨 [J]. 能源技术, 2003, 23(3): 119-121
- [8] 张永铃. 国内外冰蓄冷技术的发展与应用 [J]. 制冷技术, 1999, 14(2): 21-24
- [9] 彦启森. 我国制冷空调技术发展现状及前景 [J]. 制冷与空调, 1997, 12(4): 10-14
- [10] 张健, 林世鹏. 储冰蓄能技术消峰填谷大有可为 [J]. 能源与环境, 2004, 28(2): 20-21
- [11] 胡兴邦, 朱华, 叶水泉, 冯踏青. 储冷空调系统原理、工程设计及应用[M]. 浙江: 浙江大学出版社, 1997.
- [12] 叶水泉, 方斌东. 冰蓄冷空调技术 [J]. 制冷空调与电力机械, 2004, 25(1): 72-79
- [13] 严德隆, 张维君. 空调蓄冷应用技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996.
- [14] 吴喜平. 蓄冷技术和蓄热电锅炉在空调中的应用[M]. 上海: 同济大学出版社, 2000.
- [15] 巨永平. 空调工程中的蓄冷技术 [J]. 暖通空调, 1996, 26(3): 56-59
- [16] 张 宏. 浅谈冰蓄冷技术应用 [J]. 制冷技术, 1998, 13(5): 33-36
- [17] 方贵银. 蓄冷空调工程实用新技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2000.
- [18] 陈沛霖, 岳孝方. 空调与制冷技术手册[M]. 上海: 同济大学出版社, 1999
- [19] 郑贤德. 制冷原理与装置[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000
- [20] 任吉云, 姜舒. 冰蓄冷空调提高高峰用电转移率的设备选择计算 [J]. 制冷学报, 1999, 24(4): 49-54

- [21] 汪训昌. 关于蓄冷空调工程设计思路的探讨[J]. 暖通空调, 1997, 27(4): 44-4761
- [22] 周东一. 蓄冷技术在空调系统中的应用分析[J]. 邵阳学院学报, 2005, 2(1): 63-65
- [23] 陈杨华, 吴逸飞. 论蓄冷空调技术与节能 [J]. 江西能源, 2004, 5(3): 35-37
- [24] 付小斌. 冰蓄冷空调及其应用 [J]. 节能与环保, 2004, 31(4): 30-32
- [25] 叶水泉. 储能空调原理及工程应用 [J]. 暖通空调, 1997, 27(5): 22-25
- [26] 李向东等. 蓄冷空调系统的负荷计算 [J]. 暖通空调, 1998, 28(3): 25-28
- [27] 王耀春, 陈汝东. 一种适用于冰蓄冷空调系统的全年逐时负荷计算方法 [J]. 流体机械, 2004, 32(12): 69-71
- [28] 张华玲. 蓄冷空调动态负荷的计算方法 [J]. 重庆建筑高等专科学校学报, 1999, 9(2): 22-25
- [29] 俞炳丰. 制冷与空调应用新技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002
- [30] 庄友明. 冰蓄冷空调的运行模式及制冷主机容量确定 [J]. 流体机械, 2003, 30(2): 45-48
- [31] 姬长发, 王美. 小型蓄冷空调系统运行方式分析 [J]. 流体机械, 2005, 32(4): 76-78
- [32] 王蓓蓓, 李扬, 唐国庆. 冰蓄冷空调技术对南京地区电网调峰的影响 [J]. 节能与环保,
- [33] 潘云刚, 全国勘察设计注册设备工程师暖通空调专业考试复习讲义: 空气调节[C], 2006

张主任: 我的联系方式为 13701275046, 地址是北京市大兴区旧宫镇葛洲坝紫郡府 10#楼 2 层工程部。个人简历如下以附件形式发送。

个人简历

一、个人信息:

姓名: 孙自亮

性别: 男

联系方式: 13701275046

Email: 13701275046@139.COM

二、教育背景:

2009/10—2013.6 北京建筑工程学院 暖通空调专业 工程硕士

2000/06 -- 2003/06: 北京信息工程学院 计算机科学技术 本科

1991/07 -- 1995/06: 长春工程学院 给排水专业 本科

三、职称及执业资格：

高级工程师

国家一级建造师

四、工作经历：

1、2008/08—现在：葛洲坝（北京）房地产开发有限公司

职务：工程部副经理

2、2005/01 -- 2008/06：北京盘古氏投资有限公司

职 务：机电部副部长

3、2002/01 -- 2005/01：北京东方康泰房地产经营公司

职 务：水暖工程师

4、1995/06 -- 2002/01：中建一局四公司康成安装分公司

职 务：水暖工程师

机电安装项目经理