

中美清洁能源联合研究中心建筑节能合作项目

中美高效建筑

案例分析与对比

本书编委会 ◆ 编



中国建筑工业出版社

中美清洁能源联合研究中心建筑节能合作项目

中美高能效建筑案例分析与对比

本书编委会 编



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

中美高能效建筑案例分析与对比 / 本书编委会编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 1

ISBN 978-7-112-16027-3

I. ①中… II. ①本… III. ①建筑 — 节能 — 对比研究 — 中国、美国 IV. ①TU111.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第256041号

责任编辑: 齐庆梅

责任校对: 王雪竹 党 蕾

中美高能效建筑案例分析与对比

本书编委会 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京京点图文设计有限公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 11 字数: 270 千字

2014年3月第一版 2014年3月第一次印刷

定价: 78.00元

ISBN 978-7-112-16027-3

(24801)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

编委会名单

编委会主任：梁俊强

主 编：朱能（天津大学）、赵靖（天津大学）

参编人员（按姓氏笔画排序）：

丁勇（重庆大学）、冯国会（沈阳建筑大学）、
李慧星（沈阳建筑大学）、徐国英（东南大学）、
谢慧（北京科技大学）

序

随着建筑用能需求的不断增加，无论是发达国家还是发展中国家，建筑能耗占社会总能耗的比重都越来越大。所以，一直以来建筑节能都是人们关注的课题。如何实现建筑节能技术在高能效建筑中的综合应用，如何选择适合我国不同气候区的资源条件、经济条件的适应性节能技术，以及如何实现建筑节能的效益最大化也成为了越来越热门的话题。除此之外，更多的人也想了解，作为能源消耗大国的美国，在建筑节能方面做了哪些工作，他们的节能效果如何，通过与美国的高能效建筑进行对比分析，我们能从中借鉴什么建筑节能理念？也许你能从此书中找到答案。

本书收录了若干栋高能效建筑案例，其中包含了住宅、办公、档案馆、商业等各类建筑，地域覆盖了东北、华北、华东、华中、华南等多个地区，既有绿色建筑案例，也有经过节能改造的高能效示范案例，充分展示了我国不同气候区、不同类型、不同地域文化经济背景的高能效建筑特点，充分表达了我国发展高能效建筑中“因地制宜”和“节能减排”的政策方针。

本书内容丰富，数据完整，在充分介绍各建筑案例的节能技术与能源管理模式的前提下，从电耗、水耗和各分项能耗等方面对能耗情况进行了比较细致的分析；并通过中美不同气候区五对建筑案例的对比，分析了中美办公建筑能耗差异的原因。本书值得建筑领域的规划、设计、施工、物业专业人员以及科研单位、政府管理部门、大专院校的相关人员学习参考。

建筑节能是一项系统工程，是贯彻可持续发展战略、实现国家节能规划目标、减排温室气体的重要措施。建筑节能符合全球发展的趋势，竭诚希望相关的工程技术人员投身于节能建筑的建设中来，为国家的节能减排事业做出新的贡献。

韩爱兴

前言

随着建筑用能在社会总能耗中所占的比重越来越大,建筑节能不可避免地成为社会各界关注的焦点。建筑节能技术是实现高效建筑的重要手段。本书将建筑节能技术分为四类:建筑围护结构节能技术、暖通空调系统节能技术、可再生能源节能技术和其他建筑节能技术。具体来说,建筑围护结构节能技术包括:墙体和屋面的保温隔热、遮阳技术、高效节能型外窗等;暖通空调系统节能技术包括:变风量系统、地板送风、热回收以及其他自动控制技术等;可再生能源节能技术包括:地源热泵技术、太阳能光电技术、太阳能光热技术等;其他建筑节能技术包括自然通风、自然采光、节能照明等。

与普通建筑相比,在实现相同建筑功能的前提下,高效建筑能够消耗更少的能源,满足节能减排的要求,在综合利用各种节能技术的同时,不以牺牲室内环境质量为代价。本书中所收录的若干建筑案例,都集成了各种建筑节能技术,室内环境质量也都能够满足《室内空气质量标准》GB/T 18883-2002 的要求。

天津大学建筑节能中心及子课题的合作单位于 2011 年 11 月~2012 年 12 月调研了我国严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区和夏热冬暖地区的多栋公共建筑,选取了其中 11 栋作为高效建筑案例进行分析,研究了我国不同气候区各种节能技术在高效建筑中的应用效果、系统运行状况和建筑能耗水平等内容。

为了研究中美高效建筑在能源结构、能耗水平、室内环境等方面的差异性,本书选取了中国沈阳、天津、南京、宁波、深圳的 5 栋高效办公建筑案例,同时考虑地理气候、建筑规模和经济发展水平等因素,分别选取了美国坎布里亚、华盛顿市、小石城、安纳波利斯、休斯敦的 5 栋获得美国 LEED 认证的办公建筑,进行了能耗水平和节能技术等方面的对比分析。

本书第 1 篇第 1、2 章由冯国会、李慧星编写;第 3、4 章由谢慧编写;第 5、7 章由朱能编写;第 6 章由徐国英编写;第 8、9 章由丁勇编写;第 10、11 章与第 2 篇由赵靖编写。全书由赵靖统稿。

本书的编写得到了住房和城乡建设部科技发展促进中心的大力支持,也得到了相关单位的积极配合,在此一并向对本书提供帮助的领导和专家表示衷心感谢。

本书在编写过程中多次修改,但由于时间紧迫,难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

本书编委会

目 录

序	IV
前 言	V
绪 论	001

第 1 篇 中国高能效建筑案例分析

1 沈阳某大学校部办公楼	004
2 沈阳某商城	014
3 北京某大学体育馆	026
4 北京市某商业写字楼	035
5 天津市某科技档案楼	050
6 南京某广场	063
7 宁波市某培训中心	073
8 重庆某大厦	082
9 重庆某迎宾楼	093
10 深圳市某办公楼 (一)	104
11 深圳市某办公楼 (二)	118

第 2 篇 中美高能效建筑案例对比分析

12 沈阳建筑大学校部办公楼与宾夕法尼亚州环保部办公楼	132
13 天津市建筑设计院科技档案楼与西德威尔友谊中学办公楼	138
14 宁波市建设委员会培训中心与飞利浦美林环境中心	145
15 南京银城广场与海菲国际公司世界总部办公楼	152
16 深圳市建筑科学研究院办公楼与得克萨斯大学护理学院学生活动中心	158
17 总结	164
参考文献	168

绪 论

随着城市化进程的推进和经济的快速发展,建筑能耗在社会总能耗中所占的比重越来越大,受到越来越广泛的关注。比较中美建筑能耗统计数据,对能耗差别的原因进行深入研究,可以帮助我们更好地分析我国建筑用能现状、预测发展趋势,从而为制定相关政策和引导建筑节能的发展提供依据。

但是关于中美高能效办公建筑能耗比较的研究并不多,且大部分将精力放在宏观角度对比,而两国能耗数据统计的方法不同,简单地进行数量比较不能解释建筑能耗差异的原因。本书从对比两国绿色建筑评价体系和具体高能效办公建筑实际监测运行数据的角度,对中美两国典型地区高能效建筑的建筑用能结构、建筑能耗现状以及建筑节能技术应用现状进行深层次对比分析,研究中美两国相似气候区建筑能耗及能效水平的差异性,形成适合中国不同气候区的建筑节能技术体系。

中美两国对于绿色高能效建筑的评价体系和标准不同,这对建筑能耗和水耗等多方面的影响是很大的。《绿色建筑评价标准》是我国目前现有的适用性和普及性最强的一套绿色建筑评价体系,该标准总结了近年来我国绿色建筑方面的实践经验和研究成果,借鉴了国际先进经验制定的多目标、多层次的绿色建筑综合评价标准。LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) 是目前应用非常广泛的一个建筑标识认证体系,它是美国绿色建筑委员会为满足美国建筑市场对节能与生态环境建筑评定的要求,提高建筑环境和经济特性而制定的一套评定标准。

在上述两个评级体系的比较方面,有很多研究。Siwei Lang^[1]介绍了中国节能标准的执行情况。Z.Wang^[2]等介绍了中国二十年里节能标准和包含室内空气质量(IAQ)的标准。李江南^[3]通过对中国目前最关心的绿色建筑的“四节一环保”(节能、节地、节材、节水、环保)内容的分析,得出了LEED并不适合中国国情的结论。万一梦^[4]将我国《绿色建筑评价标准》与美国LEED评价标准从评价标准的颁布主体、对建筑形式的划分、申报流程、经济效益等方面进行了比较,对我国绿色建筑评价体系存在的问题进行了探讨,提出了如何进一步完善我国绿色建筑评价体系的建议,如需要政府给出一些激励政策的支持等。周晓兵、车伍^[5]介绍了我国《绿色建筑评价标准》与美国LEED评定标准中,关于雨洪控制利用的评定内容,对两套标准关于雨洪控制利用的理念及具体评价条文差别进行了比较分析,剖析了产生这些不同的深层次原因。王宁^[6]等介绍了中国《绿色建筑评价标准》、

美国 LEED 评估体系、英国 BREEAM 评估体系等几套典型的绿色建筑评估体系中,对公共建筑节能的指标要求,在比较分析特色和适用性的基础上,对我国绿色建筑评估的发展以及建筑节能管理提出建议。

我国的绿色建筑评价标准与美国 LEED 认证的显著不同是把节能放在首要的位置,满足节能标准才有可能成为绿色建筑,与此同时还关注建筑整个生命周期的评价。LEED 认证委员会认为绿色建筑节能不应以牺牲环境为代价,节能高效的建筑设备在节能的同时也要顾及环保性^[7]。

两个标准在具体细节层面有很多不同之处,这无疑对建筑设计和运行能耗产生影响。例如在节能评价指标方面,两者均注重从规定建筑物及内部设备的最低能效和鼓励采用能效优化的设备来提升绿色建筑的节能性能。此外,《绿色建筑评价标准》提倡利用建筑设计布局来减少建筑物使用能耗;LEED 认为建筑物的节能性能还应该包括建筑物使用过程中对周边环境的影响。《绿色建筑评价标准》将能效优化细化为对建筑物中电梯、照明灯具、空调能耗等内部大功率建筑设备的能效比,而不是以单纯的成本比较作为评判依据。

在节水评价指标方面,中美两国均将绿化景观的灌溉节水技术纳入绿色建筑的评价范畴,作为发展中国家,中国并未一味单纯追求先进节水技术、设备所带来的建筑物节水性能的提升,在考虑节水的同时也同样关注整个给水排水系统运转的稳定性,《绿色建筑评价标准》中规定采用节水器具和设备,节水率不低于 8%;LEED 标准为了实现建筑中最大化节水,以减轻市政供水和排水负担,规定采取措施总用水量比用水量计算基准减少 30%。

在节材评价指标方面,两国均注重从提高建筑物材料循环利用率、提高地方材料使用比例、加强建筑材料的再利用三方面来提升绿色建筑的节材性能。

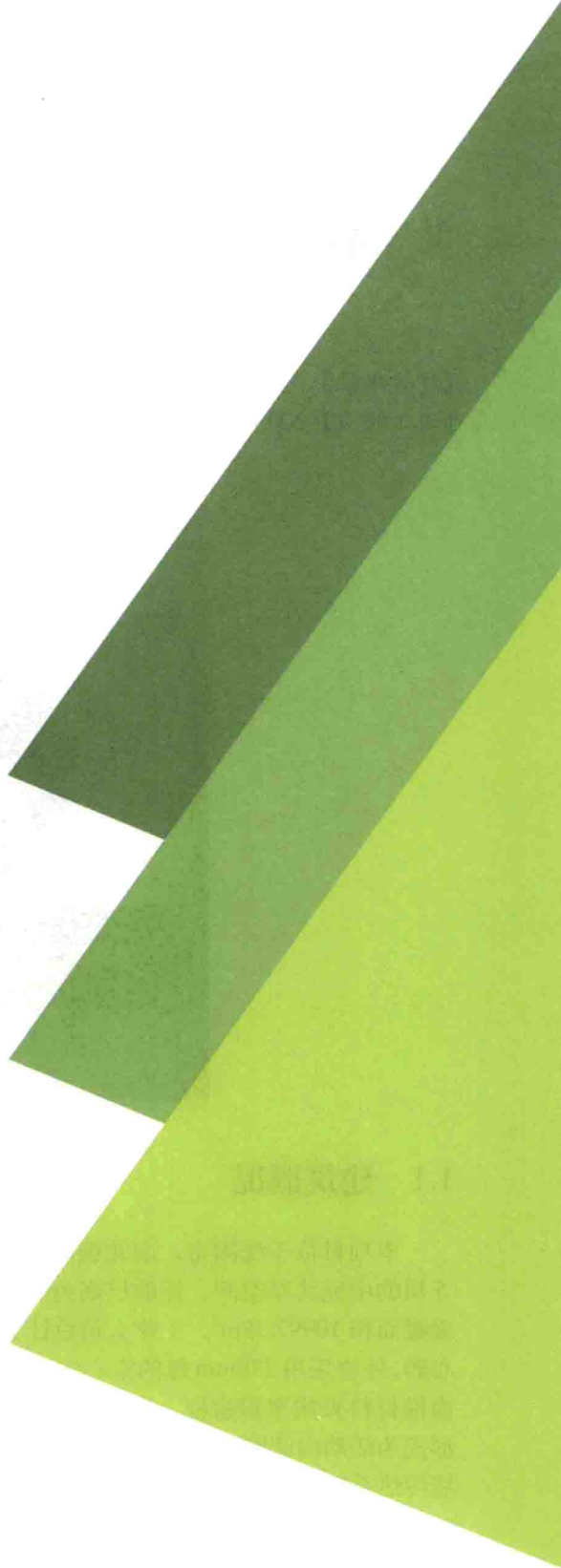
在节地评价指标方面,LEED 要求在保证建筑选址安全的同时应尽量避免开耕地、湿地、自然保护区等生态较为脆弱的区域,注重对环境的保护。而《绿色建筑评价标准》则更强调选址的安全性,对建筑活动可能对周边环境引起的生态扰动则没有设立专门的条款加以约束,不足以全面反映绿色建筑环境友好的特征。

中美两国国土资源辽阔,大部分国土面积所处纬度相同,气候相似,为了对中美两国相似气候区办公建筑的能耗水平进行分析,研究两国不同气候区各种节能技术在高能效建筑中的应用效果、系统运行状况和建筑能耗水平等内容,形成适合双方,尤其是我国资源条件、经济条件下的适应性建筑技术的优化方案,本书选取了我国严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区和夏热冬暖地区的 11 栋公共建筑案例(具体分布为沈阳 2 栋、北京 2 栋、天津 1 栋、南京 1 栋、宁波 1 栋、重庆 2 栋、深圳 2 栋),从建筑概况、建筑节能技术、建筑能源管理、建筑能耗分析和室内环境 5 个方面进行深入分析;并遴选其中 5 栋建筑与美国相似气候区的 5 栋公共建筑案例,进行建筑概况、气候条件、节能技术和能耗水平的对比分析。

希望本书的出版能够起到抛砖引玉的作用,吸引更多的同行参与到中美建筑能耗对比的工作中来,为中国的节能减排事业做出贡献。

第 1 篇

中国高能效建筑 案例分析



1 沈阳某大学校部办公楼

【建设单位】沈阳某大学

【竣工时间】2003年3月



1.1 建筑概况

本项目位于沈阳市,南北朝向,建筑总高度19.8m,地下1层,地上5层,中部设有5层的中庭共享空间,标准层高为3.9m,总建筑面积 10997.38m^2 ,空调面积 10997.38m^2 ,采暖面积 10997.38m^2 ,工作人员总计200人。建筑结构形式采用框架结构,填充墙体为空心砖,外墙采用370mm厚的空心砖,内墙为180mm厚的空心砖。外窗采用中空双层玻璃窗,窗框材料采用塑钢窗框,厚度规格为5mm+9mm+5mm,玻璃类型为普通透明玻璃,遮阳形式为活动内遮阳,外保温采用植物聚氨酯发泡材料。屋面传热系数 $0.25\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$,外墙传热系数 $0.51\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$,外窗传热系数 $2.2\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 。

地下一层为值班室、变配电室、空调机房、库房和工具间;一层主要为陈列室、接待室、档案室、收发室、办公室;二~五层主要功能为办公室,二层有两个小会议室,三层有一个大会议室。该建筑每天运行时间为8:00~17:00,全部为自用,使用率100%。

1.2 建筑节能技术

1.2.1 建筑围护结构节能技术

外保温采用植物聚氨酯发泡材料,属于可再生的、环境友好的隔热保温材料,导热系数小于 $0.023\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,该材料利用了农业废弃物,原材料可再生,降低了传统聚氨酯材料对石油的依赖(图 1-1)。建筑物北向外立面设置外遮阳措施,白天不对周边环境产生光反射,建筑物内设有内遮阳措施,可以避免太阳光射入而引起的冷负荷增加,减少空调系统的耗电量。

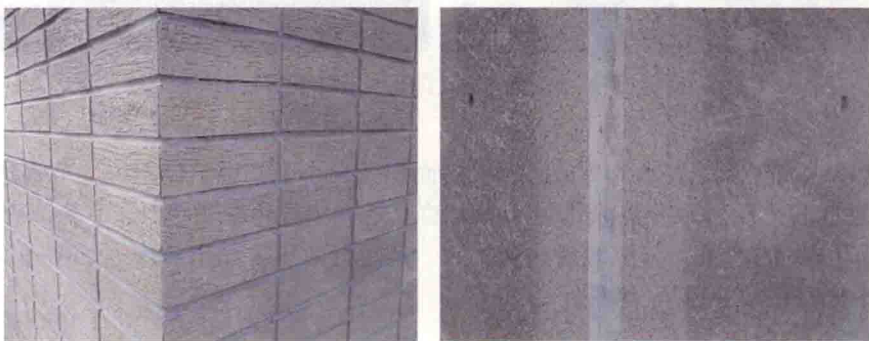


图 1-1 围护结构

1.2.2 暖通空调系统节能技术

该建筑采用的空调系统形式为:档案馆设低速全空气系统,冬季采用水喷雾加湿方式;会议室采用低速全空气系统;中庭采用风机盘管加新风系统,并采用立式暗装风机盘管;办公室部分采用风机盘管加新风系统,新风按层设置;消防控制室分别设置自带冷热源的分体式空调器。空调系统送风口与回风口参见图 1-2。所采用的节能技术:全空气系统的新风入口及其通路按全新风配置,通过调节系统的新、回风阀开启度,可实现过渡季节按全新风运行,空调季节按最小新风比运行。空调机、新风机的新风入口管上设电动对开多叶调节阀,该阀与相应的空调机和新风机连锁。会议室设有室外温、湿度传感器,可以按室外温度或焓值控制新风阀开度,新风比的调节范围在 $15\% \sim 100\%$ 。空调系统控制装置参见图 1-3。



图 1-2 空调送风口及回风口(一)

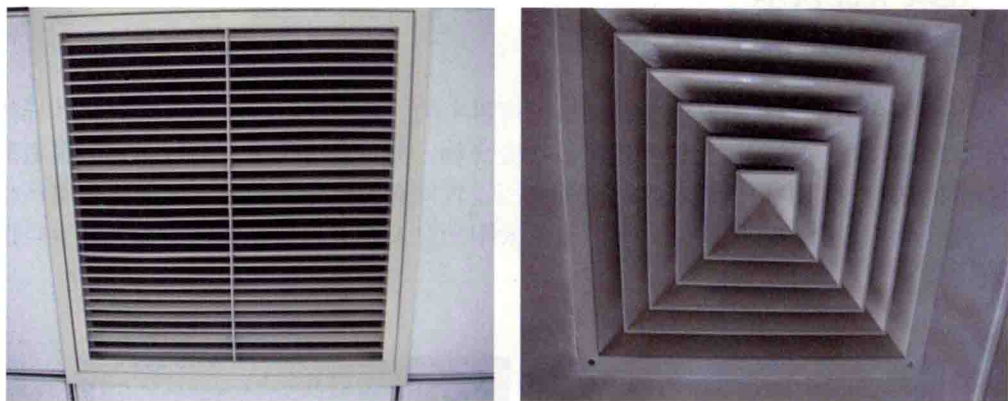


图 1-2 空调送风口及回风口 (二)

水源热泵系统:以地表水为冷热源,机房面积大大小于常规空调系统,节省建筑空间,也有利于建筑的美观。水源热泵消耗 1kWh 的电量,用户可以得到 4.3 ~ 5.0kWh 的热量或 5.4 ~ 6.2kWh 的冷量。与空气源热泵相比,其运行效率要高出 20% ~ 60%,运行费用仅为普通中央空调的 40% ~ 60%。



图 1-3 空调系统控制装置

1.2.3 高效照明系统节能技术

(1) 大厅、中庭主要以节能灯为主,如图 1-4 所示;办公区域照明采用人工照明结合室外自然光分区照明控制,随着室外光线强弱变化,开闭室内的一组或数组灯具,满足房间的照度要求。

(2) 光环境系统优化设计,90% 的功能区采光系数满足标准要求。玻璃顶自然采光如图 1-5 所示。会议室采用内遮阳措施,参见图 1-6。

(3) 建筑的植物设计包括一层绿化空间,如图 1-7 所示。植物配置选用适合当地生长、易于养护的乡土树种。改善室内空气品质,提升人体舒适度。



图 1-4 大厅节能灯

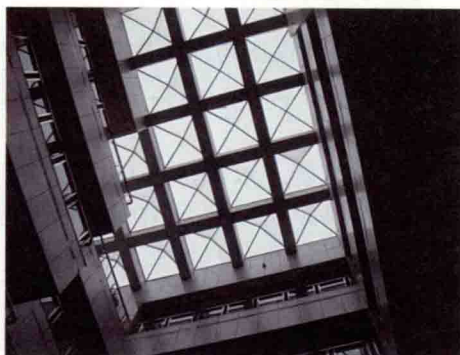


图 1-5 玻璃顶自然采光



图 1-6 会议室内遮阳



图 1-7 建筑室内绿化空间

1.2.4 可再生能源建筑应用技术

该建筑冷热源设备为水源热泵机组，水源为浅层地下水，采用真空回灌的地下水回灌方式。水源热泵冬季24h运行，夏季温度控制，夜晚关闭。水源热泵机组的节能特点有以下几点。

(1) 高效节能。水源热泵机组可利用的水体温度冬季为 $12 \sim 22^{\circ}\text{C}$ ，水体温度比环境空气温度高，所以热泵循环的蒸发温度提高，能效比也提高。而夏季水体温度为 $18 \sim 35^{\circ}\text{C}$ ，水体温度比环境空气温度低，所以制冷的冷凝温度降低，使得冷却效果优于风冷式和冷却塔式，从而提高机组运行效率。水源热泵消耗 1kWh 的电量，用户可以得到 $4.3 \sim 5.0\text{kWh}$ 的热量或 $5.4 \sim 6.2\text{kWh}$ 的冷量。与空气源热泵相比，其运行效率要高出 $20\% \sim 60\%$ ，运行费用仅为普通中央空调的 $40\% \sim 60\%$ 。

(2) 节水省地。以地表水为冷热源，向其放出热量或吸收热量，不消耗水资源，不会对其造成污染，机房面积大大小于常规空调系统，节省建筑空间，也有利于建筑的美观。

(3) 环保效益显著。水源热泵机组供热时省去了燃煤、燃气、燃油等锅炉房系统，无燃烧过程，避免了排烟、排污等污染；供冷时省去了冷却水塔，避免了冷却塔的噪声、霉菌污染及水耗。所以，水源热泵机组运行无任何污染，无燃烧、无排烟，不产生废渣、废水、废气和烟尘，不会产生城市热岛效应，对环境非常友好，是理想的绿色环保产品。

(4) 运行稳定可靠，维护方便。水体的温度一年四季相对稳定，其波动的范围远远小于空气的变动，水体温度较恒定的特性，使得热泵机组运行更可靠、稳定，也保证了系统的高效性和经济性。采用全电脑控制，自动程度高。由于系统简单、机组部件少，运行稳定，因此维护费用低，使用寿命长。

(5) 可再生能源利用技术。水源热泵是利用了地球水体所储藏的太阳能资源作为冷热源，进行能量转换的供暖空调系统，水源热泵利用的是清洁的可再生能源的一种技术。

建筑水源热泵系统示意图参见图1-8。

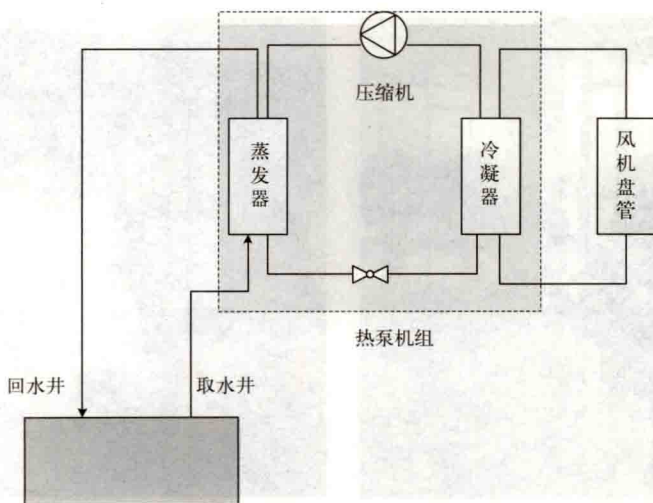


图 1-8 水源热泵系统示意图

1.3 建筑能源管理

1.3.1 管理机构

该建筑能源管理由动力中心部门统一管理。该能源管理机构梯级分布情况主要分为三级：中心负责人、部门主管及工作人员。能源管理中心横向分组共分为动力服务中心、水暖中心、电力中心和卫生绿化中心四个部门。

(1) 中心负责人是整个建筑能源管理的负责人，负有整个建筑的用能管理职责，对本建筑负责节能计划的实施、节能工作的管理、员工节能技术的培训，对外部门负责工作协调，包括设备维修、会议跟进、人事变动、消防检查、材料采购及费用预算等，另外也要负责配合政府相关部门的检查及设备年审。

(2) 各部门主管则相互配合做好各部门节能计划的具体实施、节能的管理工作及设备的运行保养。各部门工作人员按照主管要求落实日常运行、检查、维修工作。

(3) 各管理中心也有着明确的职责：动力服务中心负责机房水源热泵机组的正常运行和及时维护；水暖中心配合动力服务中心负责建筑供冷，以及建筑给水的正常运行和及时维护；电力中心管辖高低压配电系统、照明系统、动力用电系统、楼宇自控系统、消防系统（电器方面）等，负责所有机电设备的日常运行、保养和维修工作的安排与工程质量跟踪等；卫生绿化中心负责维护建筑内的卫生及绿化面积的养护等方面的工作。

该建筑有一套完善、明确的管理制度，尤其是在动力中心统一的管理下，对动力服务中心、水暖中心、电力中心和卫生绿化中心等部门的职责做出了非常明确的规定，如图 1-9 所示。



图 1-9 水暖中心管理制度

1.3.2 管理现状

由于该建筑采用空调系统供冷、地下水给水系统等，有供冷系统、给水系统和供电系统完整的管理交接班制度和记录。

1.4 建筑能耗分析

该建筑的能源种类有电能和水,统一采用清华大学编写的《中美清洁能源联合研究中心建筑节能合作项目数据处理办法》中提出的“建筑能耗数据描述方法”,采用统一的建筑能耗数据模型来进行数据的处理和分析。

1.4.1 建筑总能耗分析

(1) 电耗

该建筑具备可比较的全年常规耗电量的条件,具有2011年4月~2012年3月逐月耗电量的统计数据,累计全年耗常规电量为1099123kWh。图1-10为2011年4月~2012年3月逐月耗电量对比图。由图明显可以看出,12月份为全年耗电峰值,耗电量达155456.09kWh;8月份为耗电谷值,耗电量为14097.73kWh,峰谷差为141358.36kWh;这是由于该建筑在8月份停止工作,只维持其正常的设备运行。7、9月份为空调季,大部分设备开始运行,空调用电量是导致建筑用电量上升的主要原因之一,致使7、9月份的电耗相对于相邻月份有较大的提升。11月至3月为冬季空调供暖季,用电量平均在130000kWh左右,是全年用电量最大的月份,空调供暖成为主要的耗电量设施。而过渡季节用电量相对比较平均,大概为空调季节的1/3。

不考虑8月份,该建筑月耗电量与室外温度有明显的相关性,耗电量的峰值与夏季7、9月份的高温和冬季12月、1月份的低温相对应,而耗电量的谷值与过渡季节相对应。夏季、冬季的耗电量与室外温度有较高的一致性。这是由于该建筑处于严寒地区,夏季温度较高,湿度大,空调耗电量大;冬季气温低,热负荷大,空调耗电量大;而春秋两季气候温和,能耗很小。由以上分析可知,室外气候参数为影响建筑总耗电量的主要因素。

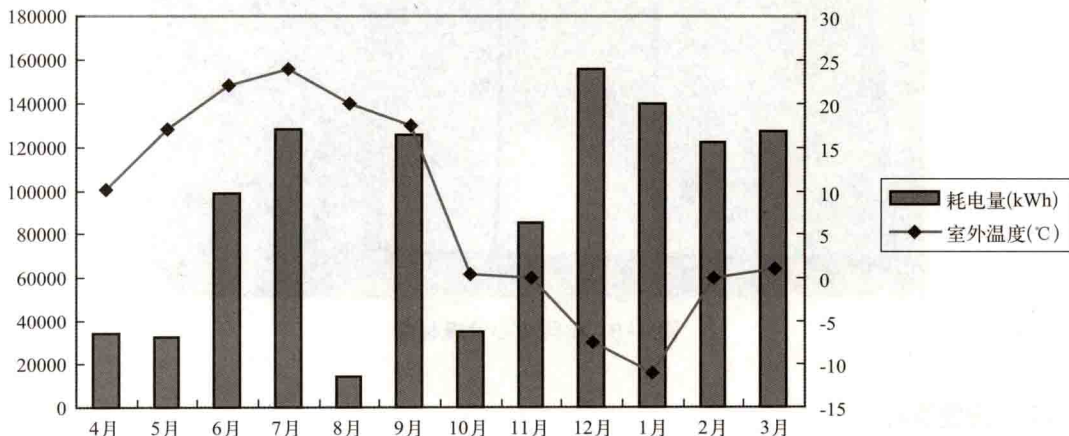


图 1-10 逐月耗电量与室外温度对比图