

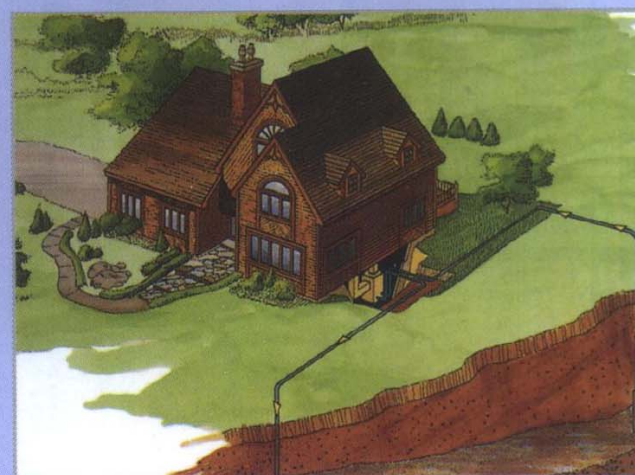
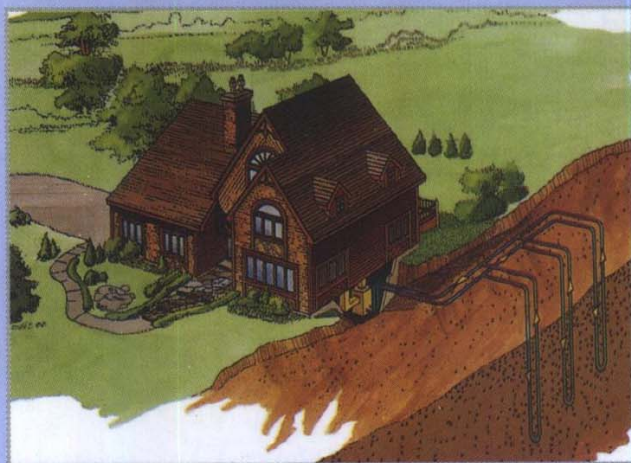
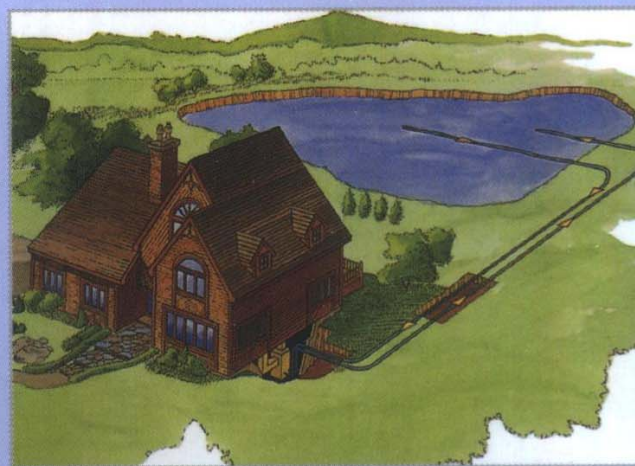
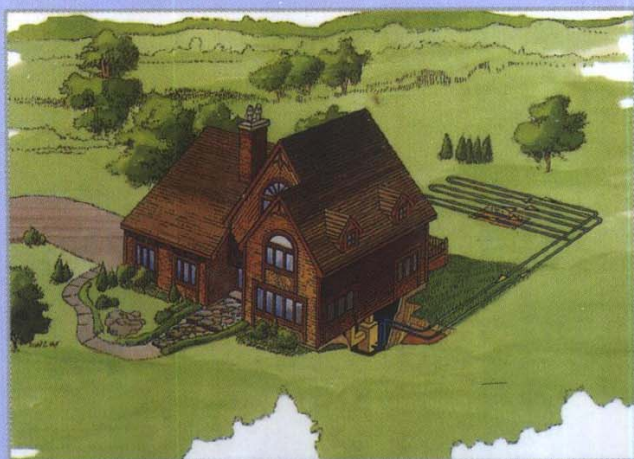


Commercial/Institutional
GROUND-SOURCE HEAT PUMP

Engineering Manual

地源热泵工程技术指南

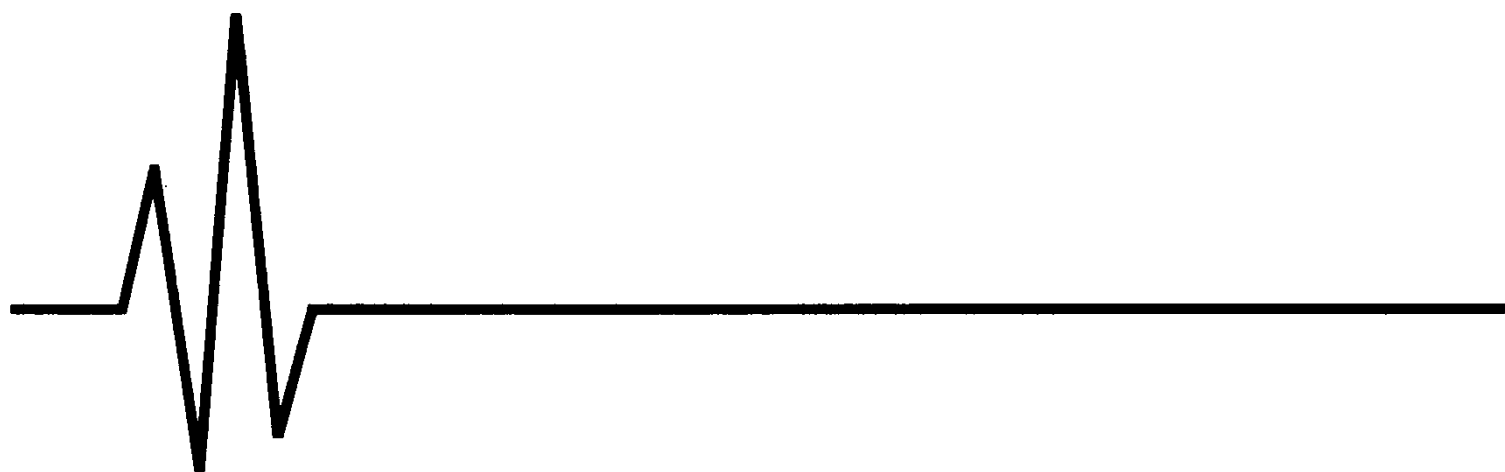
徐 伟 等译
郎四维 校



641

TR 2000

7-16



地源热泵工程技术指南

徐 伟 等译
郎四维 校



A0959904

中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字：01-2001-0357号

图书在版编目 (CIP) 数据

地源热泵工程技术指南 / 美国制冷空调工程师协会编
著；徐伟等译；郎四维校 .—北京：中国建筑工业出版社，2001

ISBN 7-112-04807-9

I. 地 ... II. ①徐 ... ②郎 ... III. 房屋建筑设备：
空气调节设备-热泵-指南 IV. TU831.4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 067530 号

©1995 American Society of Heating Refrigerating and Airconditioning Engineer, Inc.
1791 Tullie Circle NE, Atlanta, GA 30329, USA

地源热泵工程技术指南

徐伟等译

郎四维校

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

有色曙光印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：15¹/₄ 字数：367千字

2001年11月第一版 2001年11月第一次印刷

印数：1—3,000册 定价：35.00元

ISBN 7-112-04807-9

TU·4289 (10285)

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)

本社网址：<http://www.china-abp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

本书是由美国能源部、美国国防部、加拿大自然资源部等七家单位支持，美国 ASHRAE 学会出版的一本地源热泵技术专业书，全书分为原理篇、设计篇、安装篇和节能篇，共 14 章 4 个附录。内容包括：介绍地源热泵系统的分类、工作原理、系统构成、与常规系统比较；如果进行现场地质调查和实验；建筑物分区和供热供冷负荷计算；如果选择地源热泵系统方式；地热换热器、地下水换热器及地表水换热器系统的设计；输配系统和室内空调系统的设计；地源热泵系统的安装、调试和检验；地源热泵系统的节能措施和节能设计计算，并提供了土壤和岩石的特性数据、防冻剂的特性数据以及塑料管和配件的特性数据。本书是一本内容丰富、系统全面与实践相结合的实用专业书。

本书可供工程设计人员、系统安装人员、运行管理人员学习使用，也可供建筑节能管理部门和大、中专院校师生参考。

“Translated by permission. All rights reserved. Copyright 1995 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Translated and distributed by CABP. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To obtain the English language edition, contact ASHRAE. 1791 Tullie Circle, NE, Atlanta, GA 30329-2305 USA, www.ashrae.org.”

* * *

责任编辑：姚荣华

本 书虽已经过 ASHRAE 的细心编辑，但 ASHRAE 并未审查而且明确地拒绝承担审查在这本书中所可能描述的任何产品、服务、步骤、方法、设计或其他类似东西的任何责任。在这本书中任何技术数据上或编辑素材上的表达，不构成 ASHRAE 对任何产品、服务、步骤、方法、设计或其他类似东西的认可、担保或保证。ASHRAE 不保证这本书的资料没有错误，ASHRAE 不一定都同意在这本书中的任何论点或见解。使用这本书中任何资料的全部风险由使用者承担。

序

能

源和环保是人类生存和发展的两大主题，是全球关注的问题。建筑节能是贯彻可持续发展战略的重要组成部分，是执行国家节约能源、保护环境基本国策的重要措施，是世界建筑发展的大趋势，也是今后建筑技术发展的重点。

建筑能耗以供热采暖和空调能耗为主，因此建筑节能的重点应放在采暖和降温能耗上。地源热泵供暖空调是一种使用可再生能源的高效节能、环保型的工程系统，冬季向建筑物供热，夏季又可供冷，可广泛应用于各类建筑中。中国城市化的发展，将一方面迫切需要减少城市燃煤采暖造成的污染，另一方面对采暖空调降温提出更多要求。地源热泵技术提供了这一问题的有效解决方案。

自 20 世纪 90 年代后期，地源热泵空调技术在我国的研究和应用有了发展，理论和实验研究活跃，工程应用逐年增加，尤其是中国政府和美国政府将地源热泵空调技术纳入两国能源效率和可再生能源合作项目，促进了这一技术国际合作和推广应用。如何合理选择地源热泵系统形式？如何正确进行系统设计、安装和调试？是当前业内关注的热点。将国外先进经验包括设计理念和施工工艺介绍到国内是非常有意义的。

中国建筑科学研究院空调所副所长徐伟高级工程师根据自己在地源热泵系统的设计和工程实践中的体会，提议并征得美国 ASHRAE 学会同意，组织人员将该学会的权威著作《地源热泵工程技术指南》翻译成中文出版，邀请空调所所长郎四维教授担任译稿主审。中国建筑工业出版社概允纳入出版计划。该书是由美国、加拿大著名地源热泵技术专家、教授编写，经 ASHRAE 技术评估委员会六位专家审查，由 CANETA RESEARCH INC. 组织完成，是一部内容丰富、理论和实践相结合的实用专业书，是了解北美技术的一本好书。

衷心祝贺本书中文版的问世。借本书中文版出版之机，谨向 ASHRAE 对中国暖通空调技术的支持和帮助表示感谢，对各位译者和编辑的辛勤努力表示诚挚的感谢。

衷心希望本书能对我国暖通空调工程师学习和应用地源热泵空调技术有所裨益，为发展和推广地源热泵及建筑节能技术做贡献。

吴元炜

2001 年 8 月 20 日

译者的话

随着 21 世纪的到来，我国建筑业持续发展，对建筑节能的要求越来越高。减少我国冬季采暖所造成的大气污染，降低供暖空调系统的能耗、节约能源是建筑节能和暖通空调工作者一直追求的目标，特别是近几年来大中城市为改善大气环境，迫切需要减少燃煤量、大力推广使用包括可再生能源的清洁能源。随着人民生活水平的提高，建筑物不仅要满足冬季采暖的要求，而且需要夏季空调降温。地源热泵供暖空调系统通过吸收大地的能量，包括土壤、井水、湖泊等天然能源，冬季从大地吸收热量，夏季向大地放出热量，再由热泵机组向建筑物供冷供热，该系统 and 常规的供热空调系统相比大约节能 50%，是一种利用可再生能源的高效节能、无污染的既可供暖又可制冷的新型空调系统，可广泛应用于商业楼宇、公共建筑、住宅公寓、学校、医院等建筑物。为此，国家科技部和美国能源部分别代表两国政府签署了中美两国政府地热泵合作协议，引进和推广美国先进的地源热泵技术。

地源热泵技术在北美和欧洲已非常成熟，有近几十年的历史，是一种广泛采用的供热空调系统。针对地源热泵机组、地热换热器以及系统设计和安装有一整套标准、规范、计算方法和施工工艺。在美国地源热泵系统占整个空调系统的 20% 左右，是美国政府极力推广的节能环保技术。

近几年来，国内许多科研单位和企业 在开发利用地源热泵技术方面取得了很大进展，做了许多实验研究和工程示范，积累了一些经验，发展势头强劲，但在地源热泵系统工程设计方面仍然没有规范、标准和设计技术措施进行指导，在施工安装方面没有标准的施工工艺和安装指南，实际工程中存在一定程度上的盲目性和试探性，出现了一些问题和争论。因此，当前暖通设计师、施工安装人员急需一本专业的地源热泵设计和施工技术指南和手册，以便更好的推广和应用地源热泵技术。

译者所在的空调所从 1992 年开始就和美国 Venco 空调工程公司、加拿大 GENESIS 国际工程公司合作在国内推广水源热泵技术，在专业杂志和全国学术年会发表过若干篇有关水源热泵技术和工程应用的文章，在北京、上海等城市做过几项大的工程项目，特别是在中国建筑科学研究院办公大楼设计和安装了美国 CLIMATE MASTER 水环热泵空调系统，使我们取得了大量工程设计、安装和调试经验，1995 年本人和译审郎四维教授到美国国际地源热泵协会进行工程设计安装培训和实际工程参观。那时本人就萌发将美国地源热泵技术的有关书籍翻译给国内的同行。1997 年本人赴加拿大学习建筑节能技术，在和加拿大著名的 DESSAU - SOPRIN 工程设计公司资深的暖通空调工程师 Laurier Nichols 先生的交流中，提出要介绍北美地源热泵技术到中国。2000 年 3 月 Nichols 先生访问北京时，给我带来了两本 ASHRAE 学会有关地源热泵技术的出版物，经过比较，认为“地源热泵工程技术指南”具有实用价值，经中国建筑学会暖通空调委员会主任委员吴元炜教授向 ASHRAE 的执行副总裁 Frank M. Coda 先生的推荐，得到了 ASHRAE 版权许可，决定将此书翻译成中文，以满

足国内工程设计和施工的需要。

《地源热泵工程技术指南》是由美国能源部、美国国防部、加拿大自然资源部等七家单位支持，Caneta Research Inc. 编著完成，ASHRAE 技术评估委员会 (TEC) Patrick Hughes (Oak Ridge National Laboratory) 等六位专家审查，由 ASHRAE 1995 年出版的一本专业书，全书分为原理篇、设计篇、安装篇和节能篇，共 14 章加 4 个附录。需要说明的是，该书名英文直译应为“商用/通用地源热泵工程手册” (Commercial/Institutional GROUND - SOURCE HEAT PUMP Engineering Manual)，考虑到中文的用语和国内技术人员的习惯，特将此书中文书名定为《地源热泵工程技术指南》。

本书的翻译工作由徐伟策划和组织，由中国建筑科学研究院空调所徐伟、路宾、邹瑜、李忠、何涛、郑瑞澄、黄维、山东三联城市建设设计院贾志祥、北京工业大学丁良士、王婧、尹富庚、于凤菊、上海美意空调设备公司程静、何阳、刘菲翻译，邹瑜负责基础篇的翻译，徐伟负责设计篇的翻译，路宾负责安装篇的翻译，何涛负责节能篇和附录的翻译，徐伟任译文主编，特邀请中国建筑科学研究院空调所所长郎四维研究员担任译文主审，空调所王清勤副所长参加了翻译的前期准备工作。全书由徐伟、李忠进行译文统稿和修改。

本书的翻译得到了建设部建筑节能中心及中国建筑科学研究院各级领导的指导及大力支持，在此表示衷心的感谢！本书的出版凝聚了中国建筑工业出版社领导的支持，特别是编辑的辛勤工作，在此表示敬意和感谢！同时要感谢济南泰勒斯工程有限公司和海湾科技集团有限公司，是他们的支持和帮助使得本书得以顺利出版。

本书译者虽尽努力，但由于时间仓促、水平有限，译文定有表达不当或错误之处，敬请读者批评指正。

徐 伟

2001 年 8 月 15 日

出版寄语

地源热泵技术是一种既节能、又环保的实用空调技术，在北美和欧洲已应用了近几十年。我国改革开放以来，随着经济的发展，人们对节能和环保的要求日益提高，这就为地源热泵技术的应用和推广提供了良好的土壤。但国内这方面理论研究的匮乏和技术水平的落后制约了这项技术在我国的迅速发展。正如鲁迅先生所讲的“拿来主义”一样，尽快引进国外成熟理论和技术是我们缩短与国外差距的首选方法，《地源热泵工程技术指南》一书的翻译、出版，给暖通空调技术工作者送来了“及时雨”，使我们在地源热泵技术的应用中，有了“设计、施工”较科学的依据。

济南泰勒斯工程有限公司是国内较早推广水源、地源热泵技术的系统集成商，同时是美国 CLIMATE MASTER 水源热泵产品的代理商，有专业的施工力量和技术实力，能为业主提供切实可行的设计方案，是技术咨询、工程设计安装、设备供应一体化的专业公司。在近几年的实践中深感“因地制宜”的应用该技术是其重要原则，而该书在这方面确有着很强的实用性。我深信在不久的将来，地源热泵技术定会推动我国节能、环保事业发展。

衷心祝贺《地源热泵工程技术指南》一书出版发行！

济南泰勒斯工程有限公司总经理 顾业锋

2001年8月20日

出版致词

地源热泵技术是目前中国建筑中央空调领域正在兴起的一项革命性新技术。我国政府及企业界正致力于这一新技术的应用和推广。作为建筑暖通空调行业的系统集成商和设备供货商，北京海湾空调设备工程公司，以海湾科技集团雄厚实力和全国性销售网络为依托，致力于地源热泵项目的技术引进，产品开发和市场推广工作。目前已聚集了国际国内地源热泵行业的优秀专家和高级人才，掌握了最先进、最全面的地源热泵系统集成技术、地下高效换热技术、设备生产技术和工程技术。通过自主研发、OEM生产和进口代理等多种方式，为用户提供 11 个大类，1000 余种不同规格型号的国际一流地源热泵机组设备。公司已在秦皇岛、河北、北京等地成功运用此项技术取得了显著的社会经济与环保节能效益，我们对该项技术在中国的普及推广具有坚定的信心。

徐伟先生组织翻译的《地源热泵工程技术指南》对于致力于中国地源热泵技术开发的企业、科研单位和各级政府部门来说，好比是及时雨。对于这个领域的我国工程技术人员与管理人员有很好的实用价值，有助于对该技术的理解和认识，更好地在实际工作中运用实施该技术。北京海湾空调设备工程公司对所有翻译编辑人员所做的工作给予高度赞赏，对该书的出版发行表示热烈祝贺！

北京海湾空调设备工程公司

2001 年 8 月 20 日

出版贺词

本人代表加拿大益嘉集团 (ANG), 美国美意 (MAMMOTH) 公司及美国高效环保能源协会 (AEEES) 祝贺中国建筑科学研究院空调所徐伟先生编译之《地源热泵工程技术指南》顺利出版!

地源热泵空调系统是一种利用含有大量能源的土壤(地下水)作为吸热或排热的热交换器, 实现空气调节的系统; 当多数热泵在制热模式时, 就从土壤(地下水)中吸收热量; 当多数热泵在制冷模式时, 就将热量排放在土壤(地下水)中。土壤(地下水)提供了一个绝好的免费能量存储源泉。

世界各国政府近年来都在大力推广节能技术。多年来, 本人有幸参与加拿大政府协助中国的节能项目, 并多次与中国专家愉快合作。现在, 又参与中美政府大力推广地源、水源热泵空调技术的合作, 该项目已引起中国各界的重视!

为了填补中国节能空调产品上的空白, 本司与美国美意公司及上海第一冷冻机厂共同投资在上海生产地源、水源热泵机组。美国美意 (MAMMOTH) 公司是一专业生产地源、水源热泵机组的跨国工厂, 有 60 多年的历史。其所属北狄集团 (NORTEK) 是一生产建筑材料与空调设备的专业集团公司, 年销售额逾 20 亿美元。上海美意中央空调设备有限公司采用美意最先进的生产技术, 生产高效节能的各种型号规格的水源、地源热泵空调产品, 并提供地埋管技术及进口的专用 (PE) 地埋管, 以确保 50 年以上的寿命。

诚挚邀请国内各位专家和同仁共同合作开发这种对环境最友好和最有效的热泵空调系统! 愿为 2008 年北京奥运会尽一份绵力!

加拿大益嘉集团执行董事

加拿大注册专业工程师

美加太阳能协会会员

吴展豪

美国采暖空调冷冻工程师学会会员

国际地源热泵协会会员

2001 年 9 月 9 日

英文版前言

这是商用/通用地源热泵工程指南的第一版，该书试图将最新科技和经验结合在一起去设计大型的、多区域的商用/通用建筑地源热泵系统，也可称作“地能”或地热热泵系统。随着美国和加拿大越来越多的地源热泵项目完成，其工程经验得以迅速发展，在不久的将来由于工程应用的增加本书很可能需要修订。

本书是由 CANETA 研究公司为美国国防部、美国能源部（橡树山国家实验室）、Water-Furnace 国际公司、加拿大公共事物与政府服务部、加拿大国家资源部、安大略省环境与能源部、能源效能服务公司编著。

致 谢

商用/通用建筑地源热泵系统工程指南一书的编著，如果没有此书原有创意机构的财政支持及其顾问委员会成员的努力是不可能完成的，顾问委员会成员如下：

Mr. Robert Calinot, 加拿大国家资源部。

Mr. John Rinella, 安大略省环境与能源部。

Mr. Ronald Robertson, 能源效能服务公司。

Mr. Robert Brown, WaterFurnace 国际公司。

Mr. Edward Morofsky, 加拿大公共事物与政府服务部。

Mr. Patrick J. Hughes, 橡树山国家实验室（美国能源部、美国国防部的代表）

作者特别感谢原有创意机构之一 WaterFurnace 国际公司，它不仅为本书的完成提供了财政支持，而且贡献了有知识产权的未出版的书稿“商用应用指南”，该稿由 Patrick J. Hughes（现在橡树山国家实验室工作）1988 年编写，此书稿对本书许多章提供了特别有价值的内容。

还有其他个人和机构提供了原始资料和专业知 识，使得本指南成为一本综合性的、艺术级的文献，帮助最多的几位人士有：

Frank Cruickshanks, 加拿大环境部

Cam McNeil, 加拿大自然资源部

Mike Overbury, 地热合作协会

Bob Rutherford, 热技术公司

Gordon Shymko, DW Thomson 咨询有限公司

James Tilsley, Aurora 环境调查有限公司

在最后的发起人—美国国防部的资金支持下，通过 William W. Seaton 和 William S. Fleming 的工作，建立了 ASHRAE 技术评估委员会（TEC）SP-86 小组，专门审查本书，该小组由三位有实际经验的工程人员、两位学者和一位研究人员组成，他们对该书的初稿以及新增的内容进行了专业审查，审查结果对该书第一版的最终定稿有重大作用。作者感谢技术评估委员会（TEC）成员所做的有效工作，他们是：

Patrick J. Hughes, 橡树山国家实验室

Howard Alderson, Alderson 工程公司

Robert Mancini, Mancini-Saldan 伙伴公司

Paul Puodziunas, Lotowater 有限公司

Kevin Rafferty, 俄勒冈州理工学院地热中心

Jeff Spitzer, 俄克拉荷马州州立大学

最后，作者希望表达对下列公司的感谢之情，是他们提供了有关产品信息，对附录的内容特别有用，这些公司是：Vanguard 塑料公司，Sclair 管道公司，联合碳化物公司，Quatic 工业公司，Dow 化学公司以及 Stanchem 公司。

原理篇

第 1 章 概述	1
1.1 水环热泵系统的评价	1
1.2 不同的地源热泵系统	1
1.3 地源热泵系统的收益	3
1.4 典型暖通空调系统的经济比较	4
1.5 怎样使用本指南	7
第 2 章 现场勘察	10
2.1 概述	10
2.2 场地规划	10
2.3 地表水使用情况调查	12
2.4 水文地质调查因素	12
2.5 地下水系统勘测井规格	13
2.6 垂直式地热交换器系统测试井技术要求	14
2.7 水平地热交换器系统测试坑技术要求	15
2.8 监测井	15
2.9 水质	15
第 3 章 建筑冷热负荷估算	19
3.1 概述	19
3.2 建筑空调分区	19
3.3 计算分区设计供热与供冷负荷	19
3.4 分区设计供热负荷	20
3.5 分区设计供冷负荷	21
3.6 建筑物供热与供冷负荷	21
3.7 全年供热与供冷负荷	21

设计篇

第 4 章 系统选择	27
4.1 概述	27
4.2 选择热泵系统类型	27
4.3 分区选择热泵	28
4.4 确定供冷设计工况下（循环水）最大得热量	34
4.5 确定供热设计工况下（循环水）最大释热量	35
第 5 章 土壤热交换器系统	39
5.1 概述	39
5.2 土壤热交换器选型	39
5.3 土壤热交换器的设计和布置	50
5.4 计算土壤热交换器的压力损失	58
第 6 章 地下水系统	61
6.1 概述	61
6.2 闭式环路地下水系统设计原理	61
6.3 设计总则	61
6.4 水井设计	63
6.5 板式换热器的选型	64
6.6 水井、热交换器及排水系统的管道设计	68
6.7 开式地下水系统设计事项	69
6.8 开式地下水系统的设计	70
第 7 章 地表水系统	77
7.1 概述	77
7.2 总则	77
7.3 地表水热交换器选型	77
7.4 地表水热交换器设计	78
7.5 地表水热交换器敷设原则	78
第 8 章 热泵和建筑物内分配系统设计	87
8.1 概述	87
8.2 热泵的选择和安装位置	87
8.3 其他热泵附件及控制注意事项	88
8.4 辅助散热装置	88

8.5 辅助散热装置的选型	90
8.6 区域新风供应	90
8.7 分配系统管路设计	93
8.8 管路系统选型	97
8.9 管道附件和阀门	97
8.10 中央水泵站设计总则	98
8.11 水泵的选型	98
8.12 管道材料	99
8.13 管道保温	99

安装篇

第9章 土壤热交换器安装	103
9.1 土壤热交换器系统安装原则	103
9.2 回填和灌浆	104
9.3 热交换器的耐压试验、净化和冲洗	105
9.4 填充土壤热交换器	106
9.5 穿过建筑物围护结构	106
9.6 与中央泵站的连接	106
9.7 试验和鉴定	106
第10章 地下水系统安装	107
10.1 水井建造规格的原则	107
10.2 抽水井的建造	108
10.3 抽水井的测试和验证	108
10.4 水井的完成	110
10.5 地埋管敷设	111
10.6 穿越建筑物围护结构的做法	111
10.7 与板式换热器的连接	112