



建筑智能设计

—— 计算机辅助建筑性能的模拟与分析

余庄 编著

中国建筑工业出版社



建筑智能设计

——计算机辅助建筑性能的模拟与分析

余 庄 编著



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑智能设计——计算机辅助建筑性能的模拟与分析/余庄编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2006

ISBN 7-112-08049-5

I. 建... II. 余... III. 建筑设计: 计算机辅助设计—应用软件—高等学校—教学参考资料

IV. TU201.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 155784 号

责任编辑: 陈 桦 牛 松

责任设计: 赵 力

责任校对: 刘 梅 张 虹

建筑智能设计

——计算机辅助建筑性能的模拟与分析

余 庄 编著

*

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

北京华艺制版公司制版

世界知识印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 27½ 字数: 668 千字

2006 年 2 月第一版 2006 年 2 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 38.00 元

ISBN 7-112-08049-5

(14003)

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.cabp.com.cn>

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

计算机辅助建筑性能设计,或者说是建筑性能的模拟设计,是在各建筑性能的数学模型的基础上,通过计算机的数值计算和图像显示的方法,在时间和空间上定量描述建筑性能的数值解,从而得到对各种建筑性能的仿真结果。本书介绍在计算机辅助建筑性能设计中,几个有代表性的软件,如气象计算软件 Meteororm, DOE-PLUS 软件、Ecotect 软件等,它们在国内外使用比较普遍,其计算结果的正确性也得到世界上的承认。本书适合建筑学、城市规划、建筑技术科学、土木工程等相关专业工程和设计人员使用,也可供大学本科和研究生教学使用。

前 言

计算机辅助建筑性能设计,或者说是建筑性能的模拟设计,是在各建筑性能的数学模型的基础上,通过计算机的数值计算和图像显示的方法,在时间和空间上定量描述建筑性能的数值解,从而得到对各种建筑性能的仿真结果。

在国内外,计算机辅助建筑性能设计,一般都是在建筑热工计算、建筑光学、建筑声学以及与此些建筑性能相关因素(如太阳运行图、气象数据的参数、舒适度)的研究等设计上进行模拟。时下为了更好地研究建筑节能,用 CFD (Computational Fluid Dynamics) 的方法,使用相关软件,对建筑内、外的环境进行风洞模拟,也属于这部分的工作。现在,国内外都开发了很多的软件,作了许多有关方面的研究。使用建筑性能的模拟设计,无论是在建筑设计中,还是建筑设计后,都能较为清晰的了解建筑性能的变化情况,对建筑设计有很好的辅助作用。这些软件的编制基础,都是在有关方面多年来的研究上,首先建立数学模型,然后根据这些数学模型编制软件的计算部分,再用计算机的图形显示功能,或者说是利用计算机虚拟现实的技术,将结果在屏幕上显示出来。显然,这对于需要满足具体建筑性能要求的建筑设计,比如要满足建筑节能的要求,是极为有用,也是极为必要的手段。

本书介绍在计算机辅助建筑性能设计中几个比较有代表性的软件。它们在国内外使用比较普遍,其计算结果的正确性也得到世界上的承认。其中,主要介绍 Ecotect 软件和它的使用方法。Ecotect 软件非常适合初学建筑性能设计的建筑师,或者说非常适合建筑学、城市规划、建筑技术科学、建筑历史、土木工程等相关专业的工程人员和设计人员使用,也可供大学本科生和研究生教学使用。

第 1 章介绍瑞士联邦能源部 (Swiss Federal Office of Energy) 所开发的气象计算软件 Meteororm,它是一种可以计算全球任何地理位置的太阳辐射和气象资料的软件。由于气象情况是所有建筑性能计算的基础条件,所以几乎所有的建筑性能模拟都需要气象条件作为支撑。Meteororm 的计算首先依赖于一些预先设定的数据库和运算法则,它包含了对全球 906 个地区至少长达 10 年的气象监测资料,其中亚洲有 73 个地区。用户要为了想获得气象资料的地区指定关键的地理位置的信息,如海拔高度和经纬度,然后根据实际情况选择该地区的地形(如城市、山顶、山谷、南坡、东西坡、湖海边等等),并指定所希望获得的气象资料的输出格式。该程序依据其所处气候区域的气象资料库,通过一定的计算法则与插件计算模拟,即可得到每个月、每天、每个小时的气象资料,然后根据海拔、地形及其他一些因素进行修正。

第 2 章介绍 DOE-PLUS 软件,也就是 DOE-2 软件的较为高级的版本,尽管还是在 DOS 状态下运行,但有输入的界面。DOE-2 是一个由加利福尼亚大学管

理的美国能源部实验室——劳伦斯·伯克利国家实验室 (LBNL) 开发的用于公共领域的能源分析计算机程序。程序根据建筑物的位置、结构、运行和空气调节系统, 计算它的能量使用及其寿命周期成本, 很适合于大型商业建筑。它在评价建筑物系统设计、建筑物改造、能源预算以及寿命周期成本和收益时很有用。程序能够在各种设计选择中搜索折衷方案, 对建筑物各系统变量进行详细的参数研究, 使得设计者提高收益并降低初投资。DOE-2.1E 于 1994 年发行, 它包括 4 个主要的计算部分: 负荷、系统、设备和经济。程序能计算多达 128 个区域的每小时的加热和制冷负荷。它利用每小时的气象数据, 与建筑构件的蓄热效应相结合。它也能模拟所选的昼光照明系统和电气照明控制。系统模块结合室外空气需求、操作和控制计划模拟二次空气调节系统的运行并提供多种系统选项。程序的设备组件模拟一幢建筑物空气调节系统的运行, 包括传统的中央机组和带有现场发电、废热回收和电力回售的机组。程序的经济模块分析一幢建筑物的能源费用, 并计算其包括燃料、电力、设备、运行和维护在内的寿命周期成本的现值。这些特性在确定不同的设计和装修方案以及计算公用事业的折扣优惠时是非常有用的。

第 3 ~ 5 章介绍英国 Ecotect 软件的使用和界面。该软件是为建筑师在设计中的应用而开发的。使用该软件, 建筑师可以方便地在设计过程中的任何阶段对设计进行评估。建筑师只需要输入一次模型, 即可在软件中完成对设计方案的热工性能、天然光和人工照明、日照、混响时间、声音传播和经济进行分析以及了解建筑对环境的影响。这些分析结果可以帮助建筑师在设计阶段时对建筑方案做出评估, 或从建筑环境角度比较不同方案的优劣, 从而做出更加有利于生态的选择。Ecotect 的计算得到了国外专业评估组织的认可, 被广泛的运用到建筑设计中。欧洲已有大量的建筑在设计中使用了该软件, 如英国威尔士加的夫港的政府办公楼、英格兰赫尔市的大型露天体育场、西部澳大利亚大学的社会科学馆、西澳大利亚佩思的圣玛丽剧场等等。目前, Ecotect 在全世界已经发行了 2000 多个独立的使用版权, 此外, 在澳大利亚、英国和美国有超过 60 个大学里正在教授学生使用该软件。

第 6 ~ 12 章分别介绍 Ecotect 软件的具体举例说明, 用具体的例子, 较为详细的介绍了 Ecotect 软件在建模、光学分析、热工分析、声学分析以及综合分析应用。这些例子也是软件自带的教程。

第十三章是对一个较为复杂的建筑计算光、热环境等建筑性能的实例, 也是我们自己在学习 Ecotect 过程中的具体实践。

本书提到的软件, 也是编者本人在国外学习时经常使用的软件, 书中提到的一些具体计算例子, 其中部分就是在国外学习作研究时的具体算例。在此, 特别感谢我在美国卡内基-梅隆大学建筑系建筑物性能测试中心 (Center for Performance and Diagnostics, Department of Architecture, Carnegie Mellon University, US) 和英国谢菲尔德大学建筑学院 (School of Architecture, University of Sheffield, UK) 学习和研究期间, 各位老师和同学所给予的巨大帮助。

参加本书编写的有李鹏、肖凤、肖琼、夏博、闻锋、高威、魏伟、张辉、李

蔚等人。

本书有关 Ecotect 部分，是参照该软件的 Help 文件和 Tutorial 文件，然后编写而成的，不可避免有许多词不达意和错误的地方。希望读者在使用过程中批评、指正，以便大家都能在计算机辅助建筑性能设计上共同进步。

欢迎提出宝贵意见，联系方式：yu_zhuang@126.com

余 庄

华中科技大学建筑与城市规划学院智能建筑研究所

2006 年 1 月

目 录

1 数值模拟气象资料的应用	(1)
1.1 太阳辐射	(2)
1.2 大气温度	(2)
1.3 附加参数(云量,风)	(3)
1.4 度日数	(3)
1.5 与实测数据的比较	(4)
1.6 用气象资料计算节能综合指标模拟实例	(6)
2 能耗数值模拟	(9)
2.1 DOE 简介	(9)
2.2 DOE-PLUS 的参量描述及输入	(12)
2.3 关于气象数据	(14)
2.4 DOE 在建筑节能标准计算中的应用	(14)
3 用户界面	(22)
3.1 概述	(22)
3.2 三维坐标	(24)
3.3 命令菜单	(30)
3.4 对话框描述	(55)
3.5 控制面板	(137)
3.6 用户参数选择	(169)
3.7 操作模式	(169)
3.8 输入数据	(171)
3.9 键盘快捷键	(173)
3.10 命令入口框.....	(177)
3.11 视图控制.....	(178)
3.12 显示选项.....	(181)
3.13 工具栏.....	(183)
4 Ecotect 建模	(184)
4.1 创建实体	(184)
4.2 更改物体	(204)
4.3 对象信息	(221)
4.4 修改节点	(225)
4.5 材质分配	(230)

5	结果分析	(234)
5.1	日光分析	(234)
5.2	照明模拟	(262)
5.3	热性能	(271)
5.4	花费和环境的影响	(290)
5.5	声学分析	(292)
6	模型的基本原理	(304)
6.1	简单房屋的建模	(304)
6.2	教室	(316)
6.3	会堂	(324)
7	高级模型	(345)
7.1	导入 CAD 图	(345)
7.2	背景位图	(348)
7.3	物体变形	(351)
8	太阳光分析	(355)
8.1	内部太阳光透射	(355)
8.2	优化阴影设计	(358)
8.3	完全阴影和位置分析	(361)
8.4	创建一个连接的栅板	(364)
9	灯光设计	(368)
9.1	内部灯光计算	(368)
9.2	输出辐射率	(374)
9.3	辐射材料	(377)
10	热的性能介绍	(382)
10.1	运行热量模型	(382)
10.2	计算内部温度	(383)
10.3	模型中的材料	(386)
10.4	统计性分析	(387)
11	声学分析	(390)
11.1	混响时间	(390)
11.2	设计声学反射器	(394)
11.3	设计倾斜的观众座位	(399)
12	综合分析	(404)
12.1	成本和环境的影响	(404)
12.2	转换气象数据	(406)
12.3	从 ECOTECT 中输出	(414)
13	建筑的光、热环境模拟实例	(416)
13.1	ECOTECT 对光环境的模拟实例	(416)
13.2	ECOTECT 软件的建筑热工分析	(423)
	参考文献	(431)

1 数值模拟气象资料的应用

人、建筑和环境长期以来一直紧密相关。其中，气候对建筑的影响无疑是深刻而久远的。为达到相同的舒适度，同一个建筑在不同的气象条件下其能量消耗差异很大。因此，为不同地区制定适合当地的节能标准就成为非常紧迫的问题。

人们要想得到某个地区的气象资料和建筑的能耗值，除通过实测外，还可以采用计算机数值模拟的方法获得。把计算机数值模拟引入到节能设计中，尤其是用在模拟地区气象资料上，是一种尝试。它避免了采用真实数据的不易操作性和不确定性，同时又可以方便快捷地针对不同地区进行模拟。瑞士联邦能源部（Swiss Federal Office of Energy）所开发的气象计算软件 Meteonorm 就是一种可以计算全球任何地理位置的太阳辐射和气象资料的软件。这种软件的计算首先依赖于一些预先设定的数据库和运算法则，（它包含了对全球 906 个地区至少长达十年的气象监测资料，其中亚洲有 73 个地区）。用户为想获得气象资料的地区指定关键的地理位置的信息，（如海拔高度和经纬度），然后根据实际情况选择该地区的地形（如城市、山顶、山谷、南坡、东西坡、湖\海边等等），并指定所希望获得的气象资料的输出格式。该程序依据其所处气候区域的气象资料库，通过一定的计算法则与插件计算模拟可得到每个月、每天、每个小时的气象资料，然后根据海拔、地形及其他一些因素进行修正，如图 1-1 所示。

它的计算是以当地获得的太阳辐射为基准。对于不同的参数，它给出了不同的计算法则。

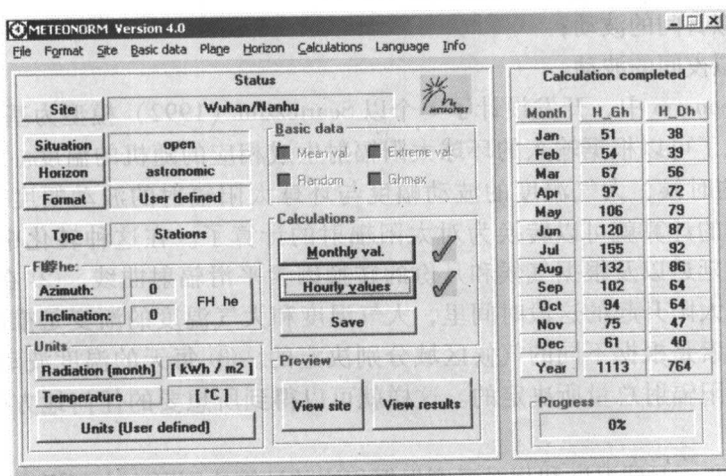


图 1-1 Meteonorm 软件输出信息屏面

1.1 太阳辐射

首先, 计算每月的平均值。输入地球上任何一个地方的经纬度和海拔, 根据计算法则, 可以得到该地点的地球外部太阳辐射和最大太阳辐射值 (晴朗条件下)。依据所得到的最大太阳辐射值 (即环球太阳辐射), 使用 Perez (1991) 模型, 加入一系列浑浊因素的影响 (如海拔、平均水容量、粉尘浓度等), 就可以得到该地直接太阳辐射和散射太阳辐射的值。

第二步, 计算日平均辐射和每小时辐射。为了获得这些参数, 使用了 Aguiar and Collares-Pereira (1992) 模型 (时间决定的、自回归、高斯模型)。模型的计算分为两个步骤: 先根据月平均值计算得到日平均值, 然后添加一个程序模拟每小时的变化, 获得每个小时的太阳辐射。这个模型基于这样的假定: 辐射的频数分布仅依赖于过去资料的平均值; 而每一天的平均辐射值也仅仅依赖于每个月的平均晴朗指数。这些分布系数已输入到一个 $10 \times 10 \times 10$ 的 Markov 矩阵之中。该矩阵的定义是以全球多个地区几十年的实测数据为依据的, 经验证可以适用于全球的各个地区, 计算结果的误差在平均偏差之内。

1.2 大气温度

大气温度一直是气象资料计算的瓶颈。在 Meteonorm 中, 包含了 359 个城市, 626 个气象站, 3020 个自治地区的固定气象资料。在气象站中, 存有每个月的平均值。只要知道一个地理位置的经纬度和海拔, 可以根据其所处的气候区域, 采用线性插入或者直接引用的方法即可获得该地每个月的平均气温。

每日的大气温度是由月平均气温, 依据太阳辐射的波动幅度, 修正气温产生波动而计算出来的。步骤为:

- 生成以日为单位的平均温度曲线;
- 模拟日间的波动;
- 模拟夜间的波动。

在 Meteonorm 中, 开发设计了一个以 Scartezzini (1992) 模型为基础的程序, 该程序实现了可以根据输入的环球太阳辐射生成相应的随机的温度。首先假定: ① 在白天的时候, 大气温度的波动幅度与环球太阳辐射的波动幅度是一致的。这样, 温度的计算就可以转换为对太阳辐射的计算了。在这种转化中包含了拉伸、时间的延迟以及根据气候和月份的转换因素平滑辐射曲线。② 在夜间, 即太阳落山至太阳升起的这段时间里, 大气温度和大气温度的渐变是推断出来的。它的转换因素是根据不同的气候区域分别决定的。③ 每天的温度波动, 是由每天不同的太阳辐射总量所决定的。这样就可以得到所想要的任何地方的数据了, 见图 1-2。

露点温度、湿球温度和相对温度根据相应的计算法则可由大气温度推导出来。

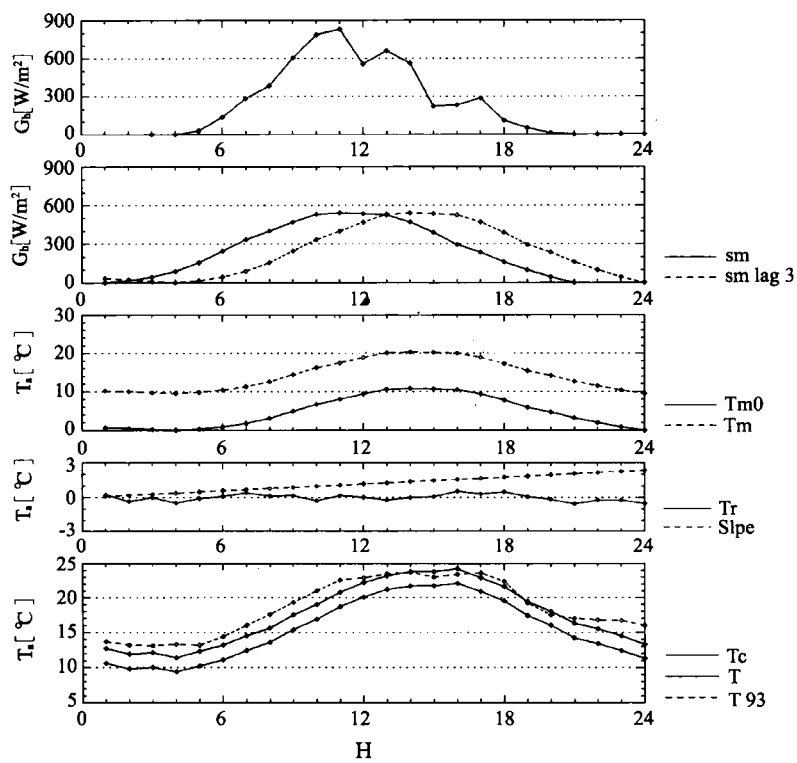


图 1-2

1.3 附加参数（云量，风）

云量的值与所选地区的太阳高度角和晴朗指数有关，并以太阳辐射来评价。Meteonorm 中自带一个以不同的区域为单位的云量数据库。

风的变化是非常难预料的，也不是计算中主要因素。在 Meteonorm 中，也并不意图提供非常精确的月平均值和每小时的值。Meteonorm 本身自建了一个庞大的数据库，分析了不同的地理环境、气候条件、天气状况下的风速值。在计算风速时，Meteonorm 使用一个计算模型，包括一个基于日平均太阳辐射的日风速模型和一个独立的随机性模型。根据该模型和数据库，加入晴朗指数和环球辐射的影响，可以计算出任何地区的日平均风速和每小时的风速。风向也是依据平均风向和风玫瑰图，采用随机性模型产生的。

1.4 度日数

因为 Meteonorm 中的温度计算是以月平均值为基准的，所以它的度日数也是根据月平均值计算得到的。在分析大量统计数据的基础上，Meteonorm 给出了一套

回归公式，分别计算了在不同的月份、不同的大气温度条件下，如何获得当月的度日数。

在欧洲和美国，已经在许多城市做了大量的试验，证明 Meteonorm 的计算结果基本与实际情况吻合。其详细的计算原理和试验可查阅相关资料。

1.5 与实测数据的比较

输入湖北省五个典型城市的基本地理信息，用 Meteonorm 计算出它们的全年气象资料，其输出结果与实测温度相比，Meteonorm 的计算结果和中国具体城市的气象资料有多少差异呢？

湖北省五城市的地理位置及海拔高度 表 1-1

	海 拔	经 度	纬 度
武汉	23	-114.268	30.623
十堰	286.5	-110.761	32.667
恩施	457.1	-109.481	30.275
黄石	22	-115.075	30.204
宜昌	133	-111.291	30.708

在比较分析了湖北省钟祥、郧西、麻城、恩施四个城市在冬季 12 月、1 月、2 月和夏季 6 月、7 月、8 月里的月平均干球温度和湿球温度（以华氏为单位）。其中，实测温度是由湖北省气象局提供的，除恩施是 94 年的外，其余三个城市都是 92 年的气象资料，这些气象资料是由当地的气象站每天逐时进行统计的。Meteonorm 的计算结果则是根据长期的统计资料计算所得到的典型气象年的平均温度。

干球温度的比较 表 1-2

	12 月	1 月	2 月	6 月	7 月	8 月
钟祥（实测）	43.2	39.7	45.4	76.0	81.2	81.9
钟祥（计算值）	42.2	38.4	41.4	77.9	82.8	82.2
郧西（实测）	39.7	36.9	41.8	75.1	79.7	79.6
郧西（计算值）	38.2	34.9	38.4	76.4	80	78.9
麻城（实测）	44.6	40.7	46.0	76.7	83.5	82.8
麻城（计算值）	43.5	39.3	41.9	77.1	83.1	83.3
恩施（实测）	47.3	40.5	43.7	75.7	80.5	83.1
恩施（计算值）	41.4	37.5	39.8	73.5	78.3	78.1

干球温度的比较:

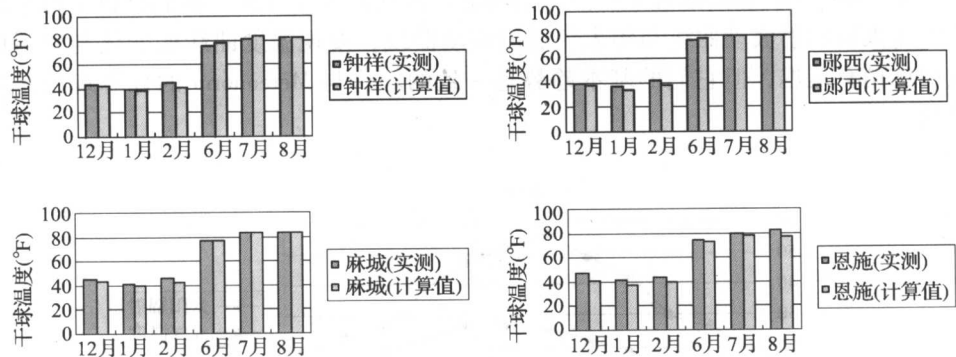


图 1-3

湿球温度的比较 表 1-3

	12 月	1 月	2 月	6 月	7 月	8 月
钟祥 (实测)	40.0	37.2	40.4	70.9	75.5	76.0
钟祥 (计算值)	38.7	35.0	37.7	72.4	77.5	76.7
鄢西 (实测)	36.8	34.4	36.7	66.6	73.1	73.3
鄢西 (计算值)	35.2	31.4	34.7	70.8	74.8	78.9
麻城 (实测)	41.1	37.7	40.9	71.1	76.5	76.1
麻城 (计算值)	39.6	36.1	38.6	72.1	77.9	77.7
恩施 (实测)	45.6	38.7	41.1	70.2	74.4	74.8
恩施 (计算值)	38.3	33.8	35.8	68.0	73.1	72.6

湿球温度比较:

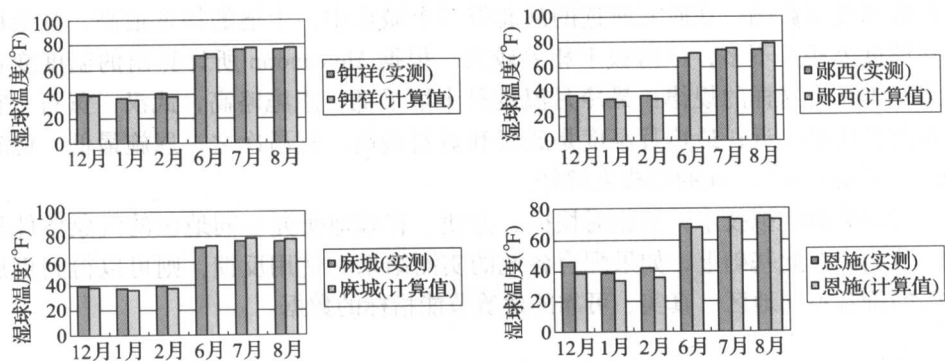


图 1-4

从表 1-3 我们可以看到, 在各城市中用 Meteonorm 计算出的温度 (干球或湿球) 与当地的实测结果是非常相近的, 大部分的月份里两者只相差华氏的 1~2 度, 个别月相差较大一点, 但也只有 4~5 度。实际上, 年与年之间的温度肯定会有所浮动, 与典型气象年之间也不会完全吻合。Meteonorm 的计算结果与实测结果

的差值在可以接受的范围内。

Meteonorm 的输出报告中包括太阳辐射、大气温度等数据，我们分析了每个城市的年太阳辐射波动曲线和年大气温度波动曲线，发现温度曲线的变化与辐射曲线相比稍有延迟，但它们的基本趋势是一致的。这与 Meteonorm 的计算理论是吻合的。

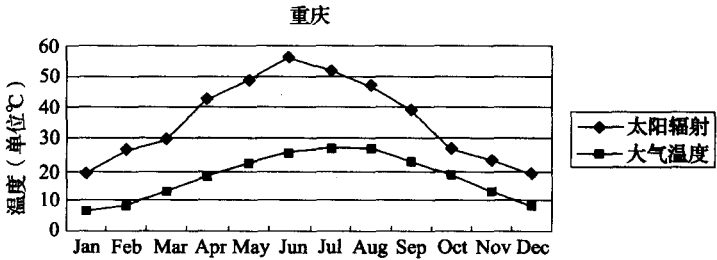


图 1-5 Meteonorm 计算所得重庆的太阳辐射和大气温度比较

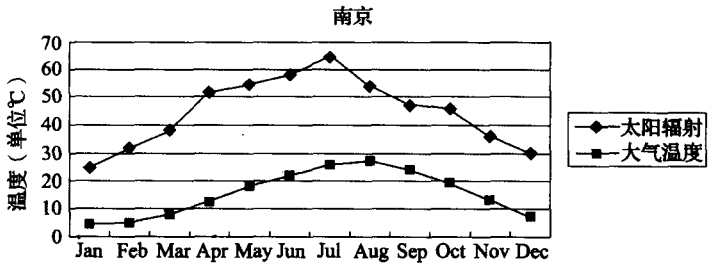


图 1-6 Meteonorm 计算所得南京的太阳辐射和大气温度比较

通常情况下，纬度越高，平均温度就越低；同时，平均温度还受到地形条件和海拔高度的影响。在研究所选的湖北省五个城市中，十堰的纬度最高，其余城市在纬度上相差不多，但海拔上相差较大。根据 Meteonorm 所计算出的温度变化结果基本符合这样的规律：最冷月温度是十堰最低，恩施略高，武汉、黄石、宜昌较高且比较接近；最热月温度是武汉和黄石最高，宜昌次之，恩施最低。恩施的跳跃可用其 457.1m 的海拔来解释。

利用数值模拟技术，可相对快捷、方便、有效地研究不同地区的气象条件和建筑节能。在此基础上，如果配合各地的实测结果和使用反馈，则可以得到更加准确的符合不同地区、真实、可靠的建筑节能指标的数据。

1.6 用气象资料计算节能综合指标模拟实例

先用 Meteonorm 生成的、且经过验证的郧西、钟祥、麻城、恩施四个地点以及 Meteonorm 本身所带的武汉和宜昌的气象数据，输入到住宅建筑模型的能耗计算中，得到该建筑在这六个地点的采暖耗电量，将六个地点的采暖耗电量除以武汉的采暖耗电量，就有以武汉为基准的一组比例值。以湖北气象局提供的各地点

的 HDD18 的数值，同样除以武汉市的 HDD18 的数值，得到以武汉为基准的一组度日数比例值，将两组数据合并，得到下表：（采用比例值是为了数据处理的方便和最终结果的需要）

表 1-4

	采暖耗电量（kWh）	耗电量与武汉的比值	气象局度日数	度日数与武汉的比值
郧西	43952	1.34	2004	1.19
钟祥	37508	1.15	1765	1.04
麻城	39643	1.21	1749	1.03
武汉	32705	1.00	1690	1.00
恩施	34142	1.04	1620	0.96
宜昌	23914	0.73	1552	0.92

以度日数比例为 X 轴，采暖耗电量比例值为 Y 轴，可以得到耗电量与度日数之间的关系折线。将该折线进行多项式回归，就可以得到图 1-7 中的曲线和回归的方程式。

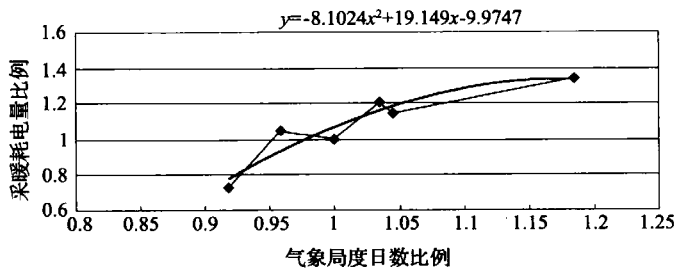


图 1-7 采暖耗电量与度日数曲线图

由图 1-7 得到度日数与采暖耗电量的数学关系为：

$y = -8.1024x^2 + 19.149x - 9.9747$ （其中：x 为当地 HDD18 值与武汉的比值），那么，代入具体的 HDD18 的数值，就可算出度日数与采暖耗电量的对应值为：

表 1-5

HDD18（℃·d）	采暖年耗电量与武汉比值
1500	0.6385
1600	0.8921
1700	1.0890
1800	1.2292
1900	1.3126
2000	1.3393
2100	1.3093
武汉	1

武汉市的比例值始终为 1，其采暖耗电量值采用《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134—2001) 中所确定的值。各地点的采暖耗电量即用上表的比例值乘以武汉市的标准值。

用同样的方法，可以求出耗热量、制冷耗电量比值、耗冷量与度日数比值之间的关系。最后可以得到湖北省建筑物节能综合指标项指表（表中的值相对于武汉的比值），如表 1-6 所示：

表 1-6

HDD18 (℃·d)	耗热量指标	采暖年耗电量	CDD26 (℃·d)	耗冷量指标	制冷年耗电量
1500	0.899	0.6385	50	0.7051	0.2113
1600	0.982	0.8921	70	0.7912	0.4733
1700	1.0501	1.0890	90	0.864	0.6936
1800	1.1032	1.2292	110	0.9236	0.8725
1900	1.1414	1.3126	130	0.9699	1.0097
2000	1.1645	1.3393	150	1.003	1.1055
2100	1.1727	1.3093	170	1.0229	1.1597
武汉	1	1.0000	190	1.0295	1.1723
			210	1.0229	1.1434
			230	1.0031	1.073
			250	0.97	0.961
			武汉	1	1.0000

通过这样的方法，结合本地区气象局所提供的气象资料和度日数参数，使用气象数值模拟软件 Meteonorm 即可得到该地区的建筑物节能综合指标的限值。

