

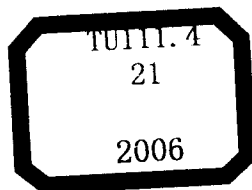
建筑

蒸发降温基础

孟庆林 张磊
胡文斌 张玉 著



科学出版社
www.sciencep.com



建筑蒸发降温基础

孟庆林 胡文斌 张 磊 张 玉 著

国家自然科学基金资助项目研究成果
(基金编号:50538040)

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要介绍建筑物围护结构利用水分蒸发冷却降温技术。本书共九章,第1章介绍了建筑蒸发冷却降温的基本概念、研究背景和工程应用前景;第2章从表面热平衡方程出发,建立了广义综合温度的模型;第3章讨论了围护结构表面有水膜情况下对太阳辐射热的热工反应,重点建立了水膜流动与不流动情况下围护结构周期性传热模型,编制了计算程序;第4章对多孔构造蓄水后的周期性热湿迁移进行了论述,建立了动态模型并分析了离散过程;第5章针对已知热物性参数的含湿砂层的蒸发冷却降温过程进行了模拟并做了实验验证;第6章初步探索了与建筑能耗模拟关联的逐时降雨模型;第7章论述了建筑围护结构蒸发冷却的动态实验基础,介绍了热湿气候风洞实验台的工作原理;第8章介绍了玻璃围护结构贴附水膜的热工实验方法,重点探索了围护结构通过太阳能动力驱动循环淋水降温的技术形式;第9章试验分析了透水砖的导热系数与含水率关系。书中对重要的模拟过程以附录的形式给出了计算源程序。

本书可供建筑热工学、建筑环境与设备工程、建筑设计等相关专业的师生、研究人员和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑蒸发降温基础 / 孟庆林等著. —北京:科学出版社, 2006. 12

ISBN 7-03-018315-0

I. 建… II. 孟… III. 建筑物—围护结构—建筑热工 IV. TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 158694 号

责任编辑:何舒民 李昱颖 / 责任校对:刘彦妮

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 12 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2006 年 12 月第一次印刷 印张: 14

印数: 1—3 000 字数: 280 000

定价: 36.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈新欣〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137026(BA08)

序 一

中国的气候类型众多,其中降雨丰沛、高温酷热气候几乎覆盖了我国南方地区。建筑物受到降雨过程的影响,改善室内热环境的空调耗能水平必然也会发生变化,总体表现是气候的降雨过程有利于降低建筑物的空调能耗。做到对于降雨过程的识别,补充和改进现有的建筑能耗动态模拟工具的气象模型,进而可以在全年能耗计算中能够反映出降雨降温的节能贡献,是十分现实和有意义的工作。《建筑蒸发降温基础》一书的部分内容探索性地研究了气候降雨模型的构建,研究了小时间间隔观测的降雨数据和其他气象数据之间的关联性,进而掌握了已知其他逐时气象数据时的降雨时刻判断和降雨量判断方法,这是一项探索性工作,在国际上还未曾发现有类似的研究报道。尽管所得到的结论目前还仅限于某一地区的个案,但不妨对类似研究工作是一种启发,研究的成果一旦获得肯定,那么对于不久的将来实现建筑和室外热环境的精确模拟将会起到重要的推动作用。

在过去的十多年里,华南理工大学孟庆林教授所带领的团队一直致力于南方建筑被动式降温技术的研究,在国内建立了第一个用于测定围护结构蒸发冷却换热的热气候风洞实验台,先后在围护结构表面淋水、多孔材料表面蓄水后的传热传质现象及其动态模拟过程研究中取得了一定的突破,不少研究成果诸如建筑遮阳系数的计算方法、房间自然通风限定的最低外窗可开启面积、围护结构的附加当量热阻等被动降温技术成果等先后被建设部标准《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》和国家标准《公共建筑节能设计标准》采用。在众多被动技术中,最有特点和难度的,要属他们所研究的围护结构被动蒸发冷却技术。

孟庆林是华南理工大学的年轻教授,于1995年毕业于重庆大学,师从我国著名建筑物理学家陈启高教授,于2002~2003年间在清华大学建筑学院做高级访问学者。他从1994年就开始从事建筑围护结构的被动蒸发冷却的理论和实践研究,先后4次得到了国家自然科学基金和省级自然科学基金的资助,这本专著的出版正是他和他所领导的团队艰苦努力取得的成果。在我国南方地区他不遗余力地坚持探索适合国情和地方气候的适宜技术,积极推动类似的低成本技术运用于实际工程中,并示范了玻璃光顶淋水蒸发降温、屋顶加气混凝土块材料蓄水蒸发降温、屋顶种植佛甲草蓄水蒸发降温等技术,这在目前现代建筑所谓高技派构造技术层

出不穷、国内建筑界盲目崇拜和效仿西方国家高成本技术的混沌时期,尤为可贵,这无疑对促进我国实现量大面广的民用建筑的节能发挥重要作用。

相信本书的出版对建筑技术科学领域从事建筑热环境和建筑节能研究、设计的同行有所借鉴。

谨作此序。

江亿

2006年11月3日于清华大学

序 二

绿色建筑缘于现代建筑体系所需巨量之建筑能耗。工业革命以后,兴起和发展完善的现代建筑体系包含着丰富的建筑与城市空间设计的理论和方法,从根本上解决了人类对各式各样建筑空间和场所的需求困难,给建筑师提供了创造千姿百态、丰富多彩建筑形式和空间的机遇和平台,后现代建筑、解构主义思潮、田园都市模式等是建筑学处于鼎盛时期的具体反映。建筑环境控制技术日新月异的进步,使得现代建筑空间几乎可以满足所有对生理和心理环境的需求。然而,现代建筑体系的这种能力是建立在资源与能源储量无限、环境容量无限的基础之上。随着社会的进步、能源资源与环境问题凸现,发展绿色建筑,节约建筑能耗,以缓解全球之能荒,已成为一种必然,并已为业界同仁所认可。

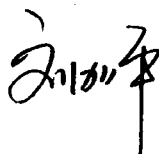
直接且有效实现建筑用能的节约的方法是设计建造低能耗的建筑。英语中把建筑设计与气候等自然和地域特征相适应之行为称之为“Passive Design”,译成中文,作“被动式设计”讲。其实,巧妙的建筑空间组织与平面布局、构造优化与合理选材,是调节建筑室内热湿环境、节约建筑运行能耗的最佳途径,也是最为“主动”的“绿色”设计方法。

建筑的被动蒸发降温是城市规划、小区规划和建筑设计中极为实用的设计技术之一,它既可以调节城市微气候,降低热岛强度,改善建筑物理环境,又可以大大降低建筑的空调能耗,是经济有效、一劳永逸的最佳选择。但是,从应用角度来看,被动蒸发降温作为一门设计技术,需要简单直接,便于规划师、建筑师使用。然而,成熟的蒸发降温技术的获得需要求解一系列复杂的物理过程,其间要综合运用建筑气候学原理、围护结构传热传湿原理、表面水膜在太阳辐射下的热湿迁移原理、建筑材料表面吸放湿原理等科学理论。此前该领域对蒸发降温技术的运用,多是建立在经验之上,虽有不少大作,然毕竟难以为行业所广用。

孟庆林教授所撰写的《建筑蒸发降温基础》是其多年倾心研究与学术积累的结果。作者依据被动蒸发的机理,详细论述了围护结构蒸发冷却热平衡模型、多孔构造热湿迁移模型以及对应热湿过程的模拟方法,并给出了实验验证的结论;同时,辟出专门章节,详细描述了作者创建的自然蒸发冷却的降雨模型和透水材料导热系数与含水率的关系;更为可贵的是,书中还给出了热湿气候风洞动态实验研究的理论基础以及透明围护结构贴附水膜热工实验的研究结果。如此系统地对被动蒸发降温技术的科学基础和工程应用的论述,实乃建筑被动式设计领域一项重要成果。

十多年来,孟庆林教授潜心于南方热湿气候条件下的建筑与城市热湿环境改善和建筑节能的研究,纵横于建筑设计、城市规划和建筑与城市物理环境学科领域,所取成果多属学科交叉与融合之结晶。今著成此作,实属水到渠成之必然,亦必将为我国建筑热工与节能学科的发展起到积极作用。

值本书出版之际,谨献此拙文,权作为序。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '孟庆林' (Meng Qinglin), with a long vertical stroke extending downwards.

2006 年岁末于古城西安

前 言

水分蒸发降温是一种普通的自然现象,而利用水分蒸发降温原理,实现建筑物围护结构的降温则是一项令人兴奋不已的被动建筑技术。在当今能源紧张和人们追求未来可持续人工环境控制的情况下,找到一种被动技术并能够很好地揭示其工程技术原理不太容易。就建筑被动蒸发降温技术而言,不单纯是水分蒸发消耗多少热量这么简单。联系到工程实际,无论如何也不可能回避围护结构形式、气候降雨规律、水循环动力、天然降水的蓄存技术甚至水的保质技术等。作为一项专门的建筑降温技术,从 20 世纪 40 年代提出至今,其在国际上的应用状况并不令人满意,原因是多方面的。发达国家大多集中位于气候凉爽的北半球,建筑物对降温技术的需求并不强烈。然而在全球急速城市化进程中,面临高寒地区发达国家建筑技术的诱惑和冲击,许多气候炎热的低纬度国家,特别是经济并不发达的国家缺乏足够的冷静,成本高昂不切国情的高新技术被盲目引进。这些国家地域性建筑技术路线濒临瓦解,令人痛心放弃了本国许多传统的被动技术,这也许是建筑蒸发降温技术未被广泛应用的主要原因。同时,这项技术存在的一系列理论和技术上的关键问题还没有得到很好的解决,理论研究成果普及到实际工程还有一段距离。国内外为此付出努力的并不见得都是科学家,因为它简单得连孩子都能明白在骄阳下向家屋的房顶淋水是为了什么,于是,在没有建筑师和科学家参与的民用建筑中有了蓄水屋顶建筑、淋水屋顶建筑、蚝壳蓄水墙等建筑,人们意识也到了用水蒸发降温是一种原理简单但建筑手法复杂的技术。利用现代的空气调节设备技术可以随心所欲地改变室内气候,但是在它给占世界人口 80% 的非贫困人口带来舒适生活的同时,也付出了沉重的代价。随着建筑空调设备带来的负面影响的日益加剧,它所受到的立法限制会在越来越多的国家得到加强。依靠建筑物围护结构自身的调节功能改善室内热环境无论如何还是未来建筑的大趋势。我国目前的经济发展水平还存在地区性的差别。按联合国的贫穷标准衡量,目前全世界还有 12 亿贫困人口,其中在我国就有 2 亿人。民用建筑特别是大量的乡镇建筑还不可能在短期内普及空调技术,即便我国 13 亿人口都有空调设备的购买力,恐怕届时国家能源的储备也无法满足其巨大的消耗,对全球能源安全也会构成威胁,因此改善炎热夏季建筑室内热环境的根本途径还在于建筑物本身。研究建筑物的被动降温技术,在今后相当长的时期内仍然是我国建筑科学技术工作者所面临的一项重大课题。

建筑蒸发降温的基本原理源于建筑物表面水分的蒸发冷却。在季风气候和海

洋性气候地区,夏季太阳辐射强烈、温度高、湿度重、降雨量丰沛、季候风旺盛。建筑蒸发降温旨在利用天然降雨的水量,通过围护结构构造形式或蓄存手段使其在建筑围护结构表面形成蒸发冷却现象,实现建筑物的降温,从而达到改善室内热环境质量和降低空调负荷的目的。理论上讲,蒸发过程是一个相变传热过程。相变的存在必然要强化边界的对流换热。所谓蒸发冷却,就是指液体或含湿多孔体的表面与大气直接接触时,由于热变换与质交换的共同作用而使液体或含湿多孔体得到冷却。这时的液体或含湿材料与气体介质之间通过接触或辐射作用进行热交换,由液体水分的蒸发进行质交换而带走大量气化潜热。专门研究建筑表面流动水膜的蒸发冷却问题和利用含湿材料层蓄水蒸发冷却问题的研究工作起步较晚,特别是后者,仅仅起始于20世纪80年代中期。从检索到的文献报道可知,这项研究还处在实验探索阶段,理论研究的正式报道甚少。作为一项被动降温技术,在理论与实验方面还有许多问题没有进行足够的探索,比如对水膜流动状态下的蒸发降温过程及贴附多孔含湿材料蓄水蒸发降温过程的描述,气候降水的逐时模型,有蒸发冷却存在时的室外综合温度模型,蓄水材料导热系数的变化规律,等等,因此需要在建筑技术领域对此展开系列研究,逐步排除这项技术步入工程应用领域遇到的理论障碍。本书的内容也主要是针对上述几个方面的,希望能够对同类工作有所启发。

本书在作者自1992年以来主持、研究的一系列科研成果基础之上撰写而成。十多年来参加课题研究的老师、同事和研究生都为此付出了辛勤的汗水;重庆大学陈启高教授、丁小中教授对研究工作做出了重要的启蒙;清华大学江亿教授一直青睐围护结构的节能工效,多次讨论过南方传统建筑墙体的节能构造形式,关注降雨状态下围护结构存在蒸发冷却时建筑物的能耗模拟怎么能在DeST上模拟的问题,直至本书出版之时还是暂时留下了这个遗憾;西安建筑科技大学刘加平教授十多年来始终关注这项被动式技术的研究进展,鼓励我们早日付诸更多的工程实践,并在与传统建筑形式结合、热湿气候风洞实验台建设和实验研究工作中给出了很多关键性的建议;中国建筑西南设计研究院冯雅工程师、华侨大学冉茂宇副教授、重庆大学唐鸣放教授等对蒸发冷却的理论研究和试验工作都给予了很多建议和帮助。亚热带建筑研究室的李建成、张百庆、李成晴、沈关奇、陈金牛等各位老师都冒着酷暑参加了项目测试。参与主要研究工作的胡文斌博士编制了含湿砂层蒸发冷却过程温湿度分布计算程序;博士研究生张磊编制了广义综合温度计算程序和建筑外表面贴附水膜蒸发冷却热过程的计算程序;博士研究生张玉为热湿气候风洞实验台的研究、建设做出了重要贡献;硕士研究生唐毅、马京涛、王志刚、潘瑜芬、高云飞、刘妍华等 in 多孔材料蓄水实验、气候观测、降雨模型和太阳能动力蓄水循环淋水屋面研究等方面都做了大量的具体工作,书中引用了他们学位论文工作的内容。在此对他们一并表示诚挚的谢意。

相关研究工作先后得到了国家自然科学基金面上项目(59808006/1998, 50278035/2002)、广东省自然科学基金项目(960243/1997, 970443/1998)的有力资助,在此表示衷心感谢。

作为阶段性研究成果,本人曾于2001年出版了《建筑表面被动蒸发冷却》(华南理工大学出版社)一书。本书在此基础上有较大幅度的扩展,编写时注意到了内容的关联性和系统性。本书的编写大纲由本人拟定,胡文斌博士撰写了第5章和附录3,博士生张磊撰写了附录1、2,博士生张玉撰写了第7章,其余由本人承担。张玉、张磊协助我完成了全书的统稿。限于作者的水平,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正。

华南理工大学 孟庆林

2006年6月于广州

arqlmeng@scut.edu.cn

www.beel.net

目 录

序一

序二

前言

第1章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 建筑蒸发冷却中的自然调和原理	1
1.2.1 热环境的自然调和原理	1
1.2.2 自然调和的条件	2
1.2.3 基于自然调和原理的建筑蒸发冷却	2
1.3 建筑蒸发降温的研究体系	5
1.4 建筑淋水蒸发冷却研究	7
1.4.1 实验研究	7
1.4.2 理论研究	14
1.5 贴附蓄水材料的蒸发冷却研究	17
1.6 存在的关键问题	20
参考文献	20
第2章 围护结构蒸发冷却热平衡	23
2.1 概述	23
2.2 表面热平衡方程与广义综合温度模型	24
2.3 广义综合温度	26
2.3.1 广义综合温度	26
2.3.2 三种综合温度的差别	28
2.3.3 广义综合温度的几个影响因素	29
2.4 蒸发换热系数	32
2.4.1 湿空气的绝对含湿量	32
2.4.2 用 Lewis 关系引证蒸发换热系数	33
2.4.3 Le 的计算与分析	34
2.4.4 等效成基于温差的蒸发换热系数 α'_{zh} 的计算与分析	35
参考文献	37

第3章 围护结构贴附水膜的隔热机理与热过程模拟	39
3.1 概述	39
3.2 水膜对太阳辐射的吸收、反射和透射	39
3.3 围护结构贴附水膜的综合反应	45
3.3.1 水膜与表面有空气层	45
3.3.2 水膜贴附不透明表面	46
3.3.3 水膜贴附半透明材料表面	47
3.4 围护结构贴附水膜的综合吸收率、反射率和透射率	48
3.5 围护结构贴附水膜的热过程模型	58
3.5.1 水膜蒸发冷却的数学模型	58
3.5.2 数值计算与结果分析	65
3.5.3 数值计算的结论	74
参考文献	74
第4章 多孔构造蓄水后的周期性热湿迁移模型	76
4.1 概述	76
4.2 蒸发过程的描述与研究方法	77
4.3 含湿多孔材料表面蒸发冷却模型	78
4.4 热物理模型的离散	83
参考文献	88
第5章 含湿砂层蒸发冷却过程的模拟	90
5.1 程序流程图	90
5.2 软件结构	92
5.2.1 前处理界面	93
5.2.2 模拟计算界面	94
5.2.3 计算结果绘制曲线界面	94
5.3 模拟结果	95
5.4 模拟结果分析及实验验证	99
5.5 结论	103
参考文献	103
第6章 蒸发冷却的降雨模型	104
6.1 概述	104
6.2 逐时降雨判断	105
6.2.1 气象数据	105
6.2.2 判别分析	105

6.2.3 判断日降雨	106
6.2.4 逐时降雨判断	109
6.2.5 结论	110
6.3 逐月降雨量随机模拟	111
6.3.1 月降雨量统计分析	111
6.3.2 模型的确定	113
6.3.3 结论	115
6.4 逐日、逐时降雨量的分配	115
6.4.1 分布拟合	115
6.4.2 日降雨量确定	117
6.4.3 逐时降雨量确定	118
6.4.4 小结	120
参考文献	121
第7章 蒸发冷却的热湿气候风洞动态实验基础	122
7.1 概述	122
7.2 热湿气候风洞实验台的控制原理	124
7.2.1 热湿气候风洞实验台构造	124
7.2.2 热湿气候风洞实验台的风速控制	125
7.2.3 热湿气候风洞实验台的温度控制	126
7.2.4 热湿气候风洞实验台的湿度控制	128
7.2.5 热湿气候风洞实验台的太阳辐射照度控制	129
7.2.6 热湿气候风洞实验台的降雨量控制	131
7.2.7 热湿气候风洞实验台空调小室的控制	132
7.2.8 热湿气候风洞实验台的控制流程	132
7.3 典型气候参数的确定方法	134
7.4 热湿气候风洞实验台的热工测试原理	135
7.4.1 温湿度测试原理	135
7.4.2 表面辐射照度的测量	137
7.4.3 传热热流的测量	138
7.4.4 蒸发量的测量	138
7.5 热湿气候风洞中种植屋面当量热阻的实验研究	139
7.5.1 测试对象	139
7.5.2 测试原理	139
7.5.3 测试环境及工况	141
7.5.4 测试结果	142

7.5.5 结论	144
参考文献	145
第 8 章 围护结构贴附水膜的热工实验	146
8.1 概述	146
8.2 玻璃采光顶的主要节能措施	147
8.2.1 合理选用新型玻璃	147
8.2.2 设置可控隔热幕帘	148
8.2.3 采用流水结构	148
8.3 公共建筑透明围护结构贴附水膜热工实验	149
8.3.1 实验概况	149
8.3.2 测试内容	150
8.3.3 测试结果	151
8.3.4 结论	154
8.4 居住建筑透明围护结构贴附水膜热工实验	154
8.4.1 实验概况	154
8.4.2 测试结果	159
8.4.3 结论	179
参考文献	181
第 9 章 透水砖导热系数的测定	182
9.1 材料导热系数的物理性质	182
9.2 测试原理	182
9.3 试验系统	183
9.4 试验结果及数据分析	184
9.5 结论	188
参考文献	188
附录 1 广义综合温度计算程序	189
附录 2 建筑外表面贴附水膜蒸发冷却热过程计算程序	193
附录 3 含湿砂层蒸发冷却过程温湿度分布计算程序	199

第1章 绪 论

1.1 概 述

建筑蒸发冷却降温是基于蒸发冷却现象实现建筑围护结构被动式降温的技术。这一技术的理论核心是水分的蒸发消耗大量的太阳能量,以减少传入建筑物的热量。无论从理论研究还是实验研究都可看出,蒸发冷却技术作为一种出色的建筑隔热方法,已引起了建筑技术领域的极大兴趣。自20世纪30年代末蒸发冷却问题被提出,至今,各国学者仍致力于这一问题的深入研究,积极地拓展问题的前沿。

理论上,以降低建筑围护结构外表面温度为目的的利用太阳能蒸发冷却问题,按蒸发机理可分为两类:一类是自由水表面的蒸发冷却问题,这类问题包括蓄水屋面、蓄水漂浮物、浅层蓄水、流动水膜及复杂的喷雾措施等,这些问题的共同机理可认为是由一个液体自由表面与空气介质直接接触时产生的热质交换过程;另一类则是多孔材料蓄水蒸发冷却问题,这类问题的机理十分复杂,一般认为它是在毛细作用为主的热湿耦合迁移机理作用下所完成的热质交换过程。

本章阐述建筑蒸发冷却技术的发展历程,从淋水蒸发、多孔材料蓄水蒸发两类技术形式分别论述实验研究和理论研究的进展,基于自然调和原理,提出建筑蒸发冷却降温的概念、研究体系。

1.2 建筑蒸发冷却中的自然调和原理

人与自然环境共生的基本原则就是两者不能互为对方付出昂贵的代价。人与自然界的万物生灵本应该生活在和谐的环境下,但人类的贪婪打破了两者的平衡。如果能够正确地利用自然调和所产生的一系列效应,自我实现环境质量的改善,就可以相应减少人工能量的消耗。研究建筑环境的自然调和现象和技术,实际上也等于是在寻找建筑环境的后续能源。

1.2.1 热环境的自然调和原理

所谓自然调和实际是自然环境中的能量存在形式的一种重构过程,自然调和效应则是这种重构过程后所发生的环境特征变异的现象。就建筑热环境而言,原

热环境中的气候能量表达形式 1(温度₁、湿度₁、辐射₁、风速₁), 通过改变环境构建方式而发生了改变, 形成了另一种能量表达形式 2(温度₂、湿度₂、辐射₂、风速₂), 并且引起了热环境质量产生质的变化(变异), 即 $PMV_1 \rightarrow PMV_2$, $WBGT_1 \rightarrow WBGT_2$ 。根据人们对热环境质量的要求, 总可以通过自然调和过程在气候能量与环境构建方式之间实现满意的和谐共生的热环境。热环境的自然调和原理如图 1.1 所示。

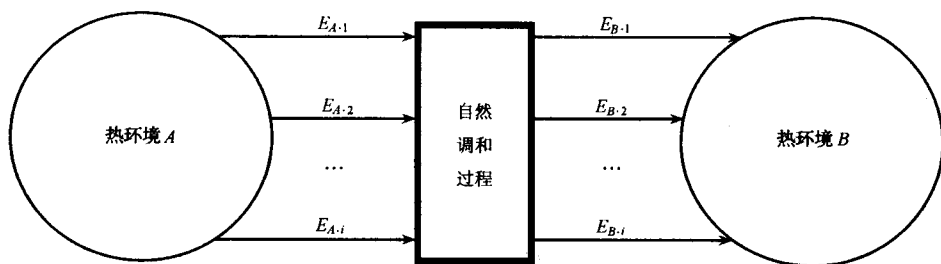


图 1.1 热环境的自然调和原理

热环境 A 通过自然调和过程而变成了热环境 B, 能量要素 $\sum_{i=1}^n E_{A,i}$ 经过重组变成了新的形式 $\sum_{i=1}^n E_{B,i}$ 。因此, 自然调和过程是能量形式的重构过程, 它包括了环境气象要素之间及其与调和界面之间互为融合而发生的能量转换和重新构建。

事实上, 自然界中若干气象因素每时每刻都在自发地生成某些自然现象, 这就是多因素同时积聚在某一场所自然调和后的效果, 我们可以称之为自然调和效应。自然的降水、太阳辐射热、自然的风速三者, 作为热环境 A 的能量结构, 作用在多孔材料表面的结果, 就会产生被动蒸发冷却现象, 获得材料的降温; 作用在光伏板表面则会产生光电现象, 获得电能(太阳能与风能和降水等自然能量的综合); 作用在道路表面可以吸附汽车尾气, 净化城市空气。

1.2.2 自然调和的条件

产生自然调和效应的条件有两个: 一是具备完整的气象要素, 二是必须要有调和界面。自然调和所需要的气象有完整性要求, 可以概括为太阳辐射热、天然降水和自然风力三个方面, 其中最为重要的是天然降水。调和界面是气候能量发生形式转换的场所, 一般就是建筑的外表、城市地表等。

1.2.3 基于自然调和原理的建筑蒸发冷却

依照自然调和原理设计建筑和环境, 可以产生建筑与环境的蒸发冷却效果, 进而能够被动地控制建筑与城市环境的能量消耗和改善热环境质量, 如图 1.2 所示。合理地设计城市热环境, 主要是指通过改进城市地面道路的铺装材料, 使用多孔介质材料增大城市地表的蓄水能力, 蓄存天然降水, 减少城市径流, 最终降低城市热

岛强度。合理地设计建筑热环境,主要是通过建筑围护结构合理选型和科学用材,使用可蓄水的构造或材料容留天然降水,降低建筑围护结构的温度,达到节能降耗和改善建筑室内热环境的目的。其中建筑物依靠淋水、蓄水等措施实现被动降温的理论和构造技术、设备技术、控制技术等,一直是各国建筑学者颇感兴趣的问题。

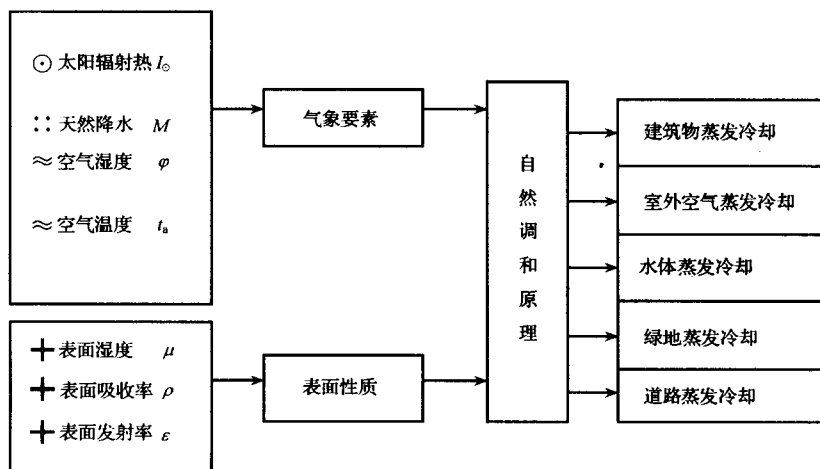


图 1.2 基于自然调和原理产生的蒸发冷却效应

人类聚居的城市环境和建筑环境,与人类自然气象环境之间持续着动态的自然调和作用。自然调和理论是支持人居环境可持续发展的重要理论之一,因为城市气候因子的自然调和作用将从根本上遏止城市化进程中的病态效应,如城市热岛效应、城市浊岛等。

自然调和理论研究是多学科交叉的问题,它的提出源于人类居住环境问题的产生,是在住区环境可持续发展前提下,运用生态学、气候学、工程热物理学、城市规划学、建筑学等多学科研究的背景加以提炼的产物。当前需要突破的前沿课题包括:气候因子对生态指标影响的数值描述,被动蒸发冷却的数值描述与模拟软件的开发,健康舒适前提下住区环境与生态指标的确定及其相关数值模拟等。

自然调和技术是在自然调和理论指导下的应用技术,面向提高建筑和城市物理环境的生态水平。当前需要突破的前沿课题有被动蒸发冷却用于城市住区非绿地的铺装材料的开发,调和效应的建筑外装材料的开发等。

如图 1.3 所示,将有调和功能的加气混凝土这类多孔材料铺设在建筑屋顶上,依靠它自身蓄存天然降雨,在广州地区夏季可以降低屋顶外表温度 $5 \sim 10^{\circ}\text{C}$ ^[1]。在城市非绿地表面上铺装后的自然降温效果可高达 $5 \sim 20^{\circ}\text{C}$,同时对于减低城市雨水径流,缓解市政排水系统的压力、减少城市水浸现象作用显著。

图 1.4、图 1.5 所示是在广东沿海地区古代民居常用的“蚝壳墙”构造。所谓“蚝壳墙”,就是用蚝壳堆积砌墙。以蚝壳筑墙的做法最早应源于南北朝。广东地