



普通高等学校卓越工程师教育培养规划教材

建筑环境学

主编 吴延鹏
主审 吴德绳



科学出版社

普通高等学校卓越工程师教育培养规划教材

建筑环境学

主 编 吴延鹏

副主编 钱付平 王海涛

主 审 吴德绳

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

“建筑环境学”是建筑环境与能源应用工程专业(简称建环专业)最核心的专业基础课,是本专业区别于能源与动力工程等专业的学科代表性课程。建筑环境学是一门跨学科的综合科学,包含了建筑、传热、声、光、材料以及人的生理、心理等多门学科的知识。本书是按照高等学校研究型教学的需求以及卓越工程师计划的培养要求编写的,体现了先进的教学理念和特色。本书分为三篇共 11 章,包括建筑室外环境、建筑室内环境、建筑环境与能源应用三个模块。具体分别介绍建筑气候学基础、建筑室外环境对室内环境的影响、建筑热湿环境、热舒适环境、室内空气环境、建筑光环境、建筑声环境、建筑电磁环境、工业建筑的室内环境与职业卫生、建筑环境与节能、绿色建筑与建筑环境性能综合评价等内容。本书按照 48 学时编写,各高校可以根据自己的实际情况合理安排授课学时和进行内容的取舍。

本书可以作为高等学校建筑环境与能源应用工程专业本科生教材,也可以作为本专业研究生相关课程(如“高等建筑环境学”“人工环境学”等)的参考教材,还可以作为其他专业(如建筑学、城市规划、能源与动力工程、环境科学与工程、安全技术及工程等)的选修课教材以及工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑环境学 / 吴延鹏主编. —北京: 科学出版社, 2017.3

普通高等学校卓越工程师教育培养规划教材

ISBN 978-7-03-051007-5

I. ①建… II. ①吴… III. ①建筑学—环境理论—高等学校—教材
IV. ①TU-023

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 301605 号

责任编辑: 毛莹 张丽花 / 责任校对: 郭瑞芝

责任印制: 徐晓晨 / 封面设计: 迷底书装

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>

北京中石油彩色印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2017 年 3 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2017 年 3 月第一次印刷 印张: 17 1/2

字数: 447 000

定价: 56.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序

建筑业历史悠久，可以说人类走出洞穴就是起始，“有巢氏”就是中国文字记载的史实。

供热通风与空调工程专业（简称暖通空调专业，现在叫建环专业）走进建筑业只有近百年，但对建筑业的支持和使其总体水平的提升具有巨大的作用。因为“有所为才能有所位”，暖通空调专业自身也得到了高速的发展，并被社会各界所认可，直至今日已成为建筑环境与能源应用工程专业，涵盖了建筑物的室内外环境和建筑业之外的范围。

科技和专业的发展是相关联的，所以时代背景必然是专业技术发展的动力，当然也会造成一定的局限性。

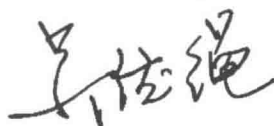
我国建筑业的泰斗吴良镛恩师创新性地提出了“人居环境科学”的概念，这正是我们行业的先祖专家梁思成老先生在当时的背景下所不可能提出的，证明了科技工作者对社会的贡献必须紧紧结合时代的背景，进行最有效的努力，包括创造和纠偏。

习近平主席提出实现中华民族伟大复兴中国梦的时代背景是我们专业科技创新追求的基础，也是我们创新的指导方向。我学习的初步体会是我们应主动努力，更加适应工业化和市场经济发展的需要。

在专业教育领域，有关部门和敬业的教师们对教育的更大贡献必然是紧贴时代特点、辨明工业化和市场经济的时代背景，对学生之所学应有新的标准，这其中也包含对学生时代使命感和思想品质潜移默化的影响。

本书主编吴延鹏老师是前述理念的多年关注者和实践者，他所组织的编写专家团队也是这种理念的贯彻者，可喜的是上述理念在本书中已得到具体的体现，如学科基础的拓展、理论结合实践、工程设计贯彻供给侧改革、教材有助于学生逻辑思维和创新性思维提升等方面。

时代提出的改革任务，领先者是伟大的，但难处和留有的缺憾也较多。建环专业的高校教师们可以学习吴延鹏老师和编写团队的敬业精神，也应共同探索我们学科教学、教材的改革之路。本书的不足之处请读者多指正。



2016年8月19日于北京

前 言

建筑环境与能源应用工程专业（简称建环专业）属于土木工程一级学科下属的二级学科，研究生授予学位专业为供热、供燃气、通风及空调工程。该专业的本科生专业基础课为传热学、工程热力学、流体力学和建筑环境学。建筑环境学是本专业区别于其他相近专业的学科代表性课程。

本书是按照高等学校研究型教学示范课以及卓越工程师计划的培养要求编写的，注重教材学术性的同时增加了教材的趣味性，改变传统的理工科教材枯燥无味的现象，本书特别注重学生创新性思维和自学能力的培养以及激发学生从事本专业的热情，体现了先进的教学理念和鲜明的特色。在每章的正文前都配备了本章要点、案例导引、预备知识、兴趣实践、探索思考。特别是案例导引和探索思考，目的是充分调动学生的学习积极性，带着问题和疑问去学习，也增强了学习的针对性和主动性；在每章的正文后都配备了课外自学、课后习题、知识拓展，大部分章节设置了研究型专题以及院士简介，目的是充分锻炼学生的自学能力，拓宽学生的知识面，培养学生对本课程乃至本专业的兴趣，为将来从事本专业的工作打下良好的基础。

研究型专题的设计与实施在目前中国建环专业高校教材中还是第一次探索和尝试，这也是本书的鲜明特色。研究型专题授课老师可以根据自己的教学情况自行安排和进行教学设计，基本原则是做到教材内容学以致用，突出趣味性、知识性和创新性。研究型专题具有可操作性，根据本校的实际教学条件和学生情况因地制宜地选用，因此鼓励教师多设计几套研究型教学专题，便于学生选择。研究型专题的类型可以灵活多样，如调查研究类、实验测试类、计算分析类、参观实际工程或专业展览、参加学术会议、撰写文献综述等，也可以针对教材的理论内容设计验证性实验。研究型教学专题的答案一般不唯一，鼓励学生独立思考、提出自己的见解。通过研究型教学专题的设计和实施，改革现有传统的课堂教学模式，使课程成绩考核更加科学，改变高分低能现象。便于因材施教，激发本科生的学习积极性，锻炼实际动手能力，培养创新意识、团队精神和综合素质。

本书由北京科技大学吴延鹏担任主编，北京市建筑设计研究院有限公司顾问总工程师吴德绳教授担任主审。安徽工业大学钱付平、安徽建筑大学王海涛担任副主编。各章节内容的编写分工如下：北京科技大学吴延鹏编写绪论、第1章的1.2节、1.3节和1.5节、第4章、第6章和第8章，以及大部分案例导引、研究型专题和所有院士简介；安徽工业大学钱付平、韩亚芳编写第5章和第9章；安徽建筑大学王海涛、胡宁编写第10章和第11章；四川大学龙恩深、王军编写第2章、第3章和第7章的7.1~7.3节；华北电力大学王锡编写第7章的7.4节；北方工业大学邹雪编写第1章的1.1节、1.4节。在编写过程中，本书编委会分别于2013年2月在山东曲阜和2015年11月在北京召开了两次会议，本书充分体现了会议的成果。全书由北京科技大学吴延鹏拟定编写大纲并统稿。

衷心感谢我国建筑环境与能源应用工程专业泰斗、德高望重的吴德绳教授在百忙之中对本书进行了认真仔细的审阅并作序，吴老师提出了很多宝贵的指导性意见，使本书更加切合实际、更加具有可读性和学术性；同时衷心感谢我国建筑环境与能源应用工程专业泰斗、中

国建筑科学研究院顾问总工、中国建筑学会暖通空调分会名誉理事长吴元炜教授对笔者多年的关怀和教导。

衷心感谢美国科罗拉多大学 John Zhai 教授对本书提出了宝贵的修改意见,使得本书内容的逻辑和条理更清晰,顺应建筑环境学国际发展的新形势。

衷心感谢中国建筑科学研究院建筑环境与节能研究院徐伟院长和路宾副院长、宋波主任对本书的编写提纲和内容提出的宝贵意见。衷心感谢同济大学范存养教授、龙惟定教授,清华大学江亿院士、朱颖心教授、杨旭东教授、李先庭教授、张寅平教授,上海理工大学黄晨教授,湖南大学李念平教授、张国强教授,大连理工大学陈滨教授,天津大学由世俊教授、王立雄教授,上海交通大学王如竹教授、连之伟教授,重庆大学付祥钊教授、李百战教授、严永红教授,西安建筑科技大学刘加平院士、李安桂教授等对笔者建筑环境学教学工作及相关科研工作的指导。

清华大学博士研究生谢洋旻、北京科技大学硕士研究生叶睿、谢先平、崔向红、陆禹名、王志华、郭占闯参与了部分制图与文字录入以及校对工作,向这些同学表示感谢!

本书在编写过程中,参考了众多国内外专家学者的教材、专著和学术论文,引用了许多相关的资料、图表等,同时也汇集了编者多年来的教学经验和科研成果,谨向这些文献的作者表示感谢!也向编写组 6 所大学的 8 位教师的辛勤工作表示感谢,对三年多来愉快的合作表示祝贺!

本书的编写得到了高等学校本科教学质量与教学改革工程建设项目和北京科技大学教材建设经费资助,以及精品课程、研究型教学示范课程建设经费的资助,衷心感谢北京科技大学教务处的的大力支持!

由于编者水平有限,第一次尝试编写适应研究型教学需求的教材,加之书中涉及内容非常广泛,若存在疏漏之处,恳请读者批评指正,以便再版时修订。

联系方式:

地址:北京市海淀区学院路 30 号北京科技大学土木与资源工程学院建筑环境与能源工程系

邮编: 100083

邮箱: wuyanpeng@126.com

吴延鹏

2016 年 12 月

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 建筑室外环境

第 1 章 建筑气候学基础	6
1.1 建筑与环境	7
1.2 太阳辐射	8
1.3 城市热湿环境	13
1.4 城市风环境	17
1.5 室外空气质量	19
第 2 章 建筑室外环境对室内环境的影响	28
2.1 城市热岛效应	29
2.2 室外空气环境对室内空气质量的影响	31
2.3 室外声环境对室内环境的影响	32
2.4 室外光环境对室内环境的影响	33
2.5 光污染	35
2.6 建筑中庭对室内环境的影响	37

第二篇 建筑室内环境

第 3 章 建筑热湿环境	41
3.1 建筑围护结构的热湿传递	43
3.2 特殊建筑围护结构的热湿传递过程	71
3.3 以其他形式进入室内的热量和湿量	74
3.4 热负荷与冷负荷计算原理与方法	82
第 4 章 热舒适环境	104
4.1 人体温度与热环境基础	105
4.2 人体与环境的热交换	108
4.3 热舒适的基础理论	112
4.4 建筑热环境的评价方法	118
4.5 建筑热环境与健康	123
第 5 章 室内空气环境	128
5.1 室内空气污染成因及对人体健康的影响	129
5.2 室内空气环境控制方法	134

5.3	室内空气质量评价方法	142
5.4	建筑环境的气流分布特性	146
5.5	建筑气密性与空气渗透	153
第 6 章	建筑光环境	156
6.1	建筑光环境的基本概念	158
6.2	天然采光原理和方法	173
6.3	人工照明的理论基础	182
6.4	建筑光环境模拟简介	193
6.5	建筑光环境与健康	196
第 7 章	建筑声环境	200
7.1	声音的计量	202
7.2	人对声音环境的反应原理	206
7.3	噪声评价与控制原则	209
7.4	建筑声环境与健康	215
第 8 章	建筑电磁环境	218
8.1	建筑电磁环境的基本概念与原理	219
8.2	电磁辐射对人体健康的影响	222
8.3	电磁辐射污染的防护	223
第 9 章	工业建筑的室内环境与职业卫生	225
9.1	工业建筑的室内环境与健康	227
9.2	工业建筑室内环境营造机理	234
9.3	工业建筑室内环境的评价指标	243
第三篇 建筑环境与能源应用		
第 10 章	建筑环境与节能	247
10.1	能源消耗与建筑环境	248
10.2	建筑节能的基本原理	249
10.3	建筑保温与隔热	251
10.4	空气间层的传热	253
10.5	建筑气密性	255
10.6	太阳能的利用	255
第 11 章	绿色建筑与建筑环境性能综合评价	259
11.1	绿色建筑的基本概念	261
11.2	绿色建筑技术原理	261
11.3	建筑环境性能综合评价体系	265

绪 论

建筑环境是人类生存和发展的重要载体,自从建筑出现以后,随着建筑技术的不断进步,人类逐渐告别了恶劣的气候条件对自身生存的严重挑战,大大提高了人类的寿命和生活质量,使人类得以可持续发展。建筑环境与能源应用工程专业的任务是以建筑为主要对象,在充分利用自然能源的基础上,采用人工环境与能源利用工程技术去创造适合人类生活与工作的安全、健康、舒适、节能、环保的建筑环境和满足产品生产与科学实验要求的工艺环境,以及特殊应用领域的人工环境(如地下工程环境、国防工程环境、运载工具内部空间环境等)。本专业所涉及的建筑环境是人工环境(也称为建成环境, Built Environment)的重要组成部分,包括民用建筑环境和工业建筑环境。前者是保障人们居住的安全、健康、舒适、节能和环保;后者是保障生产工艺环境的安全、节能、环保和高效。

1. 建筑环境学的基本概念

建筑环境学是研究各类建筑环境的营造机理、影响因素和创造方法的一门科学,是建筑环境与能源应用工程专业的特色专业基础课,是有别于能源与动力工程等专业的学科代表性课程。建筑环境学的英文名称可以译成“Building Environmental Science”,英国也有类似的教材称为“Environmental Science in Building”,是研究建筑内部环境以及与之密切相关的外部环境的科学。建筑有着悠久的历史,从原始社会人们开始利用穴居、树居以来有上万年的历史,而利用主动技术营造舒适的环境只有近百年的历史。因此建筑环境的营造有很多科学问题需要解决,如室内空气质量问题、病态建筑综合征、建筑中的能源消耗过高问题等相继出现。近年来中国大部分地区出现的雾霾现象,对建筑环境提出更严峻的挑战。建筑环境学的理论和研究内容随着时代的发展需要进一步拓宽和深入。

从建筑学或环境艺术的角度来讲,建筑环境学的概念十分宽泛,环境相对于人而言,环境等于场所,人生活在其中产生了各种各样的环境意识,包括艺术环境、审美环境、空间环境、文化环境、景观环境、心理环境、微观和室内环境、城市环境、水环境、光环境和声环境等。建环专业所指的建筑环境学概念与建筑学专业相比更加关注人在建筑环境中的安全、健康与舒适。

建筑环境学的概念不同于建筑环境工程学,因为前者更加关注建筑环境中的科学原理和共性规律,后者更加注重创造建筑环境所采用的工程方法。

建筑环境学的概念也有别于建筑学专业学习的建筑技术科学(也称为“建筑物理”),后者主要研究建筑中的热学、光学和声学的一般原理和方法,和建筑环境学有交叉之处,两者也都会涉及建筑物理现象中与自然、气候相关的问题,但是建筑环境学还研究与人的舒适性相关的生理和心理问题以及室内空气质量和建筑环境的健康问题,因为涉及人-建筑-自然环境的相互关系,研究的深度和广度大大增加。建筑技术科学属于建筑学专业的一个研究方向,建筑环境与能源应用工程属于土木工程下属的二级学科,建筑技术主要侧重被动式的建筑环境调控方法,涉及的建筑声、光、热的基础理论相对成熟,而建筑环境与能源应用工程专业主要侧重运用主动的手段,如采暖、制冷、通风、空调、净化等人工环境设备与技术去调控环境。其实随着学科的发展,各专业的交叉和融合越来越明显,被动式

的建筑环境调控方法也是目前建环专业的一个研究热点。要想营造良好的建筑环境也离不开材料科学与技术等学科的发展。因此建筑环境学是一门新兴的、处于正在发展的基础科学，随着学科的发展而不断更新和完善，还需要更多的有志于改善人类建筑环境事业的人们付出艰苦不懈的努力。

2. 建筑环境学的研究内容

由于建筑环境涉及建筑外的大气候环境和微气候环境以及人与建筑的关系、人与气候的关系、建筑和气候的关系、建筑与能源的关系，还涉及人的心理和生理问题，因此建筑环境学是一门典型的交叉科学。由于涉及方方面面的内容，知识点非常多，对于初学者来说未觉得知识有些零散，感觉抓不到重点。建筑环境学包含的各个组成部分，如建筑热环境、建筑光环境、建筑声环境、建筑空气环境和建筑电磁环境等，虽然各个部分遵循的基础理论有所不同，但是它们又是一个有机的整体，缺一不可。

建筑热环境重点研究建筑与外部环境的传热、建筑内部各组成要素之间的传热以及建筑围护结构的传热，不同地区、不同建筑类型的传热大有不同，这就形成了各种不同的建筑热环境。建筑是适应气候的产物，满足不同气候条件下营造热环境的要求，因此不同地区的建筑材料、建筑构造都有所差异。不同地区的人对热环境的耐受性不同，对室内热环境的参数要求也不同，即使同一地区的人由于性别不同、年龄不同等原因对建筑环境舒适性的体验也不同，这就造成了建筑热环境营造的复杂性。建筑热环境在建筑所有环境中居首要位置，人们首先改善了建筑热环境，夏季抵御炙热的酷暑，冬季抵御彻骨的严寒，这一基本要求满足之后，才能对其他建筑环境提出更高的要求。因此建筑热环境是本书的重点内容之一。

本书分为建筑室外环境、建筑室内环境、建筑环境与能源应用三个模块，每个模块又分为若干章节。建筑环境包括建筑热环境、建筑光环境、建筑声环境、空气质量以及建筑电磁环境、建筑水环境等。由于建筑水环境专门有建筑给水排水专业涉及，因此本书重点介绍前几种建筑环境。人们生活的环境，总受到热、光、声等各种因素的刺激，因此要设法调整控制各种刺激量，如环境温度、湿度、空气流速、日照、采光和噪声等，使这些环境的刺激量处于最佳的范围。

3. 建筑环境的营造方法

建筑环境的营造方法有主动式和被动式两种。建筑物建造完成后，本身已经创造了一个微气候环境，内部环境的调节是靠围护结构的隔热、隔声、天然采光和自然通风等手段实现的，这一系列手段称为被动式建筑环境营造方法。随着人们对建筑环境特性的理解进一步深入，单靠被动式建筑环境调控模式已经不能满足人们的需求，于是出现了供热、制冷空调等主动式调节方式，诞生了建筑环境与能源应用工程专业。建筑环境的控制技术也从简单到复杂、从单一参数过渡到多参数调节。建筑环境控制手段坚持“被动方式优先、主动方式优化”的原则，本专业近年来研究和推广的“绿色建筑”“被动式超低能耗建筑”“近零能耗建筑”等就是这一原则的具体体现。

随着建筑环境科学与技术的发展，建筑环境与能源应用工程专业不但培养能够熟练掌握和应用建筑能耗模拟软件、从被动式到主动式进行建筑能源设计和规划的建筑能源工程师，而且还培养掌握建筑室内和区域环境模拟预测的软件和方法为基础，对包括从建筑室内环境到城市热岛，以及针对建筑对全球环境影响的建筑环境问题进行规划和设计的建筑

环境工程师。

4. 建筑环境学的研究型教学方法

建筑环境学的研究方法包括调查研究、实验研究和理论分析方法。对于大量不同的建筑环境现象,需要通过调查研究的方法积累基础数据,通过实验研究验证建筑环境现象的科学性,通过理论分析奠定建筑环境的理论基础,揭示其共性规律。在建筑环境学的学习过程中,不但要仔细阅读教材,对基本概念、基本原理理解掌握,还要采用上述方法动手实践,积极开展研究型的学习。

建议采用贯通式、参与式、研讨式、案例式等“多模式协同”的研究型教学新模式。采用参与式教学模式,学生亲自参与教学全过程,撰写报告并讲解。采用研讨式教学模式。如在讲授热舒适时,采用课堂调查问卷的方式,让学生对自己的热感觉进行投票,然后把投票结果进行分析讨论,和教材上的国际公认的热舒适公式进行对比,这样让学生完全参与到教学活动中,真正对基本概念和理论深入理解和掌握。关于热舒适和热感觉的关系,国际上也有很多学术争论,可以采用课堂辩论的方式,使学生意识到独立思考的重要性,自己应该有所发现、有所创新,从而增强学生的自信心。各种教学模式合理安排、协同发挥研究型教学的作用。教师在课堂上只讲授重要的、新的、学生理解起来有难度的内容,学生自己能看懂的完全交给学生,然后通过提问、随堂测验等方式检查学习效果。如果时间允许,由学生讲解部分内容,提高学生的分析问题能力和表达能力。

传统的课程考核主要依赖于期末考试,往往一卷定成绩,平时作业有时存在抄袭现象,因此成绩并不能真实反映学生的学习状况。为了改变以上情况,建议在期末考核中增加面试环节。面试一般占10~15分,通过面试能了解每一位同学的学习状况,也能增进师生的感情,增加教师和学生的相互沟通和充分了解,改变传统教学中大学教师不了解甚至认不全自己教的学生们的情况。平时成绩包括考勤、作业,还包括课堂回答问题、课堂表现、研究型大作业完成情况、PPT的制作、研究报告的撰写情况等,比例达到50%。在期末考试环节,建议进行相应的改革,考试分为两部分,第一小时闭卷考试,重点考基本概念和基本原理,但是也大大减少死记硬背题目的比例,取消诸如名词解释等题目,将只需要记忆就能答对的题目控制在30%以内,大部分的题目需要学生真正理解才能答对。第二小时开卷考试,考查学生能否利用学过的基本概念和基本原理解决实际问题,重点考学生是否真正掌握了基础知识。设置需要利用整门课程知识回答的综合题,比较灵活,密切结合实际,没有唯一的标准答案,学生之间无法相互抄袭。这种研究型考核模式更接近于学生的真实水平,成绩更加客观公正。



课外自学

1. 课外阅读《建筑环境与能源应用工程专业概论》(中国建筑工业出版社,2014年)的第1章“初识专业”和第3章“建筑环境的基本科学概念”。

2. 课外阅读顾孟潮编《钱学森论建筑科学》(中国建筑工业出版社,2014年第2版),学习领会钱老对山水城市的概念以及对建筑科学发展的论述。



知识拓展

国内外与本课程相关的学会(协会)简介

1. 美国供热制冷与空调工程师协会(ASHRAE)

成立于 1894 年, 总部设在美国亚特兰大。网址: <http://www.ashrae.org>

2. 国际室内空气质量和气候协会(ISIAQ)

成立于 1990 年, 总部设在丹麦。网址: <http://www.isiaq.org>

3. 英国皇家屋宇设备工程师学会(CIBSE)

成立于 1897 年, 总部设在伦敦。网址: <http://www.cibse.org>

4. 中国环境科学学会(CSES)

成立于 1978 年, 总部设在北京。网址: <http://www.chinacses.org>

5. 中国建筑学会暖通空调分会(CCHVAC)

成立于 1978 年, 秘书处设在北京。网址: <http://www.chinahvac.com.cn>



研究型专题

1. 通过各种途径, 如图书馆查阅文献、与专业教师咨询、网上浏览等方式, 调研一下钱学森院士、清华大学江亿院士、西安建筑科技大学刘加平院士、火箭军后勤科学技术研究所侯立安院士的成长足迹、研究领域和对科学技术的杰出贡献, 谈谈你的体会。本次作业不需提交书面报告, 由教师安排口试, 口试结果计入平时成绩。

2. 请查阅文献, 写一篇文献调查报告, 说明生态建筑、健康建筑、绿色建筑、低碳建筑、可持续建筑、零能耗建筑、被动式超低能耗建筑这些概念的区别与联系, 谈谈你理想中的建筑环境应该是什么样的?

3. 结合下面的材料进行分析。

高中生考大学选专业是很迷茫的, 有的是继父母之业, 还算明白一些, 否则真可谓并不了解专业。深刻地了解专业真是需要从业几十年! 常听到人们退休时说, 对自己一生从事的专业还会有新认识, 不就足以证明了吗? 那么, 考大学选什么专业常有偶然性, 这现象既普遍又无害。除了需要特殊天赋的少数专业外, 不管什么原因偏爱了什么专业, 就选什么吧! 这称为“择我所爱”。继而倒是应主动地努力地“爱我所择”才是硬道理。因为懂得“爱我所择”的同学会赶快努力学习专业, 不犹豫, 不彷徨。学而知之, 必有进步, 必得成就感, 并能化为继续努力的乐趣和动力。不懂“爱我所择”的人当然学不好, 无成就感, 也就不爱学, 反倒抱怨“此专业我不喜欢, 要是去某某专业我喜欢, 就爱学习, 就学得好”, 其实我们见到最多的结果是到哪儿他也学不好, 因为缺乏“爱我所择”的品质。只有“择我所爱”是替代不了后面最重要的“爱我所择”的。

——建环专业泰斗、北京市建筑设计研究院有限公司顾问总工 吴德绳教授

(资料来源:《暖通空调》杂志 2016 年第 7 期)

通过阅读行业大师的名言, 你有什么体会? 你选择建环专业是怎么选的? 至今对本专业感觉如何? 入学以来是否对本专业产生了兴趣? 请谈谈你的理解, 写一篇 500 字左右的感想。



院士简介

扫描二维码，领略专家风采，指引前行之路。



参 考 文 献

柳孝图. 2008. 建筑物理环境与设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社.

单士元. 2015. 故宫营造[M]. 北京: 中华书局.

天津大学, 清华大学, 同济大学, 等. 2014. 建筑环境与能源应用工程专业概论[M]. 北京: 中国建筑工业出版社.

第一篇 建筑室外环境

建筑室外环境是建筑环境的重要组成部分，了解室外环境的特性能够更好地控制和改善室内环境。只有实现建筑环境的内在外在的统一，才能实现建筑环境的可持续发展，才能从真正意义上营造安全、健康、舒适、节能、环保的建筑室内环境。随着我国室外环境近年来出现的雾霾天气、极端气温等现象，使得营造良好的室内环境的难度越来越大。建筑环境与能源应用工程专业的责任和使命重大，既有难得的发展机遇又面临严峻的挑战。学好建筑室外环境的基础知识，是营造良好室内环境的基础和保障。

第1章 建筑气候学基础



本章要点

1. 建筑与环境的关系。
2. 太阳辐射、地温、有效天空温度、长波辐射、湿度的基本概念。
3. 城市中的风环境特点。
4. 城市环境中污染物扩散的基本规律。
5. 雾霾的产生机理和防控方法。
6. 建筑布局和日照。
7. 我国的气候分区特点。



案例导引

案例一：

美国能源部原部长、美籍华裔诺贝尔奖获得者朱棣文曾经提出，尽可能将建筑物屋顶刷成白色或其他冷色，这样可以大量反射太阳光并节省使用空调耗费的能源，实验已证明这一方法在美国有一定的可行性。在美国，反光屋顶更是作为“沃尔玛”的标准设备，75%以上的店面都安装了反光屋顶，在加利福尼亚州、佛罗里达州和佐治亚州甚至还鼓励商业建筑安装“反光屋顶”，似乎美国将“白色屋顶化”。可是也有人指出，“冷色屋顶”的倡导者忽略了一个很重要的因素——气候，他们指出在寒冷的地方，冷色屋顶意味着更高的加温账单，这与省下的空调钱相比，可就……不过在向北最远的地方，例如纽约或芝加哥的大多数建筑物来说，反光屋顶反而产生了更大的利润。虽然这些城市有寒风的冬天，但它们在夏天是“热岛”，有数百万平方英尺的屋顶表面吸收能源。那么这种方法在中国是否适用？结合所学知识综合分析，提出你自己的看法。

案例二：

近年来雾霾天气频频袭击大半个中国，引起了全社会的高度关注。网络上也出现了很多视频和评论，有一则视频的语音是这样表述的：“雾霾，我只吸北京的，相比于冀霾的厚重，鲁霾的激烈，蒙霾的阴冷，我更喜欢京霾的醇厚、真实，和独一无二的乡土气息。脱硫脱硝的低温湿润煤烟，与秸秆焚烧的碳香充分混合，还有工业排放的芬芳，加上尾气的催化和低压的衬托。最后，再经袅袅硫烟的勾兑，使得它经久而爽口、甘冽且绵长。吸入后，挂肺、沁心、入肺，让品味者肺腑欲烧，欲罢而不能。雾是帝都厚，霾是北京醇！”谈谈你对这段话的理解，你觉得这段话写的科学吗？你知道雾霾的概念是什么吗？形成机理又是什么？与建筑环境与能源应用工程专业又有什么关系？我们专业该怎么应对雾霾？



预备知识

1. 传热学中的辐射换热计算公式。
2. 半无限大物体不稳态导热的基本方程和求解方法。
3. 地球绕日运动的规律、太阳高度角和方位角的概念。



兴趣实践

用温度自记仪或其他温度测量仪器测量校园内不同下垫面上方 1.5m 以内的温度分布情况，你会发现哪些有趣的现象？白天和夜间的空气垂直分布应该是怎么样的？



探索思考

1. 为什么自行车放在车棚里车座不会结露，而放在敞开的室外车座有时候会有结露现象？
2. 从建筑环境与能源应用工程专业的角度，思考减少雾霾的可行途径。
3. 针对雾霾，北京等城市正在规划建设城市通风廊道，你觉得能否吹散雾霾？存在哪些问题？

1.1 建筑与环境

建筑内环境与其外环境是人类最基础的生存活动空间。建筑外环境指的是建筑周围或建筑与建筑之间的环境，即建筑所处的气候和环境条件，会通过围护结构直接影响室内环境。因此了解当地主要气候要素的变化规律和特征，并加以合理利用，不仅可以营造良好的室内环境，也可达到节能环保的目的。

环境，从广义上来说是指影响某一主体或中心的周围自然环境和社会因素的总和。人类的一切生存生产活动都离不开其生活的环境，同时人类的生存和发展影响着环境。可以说，人类与其生存的环境相互作用着，是对立统一的结合体。

一般认为，人类生存的环境分为自然环境、人工环境和社会环境。建筑是人工环境的重要组成部分，它是为满足人们生存需求，利用物质技术手段，结合科学技术、风水以及美学等所创造出的人工环境。它一方面满足了人类社会生活的需求，同时人类通过建筑的规划和塑造影响着环境。

建筑构成的人工环境为人类生产、生活提供了环境条件。其主要包含几种环境：建筑热环境、建筑光环境、建筑声环境、建筑空气环境。建筑热环境是指建筑空间内影响人体热感觉和热舒适的物理因素。建筑光环境是指建筑周围及内部的光场分布，营造适宜的光环境是建筑环境工作者的重要任务。建筑声环境即为通过人耳对人体感觉产生作用的声场分布，其中噪声是人们不愿意听到的声音，它影响着人们的生活质量。因此，建筑设计应尽量降低噪声对人们生产、生活影响。建筑空气环境主要指室内的气流状态和空气质量，所涉及的参数包括空气龄和各类大气污染参数。

建筑环境是人们生活、工作的场所，它的品质对人们身体健康、生活质量、工作效率有着重要的作用。当前建筑已不仅仅只为满足遮风挡雨的要求，随着建筑科学和环境科学技术的不断进步，打造空气清新、光线柔和、温湿度适宜、宁静舒适的环境。通过对建筑环境学的系统学习，掌握其营造机理，并对影响因素进行合理控制，从而创造对人们适宜的环境。

1.2 太阳辐射

建筑外环境是建筑、环境与人的有机统一，是在众多因素综合作用下形成的。与建筑外环境相关的物理参数可分为几类：太阳辐射、大气压力、风、气温、湿度、降水等。其中太阳辐射是决定气候的主要原因，也是建筑物外部最主要的气候条件之一。

太阳辐射的波长范围在 $0.2\sim 3\mu\text{m}$ ，涵盖波长为 $0.28\sim 0.38\mu\text{m}$ 的紫外线、波长为 $0.38\sim 0.78\mu\text{m}$ 的可见光和波长在 $2.5\mu\text{m}$ 以下的近红外线三个区域。太阳辐射波谱图如图 1-1 所示。

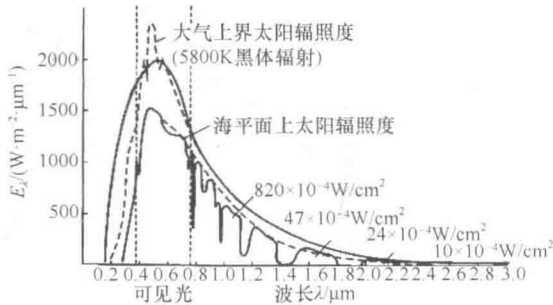


图 1-1 太阳辐射波谱图

地球接收的太阳辐射能约为 $173\times 10^{12}\text{kW}$ ，仅为辐射总能的二十二亿分之一左右。我国太阳辐射空间分布情况总体上呈现以内蒙古中西部—宁夏—甘肃西北部—四川西部—云南西北部为分界线、西高东低的特征，与此同时，西部地区年太阳辐射总量呈南高北低的纬向分布特征，以西藏南部（除东南部的山南地区）、青海柴达木盆地的太阳辐射最高，西藏大部分地区年太阳辐射总量超过 $5900\text{MJ}/\text{m}^2$ ，这一特征主要受地理纬度、海拔双重因素影响。东部地区以华北年太阳辐射总量最大，东南、东北地区太阳辐射相对较低。

1.2.1 太阳辐射的基本概念

- (1) 辐射通量：太阳以辐射形式发射出的功率称为辐射功率，也称为辐射通量，单位为 W 。
- (2) 曝辐射量：单位面积上接收到的辐射能称为曝辐射量，单位为 J/m^2 。
- (3) 辐照度：投射到单位面积上的辐射通量称为辐照度，单位为 W/m^2 。
- (4) 太阳常数：在日地平均距离的条件下，在地球大气层上界，垂直于太阳光线的单位面

积上, 在单位时间内所接收的太阳辐射能量称为太阳常数。

太阳可以看成是一个表面温度 $T_S = 5763\text{K}$ 的黑体。取太阳直径 $D_S = 1.39253 \times 10^6\text{km}$, 利用斯特藩-玻尔兹曼定律, 太阳辐射可以计算如下:

$$Q_S = I_S A_S = A_S \sigma T_S^4 = \pi D_S^2 \sigma T_S^4 = 3.8 \times 10^{26} (\text{W})$$

式中, I_S 为单位太阳表面的辐射能, $I_S = 62.5 \times 10^6 (\text{W/m}^2)$ 。

1981年10月, 世界气象组织仪器和观测方法委员会确定太阳常数为 $(1367 \pm 7) \text{W/m}^2$, 对于太阳能利用技术的研究和开发, 可以取太阳常数为 1367W/m^2 。

(5) 太阳高度角和方位角: 太阳光线与地平面夹角 (h) 称为太阳高度角。太阳光线在地平面的投影线与地平面正南方向所夹的角 (A) 称为太阳方位角。

太阳方位角以正南为 0° , 顺时针方向的角度为正值, 表示太阳位于下午的范围; 逆时针方向的角度角为负值, 表示太阳位于上午的范围。

在任何一天里, 上、下午的位置对称于中午。例如, 上午10点和下午2点对称, 两个时间的太阳高度和方位角的数值相同, 只是方位角的符号相反。

影响太阳高度角 (h) 和方位角 (A) 的因素有三个, 即赤纬 (δ)、时角 (t) 和地理纬度 (ϕ)。其计算公式如下:

$$\sin h = \sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos t \cdot \cos \delta \quad (1-1)$$

$$\sin A = \frac{\cos \delta \sin t}{\cos h} \quad (1-2)$$

$$\cos A = (\sin h \cdot \sin \phi - \sin \delta) / (\cos h \cdot \cos \phi) \quad (1-3)$$

正午时太阳方位角在正南, 其方位角为 0° 。这时的高度角计算式可简化为

$$\text{当 } \phi > \delta \text{ 时} \quad h = 90^\circ - (\phi - \delta) \quad (1-4)$$

$$\text{当 } \phi < \delta \text{ 时} \quad h = 90^\circ - (\delta - \phi) \quad (1-5)$$

日出、日落时间的时角及其方位角的计算式为

$$\text{太阳高度角 } h=0^\circ \quad \cos t = -\tan \phi \cdot \tan \delta \quad (1-6)$$

$$\text{太阳高度角 } h=0^\circ \quad \cos A = -\sin \delta \cdot \cos \phi \quad (1-7)$$

式中, δ 为赤纬 ($^\circ$); ϕ 为纬度 ($^\circ$); t 为时角 ($^\circ$); A 为方位角 ($^\circ$)。

(6) 大气透明度: 大气透明度 P 是评价室外空气质量的标准之一, 它是衡量大气透明度的标志。当太阳位于天顶时 (日射垂直于地面), 到达地面的太阳辐射行程为 L , 则到达地面的太阳辐射强度为

$$I_L = I_0 \exp(-a) \quad (1-8)$$

式中, I_0 为大气层上边界处太阳法线方向上太阳辐射强度 (W/m^2), 即太阳常数。 a 为大气层消光系数, 与大气成分、云量等有关。

令 $P = I_L / I_0 = \exp(-a)$, 称为大气透明度。 P 越接近 1, 大气越清澈。 P 值一般为 $0.65 \sim 0.75$ 。即使在晴天, 大气透明度也是逐月不同的, 这是因为大气中水蒸气含量不同。但在同一个月的晴天中, 大气透明度可以近似认为是常数。我国将大气透明度作了 6 个等级的分区, 1 级最透明。