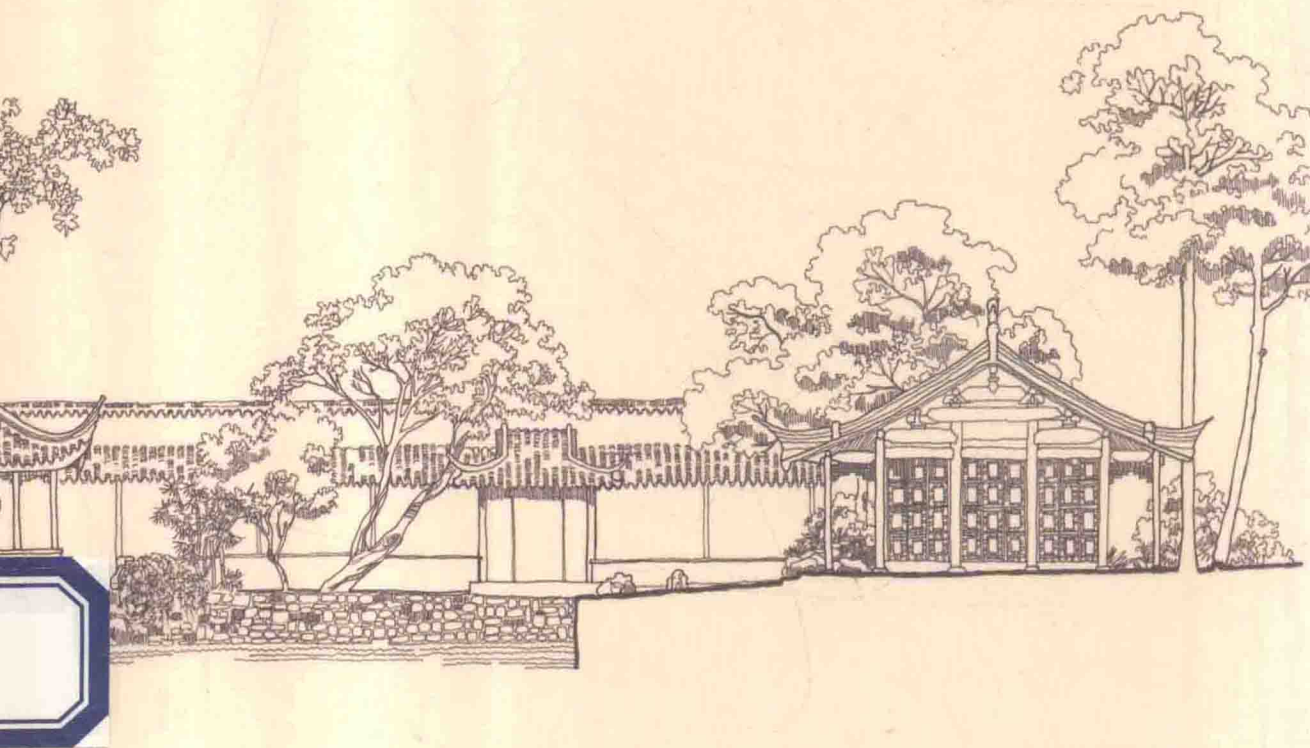


高校建筑环境与能源应用工程学科专业指导委员会规划推荐教材

建筑环境与能源应用 工程专业概论

本专业指导委员会 组织编写

天津大学 清华大学 同济大学 东华大学
湖南大学 西安建筑科技大学 北京建筑大学 编



中国建筑工业出版社

高校建筑环境与能源应用工程学科专业指导委员会规划推荐教材

建筑环境与能源应用工程专业概论

本专业指导委员会 组织编写

天津大学 清华大学 同济大学 东华大学
湖南大学 西安建筑科技大学 北京建筑大学 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑环境与能源应用工程专业概论/本专业指导委员会组织编写.

—北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 8

高校建筑环境与能源应用工程学科专业指导委员会规划推荐教材

ISBN 978-7-112-16845-3

I. ①建… II. ①本… III. ①建筑工程-环境管理-高等学校-教材 IV. ①TU-023

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 098881 号

能源与环境是人类社会发展过程中不可避免的两个问题。建筑环境与能源应用工程专业, 是营造良好适宜的建筑环境的专业。本教材是建筑环境与能源应用工程专业从业人员的入门教材。

本书的主要内容包括: 建筑环境与能源工程专业的发展史, 专业的地位以及在国民经济中的应用; 建筑环境的基本科学概念; 建筑能源的需求与供应; 知识体系与课程体系; 专业能力结构与实践教学体系; 本专业执业注册情况; 以及本专业发展趋势, 包括本专业学科发展趋势、本专业行业发展趋势。

本书适用于高等学校建筑环境与能源应用工程专业本科生, 除作为入门课程的教材, 也适用于其他相关专业人员从事本专业工作的工程技术和管理人员。

* * *

责任编辑: 齐庆梅

责任设计: 张虹

责任校对: 李美娜 刘梦然

高校建筑环境与能源应用工程学科专业指导委员会规划推荐教材

建筑环境与能源应用工程专业概论

本专业指导委员会 组织编写

天津大学 清华大学 同济大学 东华大学

湖南大学 西安建筑科技大学 北京建筑大学 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

北京红光制版公司制版

北京建筑工业出版社印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 7 $\frac{3}{4}$ 字数: 195 千字

2014 年 7 月第一版 2014 年 7 月第一次印刷

定价: 20.00 元

ISBN 978-7-112-16845-3

(25633)

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)

前 言

建筑，从原来人类为自己寻找安全可靠的庇护之所到现代化建筑，发生了质的改变。人类不仅需要冬暖夏凉、方便用水用电等的建筑，还要求在建筑物内从事先进生产、高效办公的建筑。在营造健康舒适的建筑内部环境以及满足要求的生产环境同时，要求最少的能源消耗和产生最小的环境污染。任何以过多的能源、资源消耗以及产生严重污染为代价的建筑内部环境营造，都不符合可持续发展的目标。

2012年9月，教育部发布了新的《普通高等学校本科专业目录》，将原来的“建筑环境与设备工程专业”更名为“建筑环境与能源应用工程专业”（专业代码：081002）。新的“建筑环境与能源应用工程专业”涵盖了原“建筑环境与设备工程专业”（原专业代码：080704）、原“建筑设施智能技术（部分）”（原专业代码：080710S）和原“建筑节能技术与工程”（原专业代码：080716S）。

专业名称的变更，体现了专业的内涵发生的重要改变。该专业所从事的领域和毕业生的就业范围得到拓展，在该专业就读的学生所需要的知识体系也发生重要变化。为使高等学校建筑环境与能源应用工程专业的学生尽快了解本专业的内涵、学习的任务目标、知识系统及要求，提高学生学习的积极性，在新生入学后的短时间内，开设“建筑环境与能源应用工程专业概论”这一启蒙式课程。

为配合各高校开设“建筑环境与能源应用工程专业概论”课程，全国高校建筑环境与能源应用工程学科专业指导委员会决定撰写《建筑环境与能源应用工程专业概论》教材，由中国建筑工业出版社出版。指导委员会经过多次研讨，确定了本教材的主要内容和章节，成立了《建筑环境与能源应用工程专业概论》教材编写组。

参加本书撰写的有：第一章初识专业，由西安建筑科技大学李安桂教授负责撰写；第二章本专业在社会经济发展中的应用，由天津大学朱能教授负责撰写，参加撰写的还有郑国忠博士和介鹏飞博士；第三章建筑环境的基本科学概念，由清华大学朱颖心教授负责撰写；第四章建筑能源需求与供应，由同济大学龙惟定教授和湖南大学杨昌智教授负责撰写；第五章本专业的知识体系和课程体系，由东华大学沈恒根教授负责撰写；第六章专业能力结构与实践教学体系，由湖南大学杨昌智教授和东华大学沈恒根教授负责撰写；第七章建筑环境与能源应用工程专业执业范围与执业制度，由北京建筑大学李德英教授和东华大学沈恒根教授负责撰写；第八章专业发展趋势，由同济大学龙惟定教授负责撰写。全书由天津大学朱能教授统稿、整理。

本书由重庆大学付祥钊教授主审。在审阅过程中，付祥钊教授倾注了大量的心血并提出了宝贵意见，在此衷心感谢付祥钊教授的辛勤劳动。在本书的撰写过程中，全国高校建筑环境与能源应用工程学科专业指导委员会的全体委员共同提出了本书的内容要求、章节的设置等，在此一并致以衷心的感谢。

为方便教师制作电子课件及学生更好地理解书中内容，我们将书中的图稿（含彩图）进行了汇总，读者可发邮件至 jiangongshe@163.com 免费索取。

由于时间仓促和编者水平有限，难免存在错误和不妥之处，敬请广大教师、学生和其他读者不吝赐教，提出意见和建议，以期再版时有较大的提高和改进。

目 录

第 1 章 初识专业	1
1.1 人—气候—建筑—环境	1
1.2 建筑环境营造（供暖与通风简要发展历程）	8
1.3 多参数调控与空调技术.....	14
1.4 建筑环境与能源应用工程专业的任务与发展历程.....	17
第 2 章 本专业在社会经济发展中的应用	24
2.1 在民用建筑领域的应用.....	24
2.2 在工业领域的应用.....	30
2.3 在其他领域的应用.....	33
第 3 章 建筑环境的基本科学概念	39
3.1 本专业需要涉及的基本科学概念.....	39
3.2 人需要的建筑热湿环境.....	40
3.3 关于室内空气品质.....	43
3.4 生产工艺要求的建筑环境.....	45
3.5 关于绿色建筑.....	45
第 4 章 建筑能源需求与供应	49
4.1 能源的基本概念.....	49
4.2 建筑能源需求与节能.....	55
4.3 能源的供应与输配.....	57
第 5 章 本专业的知识体系和课程体系	62
5.1 基本概念.....	62
5.2 本专业知识体系与课程体系基本构成.....	63
5.3 本专业的知识体系.....	66
5.4 本专业的课程体系.....	67
5.5 执业注册考试的知识体系.....	69
第 6 章 专业能力结构与实践教学体系	71
6.1 专业能力结构.....	71
6.2 实践教学体系.....	72
第 7 章 建筑环境与能源应用工程专业执业范围与执业制度	80
7.1 工程设计.....	80
7.2 施工安装.....	82
7.3 暖通空调系统运行维护管理.....	83

7.4	国内外执业注册的发展情况·····	85
7.5	执业注册的机构体系·····	93
7.6	执业注册的环节与要求·····	96
第8章	建筑环境与能源应用工程专业的发展趋势·····	101
8.1	我国房屋建筑的发展趋势·····	101
8.2	建筑环境能源管理·····	103
8.3	能源服务·····	107
8.4	设备制造厂商的延伸服务·····	109
附录1	制冷、空调大事记·····	110
附录2	专业技术基础及专业技术核心知识单元·····	112

第1章 初识专业

1.1 人—气候—建筑—环境

1.1.1 人类发展与建筑气候的适应性

人类发展史是人类认识自然、改造自然的历史。事实上，人与建筑之间有着非常密切的关系。孟子云：“居可移气，养可移体，大哉居室。”《黄帝内经》指出：“故宅者，人之本。人以宅为家，居若安，即家代昌吉”；“人因宅而立，宅因人得存，人宅相扶，威通天地”。人类迄今约有 300 万年历史，有文字记载的历史约有 6000 年^[1]。纵观人类文明的发展，人类的发展史在某种意义上也是建筑发展的历史。人类的一切建筑活动都是适应当地气候、地理环境，为了满足生产和生活的需要而进行。气候因素影响建筑形态。原始建筑的外观形式与不同的气候区的气候特征有显著的相关性，研究发现原始建筑对于自然气候条件的响应方式，如保温、通风、遮阳的方式，对于建筑的形态有明显影响，并以此塑造了建筑地域性的外观。

人类原始起源时期，在气候湿热多雨和山高林密、水域众多的南方地区，为了避免地面潮湿、瘴气的侵害，先民主要栖息在树上，这是人类祖先南方古猿生活方式的延续。随着人类向温带迁徙，人类住所过渡到冬暖夏凉的天然岩洞。随着历史的发展，树居和岩洞居发展为巢居和穴居，成为人类建筑的雏形。如图 1-1 所示，巢居体现了“构木为巢”的人类创造过程，反映了人类改造自然的努力。穴居方式（图 1-2），可获得较稳定的室内热环境，顶部的天窗既可以采光又可以排烟，适应气候变化的能力更强。



图 1-1 云南巢居

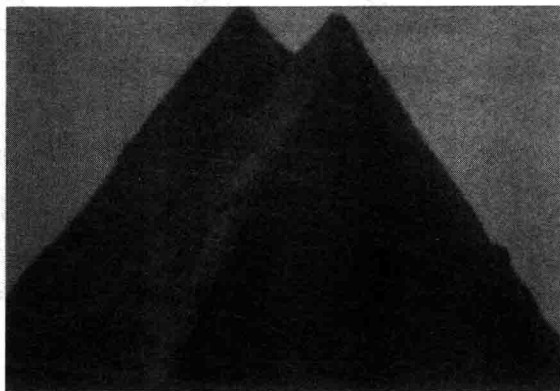


图 1-2 父系社会时期的半地下住宅

新石器时期，原始文明的星火遍布中华大地。巢居和穴居在漫长的历史过程中逐渐发展，演变为不同的住宅类型（图 1-3）。仰韶、龙山、河姆渡等文化创造的木骨泥墙、木

结构榫卯、地面式建筑、干阑式建筑等适应不同气候条件的建筑样式逐渐呈现。其中“木骨泥墙”的出现具有很重要的作用，该种建筑方式是利用木材（木或者竹）作为支撑结构，土作为围护结构，水、泥、土、木合成建筑空间（图1-4）^[2]。借助墙体，室内环境与室外环境区别开来，它是建筑由地下到地上的关键。直立的墙体，倾斜的屋盖，奠定了后世建筑的基本形象^[3]。此种建筑形式持续时间非常长，直到20世纪长江三峡地区的农村还存在着这种方式建造的房子（图1-5）^[4]。

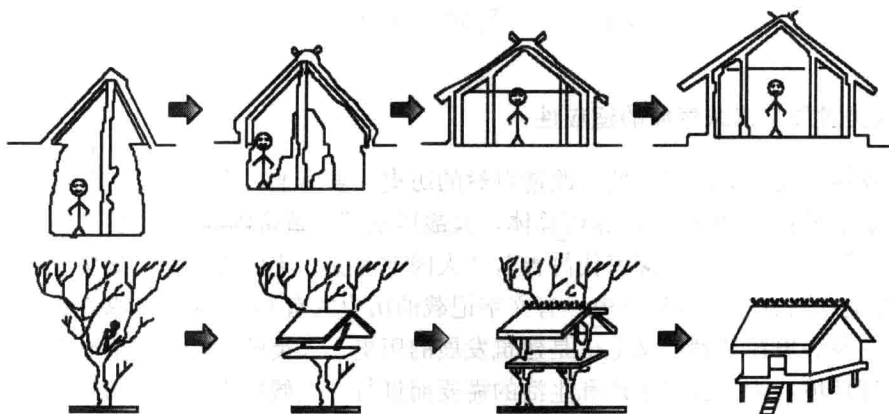


图 1-3 从穴居、巢居发展到真正意义上的建筑



图 1-4 木骨泥墙

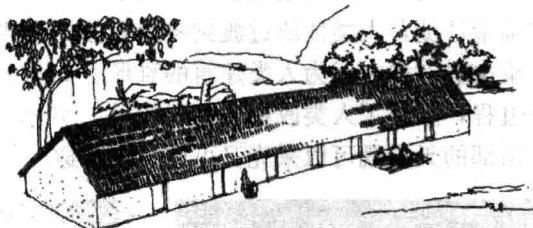


图 1-5 石峡长屋

一些考古研究发现，集中居住的地方水、树木比较多，有较好的生态环境。从遗址地基来看，民居讲究房屋朝向，且土质干燥、清凉。许多民居是半穴式，这样墙面较稳固，冬暖夏凉。四合院式的居住方式，是中国自古以来的传统，在我国寒冷的华北地区，有着冬季干冷、夏季湿热的气候特点，所以为了冬季防寒保暖，夏季遮阳防热、防雨以及春季防风沙，就出现了大屋顶的“四合院”式住宅。西周时期，陕西岐山凤雏村遗址是发现的最早的“四合院”住宅（图1-6）。

北宋画家张择端的《清明上河图》描绘了宋汴京城内外的真实情景。城中住宅多为四合院式，结构细密，屋檐起挑竹篷，显得空灵飞动，院内栽花植树，一派悠然、和谐的气氛。城外农宅较简陋，组以草、瓦盖顶的房屋。较好地体现了建筑与气候及环境的适应性（图1-7）。

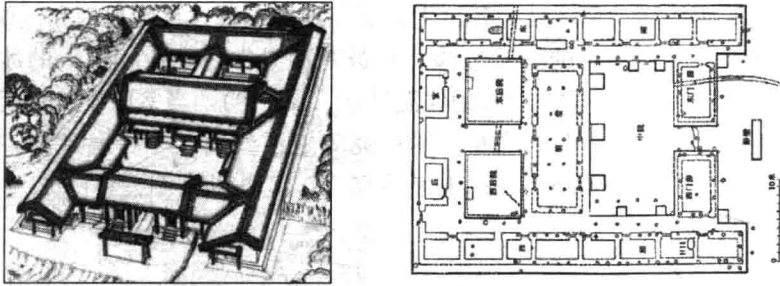


图 1-6 陕西岐山凤雏村遗址复原图



图 1-7 清明上河图（城中住宅）

建筑是人类与大自然（特别是恶劣的气候条件）不断抗争的产物。在功能上，建筑是人类作为生物体适应气候而生存的生理需要；在形式上，是人类启蒙文化的反映。因此，世界上比较古老的文明，如古埃及、古巴比伦、古印度和古代中国，都位于南北纬 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 之间，即所谓中低纬度文明带（图 1-8）^[5]。

图 1-8 世界上古文明的发源地位于南北纬 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 之间

人们在长期的居住活动中，结合各自生活所在地的资源、自然地理和气候条件，就地取材、因地制宜，积累了丰富的设计经验。北极寒冷异常，爱斯基摩人的冰屋用干雪砌成，厚度 500mm 的墙体可以提供较好的保温性能（图 1-9），当室外平均温度为 -30°C 时可维持室内温度 -5°C 以上。中东埃及、伊拉克等地区气候干旱、温差大，民居的墙厚 340~450mm，屋面厚度 460mm，利用土坯热惯性，室外昼夜温差 24°C ，室内波动不到 6°C （图 1-10、图 1-11）。

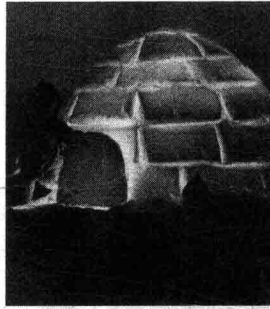
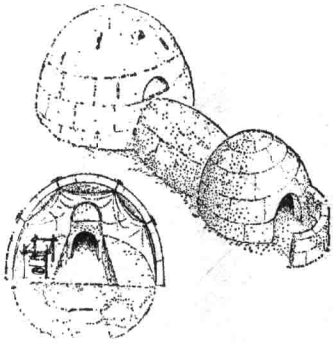


图 1-9 爱斯基摩人的冰屋



图 1-10 中东地区民居

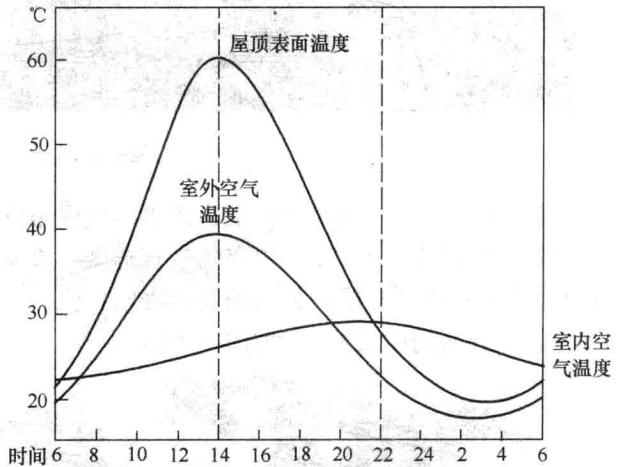
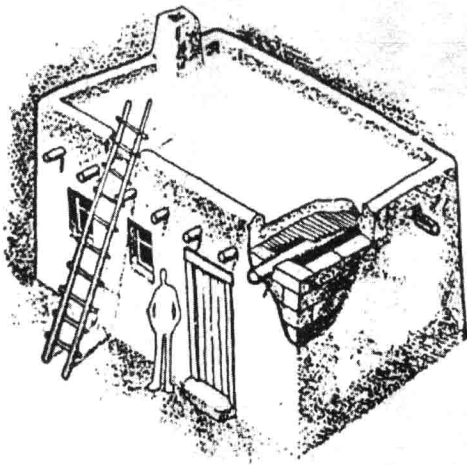


图 1-11 中东地区传统民居

而在我国西北黄土高原地区，由于土质坚实、干燥、地下水位较低等特殊的地理条件，人们造出了“窑洞”来适应当地冬季寒冷干燥、夏季炎热、春季多风沙、年气温差较大的特点（图 1-12）。蒙古包用木料、毛毡建造，造型独特。蒙古包适应内蒙古冬季寒冷气候，隔风保暖，可抵御沙尘暴和雨雪侵袭，冬暖夏凉。在夏季又以其方便拆装，便于运输的特点，可以随草场的荣枯变化而随时迁移，适应牧民游牧生活，见图 1-13。生活在西双版纳的傣族人，为了防雨、防湿和防热以取得较为干爽阴凉的居住条件，创造出了颇具特色的家住木楼“干阑”建筑（图 1-14）。

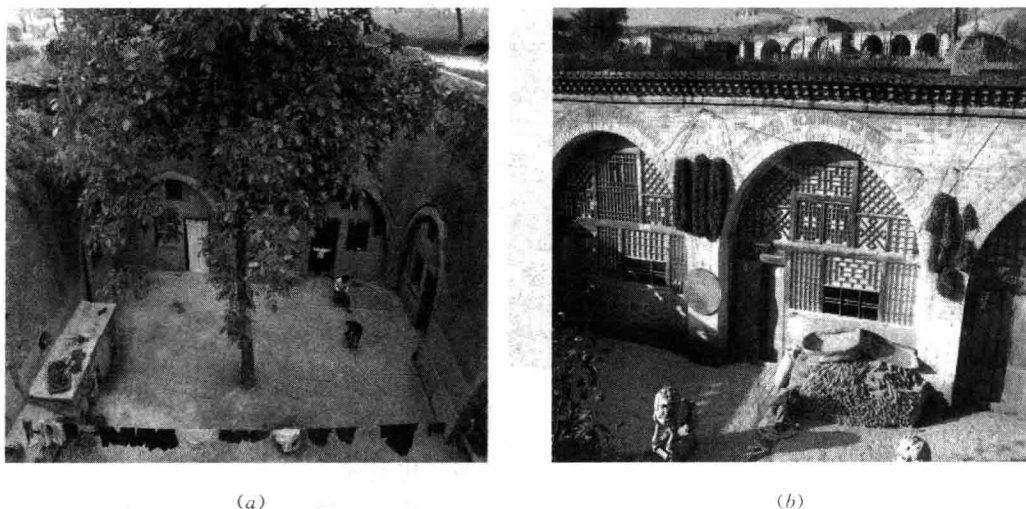


图 1-12 西北窑洞式民居

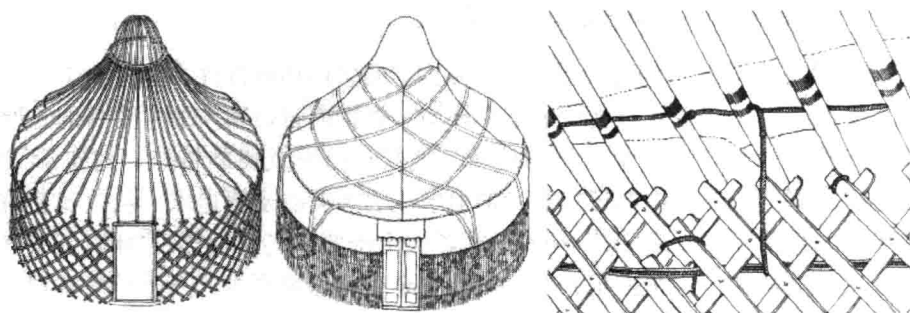


图 1-13 蒙古包

创造适宜环境的建筑与人类文明的发展进步密切相关。可以看出，异彩纷呈的建筑形式与当地气候是分不开的。建筑的功能是在自然环境不能保证令人满意的条件下，创造一个微环境来满足居住者的安全与健康以及生活生产过程中的需要，因此从建筑出现开始，“建筑”和“环境”这两个概念就是不可分割的。从躲避自然环境对人身的侵袭开始，随着人类文明的进步，人们对建筑的需求不断提高，至今人们希望建筑物能满足的要求



图 1-14 云南干阑式民居

包括：

安全性：能够抵御飓风、暴雨、地震等各种自然灾害引起的危害和人为的侵害；

功能性：满足居住、办公、营业、生产等不同类型建筑的使用功能；

舒适性：保证居住者在建筑内的健康和舒适；

经济性：用较小的能源、资源和环境代价，取得健康、舒适高效的建筑环境；

美观性：要有亲和感，反映当时人们的文化追求。

所以说建筑形式应适应当地气候，且

应能满足安全、健康、舒适、工作与生活的需要。

1.1.2 建筑与环境关系的发展中存在的问题

除了使用前人这些设计经验来创造和改善自己的居住环境以外，随着科学技术的不断进步，人们开始主动地创造可以受控的室内环境。概括而言，建筑的主要目的是取得一种人为的、有遮掩的内部环境。鉴于不同地域、气候、历史及民族特点，建筑形式纷繁多样。千百年来，对建筑及其内在环境质量的追求成为人类的永恒追求。从改善建筑环境的角度而言，建筑本身就是一种“环境调节器”，但由于四季气候轮替、“环境调节器”的作用往往有局限性。因此，为了满足人们自身的安全、舒适等要求，几千年来特别是近百年来，对改变建筑环境的方式、方法进行了不懈的探索。

人工环境是由人为设置边界面围合成的空间环境，包括房屋围护结构围合成的民用建筑环境、生产环境和交通运输外壳围合成的交通运输环境（车厢环境、船舱环境、飞行器环境）等。尽管人工环境涉及很多工程领域，但其目标都是在一个相对封闭的空间内（以下简称室内）营造不同于外界的物理环境，通常涉及如下科学与工程问题：

1) 为了满足人类的上述活动，到底需要什么样的室内物理环境？如何定义和评价这样的物理环境？

2) 室内环境是怎样受构成这一封闭空间的围护体系以及外部环境的影响或由其所决定？

3) 怎样通过机械的或被动的物理环境调控系统作用于封闭空间的围护体系，营造出各种需求的室内物理环境？

4) 怎样仅依靠各种自然条件和可再生能源，尽可能消耗最少的化石能源来营造各种所需求的室内环境？

工业革命带来技术发展的突飞猛进给人们造成了错觉，以为随着技术的进步，人类有能力无限制地改变自然环境，而不再受到自然条件的制约。反映在建筑设计上，人们不再像先祖那样尽心尽力地去研究当地的自然地理条件和气象条件，去建造符合当地自然条件的建筑物，而是把精力都放到文化和美观的层面了。现代人工环境技术的发展在很大程度上

上造成了世界建筑趋同化的消极影响，空调采暖的普及使人们不必再关心建筑本身的性能，因为只要消耗大量的能源就可以随心所欲地获得所要求的室内环境，从而导致的不仅是能源的紧缺和资源的枯竭，而且还导致了由于大量污染物排放而造成的地球环境的污染和生态环境的破坏。

随着居民日益重视和追求健康与舒适的室内环境，民用建筑对室内环境的需求也在不断提高和细化。另一方面，人工环境工程目前消耗的能源已占到全球总能源消耗量的30%，建筑环境与能源应用工程目前被认为是最有节能潜力的耗能领域，节能减排已成为人工环境科学与工程的重要使命。

工业生产过程及室内环境营造一般均需要消耗大量的能源。如何解决住宅建筑的人居环境问题、能源问题，应倍加重视。例如，以应用变流量技术提高空调系统的运行效率为例，与机电设备的调速技术相结合的变流量技术可以大大提高空调系统与设备的能源利用率。对于各类建筑的空调系统来说，全年运行能耗的50%甚至更高是用于输送载热（冷）体的风机、水泵，因此，为减少输送能耗，机组分散布置、系统小型化就是措施之一；变水量（VWV）、变风量（VAV）、变制冷剂流量（VRV）系统的研究与应用，大大促进了制冷空调技术的发展。

目前，世界上发达国家的建筑能耗已经达到社会总能耗的1/3，而我国作为世界第一人口大国，随着经济的飞速发展，城乡建筑业的发展速度已居世界首位。而我国的能源资源特点决定了我国今后的能源结构中，煤仍然要占能源的60%以上，因此在二氧化碳、NO_x、SO_x、粉尘排放的控制方面我们面临着艰巨的任务。

在强调可持续发展的今天，建筑环境控制同样面临不少亟待解决的问题。比如，如何调节满足建筑环境舒适性要求与节能环保之间的矛盾。目前建筑物的年耗能量中，为满足室内温湿度要求的空调系统能耗所占的比例约为50%，照明所占比例约为33%。而在我国，所消耗的电能或热能大多来自热电厂或独立的工业锅炉，其燃烧过程的排放物是造成大气温室效应和环境污染的根源。所以研究和制定合理的室内环境标准，优化建筑物本身的环境性能，尽量减少建筑能耗，同时也能合理、有效地利用能源，是我国面临的一个艰巨而紧迫的任务。再比如，在室内的空气品质方面，由于大量使用合成材料进行建筑内部的装修，使得人们产生气闷、黏膜刺激、头疼及嗜睡等症状。研究和掌握形成病态建筑的起因，分析各种因素之间的相互影响，为创造健康的建筑环境提供依据也是我们面临的重要任务。

随着经济的发展，人类的进步，保护环境已成为“地球村”村民的统一行动。如臭氧层的破坏，是当今全球所面临的环境问题之一；为了保护臭氧层，1987年在加拿大召开并签署的《蒙特利尔协议》及其后所完善的相关协议，成为各国人民保护臭氧层的统一行动纲领与行为准则。新的制冷工质相继出现，如何控制生产、生活过程中产生的有害气体和噪声，营造人们生活、工作、生产过程的舒适、良好环境，是建筑环境与能源应用工程专业面临的重大、迫切问题。

建筑环境与能源应用工程专业涉及工程设计、系统运行与维护、相关产品制造、系统安装与调试等多个环节。随着人类进入21世纪，借助机械及自然的手段来实现对建筑进行主动调节（即供暖、通风、空调、制冷技术等）几乎成了一种必然选择。了解采暖、通风、空调等的漫长曲折的发展历程，以史为鉴，有助于深入了解、学习、掌握建筑环境控制理论与技术，建立和实现“趋向自然的舒适环境”。

1.2 建筑环境营造（供暖与通风简要发展历程）

现代人类大约有 80% 的时间在室内环境中度过。建筑环境对人类的寿命、工作效率、产品质量起着极为重要的作用。一些生产过程，对环境提出了更为苛刻的条件，如生物实验室和手术室要求较高的洁净度，太空舱内要求恒温恒压。这些人类自身对环境的要求和生产、科学实验对环境的要求导致了建筑环境控制技术的产生与发展。如何营造上述各种民用建筑环境、生产环境和交通运输环境呢？从实现人工环境（建筑环境）的方法、手段而言，主要有供暖、通风、空调等方法。建筑环境的控制是随着人类发展，从简单到复杂的过程。人类环境控制的第一步是实现温度的调节。

1.2.1 温度调节与供暖（采暖）

供暖是指使室内获得热量并保持一定温度，以达到适宜的生活条件或工作条件。这是人类最早发展起来的建筑环境控制技术。人类自从懂得利用火以来，为抵御寒冷对生存的威胁，发明了火炕、火炉、火墙、火地等采（取）暖方式，这是最早的采（取）暖系统与设备，有的至今还在应用。发展到今天，采（取）暖设备与系统，在对人的舒适感和卫生、设备的美观和灵巧、系统和设备的自动控制、系统形式的多样化、能量的有效利用等方面都有着长足的进步。

在我国黄河流域一处典型的新石器时代仰韶文化母系氏族——西安半坡遗址（图 1-15～图 1-17）中展示了 6000 年前人类智慧的结晶——火炕取暖，这是人类改善自身居住环境的典型体现。考古发现有长方形灶炕，屋顶有小孔用以排烟，还有双连灶形的火炕（图 1-17），这就是说在新石器时代仰韶时期就有了火炕取暖。夏、商、周时代就有了火炉采暖。从发掘的古墓中发现，汉代就有了用烟气做介质的采暖设备。

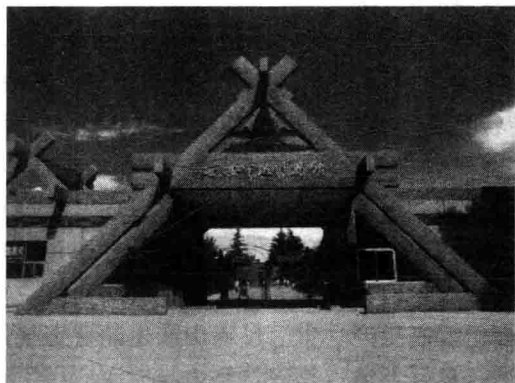


图 1-15 位于陕西省西安市的半坡博物馆



图 1-16 半坡博物馆居住遗址内景

公元前 27 年～395 年，罗马帝国的一些建筑中开始使用炉子加热空气来传导热量，并从安装在墙壁上的管道中流出，这种系统被称为热炕，这实际上是集中采暖系统的雏形。12 世纪，叙利亚开始使用一种特殊的集中采暖系统，热量经由熔炉间的地下管道传出，而不是由火炕传出。集中采暖系统在中世纪伊斯兰国家的浴室中得到了广泛应用。大



图 1-17 半坡时期的火炕遗址

约在 1700 年，俄罗斯的一些建筑中开始设计基于水力学原理的集中采暖系统，位于圣彼得堡的彼得大帝的夏宫（又称为彼得宫，The Summer Palace）（1710~1714）为我们提供了现存完好的例子。19 世纪 30 年代，Angier March Perkins 最早开发并安装了一些蒸汽采暖系统。第一个蒸汽采暖系统安装在英格兰银行的管理者 John Horley Palmer 家中，因此他因在英格兰寒冷的气候下种植葡萄而轰动了当地。

19 世纪初期，在欧洲开始出现了以蒸汽或热水作为热媒的集中式采暖系统。集中式采暖方式开始于 1877 年，在美国纽约建成了第一个区域锅炉房，向附近 14 家用户供暖。^[7]

20 世纪初期，世界上一些发达国家利用汽轮机的排气采暖，其后发展成为热电厂。

北京故宫中还完整地保留着火地采暖系统，也可以说以烟气为介质的辐射采暖。目前北方农村中还普遍应用着古老的采暖设备与系统——火炉、火墙和火炕。1951 年我国第一座城市热电站——北京东郊热电站投入运行，中国采用热电联产的城市集中供暖方式，是在 1958 年由北京市建设第一热电厂开始的，继北京市之后，1968 年东北地区的沈阳市也率先开始发展集中供暖。目前，集中供暖技术已在全国各大、中城市得到了推广。

1.2.2 室内环境控制与通风

通风是用自然或机械的方法向某一房间或空间送入室外空气，以及由某一房间或空间排出空气的过程，送入的空气可以是经过处理的，也可以是不经过处理的。换句话说，通风是利用室外空气（称新鲜空气或新风）来置换建筑物内的空气以改善室内空气品质，保障人体健康。

在中国，自然通风在古代已经被利用，如在古建筑的布局上利用穿堂风，利用气楼进行自然通风等（图 1-18）。

标准的北京四合院是南北略长的坐北朝南的矩形院落，正好排列在东西向的胡同之间，大门开向住宅南面的胡同，正房门与宅门的方向一致。为什么一定要将宅门开在南边呢？从自然通风的角度讲，华北地区风大，冬天寒风从西北来，夏天风从东南来，门开在南边，冬天可避开凛冽的寒风，夏天则可迎风纳凉，符合居住卫生条件。而南方地区气候炎热，防暑降温是头等大事，因此我国长江中下游地区，天井式四合院成为当地民居的主要形式。天井式四合院的基本特征是用数目不等的小天井组织住宅空间，这种住宅的特点是基本上以楼房为主，房屋净高大，屋内比较宽敞通透，四面的房屋或高墙皆连成一体，院落进深较浅，

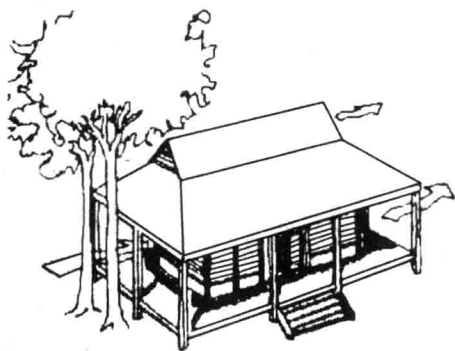


图 1-18 古建筑的自然通风示意图

形成一个狭窄而高深的空间，举头仰视，有如坐井观天，因此称之为天井。天井是一宅中的采光通风口，较小的天井有利于防止夏天阳光直射，天井高深，则风产生的吸力增强，有如烟窗，将热空气向上拔，通风量大，形成住宅内部的小循环。因此，即使在炎炎夏日，居住在这样的房子里也会有阴凉的感觉。这与现代高层建筑的热压通风原理是一致的（图 1-19）。

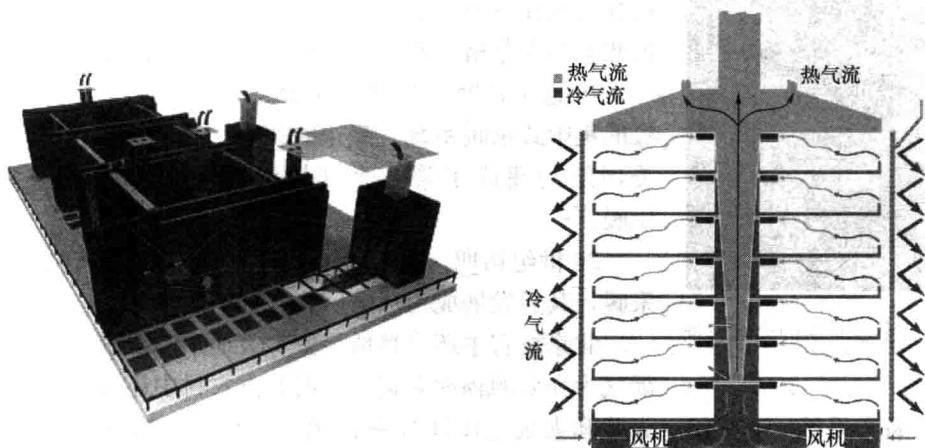


图 1-19 高层建筑热压通风

人们对通风从概念和应用的深入理解经历了漫长的历程。如前所述，历史上采暖的产生与发展改善了生活环境。人们在房间使用火的时候，他们发现需要在屋顶开个口来排烟，同时补充新鲜空气以便维持火焰的燃烧。火焰的控制成为人们发明通风设备的首要动力。因为火可以使得房间维持一个让人感到更加舒适的温度，热舒适性也就和通风紧密联系在一起了。

但是，鉴于当时火炉大都是敞开式的，建筑物内的空气品质很差。烟囱直到 12 世纪才普遍采用，但早期的烟囱并不能有效地减少室内燃烧产生的烟气。依据当时对燃烧现象的认识理论，敞开式的火炉之所以烟多，其原因在于火炉中的空气太多，尽管对烟道进行了很多改进，但结果证明都是徒劳。当时过多地依赖低燃烧值的燃料，如动物粪便、锯木屑、泥煤等，也是加剧烟气生成的原因。木炭成为人们的最喜欢的燃料，因为它在燃烧时较少产生烟气，特别适用于封闭房间取暖时在火盆中燃烧，但由此也造成很多人在睡梦中死于后来才为人们所知道的 CO 气体中毒。直到 18 世纪末，火炉的设计才开始出现较大的改进，Benjamin 设计了高效取暖的封闭式火炉；在其后，Count Rumford 给敞开式的火炉加上了烟气隔板和烟道，由于这两项发明，可以使用壁炉采暖而不受室内烟气污染。与此殊途同归的是，当罗马人发明了辐射供暖后，他们就不在室内生火取暖了。他们用建筑物地板下面的空心砖来输送来自建筑物外围的“火炉”中的燃烧产物，然后将这些产物通过烟囱排出。随着实践性认识的深化，人们对于室内空气中的有机污染物的关心便超过了对燃烧烟气的关注。^[8]

在中世纪，人们便开始认识到在拥挤的房间内，空气能够以某种方式在人们当中传播疾病。房屋是用壁炉中的明火来加热的，这样烟气通常会涌入房间并污染房间内的空气。1600 年，英国查理一世颁布法令：建筑物的室内净高不能低于 10ft（约 3m），并且窗户

的高度要大于窗户的宽度。这样做有利于烟气的排除。

古埃及人也发现，与那些在室外工作的人相比，石头雕刻工人患呼吸哮喘的概率更大。他们认为这主要是由于室内的粉尘量过大。因此，粉尘的控制成为通风的第二个原因。

尽管通风器（Ventilator）或风扇早在 16 世纪就已经被用于矿井通风，18 世纪热力学的进展引导着人们新的思考和实验，探究如何利用风机动力进行建筑物内对流通风。英国众议院的大楼曾被用做最初的通风实验场所，大量的各种实验先后持续了两个多世纪，包括对通风竖井、塔楼、风道、会议室、走廊灯做了不断的改造尝试，如何有效排除众议院大楼内的污染空气。^[9]

不独有偶，在美国，一些国会议员致力于国会大厦的通风改造设计。1871 年，在风管内设立了专用的热源来形成“抽吸式通风”（Aspirating Ventilation）。19 世纪 70~80 年代设计的建筑系统中采用了抽吸式通风设计，通风管路中装备了建筑采暖用的蒸汽盘管，利用送风气流给建筑供暖，在历史上首次利用同一管道实现了通风和采暖的统一。机械风机通风系统在 19 世纪 90 年代成为广泛接受的通风系统。这种集风机与加热器于一体的集成系统为后来的风机盘管系统的产生与发展奠定了基础。^[8]

在早期西方国家的城市化进程中，对于污染物的主要关注逐渐从沼泽湿地的腐烂物质的恶臭转向了城市的污水池、垃圾堆的恶臭，以及拥挤建筑的高密度人群的合理通风问题。例如，对办公室实验区域的研究表明个人电脑和受到污染的通风过滤器，对人们感受到的空气质量、健康和劳动生产率有负面影响（图 1-20~图 1-22），空气污染使个人电脑打字数量明显下降（图 1-23）。^[10,11]

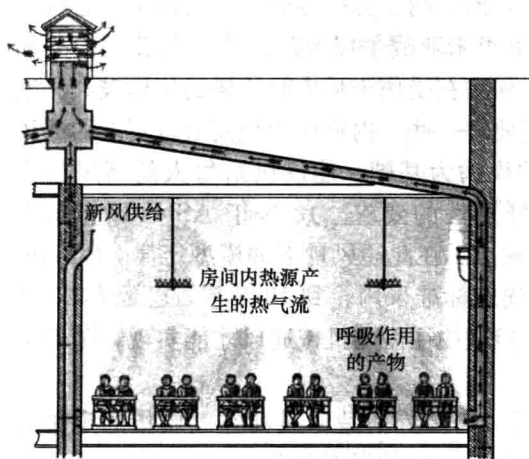


图 1-20 教室通风系统

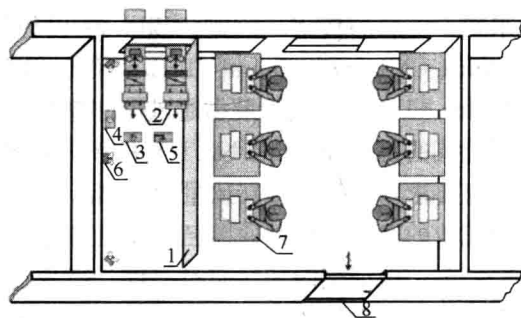


图 1-21 办公室的污染通风实验

1—隔墙；2—带有减振器和消声器的室外送风机；3—电加热器；4—空调机组；5—加湿器；6—混合风机；7—办公室；8—通风排气装置

从 20 世纪 70 年代起，人们开始关注室内空气污染的危害。1980 年，世界卫生组织正式将因建筑而产生的一系列相关非特定症状的疾病定名为“病态建筑综合征”（Sick Building