




世纪高等教育建筑环境与能源应用工程系列规划教材

建筑环境与 能源应用工程概论

(中英文对照)

刘立 范慧方 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



免费电子课件

21 世纪高等教育建筑环境与能源应用工程系列规划教材

建筑环境与能源应用工程概论

(中英文对照)

主 编 刘 立 范慧方

参 编 (以拼音为序)

柳 靖 曲世琳 谢 慧 张 舸 吴延鹏

主 审 田贯三



机械工业出版社

本书是建筑环境与能源应用工程专业的中英文概述,内容包括室内空气品质、空气调节与制冷、供热工程、燃气工程、给水排水工程、建筑电气等。本书是对本专业的总体概述,为后续各门专业课的深入学习打下基础。本书各章都给出了本章要点、知识点和中英文双版,使学生掌握专业英文词汇,熟悉科技英文的阅读和写作,为将来英文论文写作打下坚实基础。

本书不仅可作为建筑环境与能源应用工程专业本科生的教材,而且对暖通空调工程师及从业人员也都有较高的参考价值。

本书配有电子课件,免费提供给选用本书的授课教师,需要者请根据书末的“信息反馈表”索取,或登录机械工业出版社教材服务网:www.cmpedu.com 下载。

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑环境与能源应用工程概论:中英文对照/刘立,范慧方主编. —北京:机械工业出版社,2013.6

21世纪高等教育建筑环境与能源应用工程系列规划教材
ISBN 978-7-111-42177-1

I. ①建… II. ①刘…②范… III. ①建筑工程—环境管理—高等学校—教材—汉、英②房屋建筑设备—高等学校—教材—汉、英 IV. ①TU-023
②TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 075577 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:刘涛 责任编辑:刘涛 臧程程 王晓艳 王雅新

版式设计:霍永明 责任校对:纪敬

封面设计:路恩中 责任印制:张楠

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2013年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15印张·370千字

标准书号:ISBN 978-7-111-42177-1

定价:32.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前言

建筑环境与能源应用工程专业的学生在进入大学时，常常对本专业不是十分了解，学习过程中往往存在一定的盲目性，使得学习效果受到一定的影响。同时本专业的国际化程度越来越高，为了使学生能够了解国际动态，需要加强专业英语的培训。针对上述两个问题笔者编写了本书。本书围绕建筑环境与设备这一中心，系统地介绍了本专业所要学到的6门主要专业课的主要内容，包括室内空气品质（第2章）、供热工程（第3章）、空调工程（第4章）、燃气工程（第5章）、给水排水工程（第6章）、建筑电气系统（第7章和第8章）等系统的工作原理、系统构成、分类及其在建筑物中的重要作用和应用。通过本课程的学习对本专业形成良好总体认知。

本书针对这6门主要专业课的概述，给出了相应的英文。本书的英文覆盖了建筑环境与能源应用工程专业的所有专业英文描述，简洁并且实用。本书区别于传统的专业外语教材，涵盖了本专业不同领域的常用英文，也可以作为传统的专业外语课的教材。可以说，将来无论是进一步深造还是工作，本书都是不可多得的参考文献。

本书参考了多本美国及欧洲各国英文原版著作，并结合我国工程实践，作出了中英文对照版本。暖通空调（建筑环境与能源应用工程）工程师和从业人员可以从中文内容找到对应的标准英文表述，反之亦然。由于当前我国建筑环境与设备系统与国外有所不同，因而建筑环境与设备各个系统英文描述容易混淆，针对这一问题，本书清楚地给出了各个系统中英文描述，极大地方便了读者。

本书不仅可作为建筑环境与能源应用工程专业本科生的教材，而且对建筑环境与能源应用工程专业的工程师及从业人员也都有较高的参考价值。

本书第1章和第8章由北京科技大学刘立编写；第2章的2.1和2.2由吴延鹏编写，2.3和2.4由柳靖编写；第3章和第6章由曲世琳编写；第4章由谢慧编写；第5章由范慧方编写；第7章由刘立和张舸编写。全书由田贯三主审。

在本书编写过程中，参阅了大量的中外文献资料，在此对各参考文献的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏与不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

信息反馈表

尊敬的老师：

您好！感谢您多年来对机械工业出版社的支持和厚爱！为了进一步提高我社教材的出版质量，更好地为我国高等教育发展服务，欢迎您对我社的教材多提宝贵意见和建议。另外，如果您在教学中选用了《建筑环境与能源应用工程概论（中英文对照）》（刘立 范慧方主编），欢迎您提出修改建议和意见。索取课件的授课教师，请填写下面的信息，发送邮件即可。

一、基本信息

姓名：_____ 性别：_____ 职称：_____ 职务：_____

邮编：_____ 地址：_____

学校：_____ 院系：_____ 专业：_____

任教课程：_____ 电话：_____ (H) _____ (O)

电子邮件：_____ 手机：_____ QQ：_____

二、您对本书的意见及建议

(欢迎您指出本书的疏误之处)

请与我们联系：

100037 机械工业出版社·高等教育分社

Tel: 010 - 88379542 (O)

E - mail: ltao929@163. com

<http://www.cmpedu.com> (机械工业出版社·教材服务网)

<http://www.cmpbook.com> (机械工业出版社·门户网)

目 录

前言

第 1 章 建筑环境设备及其对建筑和环境的影响

- 1.1 建筑环境设备工程的范围 1
- 1.2 建筑环境设备系统对空间规划的影响 ... 2
- 1.3 建筑环境设备系统对建筑设计的影响 ... 3
- 1.4 建筑环境设备工程系统对建筑造价的影响 4
- 1.5 建筑对环境的影响 4
- 1.6 不同系统的相互作用 5
- 习题 6

Chapter 1 The Scope & Impact of Building Environment and Equipment System

- 1.1 The Scope of Building Environment and Equipment Engineering Systems 8
- 1.2 The Impact on Space Planning 8
- 1.3 The Impact on Architectural Design 9
- 1.4 The Impact on Construction Cost 11
- 1.5 The Impact of Buildings on Environment 12
- 1.6 System Interfacing 13
- Questions 13

第 2 章 室内环境

- 2.1 室内热环境和热舒适 15
- 2.2 室内空气品质 23
- 2.3 建筑声环境 29
- 2.4 建筑光环境 32
- 习题 34

Chapter 2 Indoor Environment

- 2.1 Indoor Thermal Environment and Thermal

Comfort 36

2.2 Indoor Air Quality 47

2.3 Architectural Acoustical Environment 54

2.4 Architectural Luminous Environment 58

Questions 61

第 3 章 供热

3.1 热负荷 63

3.2 热水供热系统 65

3.3 集中供热系统的热源 69

习题 71

Chapter 3 Heating

3.1 Heating Loss Calculation 72

3.2 Hot-water Systems 75

3.3 Heating Source of Central Heating Systems 78

Questions 81

第 4 章 空气调节与制冷

4.1 空气调节与空调系统 82

4.2 湿空气的物理性质 83

4.3 负荷计算 86

4.4 全空气系统 87

4.5 空气-水系统 94

4.6 冷剂式空调系统 95

4.7 制冷设备与系统 97

习题 99

Chapter 4 Air Conditioning & Refrigeration

4.1 Air Conditioning and Air Conditioning Systems 101

4.2 Thermodynamic Properties of Moist Air 102

4.3	Load Calculations	106	6.7	Composition of Wastewater	170
4.4	All-air Systems	109	6.8	Water Processing	172
4.5	Air-water Systems	117		Questions	173
4.6	Refrigerant Air Conditioning Systems	119	第7章 电力系统和设计		174
4.7	Refrigeration Equipment and Systems	121	7.1	配电系统	174
	Questions	125	7.2	电压差和电压分布	175
第5章 燃气工程		126	7.3	接地	175
5.1	燃气的来源	127	7.4	短路和分断能力	177
5.2	城市燃气输配系统	130	7.5	电力设备	177
5.3	燃气燃烧与应用简介	136	7.6	电气系统设计及配线	178
	习题	137		习题	182
Chapter 5 Gas Engineering		138	Chapter 7 Power System and Electrical Design		183
5.1	Gas Sources	140	7.1	Power Distribution Systems	183
5.2	City Gas Distribution Systems	143	7.2	Voltage Spread and Profile	184
5.3	Gas Combustion and Its Appliances	151	7.3	Grounding	185
	Questions	152	7.4	Short-circuit and Interruption Capacity	187
第6章 给水排水		153	7.5	Power Equipment	187
6.1	供水历史	153	7.6	Electrical System Design	189
6.2	给水工程	154		Questions	194
6.3	室内管道工程——背景与现状	155	第8章 建筑照明		196
6.4	明渠流	156	8.1	光照与照明	196
6.5	泵和泵站	157	8.2	照明设备及照明系统	201
6.6	废水收集	157	8.3	建筑光环境设计	206
6.7	废水的组成	158		习题	211
6.8	水处理	160	Chapter 8 Building Lighting		212
	习题	161	8.1	Light and Lighting	212
Chapter 6 Water Supply		162	8.2	Lighting Equipment and Systems	218
6.1	History of Water Supply	162	8.3	Building Lighting Design	225
6.2	Water-supply Engineering	164		Questions	231
6.3	Plumbing—Background and Status	165	参考文献		232
6.4	Open Channel Flow	166			
6.5	Pumps and Pumping Stations	167			
6.6	Collection of Wastewater	168			

第 1 章

建筑环境设备 及其对建筑和环境的影响

本章要点：介绍了建筑环境设备涵盖范围，论述了建筑环境设备对建筑空间、建筑风格、建筑造价及对大气环境的影响。

知识点：建筑环境设备，供热通风和空调，空间设计，建筑风格，建筑造价。

现代建筑的功能不再是简单的避风遮雨，而是为人们提供一个更加舒适的生活和工作环境。建筑应设计为具有舒适的照明、温度、湿度和良好的空气品质，便利的供电和通信功能，高质量的卫生条件和可靠的保护生命财产安全的系统。所有这些功能都因为建筑环境与设备的技术进步而得以实现。

建筑环境设备的先进技术使得建筑设计在风格、形式和范围上的创新都成为可能。一些大商场采用无窗的方块形构筑，完全依赖于电气照明、通风和空调。

然而，这些优点的获得是有代价的。首先，建筑环境设备系统占用很大的地面和顶棚空间。在初始设计时必须预留足够的空间，否则必须重新设计，而且系统的功能往往也受制约。其次，建筑环境设备系统使房屋造价增高，对于复杂建筑（如医院和计算机中心等），有时超过工程总价的 50%。

建筑环境设备系统的运行需要能源。建筑能耗（包括住宅，商业、公共机构、工业设备的能耗）占据一个工业国家总能耗的 30% ~ 50%。另外，建筑环境设备系统的运行费用占据整个建筑运行费用的大部分。建筑对能源大量和低效的使用是对环境造成破坏的主要因素。

设计正确的设备系统将会合理有效地利用空间和能源，从而降低建筑造价，减少对环境的影响。本章内容包含对建筑环境设备系统的总体描述，以及它们对空间规划、建筑设计、建造和运行费用及地球环境的影响。

1.1 建筑环境设备工程的范围

建筑环境设备工程系统随着社会生活标准、当地气候条件、住户性质和建筑质量而变化。例如，位于温和气候条件地区的建筑，无论建筑的质量如何都不需要供热也不需要供冷；储存大物件的仓库即便在寒冷地区也不一定需要供热；现代化医院必须备有医疗

气体供应系统、备用电源和远距离通信系统以达到当前医学护理标准；小型办公楼可采用窗式空调而高层智能办公楼最可能选择的是中央空调系统并备有计算机自动管理控制系统。

建筑环境设备工程系统包括：①建筑环境系统；②供热通风空调系统；③给水排水系统；④燃气供应系统；⑤消防系统；⑥电气系统（包括供电系统、照明系统及附属设施）；⑦建筑运行系统（包括运输和自动化管理系统）。

1.2 建筑环境设备系统对空间规划的影响

建筑环境设备工程系统所需要的平面面积由于用户、气候条件、生活标准、建筑质量的不同而差别很大。两个坐落在不同地点但大小和结构一样的建筑，可能选择不同的建筑环境与设备工程系统。气候、经济和国家的文化背景都是影响建筑环境设备工程系统的选择因素。

建筑环境设备工程系统影响着总建筑面积、楼宇首层的面积和形状、层高、几何形状和建筑表达。在设计初始就应为建筑环境设备系统安排合理位置和空间。在建筑设计中，建筑环境设备工程系统的空间规划是最具挑战性的研究领域。

大型建筑的中央设备往往又高又大，使得层高为正常高度的1.5~2倍。一般，一个大型写字楼装有冷冻机组和泵房的楼层高度是6~7m，几乎是正常楼层高的两倍。而一个大型商业楼，供热、空调、给水排水等复杂管道、照明、电缆等需要0.6~0.9m的屋顶空间。

对于一个写字楼，建筑环境设备系统将占整个建筑面积的4%。换言之，对于一个25层建筑面积50000m²的建筑，2000m²的建筑面积应预留给建筑环境与设备工程系统，相当于整整一层楼。同理，对于一个50层建筑，两层要预留给建筑环境与设备工程系统。显而易见，这么大的空间必须在建筑设计初始阶段进行规划，这就需要建筑设计师和建筑环境与设备工程工程师密切合作。

建筑环境与设备工程系统所需要的空间根据系统的选择而分为集中空间和分散空间。每个系统都需要在每层设置局部设备和输运空间。不同的是中央系统的主要设备集中放在一层或两层，其他每一层占有很小的局部空间，分散系统的设备空间与之相反。

如果一个建筑由单体窗式或墙式热泵加热和制冷，就不需要中央加热和制冷设备。然而，单体热泵有噪声、效率低、运行费用高并且不美观。所以，尽管设备需要空间，但高质量的建筑往往采用中央系统。

所有的高层建筑都有一或多层的地下层用于公共服务、物资的运送、燃料的储存等。同时，地下层为建筑提供坚实的结构基础。更重要的是地下停车场在许多城市越发成为不可缺少的需求。正常情况下，建筑环境设备系统应该设置在地下层。但是，这种安排有时无法实现，因为，设备系统需要靠近建筑中心，这样往往会妨碍停车场车辆的进出。加上其他原因，设备中心往往设在屋顶或中间层。影响设备中心位置的因素有：①装卸设备的容易度；②易于室外空气供给和废气排出；③足够的楼层高度；④不与停车场相干扰。同时还要考虑安全性，有些设备如锅炉、制冷机组和变压器内含巨大的能量或有毒液体，这些设备应该由

防火墙围起来。以及设备系统的就近组合，如制冷机组与冷却塔要便于设备系统的管理，减小设备的振动和噪声的影响，兼顾整体美观。

1.3 建筑环境设备系统对建筑设计的影响

在有可靠和可行的建筑环境设备系统之前，建筑设计往往遵循一个简单的规则：每个房间必须设置外窗以供给自然光和通风。这样，大多数建筑是L形、U形或H形，通道一侧或两侧住人；大型方形建筑往往在中间设天井来供给阳光和空气；楼的高度受到人们能够徒步上下的高度所限制。现代建筑，由于具有了建筑环境设备，建筑形状可以有更多形式，高度也可以更高。为高层建筑设计的现代电梯速度可以达到150~750m/min。这样，除去等待和上下电梯时间，30s内就能到达30层楼。近年来随着城市土地短缺，在城市环境中高层建筑，甚至是超高层建筑越来越受欢迎。

然而，任何事物都具有两面性。低层建筑（6层及更低）比高层建筑造价低、效率高。理论上，对建筑的最有效利用是内部空间的百分之百都用来居住。这种最高效只能在空调设备等设置在屋顶或屋外的小单层房屋实现。随着建筑高度的增加更多的建筑空间用于楼梯、电梯、建筑环境设备等，使得使用空间缩小。

建筑环境设备系统对建筑的影响不仅仅在高度上，还在风格、外观和形式上。建筑与结构的结合在建筑史上早已得到了很好的研究。建筑与建筑环境设备系统的结合在巴黎的蓬皮杜中心艺术博物馆得到了良好的体现。蓬皮杜中心艺术博物馆将所有的机械设备的管道都暴露在博物馆外。建于20世纪80年代的汇丰银行创立了另一种风格，把结构和建筑设备的机械元素的暴露作为主要的建筑风格。事实上，许多现代建筑受到建筑设备的影响，如：

(1) 在顶层辅助空间的设计 在屋顶建一个更小面积的一层或防护结构来容纳电梯设备、电梯加长导轨（使最高一层的电梯导轨加长来使电梯减速，以防电梯停不下来）、冷却塔、废气扇和其他设备。这是在屋顶隐藏建筑设备的最基本的设计理念，是很多城市和国家要求的设计原则。

(2) 平屋顶建筑设计 高层建筑的顶层或次顶层统筹设计成为容纳中央建筑设备和隐藏建筑设备上方部分，如冷却塔、空气处理系统和电梯设备。

(3) 中间设备层设计 超过30层的高楼往往设计成由一个或多个中间楼层来放置中央建筑环境与设备工程系统。因为安装设备的楼层需要比较高的楼层高度，对该层的楼表面设计往往与其相邻的楼层的表面设计有所不同。高层建筑中这些楼层很容易与其他楼层区分开来。中国台北的远东大楼在低层、中间和顶层设置了设备楼层。

(4) 设计风格 20世纪90年代的后设计脱离了平屋顶设计风格，偏向于显示个性和雕塑风格的屋顶设计。具有雕塑风格的设计往往以不同的方法来隐藏冷却塔。冷却塔可能放在地面（或附近）或楼中间。

图1-1所示是现代高层和超高层建筑和摩天大楼的几种流行设计风格。

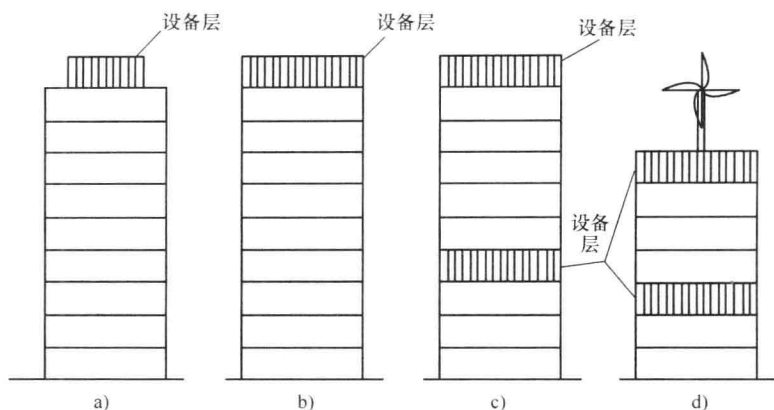


图 1-1 现代高层和超高层建筑的风格

a) 在屋顶设有房屋的设计 b) 平屋顶建筑设计 c) 中间设备层设计 d) 风格设计

1.4 建筑环境设备工程系统对建筑造价的影响

随着建筑物高度的增加，需要更多的时间和提升设备以及严格的工作流程把建筑材料运送到更高的楼层。而很多建筑工人整天都在高空中作业，使得工作效率降低。建筑结构和建筑环境设备系统更加复杂，建造方法也不相同。对高于 10 层的建筑物，第二个五层的单位面积造价将会增加 5% ~ 15%，随后，每五层单位面积造价将以 10% ~ 15% 递增。

随着楼层的增高，投资增加的幅度变化很大，因为它受到建筑地址，建材运输便利程度，建筑细节，工人的技术和承包者高层建筑的的经验多少等因素影响。但是建筑高度对建筑投资的影响存在一个大致估算。

建筑环境设备系统对建筑造价产生很大的影响。随着建筑类型、生活质量标准、建筑设计、建筑设备系统的选择，高层建筑的建筑设备系统造价占总造价的 15% ~ 25%，而计算机中心的建筑环境与设备工程系统占总造价的 30% ~ 60%。

建筑运行费用包含正常维护费、修理费、置换费和水电煤气费。大多数建筑和结构元素（除了屋顶）寿命很长，都不需要经常更换。对于建筑设备系统则不然，不仅需要耗能，而且需要不停地维修和更换。事实上，在整个寿命周期，运行维护建筑环境与设备工程系统的费用有时可能超过整个建筑初期总投资。由此可知，建筑环境设备系统的合理选择和管理是非常重要的。

1.5 建筑对环境的影响

1.5.1 技术对环境的影响

从全球来看，工业、交通业、电力行业、建筑供热和供冷对石油、煤、天然气的使用在

不断增加。这就增加了大气层中的二氧化碳含量及其吸收太阳能的比例,这种现象被称为温室效应。温室效应是引起全球气温升高的主要原因。

直到20世纪90年代,氟利昂一直是制冷和空调系统的主要制冷剂,还用来清洁。大量氟利昂的使用使得高于地球24~32km的臭氧层被破坏。臭氧层可以降低太阳辐射到地球表面的紫外线能量。随着臭氧层的破坏,更多的有害的可引起癌症的紫外线到达地面。国际上达成共识,禁止使用氟利昂而使用其他不伤害臭氧层的制冷剂。但是其他化学试剂也不是无害的。只有通过更有效的设计和控制减少能源消耗,才能最大限度地降低人类对环境的破坏。

1.5.2 建筑能耗带来的空气污染

根据统计,发达国家每年消耗的能源1/3是用于建筑上。随着人民生活水平的大幅提高,我国建筑能耗也快速增长。目前,我国建筑能耗占总能耗的27.5%。建筑每消耗1kW·h的电能,就需要燃煤发电厂中燃烧,放出1.1kg的二氧化碳、0.01kg的二氧化硫和0.005kg的氮氧化物。如果通过更好的设计和管理使用于建筑的能源年消耗量降低20%,二氧化碳排放量就可以减少 150×10^6 t,相当于减少3千万辆车的二氧化碳排放。从而可知建筑节能对环境的重要性。

1.6 不同系统的相互作用

前面讲述了建筑环境设备与空间规划、建筑理念与全球环境间的相互关联。在某个领域的决定可能会影响所有其他领域。图1-2指出,建筑和工程决策需要不同领域的相互协作。

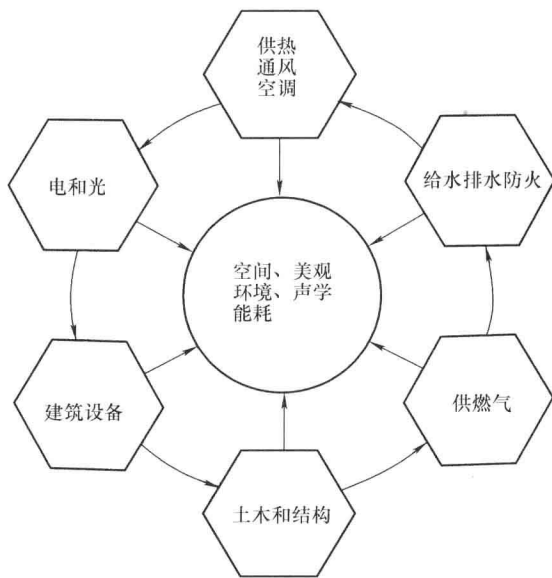


图1-2 不同系统的相互作用

设计现代建筑需要团队协作。没有一个专业人士是全知全能的。在建筑设计和建造中，建筑设计师是项目的主要负责人，需要其他专家的支持和意见，比如，土木、结构、机械、电子、照明和声学专家。只有所有职业人士通力合作，才能构筑最优化、功能平衡、低造价、高品质的建筑。

习 题

1. 现代建筑的哪些特点依赖于建筑环境设备系统？
2. 在现代的建筑环境设备兴起之前，办公建筑，比如写字楼，往往局限于几种简单的建筑格局，为什么？
3. 现代建筑设计程序需要不同专业的专家共同合作，通常是由建筑设计师统筹安排，对否？
4. 建筑外表面对建筑环境设备系统有何影响？
5. 为什么建筑表面风格设计关系到建筑环境设备系统？
6. 为什么关心能源消耗？为什么建筑应该是绿色建筑？

Chapter 1

The Scope & Impact of Building Environment and Equipment System

Abstract: This chapter introduces the scope of building environment and equipment system. It also discusses impacts of building environment and equipment system on building planning, architectural style, construction cost and atmospheric environments.

Key points: building environment and equipment system, HVAC, space planning, architectural style, construction cost.

Modern buildings are no longer just shelters from wind and snow. Rather, they are built to create better environments in which to live and to work. Building must be designed with features to provide comfortable lighting, temperature, humidity, air quality; convenient power and communication capability; high-quality sanitation and reliable systems for the protection of life and property. All these desirable features have become a reality with recent advances in the technology of building environment and equipment system (BE/E).

These advances make possible of architectural design innovations in style, form and scope. Block-type buildings without windows, such as department stores, are totally dependent on electrical lighting, ventilation and air conditioning. High-rise buildings must rely on high-speed vertical transportation and high-pressure water for drinking, cleaning purposes and for protection against fire.

However, all these benefits are achieved with penalties. BE/E systems demand considerable floor and ceiling space. During the preliminary planning phase of a project, proper space must be allocated. Otherwise, the process may have to be started over again and often the system performances are compromised. Furthermore, BE/E systems add to the cost of construction of a building, in some instances approaching or exceeding 50 percent of the total cost. Sophisticated buildings, such as hospitals and computer centers, are just a few examples.

BE/E systems require energy to operate them. Energy consumed by occupied buildings, including residential, commercial, institutional, and industrial facilities, accounts for over 30 to 50 percent of all energy usage by an industrialized country. In addition, it accounts for a large portion of the operating cost of such buildings. The high and inefficient use of energy by building is the major contributing factor to the deterioration of our environment.

Properly designed BE/E systems utilize space and energy efficiently, thereby reducing building costs and minimizing impacts on environment. This chapter provides an overview of BE/E systems and their impact on space planning, architectural design, construction and operating costs and the greater environment.

1.1 The Scope of Building Environment and Equipment Engineering Systems

The complexity of BE/E systems varies with the living standards of the society, climatic conditions of the region, and occupancy and quality of the building. For example, a house located in a mild climate may not require either heating or cooling, regardless of the quality of the house; a warehouse for bulk storage may not require any heating even in a freezing climate; a modern hospital must have a supply of medical gas, standby electrical power, and telecommunications systems to meet present health care standards; and a small office building may appropriately have window-type air conditioner, whereas an intelligent high-rise office building would most likely be designed with a central HVAC systems complete with computer-based building automatic management controls.

BE/E systems may be classified into the following major categories: ①Building Environmental Systems. ②HVAC Systems. ③Water Supply and Drainage Systems. ④Gas Supply Systems. ⑤Fire Prevention Systems. ⑥Electrical Systems, including Electrical Power Supply System, Illuminating Systems and Ancillary Facilities. ⑦Building Operation Systems, including transportation and automation Management Systems.

1.2 The Impact on Space Planning

The floor area necessary for BE/E systems in a building varies widely, depending on the occupancy, climatic conditions, living standards, and quality and general architectural design of the building. Two buildings of similar size and configuration located on different sites may favor different BE/E systems and central plant locations. Climate and the economic and cultural background of a country are other factors that affect the selection of a BE/E system.

The BE/E system affects the gross floor area, footprint the size and shape of the building's ground floor, floor-to-floor height, geometry, and architectural expression. Reasonable allocations made during the space programming phase allow BE/E space to be appropriately sized and strategically located. Space planning for BE/E system is one of the most challenging and least developed procedures in the architecture design process.

Central equipment used for large buildings is usually bulky and tall, requiring floor-to-floor height of 1.5 to 2 times the normal height. For example, floor-to-floor height of a chiller and pump room of a large office computer building is 6 to 7 meters, about twice the normal height. Pipes,

lighting and wiring of a commercial building require 0.6 to 0.9 meter of ceiling cavity.

For example, the average BE/E floor space in an office building is about 4 percent of the total building gross floor area. In other words, for a 25-story building with a gross floor area of 50000 sq meters, 2000 sq meters should be initially allocated as BE/E equipment space. This is equivalent to one full floor of the building. Similarly, two floors are needed for BE/E equipment in a 50-story building. Needless to say, these are not incidental spaces that can be added at will, except during the initial programming phase of the project. Optimum solutions are a result of close coordination between the architect and the BE/E engineers.

Space for BE/E system may be centralized or decentralized, depending on the system selected. With either plan, there is always a need for on-floor (local) equipment and distribution (shaft) space on every floor. The major difference is that centralized planning concentrates major equipment on one or two floors with smaller on-floor BE/E spaces, whereas the decentralized plan is just the opposite.

If a building is to be heated and cooled by the unitary window or through-the-wall heat pumps, then the need for central heating and cooling equipment will be eliminated. On the other hand, unitary heat pumps are noisy and less energy-efficient, require high maintenance, and are unaesthetic. Thus most high-quality buildings have central systems in spite of the increased requirements for equipment space.

Without exception, all high-rise buildings have one or more underground levels for utility service, delivery of supplies, fuel storage, etc. Furthermore, underground levels provide better structural stability for the foundation of the building. More important, underground parking for automobiles is an unavoidable demand in most city codes. Normally, a BE/E central plant should be located in an underground level. However, this is not always feasible, since BE/E system risers must be close to the core of the building, which frequently hinders access to and from the parking garage. For this and other reasons, the BE/E central plant may be located on the rooftop or on other, intermediate levels. Factors affecting the location of a central plant include the following: Accessibility for loading/unloading equipment. Proximity to the outside air supply and exhaust air discharge. Adequacy of floor height. Interference with a convenient parking plan. Safety. Some equipment, such as boilers, chillers, and liquid-filled transformers, contains considerable stored energy or toxic material. This equipment should be confined within fireproof walls. Proximity of system components, such as between the chiller and the condenser with cooling towers. Ease of maintenance. Vibration and noise from equipment. Aesthetics.

1.3 The Impact on Architectural Design

Prior to the development of reliable and affordable BE/E systems, buildings designed for human occupancy followed a simple rule: every room must have exterior operable windows for the in-