

[日] 木村建一 著 单寄平 译 高履泰 校

建筑设备基础理论

中国建筑工程出版社

建筑设备基础理论

〔日〕木村建一 著

单 寄 平 译

高 履 泰 校



中国建筑工业出版社

本书阐述了建筑设备（主要侧重建筑物理、采暖通风及空气调节）的基础理论。全书分为基础篇、解法篇及应用篇，每篇各十章。基础篇主要介绍了建筑设备基础理论中最基本的一些定律，解法篇以介绍解决问题的各种方法为中心，应用篇则介绍基础理论和各种解法在建筑物理、采暖通风及空气调节中的一些实际应用问题的应用。全书系统性较强，叙述由浅入深，便于自学。可供从事建筑物理、采暖通风的科研人员、设计人员及建筑院校师生阅读参考。

建築設備基礎理論演習

木村建一 著

学献社

1980年6版

* * *

建筑设备基础理论

单寄平 译

高履泰 校

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：13% 插页：3 字数：358千字

1982年8月第一版 1982年8月第一次印刷

印数：1—9,100册 定价：2.20元

统一书号：15040·4167

目 录

第一篇 基 础 篇

第一章	环境空间与设备系统	1
1-1	舒适环境	1
1-2	能量的供给、分配、循环、排泄及储藏	2
1-3	系统与类比	4
第二章	基本量及其单位	6
2-1	符号和单位	6
2-2	重力单位与绝对单位	10
2-3	重要的基本量与组合单位	11
第三章	欧姆定律	20
3-1	能量的转移、势、阻力	20
3-2	电的移动	21
3-3	热的传递	22
3-4	湿气的转移	26
3-5	流体的移动	29
3-6	物质移动	30
第四章	热的基本定律	32
4-1	热力学定律	32
4-2	导热定律	38
4-3	热辐射定律	42
4-4	对流换热定律	48
4-5	传质定律	55
第五章	流体基本定律	60
5-1	粘性定律	60
5-2	关于流体运动的定律	61
5-3	关于流体压力的定律	66
5-4	管内摩擦定律	68
5-5	压差与流量的关系	72

第六章	环境指标	74
6-1	韦伯-费希纳定律	74
6-2	声的感觉指标	76
6-3	光的感覺指标	78
6-4	色彩的感觉指标	83
6-5	热环境指标	85
6-6	空气洁净度	89
第七章	吸收、反射及透射	91
7-1	吸收系数、反射系数及透射系数	91
7-2	吸收、反射及透射的机理	92
7-3	辐射系数与日射吸收系数	97
7-4	复合材料的吸收系数、反射系数及透射系数	99
第八章	衰减	103
8-1	衰减的形式	103
8-2	和距离的 n 次方成反比的衰减	104
8-3	e^{-kx} 形的衰减	106
8-4	其他形式的衰减	112
第九章	扩散与传播	113
9-1	气体的分子扩散	113
9-2	热的扩散	116
9-3	光的扩散反射和扩散透射	117
9-4	声的传播	119
第十章	形态系数	122
10-1	形态系数的定义	122
10-2	有关形态系数定义的定律	124
10-3	形态系数公式	128
10-4	形态系数的实用图表	130
10-5	有关形态系数性质的定律	131

第二篇 解 法 篇

第十一章	平衡式	136
11-1	平衡式的功能及条件	136

11-2	热平衡	138
11-3	压力平衡	141
11-4	质平衡	143
第十二章	量纲分析	146
12-1	π 定理与无量纲量	146
12-2	在对流换热中的应用	148
12-3	在质传递中的应用	149
12-4	在固体不定常导热中的应用	151
第十三章	图的理解与绘制	153
13-1	对图的理解	153
13-2	图的种类	154
13-3	将图变换为关系式	161
第十四章	傅里叶级数	165
14-1	傅里叶级数的定义	165
14-2	调和分析	169
14-3	频率反应	171
第十五章	数学公式	175
15-1	超越函数	175
15-2	微积分	178
15-3	简单的常微分方程式	180
第十六章	加权函数	183
16-1	加权函数与杜阿梅定理	183
16-2	扰动的基本形式	187
16-3	单位反应	189
16-4	室温变化理论中的加权函数	192
16-5	由时系列构成的加权系数	199
第十七章	拉普拉斯变换	201
17-1	原空间与象空间	201
17-2	拉普拉斯变换的基本演算公式	202
17-3	逆变换	203
17-4	拉普拉斯变换的应用	206

第十八章 数值解法与迭代法	210
18-1 差分方程式	210
18-2 迭代法	212
第十九章 图解法	215
19-1 斯密特图解法	215
19-2 空气线图	218
19-3 换气的图解法	220
第二十章 电算	224
20-1 手算与电算	224
20-2 程序	227
20-3 电算的缺点及其改良	235

第三篇 应 用 篇

第二十一章 效率	238
21-1 性能与效率	238
21-2 照明的效率	239
21-3 热力学循环中的效率	242
第二十二章 日射	250
22-1 日射与空调负荷	250
22-2 太阳常数与太阳位置	250
22-3 直接日射	254
22-4 漫射日射	258
22-5 云天日的日射	261
22-6 遮阳	262
第二十三章 平面墙体的不定常导热	266
23-1 不定常导热理论的意义	266
23-2 单层均质平面墙体的解析式	270
23-3 多层墙体的一维不定常导热	276
23-4 墙体的反应系数	282
第二十四章 辐射与对流同时作用下的换热	289
24-1 大气辐射	289
24-2 室内产生的辐射与对流	297

24-3 中空层的传热	303
第二十五章 渗透风	315
25-1 换气次数	315
25-2 风压	317
25-3 渗透阻力	320
25-4 渗透风引起的房间换气量	323
第二十六章 烟囱效应	328
26-1 烟囱效应的原理	328
26-2 烟囱效应产生的结露	331
26-3 烟囱效应与风	331
26-4 向室内加压	333
26-5 压力分布与渗入、渗出的风量	334
26-6 烟囱效应与火灾时的烟	337
第二十七章 回路网络	341
27-1 回路的一般式	341
27-2 回路网络的类比	345
27-3 管网	346
第二十八章 传湿	350
28-1 结露	350
28-2 屋顶洒水	352
28-3 由于通风换气的传湿	355
28-4 吸湿与放湿	358
第二十九章 得热与空调负荷	362
29-1 得热	362
29-2 照明发热引起的负荷	364
29-3 人体及用具发热引起的负荷	370
29-4 透过玻璃窗的日射	372
29-5 玻璃窗的传热	376
29-6 外墙的传热	379
第三十章 间歇空调	381
30-1 室温变化与热负荷	381
30-2 房间的热容量	383

30-3	应用热容量质点系的数值解	384
30-4	解析解	390
30-5	用加权系数法求解	395
参考文献		403
附录一	水与空气的物性值	407
附录二	绝对温度的四次方数值表	408
附录三	单位换算表	413

第一篇 基础篇

第一章 环境空间与设备系统

1-1 舒适环境

从质量方面考虑建筑物中的空间时，会有着各种各样的环境空间。建筑设备的目的，概括来说，便是使这一环境空间能够得到舒适。那么所谓舒适又是怎样的呢？很遗憾，迄今尚缺乏能用一个数字表示出来的指标。比如，室内温度尽管合适，可是常常议论纷纷；亮度也许正好合适，但由于人多而环境闷热，综合考虑，也仍然称不上舒适。至于象水、电一类现代生活中不可或缺的东西一旦停止供应，从广义角度来谈，也无舒适可言。由此看来，影响环境的因素是多种多样的，如果其中一项不合适，就不能称此环境为舒适。此外，决定环境的各项因素都有一定的舒适范围，而且舒适与否却又很难严格区分。所谓建筑设备，就此意义而论，可以说就是用来维持舒适环境的系统^①。

根据著者的看法，要把影响环境质量的要素分类列举出来，则如表 1-1 所示。表中右侧列出的有关热、空气、光、声等项物理量，可以认为是影响环境的因素。而各项因素却又有各自的舒适范围或舒适界限。此外，可认为几个因素的组合也可构成各种不同的指标。如实感温度之类即是一例，这是环境指标之一，关于这一指标，还要在第六章中探讨。

① 为了某种目的而工作的一些因素的组合物。

表 1-1

物 理 量	支 配 环 境 的 因 素
有关热的方面	温度、湿度、辐射
有关空气方面	气流速度、灰尘、有害物、离子浓度、臭气
有关光的方面	照度、眩光、色彩、能见度
有关声的方面	噪声、振动、可听度

1-2 能量的供给、分配、循环、排泄及储藏

为了创造出舒适环境,必须使表 1-1 中的热、空气、光、声等项因素保持舒适性,而且在此舒适环境中,为了人们的活动就需要能量。所应供给的能量有水^①、电、煤气、煤和石油等。所应排除的则有污水、臭气、灰尘、污染空气和废热等。而对这些进行控制调节的便是建筑设备。此种系统乍看似乎复杂,但其原理却很简单,无非是供给、分配系统及排泄、循环及储藏系统。

此外,还有采光上需要的阳光辐射能、人工照明利用的电能、使用空间的人体所散发的热量、为了换气而引进新风所带入的热量等等。以上这些能量便成为全部空气调节设备的控制对象,也可将这些能量称为侵入环境空间的能量。

供给食堂的食物最终都成了垃圾与尘埃,为了对它们进行处理,就需要供水,这样便需要排泄设备系统。

设想发生火灾时,为了熄灭燃烧热能,也需要使消防水保持随时可以供应的状态。

为了创造舒适环境而供给的能量,也并非全部都有效地发挥作用,其中某些部分,在建筑物中又再转化为不需要的能量。

如果从功能上将建筑设备加以分类,则如表 1-2 所示。

① 水本身是一种物质而不是能量,此处由于经泵加压通过给水管道送至建筑物内,所以从广义而论,可以看作是一种能量。

表 1-2

空气调节设备	采暖、供冷、空气净化、排气
给、排水设备	给水、排水、污水、消防
电器设备	照明、电梯及机器用的动力
煤气设备	煤气

除了特殊情况外，基本上可大致分为以上四种。学习设备基础理论时，首先必须经常记住哪些是存在的问题，同时着手解决这些问题。图1-1表示一幢建筑物处在自然环境影响下，由能源

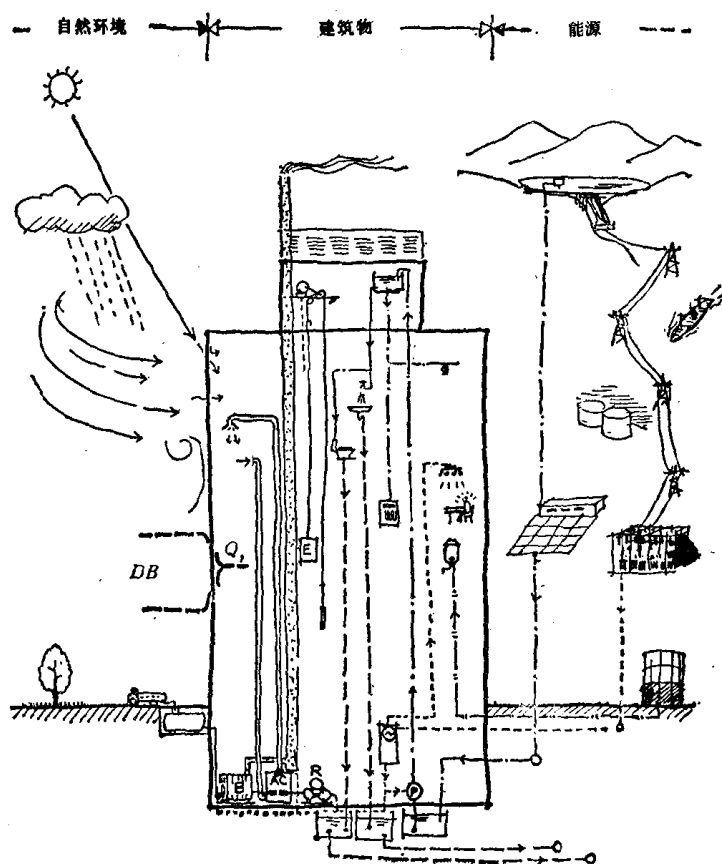


图 1-1

取得一些能量,从而使建筑设备得以工作的状况。在图1-2^①中,特将建筑物内部设备的供给、分配、循环及排泄系统简略地作一表示。

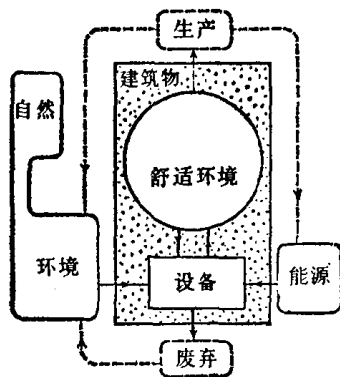


图 1-2

【例题 1-1】 在围绕着建筑物的环境与能量的供给和排泄之间的关系中,试用图解表示建筑设备的作用。

【解】 对于这一解释可用各种图示表达,著者所用的如图 1-2 所示。在此图中,为了在建筑物中创造舒适环境,必须供给设备能量。设备一方面受到室外空气及日射等自然环境的影响,另一方面则

将所供给的能量实际应用,以便发挥它的功能,此时在所供给的能量中有些不能有效使用,而以煤烟、灰尘、污水之类的形式被排除出去,最后又还原给大自然。因此自然环境便不再是原来真正的大自然,正如图上靠边表示的格局那样,即原来真正的大自然位在远方。此外,人类生产活动按照理想也要在舒适环境中进行,能源的开发与社会的进步都依靠于此,但另一方面工厂的排水、车辆排除的废气之类却又都直接干扰自然环境,这一点也不容忽视。

这样,建筑设备的功能就是以创造舒适环境作为它的主要目的,而另一方面在使大自然受到损害的恶性循环中却又起着作用。因此,在研究和实际工作中,必须时常记住这一点,应当经常考虑到在城市和大自然中建筑设备所担负的任务。

1-3 系统与类 比

在建筑设备中,由于一些不同的目的会产生一些不同的设备。然而,正如前节所述,设备系统的作用,在于用供给的能量来调节侵入的能量,因而不同的设备在功能上却多有共同的性

^① 此处原书为“表1-2”,似为“图1-2”之误——译注。

质。本书打算使读者在理解这些共同因素的同时，能够掌握所领会到的基础理论。想用类比法说明以下一些基本规律，例如：

欧姆定律中的电流、电位差与电阻之间的关系（第三章）；

韦伯-费希纳（Weber-Fechner）定律中的刺激与感觉之间的关系（第六章）；

各种能量的吸收、反射与透射（第七章）；

能量共同的衰减性状（第八章）；

能量的扩散与传播（第九章）；

辐射与采光照明所共用的形态系数（第十章）。

以下对系统和类比再作一些一般性的说明。

有某一系统，如果对这系统给以输入，又在这一系统中作某些变换，那么就会用某种形式出现输出。这时输入与输出之间的关系就是这一系统所特有，因而一般称为这一系统的特性。在图1-3中用图表示出这样的关系来。

当已知系统特性时，只要给予输入，便立刻可以求得输出。因此，从种种意义上来探讨系统的特性，可以认为在设备基础理论方面有着重要地位。正如前所述，很多情况是用完全相同的性质来表示不同现象，因此对这些现象用各种系统来类比，可以认为会有利于问题的理解的。

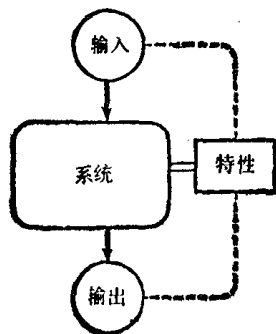


图 1-3

因此，如果将图1-3所示的输入、输出与系统的特性之间的关系，经常萦绕在头脑中，就容易理解各个部分的内容。

第二章 基本量及其单位

2-1 符号和单 位

首先将本书中所用的各种量的符号、名称及其单位，按字母顺序排列索引表示在表 2-1 中。各种技术书籍和参考书籍所用的符号随着作者而异，在本书中尽可能采用一些常用符号，为了尽量避免重复，著者注意了采用统一的符号。虽然其中难免出现以同样符号表示不同量的情况，但是一般说来，所用符号即使有些重复，只要不致引起混乱或造成误解，也还可以照旧使用。

各项常数

C_b : 黑体辐射常数 4.88 (千卡/米²·小时·°K)

σ : 黑体辐射常数 4.88×10^{-8} (千卡/米²·小时·°K)

g : 重力加速度 9.80 (米/秒²)

R : 阿弗加德罗常数 847.83 (公斤/°K·公斤)

A : 功热当量 $1/426.79$ (千卡/公斤·米)

J : 热功当量 426.79 (公斤·米/千卡)

符 号 表

表 2-1

符号	名 称	英 文 名 称	单 位
A	面积(尤指截面积)	area	米 ²
a	热扩散系数或导温系数	thermal diffusivity	米 ² /小时
B	亮 度	brightness	新烛光①/米 ²
C	浓 度	concentration	公斤/米 ³
C	热 导	thermal conductance	千卡/米 ² ·小时·°C
C_p	定压比热	constant-pressure specific heat	千卡/公斤·°C
C_v	定容比热	constant-volume specific heat	千卡/公斤·°C
C	风压系数	coefficient of wind pressure	—
c	光速或声速	velocity of light or sound	米/秒

续表

符号	名 称	英 文 名 称	单 位
D	扩散系数	diffusion coefficient	米 ² /小时
d	直 径	diameter	米
E	照 度	illumination	勒克斯(lx)
E	能 量	energy	千卡
F	光 通 量	light flux	流明(lm)
F	(全)形态系数	form factor	—
F	力	force	公斤(重)
f	水汽压力	water vapor pressure	毫米汞柱
G	流 量	rate of mass flow	公斤/小时
G	重 量	weight	公 斤
G	电 导	conductance	Ω
g	通 风 量	rate of ventilation	公斤/小时
H	热 流	total rate of heat flow	千卡/小时
h	太阳高度	solar altitude	度
I	声能密度(或声强)	sound intensity	瓦/米 ²
I	日 射 量	solar radiation	千卡/米 ² ·小时
i	焓	enthalpy	千卡/公斤
i	电流强度	electric current intensity	安(A)
J	放 射 度	radiocity	千卡/米 ² ·小时
K	总传热系数	overall heat transfer coefficient	千卡/米 ² ·小时·°C
k_x	传质系数(以绝对湿度为基准)	mass transfer coefficient	公斤/米 ² ·小时(公斤/公斤')
k_c	传质系数(以浓度为基准)		公斤/米 ² ·小时(公斤/米 ³)
k_p	传质系数(以压力为基准)		公斤/米 ² ·小时(毫米水柱)
k_i	传质系数(以焓为基准)		公斤/米 ² ·小时(千卡/公斤')
L	水 流 量	rate of water flow	公斤/小时
L	功	work	公斤·米
L	声 强 级	sound intensity level	分贝(dB)
l	长 度	length	米
M	质 量	weight, Menge(德)	公斤·秒 ² /米
M	平 均 值	mean	—
m	质量(分子量)	molecular weight	秒 ² /米

续表

符号	名 称	英 文 名 称	单 位
N	分子扩散量	rate of diffusion	千克分子/米 ² ·小时
n	换气次数	air change rate	次/小时
n	分子密度	molecular density	千克分子/米 ³
P P'	湿 导	moisture conductance	P, P_i 为克/米 ² ·小时·毫米汞柱
P_i P'_i		overall moisture transfer coefficient	P', P'_i 为公斤/米 ² ·小时(公斤/公斤')
p	压 力	pressure	公斤/厘米 ² , 公斤/米 ² , 毫米水柱
Q	热 量	quantity of heat	千卡
Q	热 容 量	heat capacity	千卡/°C
Q	风量, 通风量	rate of air flow, rate of air ventilation	米 ³ /小时
q	热 流	rate of heat flow	千卡/米 ² ·小时, 千卡/公斤
R	(总)热阻	overall thermal resistance	米 ² ·小时·°C/千卡
R	电 阻	electric resistance	欧(Ω)
r	热阻系数	thermal resistivity	米·小时·°C/千卡
r	半 径	radius	米
S	表 面 积	surface area	米 ²
s	熵	entropy	千卡/公斤·°K
T	绝对温度	absolute temperature	°K
t	时 间	time	小时
U	内 能	internal energy	千卡
u	x 方向的速度	velocity in x direction	米/秒
V	体积, 容积	volume	米 ³
V	电位, 电势	electric potential	伏(V)
V	明 度	value	—
v	速度, y 方向的 速度	velocity	米/秒
v	比 容	specific volume	米 ³ /公斤
W	电 力	wattage, power	瓦
W	热损失系数	heat loss coefficient	千卡/小时·°C
w	传 湿 量	rate of moisture transfer	克/米 ² ·小时