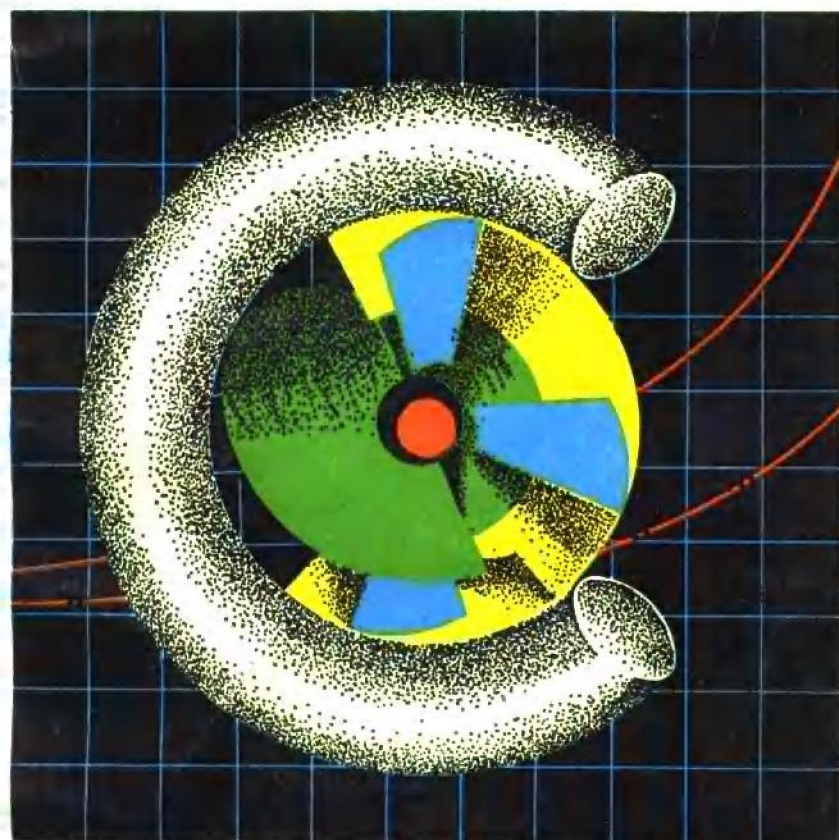


陈沛霖 岳孝芳 主编

# 空调与制冷技术手册



同济大学出版社

## 内 容 提 要

本手册是一本空调和制冷技术专业的工具书。书中系统地介绍了空调和制冷的基本原理和有关应用问题,内容分空调和制冷两大部分。取材原则以实用为主,宗旨是使读者借助本手册能独立解决空调和制冷领域中有关系统运行和测定及设备维护的常见技术问题。此外,有关运行和管理工程技术人员在本手册的帮助下也能作一般的工程设计计算。

本手册供空调和制冷工程技术人员参考,也可作为专业培训用教材和大专学校有关专业学生的教学参考书。

责任编辑:姜富明 张平官

封面设计:李志云

## 空调与制冷技术手册

陈沛霖 岳孝方 主编

同济大学出版社出版

(上海四平路 1239 号)

新华书店上海发行所发行

上虞科技外文印刷厂排版

常熟市印刷二厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张: 31 插页: 25 字数: 957 千字

1990 年 7 月第一版 1990 年 10 月第二次印刷

印数: 4501-6000 定价: 15.00 元

ISBN7-5608-0594-9/TB·17

# 前 言

近年来我国的空调事业取得了迅速的发展，目前已形成了一支庞大的从事空调和制冷设备及系统的设计、生产、安装和运行管理的专业队伍。本手册的编写目的是向他们提供一本实用而方便的工具书。

本手册的内容侧重于介绍夏季空调的有关问题，编排上分空调和制冷两大部分。编写的宗旨是：

1. 注重“新”和“实用”。所谓“新”，就是要尽量反映近年来出现的、并得到应用的新技术和新方法。对尚属于发展中的最新动向也作简要的介绍。所谓“实用”，就是重点介绍的是常遇的应用技术问题。对每一问题首先是简明扼要地说明其基本原理，而更注重的是介绍它们的解决方法。凡涉及要作计算的，尽量使之图表化，以避免读者作繁复的计算。此外，还注意通过实例来介绍各种计算方法的具体应用。

2. 对不属于空调范畴，但是在原理上相同的内容，也视可能条件列入书中，如冷藏、家用电冰箱。

3. 许多基层单位常要求空调、制冷技术人员懂得基本的电工知识，为此在手册中专列一章“空调与制冷常用电工设备”以介绍空调、制冷装置中必要的电动机和其他有关电气设备的技术知识。目的是使读者参考本章后能独立解决一些基本的电气问题。

4. 书中全部应用国际制单位（除了个别地方由于资料来源问题，有些数据的单位没有完全符合国际制单位体系的规定）。考虑到我国有相当多的技术工作者目前还比较习惯于米制单位，有些数据后面用括号列出以米制单位表达的数值。此外，在书首附有国际制、米制和英制单位换算表。

本书是作者们在多年的教学、科研和其他的实践工作的基础上编写出来的，由陈沛霖和岳孝方主编。各编写者所承担的章次为绪论、第1,2和3章陈沛霖；第4章和第10章的部分内容张恩泽；第5,6和第8章刘传聚；第7和第9章秦慧敏；第10章的部分内容和第11章汪文晃；第12,14,16,17,19,20章和第18章部分内容岳孝方；第13,15,21章和第18章部分内容陈汝东。

姜富明和赵建明两位同志也参加了编写工作。

本书是第一次出版，有待于今后的使用过程中发现问题，再作修改和提高，故热忱欢迎读者们提出改进意见。

编 者

1989年3月

# 目 录

基本符号表 .....	1
单位换算表 .....	3

## 第一篇 空气调节

<b>第1章 湿空气的性质 .....</b>	<b>3</b>
1.1 湿空气的组成 .....	3
1.2 湿空气的状态 .....	4
1.3 湿空气参数的计算和焓湿图 .....	10
1.3.1 已知空气的温度和相对湿度,求其他参数 .....	10
1.3.2 已知空气的温度和含湿量,求其他参数 .....	11
1.3.3 已知空气的焓和含湿量,求温度和相对湿度 .....	11
1.3.4 已知空气的温度和焓,求含湿量和相对湿度 .....	12
1.4 湿空气焓湿图 .....	12
1.5 焓湿图的应用 .....	14
1.5.1 热湿比 .....	14
1.5.2 等湿加热或等湿冷却 .....	15
1.5.3 等焓加湿 .....	16
1.5.4 等温加湿 .....	17
1.5.5 减焓减湿 .....	17
1.5.6 两种不同状态空气的混合 .....	18
1.5.7 应用实例 .....	20
1.6 湿球温度和露点温度 .....	23
1.6.1 湿球温度 .....	23
1.6.2 露点温度 .....	25
1.7 湿空气的密度 .....	26

1.8	湿空气参数的表格 .....	27
1.8.1	已知空气的温度 $t$ 和含湿量 $x$ , 查空气的焓 $h$ .....	27
1.8.2	已知空气的温度 $t$ 和所在地区, 查饱和空气的焓 $h_b$ .....	27
1.8.3	已知空气的温度 $t$ 和所在地区, 查饱和空气的含湿量 $d_b$ ( $d_a = 0.001 x_b$ ) .....	34
1.8.4	已知空气的温度 $t$ 和相对湿度 $RH$ , 查湿空气的含湿量 $d$ ( $d = 0.001 x$ ) .....	36
1.8.5	已知空气的温度 $t$ 和含湿量 $d$ ( $d = 0.001 x$ ), 查相对湿度 $RH$ .....	36
1.8.6	已知干球温度 $t$ 和干湿球温差 $\Delta t$ , 求空气的含湿量 $d$ ( $d = 0.001 x$ ) .....	36
1.8.7	已知空气的温度 $t$ 和相对湿度 $RH$ , 查空气的湿球温度 $t_s$ .....	37
1.8.8	已知空气的温度 $t$ 和含湿量 $d$ ( $d = 0.001 x$ ), 查湿空气的密度 $\rho$ .....	37
<b>第2章</b>	<b>室内和室外空气设计参数</b> .....	<b>88</b>
2.1	室内空气设计参数 .....	88
2.1.1	舒适性空调的室内空气设计参数 .....	88
2.1.2	工艺性空调的室内空气设计参数 .....	89
2.2	室外空气设计参数 .....	92
<b>第3章</b>	<b>空调热湿负荷和送风量的确定</b> .....	<b>99</b>
3.1	计算空调热湿负荷的目的 .....	99
3.2	空调房间送风量和送风状态参数的确定 .....	100
3.3	送风中的新风量 .....	104
3.4	室内热源造成的负荷 .....	106
3.4.1	人体散热和散湿 .....	106
3.4.2	照明灯具散热 .....	106
3.4.3	用电设备的散热 .....	108
3.4.4	其他设备散热 .....	109

3.5	室外热源造成的负荷	109
3.5.1	关于太阳的基本知识	109
3.5.2	关于室外空气温度	111
3.5.3	通过玻璃窗进入室内的太阳辐射热	112
3.5.4	通过外墙和屋顶从室外传进室内的热量	130
3.6	新风负荷和制冷系统负荷	139
3.7	空调负荷的概算指标	140
附录	热传系数的计算方法	141
<b>第4章</b>	<b>空调设备</b>	<b>146</b>
4.1	空气的热、湿处理设备	146
4.1.1	空气热、湿处理的途径及使用的设备	146
4.1.2	喷水室	147
4.1.3	表面式换热器	169
4.1.4	空气热、湿处理的其他设备	196
4.2	空气的净化处理设备	201
4.3	常用的空调设备	214
<b>第5章</b>	<b>空气调节系统</b>	<b>219</b>
5.1	全空气空调系统的原理及组成	219
5.1.1	系统的组成	220
5.1.2	系统的工作原理	221
5.2	全空气空调系统的运行管理	230
5.2.1	新风状态变化时的运行调节方法	231
5.2.2	室内负荷变化时的运行调节方法	232
5.2.3	空调系统运行中的故障及排除	234
5.3	风机盘管空调系统的原理及组成	236
5.3.1	系统布置、新风供给方式及水管系统	236
5.3.2	风机盘管机组的选择计算	240
5.4	风机盘管空调系统的运行管理	242
5.4.1	风机盘管机组的局部调节方法	243
5.4.2	风机盘管空调系统的全年运行调节	243

5.4.3	维护管理	244
5.5	诱导器空调系统	245
5.5.1	诱导系统的设计	247
5.5.2	诱导器空调系统的调节及管理	248
5.6	空调系统的气流组织	249
<b>第6章</b>	<b>风管系统</b>	<b>253</b>
6.1	风管系统的设计	253
6.1.1	风管系统设计的原则	253
6.1.2	风管阻力计算	253
6.1.3	风管系统设计中的几个问题	263
6.2	风管系统的保温	267
6.2.1	保温层厚度的计算	268
6.2.2	保温材料的选择	271
6.3	空调工程中常用通风机	272
6.3.1	离心式通风机	272
6.3.2	轴流式通风机	274
6.3.3	通风机的性能	275
6.3.4	通风机在管路系统中的工作	279
附录	6.1, a) 圆形标准风管规格	281
附录	6.1, b) 矩形标准风管规格	282
附录	6.2 莫迪图	284
附录	6.3 薄钢板风管的比摩阻线解图	285
附录	6.4 矩形风管流量当量直径表	287
附录	6.5 局部阻力系数	293
<b>第7章</b>	<b>水管系统</b>	<b>315</b>
7.1	水管系统的形式	315
7.1.1	开式系统和闭式系统	315
7.1.2	定水量系统和变水量系统	316
7.1.3	单式水泵供水系统和复式水泵供水系统	317
7.1.4	同程式回水方式和异程式回水方式	318



7.2	水管系统的设计计算	319
7.2.1	能量方程式	319
7.2.2	管段的阻力计算	321
7.2.3	系统的水力计算原理和水压分布图	337
7.2.4	水泵选择及其应用	340
7.3	空调水管系统的布置方法	351
7.3.1	表冷器的配管布置	351
7.3.2	喷水室的配管布置	353
7.3.3	冷却塔的配管布置	356
7.3.4	水泵的配管布置	357
7.3.5	膨胀水箱的配管布置	358
7.4	设备和附件的配管设计方法	360
7.4.1	冷却塔	360
7.4.2	喷水室	363
7.4.3	回水箱和回水泵	364
7.4.4	膨胀水箱	366
7.4.5	集水器和分水器	368
7.4.6	除污器和水过滤器	369
7.5	管材、管件和保温	369
7.5.1	管材	369
7.5.2	管道连接件	372
7.5.3	管道保温	372
7.6	管道系统试验	376
<b>第 8 章</b>	<b>空调系统的消声、隔振与防火、排烟</b>	<b>378</b>
8.1	空调系统的消声	378
8.1.1	噪声的基本概念与评价标准	378
8.1.2	空调系统的噪声源	388
8.1.3	噪声控制	393
8.2	空调装置的减振	398
8.3	空调系统的防火	402

8.4	民用建筑的防烟、排烟	406
8.4.1	自然排烟	407
8.4.2	机械排烟	408
8.4.3	防烟加压系统	409
8.4.4	密闭防烟	411
8.5	防火规范简介	411
附录 8.1	金属风管内的噪声衰减量[dB/m]	414
附录 8.2	支通道的噪声衰减量	414
附录 8.3	弯头的噪声衰减量[dB]	415
附录 8.4	单变径管的噪声衰减量	415
附录 8.5	风口反射损失计算图	416
附录 8.6 a)	直角弯头(贴吸声材料)的消声量	416
附录 8.6 b)	消声弯头的消声量	417
附录 8.6 c)	共振型消声弯头	417
附录 8.6 d)	消声静压箱的消声量线算图	418
附录 8.6 e)	微穿孔板消声器	418
附录 8.7 a)	风冷式窗式空调器噪声声功率级	419
附录 8.7 b)	风机盘管机组及诱导器噪声声功率级	419
附录 8.7 c)	水冷式室内空调机噪声声功率级	419
<b>第 9 章</b>	<b>空调整能技术</b>	<b>420</b>
9.1	与空调整能有关的建筑因素和环境因素	420
9.1.1	空调能耗的构成	420
9.1.2	与空调整能有关的诸建筑因素	422
9.1.3	计算空调能量需要量用的室外空气参数	423
9.2	减少新风负荷、降低新风能耗	428
9.2.1	新风负荷的计算	428
9.2.2	降低新风负荷的措施	430
9.2.3	空调系统新风负荷的计算实例	434
9.3	经济能源在空调中的利用	435
9.3.1	室外新风供冷	435

9.3.2	间接蒸发冷却供冷	436
9.4	空调系统设计和运行管理中的节能技术	438
9.4.1	选定合理的空气处理方法	438
9.4.2	提高输能效率,利用变流量技术降低运行能 耗	441
9.4.3	应用蓄能技术	451
9.5	空调排风能量回收装置	455
9.5.1	空气-空气全热(或显热)交换器	455
9.5.2	热管换热器	465
<b>第 10 章</b>	<b>空调系统的测试与调整</b>	<b>470</b>
10.1	空调测试常用仪器	470
10.1.1	温度的测量	470
10.1.2	相对湿度的测量	504
10.1.3	压力的测量	508
10.1.4	流速的测量	514
10.1.5	流量的测量	520
10.1.6	其他参数的测量	528
10.2	空调系统的测定与调整	528
10.2.1	空调系统风量的测定与调整	528
10.2.2	空气热湿处理过程的测定	537
10.2.3	室内空气参数的测定	541
10.2.4	测定与调整中问题的分析和改进方法	543
<b>第 11 章</b>	<b>空调与制冷常用电工设备</b>	<b>547</b>
11.1	三相异步电动机	547
11.1.1	异步电动机的转动原理	547
11.1.2	三相异步电动机的构造	548
11.1.3	三相异步电动机的工作原理	562
11.1.4	三相异步电动机的转差率	565
11.1.5	三相异步电动机的电磁转矩	565
11.1.6	三相异步电动机的机械特性	577

11.1.7	三相异步电动机的功率选择 .....	577
11.2	三相变极多速异步电动机 .....	579
11.2.1	YD系列变极多速异步电动机 .....	580
11.2.2	YD-F系列变极多速异步电动机 .....	598
11.3	电磁调速三相异步电动机 .....	598
11.3.1	JZT(或YCT)系列电磁调速异步电动机 .....	601
11.3.2	YCTD系列电磁调速异步电动机 .....	607
11.3.3	YCTT(JZTT)系列变极电磁调速异步电动机 .....	615
11.4	三相异步电动机的起动及其电器和导线的选用 .....	615
11.4.1	直接起动法(包括导线的选用与敷设) .....	615
11.4.2	降压起动法 .....	652
11.4.3	变极异步电动机的控制电路 .....	660
11.5	三相异步电动机的使用与注意 .....	661
11.6	电加热器及其使用 .....	663
11.6.1	单相交流电阻负载电路 .....	663
11.6.2	对称三相交流电阻负载电路 .....	668
11.6.3	管状电加热元件 .....	671
11.7	交流电基本参数的测量 .....	681
11.7.1	电工仪表的一般知识 .....	681
11.7.2	交流电压与电流的测量 .....	682
11.7.3	交流电功率的测量 .....	683

## 第二篇 制冷技术

<b>第12章</b>	<b>蒸汽压缩式制冷循环 .....</b>	<b>693</b>
12.1	蒸汽压缩式制冷的主要设备 .....	693
12.2	蒸汽压缩式理论制冷循环 .....	694
12.2.1	制冷剂的 $\lg P-h$ 图 .....	695
12.2.2	蒸汽压缩式理论制冷循环在 $\lg P-h$ 图上的表	

示 .....	697
12.3 蒸汽压缩式理论制冷循环的热力计算 .....	698
12.3.1 热力计算的基本公式 .....	698
12.3.2 液态制冷剂过冷和吸气过热的制冷循环 .....	700
12.3.3 回热制冷循环 .....	702
12.3.4 双级制冷循环 .....	704
12.3.5 复叠式蒸汽压缩制冷循环 .....	713
<b>第 13 章 制冷剂和载冷剂</b> .....	<b>716</b>
13.1 制冷剂 .....	716
13.1.1 对制冷剂的要求 .....	716
13.1.2 制冷剂的种类 .....	717
13.1.3 常用制冷剂的性质 .....	721
13.2 载冷剂 .....	730
13.2.1 对载冷剂的要求 .....	730
13.2.2 常用的载冷剂 .....	731
<b>第 14 章 制冷压缩机</b> .....	<b>740</b>
14.1 活塞式制冷压缩 .....	740
14.1.1 活塞式制冷压缩机的分类 .....	740
14.1.2 活塞式制冷压缩机的总体结构和主要零 部件 .....	741
14.1.3 活塞式制冷压缩机的工作性能 .....	752
14.2 螺杆式制冷压缩机 .....	764
14.2.1 螺杆式制冷压缩机的结构和工作原理 .....	764
14.2.2 螺杆式制冷压缩机的运行调节 .....	768
14.3 偏心滚动转子式制冷压缩机 .....	770
14.4 涡旋(涡线)式制冷压缩机 .....	771
14.5 离心式制冷压缩机 .....	772
14.5.1 离心式制冷压缩机的构造和工作原理 .....	772
14.5.2 离心式制冷压缩机的调节 .....	773
<b>第 15 章 冷凝器和蒸发器</b> .....	<b>775</b>

15.1	冷凝器	775
15.1.1	冷凝器的构造及特点	775
15.1.2	冷凝器的传热系数	780
15.1.3	冷凝器的选择计算	786
15.2	蒸发器	790
15.2.1	蒸发器的构造及特点	791
15.2.2	蒸发器的传热系数	795
15.2.3	蒸发器的选择计算	799
<b>第 16 章</b>	<b>制冷剂的节流机构</b>	<b>802</b>
16.1	手动调节阀	802
16.2	浮球调节阀	802
16.3	热力膨胀阀	804
16.3.1	内平衡热力膨胀阀工作原理	805
16.3.2	外平衡热力膨胀阀工作原理	807
16.3.3	热力膨胀阀的安装	808
16.4	热电膨胀阀	809
16.5	毛细管	810
<b>第 17 章</b>	<b>辅助设备和自控装置</b>	<b>812</b>
17.1	辅助设备	812
17.1.1	油分离器	812
17.1.2	贮液器	813
17.1.3	过滤干燥器	814
17.1.4	热交换器	815
17.1.5	熔塞	815
17.2	自控装置	816
17.2.1	自动控制阀	816
17.2.2	继电器	823
<b>第 18 章</b>	<b>制冷系统</b>	<b>832</b>
18.1	制冷设备的选择计算	832
18.2	制冷机房和设备布置	838

18.3	制冷剂管道的设计	839
18.3.1	管道材料及连接	839
18.3.2	管径的确定方法	842
18.3.3	制冷剂管道的布置原则	853
18.4	制冷机组	861
18.4.1	活塞式冷水机组	861
18.4.2	活塞式冷、热水机组	864
18.4.3	螺杆式冷水机组	869
18.4.4	离心式冷水机组	869
18.4.5	空调机组	871
<b>第19章</b>	<b>制冷系统的调试和维护</b>	<b>882</b>
19.1	调试前的准备工作	882
19.2	制冷系统的试漏	883
19.2.1	压力检漏	883
19.2.2	真空检漏	888
19.3	制冷剂的充加和制冷系统的调试	890
19.3.1	制冷剂的充加	890
19.3.2	制冷系统的调试	892
19.4	制冷装置的常见故障和排除方法	893
19.4.1	电路系统的常见故障和排除方法	893
19.4.2	制冷系统的常见故障和排除方法	894
19.5	制冷装置的维护和保养	897
<b>第20章</b>	<b>食品冷</b>	<b>900</b>
20.1	食品冷藏库	900
20.2	食品冷加工和冷藏条件	902
20.3	食品的冻结和冷藏方法	904
20.3.1	空气自然对流法	905
20.3.2	强制空气循环法	905
20.3.3	半接触冻结法	906
20.3.4	带式流态床冻结法	906

20.4	气调冷库和夹套式冷库	908
20.4.1	气调冷库	908
20.4.2	夹套式冷库	909
20.5	食品的冷藏运输	910
20.5.1	保温车	910
20.5.2	机械冷藏车或冷藏船	910
20.5.3	蓄冷板冷藏车	910
20.5.4	冷藏集装箱	911
20.6	冷藏陈列柜	911
20.7	家用电冰箱	911
20.7.1	家用电冰箱的结构	912
20.7.2	家用电冰箱的分类	915
20.7.3	家用电冰箱的使用和保养	917
<b>第 21 章</b>	<b>溴化锂吸收式制冷</b>	<b>920</b>
21.1	溴化锂水溶液的性质及图表	921
21.1.1	溴化锂水溶液的性质	921
21.1.2	溴化锂水溶液的图表	922
21.2	溴化锂吸收式制冷机的工作原理	923
21.3	溴化锂吸收式制冷机的热工计算	928
21.3.1	热力计算	928
21.3.2	设备传热面积的计算	932
21.3.3	加热蒸汽的消耗量及泵的流量计算	934
21.4	溴化锂吸收式制冷机的辅助设备和附加措施	940
21.4.1	辅助设备	940
21.4.2	附加措施	943
21.5	溴化锂吸收式制冷机的性能	943
21.6	冷量的自动调节	947
21.7	两效溴化锂吸收式制冷机	948
21.8	其他型式的溴化锂吸收式制冷机	951



# 第一篇 空气调节

空气调节是一门维持室内良好的热环境的技术。这里所谓的热环境是指室内空气的温度、湿度、空气流动速度、洁净度、新鲜度等。空气调节(简称空调)系统的作用是根据使用对象的要求使上述参数部分或全部达到规定的指标。

空调可以有各种各样的对象,但是总起来说可以分成两类:

1. 舒适性空调 其目的是造成室内空气具有良好的参数,以向人们提供一个适宜的工作或生活环境,从而有利于提高工作效率或维持良好的健康水平。

2. 工艺性空调 空调的作用是满足室内的生产、科研等工艺过程所要求的空气参数。如果这些参数要求得不到满足,室内的工作就无法进行,或者产品(或科研)的质量得不到保证。

根据空调的作用时间,还可分为季节性空调和全年空调。季节性空调只是在一年的部分时间中工作,比如夏季空调只是在炎热季节工作以保持室内空气的温湿度。全年空调是全年要工作的,即全年要保证室内空气维持规定的状态,恒温恒湿空调系统就属这一类型。

典型的空调方法是将经过空调设备处理到一定参数的空气送入室内(送风),同时从室内排除相应量的空气(排风)。在这送排风的同时作用下,就能使室内空气保持要求的状态。

由此可见,空调系统应当包括以下几个组成部分:

1. 空气处理设备 其作用是将送风空气处理到一定的状态。

2. 冷源或热源 这是空气处理过程所必须的。热源是用来提供热能来加热送风空气的。常用的热源有提供蒸汽或热水的锅炉或直接加热空气的电热设备。一般,向空调建筑物(或建筑群)供热的锅炉房,同时也向生产工艺设备和生活设施供热,所以它不