

建筑节能设计与实践丛书

建筑采暖与空调 节能设计与实践

班广生 刘忠伟 余 鹏 主编

中国建筑工业出版社

建筑节能设计与实践丛书

建筑采暖与空调节能设计与实践

班广生 刘忠伟 余 鹏 主编

中国建筑工业出版社

前 言

2009年12月,全球有史以来最大规模和最高规格的环境会议——哥本哈根大会,将全球气候变暖这个世界性的问题摆在了世人面前。哥本哈根会议成为一种启蒙,使“低碳生活”、“低碳经济”、“低碳建筑”、“低碳社区”等等词汇逐渐为社会所熟知。建筑节能减排备受关注。有资料表明:若未来10年中国能效曲线能达到全球目前平均水平,中国单位GDP能耗的下降空间高达50%,其中近30%将来自于节能。传统行业的节能中建筑节能为主要节能途径之一。

在建筑领域,低碳生活的精髓在于注重用科技手段解决建筑节能减排问题,低碳建筑的目标应在于实现节能、节水、节材、保护环境和减少污染,更加注重人的舒适以及人与自然的和谐,任重而道远。

我国的建筑节能起步落后于发达国家,但并不妨碍我们将技术目标瞄准世界前沿,同时,我国特有的广袤区域、不同的气候条件,又为建筑节能提供了广阔的施展领域。因此,随着新产品、新材料、新技术、新工艺的不断涌现,一方面要关注设计、应用等实际环节的有效性,另一方面要不断调整和整理我们的认识,接受新思维、新意识、新观念,结合我国实际特点,形成适合我们自己特有的建筑节能技术体系。

毫无疑问,继续深化建筑节能技术的研究,对推进建筑节能对于我国应对气候变化、推动低碳经济发展具有重要意义。

当时之际,出版这套书,希望有益。

感谢本书的各章作者及关心并鞠劳审阅、参与的各位行业人士。

本书各章作者如下:

冀光良,第1章绪论;杨仕超,余鹏,第2章采暖空调节能设计的基本要求,第8章太阳能,第10章节能检测;陈焕新,余鹏,第3章冷热源;马校飞,杜永恒,第4章采暖与供热;马扬,陈焕新,第5章空气调节;余鹏,第6章辐射供暖和供冷;陈焕新,第7章热泵技术;吴培浩,第9章节能控制。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 采暖节能	1
1.1.1 概述	1
1.1.2 能耗问题	1
1.1.3 节能措施	1
1.2 空调节能	2
1.2.1 概述	2
1.2.2 能耗问题	2
1.2.3 节能措施	2
1.3 建筑节能设计标准(暖通空调部分)	3
1.3.1 居住建筑	3
1.3.2 公共建筑	4
1.3.3 施工验收	4
1.3.4 运行管理	4
参考文献	4
第2章 采暖空调节能设计的基本要求 ...	6
2.1 影响暖通空调系统能耗的因素	6
2.2 暖通空调系统的节能设计	6
2.2.1 节能设计原则	6
2.2.2 节能设计方法	7
参考文献	9
第3章 冷热源	10
3.1 制冷空调用强化传热技术	10
3.1.1 概述	10
3.1.2 强化传热的原则	10
3.1.3 单向介质管内对流换热的强化	12
3.1.4 单向介质管束外对流换热的强化	14

3.1.5 单相介质对流换热的耗功强化技术	15
3.1.6 沸腾换热的强化	17
3.1.7 凝结换热的强化	18
3.2 蓄冷技术	19
3.2.1 概述	19
3.2.2 水蓄冷空调概述	21
3.2.3 水蓄冷系统设计	27
3.2.4 水蓄冷系统的经济性	29
3.2.5 冰蓄冷技术概述	30
3.2.6 冰蓄冷空调系统的形式	32
3.2.7 冰蓄冷空调系统的经济分析 ...	33
3.2.8 共晶盐蓄冷技术	33
参考文献	35
第4章 采暖与供热	36
4.1 概述	36
4.1.1 设计参考规范与标准	36
4.1.2 设计步骤	37
4.2 采暖热负荷计算	37
4.2.1 常规采暖系统的热负荷计算 ...	37
4.2.2 分户热计量采暖系统的热负荷计算	45
4.2.3 地板辐射采暖系统的热负荷计算	51
4.2.4 间歇采暖系统的热负荷计算 ...	51
4.3 采暖与供热节能系统设计	51
4.3.1 计量供热系统设计	51
4.3.2 供热管网系统设计	65
4.4 采暖末端设备	66
4.4.1 散热器	66
4.4.2 低温地板辐射	70
4.5 采暖热计量及节能辅助设备	72

4.5.1 热量表	72	5.4.3 空调冷热水系统的设计	159
4.5.2 热分配表	77	5.4.4 空调冷却水系统	163
4.5.3 散热器恒温控制阀	80	5.4.5 空调水系统的管材与水力 计算	171
4.5.4 动态平衡阀	84	5.4.6 空调冷凝水系统	173
4.5.5 水泵变频装置	93	5.5 空调末端装置	173
4.5.6 气候补偿器	95	5.5.1 变风量空调系统末端装置	174
4.6 应用实例	97	5.5.2 半集中式空调系统	176
4.6.1 鹤壁市供热计量试点工程	97	5.5.3 辐射供冷的末端设备	179
4.6.2 济南新东方花园小区示范 工程	98	5.5.4 纤维空气分布系统	180
4.6.3 吉林省通化县既有居住建筑 供热计量及管网平衡改造 工程试点项目	100	5.6 空调系统的节能措施	183
参考文献	100	5.6.1 空调系统节能设计	184
第5章 空气调节	101	5.6.2 空调系统热回收	186
5.1 概述	101	5.6.3 变频调节技术	189
5.1.1 按空气处理设备的设置情况 分类	101	5.6.4 蓄能空调技术	191
5.1.2 按负担室内负荷所用的介质 种类分类	102	5.6.5 新型冷热源技术	193
5.1.3 根据集中式空调系统处理的 空气来源分类	102	5.6.6 运行管理节能	196
5.2 空调负荷计算	103	5.7 计算例题	197
5.2.1 室内空气计算参数的确定	103	5.7.1 风机盘管计算	197
5.2.2 室外空气计算参数的确定	105	5.7.2 变风量设计计算	198
5.2.3 空调采暖设计负荷的计算	108	参考文献	199
5.2.4 空调冷、湿负荷的计算	112	第6章 辐射采暖和供冷	200
5.3 空调风(空气)系统	117	6.1 辐射采暖	200
5.3.1 空调房间送风状态点及送 风量的确定	117	6.1.1 概述	200
5.3.2 普通集中式空调系统	120	6.1.2 辐射采暖的分类	200
5.3.3 集中空调系统的划分和分区 处理	127	6.1.3 地板辐射采暖的特点	201
5.3.4 变风量系统	129	6.1.4 辐射采暖与建筑节能	202
5.3.5 半集中空调系统中的风 系统	132	6.2 水媒辐射采暖	203
5.3.6 传统集中式系统的演化与 发展	137	6.2.1 概述	203
5.3.7 室内气流组织	139	6.2.2 管路系统构造与形式	203
5.4 空调水系统	143	6.2.3 低温热水地板辐射采暖	204
5.4.1 空调冷热水系统	144	6.2.4 施工与验收	206
5.4.2 空调水系统的分区及定压	155	6.2.5 控制与调节	207
		6.3 辐射采暖应用实例	208
		6.3.1 山东大会堂地板采暖	209
		6.4 辐射供冷	209
		6.4.1 概述	209
		6.4.2 冷却顶板辐射供冷	210
		6.4.3 地板辐射供冷	213
		6.4.4 置换通风-辐射供冷复合 系统	215
		6.4.5 应用实例	218

参考文献	220	8.2.3 被动式太阳能采暖系统的 分类	256
第7章 热泵技术	221	8.2.4 主动式太阳能暖房	259
7.1 概述	221	8.3 太阳能制冷技术	261
7.1.1 热泵的发展史	221	8.3.1 概述	261
7.1.2 热泵的种类	221	8.3.2 太阳能吸收式制冷系统	262
7.1.3 热泵的工作原理	222	8.3.3 太阳能吸附式制冷系统	266
7.2 空气源热泵	223	8.3.4 太阳能除湿式制冷系统	268
7.2.1 空气源热泵发展史	223	8.3.5 太阳能喷射式制冷系统	271
7.2.2 空气源热泵热水器的工作 原理	224	8.3.6 太阳能光伏制冷系统	274
7.2.3 空气源热泵的发展前景	225	参考文献	276
7.3 水源热泵	228	第9章 节能控制	277
7.3.1 水源热泵的发展简史	228	9.1 冷热源控制	277
7.3.2 水源热泵的工作原理	228	9.1.1 往复式压缩机的能量调节	278
7.3.3 水源热泵的优点	228	9.1.2 制冷压缩机变频调节	279
7.3.4 水源热泵的应用	229	9.1.3 制冷机组的台数控制	281
7.3.5 水源热泵的设计要点	230	9.1.4 离心式制冷机组的能量 调节	282
7.3.6 水源热泵系统设计要点	231	9.1.5 螺杆式制冷压缩机的能量 调节	283
7.4 水环热泵	232	9.1.6 吸收式冷温水机组的能量 调节	284
7.4.1 水环热泵的工作原理	232	9.2 空调系统的节能控制	285
7.4.2 水环热泵的特点	233	9.2.1 空调水系统的节能控制	285
7.4.3 水环热泵空调系统中的 设备	236	9.2.2 空调风系统的节能控制	288
7.5 地源热泵	240	9.3 空调末端设备的节能控制	292
7.5.1 地源热泵系统工作原理	241	9.3.1 诱导器节能技术	292
7.5.2 地源热泵的分类	241	9.3.2 风机盘管节能技术	293
7.5.3 地源热泵系统的优点	242	参考文献	294
7.5.4 地源热泵系统应用中的 问题	243	第10章 节能检测	295
7.5.5 热泵的应用现状与发展	243	10.1 建筑外围护结构热工性能检测	295
参考文献	245	10.1.1 非透光外围护结构热工性能 检测	295
第8章 太阳能	247	10.1.2 透光外围护结构热工性能 检测	297
8.1 太阳能热水技术	247	10.1.3 建筑外围护结构气密性能 检测	298
8.1.1 太阳能热水系统的类型	247	10.2 采暖与空调设备性能检测	299
8.1.2 太阳能集热器的类型	249	10.2.1 锅炉	299
8.1.3 太阳能热水系统设计中应考虑 的问题	252	10.2.2 冷水机组	302
8.2 太阳能采暖技术	253	10.2.3 冷却塔	304
8.2.1 我国太阳能资源情况及利用 太阳能采暖的可能性	253		
8.2.2 太阳能采暖系统	254		

10.2.4 循环水泵	305	10.4.1 系统总风量	307
10.2.5 风机盘管	305	10.4.2 风系统平衡度	308
10.2.6 散热器	305	10.4.3 新风量	308
10.3 水系统性能检测	306	10.4.4 送风温差	308
10.3.1 输送能效比	306	10.5 室内热环境检测	309
10.3.2 耗电输热比	307	10.5.1 室内温湿度	309
10.3.3 水力平衡度	307	10.5.2 室内热舒适性	310
10.4 风系统性能检测	307	参考文献	310

第 1 章 绪 论

1.1 采暖节能

1.1.1 概述

我国约有一半的国土面积处于集中采暖地区,而建筑物的保温隔热和气密性能很差,采暖系统热效率低。据《中国建筑节能年度发展研究报告 2010》,北方城镇采暖是我国城镇建筑能耗比例最大的一类建筑能耗,占我国建筑总能耗的 25% 左右,占城镇建筑能耗的 40% 左右。而且,随着人们生活水平的提高,目前北方城镇有采暖的建筑占当地建筑总面积的比例已接近 100%。2008 年,我国北方城镇采暖总能耗为 15300 万 tce,较 1996 年的 7200 万 tce 翻了一倍,而且采暖区域还在南扩。因此,采暖节能在我国节能以及建筑节能中有重大意义。

1.1.2 能耗问题

采暖系统的构成方式,系统中各个环节的技术措施与运行管理方式不同,都会对采暖能耗有很大影响,如:

(1) 热源制热量较小造成热源的分散;小锅炉房环境污染大,造成经济和能源的双重浪费。

(2) 设备容量过大造成的“大马拉小车”现象。设备容量过大,则耗煤量增大,有的造成水泵、管网、散热器都偏大,以致热效率较低,进而造成不必要的浪费。

(3) 管网保温不好,造成热量在输送过程中的损失,增加了能耗。

(4) 系统漏水量大,需补大量水,增加了能耗。

(5) 水力不平衡。水力失调导致流量分配不均,产生冷热不均。为克服这种情况,无论

是加大循环泵的循环水量,还是提高整个管网的运行水温,都会增加能耗。

(6) 运行管理不合理,设备检修不及时,致使锅炉不能达到应有的热效率,增加了能耗。

1.1.3 节能措施

采暖系统可看成由热源、热网和终端用户组成,其节能设计的目的就是要设计一个舒适、健康、节能、安全的环境。要达到这样的目的,必须从建筑围护结构和系统各个环节综合考虑,仅仅考虑围护结构或供热系统的某个环节是不合适的,也是达不到节能要求的。另外,舒适、健康、节能、安全的环境不仅仅要求良好的设计与施工,更需要优良的运行与管理。

热源的节能主要通过控制锅炉房设备,采用热电联产等先进技术节能来实现;热网主要通过保证管网静态水力和热力平衡,消除近处过热、远处过冷的水力失调来节能;而终端用户则要除了采用节能终端用热设备外,合适的热计量措施则是必不可少的措施。为达到节能的目的,主要考虑以下几个方面:

(1) 合理规划供热管网。宜与城市建设的总体规划同步进行,通过分区合理规划,逐步实现联产、联片供热,减少分散的小型供热锅炉房,使室外管网技术经济合理。

(2) 合理选择锅炉房设备。在设计阶段按所需热负荷、工作介质和燃料供应情况合理选择锅炉。首选高效率、占地小、省电的大容量锅炉和配套设备。

(3) 管网设计应进行严格的水力计算。根据水力计算和水压图选择合适的入口装置,实现阻力平衡,同时应做好保温,减少输送热损失。

(4) 进行科学化运行管理。可通过计算机

检测指导与人工调节相结合的办法实现供热系统调节与管理,使运行管理自动化程度提高。在运行过程中,应对炉膛负压、锅炉产热量、供回水压力和温度等参数进行自动检测显示。同时,对系统补水、排气、燃烧系统进行自动调节,同时对运行管理人员进行培训和持证上岗。

(5) 推广使用热计量和地板辐射采暖等有利于节能的技术。在分户热计量难度较大时,可安装入口热量表,然后按每户供热面积或热分配表分摊。当然也可采用有利于分户计量的地板辐射采暖等舒适度高又较易热计量的采暖方式。

(6) 推广室温调节设计和宣传。一方面推广恒温阀和温度传感控制,另一方面推广宣传力度,使用户认识到室温调节对节能的重要性。

1.2 空调节能

1.2.1 概述

空气调节指对每一房间或空间内的温度、湿度、洁净度和空气流动速度等进行调节与控制,并提供足够量的新鲜空气。

自从我国1975年颁布《工业企业采暖通风和空气调节设计规范》(TJ 19—75)以来,我国空调行业进入了快速发展期,到今天,“空调”已经进入千家万户。根据对公共建筑和居住建筑能耗的统计,有1/4的建筑能耗用于空调,空调节能十分重要。

1.2.2 能耗问题

空调系统是一个系统工程,涉及各个相关专业。而空调系统的实施主要取决于空调专业设计、施工、运行管理的正确性、合理性和规范性。但在很多实际工程中存在诸多问题,导致空调系统不节能。

设计不合理:如设计参数偏保守,涉及过程过于粗糙等,增加了能耗;不计算逐时负荷或负荷计算取值偏离实际值较大、设备容量较大、系统配置不合理等。另外,主机余量过大

造成水泵等其他输送动力设备容量过大,管路远离最佳工作点,总体能耗过大。

施工运行管理不规范:施工方没有按照设计意图严格施工,甚至出现偷工减料、降低保温层厚度等问题,增加了能耗。另外,国内对系统运行维护重视不够,导致运行管理目标不明确、要求不具体、操作不规范、运行管理水平不高、运行质量较低、能耗较大。

1.2.3 节能措施

经过多年的研究,空调设备的效率已有了显著的提高,冷水机组和换热器的效率也非常好,设备性能提升空间有限。在设备效率提升空间有限的情况下,系统负荷的正确计算和系统设备的合理选择、系统形式的合理选择、输送管路的优化、规范的运行管理等对系统的节能更有意义。

合理设定室内环境设计参数,正确计算逐时负荷,降低系统设计负荷。室内设计参数是空调能耗的一个重要指标,它决定了室内空调环境是否满足舒适度要求,在很大程度上也影响空调负荷的大小,应采取恰当的室内设计温度、相对湿度和新风。众所周知,卫生要求一定的室内新风,而新风量过大会增加空调新风冷负荷,进而增加能耗,因此针对具体的空调环境做好送风温度和新风比非常有利于节能。在新风越大能耗越大的情况采用最小新风,而在过渡季节,可取消空调采用全新风通风。因此,根据环境要求合理选择各设计参数,可在保证热舒适的前提下,降低能耗。另外,计算逐时负荷,对设备的选择有重要意义,防止设备过大造成的能源浪费。

正确选择空调冷热源和其他设备。空调系统消耗的大部分能量是在冷热源系统中消耗的,合理选择冷热源系统应该根据建筑空调规模、功能及用途、负荷特性、所在地区气象条件、能源结构、政策、价格及环保规定等众多因素,通过综合论证确定,尽量选用能效比高、环保的空调设备。

减少空气和水输送过程的能耗。在空调系统中,空气和水通常是冷热量的载体。输送过程的能耗包括:通过传热的冷热量损失和输送

过程的流动阻力损失。对于输送冷量的水系统或制冷剂的管路系统,克服流动阻力的能量又转变为热量导致冷量损失。减少输送过程的能耗要做到以下方面:做好管路保温;精心设计、正确计算系统阻力,选择合适的动力设备;提高输送温差。

规范施工管理,重视系统调试。完善市场机制,规范运作机制,提高施工的技术管理水平。严格按图施工并严格贯彻国家相关节能标准。同时,加强施工进度和质量的控制,严禁偷工减料,确保工程质量达到施工规范的要求。另外,系统调试是系统使用后高效运行的保证,重视运行调试是达到节能目的的保证。

加强运行管理,包括政府的宏观管理和具体的日常运行管理。节能需要政府引导,政府的宏观管理主要依靠立法执法、节能宣传,并制定一定的节能政策进行引导。日常运行管理是节能与否的关键,是节能目的的执行关键阶段。可采用人员节能培训、系统定期维护、进行参数检测、自动控制、合理改变空调运行状态等有效措施。

充分利用热回收、废热与可再生能源。可利用工厂低品位废热以及对建筑中废热进行热回收。随着空调技术的进步,空调热回收技术也蓬勃发展,如空调系统排风的全热回收利用、夏季冷凝水的冷回收利用等,都显著提高了空调系统能源利用率。另外,空调对可再生能源利用也大幅度提升,如地源热泵、空气源热泵等的应用,均可减少传统能源的消耗。

1.3 建筑节能设计标准(暖通空调部分)

标准是推广应用建筑节能技术的科学依据和重要手段。新修订通过的《中华人民共和国节约能源法》已于2008年4月1日起施行,其中第三十五条规定“建筑工程的建设、设计、施工和建立单位应当遵守建筑节能标准”。国务院制定的《民用建筑节能条例》也自2008年10月1日起实施。我国建筑节能工作始于20世纪80年代,30多年来,为推动建筑节能工作持续向前发展,从1986年颁布实施我国第一部建筑节能设计标准《民用建筑节

能设计标准(采暖居住建筑部分)》JGJ 26—86以来,我国出台了一系列的节能标准,按节能三阶段的节能目标来划分,分为节能30%、50%、65%的三代节能标准,当前我国标准正处在第二代向第三代的过渡期,我国民用建筑节能标准体系已基本形成,有力地推动了我国建筑节能工作的发展。

我国编制实施建筑节能设计标准的原则是:先从北方开始抓起,然后推进到中部地区和南方。这是因为北方采暖能耗占全国采暖和空调能耗的主体部分;先从量大面广的居住建筑开始抓,然后扩大到公共建筑;先从新建建筑抓起,然后扩大到既有建筑的节能改造。

建筑节能标准体系包括建筑工程的设计、施工、验收、运行等全过程,全面保证了建筑节能工作的落实。

1.3.1 居住建筑

1.《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 26—2010)

1986年3月颁发了JGJ 26—86,并于1986年8月1日起实施,是我国第一部建筑节能设计标准,规定严寒和寒冷地区居住建筑在1980~1981年当地通用设计的基础上节能30%,开始了严寒和寒冷地区的建筑节能工作。

1996年7月1日起实施的JGJ 26—95,规定严寒和寒冷地区居住建筑在1980~1981年当地通用设计的基础上节能50%。该标准开始从建筑围护结构和采暖系统两方面提出了节能要求。在建筑围护结构方面对外墙、屋顶、窗户、地面提出了一定的保温性能要求,对建筑物的体形系数、窗墙比等也提出来明确的限值要求,对采暖系统提出了锅炉的运行效率要求。

2010年3月18日颁布,并于2010年8月1日起实施的《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 26—2010),规定严寒和寒冷地区居住建筑在1980~1981年当地通用设计的基础上节能65%。地方节能65%的标准也在编制(北京市等已出台),主要强调提高建筑围护结构保温隔热性能。其中JGJ 26—

2010 修订的内容是：“按采用度日数细分北方气候子区，规定冬季采暖计算温度和换气次数；规定了体形系数和窗墙比和围护结构热工参数限值；提出了针对不同保温构造的热桥影响的新评价指标，明确了使用适应供热体制改革需求的供热节能措施；鼓励使用可再生能源。”等措施。

2. 《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134—2010)

2001 年 10 月 1 日起执行的《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134—2001)，规定夏热冬冷地区（主要在长江中下游一带）居住建筑节能 50%，主要是在设计阶段控制围护结构热工性能及采暖空调设备能效比，目标为节能 50%。

2010 年 3 月 18 日颁布，8 月 1 日起实施的《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134—2010)，规定整体建筑达到节能 50%。

3. 《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 75—2003)

2003 年 10 月 1 日起执行的 JGJ 75—2003，规定夏热冬暖地区（包括海南、广东和广西大部、福建南部、云南小部分）居住建筑节能 50%。

1.3.2 公共建筑

1994 年 7 月 1 日起实施的《旅游旅馆建筑热工与空气调节节能设计标准》(GB 50189—93) 是我国第一个关于公共建筑的节能设计标准。对其修订后的《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2005) 于 2005 年 7 月起实施，规定节能率为 50%。照明节能措施在《建筑照明设计标准》中提出。

1.3.3 施工验收

1. 《建筑节能工程施工质量验收规范》(GB 50411—2007)

2007 年 1 月 16 日发布，10 月 1 日起实施。首次将建筑节能工程作为一个完整的分部工程纳入建筑工程验收体系，使涉及建筑工程中节能的设计、施工、验收和管理等多个方面

的技术要求有法可依，形成从设计到施工和验收的闭合循环，使建筑节能工程得到控制。

突出了以实现功能和性能要求为基础、以过程为主导、以现场检验为辅助的原则，结构完整，内容充实，具有较强的科学性、完整性、协调性和可操作性，起到了对建筑节能工程质量控制和验收的作用，对推进建筑节能目标的实现将发挥重要作用。

2. 《居住建筑节能检测标准》(JGJ/T 132—2009)

2009 年 12 月 10 日发布，2010 年 7 月 1 日起实施。该标准主要为配合居住建筑节能验收，配合民用建筑能效测评，为建筑节能改造服务，为建筑物和采暖空调系统质量纠纷处理服务。

3. 《公共建筑节能检测标准》(JGJ/T 177—2009)

2009 年 12 月 10 日发布，2010 年 7 月 1 日起实施。该标准主要为配合公共建筑节能验收，配合民用建筑能效测评，为建筑节能改造服务，为建筑物和采暖空调系统质量纠纷处理服务。

1.3.4 运行管理

2008 年 8 月 1 日发布，10 月 1 日起实施的《民用建筑节能条例》(国务院令 530 号) 指出，县级以上人民政府应当安排民用建筑节能资金，政府引导金融机构对既有建筑节能改造、可再生能源的应用以及民用建筑节能示范工程等项目提供支持。此外，国家积极推进供热体制改革，完善供热价格形成机制，鼓励发展集中供热，逐步实行按照用热量收费制度。

参考文献

- [1] 国家统计局. 中国统计摘要 2010, 2010.
- [2] 中国地质调查发展研究中心. 地质工作战略研究参考——我国能源形式及发展展望, 2005.
- [3] 中国能源综合发展战略与政策研究课题组: “国家能源战略的基本构想”.
- [4] 清华大学建筑节能研究中心, 中国建筑节能年度发展研究报告 2010. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [5] 中国地质科学院, 矿产资源与中国经济发展, 2003.
- [6] 发改委能源局网站. 世界与中国的能源数据比

- 较, 2004.
- [7] 李德英, 许文发. 建筑节能技术. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [8] 赵月霞. 浅谈小区采暖节能途径. 黑龙江科技信息, 2009, 8: 280-280, 281.
- [9] 杨瑞, 李洪欣. 空调系统节能途径的思索. 建筑节能, 2009, 37 (6): 21-24.
- [10] 张鹏. 暖通空调系统节能的问题及措施. 黑龙江科技信息, 2009, 17: 317-317.
- [11] 郭志林. 暖通空调系统中节能问题的探讨. 商场现代化, 2010, 10: 17-17.
- [12] 康艳兵. 建筑节能政策解读. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [13] 林海燕, 郎四维. 我国的建筑节能设计标准. 工程建设标准化, 2008, 4: 35-39.

第2章 采暖空调节能设计的基本要求

随着暖通空调系统的广泛应用,其已经成为能耗大户。在世界性能源紧张的今天,降低暖通空调的能耗有着重要的意义。对于暖通空调系统的节能主要体现在良好的系统设计和运行管理上,而良好的设计又是优良运行管理的基础。

2.1 影响暖通空调系统能耗的因素

影响暖通空调系统能耗的因素很多,在这些因素中往往相互作用,共同影响着暖通空调系统,影响过程也极其复杂,主要的因素有下面几个方面:

(1) 围护结构的传热特性。根据 $Q=KF(t_{wz}-t_n)$ 可知,围护结构的综合传热系数越小,通过围护结构的冷(热)损失就越小。在其他参数一定的条件下,减小围护结构的综合传热系数对降低空调系统的能耗有着重要意义。为此,建设部于2005年制定并颁布了《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2005),要求建筑通过增强建筑围护结构保温隔热性能和提高采暖、空调设备能效比等节能措施,在保证相同的室内热环境指标的前提下,与基准建筑相比,暖通空调和照明设备能耗节约50%。

通过编制标准过程中的计算、分析,按《公共建筑节能设计标准》进行建筑设计,由于改善了围护结构热工性能,提高了空调采暖设备和照明设备效率,从北方至南方,围护结构分担节能率约25%~13%;空调采暖系统分担节能率约20%~16%;照明设备分担节能率约7%~18%,达到总体节能50%。

(2) 室外气象参数及周围热湿环境。室外太阳辐射强度、风速、空气温度、湿度以及周围的热湿环境状况对空调系统的能耗有着直接的影响,太阳辐射强度、风速、空气温度、建

筑形式、朝向、外粉刷等直接影响着室外空气综合温度,而室外空气温度和湿度又决定着室外空气的焓值,影响系统新风负荷的大小,同时还影响空调冷热源设备的运行效率。

(3) 室内设计参数及空调作用方式。室内空气温度、湿度、风速、平均辐射温度以及空调系统对人体的作用方式等不仅影响着人体的热舒适,而且影响系统的负荷大小,此外也对空调系统的运行效率产生影响。

(4) 空调系统的选择和设备的选配。在空调系统的选择上,应按照实际负荷来选配,选型过大会造成很大浪费。设备和系统要相配,才能保证系统高效的运行。另外系统类型的选取,设备形式的选取都要结合本地的能源结构特点,比如说地源热泵、太阳能热泵、水源热泵等都与此相关,系统的形式选择上要慎重。

(5) 空调系统的整体性能。一个空调系统各部分设备性能即使很好,但如果系统设计不当,由它们组合成的系统其整体性能也可能很差。要想获得一个优秀的空调系统仅有单个性能良好的设备是远远不够的,需要把它们优化组合起来。

(6) 系统运行方式及运行管理情况。空调系统绝大部分时间都是在部分负荷下运行的,为了使系统适应负荷变化的需要,必须对系统进行监测调控。调控的技术水平、手段等毫无疑问会直接影响到系统的运行好坏。另一方面,为了适应负荷的变化,系统的运行方式,即如何运行,连续运行还是间断运行等对系统的能耗及室内环境的影响是不同的。

2.2 暖通空调系统的节能设计

2.2.1 节能设计原则

暖通空调系统的设计好坏决定着暖通空调

系统的投资大小、性能好坏、能耗高低,可以说设计起着决定性作用。良好的系统,不仅性能可靠、造价合理,而且系统的运行调控性能良好。作为暖通空调系统的设计人员必须以高度的责任心、精益求精的精神,做好设计。当然,做好一项暖通空调工程设计会涉及许多方面。

1. 选择合理的设计方案

如前所述,选择合理的方案是设计良好的暖通空调工程系统的关键。方案的选择首先要可行,要符合国家的能源、环境等相关政策、法规。要考虑天然可再生能源、低品位能源的充分利用,如太阳能、风能、地源热、各种废热等。

2. 选择最适合的空调方式和气流组织方式

一般情况下辐射方式比对流方式更节能,如低温辐射地板采暖、辐射空调、辐射与对流相结合的方式等。对于高大空间应推荐采用下送上回类似于置换式通风的气流组织方式,特别是对于如剧院、体育场馆等建筑。

3. 合理选择设备

既要选择性能良好的设备,又要使各种设备能很好的组合运行。对耗能量大的冷水机组,首先要了解它们的性能,如蒸汽压缩式制冷机组,有活塞式、螺杆式、离心式等。目前可以大致规定,当空调冷负荷大于 1744kW 时应选用离心式冷水机组;当空调冷负荷为 700~1000kW 时,可选用螺杆式冷水机组;当冷负荷小于 120kW 时,才选用活塞式冷水机组。这么规定,主要是考虑到冷水机组的特性、能耗等因素,对于同一种形式的冷水机组,还要考虑在部分负荷运行时其性能如何,蒸发器、冷凝器的阻力大小及各设备的性能优化组合等。合理地选择空调设备,在很大程度上决定了空调系统在今后的运行能耗。

4. 注意过程设计和系统的优化控制设计

如前所述,系统实际运行中基本上都是在部分负荷下运行,室外气象参数也与设计不同,从而系统的运行工况与设计是不同的。必须注意以下几个方面:

(1) 在部分负荷运行时,系统和设备可调,能使系统和设备即使在部分负荷工况下

也能在高效状态下运行,避免“大马拉小车”。

(2) 当室外空气的温度或焓值低于室内空气时,应尽可能地大量引入新风,尽量缩短全年开启空调主机的时间。一般情况下,一台新风机组消耗的功率只有几十千瓦,而一台主机(制冷机组)所消耗的功率有几百千瓦,可见在设计中考虑尽可能地利用新风对降低系统的能耗、提高室内的空气品质等都起着重要的作用。

(3) 要充分考虑到系统的季节转换和调节问题,使系统能在全年不同的室外气象区域内,实现最优运行。

(4) 设计良好的暖通空调控制系统,或留有与楼宇自动化系统相连的接口,以便实现系统的自动优化管理。

(5) 进行能量回收利用设计。

空调房间一般设有新风系统,同时,有许多房间设有排风系统,排风的空气参数接近空调房间的室内空气参数,从而造成能量损耗。因此,如果送入的新风可以吸收部分排风中的能耗(包括冷量和热量),这种能量的回收利用称为热回收。

热回收的方式很多,如转轮换热器、中间热媒式换热器、板式显热换热器等。不同方式的热回收设备的效率、设备费用以及维护保养要求有所不同,表 2-1 是各种热回收方式的粗略比较。

各种热回收方式的比较 表 2-1

热回收方式	效率	设备费用	维护保养
转轮换热器	A	B	B
中间热媒式换热器	C	A	A
板式显热换热器	B	B	A
板翅式全热换热器	A	B	A
热管换热器	B	B	A

注:表中 A、B、C 的排列顺序为由好至差。

2.2.2 节能设计方法

建筑物的节能是一项综合性的技术,包括建筑物本身和空调系统、设备的节能。从表 2-2 可粗略看出建筑物节能可采取的各种方法。

建筑物节能方法

表 2-2

分类	项 目	节 能 方 法
建筑设计	建筑物的平面布置、朝向、体型	(1) 同样平面形状的建筑物应尽量采用南北朝向, 而不采用东西朝向; (2) 尽量采用外表面小的圆形或方形建筑
	窗户和玻璃	(1) 缩小窗户面积; (2) 采用吸热玻璃、反射玻璃和双层玻璃; (3) 采用内外遮阳
	墙体和屋顶	(1) 尽量减少建筑物的外墙面积; (2) 改善外墙屋顶的保温性能, 采用热容量大的隔热材料; (3) 表面涂色和装饰屋檐; (4) 表面洒水和双层屋面
空调系统设计	室内设定值	在满足人体舒适的条件下, 改变室内温湿度条件, 在允许范围内, 夏季取高值, 冬季取低值
	室外空气量	(1) 冬、夏季取用最小新风量, 过渡季采用全新风, 取用新风冷量; (2) 检测 CO_2 浓度, 控制室外空气的取入量, 根据室内人员的变化, 增减室内新风量; (3) 采用全热交换器, 减少新风冷、热负荷; (4) 在预冷、预热时停止取用新风
	空调方式	(1) 空调系统的合理分区, 采用合适的高效率的空调系统; (2) 加大冷热水和送风温差, 以减少水流量、送风量和输送动力; (3) 采用变风量(VAV)空调系统、变水量(VWV)空调系统、节约风机和水泵耗电量; (4) 降低风道风速, 减少系统阻力; (5) 采用在额定负荷和部分负荷时效率高的冷、热源设备; (6) 采用余热回收系统, 回收建筑内多余的能量; (7) 采用蓄能系统; (8) 优化控制系统, 采取最优控制; (9) 采用太阳能系统
	防止过冷、过热	(1) 校核室内恒温器给定值, 完善自动控制装置; (2) 空调系统进行合理分区; (3) 停止使用或严格限制再热装置
	合理控制启动和停止空调系统运行时间	根据季节、节假日时间, 建筑物的蓄冷蓄热效果, 合理制定出设备启动和停止运行的最佳时间
照明设计	室内照明	(1) 适当降低照度, 充分利用自然采光; (2) 考虑顶棚照明的排热利用
维护管理	维护管理	定期清扫、检查、保养, 提高设备的使用效率

空调系统的能耗不同于其他能耗的特点是：地被某围护结构表面所吸收然后加热室内空气，如图 2-1 所示。

(1) 空调系统所需能源品味低，且用能有

气，如图 2-1 所示。

季节性；

(2) 系统同时存在需要冷（热、湿）量和放出冷（热、湿）量的过程；

(3) 设计和运行方案的不合理会给系统带来多种无效能耗。所以应从以下几个方面对空调系统设备进行节能工作。

1. 空调系统能源的有效利用

由于空调系统具有所需能源品味低，且用能有季节性的特点，因此现在大力鼓励使用太阳能、地热能 and 热回收等方式进行供热制冷。

目前比较简单的太阳能采暖通风方式是采用所谓的被动式太阳房。这种方式的特点是直接利用太阳照射到建筑物内部或太阳射线间接

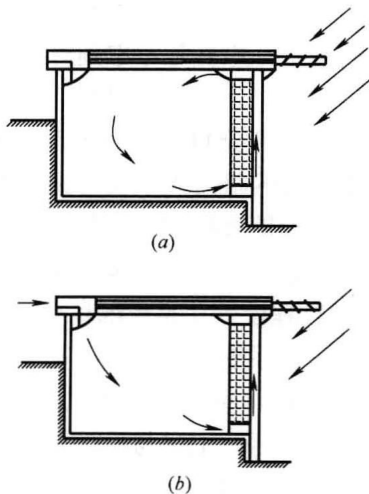


图 2-1 被动式太阳房

(a) 加热房间时；(b) 加强通风时

调整室内设计温度的节能效果

表 2-3

	夏 季			冬 季		
室内温度(℃)	24	26	28	22	20	18
新风负荷[MJ/(m ² ·a)]	83.0	61.2	44.0	117.6	78.4	48.6
其他负荷[MJ/(m ² ·a)]	93.0	83.0	67.5	23.9	18.4	14.2
总计[MJ/(m ² ·a)]	176.0	144.1	111.5	141.2	96.8	62.9
节能率(%)	0	18.1	36.6	0	31.5	55.5

2. 合理调节室内设计温度

近年来,较多国家都在修订过去的室内温湿度标准。日本曾对已使用的舒适性空调房间的室内温度进行了改动,其节能效果见表 2-3。

我国近年对民用建筑空调房间室内温湿度标准所作出的规定,也已结合国情并对节能有所考虑。现在我国一般要求夏季设计温度为 24~28℃,冬季设计温度为 18~22℃。

3. 空调设计中采用部分负荷分析

设计部门一般按设计负荷选择较大容量的设备,而设备经常在低于设计负荷下运行,因此,设备经常在低效率下工作。为了解决这个问题,应对全年负荷进行统计和分析,作出全年负荷的时间频率图,由图可看出各种比例的负荷全年出现的累计小时数,从而可以选择多台不同容量的设备,运行时进行合理控制和匹配,使设备多在高效区运行,且节省能耗。

4. 建筑设备的自动化系统

随着计算机应用软件技术的发展,以计算机为基础的集中检测监控系统 BAS (Building Automation System) 在能量管理技术方面达到了实用阶段,并得到了广泛应用。

建筑设备自动化系统可将建筑物的空调、电气、卫生、防火报警等进行集中管理和最佳控制,包括冷热源的能量控制、空调系统的焓值控制、新风量控制、设备的启停时间和运行方式的控制、温湿度设定控制、送风温度控制、自动显示、记忆和记录等内容。它可以通

过预测室内外空气状态参数(温度、湿度、焓、CO₂浓度等)以维持室内舒适环境为约束条件,把最小耗能量最为评价函数,来判断和确定所提供的冷热量、冷热源和空调机、风机、水泵的运行台数,工作顺序、运行时间及空调系统各环节的操作运行方式已达到最佳节能运行效果。

BAS 系统造价相当于建筑物总投资的 0.5%~1%,年运行费用的节约率为 10%,一般 4~5 年可回收全部投资费用。

5. 充分利用自然通风

在炎热地区,各种建筑物应该按照“通透轻快”的原则进行设计,以求创造较为舒适的生活和工作环境。一般可根据各种不同的具体情况采取一些加强建筑物自然通风的措施。

(1) 利用周围地形、各种树木和其他建筑物的有利布置位置来加强对建筑物的自然通风和遮阳;

(2) 合理布置门窗的朝向,从而充分利用自然通风。

参 考 文 献

- [1] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册(第二版). 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [2] 陆耀庆. HVAC 暖通空调设计指南. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996.
- [3] 庄涛声. 建筑的节能. 上海: 同济大学出版社, 1990.
- [4] 陈在康, 丁力行. 空调过程设计与建筑节能. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [5] 公共建筑节能设计标准(GB 50189—2005).

第3章 冷 热 源

空调系统不仅占有很大的投资份额,也是建筑的主要耗能者。有关数据显示,其能耗约占建筑能耗的 50%~60%,约占总能耗的 15%~25%。空调能耗由三部分组成:冷热源设备能耗、末端设备能耗和辅助设备能耗。其中冷热源设备能耗约占空调能耗的 50%~60%。可见,空调冷热源系统的设计和冷热源设备的选型直接关系到社会能源合理利用和人们生活环境质量改善的大问题。下面从制冷空调的换热和蓄能技术来探讨空调系统冷热源工程。

3.1 制冷空调用强化传热技术

3.1.1 概述

空调制冷均通过制冷剂的蒸发、冷凝过程转移热量来实现一个舒适的人工环境,该传热过程需要借助于换热器达到,换热器是大多数制冷机中的必备部件,其性能表现与改善在提高制冷效率和节能中起着举足轻重的作用。

只要存在着温度差,热量就会自发地由高温传向低温,因此热传递过程是自然界中基本的物理过程之一。热传递过程可以分为导热、对流换热和辐射换热三种基本方式,它们各自有不同的传热规律,实际中遇到的传热问题常常是几种传热方式同时起作用。实现热量由热流体传给冷流体的设备称为换热器。它是工业部门广泛应用的一种通用设备,以电厂为例,如果把锅炉也看作换热设备,则再加上冷凝器,除氧器,高、低压加热器等换热设备,换热器的投资约占整个电厂投资的 70%。在炼油企业中,1/4 的设备投资用于各种各样的换热器;换热器的重量占设备总重量的 20%,在制冷设备中,蒸发器、冷凝器的重量也要占整个机组重量的 30%~40%。

由于换热器在工业部门中的重要性,从节能的角度出发,为了进一步减小换热器的体积,减轻重量和金属消耗,减少换热器消耗的功率,并使换热器能够在较低温差下工作,必须用各种办法来增强换热器内的传热。因此最近十几年来,强化了传热技术受到了工业界的广泛重视,得到了十分迅速的发展,并且取得了显著的经济效果。如美国通用油品公司将该公司电厂汽轮机冷凝器中采用的普通铜管用单头螺旋槽管代替,由于螺旋槽管强化了传热的效果,使冷凝器的管子长度减少了 44%,数目减少了 15%,重量减轻了 27%,总传热面积节约 30%,投资节省了 10 万美元。又如用新近研制的椭圆矩形翅片管代替圆形翅片管制作的空冷器,其传热系数可以提高 30%,而空气侧的流动阻力可以降低 50%。这种空冷器已在我国石化行业和火电厂得到广泛应用,取得了明显的经济效益。

3.1.2 强化传热的原则

从传热学中我们知道换热器中的传热量可用下式计算,即:

$$Q=kF\Delta T \quad (3-1)$$

式中 k ——传热系数, $W/(m^2 \cdot K)$;

F ——传热面积, m^2 ;

ΔT ——冷热液体的平均温差, K 。

从上式可以看出,欲增加传热量 Q ,可用增加 k 、 F 或 ΔT 来实现,下面对此分别加以讨论。

1. 增加冷热液体的平均温差 ΔT

在换热器中冷热液体的流动方式有四种,即顺流、逆流、交叉流、混合流。在冷热流体进出口温度相同时,逆流的平均温差 ΔT 最大,顺流时 ΔT 最小。因此,为增加传热量,应尽可能采用逆流或接近于逆流的布置。

当然,可以用增加冷热流体进出口温度的