

绿色通风空调系统 设计指南

关文吉 冯圣红 刘伟 主编
宋孝春 主审

中国建筑工业出版社

绿色通风空调系统设计指南

关文吉 冯圣红 刘 伟 主编

宋孝春 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

绿色通风空调系统设计指南/关文吉等主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2012. 9
ISBN 978-7-112-14530-0

I. ①绿… II. ①关… III. ①空调设计—节能设计—
指南 IV. ①TB657. 2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 166944 号

本书在对国内外通风空调系统设计研究现状、工程设计和运营案例、相关绿色通风空调系统设计标准及绿色建筑的相关标准和法规调研的基础上, 结合我国通风空调行业的发展现状、国家及地方的相关节能环保标准, 研究适合我国国情的绿色通风空调系统的设计方法, 旨在促进我国通风空调系统设计技术的发展, 为提高建筑物整体节能水平提供技术支持。

在分析国内外绿色通风空调系统调研资料的基础上, 提炼出重视人、建筑与自然三者和谐统一的绿色通风空调系统设计理念, 并将这种理念贯彻在整个建筑物寿命周期内, 利用先进技术、选择与环境友好的设备和材料, 最大限度地减少资源消耗、降低系统运行能耗, 在保证人体健康舒适的基础上, 将对环境的影响降低到最小, 以此建立绿色通风空调系统的设计方法。

* * *

责任编辑: 姚荣华 张文胜

责任设计: 张 虹

责任校对: 张 颖 赵 颖

绿色通风空调系统设计指南

关文吉 冯圣红 刘 伟 主编
宋孝春 主审

*

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
北京千辰公司制版
北京世知印务有限公司印刷

*

开本: 880 × 1230 毫米 1/16 印张: 15¼ 字数: 470 千字
2012 年 9 月第一版 2012 年 9 月第一次印刷

定价: 45.00 元

ISBN 978-7-112-14530-0
(22585)

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

本书为“十一五”国家科技支撑计划重大（点）项目“现代建筑设计施工关键技术研究”课题“高效能建筑设备系统设计关键技术研究”子课题研究成果。

根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要》和“十一五”课题的基本要求，本指南着力于通风空调系统的优化节能设计，并以“绿色建筑”倡导的建筑与自然环境和谐共生的设计理念为基础，详细阐述了“人、建筑与自然”三者和谐统一的绿色通风空调系统设计理念。

在对国内外近些年来通风空调系统设计研究现状、工程设计和运营案例、相关绿色通风空调系统设计标准研究的基础上，研究适合我国国情的绿色通风空调系统的设计方法，旨在促进我国通风空调系统设计技术的发展，为提高建筑物整体节能水平提供技术支持。

本书共 11 章，包括：绪论、绿色通风空调系统设计室外计算参数、绿色通风空调系统设计室内计算参数、建筑物围护结构热工设计、空调负荷计算与新风量的确定、绿色通风空调系统、空调风管材料及清洗、绿色通风空调水系统、绿色通风空调系统冷热源选择、绿色空调通风系统监测与控制设计要求和绿色通风空调系统设计全过程管理要求。

本书由中国建筑设计研究院与北京建筑工程学院共同编写，主要参编人员有：关文吉、冯圣红、刘伟。中国建筑设计研究院宋孝春对本书进行了审阅，提出了宝贵的意见。

在编写过程中，空调设备生产和销售企业也为本书提供了大量的咨询意见、技术资料。

绿色通风空调系统设计是一个系统工程，涉及面广，内容要求有一定的深度，而编者的学识和经验有限，因此编写过程中难免出现一些错误、疏漏和不妥之处，敬请读者在使用过程中予以指正并反馈给编者，以使本书不断得到改进和完善。

参编单位：

三菱电机空调影像设备（上海）有限公司；

烟台顿汉布什工业有限公司。

编 者
2012 年 6 月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 地球气候变化和人类生存环境	1
1.2 建筑能耗与节能建筑	1
1.3 绿色建筑及绿色通风空调系统设计理念	3
1.4 绿色通风空调系统设计在绿色建筑中的作用	4
1.5 绿色通风空调系统设计关心的问题	8
第2章 绿色通风空调系统设计室外计算参数	10
2.1 空气调节室外计算参数选取原则	10
2.2 气候区域划分	11
2.3 太阳能利用	16
2.4 城市气候特点	19
2.5 设计要点总结	21
第3章 绿色通风空调系统室内设计参数	22
3.1 空气调节室内空气计算参数选取原则	22
3.2 建筑热环境与热舒适性	23
3.3 室内设计参数	27
3.4 设计要点总结	31
第4章 建筑物围护结构热工设计	32
4.1 围护结构热工设计的一般规定	32
4.2 建筑体形系数与节能	33
4.3 围护结构热工设计	36
4.4 既有建筑围护结构节能改造	50
4.5 设计要点总结	51
第5章 空调负荷计算与新风量的确定	52
5.1 空调负荷计算的一般规定	52
5.2 得热量与冷负荷的关系	53

5.3	围护结构负荷计算方法	54
5.4	空调区冷负荷的计算	57
5.5	空调区热负荷的计算	60
5.6	冷（热）负荷的简化算法	60
5.7	新风量的确定	62
5.8	设计要点总结	66
 第6章 绿色通风空调系统		67
6.1	空调系统的基本要求与分类	67
6.2	一次回风空调系统	75
6.3	直流式空调系统	86
6.4	蒸发冷却式空调系统	98
6.5	变风量空调系统	105
6.6	分层空调	116
6.7	温湿度独立控制空调系统	119
6.8	空调系统排风热回收	123
6.9	低温送风空调系统	127
6.10	变制冷剂流量多联分体式空调系统	137
6.11	水环热泵空调系统	143
6.12	自然通风系统	152
6.13	地道风系统	162
6.14	设计要点总结	166
 第7章 空调风管材料及清洗		167
7.1	空调系统风管设计相关规定	167
7.2	风管材料的选择	169
7.3	风管的抑菌性	171
7.4	风管的清洗要求	172
7.5	设计要点总结	175
 第8章 绿色通风空调水系统		176
8.1	空调水系统的设计原则	176
8.2	空调水系统设计的相关规定	178
8.3	空调水系统设计要点	179
8.4	空调水系统水泵节能控制	186
8.5	冷却水系统节能设计	188
8.6	水系统管道保温要求	188
8.7	设计要点总结	189

第 9 章 绿色通风空调系统冷热源选择	190
9.1 基本要求	190
9.2 空调冷源及选择	192
9.3 空调热源	193
9.4 三联供系统	197
9.5 蓄冷空调系统	204
9.6 地源热泵系统	211
9.7 与环境适应型空调冷热源	217
9.8 设计要点总结	219
第 10 章 绿色空调通风系统监测与控制设计要求	220
10.1 设计核心要求与目的	220
10.2 计量及要求	220
10.3 监测及要求	220
10.4 控制	221
10.5 设计要点总结	221
第 11 章 绿色通风空调系统设计全过程管理要求	222
11.1 通风空调系统节能设计评判	222
11.2 绿色通风空调系统全过程管理讨论	229
11.3 设计要点总结	231
参考文献	232

第1章 绪 论

1.1 地球气候变化和人类生存环境

人们为了更好地工作和生活,需要舒适、健康的建筑室内环境,为了满足人们的需要,建筑师通过绚丽多彩的建筑物展示着他们艺术的创想,为世界创造着和谐美丽的画卷。

然而,为了营造和享受舒适的生活环境,人们无序地消耗着地球上可贵的资源,同时,将废弃物无所顾忌地向环境排放。随着工业革命过程的发展,地球上环境的破坏以及资源的枯竭导致的后果逐渐显现出来,特别是地球气候变化,引起了许多环境保护者的关注,气候变暖,直接威胁人类的生存。如何减少对环境的破坏,使得人类向与自然和谐共生方向发展逐渐成为思想者特别是建筑师的建筑理念。

20世纪50年代,一批西方学术著作如《设计结合自然》、《寂静的春天》等提出了建筑与生态环境相结合的概念。

人类生存越来越依赖于能源的供应,而且对能源的需求也越来越大,于是对地球上的煤炭、石油、天然气等资源进行着掠夺性的挖掘和开采。20世纪70年代出现的能源危机,使得世界各国都意识到无序开采地球上不可再生资源将会导致人类自身无法在这个地球上生存下去。

20世纪80年代,建筑物出于节能的需要采用许多合成材料用于建筑装修和保温,同时,尽量提高建筑物的密闭性,降低新风供给量,于是就出现了“病态建筑物综合症”(Sick Building Syndrome)等室内空气品质(IAQ)问题。

20世纪80年代,全球气候变化引起了世人关注,通过研究发现,空调用的制冷剂CFCs对大气臭氧层的减薄有着至关重要的影响,迫切研究其替代产品,而且替代日程相当紧迫。

另外一个引起全球气候变化的重要因素是引起温室效应的气体,包括燃料燃烧排放的CO₂及其他气体成分,其中CO₂的大量无序排放是引起全球气候变暖的最直接因素。

在地球环境问题中,暖通空调(HVAC)设计师应该特别关心温室效应和臭氧层破坏问题。因为,暖通空调是排放CO₂和CFC/HCFC等物质导致上述问题的主要领域之一。

能源以及气候问题如何与人们的生存工作的健康环境和谐统一引起了地球人的思考,特别是建筑领域,走在了这些课题的前端。在20世纪90年代,联合国环境发展大会提出了“可持续发展”的口号,由此衍生出“生态建筑”、“绿色建筑”等倡导建筑应该与自然环境和谐共生的设计思想。

近些年,随着各国经济的快速发展,地球气候变化和环境保护的问题越来越突出。在2009年12月7~18日在丹麦首都哥本哈根召开了全球气候变化大会,商讨对策,共同努力,减少温室气体排放,保护我们的地球,再次提醒全人类地球保护工作刻不容缓。各个国家、各个行业、每个地球人应该明白:我们只有一个地球,而且共同拥有这个地球,全世界人民都有责任保护好我们共同赖以生存的地球,为我们也为我们的后代。尽管会议形成了《哥本哈根协议》,但改善地球气候变化的任务非常艰巨。

1.2 建筑能耗与节能建筑

人类从自然界获得的物质原料中有50%以上用于建筑,而建筑中又消耗了全部能源的一半左右。在今后50年的建筑设计和建造中,还将有大量的建筑维系着过去的传统发展模式,因此探索建筑的可持续发展模式已经成为当今建筑业发展的迫切要求。

建筑能耗是指建筑物在建造和使用过程中,热能通过热传导、对流和辐射等方式对能源的消耗。目

前对建筑能耗有广义和狭义两种定义方法：广义的建筑能耗是指从建筑材料制造、建筑施工，一直到建筑使用的全过程能耗；而狭义的建筑能耗或建筑使用能耗则是指维持建筑功能所消耗的能量，主要包括采暖、空调、通风、热水供应、照明、炊事、家用电器和电梯等方面的能耗。

在一些发达国家，建筑能耗约占全国总能耗的 30%~40% 左右，如表 1.2-1 所示，且因其能耗巨大而对环境产生的影响也越来越恶劣，据此有关专家呼吁需要尽快实施高舒适度的能耗的建筑战略，从而可以降低能耗、保护环境。

部分发达国家建筑能耗占总能耗的比例（2003 年）

表 1.2-1

国家	美国	英国	德国	瑞典	丹麦	荷兰	加拿大	比利时	日本
比例（%）	31.9	34.3	32.8	33.9	42.4	33.9	31.9	31.8	20.3

我国建筑能耗呈现的特点是总量大、比例高、能效低、污染重，这些已成为制约我国可持续发展的突出问题。从建筑总量上来看，到目前为止，不仅既有的约 400 亿 m^2 城乡建筑中的 99% 为高能耗建筑，新建的数量巨大的房屋建筑中，95% 以上也是高能耗建筑，单位建筑面积采暖能耗高达气候条件相近的发达国家新建建筑的 3 倍左右，而且能源利用率仅为 33%，真正的节能建筑仅有 2%，比发达国家落后 20 年，相差 10 个百分点。

建筑物因其类型和舒适度的不同、所在纬度的不同，其能源消耗的结构与比例也有所不同。能源消耗主要是采暖、通风空调、照明、卫生热水和机电设备的动力消耗，其中通风空调系统能耗约占建筑总能耗的 10%~60%，并且随着城市化进程的不断深入，其所占比例将会进一步加大。在商业建筑中，通风空调系统的能耗约占建筑总能耗的 40%~50%，其能耗主要由以下几个方面组成：补偿围护结构传热的能耗占 40%~50%，新风处理能耗占 30%~40%，空气、水输送能耗占 15%~20%。通风空调系统中的耗能设备包括：水泵、风机、空气处理设备、冷水机组及制冷装置（各类窗、柜式分体空调等）、冷却塔、换热设备及热泵等。它们有的是季节性消耗电能，有的是季节性消耗热能。从根本上讲，通风空调系统能耗的影响因素有室外气候条件、室内设计标准、围护结构特性、室内人员、照明设备等的状况以及新风系统的设置等。此外，就通风空调系统而言，系统能耗还与系统的设计、选型、运行和维护管理有关。因此，提高通风空调系统的能源利用率，同时不影响室内的舒适性，一个行之有效的方法就是对通风空调系统进行优化设计和有效的运行管理。

在涉及建筑节能时通常会使用到“节能建筑”和“建筑节能”两个名词，两者通常可以互通使用，但“节能建筑”多指在保证舒适性的前提下，通过对结构、通风、光照、控制等方面的维护来降低其能耗的建筑体，它是在遵循气候设计、按照节能基本方法，在对建筑的规划分区、群体和单体、朝向、间距、太阳辐射、风向以及外部空间环境进行研究后，设计出的低能耗建筑。节能建筑所采用的技术符合环保要求，且具有良好的保温效果，房间的温度不会随室外气温的变化而大幅度变化，有着自然的冬暖夏凉效果。而“建筑节能”更多的是指建筑业在其建材开发、加工、生产，建筑物建成后运行过程中的空调、照明、供水、其他动力设备以及维修改造过程的节能。

和普通建筑相比，节能建筑通过提高建筑围护结构的热工性能，同时提高采暖、空调能源的利用效率，使能耗比普通建筑降低 50% 以上（围护结构和采暖、空调对节能的贡献率约各占其中的 25%），在能耗上更低，在居住舒适性上更好。

实现节能建筑技术的途径是采用节能型的建筑结构、材料、机电设备和产品，提高建筑的保温隔热性能，减少采暖、通风、制冷等方面的能耗。例如将外墙、屋面和地下都裹上 10~15cm 厚的保温层；使用带惰性气体隔离层的高性能玻璃与密封窗框，使其尽可能地恒温、保温；在窗外加装遮阳设施，夏天时能阻挡热能“入侵”；采用自然新风系统，减少开窗、节约室内能量，从而既保证采光明亮、宽敞舒适，又减少能耗，降低运营费用。

1.3 绿色建筑及绿色通风空调系统设计理念

绿色通风空调系统首先是指绿色建筑概念下的通风空调系统,所谓绿色建筑的概念,建筑学家阿莫里·B·洛文斯指出:“绿色建筑是将人们在生理上、精神上的现状和其理想状态结合起来,是一个完整的设计,一个包含先进技术的工具。绿色建筑关注的不仅仅是物质上的创造,而且还包括经济、文化交流和精神上的创造”。“绿色设计远远超过能量得失的平衡、自然采光、通风等因素,它从六个方面不断向外扩展。绿色设计力图使人类与自然亲密地结合,它必须是无害的,能再生和积累。绿色设计能带来丰富的能源、供水和食物,创造健康、安宁和美”。Klaus Danils 认为:“绿色建筑是建筑学领域的一次运动,它通过有效地管理自然资源,创造对环境友善、节约能源的建筑,并在生产、应用和处理材料过程中,尽可能减少对自然资源(如水、空气等)的危害”。即绿色建筑着眼于提高资源利用率,营建活动不会产生污染,而且废弃物可以回收利用。它具有一套新的营建程序,可以把资源和物质投入,把废弃物和污染物的产出减少到最低限度,将建筑与环境融为一体,实现人类与自然的和谐发展。

狭义的绿色概念是指纯天然、大自然,是自然生态的象征;广义的绿色概念是人类以一种新的“绿色”眼光对已有的文明与技术重新审视,以不耗竭资源、保持生态平衡的方式求得发展。它代表着未来发展的趋势,是一种以可持续发展为目标,更积极、更现实的广义概念。

绿色建筑技术不是独立于传统建筑技术的全新技术,而是用“绿色”眼光对传统建筑技术的重新审视,是传统建筑技术和新的相关科学的交叉与组合,是符合可持续发展战略的新型的建筑技术。其发展主要表现在两个方面:一方面是技术学研究,它涉及建筑学及其相关学科许多基础理论(如生态系统循环论),主要包括不同的物种循环规律、能量流动转化规律、气候变异规律、建筑中能量转换传递规律、建筑物与外部环境热湿交互作用规律等,涉及现代科学的方方面面;另一方面是人文社会科学的发展,人们通过对环境和人类自身的再认识终于选择了可持续发展的道路。

绿色设计理念是贯穿绿色建筑与绿色通风空调系统的核心思想,强调人类生存应与自然环境相协调,在人类创建舒适、愉悦生存空间的同时,不以破坏与我们息息相关的自然环境为代价。也就是说,在人类决策、设计、施工、使用和管理的全过程中,要始终贯穿这种绿色设计理念。作为建筑物建造过程中的重要设计师,尤其应该把这种绿色设计理念牢记在心,并有责任宣传、贯彻、执行、监督这种绿色设计理念的全过程实施。

绿色设计不仅仅是一种流行趋势,其本质是一种设计思想和观念,它重视人、自然和建筑三者之间的互生关系,要求设计者把握设计与环境的关系。其设计原则基本概括为:

- (1) 设计过程中应使建筑物在全寿命周期内对自然资源的耗费(材料和能源)降到最低;
- (2) 在建筑物全寿命周期内对自然环境的污染和环境影响降到最低;
- (3) 设计出健康、舒适和无害的生存工作空间;
- (4) 建筑物的质量、功能和性能以及经济性的平衡。

在绿色设计理念的指引下,可以将绿色通风空调系统定义为:在通风空调系统全寿命周期内,尽可能地采用可再生资源 and 自然冷(热)源,最大限度地减少能源与资源消耗的同时提高能源利用率,在保护环境和减少污染物排放的同时保证经济的合理性,为人们提供健康、舒适、安全、高效的人居环境,最终达到人、自然和建筑的和谐统一。为贯彻绿色设计的理念,设计者在整个建筑物的设计过程中,必须关心以下问题:

- (1) 在建筑物建造和使用过程中,对环境应进行有效的保护,主要通过调整设计思想来达到减少对空气、土地、水的污染,提高环境质量;
- (2) 自然资源的谨慎开发使用,选择良好环境品质的材料和产品,鼓励使用可循环产品和材料,

特别注意对水资源的节约；

- (3) 设计的建筑物确保使用者生活品质的提高；
- (4) 减少对人们有害物质材料的使用，保障使用者健康；
- (5) 减少系统初投资和长期运行费用；
- (6) 努力利用和开发可再生资源 and 能源，减少对不可再生资源 and 能源的依赖。

1.4 绿色通风空调系统设计在绿色建筑中的作用

1. 美国绿色建筑标准—LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

美国绿色建筑委员会 (USGBC) 制定的绿色建筑评估体系《能源和环境设计先导》，其中对新建建筑须执行的 LEED-NC (New Construction) 内容包括：

- (1) 可持续性；
- (2) 水利用效率；
- (3) 能源/大气；
- (4) 材料/资源；
- (5) 室内空气品质；
- (6) 创新/设计。

暖通空调产品和系统的选择，很大程度上影响着 LEED 认证，例如从图 1.4-1 中各种分值的比例，可以看出绿色建筑分值的 50% 以上与通风空调直接相关。

绿色建筑所倡导的绿色建筑设计和施工强调以下五个方面：

- (1) 选择可持续发展的建筑场地；
- (2) 对水源保护和对水的有效利用；
- (3) 高效用能、可再生能源的利用及保护环境；
- (4) 就地取材，资源的循环利用；
- (5) 良好的室内环境质量。

在室内环境部分强调以下五个方面：

- (1) 室内热舒适；
- (2) 室内空气质量；
- (3) 照明质量；
- (4) 噪声和振动；
- (5) 对环境和人体有害的材料。

与暖通空调相关的内容包括：

- (1) 节约用水，使用高效冷却塔；
- (2) 最低的能源消耗；
- (3) 环保型制冷工质的使用，保护臭氧层；
- (4) 鼓励利用太阳能、地热能、风能等可再生能源；
- (5) 采用热计量；
- (6) 空气质量的要求；
- (7) 提高通风效率；
- (8) 低挥发性材料；
- (9) 热舒适度，并提倡采用先进的设计技术和完善的认证制度。

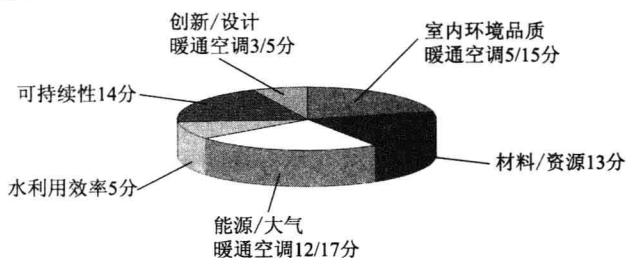


图 1.4-1 绿色建筑 LEED 论证中各种分值比例

2. 英国 BREEAM 体系 (Building Research Establishment Environmental Method)

1990 年, 英国建筑研究中心 BRE (Building Research Establishment) 提出了“建筑环境评价方法”, 成为世界上首个绿色建筑评价体系, 也是世界上第一个实际应用于市场和政府管理之中的绿色建筑评价体系。

BREEAM 体系的主要内容包括管理、能源、交通、污染、材料、水资源、土地使用、生态价值和身心健康等九个方面, 并分别归类于“全球环境影响”、“当地环境影响”及“室内环境影响”三个环境表现类别, 是为建筑所有者、设计者和使用者共同设计的评价体系, 有关通风空调系统评价的内容如表 1.4-1 所示。

BREEAM'98 评价体系中关于通风空调系统评价内容

表 1.4-1

评价指标	评 估 内 容
管 理	是否能够出具证据说明设计团队已为用户安排了监控试运行, 如果存在复杂系统时是否为客户安排了专业试运行代理或者管理团队; 是否能够出具证据说明已经为非技术类建筑管理人员提供了通俗易懂的指南
健康和舒适	冷却塔和蒸发塔是否容易进行清洁、保养, 或是否有冷却塔和蒸发塔; 所有的冷热水系统在设计中都考虑了减少军团菌风险的措施; 安装蒸汽加湿系统或者不安装加湿系统; 新风口避免主要污染源; 机械通风或者采用空调系统新风量满足 $43.2 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{p})$, 自然通风建筑的窗户可开启面积相当于建筑室内面积的 5% 并且平面进深不大于 15m, 否则需要采取辅助通风措施; 根据不同的负荷要求, 能够为不同办公空间提供温度调节控制的可能; 是否在设计阶段进行了热舒适性的评估并据此评价相应的服务功能
能 源	为建筑内能耗较大的设备提供单独电力计量, 包括: 加湿设备与制冷设备
污 染	为所有设备的高风险部位安装渗漏监测系统; 制冷剂的类型全球变暖潜在值低于 5 或者没有制冷剂; 至少 10% 的热量或者电力消耗来自当地可再生能源

由表 1.4-1 可知:

(1) BREEAM 体系中四大项评价指标中涉及通风空调系统评价的 13 条评价内容, 便于操作且易于理解和接受;

(2) BREEAM 体系考查了通风空调系统全寿命周期对环境影响的评价, 并重视监控运行管理系统;

(3) BREEAM 体系是基于英国国情, 十分注重室内环境的健康与舒适, 因而强调采用自然通风的建筑物窗户面积指标和机械通风或新风量量化指标, 同时包括系统的清洗与保养、减少军团菌措施、温湿度控制等指标和舒适性评价, 以保证健康与舒适;

(4) BREEAM 体系规定可再生能源利用的低限值以及制冷剂变暖潜在值的高限值, 以达到节约能源并减少环境污染的目的;

(5) BREEAM 体系强调对建筑物能耗较大的设备进行电力分项计量, 以便于准确地评价通风空调系统的能耗。

3. 日本绿色建筑标准

(1) CEC (Coefficient of Energy Consumption)

它是为评价与建筑物空气调节设备相关的能量有效利用而设的指标, 如以算式表示空调能耗系数 (CEC/AC), 可表示为:

$$CEC/AC = \frac{\text{年空调能耗量 (MJ/a)}}{\text{假想的年空调负载 (MJ/a)}}$$

年空调能耗量是指在 1 年间空气调节设备所消耗的能量, 是将空气调节设备的额定输入值乘以全负载相当运行时间所求得的值。此处的全负载相当运行时间, 表示对象设备在某一固定条件下, 以额定运行时的输入, 1 年间运行多少小时的值。这个值根据对象设备的用途和建筑物所在地等的不同而有所不同, 而且不同节能手法也会使其发生变化。

假想的年空调负载,是指在根据建筑物用途或其所在地设定的固定条件下,将假设计算出的空调负载累计1年的值。因此,这个值越小,空气调节设备的能量利用效率越好。

(2) PAL (Perimeter Annual Load)

它是防止通过建筑物的外壁、窗等产生热损失的相关指标,如以算式表示年热负载系数(PAL),可表示为:

$$PAL = \frac{\text{周边区域的年热负载 (MJ/a)}}{\text{周边区域的地板面积 (m}^2\text{)}}$$

在此所说的周边区域,是指通过外壁、窗等受外界气象条件影响的建筑物内部空间,除地下室外,包括从各楼层的外壁中心线起,水平距离5m以内的室内空间、楼顶正下面一层的室内空间及与外气相接的地板正上面的室内空间。

此外,年热负载是指按各种建筑物用途设定建筑物使用(空调)时间的标准时间表,将在此期间产生的暖气负载和冷气负载累计1年所得的值。因此,与空气调节设备的实际运行时间表无关,而是按上述设定时间内周边区域所产生的负载进行计算。此时所考虑的热包括来自外壁、窗等的贯流热,日照热,周边区域内部产生的热及由于引入的外气与室内空间的温度差而取得或损失的热等4种热。

为使年热负载系数(PAL)的值低于按各种建筑物用途设定的判断基准值乘以据此建筑物的建筑规模而得的补正值,要在外壁、窗等的绝热化及日照的遮蔽等方面下工夫。对作为节能判断基准的指标,按建筑物用途分别在表1.4-2中设定了基准值。要求根据前述的PAL及CEC各指标的概念所求得的值在此标准值以下。

建筑物所有者的判断标准

表 1.4-2

指 标	饭店、旅馆	医院、诊疗所	物品销售店铺	事务所	学校	饮食店
PAL [MJ/(m ² ·年)]	420	340	380	300	320	550
CEC/AC	2.5	2.5	1.7	1.5	1.5	2.2
CEC/V	1.0	1.0	0.9	1.0	0.8	1.5
CEC/L	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
CEC/HW	1.5	1.7	1.7	—	—	—
CEC/EV	1.0	—	—	1.0	—	—

(3) CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency)

建筑物综合环境性能评价系统CASBEE的最大特点是提出了建筑环境效率BEE(Building Environmental Efficiency)的概念,即“通过最少的环境载荷达到最大的舒适性改善”,使得建筑物环境效率评价结果更加简洁、明确,并且逐渐成为国际上较有影响力的绿色建筑评价体系之一,由于它是首个亚洲国家开发的绿色建筑评价体系,对于包括我国在内的亚洲国家开发绿色建筑评估体系有很大的参考价值。

CASBEE的评价内容包括能量消费、资源再利用、当地环境、室内环境等四大方面的80个子项目,涉及通风空调系统评价的内容包括建筑室内空气质量、通风空调系统设备的能耗数量与效率、制冷剂排放管理、空调设备系统的耐用性与可更新性等,如图1.4-2所示。

由图1.4-2可知:

(1) CASBEE评价体系涉及通风空调系统评价的内容较多,将其重组分成建筑环境质量与性能(包括:室内环境和服务质量)和建筑物的外部环境负荷(包括:能源和资源与材料);

(2) CASBEE评价体系能源方面的评价从降低建筑物冷热负荷到设备系统的高效化以及可再生能源的有效利用等,在注重降低系统设备的能耗的同时提高使用效率;

(3) CASBEE评价体系关于通风空调系统室内环境的评价内容包括声环境、热环境和室内空气品质三个方面,并采用定性与定量相结合的方法进行评估。

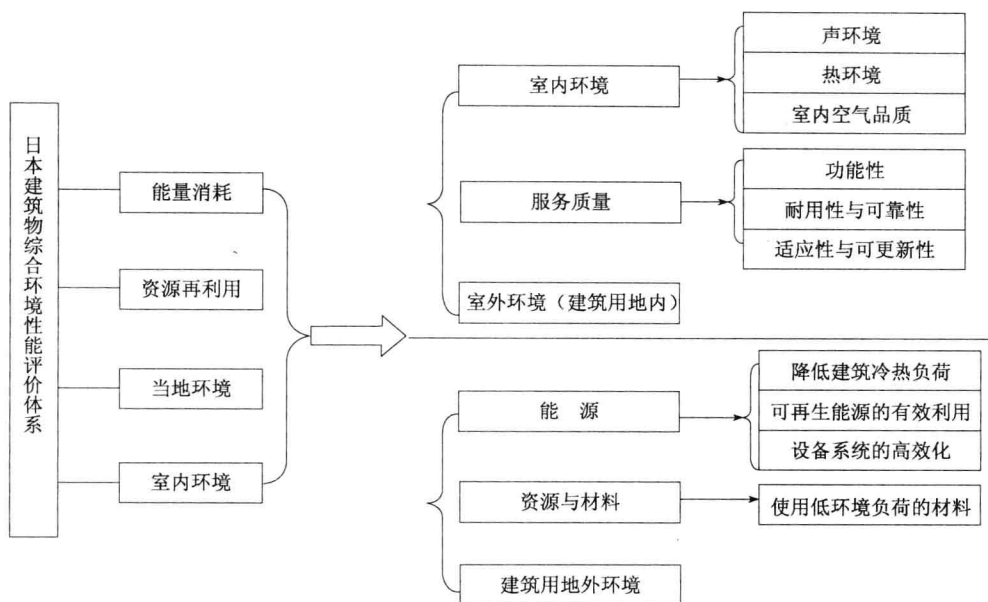


图 1.4-2 CASBEE 评估体系的组成及其关于通风空调系统评价内容

4. 绿色奥运建筑评估体系

绿色奥运建筑评估体系（Assessment System for Green Building of Beijing Olympic）是我国自主开发的首个定量评价建筑物绿色性能指标的评价体系。它结合我国国情，吸收了 BREEAM 体系的全生命周期思想，日本 CASBEE 体系和美国 LEED 体系的优点，具有良好的可操作性。评价过程按照全过程监控，分阶段评估的指导思想，评估过程由四部分组成，即规划阶段、设计阶段、施工阶段、验收与运行管理阶段。绿色奥运建筑评估体系中关于通风空调系统评价的内容如表 1.4-3 所示。

绿色奥运建筑评估体系中关于通风空调评估内容

表 1.4-3

评价阶段	评价内容	评价指标
设计阶段	建筑设计	建筑主体节能、室内热环境设计、自然通风、建筑功能性和可适应性设计
	能源消耗及其对环境的影响	冷热源和能源转换系统、能源输配系统、部分负荷部分空间条件下可用性、新风热回收技术、能源设备计量监测与控制、可再生能源利用、空调制冷设备中工质的使用
	水环境系统	设备与器材
	室内空气质量	室内通风换气、空调通风系统设计
验收运行管理阶段	室内环境	室内空气品质、室内声环境、室内热舒适、建筑适应性
	能源消耗	系统调试、试运行阶段能耗评估
	水环境	排水系统、设备与器材
	绿色管理	空调系统的运行卫生管理、节能管理

5. 绿色建筑评价标准

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378—2006 是我国颁布的第一部有关绿色建筑的国家标准，它是在总结我国绿色建筑方面的实践经验和研究成果基础上，借鉴国际先进经验制定的第一部多目标、多层次的绿色建筑综合评价标准，包括：

- (1) 节地与室外环境；
- (2) 节能与能源利用；
- (3) 节水与水资源利用；
- (4) 节材与材料资源利用；
- (5) 室内环境质量；

(6) 运营管理。

在整个评价主要条目中，(2)、(3)、(4)、(5)、(6) 条与通风空调系统相关。我国《绿色建筑评价标准》GB/T 50378—2006 的导向是要求通风空调系统与设备必须向全面提升满负荷和部分负荷效率、节约能耗并积极开发和利用可再生能源以及能源回收和综合利用的方向发展。同时，标准中突出了“运营管理”，更全面地重视了建筑全寿命周期的价值，更为重视设备与建筑控制及运行管理系统相结合的全面解决方案。

绿色设计产品的评价包括：

(1) 技术的先进性，主要体现在：

- 1) 规划、设计、施工、管理全过程的技术；
- 2) 产品 - 建筑物功能和性能；
- 3) 对产品 - 建筑物使用后处理回收技术。

(2) 产品经济性论证，包括：

- 1) 产品 - 建筑物的寿命周期成本；
- 2) 产品 - 建筑物寿命周期效益。

(3) 绿色理念的贯彻，包括：

- 1) 对能源的节约；
- 2) 对资源消耗或可再生能源的利用；
- 3) 对环境的影响评价。

因此，绿色通风空调系统的设计必须遵循绿色设计的思想，在整个建筑物寿命周期内，最大限度地贯彻人、自然、环境和谐共生的设计理念。利用先进设计技术、选择与环境友好的设备、材料，最大限度地减少资源的消耗、降低系统运行能耗，在保证人们舒适、健康的基础上，将对我们赖以生存的自然环境的影响降低到最小。

1.5 绿色通风空调系统设计关心的问题

建筑物中的通风空调是构建舒适、健康的工作生活环境的重要手段，随着通风空调系统及设备的大量使用，由通风空调系统与设备引起的能耗占据整个建筑物能耗的 60%，而且空调耗电量还在不断增加。

通风空调系统设计存在的问题包括：

- (1) 不同地区、不同环境下，以千篇一律的方法进行建筑空调设计，必将造成不良效果；
- (2) 过分强调一次投资的节约，忽视运行费用；
- (3) 空调方案比较中，只简单地进行满负荷运行费用的比较，忽视了当地气候及设备部分负荷运行费用的影响；
- (4) 系统不能够根据建筑物负荷特性的变化，实现有效调节；
- (5) 建筑设备能源管理自动化水平比较低，设备长期在低效率下运行；
- (6) 一些建筑物室内气流组织设计不合理，不仅不舒适，还会造成短路，能耗增加；
- (7) 多数建筑物的能耗水平很高，又不知道高在何处，既无法提高运行管理水平，又在节能上无从下手。

国内在建筑物能耗管理上存在比较明显的不和谐或不协调问题，在 20 世纪 90 年代，国内物业设施管理严重滞后。业主在建设阶段并不考虑今后运营时的节约和便利，过多地考虑如何节省一次投资，如何节省自己的时间和精力。设计师往往较少考虑系统集成的协调和匹配，许多大楼的空调过冷过热、管道跑冒滴漏。在空调系统运行阶段，业主往往认为只要招聘一些空调工、电工和冷冻工便可使大楼空调系统运转起来，这就造成许多大楼的高能耗、自控不能开通、设施设备加速损耗、室内空气品质严重恶化、布局失当而造成用户工作效率的低下。

建筑师营造的是具有健康、舒适的室内环境的建筑物,采用自然通风不仅能够提供优良的空气品质,而且不用消耗任何资源,是应该大力提倡和使用的技术手段,这也为建筑师和设备设计师提供了积极发挥和创新的研究领域。但是,许多地域和季节特别是炎热的夏季和寒冷的冬季,建筑物内环境的维持仅靠自然通风是无法满足健康、舒适以及卫生要求的,需要采用通风空调系统和设备来实现。因此,如何提高空调系统及设备的能效并最大限度地减少对自然环境的影响是摆在暖通空调设计师面前的课题。

首先,需要采用先进的技术手段,减少能源的消耗并提高通风空调系统运行的能效,积极利用新能源以及可再生能源,例如太阳能供暖制冷和热水设备、高效变频输送设备、蒸发冷却技术、区域供冷供热技术、蓄冷蓄热技术、地源热泵、热电冷三联供能源分布系统、高效环保类冷热源设备、舒适高效的室内气流环境等,都是各国正在着力研究和开发的技术。

但是必须指出,先进技术的堆砌并不能证明建筑物通风空调系统属于绿色理念。整个通风空调系统的全寿命过程符合人、自然、环境的和谐共生才属于绿色设计,也就是说,通风空调系统的设计、施工、运行直至废弃全过程综合评判,其能源消耗最低、对环境影响最小、人们工作生活舒适健康,才能符合绿色设计的思想。这要求设备设计师能够牢记绿色设计的核心思想,将先进技术恰当地融合在一起,构建出绿色通风空调系统,为人们服务。

例如,在暖通设计阶段,在选择能效比高的设备时,应注意单机能效比高并不等于系统能效比高。空调系统能耗是由冷水机组、锅炉、冷却塔、水泵、风机及末端装置的能耗组合而成的,把这些设备集成为系统,存在相互匹配、相互制约的问题。

因此,不仅要注意设备在满负荷时的能效比,还要注意设备在部分负荷下的能效比;不仅要注意设备单独运行的特性,还要注意它与系统特性的匹配;不仅要注意新机组的能效比,还要注意考察机组在使用一段时间后的能效比的衰减;不仅要注意系统在设计负荷下的能效比,还要注意系统的季节能效比等。

一体化设计(Integrated Design)是在现有的成本约束条件下进行绿色设计的合乎逻辑的途径,它要求与项目有关的各类人员,包括建筑师、土木工程师、暖通工程师、电气工程师,甚至包括承包商和物业管理从从一开始就介入设计过程。

一体化设计方式有助于打破各专业之间的隔阂,加强各专业之间的交流与合作,使各个专业的设计人员在设计工作的早期阶段就能够充分交换意见、共享信息。从而增加采用“绿色”方案的可能性,同时可以减少因采用“绿色”方案而造成的初投资的增加。加拿大通过 C2000 计划的实施,在这方面取得了明显成效。在满足加拿大国家能源规范的前提下,绿色建筑的寿命周期成本至少可以降低 25%。美国在推行绿色建筑时,把整个建筑物甚至整个地区(城市)作为一个系统来看待,统一规划,力求达到建筑的功能、环境、特性与建筑节能的高度统一。

物业设施管理业务中的能源管理、设备运行管理和室内空气品质管理都与暖通空调有着很密切的关系。同济大学龙惟定教授将国外提出的寿命周期成本(LCC)设计概念应用于暖通空调设计,将设备和系统在寿命周期内的全部开支加在一起再折现换算为等价均匀的全年费用(EUAC),提出设计人员应不只为初投资负责,更要为降低设备系统寿命周期内的全部成本着想,为有利于物业设施管理着想,具有全局观和系统观。强调了在暖通空调设计中采用 LCC 概念的重要性,以及 LCC 带来的暖通空调设计观念转变。

1998 年年初,范格教授在北欧暖通空调工程师联合会(Scanvac)杂志上发表文章认为,北欧暖通空调工程师并不能认为自己的职务仅仅是选用、安装、运行暖通空调设备的工匠工作,他们更负有广义的责任而对室内环境、能源及其他一切资源的有效利用负责。

简而言之,绿色通风空调系统设计应该贯穿整个建筑物室内环境设计和运行管理的全过程,需要在规划、设计、施工、运行全过程一体化设计和管理,要求决策者、投资方、设计方、施工方、监理方、使用方全程沟通协调,核心是建筑物通风空调系统的能耗始终处于最低、对环境的影响最小、使室内始终维持舒适健康的环境。

第2章 绿色通风空调系统设计室外计算参数

2.1 空气调节室外计算参数选取原则

为使设计的空调系统设计合理、运行节能,室外计算参数尤为重要。室外计算参数的选取可遵循我国现行规范的相关规定。

我国《采暖通风空气调节设计规范》GB 50019—2003 对室外设计参数做出如下规定:

第3.2.2条 冬季通风室外计算温度,应采用累年最冷月平均温度。

第3.2.3条 夏季通风室外计算温度,应采用历年最热月14时的月平均温度的平均值。

第3.2.4条 夏季通风室外计算相对湿度,应采用历年最热月14时的月平均相对湿度的平均值。

第3.2.5条 冬季空气调节室外计算温度,应采用历年平均不保证1天的日平均温度。

第3.2.6条 冬季空气调节室外计算相对湿度,应采用累年最冷月平均相对湿度。

第3.2.7条 夏季空气调节室外计算干球温度,应采用历年平均不保证50h的干球温度。

第3.2.8条 夏季空气调节室外计算湿球温度,应采用历年平均不保证50h的湿球温度。

第3.2.9条 夏季空气调节室外计算日平均温度,应采用历年平均不保证5天的日平均温度。

第3.2.10条 夏季空气调节室外计算逐时温度,可按式确定:

$$t_{sh} = t_{wp} + \beta \Delta t_r \quad (3.2.10-1)$$

式中 t_{sh} ——室外计算逐时温度(℃);

t_{wp} ——夏季空气调节室外计算日平均温度(℃),按本规范第3.2.9条采用;

β ——室外温度逐时变化系数,按表3.2.10采用;

Δt_r ——夏季室外计算平均日较差,应按式计算:

$$\Delta t_r = \frac{t_{wg} - t_{wp}}{0.25} \quad (3.2.10-2)$$

式中 t_{wg} ——夏季空气调节室外计算干球温度(℃),按本规范第3.2.7条采用。

其他符号意义同式(3.2.10-1)

室外温度逐时变化系数

表 3.2.10

时刻	1	2	3	4	5	6
β	-0.35	-0.38	-0.42	-0.45	-0.47	-0.41
时刻	7	8	9	10	11	12
β	-0.28	-0.12	0.03	0.16	0.29	0.40
时刻	13	14	15	16	17	18
β	0.48	0.52	0.51	0.43	0.39	0.28
时刻	19	20	21	22	23	24
β	0.14	0.00	-0.10	-0.17	-0.23	-0.26

第3.2.11条 当室内温湿度必须全年保证时,应另行确定空气调节室外计算参数,仅在部分时间(如夜间)工作的空气调节系统,可以不遵守本规范第3.2.7至第3.2.10条规定。

第3.2.17条 室外计算参数的统计年份宜取近30年。不足30年者,按实有年份采用,但不得少于10年;少于10年时,应对气象参数进行修正。