



温和地区公共建筑暖通设计优化十题

云南省安泰建设工程施工图设计文件审查中心 崔 跃[☆]
昆明市建筑设计研究院有限责任公司 罗建方

摘要 简要描述了温和地区的气候特点,多视角分析了这些特点对当地公共建筑暖通空调设施设置和设计优化的影响,认为应借鉴绿色设计的理念和工作模式,系统着眼、方案入手,因地制宜、集成优化,修正脱离当地实际的惯常做法和对“高大上”的盲目追求,超越重设备轻系统的初级认识阶段,尽量利用当地良好的气候条件,以较低技术、低成本、低能耗的方式解决室内热环境问题。

关键词 温和地区 气候特点 公共建筑 暖通设计 设计优化

Ten topics on HVAC design optimization of public buildings in temperate zone

By Cui Yue[★] and Luo Jianfang

Abstract Briefly describes the climate features of the temperate zone, analyses the influences of these features on the setting and design optimization of HVAC facilities in local public buildings. Considers that in order to achieve integrated optimization of the design, green design concept and working mode should be imitated, more attention should be paid to system scheme and preliminary planning. Meanwhile, the designer should adjust measures to local conditions, modify those unsuitable common practice, give up blind pursuit of large scale and high grade of HVAC settings, and transcend the primary stage of putting a high value on equipment rather than system, making full use of the favourable weather conditions to improve indoor thermal environment in a comparatively low technology, low cost and low energy way.

Keywords temperate zone, climate feature, public building, HVAC design, design optimization

★ Yunnan Antai Construction Design Document Examination Center, Kunming, China

①

0 引言

特殊的海陆分布和地形地貌特征造就了云南季风气候和立体气候的大背景,使得云南的气候兼具低纬度气候、季风气候、山地高原气候的特点,包括了寒冷、夏热冬冷、夏热冬暖和温和等 4 种建筑热工分区。其中,云南省气候行政区划内约 85% 的地域为温和地区,其气候以省会城市昆明为典型。昆明的典型气象年统计数据^[1]见图 1 和图 2,可以看出,冬季 12,1,2 月的平均温度为 9.23℃,平均相对湿度为 66.12%,日照百分比为 66%,即冬季气温偏低,相对湿度稍高,但晴天居多,白天南向房间较温暖,北向房间全天、其他房间早晚偏冷,寒流侵袭期间,室内人员的阴冷不适感明显。夏季

6—8 月的平均温度为 19.93℃,平均相对湿度为 79%,即夏季气温适宜,相对湿度偏高,通风条件良好、无大量散热、散湿的房间室内热环境已接近或达到热舒适要求,但强烈的日照会使东西向房间偏暖,长时间受到阳光直射的其他房间也会出现室内过热的现象。

上述气候条件决定了温和地区公共建筑的暖通空调设计不同于其他地区。本文选取 10 个较常

①☆ 崔跃,男,1958 年 9 月生,大学,教授级高级工程师
650028 昆明市滇池路西贡码头 21 幢
(0871) 64314969
E-mail: cyue58@163.com
收稿日期:2014-03-11
修回日期:2014-06-30

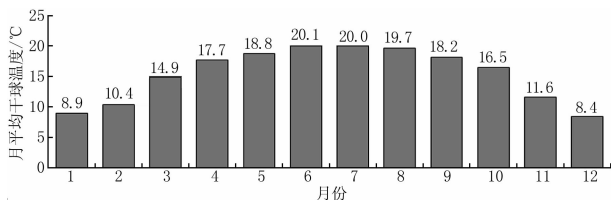


图1 昆明典型气象年各月平均全球温度

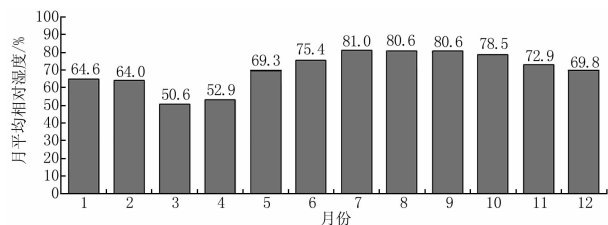


图2 昆明典型气象年各月平均相对湿度

见的问题,介绍笔者的一些实际工程经验,从当地实际出发,力求准确理解和执行现行国家和地方相关标准,优化完善暖通空调设计的一些认识和做法并给出建议,供在该地区从事专业设计的同仁参考。

1 供暖还是供冷?

表1^[1]从一个侧面反映了温和地区建筑有限的供暖需求与很小的供冷需求的总体概况,当地公共建筑设置供暖空调设施的必要性、设置的标准、系统形式等主要取决于建筑所处的微观区域环境及建筑的功能、规模、平面布局、外围护结构构造等因素。

表1 昆明典型气象年的度日数和度小时数

供暖度日数 HDD18/(℃·d)	1 224.4
供暖度小时数 HDH18/(℃·h)	32 294.4
空调度日数 CDD26/(℃·d)	0
空调度小时数 CDH26/(℃·h)	86.7

注:供暖控制温度为18℃,空调控制温度为26℃。

一般地,设置空调设施的超市、影院等人员密度大的公共建筑室内装修标准较高,空间较密闭,设备、照明耗电量较大,人员比较密集,由于室内外温差较小,设备、照明及人体的散热量与围护结构耗热量已基本相当,供暖需求很小。加上受到衣着习惯、经济水平及环保、消防等因素的影响和制约,从目前的趋势看,温和地区设置空调设施的大型商场多数已不再考虑冬季供暖,仅考虑夏季供冷。值得注意的是,部分此类建筑按照更高的标准设置了供暖设施,其供暖热负荷中新风负荷可占到60%甚至更多,故应采用新风需求控制,当室内人员数量减少时相应减少新风量,以平衡人体散热量减少

导致的热负荷上升。夏季空调系统大部分时段内可采用无冷源的全新风运行方式。

宾馆、办公楼等人员密度低的公共建筑的情况有所不同,夏季如果房间外遮阳及自然通风等被动节能措施应用得当,无需空调供冷也可基本达到室内空气环境的热舒适要求;冬季室外气温偏低但晴天较多,日照辐射强,同时受经济与资源等条件限制及室内人员衣着习惯的影响,设置供暖设施的并不多。其中办公建筑普遍采用被动节能措施和利用太阳能改善室内热环境,星级宾馆按行业要求或企业内部标准设置全年舒适性空调,小型、普通宾馆则情况不一。

2 供暖有何不同?

前已述及,温和地区冬季存在一定的供暖需求,少部分建筑也设有供暖设施。然而气候条件的巨大悬殊使得温和地区的供暖与通常所说的北方严寒和寒冷地区的供暖有着根本的不同。仅就公共建筑而言,供暖现状可大致归纳为五多五少:空调多供暖(此处特指传统的散热器供暖)少——除温和地区北区极个别项目外,公共建筑一般以空调方式供暖;热泵多锅炉少——只有少数高星级酒店、高等级医院专设供热锅炉,其他建筑多以热泵供暖;分散多集中少——一般宾馆、写字楼等多倾向于采用多联机空调或分体空调供暖;商业多其他少——高星级宾馆、名牌专卖店、高档餐厅、影厅等消费水平较高的商业设施多设供暖设施,其他建筑设供暖设施的较少;装的多用的少——比较突出的是一些堂馆类高大建筑,建设时追求标准高、功能全,投入使用后才发现空调设施能耗惊人,用不起也用不着,餐厅、观众厅等商业场所的供暖设施通常也只用于“暖场”,开启时间稍长房间就往往过热而导致不适。供暖设施在温和地区更多地像是一件奢侈品而非生活必需品,设置与否和如何设置随意性较大,其使用也普遍呈现出明显的短期性、间歇性和局部性。

在这样的情形下,按现有的设计标准来规范温和地区的供暖设计就必定面临许多困惑,因为适用的条文大多不在设计标准的“供暖”(或“采暖”)章节而是在“空气调节”章节中,而后者的内容又主要是针对夏季供冷的,其中有关供暖的条文也是基于北方地区长期、稳定、整体的供暖模式而制订的,在一些重大问题上不可能顾及温和地区的特殊条件。

例如,GB 50736—2012《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》(以下简称《暖通规范》)第 7.2.11 条仅要求空调系统夏季冷负荷的确定“应考虑所服务各空调区的同时使用系数”;第 8.2.2 条(强制性条文)对选定电动压缩式冷水机组的总装机容量作出了限定,而对热泵的选定则没有提及。

笔者认为,按照适用先进、经济合理、节能环保的基本设计原则,从温和地区的实际情况出发,冬季围护结构耗热量的计算应采用(绝对值)较大的朝向修正率(南向 30%),系统总热负荷的确定应考虑同时使用系数,热泵总装机容量的确定原则应与冷水机组相同;此外,尚应按 DBJ 53/T-39—2011《云南省民用建筑节能设计标准》(以下简称《节能地标》)的相关要求,对人员密度大的建筑,计算冬季热负荷时扣除人体散热量,在其他类型建筑中配合建筑设计营造主动式太阳房,积极采用低温热水地板辐射供暖、新风供暖、太阳能热风供暖等经济适用的供暖方式。

3 通风还是空调?

按照《暖通规范》第 6.1.1、6.1.3、6.4.1、7.3.4、7.3.20 条及《节能地标》第 5.3.2、5.4.1、5.4.2 条等条文的规定,温和地区公共建筑通风空调设计应遵循“自然通风(含被动通风)→局部机械通风→全面机械通风(含复合通风)→局部(含分层)空调→集中空调→全新风运行”的技术路线,因地制宜地优化设计策略,优先考虑采用通风措施排除室内余热余湿,合理限制空调设施的设置范围,减少冷热源主机的运行时间,尽可能用低技术、低成本、低能耗的绿色方式满足室内空气环境的卫生要求及舒适性要求。

随着节能标准的深入贯彻,上述理念和规定已被普遍接受,要求舒适性、高标准就必须设空调,设空调就必定全时间、全空间提供服务的偏见正在逐步转变,更多的设计采用了以通风为主、局部空调为辅的基本设计策略,特别是一些有政府投资背景的大中型公共项目,通过方案优化,成功地以通风方式部分或全部替代了空调,大幅度降低了建设投资与运行能耗。如昆明长水机场在设计时对昆明地区全年新风工况进行了模拟,并据此设置了适宜的空调系统,实际运营中夏季大部分时间采用全新风运行,大幅降低了空调运行费用。最近的一个典型案例是某在建的特大型公共建筑,项目建设方依

托省级技术咨询平台,经反复论证,促使设计方优化思路,调整设计方案,将项目中 10 个面积上万平方米的高大展馆由设置集中空调设施改为设置复合通风设施^[2]。

4 送风还是排风?

目前,商场等大空间公共建筑通风设计中一种流行的做法是以通过消防审查为目标,套用汽车库或设备用房以排风为主的通风方式,并按消防排烟标准设置机械排烟设施,兼顾平时通风。这种以应急需求取代日常功能的做法本末倒置,系统通风效率低而能耗较高,往往还伴随有较大的噪声与振动,违背了技术适用和节能节材的基本设计原则。房间位于建筑物内区时,往往只能依靠房间负压通过内走道或相邻房间间接进风,不能满足《暖通规范》第 6.3.1 条对进风口设置位置的要求。

如前所述,温和地区人员密集的公共场所采用通风方式解决室内卫生健康与舒适性问题是合理可行的,但按照优化室内气流组织、保证通风效率的原则,其通风设计应以送风为主并均匀布风,满足室内人员的卫生要求并形成令人愉悦的可感气流,同时形成有利于阻止灰尘和蚊蝇昆虫进入的房间微正压。特别是,当无可开启外门窗(如地下商场)时,系统至少应按 GB 50352—2005《民用建筑设计通则》第 7.2.1 条、GB 9670—1996《商场(店)、书店卫生标准》第 2.2.1 条的要求送入新风。此类房间的排风兼排烟系统可按照 GB 50016—2006《建筑设计防火规范》第 9.4.6 条的要求集中布置,以免管道交错重叠,浪费空间和资源。当房间有可开启的门窗洞口时,应优先采用自然排风(排烟)。

其中,当自然通风条件缺乏(如地下商场)或不足(如房间进深较大、与外界接触面较小)时,仅仅按卫生标准送入新风,室内热环境质量不尽如人意,建议凭借当地良好的气候条件,参照《节能地标》第 5.4.3 条对空调新风系统的要求,使通风系统具备变新风量运行的条件,在夏季和过渡季加大新风量,更好地满足室内卫生健康要求及舒适性要求。至于经济性方面,实际上通风系统本身的造价很低,真正的问题在于对其所占用空间高度的控制,除合理设置排风(烟)设施避免管路重叠外,工程实践中也有在送风管路上并联设置消防排烟风机,并设置相应的转换控制阀门的实例。

5 封闭还是开敞?

建筑中庭或由自动扶梯形成的贯穿多个楼层的竖向空间都是非常宝贵的空间资源,其顶部均应设置通风设施(首选自然通风设施,不得已时设(与排烟设施合用的)机械排风设施)。对于空调建筑,这样做既可以在空调系统运行期间利用中庭提供排风出路而无需增设大量排风设施,同时形成合理的气流组织,有利于降低空调负荷,提高室内空气质量,又可在过渡季利用中庭作为排风通道,形成自然通风或全新风运行的技术条件。总之,有利于充分利用气候资源,在全年大部分时间以通风尤其是自然通风替代空调,经济、高效且低碳地改善室内空气环境。一项对我国绿色建筑常用节能技术后评估比较研究指出:目前,国内示范公共建筑在设计中大都充分利用(中庭)自然通风和自然采光等低成本的被动技术,效果良好,节能效果显著,使用满意度高,值得重视和推广^[3]。鉴于当地强烈的太阳辐射,单层或顶层的高大厅室采用通风吊顶同样是上佳的选择。

暖通专业在建筑设计中通常话语权有限,往往为了设置一个竖井而与建筑专业或建设单位反复交涉,因此对于中庭这样巨大的“竖井”应善加利用。这里时常困扰设计人员的是:当高层建筑的中庭高度超过 12 m 时(GB 50045—95《高层民用建筑设计防火规范》(2005 年版)规定需要采用机械排烟方式),自然通风口与机械排烟口并存可能产生气流短路问题。对此,建议在以下 3 种处理方式中根据具体情况选择其一:1) 设置与排烟设施联动的电动窗(中庭智能通风窗);2) 选用壁式安装的大口径轴流排风扇作为排烟设施,其叶片间较大的空隙就足以进行自然通风;3) 中庭较高(如高于 30 m)而又设置了排烟设施时,将机械排烟口布置于约 12 m 高度处,顶部自然通风口照常设置。

6 集中还是分散?

供暖空调系统对资源和能源的消耗巨大,设计不可不慎,方案阶段尤为关键。笔者认为在系统技术方案选择时的大忌,一是放弃职守、唯建设方意见是从;二是急于求成、盲目照搬照抄其他地区做法;三是脱离实际、片面追求“高大上”。而一旦抉择不慎,系统先天不足,后面无论堆砌多少先进技术加以弥补,结局大都是事倍功半甚至得不偿失。因此,建议借鉴绿色设计的理念及其工作模式^[4],

积极介入前期的建筑方案策划,认真调研了解建筑物内各空间或功能区的产权关系、功能要求、使用时间、运营模式、物业管理方式等相关因素,合理确定空调范围和标准、划分系统、选择形式,从根本上避免系统建成后可能出现的“大马拉小车”、“小温差综合症”等不利现象,真正实现系统的节能运行。

在温和地区中区,夏季绝大部分时间室外空气温度低于室内设计温度,形成了不同于其他地区的一个显著特点,就是空调过渡季(包括夏季的早、晚)很长,制冷需求少(如昆明的空调度小时数 CDH26 仅为广州的 1.01%^[1]),房间得热量依所在朝向全天变化幅度大,整体表现为空调系统间歇使用,累计使用时间短,加上房间使用率(或入住率)等因素的变化,按常规设计的集中空调系统可能经常在部分负荷以至低负荷下,在小温差、大流量、低效率、高能耗工况下运行。

对此,综合考虑当地各方面条件,建议采取“小、散、灵”的对策,即从系统划分、设备选型、管网配置、监测控制诸方面采取切合实际的综合技术措施,首先优化系统设置,无特别限制、特殊要求或使用方不具备成熟系统的运营管理经验时,尽量适度集中并化大为小、去繁从简,使系统能以较为经济便捷的方式适应空调负荷全年变化规律,满足季节及部分负荷需求。以宾馆饭店为例,餐饮区、康体娱乐区等的空调系统均应独立设置;确定夏季空调冷负荷时,应考虑系统大小、房间数量、星级、入住率、朝向等因素,采用 0.6~0.9 的同时使用系数;空调系统或空调水系统设置时,宜南北向分区设置;选择可变流量的主机设备,配用调速循环泵,全面实现空调水系统的智能化变流量节能运行等。

7 新风可以直供?

温和地区——尤其是其中区——夏季室内外空气比焓差很小(如昆明,以室内干球温度 26℃、相对湿度 50% 计,室内外空气比焓差仅约为 7.21 kJ/kg,尚不足 2 W/(m³/h)),过渡季则该比焓差明显倒挂,由此决定了新风直供技术上的可行性^[5]。因此,在采用风机盘管+新风空调系统或多联机空调系统的办公、旅馆建筑中,或既有建筑改扩建层高受限等情况下,如对空调房间无严格的温湿度要求,则可以采用简易的新风供应方式,即使用未经热湿处理的新风。同时应注意:1) 按 GB

50189—2005《公共建筑节能设计标准》第3.0.2条的规定控制新风量;2)按《暖通规范》第7.5.9条的规定设置空气过滤器;3)按《节能地标》第5.4.3条的要求,新风机采用双风机或双速风机等,具备在各季节采用不同新风量的条件,在过渡季加大新风供应量。

迄今为止,该地区已有部分办公、旅馆建筑采用了新风直供的方式,但设计中也普遍存在一些问题,如设计标准与技术措施不匹配,新风量过大,新风未作过滤处理,无可变风量措施等,这些都需要改进完善。

8 空调离不开水?

目前,温和地区商场、大餐厅、观众厅之类公共场所的空调设计已普遍采用了全空气系统,可以在过渡季最大限度地使用新风。更深层次的问题也随之暴露出来了,其中之一是系统选择方面存在局限性,即不分场合地一概选择全水系统(或称二次冷媒系统)。例如,某大型商业综合体裙楼顶层设有6个电影厅,设计选用模块化的热泵型冷热水机组作为集中冷热源,水系统设计中出现了一系列问题,包括水泵适配、流量调节平衡、设备隔振消声、水质稳定处理等,图纸上安排妥当尚有相当难度,适应实际使用要求更是问题多多。经优化后改为采用与影厅一对一配置的直接膨胀式空调系统,室内全空气的空调方式不变,而原先棘手的水系统问题则已不复存在。

很明显,全水系统不是集中空调的唯一选择,甚至可能不是适用的、合理的选择。条件适宜的场所,空调设施宜采用直接膨胀式(旧称直接蒸发式)空调设施,它省略了中间换热及输配环节,简化了系统及其控制机制,能耗较低,综合能效比较高,并且管理维护工作量很小(基本免维护)。国内外的实践都已证明,这是一种简单、适用、节能、节水的空调方式,值得推广,空调建筑为独立单体建筑(商场、影剧院、体育馆等)或空调房间位于顶层(影厅、展厅、多功能大厅等)时,实用效果更好^[6-7]。考虑到温和地区大都严重缺水的现实情况,更有必要积极创造条件,用直接膨胀式空调系统取代全水系统。近年来国内直接膨胀式空调设备的供应商和产品种类增加,价格降低,也有利于直接膨胀式空调系统的推广应用。

9 特殊还是寻常?

多年来,公共建筑中涉及电信、通信、数据、网络等工艺性房间的空调设计动辄以“行业内部要求高”或“需由专业单位承包”为由,不执行节能标准,或不纳入施工图设计范围,以回避建设行政监管。而观其实际所为,也就是将房间封闭起来,密集设置空调设施长年运转以排除设备余热,能耗很高。这种做法在很大程度上与工艺技术要求无关,更多地掺杂了其他非正常的利益因素。

事实上,对于此类工艺性房间的空调设计,国家现行有关标准既区分对象、分级分类确定了合理的室内设计参数,又提出了相应的节能要求。例如,邮电行业标准 YD T5003—2005《电信专用房屋设计规范》第8.2.8条要求:“对全年使用的集中空气调节系统,过渡季应尽量使用新风”;国家标准 GB 50174—2008《电子信息系统机房设计规范》第7.4.13条第3款要求:“空调系统可采用电制冷与自然冷却相结合的方式”。因此,涉及工艺性空调,首先,其房间的布置楼层、朝向等及其围护结构热工性能均应满足《暖通规范》和 GB 50176—93《民用建筑热工设计规范》的相关要求;其次,各类房间的室内设计标准和系统设置应符合相应设计规范的规定,防止出现人为拔高标准的所谓“恒温恒湿空调”、“精密空调”;再次,空调系统设计必须落实尽量使用新风、采取自然冷却(包括但不限于冷却塔直接供冷)等节能措施。在节能减排已成为基本国策,各行各业标准已基本健全的今天,违背建筑节能要求的特殊性是不可接受的。

10 规范也会有错?

这里无意讨论现行规范、标准中存在的问题,只是想提请注意:我国疆域辽阔,温和地区仅为西南一隅,对于与气候条件相关的具体技术问题,显然不能苛求国家现行有关标准的编制面面俱到;反过来说,在执行规范条文时,也应秉持实事求是的科学态度,具体问题具体分析,不宜生搬硬套。第2章“供暖有何不同?”中其实已经涉及到了这个问题。再举例来说, JGJ 57—2000《剧场建筑设计规范》第10.2.15条规定:“机械化舞台的台仓应设空气调节和排烟系统”。关于台仓设置空调的原因,从其条文说明中可以看出,是依据北京、上海某些剧场的经验,“在演出过程中,舞台升降时,上下空间会串通,如台仓不进行空调,则演员会感到太冷

或太热。”但从对昆明某大剧院的了解来看,这种现象并不存在,没有发生过演员抱怨舞台升降时感到太冷或太热的情况。可见温和地区剧场机械化舞台的台仓没有必要按上述规定设置空调设施,合理的选择应当是结合消防排烟需求设置机械通风系统。

11 结语

温和地区良好的气候条件为实现建筑节能提供了先天的有利条件,同时,该地区经济社会发展水平相对滞后,能源资源条件有限,公共建筑的暖通空调设计有必要切实从当地的技术、经济条件出发,引入绿色设计共享、平衡的理念和全面、综合的集成工作模式,突破常规,优化设计,创造性地贯彻实施现行国家和地方相关规范、标准的要求,有效减少暖通空调设施的投资与能耗。为此,建议公共建筑暖通设计重点注意下列问题:

1) 配合建筑设计,强化遮阳和自然通风等被动措施;人员密度大的建筑应优先确保良好通风,机械通风方式应以送风为主,夏季供冷时优先采用高效水冷式冷水机组,并采用可实现全新风运行的全空气空调方式;人员密度大的建筑冬季可不设供暖设施。

2) 重视温和地区公共建筑供暖空调系统实际

使用过程中的短期性、间歇性和局部性特征,避免简单照搬其他地区的经验,从空调系统划分、负荷计算、设备选型、管网配置、监测控制等各个方面集成优化设计方案,为建筑全寿命周期内的节能运营奠定基础。

3) 条件适宜时,空调新风可采用简易的直供方式,并积极推广直接膨胀式空调设施。

参考文献:

- [1] 中国气象局气象信息中心气象资料室,清华大学建筑技术科学系. 中国建筑热环境分析专用气象数据集[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2010
- [2] 崔跃,汪爱平. 关于提请调整昆明某会展中心空调系统设置范围的报告[J]. 云南建筑,2013(4):108-111
- [3] 林波荣,肖娟. 我国绿色建筑常用节能技术后评估比较研究[J]. 暖通空调,2012,42(10):20-25
- [4] 中国建筑科学研究院,深圳市建筑科学研究院有限公司. GB/T 50229—2010 民用建筑绿色设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010
- [5] 崔跃. 浅议昆明地区空调新风处理的特殊性[J]. 暖通空调,1997,27(6):14-16
- [6] 崔跃. 轻型钢结构大空间建筑空调设计两题一例[J]. 暖通空调,2002,32(2):49-51
- [7] 阮先显,刘霄. 云南省某剧院空调通风设计[J]. 制冷与空调,2013,27(6):561-564