

暖通空调系统节能设计

机械工业第一设计研究院
北京中机一院工程设计有限公司 苏振宇

摘要：本文主要结合一些实际工程说明暖通空调系统节能设计和需要关注的一些问题；暖通空调设计方案的确定和系统划分需考虑建筑功能分区、节能运行以及施工运行管理维护的方便等。

关键词：设计 节能 计量 自然通风 遮阳 自然能 热泵 安装 调试

随着经济的发展和城镇化进程的加快，建筑能耗的需求与日剧增。国家对节能十分重视，出台了《中华人民共和国节约能源法》、《民用建筑节能管理规定》等法规和节能设计标准、规范和技术措施。民用建筑按居住建筑和公共建筑分类编制了节能设计标准。除国家标准外，各省市根据当地经济发展水平和气候条件也分别制定了当地的节能设计标准和规定。工业厂区内的办公科研楼、食堂、宿舍等按民用建筑节能设计标准参照执行。北京地区对于超过1000平方米的厂房辅助用房执行北京市公建节能设计标准的相关要求。

工程项目必须进行节能设计、节能施工、节能运行。在初设阶段要求有节能专篇，节能专篇同消防专篇、环保专篇、职业卫生安全专篇一样具有对项目设计方案合理性的一票否决权。北京市对固定资产投资编制节能专篇的内容、深度作出了相应要求，包括：项目概况和项目所在地能源供应条件；项目工艺技术的选择；主要供用能系统，节能设备的选型；能源消耗种类、数量；产品能耗限额；能耗指标和效果是否达到同行业国内先进水平或国际先进水平；新能源和可再生能源的利用；能源计量检测设备、器具的配备；能源管理机构及人员设置等。据统计，公共建筑中央空调能耗约占到建筑总能耗的50%左右，所以暖通空调系统节能是行业发展的必然方向。暖通空调施工图要求对初步设计节能专篇各项内容给予充分落实，包含：采暖空调系统冷热负荷、采暖空调系统水力平衡、水泵耗电输热比、风机的单位风量耗功率、热膨胀等计算；冷热计量和热回收装置的设置；冷水机组等设备选型的能效比等。室内参数的确定以满足工艺需求和人们生产生活舒适度要求为准；材料、设备和能源尽可能以当地为主。设计方案优选时一定要因时因地通过对各种方案的可行性、全寿命周期费用、维护管理等技术经济评价因素进行客观综合分析，保证系统全寿命周期内的高性价比；在做能耗比较时不仅要考虑能源消耗量的大小，还要考虑消耗能源品质高低问题，避免高品质能源的低效使用。设备选型应以系统负荷为准，并能根据负荷变化进行自动调节。设计能耗计量装置，增强人们的行为节能意识。系统水力平衡设计，避免系统首末端水力失调。下面结合具体工程说明一些节能技术措施：

充分利用自然能如风能，太阳能，核能，生物质能、地热能等。在建筑设计中，充分利用当地自然资源设计出能与周围环境融合的建筑，达到建筑与环境相互和谐发展，只有充分利用了自然能的建筑才可称之为绿色生态建筑。对地热资源的有计划开发利用就是充分利

用自然能的一种形式。一般在恒温层下每深入地下 100 米，温度就升高 3 摄氏度左右，在地下 2000—2500 米左右大致埋藏 80 摄氏度的热水。开采出来的中高温地热水源，第一次是经过换热器换热后供散热器采暖用户采暖。第二梯次是将散热器采暖系统的排水供地板辐射采暖（或中央空调系统供暖）。由第二梯次排出的地热低温水，通过热泵机组进行温度提升后再供地板辐射采暖（或中央空调系统供暖）。热泵机组提取热量后释放的尾水约达到 5~10°C 后最后回灌地下。对地热能的阶梯利用技术将其利用率达到 85% 以上，大大增加了单位水量的供暖面积。

自然通风是当今生态建筑中广泛采用的一项技术措施，同时也有利于人的生理和心理健康。通过与建筑专业结合，充分利用建筑布局及热压和风压的联合作用，在室外空气条件较好时组织可控自然通风，排除积聚在屋顶下的热量，以达到良好的通风效果，减少全年中央空调开启时间，在满足人员舒适性的同时降低空调能耗。随着计算机技术的发展，自然通风的技术分析（CFD 计算流体力学）利用连续性方程、能量方程等对空气流动进行分析，然后利用计算软件进行模拟，得出可视化的直观效果图。根据计算结果分析内部房间结构形式、开口位置对室内热环境的影响，配合建筑师对建筑门、窗、立面开口等形式、面积、位置等进行优化，提出建筑设计的改进方案。以某高铁站自然通风的设计研究举例：首先根据气候条件对在通风条件下进行舒适性评价，结合气候特点和人们生理、心理特点，回归出自然通风条件下人体的中性热舒适温度： $t=19.7+0.30t_0-4(\phi-70\%)+0.55V/0.15$ 【其中 t 为室内热舒适中性温度（°C）； t_0 为月平均室外温度（°C）； ϕ 为室内相对湿度（%）； V 为人体表面风速（m/s）】。在热压风压联合作用时，以当地最热月平均温度 28.4°C 和室外设计风速 3.0m/s 为模拟边界条件，经模拟优化配合建筑专业设计确定候车厅和中部集散大厅上下分别需要的开启面积。从 CFD 结果分析看：11 月中下旬到次年 3 月人员区温度较舒适区偏低，尤其在夜间可以通过减小门窗开口开度来保证舒适度；4 月和 10 月中旬到 11 月中旬大部分时间在热舒适区内，门窗完全打开可以满足人员热舒适要求；而从 5 月到 10 月中旬约 5 个月人员区温度在舒适区以上，优化后较原方案减少约 1.5 个月。自然通风无法保证的时段和极端气候时（室温大于 30°C）采用空调间隙运行，同时设计自动控制系统使空调设备在高效、节能的状态下运行，根据要求自动调节室内温度，达到节能运行目的。

国家游泳中心在设计中也是充分利用太阳能和自然通风等措施降低室内负荷，使其单位面积年空调能耗低于国内同类型场馆。在冬季，太阳辐射通过半透明的 ETFE 气枕进入室内，被室内表面吸收以后通过对流和辐射的方式释放，进而提高室内的温度，减少了采暖能耗。夏季虽然透过 ETFE 气枕的太阳辐射增加了冷负荷，但是由于室内全年供冷时间较短，同时利用双层气枕间的空腔通风来减少夏季得热量，因此由阳光透过透明材料增加的太阳辐射量导致的夏季冷负荷能耗增加累计量小于冬季热负荷能耗减少累计量。从对全年的负荷影响来说，采用 ETFE 材料降低了室内空调负荷。

热泵技术可充分利用废热和自然界低品位能生产采暖空调系统需要的冷热媒，如江河海

水源热泵、污水源热泵、地源热泵、空气源热泵等，其中地源热泵技术就是一种利用浅层常温地下水或土壤蓄能的先进高效节能、无污染、低运行成本既供暖又制冷的空调技术。它是利用地下 30~200 米深的常温带地下水或土壤温度相对稳定的特性，通过地下水井或深埋于建筑物周围的管路系统与建物内部完成热交换的装置。冬季它代替锅炉从土壤中取热，向建筑物供暖；夏季它代替空调冷却塔向地下水或土壤排热给建筑物制冷。地源热泵系统适用于：全年室外平均气温 10~20℃；全年向地下总排热量和总取热量相等或接近；全年有冷热负荷地区的项目。空气源热泵在夏热冬冷及以南地区空调和生活热水供应方面已普遍使用。

新、排风的热回收（显热、全热，板式、转轮、热管等）技术可用于新风预处理。回收空调系统冷凝热可用作生活热水热源。对游泳池等高湿环境可充分利用空调冷凝热作为冷冻除湿后的二次再热源等。北京某高档公寓地下四层~地下二层为机电用房和车库，地下一层~三层裙房为商业空间，自四层起为东西双塔公寓和会所，顶层为带私家泳池和电梯的超级豪宅。裙房屋面为屋顶花园。总建筑面积为 29646 m²，容积率 3.30，四~十一层高为 3.80 米，十二~十七层高为 7 米，建筑高度 97.10m。项目空调冷热源采用了地下水源热泵+冰蓄冷+夏季制冷机冷凝热回收（分户带辅电加热的集中生活热水热源）+冬季消防水池蓄热+空调循环水泵多级+变频技术的集合系统。空调末端采用了带热回收的新风机组+诱导变风量吊顶机组+内呼吸幕墙和内卷帘遮阳技术+分环路带温控的低温热水地板辐射供暖的系统，满足用户对室内温湿度独立控制和精度要求。为满足公寓住户在任何时间进行全部或局部室内清洁卫生需要，避免吸尘器清洁时的噪声，以及清理过滤网、排风（尤其使用一段时间后的吸尘器过滤网过滤效率降低）对室内空气的二次污染，设计了中央吸尘系统，吸尘主机设置在地下二层机房内。项目商业的排风排至地下二层车库，既达到地库通风换气要求，又提高了冬季车库温度。

自然光的充分利用可以节省人工照明能耗，但同时也会造成夏季空调冷负荷的增大，采用遮阳系统可以阻挡太阳光中近红外部分热量，直接减少夏季房间制冷的能源消耗，是有效而且投入较低的节能方式之一。冬季日间打开遮阳引入太阳光辐射热量，有效地提高室内温度，减少用于室内采暖的能源消耗。遮阳有采用电动遮阳百叶、固定遮阳、LOW-E 膜等措施。在方案设计时，应综合建筑立面造型考虑建筑遮阳构件和绿化等自身遮阳方式，建立一个合理有效的遮阳体系。上海某大剧院曾做过分析：未安装遮阳帘空调耗电 4550 千瓦/小时，安装遮阳帘后耗电 3500 千瓦/小时，安装了遮阳帘后，空调能耗降低了约 30%。

对于北方单层面积较大建筑内区，冬季仍有供冷的需求，对于全空气空调系统可采用增加室外新风量降低送风温度，对风机盘管+新风系统可采用冷却塔免费供冷系统，也可采用水环系统等方式解决。另外冷水大温差技术和高压供电机组能起到降低输送能耗的目的。

对工业厂房等高大空间，其采暖可根据项目特点采用天然气辐射采暖形式，实现厂房定时、可控、分区及单点采暖，避免散热器和热风采暖存在的高大空间温度分层和能耗大的问题。如果受到消防因素限制采用热风采暖，建议采用高大空间送风单元旋流风口顶送方式，

将顶部热空气引射至下部活动区域，提高下部区域的温度，减低温度梯度值。对于民用建筑大堂等高大空间，建议设计低温热水地暖系统，空调则采用分层空调方式。

目前还有很多成熟的节能设备和技术措施，如：冷凝式锅炉；锅炉烟气余热回收；气候补偿技术；置换通风等在实际工程中产生很好的经济效益。蓄冷、蓄热技术能起到对电网削峰填谷的作用，对于业主可享受峰谷电价差带来的经济收益以弥补投资的增加。总之，暖通空调系统宜根据具体建筑形式和功能、使用运行、方便管理等方面进行设计，对于具体项目采用何种形式需要经过技术经济分析论证后确定。

暖通空调系统设计应贯彻执行国家关于能源“开发和节约并重”的方针，通过技术进步、合理利用和科学管理，力求以最小的能源消耗获得最大的经济效益和社会效益，缓解我国能源供应和经济社会发展的矛盾，加快发展循环经济，实现经济社会的可持续发展，节能设计是保障能源安全，保护环境，提高人民生活质量，落实科学发展观的一项重要举措。

参考文献（略）