

建筑设计中自然采光与通风的节能效果分析

鲍兰庭

内蒙古工大建筑设计有限责任公司 内蒙古 呼和浩特 010050

摘要: 在全球能源危机与可持续发展理念日益深化的背景下,建筑节能已成为建筑领域关注的核心议题。自然采光与自然通风作为建筑设计中重要的生态技术手段,能够有效降低建筑运行过程中的能源消耗,提升室内环境品质。本文首先阐述了自然采光与自然通风的基本原理及其在建筑设计中的应用价值;其次,从节能机理角度深入分析了自然采光对人工照明能耗的削减作用,以及自然通风对空调系统负荷的降低效果;进而探讨了影响自然采光与通风效果的关键建筑设计因素,包括建筑朝向、平面布局、窗洞口设计、遮阳系统及通风路径组织等;最后,对自然采光与通风技术在建筑节能应用中面临的挑战及未来发展趋势进行了展望,旨在为优化建筑设计、提升建筑整体节能性能提供理论参考。

关键词: 建筑设计;自然采光;自然通风;节能效果;影响因素

引言:随着城市化进程的加速和人们对建筑室内环境舒适度要求的提高,建筑能耗在社会总能耗中的占比持续攀升。据相关研究数据显示,建筑运行能耗(包括供暖、通风、空调、照明等)已成为能源消耗的主要组成部分。在“双碳”目标的驱动下,降低建筑能耗、发展绿色建筑成为必然趋势。自然采光与自然通风作为一种低成本、低污染且能显著改善室内环境的被动式节能技术,其在建筑设计中的合理应用对于减少建筑对主动式能源系统的依赖、实现建筑节能目标具有重要意义。本文将聚焦建筑设计中的自然采光与通风,系统分析其节能效果、影响因素及优化策略,以期建筑节能设计实践提供科学依据。

1 自然采光与自然通风的基本原理与应用价值

1.1 自然采光的基本原理

自然采光是指利用太阳辐射能,通过建筑开口(如窗户、天窗等)将自然光引入室内,满足室内照明需求的过程。其基本原理基于光的直线传播、反射、折射等物理现象。太阳光是一种复合光谱,包含可见光、红外线和紫外线。在建筑采光设计中,主要关注可见光部分,以提供适宜的照度水平和均匀度。自然光的强度和光谱分布随时间、季节、天气及地理位置而变化,这要求建筑设计需充分考虑这些因素,以实现高效、稳定的采光效果。

1.2 自然通风的基本原理

自然通风是指利用建筑物内外空气的密度差(由温度差引起)、室外风力作用(风压)以及建筑本身的构造特点,促使空气在建筑内部与外部之间自然流动,从而实现室内空气更新和热环境调节的过程。根据驱动力的

不同,自然通风可分为热压通风(烟囱效应)和风压通风。热压通风是由于室内外空气温度差异导致空气密度不同,热空气上升从建筑上部开口排出,室外冷空气从下部开口补充;风压通风则是利用室外风作用于建筑表面产生的压力差,使空气从迎风面高压区开口进入,从背风面低压区开口排出。在实际建筑中,自然通风往往是风压和热压共同作用的结果。

1.3 自然采光与通风的应用价值

自然采光与通风在建筑设计中的应用价值主要体现在以下几个方面:首先,显著降低建筑能耗。通过有效利用自然光,可以减少人工照明设备的使用时间和功率,从而降低照明能耗;合理组织自然通风能够减少对机械通风和空调系统的依赖,降低HVAC(heating,ventilation, and air conditioning)系统的运行能耗。其次,提升室内环境品质。自然光是最舒适的光源,有助于减少视觉疲劳,提高工作效率和居住舒适度;自然通风能够及时排出室内污染物(如CO₂、甲醛等),引入新鲜空气,改善室内空气质量。再次,促进人体健康。适当的自然光照射有助于人体合成维生素D,调节生理节律;良好的通风条件能减少室内微生物滋生,降低呼吸道疾病的发生风险。最后,体现生态与可持续理念。自然采光与通风技术充分利用可再生的自然资源,减少对化石能源的消耗和环境污染物的排放,符合绿色建筑和可持续发展的要求。

2 自然采光的节能效果分析

2.1 自然采光对人工照明能耗的削减

人工照明是建筑能耗的重要组成部分,尤其在大型公共建筑、办公建筑及商业建筑中,照明能耗占建筑总能耗的比例较高,合理利用自然采光是降低照明能耗最

直接、有效的手段之一。自然采光的核心节能效益，在于通过科学的建筑采光设计，让室内在白天大部分使用时段内获得充足、均匀的自然光，从而减少或完全取代人工照明的使用，从源头削减照明能耗。相关研究数据表明，在采光条件优化完善的建筑中，白天人工照明能耗可实现30%-70%的显著降低，节能潜力巨大。

为充分发挥自然采光的节能作用，需结合建筑布局与使用需求优化采光设计：合理确定窗墙比，兼顾采光效率与建筑保温需求，避免窗墙比过大导致保温能耗增加；采用导光、反光构件，如导光管、反光板等，将室外自然光高效引入建筑深处，扩大室内采光有效区域，解决建筑内部采光不均、深处光线不足需依赖人工照明的问题。同时，搭配智能照明控制系统，安装光照传感器与智能调光设备，实时监测室内自然光照度，当光照强度达到预设标准时，自动降低人工照明亮度或关闭部分灯具，光照不足时再逐步开启，实现自然采光与人工照明的协同联动，进一步提升照明节能效果，避免无效能耗浪费。

2.2 自然采光对空调负荷的间接影响

除直接削减人工照明能耗外，自然采光还会通过影响室内热环境，间接作用于建筑空调负荷，这种影响具有明显的双面性，其综合节能效果取决于建筑地理位置、朝向、窗洞口设计、遮阳措施及使用功能等多种因素，需通过科学设计实现效益最大化。一方面，自然光中包含的红外线辐射会携带热量进入室内，在夏季高温时段，会增加室内热量积累，进而提高空调系统的冷负荷，增加空调能耗；另一方面，在冬季低温时段，适当的自然光照射可有效提升室内温度，减少建筑供暖需求，降低供暖负荷，实现间接节能。

为平衡自然采光对空调负荷的双重影响，需优化采光配套设计：选用低辐射（Low-E）玻璃等节能型门窗材料，这类玻璃可有效阻挡红外线透射，减少夏季室内热量摄入，降低空调冷负荷，同时兼顾透光性，不影响自然采光效果；合理设置遮阳系统，夏季可通过外遮阳构件遮挡直射阳光，减少太阳辐射热进入，冬季则可收起遮阳装置，让南向窗户充分引入太阳辐射热，提升室内温度。此外，结合建筑朝向设计，优先保证南向采光，合理控制东、西向窗洞口大小，减少东、西向太阳直射带来的额外热负荷，最大化发挥自然采光的积极节能效应，实现照明节能与空调负荷优化的双重目标。

3 自然通风的节能效果分析

3.1 自然通风对空调系统负荷的降低

自然通风是建筑节能的重要手段之一，其核心节能

作用在于通过合理引导室外新鲜空气流入室内，借助空气对流高效带走室内多余热量，从而直接降低建筑空调系统的制冷负荷，减少空调设备的运行能耗，是一种绿色、经济且可持续的节能方式。在过渡季节或气候温和地区，室外温度常年保持在人体舒适区间，合理的自然通风设计可完全替代空调系统，无需消耗电能即可实现室内温度与空气质量的调节，实现室内环境的“零能耗”优化，最大化发挥节能效益。即使在夏季炎热地区，自然通风也能有效降低室内温度，缩短空调开启时长或降低空调运行功率，减轻空调系统的运行压力，减少电能消耗。

相关研究表明，科学合理的自然通风设计，可使建筑空调负荷降低20%-50%，具体节能效果取决于当地气候条件、建筑围护结构热工性能以及通风策略的适配性。例如，夏季可采用夜间自然通风策略，在室外气温下降后开启通风窗口，引入室外凉爽空气，对建筑墙体、楼板等围护结构进行预冷却，有效降低次日白天室内初始温度，减少空调启动频次和运行时间；同时，结合建筑朝向、窗洞口布局优化通风路径，合理设置进风口与出风口，形成顺畅的空气对流通道，提升空气流通效率，进一步强化对空调负荷的削减作用，实现显著的节能效果，兼顾节能与环保双重价值。

3.2 自然通风对室内空气品质的改善及间接节能

自然通风的节能效益不仅体现在直接降低空调负荷，还能通过改善室内空气品质，带来间接的节能价值与社会经济效益，形成多元化的节能体系。自然通风可依托空气自然对流，持续引入室外新鲜空气，高效稀释并排出室内二氧化碳、异味、挥发性有机化合物（VOCs）等有害污染物，有效提升室内空气品质（IAQ），为人体提供舒适、健康的室内环境，避免不良室内环境对人体造成的负面影响。

良好的室内空气品质能显著提升人体舒适度与健康水平，减少因室内环境污染引发的呼吸道疾病、头晕乏力等不适症状，降低相关医疗成本，同时有效提高人员工作与学习效率，间接创造经济价值。此外，对于医院、实验室等对室内空气品质要求较高的建筑，自然通风可补充甚至部分替代人工空气处理系统，降低对高效过滤、机械通风设备的依赖，减少这类设备的运行能耗与日常维护成本，间接实现节能目标，形成“改善空气品质-提升舒适度-间接节能”的良性循环，进一步丰富建筑节能的内涵与价值。

4 影响自然采光与通风效果的建筑设计因素

4.1 建筑朝向与平面布局

建筑朝向是影响自然采光与通风效果的首要因素。在北半球,南向建筑能够获得最多的太阳辐射,有利于冬季自然采光和被动式太阳能供暖;东西向建筑则面临夏季东晒和西晒的问题,易导致室内过热,增加空调负荷。合理的建筑朝向应综合考虑当地的太阳高度角、日照时间、主导风向等气候参数。建筑平面布局对自然采光和通风的均匀性与有效性有显著影响。例如,采用行列式布局的建筑群,若间距合理,可减少相互之间的遮挡,有利于自然采光和通风;点式布局的建筑则具有更好的通风条件和采光均匀性。在单体建筑平面设计中,应避免过于狭长或复杂的平面形状,以保证光线能够深入室内,空气能够顺畅流通。“回”字形、“工”字形等平面布局有利于组织穿堂风,提升自然通风效果。

4.2 窗洞口设计

窗洞口的大小、位置、形状及数量是决定自然采光与通风效果的关键因素。窗墙比(窗户面积与外墙面积之比)直接影响进入室内的自然光量和空气流量。较大的窗墙比有利于自然采光,但也可能导致夏季过热和冬季heatloss(热损失)增加,因此需要根据气候条件确定最佳窗墙比。窗户的位置对采光均匀性和通风路径至关重要。高窗有利于引入高角度光线,照亮房间深处,改善顶部采光;低窗则有利于近地面采光和人员视野。在通风方面,进风口和出风口的位置设置应遵循空气流动规律,如将进风口设置在建筑下部、出风口设置在上部,以利用热压效应;或在建筑两侧设置窗户,形成穿堂风。窗户的开启方式(如平开窗、推拉窗、上悬窗等)也会影响通风量和气流组织。

4.3 遮阳系统

遮阳系统是控制自然采光和减少太阳辐射热进入室内的重要手段,对提升自然采光质量和降低空调负荷具有显著作用。合理的遮阳设计可以在夏季阻挡过多的太阳辐射,避免室内过热,同时保证一定的自然光透过率;在冬季则应尽量减少对太阳辐射的遮挡。遮阳装置的类型包括外遮阳(如遮阳板、遮阳篷、遮阳百叶)、内遮阳(如窗帘、百叶窗)和中间遮阳(如双层玻璃间的遮阳)。外遮阳的节能效果通常优于内遮阳,因为它能在太阳辐射进入室内之前将其阻挡。遮阳系统的设计应考虑太阳高度

角、方位角的变化,以及建筑朝向和窗户位置,实现动态调节或选择固定的最优遮阳角度。

4.4 通风路径组织与辅助构件

有效的自然通风需要合理组织通风路径,确保空气能够顺畅地进入、流经主要使用空间并顺利排出。这涉及到进风口、出风口的布置,以及室内空间的连通性。例如,利用楼梯间、天井、中庭等形成“烟囱效应”,可以增强自然通风的驱动力。设置导风板、风塔、通风屋脊等辅助构件,能够引导室外风进入室内或促进室内空气排出,优化气流组织。在进深较大的建筑中,可以通过设置采光通风井来改善中间区域的采光和通风条件。此外,建筑内部的隔断、家具布置等也会影响空气流动,应避免对通风路径造成过大阻碍。

结束语:自然采光与自然通风作为建筑设计中重要的被动式节能技术,在降低建筑能耗、提升室内环境品质、促进可持续发展方面具有不可替代的作用。通过深入理解其基本原理和节能机理,优化建筑朝向、平面布局、窗洞口设计、遮阳系统及通风路径等关键设计因素,可以显著提升自然采光与通风的效果。尽管在实际应用中面临气候适应性、城市密度、建筑功能等方面的挑战,但随着智能化技术、新材料技术和性能化设计方法的不断发展,自然采光与自然通风技术在建筑节能领域的应用前景广阔。未来的建筑设计应更加注重自然采光与通风的集成应用,以实现建筑的低能耗、高舒适度和可持续发展目标。

参考文献:

- [1]王怡,李保峰,黄靖.夏热冬冷地区办公建筑自然采光与节能耦合优化设计研究[J].建筑科学,2021,37(05):1-8.
- [2]杨柳,赵群,张宇峰.基于CFD模拟的高层住宅自然通风优化设计研究[J].建筑学报,2021,(07):58-64.
- [3]林波荣,李紫薇,朱颖心.不同气候区居住建筑自然采光节能潜力分析[J].暖通空调,2022,52(02):1-7+13.
- [4]季翔,田国华,刘加平.寒冷地区既有居住建筑自然通风改造节能效果评估[J].建筑节能,2022,50(09):45-51.
- [5]龙恩深,何俊超,陈金华.夏热冬暖地区绿色建筑自然采光与通风协同设计策略研究[J].新型建筑材料,2023,50(03):158-163+170.