

# 微气候因素下的校园综合体节能设计探讨

——以石家庄铁道大学基础教学楼为例

梁 亮<sup>1</sup>, 高力强<sup>2</sup>, 谷玉荣<sup>1</sup>

(1. 石家庄铁道大学 基建处, 河北 石家庄 050043;

2. 石家庄铁道大学 建筑与艺术学院, 河北 石家庄 050043)

**摘要:**校园教学综合体人员密度高,单位面积建筑能耗高,节能潜力大。以石家庄铁道大学基础教学楼项目节能设计为基础,结合项目所在地区的气候和环境特点,从建筑平面和造型、室内布局及建筑细部等方面,利用 Phoenix、Ecotect、eQUEST 等模拟软件,展开校园综合体空间设计与建筑节能的耦合设计方法图解分析,提出结合微气候因素的综合体建筑空间节能设计策略,为今后寒冷地区的高校综合体建筑节能设计提供了数据参考。

**关键词:**微气候;校园综合体;建筑空间;环境模拟;节能设计

**中图分类号:**TU111.195 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-0373(2018)02-0065-06

我国的高校园区大规模建设已近 20 a,形成了低容低密、风景优美的现代大型校园规划模式。在实际应用调研中有很多问题也凸显出来,尤其处于寒冷地区的高校,校园用地空间过大,使得教学、食宿和科研等很多行为与过去相比都发生了很大变化,同时对校园微气候和建筑节能也有很大的影响<sup>[1-2]</sup>。

校园综合体是指将两种及以上不同类型的校园建筑功能组合为一体。在一定区域范围内来说,这种围合型的高容低密校园综合体,对于校园规划和景观空间,会带来很大的物理环境影响,即建筑空间的微气候变化。反之,根据建筑周边的环境模拟和气候特征,来微调建筑综合体的组合形态,也会对建筑节能产生很大的作用,这两者之间有着相互影响、相互依赖的关系<sup>[3-4]</sup>。以石家庄铁道大学的基础教学楼设计实践为例,运用分层分析、模拟分析和实测数据的方法,以微气候因素与建筑形体、内部空间、细部设计等相互影响关系,对校园综合体的建筑形态和节能设计进行了优化尝试,以期对以后的校园综合体设计提供一定的参考价值,如图 1。

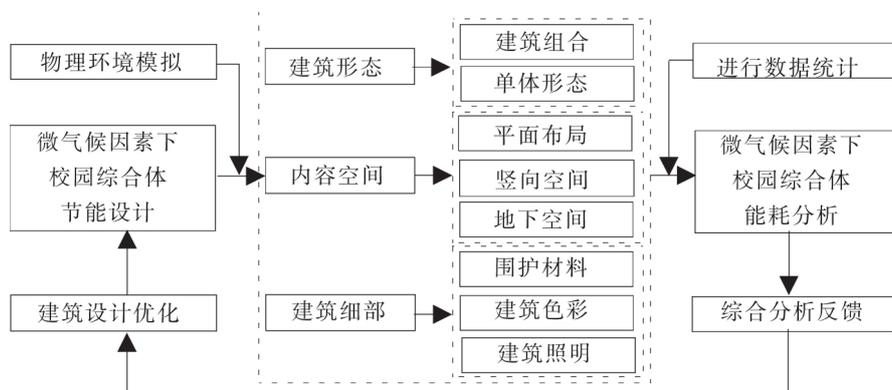


图 1 分层式校园综合体节能路线

收稿日期:2017-11-09 责任编辑:车轩玉 DOI:10.13319/j.cnki.sjztdxxb.2018.02.13

基金项目:河北省教育青年基金(QN2015082);河北省社会科学基金(HB17GL083);河北省教育厅高等学校人文社会科学重点项目(SD161026)

作者简介:梁亮(1973—),男,高级工程师,主要从事项目管理,绿色建筑,工程造价等研究。E-mail:13703116661@163.com

梁亮,高力强,谷玉荣.微气候因素下的校园综合体节能设计探讨[J].石家庄铁道大学学报:自然科学版,2018,31(2):65-69.

## 1 校园综合体项目概况

石家庄铁道大学基础教学楼项目(见图 2),位于石家庄市(属暖温带季风气候,四季变化明显。夏季最多风向及其频率为南,冬季最多风向及其频率为北东北,过渡季最多风向及其频率为南东南。)石家庄铁道大学校园内,周边环境状况良好,建筑总面积 4.92 万  $\text{m}^2$ ,分为地下 2 层(设备用房和地下车库),地上 19 层,地上 1~6 层为公共教室,7~18 层为各(基础学科)学院办公、科研、实验用房,19 层为校史馆,属于教学、办公、科研、实验等功能组合为一体的高层综合体建筑。该建筑综合体获得国家绿色建筑二星级运行标识认定。



图 2 基础教学楼效果图

## 2 基于微气候因素的校园综合体节能设计

微气候因素(主要指建筑室内外物理环境,其中建筑室外物理环境主要包括室外风环境、日照、太阳辐射,建筑室内物理环境主要包括室内风环境、热环境、光环境)下的建筑节能设计是在不影响建筑造型和建筑功能的前提下,调整建筑形态和细部设计来实现——在充分利用场地内可再生能源和周围建筑环境,合理调整建筑形态与微气候耦合下的建筑室内外物理环境,营造自然、健康和节能的生态建筑空间。

### 2.1 综合体的建筑形态与室外微气候设计

综合体的建筑形态与周边的风环境对于建筑节能具有很大的调节作用。合理的群体组合和单体造型,可以优化建筑场地内的风环境、光环境,是评定“绿色建筑”标识的重要方面<sup>[5-6]</sup>。

石家庄铁道大学基础教学楼项目,位于冬季季风显著的寒冷地区,建筑周围微气候环境对室内环境和建筑节能影响大。建筑项目由教学为主的南部多层裙房和办公为主的北部高层两部分组成,中间部分有中庭联结,形成“工”字形的平面布局。

项目建筑采取“南低北高”的总体造型——建筑竖向南侧低矮北侧高大,建筑有“开”有“合”。南部裙楼低矮可减缓对北部高层采光的影响,此外,建筑“工”字形平面布局,且留有南侧风口,利于夏季和过渡季自然通风;北部高层可阻挡冬季北向季风。基于 Phoenix 软件,该策略下项目冬季(气流边界条件:风速为 2.0  $\text{m/s}$ ,风向为 NNE)室外 1.5 m 高度风环境如图 3 所示,周围人行区整体风速在 0.23~2.48  $\text{m/s}$  之间,风速放大系数为 1.88,建筑周围风环境良好。

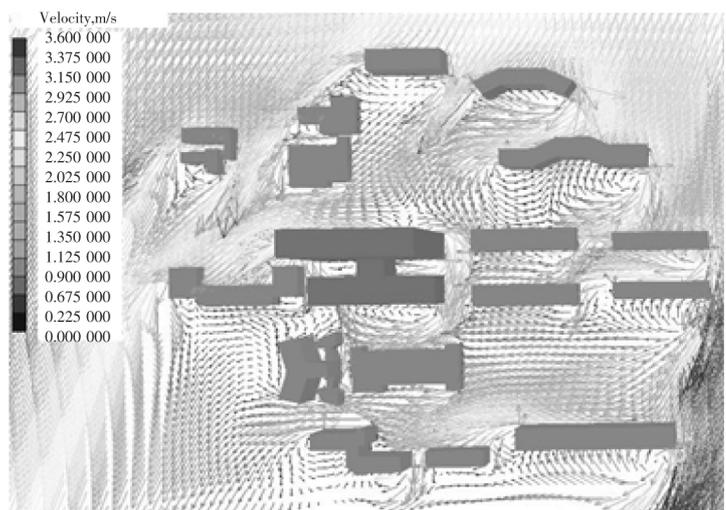


图 3 项目 1.5 m 高度速度矢量图(冬季/平均风速)

### 2.2 适应微气候的内部空间环境分析

校园综合体是一组建筑的组合,其微气候环境与内部空间的布局密切相关。夏季建筑节能要重点考虑隔热、通风与降温,尽量阻止太阳热及辐射热进入室内;冬季建筑节能则要充分利用日照、太阳能采暖,并避免凛冽冬季风入侵室内。在建筑内部空间设计时加以考虑。

#### 2.2.1 建筑平面中的微气候利用

合理有序的室内功能布局,可以形成通顺的穿堂风格局。项目采取“南高北低”的整体造型使得建筑前后风压差加大,促进室内的空气更新。在室内,南北教室大空间的门窗尽量加大面积,对称布局,便于

气流畅通;中间连廊采取天井联通,加强上下热压通风,形成了自然和人工“天人合一”的通风系统。

经过室内夏季风环境模拟分析(气流边界条件:风速为 2.6 m/s,风向为 S),如图 4 所示,首层流场分布均匀,位于南侧和北侧的各教室自然通风均匀,各层均能形成良好的穿堂风,形成舒适的室内环境。同时,考虑到风速的风频系数,基础教学楼项目实现了夏季各层模拟分析区域的通风换气次数均在 3 次/h 以上,满足在自然通风条件下主要功能房间换气次数的标准要求,各个典型层的通风量及换气次数详见表 1。

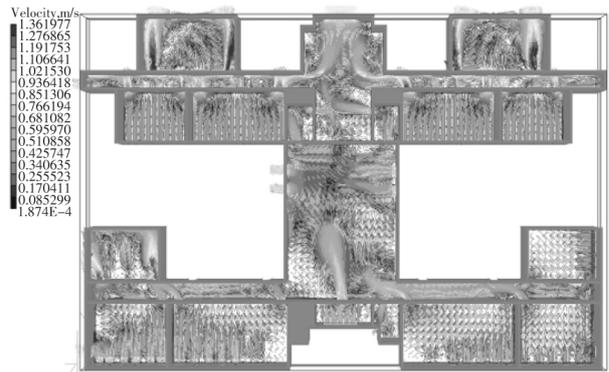


图 4 距首层楼面 1 m 高度流场分布

为降低建筑能耗,在满足使用功能要求的同时,尽可能减少建筑整体凹凸,降低体形系数。

表 1 各层区域的通风换气次数值

通风建筑范围	通风量/(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	通风区域体积/m <sup>3</sup>	通风换气次数/(次·h <sup>-1</sup> )
首层	33.23	2 720.48	3.30
二层	42.41	2 826.94	4.05
六层	35.39	2 362.62	4.04
七层	19.35	1 177.83	4.44
十九层	16.61	755.56	5.93

### 2.2.2 结合室内小天井空间的微气候设计

南北建筑之间的连廊空间,结合局部天井设计,形成了变化的视觉空间。同时局部的天井设计,在单一的南北同层空间的通风基础上,又增加了竖向空间的热压升力,利用复合的微“压”建筑空间来优化自然通风系统,形成建筑节能的最大效能(见图 5)。

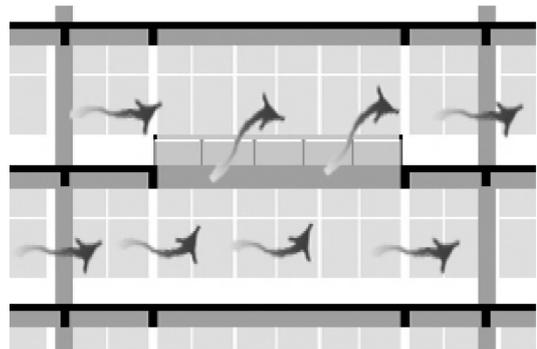


图 5 连廊室内天井的气流分布

### 2.2.3 建筑地下空间的微气候环境

建筑地下空间的通风和采光是项目一大难题,也是建筑节能需解决的重要问题。基础教学楼综合体设置地下两层车库空间(后改为活动中心),在光环境方面也进行了考虑,其沿建筑四周设有窄条的采光天井,在提高地下空间自然通风的同时,也可以引进自然光。

根据 Ecotect 采光模拟结果(如图 6),可知此设计改善了地下 2 层 162.88 m<sup>2</sup> 室内自然采光效果;改善了地下 1 层 312.69 m<sup>2</sup> 室内自然采光效果。

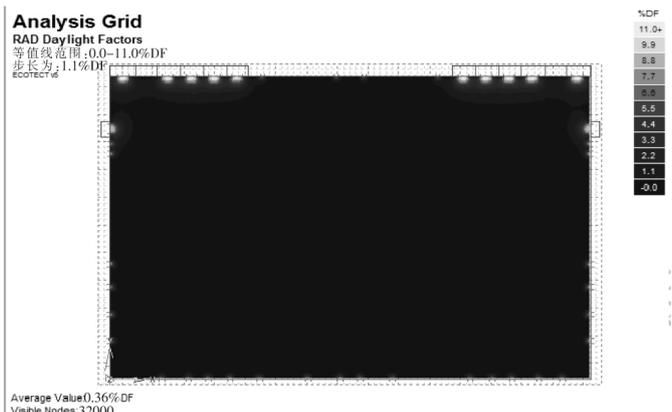


图 6 地下 1 层功能空间采光效果图

综上,通过一系列内部空间布局优化,可以实现建筑自然通风,减少人工照明,降低校园综合体建筑能耗。

### 2.3 基于微气候的综合体细部节能设计

细节设计会影响建筑的光环境、热工状况等诸多方面,与建筑节能有很大的关系,尤其建筑外墙、屋顶的材料选择以及室内的照明布

局,对优化建筑的微气候环境非常重要。

(1) 教学综合体项目在墙体材料、窗户的选择、保温材料的选用以及新技术的采用上都进行了优化设计(见表 2)。项目的主要构造层次为:

①墙体。外墙使用外墙外保温技术,结合保温装饰工业一体化技术,即保温一体板(仿石材面层),它具有良好的耐候性、保色性、抗污性,硬度与花岗岩相当,可以对建筑物提供有效保护。

②屋顶。防水采用聚乙烯薄膜结合高聚物改性沥青防水卷材,保温采用 85 mm 厚聚苯板,具有很强的保温防火性能。

③外窗。断桥铝合金框+中空(6+12+6)玻璃窗,有良好的采光性,也兼顾了窗户的保温隔热,隔音,防紫外线,减少对周围的“光污染”现象。

表 2 围护结构构件参数

构件名称	构件构造
外墙	水泥砂浆(20 mm)+加气混凝土(B06)(250 mm)+水泥砂浆(20 mm)+聚苯板(30 mm)+厚环氧树脂面板(5 mm)
屋顶	面砖(10 mm)+水泥砂浆(25 mm)+聚乙烯薄膜(0.15 mm)+高聚物改性沥青防水卷材(6 mm)+水泥砂浆(20 mm)+聚苯板(85 mm)+水泥砂浆(20 mm)+钢筋混凝土(120 mm)
外窗	断桥铝合金框+中空(6+12+6)玻璃窗,玻璃遮阳系数 0.50

项目外墙围护结构主要构件热工性能(见表 3)指标优于《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2005)要求。表 3 中外窗各向设计建筑热工参数 SC 为 0.50。

表 3 围护结构热工参数对比

构件名称	W/(m <sup>2</sup> ·K)	
	设计建筑热工参数	参照建筑热工参数
屋顶	0.482	0.55
外墙	0.55	0.6
非采暖房间隔墙或楼板	1.12	1.5
外窗	东向	2.8
	西向	2.8
	南向	1.9
	北向	2.3

(2) 建筑材料的色彩、光滑程度,对室外的微气候环境具有不同的敏感性。在建筑综合体设计中,楼群密布,高低不同,建筑自身和建筑之间的光线反射,可以改善建筑室内的光、热环境。

在基础教学楼主楼的设计中,考虑了建筑自身色彩的影响。综合体自身采用浅黄色的保温一体板(仿石材面层),建筑的上人屋顶部分,铺装浅色面砖,不上人屋面采取铝箔饰面的柔性防水。同时,建筑裙楼的室内地面采用浅色面砖铺地,有效加大了建筑室内进深方向的自然光照的均匀程度。

通过以上设计措施,建筑表面的太阳能辐射吸热系数为 0.5(普通砖面为 0.75),避免夏季室内温度过高。同时,建筑高层部分光滑且浅色的饰面对阳光的反射,也有效改善了南侧裙楼北向房间室内的光环境,缩短了室内的人工照明时间。

(3) 建筑室内的照明环境设计,对节能有很大的关系。项目照明功率密度设计是按照《建筑照明设计标准》GB50034—2013<sup>[7]</sup>进行布置设计的,可是经过综合体项目的全年能耗数据运行监测,发现本项目照明、插座能耗约占整个教学楼耗电的 33.33%,能耗比例较高,室内照明环境具有较大的节能潜力。

在教学楼后期实际设置中,结合白天的楼内自然光照和工作性质情况,在满足照明质量的情况下调整照明功率密度,采取了降低和控制非作业区域照度的布置策略:对教室部分照明系统在自然采光满足的区域设置定时和光电控制设施,在自然采光不足的区域通过照度控制器和传感器实现本地自控,同时在建筑整体上采取分层分区分时段的照明控制,最大限度优化建筑照明。对优化后教室照明功率密度进行实测,实测值为 6.6 W/m<sup>2</sup>,低于照明标准中目标值 8.0 W/m<sup>2</sup> 的要求。

### 3 基于微气候因素优化的校园综合体能耗模拟

利用 eQUEST 模拟软件对教学综合体能耗进行模拟。模拟结果为 38.86 kWh/m<sup>2</sup>(表 4 中设计建筑总能耗),与实际单位建筑面积用电数据 37.69 kWh/m<sup>2</sup> 相比,相对误差为 3%,可认为模拟结果可靠性较高。模拟结果具体见表 4。从表 4 中可看出,得益于建筑良好的围护结构设计及高效的冷热源机组(机组制冷性能系数为 5.30,比《绿色建筑评价标准》GB/T 50378—2014 中机组制冷性能要求提高了 3.96%),供冷能耗全年节能率达到 16.21%,供热能耗全年节能率达到 8.55%;地下室采光并使照明能耗降低了 12.21%。设计建筑整体节能率为:
$$\frac{48.93/(1-50\%)-38.63}{48.93/(1-50\%)} \times 100\% = 60.53\%$$

表 4 设计建筑与参照建筑全年总能耗及单位面积能耗量汇总表

能耗类型	建筑面积/m <sup>2</sup>	设计建筑		参照建筑		设计建筑相对 参考建筑节能 比例/%
		年总耗电 量/kWh	单位面积年耗 电量/(kWh·m <sup>-2</sup> )	年总耗电 量/kWh	单位面积年耗 电量/(kWh·m <sup>-2</sup> )	
照明耗能	49 166.29	637 900	12.97	726 600	14.78	12.21
电器设备耗能	49 166.29	497 000	10.11	497 000	10.11	0.00
风机耗能	49 166.29	210 400	4.28	524 800	10.67	59.91
水泵耗能	49 166.29	114 000	2.32	150 100	3.05	24.05
供冷耗能	49 166.29	262 500	5.34	313 300	6.37	16.21
供热耗能	49 166.29	177 500	3.61	194 100	3.95	8.55
总计	49 166.29	1 899 300	38.63	2 405 900	48.93	21.06

### 4 结语

在遵循地域气候与自然地理的条件下,石家庄铁道大学基础教学楼综合体从项目自身特点出发,结合微气候因素进行了经济可行的节能设计。经过软件模拟,可以实现校园综合体的室内外空间优化布局,可以实现自然通风,满足绿色建筑的室内环境要求。建筑供冷能耗节能率达 16.21%,供热能耗节能率达 8.55%,节省照明能耗 12.21%,建筑整体节能率达到 60.53%。

### 参 考 文 献

- [1] 崔恺,于海为,柴培根. 校园综合体——北京工业大学第四教学楼组团设计[J]. 建筑学报,2015(11): 68-69.
- [2] 魏广龙,张园,付桂茹.“绿道”理论对城镇居住区绿化设计的启示[J]. 石家庄铁道大学学报:社会科学版,2014,8(4): 88-91.
- [3] 刘秋勤. 集合与整合——高校老校区校园综合体设计研究[D]. 昆明:昆明理工大学,2014.
- [4] 杨柳. 建筑气候学[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [5] 彭鹏,范家美,郑红彬. 中心城小型广场建设探讨[J]. 石家庄铁道大学学报:社会科学版,2016,10(2):92-97.
- [6] 住建部. GB/T 50378—2014 绿色建筑评价标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2014.
- [7] 住建部. GB50034—2013 建筑照明设计标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2013.

(下转第 75 页)

- [6]刘素贞,张严伟,张闯,等. 电磁超声激励系统阻抗匹配网络的设计[J]. 电工技术学报,2016,31(16):1-6.
- [7]王亚午,宋小春,陈海林,等. 电磁超声检测系统阻抗匹配电路优化设计[J]. 湖北工业大学学报,2014,29(2):91-94.
- [8]李引凡,陈政,邱洪云. 天线调谐器 T 形阻抗匹配网络参数估算[J]. 现代电子技术,2013,36(8):7-9.
- [9]何思远,贺菁菁,黄冉冉,等. Smith 圆图理解和使用的几个关键问题[J]. 电气电子教学学报,2016,38(5):58-60.

## Design of Impedance Matching Network for Anchor Rods Based on Magnetostrictive Transducer

Sun Chenguang, Wang Mingming, Di Weiguo

(School of Electrical and Electronics Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

**Abstract:** In the electromagnetic ultrasonic testing, there is a problem that the energy transfer efficiency of magnetostrictive transducer is low, which makes the received signal usually very weak. An impedance matching network between the coils and the power amplifier is designed, and the energy transfer efficiency can increase from 30 kHz to 150 kHz. The numerical value of its device is determined by Smith circle diagram method and proved by the impedance transformation formula. The network can increase the transmission power and the current on the exciting coil. Simulation and experimental results show that the impedance matching network can increase the excitation current and the electromagnetic force effectively, which makes the magnetostrictive effect significantly, and the power transmission efficiency is improved obviously.

**Key words:** magnetostriction; impedance matching; variable resistance

(上接第 69 页)

## Discussion on Energy Conservation Design of Campus Complex Under Microclimatic Factors: Taking the Basic Teaching Building of Shijiazhuang Tiedao University as an Example

Liang Liang<sup>1</sup>, Gao Liqiang<sup>2</sup>, Gu Yurong<sup>1</sup>

(1. Infrastructure Department, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China;

2. School of Architecture and Arts Design, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

**Abstract:** Campus teaching complex buildings exhibit high occupant density, high building energy consumption per unit area, and high potential in energy conservation. In this paper, the basic teaching building of Shijiazhuang Tiedao University is taken as an explorer project on energy conservation design. The graphic analysis on the coupling design method of space design and energy conservation of campus complex is carried out by using the Phoenic, Ecotect and eQUEST simulation softwares, with consideration of climate and environment characteristics in the location of the project, as well as the architectural plane and modeling, interior layout, and architectural details, etc. The energy conservation design strategy of complex building combining with microclimate factors is put forward to provide data reference for the energy conservation design of campus complex buildings in cold regions.

**Key words:** microclimate; campus complex; architectural space; environment simulation; energy conservation design