基于绿色 BIM 理念的多层建筑节能设计分析

董美华　王　振　付　旭　李文茹　李　茜　张友恒　刘晓立　王庆勇

（北华航天工业学院　建筑工程系，廊坊　065000）

【摘　要】近年来，随着我国建筑行业的发展和我国对绿色可持续发展目标的不断追求，设计人员逐渐采用 BIM 技术来进行建筑节能分析。本文在对绿色 BIM 理念及相应分析软件综述的基础上，采用绿建斯维尔软件对多层建筑进行了绿色节能实例分析。首先，应用该软件对建筑图纸进行读取，然后再选取适宜的建筑材料，并依据相应的技术标准对该建筑的节能、采光以及日照等方面进行了模拟优化设计。通过该软件可以直观地看出建筑基本数据、能耗损失和自然条件对建筑的影响。本文研究结果可为本地区的相似方案提供设计依据和参考标准，也充分展现了 BIM 技术优越性和广阔的发展前景。

【关键词】绿色 BIM 理念；多层建筑；节能分析；采光分析；日照分析

【中图分类号】TU17　　【文献标识码】A

【版权声明】本文被《土木建筑工程信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库（CPCD）收录上网，未经授权严禁登载。

1　引言

近年来兴起的 BIM 技术创造性地在建设项目设计、施工和运维养护中采用了数字化三维模型，实现了全生命周期管理。BIM 技术在欧美发达国家中的成功应用使人们逐渐意识到该技术在绿色建筑发展中的巨大潜力[1]。将 BIM 技术与绿色建筑相融合即产生了绿色 BIM 理念，即：基于 BIM 技术在设计阶段内的任意时间内可以方便地对设计方案进行调整，准确地获得大量、直观的建筑能量性能反馈信息，从而实现可持续性和改善建筑层面上的能效目标。目前，国外建筑业已对较多的高端建筑和标志建筑采用 BIM 技术进行了绿色节能分析，积累了大量的有益经验，但是在国内对于此项技术的认识和运用还不成熟，需要对其进行深入的研究和成果推广。

本文基于绿色 BIM 理念，以廊坊市某多层建筑为分析实例，详细介绍了 BIM 技术在该建筑节能、采光、日照设计中的应用，通过 BIM 技术全面浏览建筑物在绿色节能方面的综合性、科学性信息，直观呈现建筑能量性能方面的问题，及时进行相应的修改，并检验设计方案是否适宜，本文的研究成果可为本地区的相似方案提供设计依据和参考标准[2-4]。

2　项目概况

本工程为河北省廊坊市某售楼处办公楼，总建筑面积为 1927m^2，占地面积为 651.83m^2，建筑高度为 13.5m（室外地坪至女儿墙顶）。本项目设计标高为 ±0.000m，相当于绝对高程 20.182m，室内外高差为 0.45m，建筑三维图如图 1 所示。

BIM 应用软件可直接导入图纸，对其工程信息进行输入，软件会根据《建筑设计防火规范》《建筑抗震设计规范》《公共建筑节能设计标准》等相应标准规范设定建筑相关参数，并根据所导入的图纸计算体积、面积等数据。详细绿色节能设计参数基本情况如表 1 所示。

【基金项目】　河北省高等教育教学改革研究与实践项目（编号：2017GJJG198）；河北省高等教育教学改革研究项目（编号：103039）；北华航天工业学院教学研究与改革项目（编号：JY2012002；JY2017009）；河北省高等学校科学技术研究项目（编号：QN2017003）；河北省建设科技研究指导性计划项目（编号：20182051）

【作者简介】　付旭（1982－），男，副教授，博士，主要研究方向：BIM 理论及应用方面的教学与科研工作。

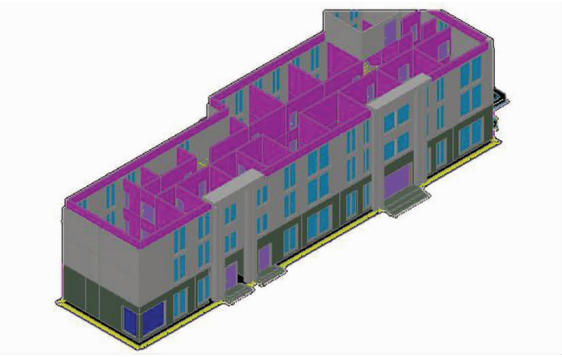

图 1 廊坊市某办公三维视图

表 1 项目绿色节能设计参数基本情况

一般设计参数	耐火设计等级	二级
	屋面防水等级	Ⅰ级
	结构形式	钢筋混凝土框架结构
	建筑抗震设防烈度	七度
	使用年限	50 年
绿色建筑节能设计参数	建筑(节能计算)体积	8 669.84m^3
	建筑(节能计算)外表面积	2 410.26m^2
	北向角度	90°
	外墙与屋顶太阳辐射吸收系数	0.75
	光气候分区	Ⅲ
	光气候系数 K	1.00
	表面反射比	顶棚 0.75、地面 0.30、墙面 0.60、外表面 0.50

3 绿色建筑分析软件及应用思路

绿色建筑和分析是一种新的设计理念,绿色建筑分析不是追求形式与潮流,它和传统的设计环节一样以更加科学的提升建筑物的价值为目的,是传统建筑设计的完善。绿色建筑分析是一个综合性的、学科性的、可跨阶段的过程,而 BIM 技术正好满足了这一需求,实现了所需数据信息集合分析、集中呈现、快速运算的需要。

为了满足建筑节能分析需求,现在建筑市场上已推出了多款将建筑能耗模拟与 BIM 技术相融合的商业软件,例如国外的 EnergyPlus、ESP - r、Autodesk Ecotect Analysis、Transient System Simulation Program 和国内的绿建斯维尔、TBEC 和 PBECA 等,这些软件为设计师们的建筑节能决策起到了重要作用[5-7]。

本文采用绿建斯维尔软件对廊坊市某办公楼进行了节能、采光和日照分析。该软件各模块适用性与使用要点如表 2 所示。

4 绿色分析

4.1 节能分析

(1)节能分析

根据《公共建筑节能设计标准》,该建筑位于廊坊,处于寒冷地区,且存在建筑群,在建设中考虑热岛效应,此案例主建筑的北和东两个方向有遮挡建筑,在建筑的总体规划和设计要考虑自然通风和冬季日照对建筑节能的影响,充分利用自然条件达到最优节能效果。

绿色建筑设计是一项复杂的工作,需要考虑多方面因素,例如在冬季如何最大限度地利用太阳能获得更多热量,如何避开主导风向,减少热量损失对建筑物节能效果的影响;在夏季如何最大限度减少获得的热量,如何充分发挥建筑物自身条件,利用自然通风降低室内温度,达到节能效果。建筑形体也会对建筑节能效果产生一定的影响,在建筑设计时应避免过多的凹凸变化,此案例采用传统标准形体,对此影响因素可忽略不计。

(2)数据计算及总结

应用软件对建筑图纸进行读取,选取适宜的建筑材料,依据《河北公共建筑节能设计标准》进行计

表 2 绿建斯维尔软件各模块使用要点与应用原理

软件模块	适用性	使用要点	应用原理
节能模块	基于 AutoCAD 平台,适用于全国民用与公共建筑节能评估;	可直接导入三维 BIM 模型;	通过计算建筑的保温层保温系数、墙窗的面积比、结构的保温性能、地面的热阻、建筑体形系数、光气候地区等数据输出结果,跟参考建筑作比较得出结论;
采光模块	基于 AutoCAD 平台,国内首款采光软件,可定性与定量分析;	可快速对单体或总图建筑群进行采光计算;	输入建筑类型、建筑地点光气候区、所采用的的采光标准、门窗的透光系数、室内装修材料反射比等数据。设置采光分析引擎,分析精度,等需要分析的内容得出采光分析数据;
日照模块	基于 AutoCAD 平台,为建筑规划布局提供高效的日照分析工具,也有可视化的日照仿真	精确建立所分析建筑周围的构造物的模型,准确输入墙窗数据。	设置建筑物的地理位置及所要分析的时间段。日照分析模拟建筑与周围构造物的不同时间段的遮挡关系,计算出阳光射入建筑物的不同时间和量。输出建筑物的阴影轮廓图,各窗的阳光射入时间等数据。

表 3　节能计算参数对比

类别	计算建筑	参考建筑
屋顶传热系数 K［W/(m^2·K)］	0.83	0.45
外墙传热系数 K［W/(m^2·K)］	1.13	0.60
地面热阻 R［(m^2·K)/W］	0.09	0.16

表 4　节能计算结果对比表

类别	计算建筑				参考建筑		
外窗(包括透明幕墙)	朝向	窗墙比	传热系数	遮阳系数	窗墙比	传热系数	遮阳系数
	东向	0.05	2.79	0.90	0.05	2.80	1.00
	南向	0.26	2.79	0.90	0.26	2.80	1.00
	西向	0.04	2.79	0.90	0.04	2.80	1.00
	北向	0.17	2.79	0.90	0.17	2.80	1.00

算,对屋顶传热、外墙传热、地面热阻以及外窗的等几种直接影响节能效果的条件进行分析,再通过与参考建筑做比较,输出建筑的耗冷耗热量的节能数据,检验是否符合标准、规范等。

此建筑案例屋面采用的是钢筋混凝土 120mm、挤塑聚苯板(ρ=25－32)20mm,外墙采用的是钢筋混凝土 200mm、挤塑聚苯板(ρ=25－32)20mm,外窗及玻璃幕墙采用 6mm 空气中空玻璃塑料窗,其传热系数为 2.79 K[W/(m2·K)],遮阳系数为 0.9 K[W/(m2·K)]。建筑能耗计算依据《建筑能耗标准》计算结果如表 5。

表 5　节能计算对比

	设计建筑	参照建筑
耗冷耗热量(kWh/m^2)	107.08	111.21
耗冷量(kWh/m^2)	36.64	41.80
耗热量(kWh/m^2)	60.44	69.41
标准依据	《河北公共建筑节能设计标准》(DB13(J)81－2009)第 4.3.1	
标准要求	设计建筑的能耗不大于参照建筑的能耗	
结论	满足	

围护结构传热系数计算:

围护结构的传热阻:$R_0 = R_i + R + Re$

式中,R_i是内表面换热阻[(m·K)/W](一般取 0.11)

Re 是外表面换热阻[(m·K)/W](一般取 0.04)

R 是围护结构热阻[(m·K)/W]

围护结构传热系数计算:$K = 1/R_0$[W/(m·K)]

式中,R_0 是围护结构传热阻。

依据《河北公共建筑节能设计标准》,节能计算数据对比表如表 3、表 4、表 5 所示。

(3)BIM 节能软件依据《河北公共建筑节能设计标准》对计算结果进行分析,分析结果如表 6 所示。通过分析得出此建筑的节能数据与参考建筑的节能数据相比此建筑在可见光投射比、可开启面积、外墙气密性、外窗气密性、幕墙气密性方面是否满足节能要求。

表 6　计算结果

序号	检查项	结论	说明
1	可见光透射比	满足	本工程综合判断满足《河北公共建筑节能设计标准》(DB13(J)81－2009)规定的要求。
2	可开启面积	满足	
3	外窗气密性	满足	
4	幕墙气密性	满足	
5	综合权衡	满足	

依据以上数据及分析结果可知,该建筑的各方面设计参数均满足标准规定和节能设计标准要求,但各围护结构传热系数高于参考标准,须进行权衡判断。由表 3 可知该建筑屋顶和外墙传热系数分别为 0.83 和 1.13,而参考建筑数据仅为 0.45 和 0.6,明显看出所分析的建筑数据高出参考数据一倍,在实际建设中外墙可选取保温效果更好的材料以降低传热系数,屋顶可采取种绿植的途径,不仅美观绿色,还可以有效降低屋顶传热系数,达到绿色节能效果。

4.2　采光分析

(1)采光分析

采光设计应充分发挥建筑物本身所具有的自然条件,自然光是供人类使用的最好光源,充分利用天然采光也可有效达到绿色节能效果,使建筑设计本身更加贴近绿色节能理念。为了更好地适应室内人员需要,当天然采光不能满足照明要求时,

可通过调整窗墙比,扩大房间透光度,或采用透光效果更好的玻璃窗,也可根据工程的地理位置、日照情况进行分析,合理地选择导光或反光装置,必要时采用人工照明;当天然采光过强时,则可对窗子做相应的遮光设施,如:窗帘、百叶、遮阳板等。

此案例窗框和玻璃才分别采用了市面上最常见的单层铝窗和普通玻璃,拾取图纸中窗编号和窗的尺寸,输出窗的可见光透射比和玻璃反射比数据如表 7。

(2)采光分析结果

依据《建筑采光设计标准》分析建筑物采光情况,房间采光数据计算结果如表 8 所示,满足采光条件的房间有 33 个,满足采光要求比例是 62.26%,但是从房间的使用功能上来说,储藏室、会议室、卫生间等人活动不多的房间对采光需求较少,这是采光设计需要考虑的因素。背阴面的房间不可避免的会有采光不足的问题,但是通过扩大窗户的面积,使用反光装修材料等手段可以明显地提高房间的采光率。

4.3 日照分析

(1)日照分析

日照分析中有效日照时间带是主要分析要素之一,它规定了有效日照时间的范围,从而可以更好的利用自然条件为建筑进行节能设计。根据《建筑气候区划标准》可知河北廊坊属于一级区划第Ⅱ类建筑气候区,春、秋季节短促,夏季日照长,则冬季日照时间短。本案例采用的软件取用《北京市建筑日照计算标准》,有效时间带为北京市大寒日和冬至日 8:00 ~ 16: 00 时。分析中分别采用了阴影轮廓分析、等日照分析和窗照分析,对建筑物的阴影轮廓分析在日照分析中至关重要,一个建筑并不会孤立存在,周围的建筑群对其日照分析产生着直接的影响。

通过日照分析软件,模拟建筑物阴影,并形成不同时刻的阴影轮廓,从而观察某一时刻或全天在某个特定平面和立面上的阴影,如图 2 所示,从而更加科学的判断建筑物是否符合绿色节能标准。

在一个建筑物的周围必定会有或高或矮的建筑群存在,这些建筑对主建筑的影响也是不容忽视的,在此案例中对周围可能存在的建筑进行了简单的模拟,主要研究周围建筑对主建筑的遮阳影响。建筑物遮挡关系如图 3 所示。

针对建筑物被遮挡情况还可以做详细的分析——光线分析,计算通过某个位置点的光线和产

表 7 采光计算数据

窗编号	宽度(mm)	高度(mm)	窗框类型	玻璃类型	可见光透射比	玻璃反射比
C1226	1 350.00	3 000.00	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C1224	1 200.00	2 400.00	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C1232	1 200.00	3 200.00	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C1511	1 500.00	1 100.00	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C1514	1 500.00	1 400.00	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C1518	1 500.00	1 800.00	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C1524	1 500.00	2 400.00	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C1532	1 500.00	3 200.00	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C1824	2 100.00	2 400.00	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C2115	2 100.00	1 500.00	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C2124	2 100.00	2 400.00	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C2132	2 100.00	3 200.00	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C3632	3 600.00	3 200.00	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C4524	4 500.00	2 400.00	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
MLC4530	2 250.00	3 000.00	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08

表 8 房间采光数据计算结果

房间/面积	总数	满足要求数量	满足要求比例(%)	不满足非强条的房间/户型
房间(个)	53	33	62.26	1001 1004 1007 1008 1009 1010 1011 2003 2010 2012 …… 不满足的房间超过 10 个
采光面积(m^2)	1 751.36	1 117.89	63.83	—

生该光线的时刻如图 4 所示，也可根据颜色简单看出日照强弱分布。

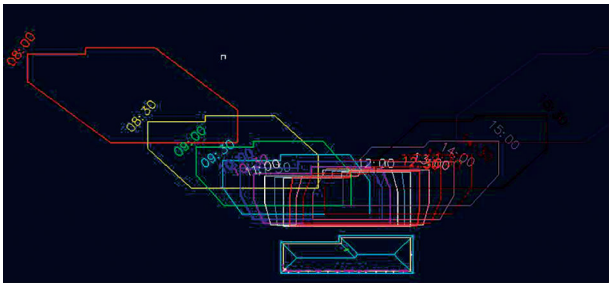

图 2　阴影轮廓图

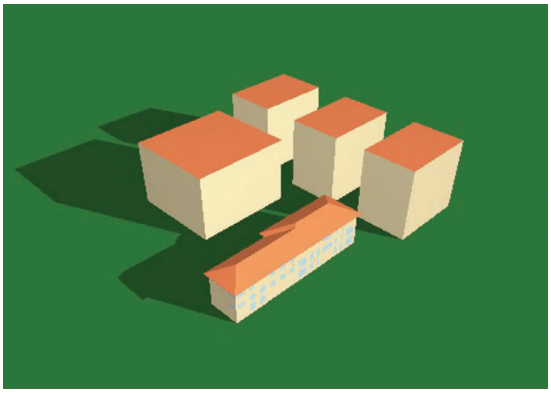

图 3　建筑物遮挡关系示图

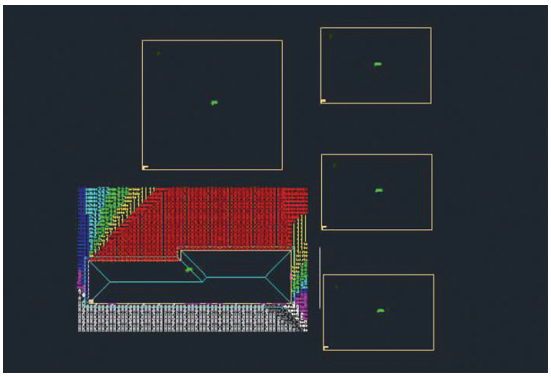

图 4　等日照线图

（2）窗照分析

此分析方法充分体现了日照有效时间带对建筑物的影响。软件拾取功能可对图纸中的窗进行拾取，并对每层窗户进行编号，方便对建筑物每一扇窗进行具体的把握，计算高度从建筑外地坪 1.35m 处算起，若首层没有日照要求，其计算高度从窗台算起。本案例建筑物前无遮挡建筑，且首层没有特殊日照要求，所以从窗台高度 1.35m 处计算，对窗户的日照情况进行计算分析，并给出详细报表如表 9 所示，可以清晰地看出一层 9 号和二层 14 号两个位于北面的窗户无日照，二层 2 号和三层 1 号两侧的窗户日照时长明显短于其它窗户。

表 9　计算条件

窗日照分析表				
层号	窗位	窗台高（m）	日照时间	
			日照时间	总有效日照
1	1～5	1.35	08：00～16:00	08:00
	6	1.35	08：29～16:00	07:31
	7	1.35	08：56～16:00	07:04
	8	1.35	09：40～16:00	06:20
	9	1.35	10：48～11:02	00:00
2	1～2	5.85	08：00～16:00	08:00
	2	5.85	12：58～16:00	03:02
	3～10	5.85	08：00～16:00	08:00
	11	5.85	08：29～16:00	07:31
	12	5.85	08：58～16:00	07:02
	13	5.85	09：40～16:00	06:20
	14	5.85	10：48～11:02	00:00
3	1	10.35	12：58～16:00	03:02
	2～7	10.35	08：00～16:00	08:00
	8	10.35	08：29～16:00	07:31
	9	10.35	08：58～16:00	07:02
分析标准	冬至 3h；地区：北京；时间 1 月 5 日（小寒）08:00～16：00；计算间隔：1 分钟			

（3）日照分析结果

通过对建筑阴影轮廓分析、等日照分析和窗照分析可知，此建筑所处建筑群无正面遮挡建筑，朝阳面在有效日照时间内均有日照。日照对建筑的节能和采光有着显著的影响，对于建筑背阳面的空间应更加注重采光和节能的设计。

5　结论与展望

本文运用斯维尔 BIM 绿色建筑软件对廊坊市某办公楼的节能、日照、采光三个方面进行分析，把结果以数据和影像的形式展现出来，使人更加具体直观地看到此建筑的分析结果。根据节能数据和结果，可对建筑进行更加合理的采暖通风空调设计等；根据采光和日照数据，有利于合理使用房间，或对其有特殊要求的房间进行适当的调整，如：储藏室和卫生间可放在北面房间，或通过调整门窗大小、增设窗帘、百叶进行遮挡等方法，使其满足房间使用要求，并做到更优的绿色节能，为人们创造更

为舒适的生活工作环境。

随着我国居民生活水平的不断提高,过程复杂、误差较大的传统绿色建筑设计方法,将不再适用于现在的大规模、精细化的绿色建筑计算要求,人们更加看到 BIM 技术在建筑行业项目实施中对比传统技术有很大的便利性和准确、全面的特点。BIM 技术把绿色建筑分析所需要的信息集中处理。本文所采用的方法简单、高效,为今后本地区的厂房、医院、楼盘等绿色建筑设计提供了有利依据和参考标准。

参考文献

[1] 李骁. 绿色 BIM 在国内建筑全生命周期应用前景分析[J]. 土木建筑工程信息技术, 2012,4(2): 52-57.

[2] 李延钊, 林超楠. 基于 BIM 技术的绿色建筑设计方法——以南宁市城市规划展示馆为例[J]. 暖通空调, 2012, 42(10): 52-57.

[3] F. H. Abanda, L. Byers. An investigation of the impact of building orientation on energy consumption in a domestic building using emerging BIM (Building Information Modelling)[J]. Energy, 2016, 97: 517-527.

[4] 李腾. BIM 在绿色建筑评估体系的室内环境应用中的可行性研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2010,2(3): 20-23.

[5] 孙陈, 俊妍, 周根, 等. BIM 技术在可持续绿色建筑全寿命周期中的应用研究[J]. 项目管理技术, 2017,(2): 65-69.

[6] 夏冰, 陈易. 关于低碳建筑设计方法的比较研究[J]. 建筑节能, 2014,(9): 60-67.

[7] Lee Kweonhyoung, Choo Seungyeon. A Hierarchy of Architectural Design Elements for Energy Saving of Tower Buildings in Korea Using Green BIM Simulation[J]. Advances in Civil Engineering, 2018,(9): 1-13.

Energy-Saving Design Analysis of Multi-Storey Building Based on Green BIM Idea

Dong Meihua, Wang Zhen, Fu Xu, Li Wenru, Li Qian, Zhang Youheng, Liu Xiaoli, Wang Qingyong

(*Department of Architectural Engineering*, *North China Institute of Aerospace Engineering*, *Langfang* 065000, *China*)

Abstract: In recent years, with the development of Chinese construction industry and continuous pursuit of green and sustainable development goals, the designers have gradually adopted BIM technology to analyze building energy conservation. On the basis of summarizing the concept of green BIM idea and corresponding analysis software, this paper analyzes the green energy saving of multi-storey buildings through practical case study by using green building Siwell software. Firstly, the software is used to read the building drawings, and then to select appropriate building materials, as well as to simulate and optimize the design of the energy saving, daylighting and sunshine of the building according to the corresponding technical standards. By using the software, it can be intuitively shown the impact of basic building data, energy loss and natural conditions on the building. The research results of this paper can provide design basis and reference standards for similar schemes in this region, and fully demonstrate the advantages and broad prospects of BIM technology.

Key Words: Green BIM idea; Multi-Story Building; Energy-Saving Analysis; Daylighting Analysis; Sunlight Analysis