

绿色超高层建筑设计重点与难点探讨

孙大明 田慧峰 周志仁

(中国建筑科学研究院上海分院, 上海 200023)

摘要: 科技的不断进步使超高层建筑发展很快, 截至 2009 年底, 我国已建成的 200 米以上的超高层建筑约 53 栋。在节能、低碳的趋势下, 建设绿色超高层建筑已成为一种必然趋势。然而, 超高层建筑绿色生态技术的设计与应用与普通绿色建筑有较大不同之处。本文阐述了绿色超高层建筑的意义, 结合实际案例, 分析超高层建筑的节能、室内环境质量等重点问题, 探讨了设计绿色超高层建筑的难点并提出了合理建议。

关键词: 超高层; 绿色建筑; 节能; 室内环境质量; 重点与难点

DISCUSS ON THE IMPORTANT AND DIFFICULT POINTS OF THE GREEN SUPER-HIGH BUILDING

Sun Daming Tian Huifeng Zhou zhiren

(China Academy of Building Research, Shanghai Branch 上海 200023)

Abstract: With building technology's development, the number of super-high building has increased so fast that there are 53 super-high building in China until 2009. Under the background of energy efficiency and low carbon-emission, Green Super-High Building(GSHB) has become an inevitable trend. However, GSHB is unique from common Green building. The significance of GSHB has been discussed, and the other aspects such as energy efficiency and Indoor environment quality (IEQ) have been analyzed based on project. Also, the difficulty has been probed.

Key words: super-high building, green building, energy efficiency, IEQ, important and difficult points

1 引言

1.1 超高层建筑简介

1972 年 8 月在美国宾夕法尼亚州的伯利恒市召开的国际高层建筑会议上, 专门讨论并提出高层建筑的分类和定义, 指出超高层建筑是指 40 层以上(高度 100 米以上)的建筑。

目前全国超高层建筑主要分布在沿海等一线城市。我国大陆 2009 年底建成的 200 米以上超高层建筑达 53 栋之多^[1]。

超高层建筑功能复杂, 包括办公、酒店、商场、酒店式公寓或者功能多样的复合式建筑, 以及超高层住宅建筑。对超高层建筑优化设计首先应该结合建筑的功能定位。

1.2 超高层建筑优势与不足

与普通高层建筑(100m 以下)相比, 超高层建筑具有的优势有:

1) 集约化利用土地资源: 超高层建筑通过向更高空发展, 在有限的地面上为人类争取到更多的生存空间;

2) 显著提高工作和生活效率: 超高层建筑将工作和生活设施适当集中, 一

般性工作和生活问题在建筑内部即可解决。极大地方便了人们工作和生活；

3) 实现资源高度共享，提高投资效益：超高层建筑配套设施规模效应明显，资源利用效率高。实现了经营互利；

4) 带动相关学科发展，促进科技进步。

超高层建筑存在的不足有：

1) 高能耗：超高层建筑的运行能耗巨大，比同等面积的多层建筑消耗更多的资源、人力和财力。超高层办公建筑为保持正常的运作，在电梯、空调、供水、供暖、管理等方面要多消耗大量的能源。以金茂大厦为例，2002年到2007年间，单位面积年耗电量水平在200 kWh/m²左右^[2]，与统计中的高档办公楼能耗水平相当，是宾馆类建筑平均水平的1~2倍，是一般公共建筑的3~10倍。这说明，随着建筑体型的扩大，建筑高度的增加，实现同水平的室内环境品质，超高层建筑需要消耗更多的能源；

2) 室内环境质量差：为保证安全性，超高层建造窗户多数采用密闭型，自然通风几乎不可能，只能通过机械通风换气方式，室内空气品质往往降低。室内进深较大，往往导致自然采光较差；

3) 对城市环境的影响：超高层建筑一般大量采用全玻璃幕墙，其容易在局部区域造成强光反射，形成光污染、使人心情紧张，影响城市交通的安全。超高层建筑聚集人数较多，且多为中高档办公、宾馆类建筑，对室内环境质量要求相对较高，且集中排放负荷大，带来空调、水、电等多方面资源的大量消耗，造成城市局部气温明显高于其他区域，形成“热岛效应”，导致降雨明显增强。

2 绿色超高层建筑简介

2.1 绿色超高层建筑发展的必要性

在节能、低碳和环保等理念、相关政策及市场需求等多各因素推动下，建设绿色超高层已成为一种必然趋势。

本文分析的绿色超高层建筑基于国家《绿色建筑评价标准》和美国环境与能源设计先锋奖（LEED）这两大体系，并结合实际工程案例提出来的。

本文给出的绿色超高层建筑定义是：在建筑全寿命周期内，比常规超高层建筑能耗显著降低、室内环境质量显著提高、对周围环境影响显著下降、高效稳定运行的低碳和可持续发展的超高层建筑。

可以看出，绿色超高层建筑无论从设计、施工、还是运营角度都比普通超高层建筑效果改善。因此可以发展绿色超高层建筑真正能够达到绿色、生态、可持续发展。

2.2 绿色超高层建筑的技术体系

绿色超高层建筑主要包括从节能与能源利用、室内环境质量、节水、室外环境与可持续场址、节材、绿色施工和运营管理这七大体系。

节能与能源环境：通过优化围护结构、空调系统、照明、电梯等，达到降低建筑能耗的作用。要求至少节能60%且比ASHRAE90.1-2007附录G的基准建筑节能10%以上；

室内环境质量：通过增强自然通风、选择高效空调系统、充分利用自然采光和低挥发性材料等措施改善室内环境；

节水与水资源利用：通过收集利用场地雨水、建筑中水，采用节水景观、节水器具等措施减少市政用水需求；

室外环境与可持续场址：通过发展公共交通、减少光污染、增大室内渗透等技术达到减小对室外环境的影响的效果；

节材与材料利用：充分利用 3R 材料、土建与装修一体化、采用当地材料和高强度材料等技术；

绿色施工：超高层建筑施工周期长（约 3 年左右），对周边环境影响很大，因此应充分减少水土流失、充分利用建筑废弃物等达到减小施工对环境的影响；

运营管理：通过执行调试计划对各系统进行调试、对运行管理人员进行培训、利用能源分项计量系统记录建筑运行能耗情况，并及时发现存在的不足制定节能的措施以减少建筑运行能耗。

通过这七大技术体系，绿色超高层建筑能比普通超高层建筑更节能，改善了室内空气品质，缓解室外交通，节约市政用水量，整个过程中低碳排放，真正达到绿色建筑。

3 绿色超高层建筑的重点技术分析

3.1 节能

超高层建筑的节能主要通过围护结构优化、空调系统节能、降低照明耗电和采用势能电梯等方面实现。以下结合笔者负责的三个绿色超高层项目来分析节能可采取主要措施。

(1) 围护结构优化措施

超高层建筑一般都是大面积玻璃幕墙，窗墙比(WWR)一般都超过 0.5，因此玻璃幕墙的优化就成为围护结构节能的重点。表 1 分析了围护结构节能的主要措施。

表 1 围护结构优化措施分析

技术措施	内容	参数要求	难易程度
1	玻璃幕墙	VT 约 0.5，SC 不能过大，取 0.35 左右。	较难
2	墙体	满足公建节能标准要求，夏热冬暖或夏热冬冷地区建议取 $K=0.7W/m^2.k$ 左右	容易
3	屋顶	采用高反射涂料或屋顶绿化	较容易
4	自然通风口	采用幕墙通风器、低层开窗或建筑 100m 以下设置开窗	难
5	门窗气密性	4 级以上	容易
6	外遮阳	可在双层幕墙内设置可调外遮阳。或者东、西立面设水平挡板遮阳。也可以整个立面设机翼遮阳。	难

(2) 空调系统节能技术

超高层建筑的空调系统类型和数量繁多，空调系统约占建筑总能耗的 35% 左右。因此超高层建筑节能的最重要途径。超高层建筑空调系统的主要节能措施如

表 2 所示。

表 2 空调系统节能技术

技术措施	高效、舒适空调技术	应用要求	难易程度
1	高效冷热源机组	额定工况下 COP 至少达到 5.6。	容易
2	蓄冷技术	有分时电价地区、且非 24 小时运行建筑。	较难
3	排风热回收	全热回收, 要求效率不低于 60%。	容易
4	新风免费制冷	竖井限制, 不可能全楼楼层都采用。	较难
5	冷却塔免费制冷	夏热冬暖地区不适合采用	容易
6	降低输送能效比	采用高效水泵、风机	容易
7	冷凝热回收	酒店、公寓等 24h 需要热水的建筑	较难
8	可再生能源	应用数量有限, 可采用地源热泵。	难
9	高室内空气品质	采用高舒适末端	容易
10	空气质量监控	控制要求高	较难

(3) 绿色照明

超高层建筑中的照明能耗约占 15% 左右, 因此降低照明能耗是节能的重要方面。可采用的绿色照明技术有:

- a) 减少照明功率密度 LPD 值: LPD 值不可过大, 应控制在目标值以内, 建议高档办公照明功率密度控制在 $13\text{W}/\text{m}^2$ 左右, 客房控制在 $12\text{W}/\text{m}^2$ 左右;
- b) 日光照明: 充分利用自然光控制灯光开启;
- c) 人员感应控制和时间控制: 灯光感应控制等可降低照明功率 10% 左右。

(4) 势能电梯:

超高层建筑电梯能耗也较大, 利用势能转化为电能, 就是节能型电梯的工作原理。合理采用节能型电梯, 具有明显的节能效益。

3.2 节水

超高层建筑用水量很大, 节水也是绿色超高层建筑中最重要的节能措施之一。绿色超高层建筑的节水措施主要有:

- 1) 节水器具: 采用高效节水器具以减少用水量;
- 2) 雨水利用: 充分收集场地雨水, 另外超高层建筑立面面积大, 需充分收集立面雨水, 经过处理后能够带来可观的节水量。但初投资也很大, 经济效益不明显;

- 3) 中水利用：收集优质杂排水带来的一个关键问题是占用更多的管径，从而需增大核心筒面积，直接带来的问题就是有效利用面积减小，从而减小销售面积。但对于有酒店、公寓和办公等复合型超高层建筑，酒店客房一般设置在最高部分，且酒店优质杂排水量大，可以收集高区酒店客房的优质杂排水在设备层经过处理后用于低区办公等冲厕；对于纯办公超高层建筑，建筑本身优质杂排水量就很少，且占用过多管径，因此不建议采用；
- 4) 采用当地植物：采用适合当地生长的植物可以减小绿化浇灌用水量，从而减少用水量。

3.3 节材

超高层建筑材料消耗很大，节材也是绿色超高层建筑的重要方面，可以采用的节材措施有：

- 1) 3R 材料：充分利用可在循环材料，如钢、铝合金、玻璃等。同时对非承重部分如隔墙等充分采用以废弃物为原材料的建筑材料；
- 2) 灵活隔断：办公建筑等的隔断可采用灵活隔断，这样可以采用减少重新隔断带来的浪费，而超高层办公建筑面积可在 10 万平方米以上，采用灵活隔断带来的节材量非常可观；
- 3) 设计和装修一体化：在施工前装修图纸结合建筑图纸完成，能够减少二次装修造成挖孔、打洞而减少建筑材料的浪费。

4 绿色超高层建筑的难点分析

4.1 节能优化

4.1.1 简介

绿色超高层建筑至少应该节能 60% 以上且比 ASHRAE90.1 附录 G 规定的基准建筑节能 10% 以上。国家《公共建筑节能设计标准》所要求的节能率是指空调、通风和照明能耗，而 ASHRAE90.1 则要求比较建筑全能耗，包括设备、电梯、生活热水等能耗。

对超高层建筑进行节能优化是一个权衡考虑到问题，需要经验丰富的能耗模拟人员进行优化分析，提出合理的建议。建立合理、准确的能耗分析模型对绿色超高层建筑进行分析既是节能优化的基础也是一项较难掌握的技术。优化分析过程往往需要反复调整参数，甚至建立多个模型进行对比分析，以得到最佳且可行的节能效果。

4.1.2 案例分析

笔者负责的广州某绿色超高层建筑，为纯办公建筑。建筑面积为 21 万 m^2 ，其中地上 17.8 万 m^2 ，空调面积 13 万 m^2 。建筑层数为 68 层，建筑高度为 309 米。根据 ASHRAE 90.1 附录 G 建立基准建筑，同时建立设计建筑优化模型如图 1 所示。建筑总能耗费用如图 2 所示。

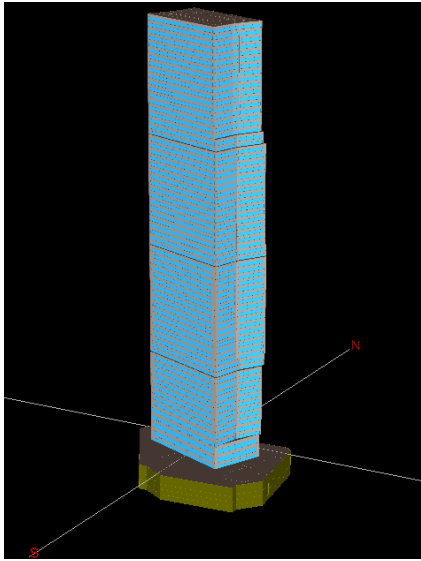


图 1 广州超高层建筑能耗模型

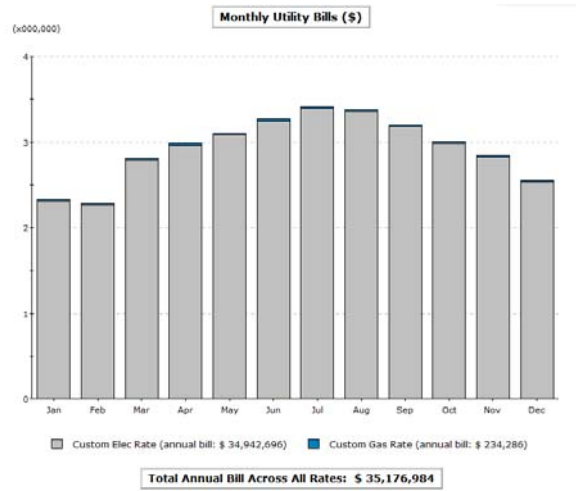


图 2 设计建筑总能耗费用

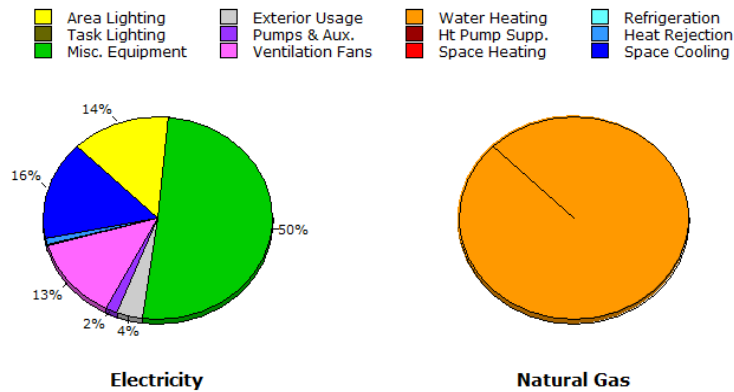


图 3 设计建筑能耗细分

表 3 广州某超高层建筑能耗细分

分析模型	耗电量 (MWH)	总能耗费用 (万元)	单位建筑面积耗电量	单位建筑面积能耗费用	节费率
基准建筑	41340	3992.1	195.9	189.20	——
设计建筑	36398	3517.6	172.5	166.71	11.89%

图 3 对建筑能耗进行细分,表 3 给出了总耗电量和能耗费用对比。可以得出,设计建筑比基准建筑节费约 11.89%左右。其实此时的设计建筑是设计院根据笔者早期提出的节能优化建议后进行修改得到的。为进一步降低能耗,笔者建议再降低办公照明功率密度为 13.5W/m²,并进一步优化玻璃幕墙参数等,使节能率提到 12.46%。

4.2 室内环境质量

改善超高层建筑室内环境质量是绿色超高层建筑的又一难点。超高层建筑利用自然通风有局限,主要是超高层的安全性考虑。超高层建筑

室内环境质量主要问题有：

- (1) 无法开窗，基本不能利用自然通风；
- (2) 目前办公、酒店等大多数为风机盘管，过渡季无法利用全新风。且存在过渡季节结露发霉现象；
- (3) 超高层办公建筑存在内外区的问题，内区发热大而无法通过围护结构散出去，而外区受室外影响较大，如此就导致了冷热不均。

另外超高层建筑进深过大，容易导致室内自然采光效果降低。因此其自然采光效果往往也不佳。

4.3 可再生能源利用

超高层建筑利用可再生能源利用的量少，适用性差。因此可以简单地利用地源热泵、太阳能热水等。但只能少部分在裙房和少数楼层应用。

绿色超高层建筑利用可再生能源不是很有利，但可以少部分采用，如采用低压热泵、太阳能热水等等。绿色超高层建筑可采用的可再生能源技术有：

- a) 裙楼屋顶采用太阳能热水系统：主要应用于办公类建筑，其生活热水需求量少，可以减少集热板的铺设。
- b) 地源热泵系统：可结合桩基埋设土壤换热器，可解决埋管铺设面积不足的问题。可在裙楼应用或者应用于冷辐射吊顶、冷梁等对冷水温度要求较高的场所。

4.4 测量和验证

国际性能验证协议（IPMVP）的第三卷提出了测量和验证的方法。新建超高层建筑测量和验证（M&V）能够确定建筑运行节能量。一般选择 IPMVP 的方案 D 进行。M&V 最难的是对基准建筑的校准，使得估算的节能量在一定的误差范围内。另外，需要按照要求安装能源管理系统。测量和验证过程时间长，需要在建筑调试完成后进行。较准确的 M&V 难度很大。

4.5 建筑调试

建筑调试包括基本调试和全面调试。建筑的全面调试是保证机电系统良好运行的前提，尤其是超高层建筑空调系统复杂，是超高层建筑运行良好与否的重要内容。调试团队需要在在设计阶段就介入，建筑施工完成后调试团队要介入进行调试，调试过程时间长、难度大，需要经验丰富的调试人员来完成；

5 绿色超高层建筑的设计心得

目前国内还没有一栋真正的绿色超高层建筑。在我院负责咨询的几个绿色超高层建筑过程中，确实比非超高层建筑碰到的问题多。通过我院绿色咨询团队的努力并与我院专家沟通、讨论后，我们克服了很多困难，使得咨询工作能够顺利进行。绿色超高层建筑的认证过程漫长，一般都在 4 年左右，因此需要咨询团队在各个过程掌握好进度，针对当时进度提出要求，使得各项具体绿色技术措施能够适时、合理地在建筑中落实。

6 总结

绿色超高层建筑是超高层建筑的发展趋势，能够显著地降低超高层建筑的运行成本，降低能源消耗，减少市政用水、材料使用，降低环境污染等。

本文总结了绿色超高层建筑的重点与难点，得出了节能、节水、节材是绿色

超高层建筑的重点。而节能优化、改善室内环境质量、可再生能源利用、测量与验证、调试等其他问题是绿色超高层建筑的难点。

参考文献:

- [1] 中国建筑学会建筑结构分会高层建筑结构委员会,我国大陆 2009 年底已建成 180m 以上高层建筑统计,土木工程学报,2010 年第 5 期,
- [2] 李静,超高层建筑节能的思考与实践,上海节能,2008 年第 4 期