

超高层的绿色建筑实践 ——招商银行深圳分行大厦

Implementation of Green Building for Skyscraper: Shenzhen Branch of China Merchants Bank Design

撰文 杨益华 中国建筑设计研究院

业主：招商银行股份有限公司
设计单位：中国建筑设计研究院
设计指导：崔愷
设计主持：于海为、杨益华
建筑设计：刘晏晏、周宇、郭宇力、薛琪
结构：张准勇、施鸿
给排水：黎松、邢燕娜
暖通：宋孝春、韦航
电气：陈琪、甄毅
总图：白红卫
室内：刘峻
景观：赵文斌



图1 招商银行深圳分行大厦外景

招商银行深圳分行大厦的绿色建筑实践来源于业主方的设计要求，这说明在自然环境日益堪忧的今天，建筑是否“绿色”、“生态”、“节能”正越来越成为大家关注的焦点，另一方面也对设计团队提出了更高的要求。项目作为超高层的金融办公建筑，又位于深圳市的核心地段，建筑的形象首先被关注。那么如何在建筑的形式和性能之间找到平衡点，使之既能实现真正意义上的绿色又能满足人们的审美诉求，将是设计中面对的挑战。

1 项目概况

招商银行深圳分行大厦（图1）位于深圳市金融中心的福田区，东西分别毗邻深交所及深圳电视台，地理位置优越。用地面积约7 594m²，总建筑面积107 323m²（图2，3）。该项目是集银行营业厅、金库及行政办公、信息服务于一体的综合性建筑，由综合办公主楼、综合服务设施副楼两部分组成，其中综合办公主楼位于用地东南侧，是本工程的主体建筑，地上35层，建筑高度165m；综合服务设施副楼位于主楼西侧及北侧，

建筑高度29.65m。

2 绿色设计

2.1 节地与室外环境

项目用地紧张，通过地下车库和银行专用库房的设计充分开发了地下空间，提高了土地利用效率。地下室共4层（局部5层），建筑面积28 844m²，包括420个停车位和约1 200m²的银行专用库房。建筑的西南角还包含了深圳市地铁2，3，11号线的福田站A出入口站房，使得公共交通站点融入到了项目设计中，并由此引申出主楼和副楼之间的内街空间的设计构想（图4，5）。内街的作用是将地铁站站口既与本项目的各主要出入口顺畅沟通，又最便捷地连通到北侧的建行用地，保障了市中心大量人流的集散需求。

2.2 建筑节能设计

2.2.1 气象条件

深圳属南亚热带季风气候，长夏短冬，阳光充足，雨量丰沛，气候宜人。深圳市年平均气温22.3℃，年太阳辐射量

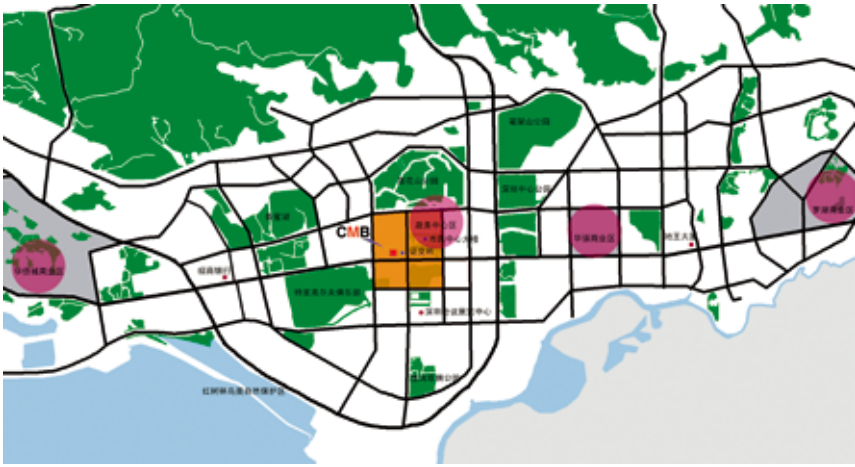


图2 地段位置图



图3 总平面图

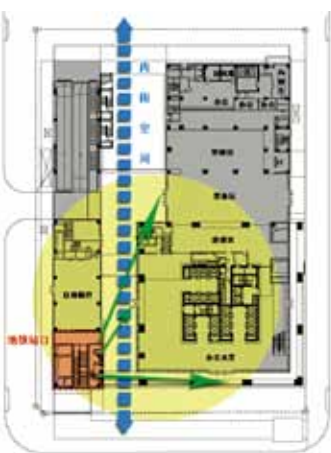


图4 一层地铁站口



图5 内街效果图

为5 225MJ/m²，年日照百分率达47%。

年平均降水量为1 925mm，全年雨量有85%出现在4~9月（汛期）。年平均风速为2.7m/s，年主导风向为东南东风。

2.2.2 建筑节能主要措施

深圳市的气候特征决定了该地区夏季空调能耗是全年能耗的主要部分，因此针对夏季空调能耗的消减将是本项目节能设计的主要方面。建筑设计中通过外墙围护结构、种植生态屋面、活动和固定外遮阳等措施以降低建筑能耗。

（1）高效的外墙围护结构

本项目的外墙绝大部分为幕墙体系，主要包括石材幕墙和玻璃幕墙，其中玻璃幕墙又可分为装饰玻璃幕墙和实体玻璃幕墙两个类型。根据外幕墙设计不同，在围护结构设计上也分为两个体系。

外墙围护结构体系一：在石材幕墙和装饰玻璃幕墙的内侧均砌筑200mm厚加气混凝土砌块墙体，并在墙体和石材之间设置30mm厚矿岩棉保温板，矿岩棉板导热系数为0.048W/（m²·K），是外墙保温材料中既有良好的保温性能又可达A级燃烧性能的材料。外墙主要构造为：加气混凝土砌块+水泥砂浆+30mm矿岩棉保温板+聚合物砂浆+空气层+外饰面（石材或彩釉玻璃），外墙

平均传热系数可以达到0.72W/（m²·K）（图6）。

外墙围护结构体系二：实体玻璃幕墙透明部分采用铝合金断桥框料、浅灰色Low-e中空钢化玻璃8mm+12mm+8mm，传热系数2.0W/（m²·K），遮阳系数0.3。实体玻璃幕墙的不透明部分在龙骨间设置1 000mm高、100mm厚的防火隔热材料，外衬浅灰色镀锌钢板，既保证了层间的防火要求，又提高了外墙围护结构的隔热和气密性能（图7）。

（2）生态屋面设计

由于项目用地紧张，建筑覆盖率达62%，而且又处于人流密集的城市中心，因此首层室外空间以硬质铺地为主。而相对于地面的城市化公共空间，副楼和主楼的屋面面积分别约为2 400m²和1 500m²，空间特征上也更适合建筑内部人员进行室外休息和活动，所以屋面成为了室外景观设计重点考虑的内容。设计中引入了生态屋面的思路，并对绿化布局、技术可行性以及工程造价等方面进行了均衡考虑（图8，9）。

生态屋面具有调节微气候、保温节能、美化环境、保护建筑等作用，同时还具备较好的观赏效果。精心设计的休憩座椅、玻璃矮墙、绿化小品点缀其间，宜人的尺度为客户和员工提供了舒适的休憩环境（图10）。为了保障屋顶环境的安全和

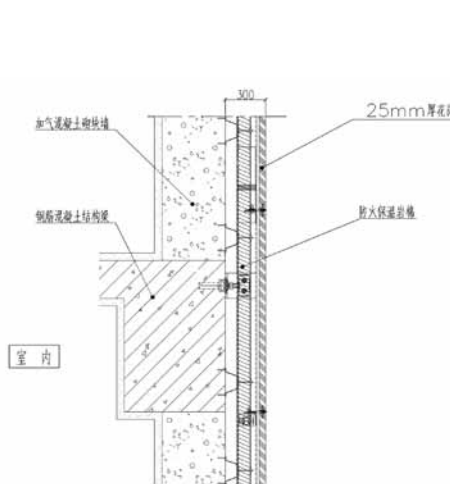


图6 外墙围护结构体系一

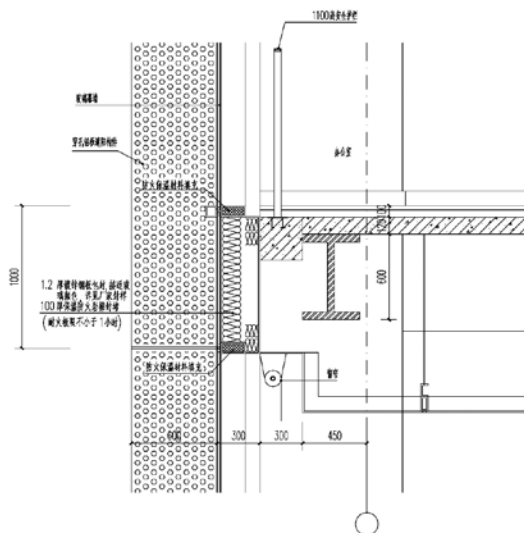


图7 外墙围护结构体系二



图8 副楼生态屋面



图9 主楼生态屋面

舒适，主楼和副楼屋面的女儿墙分别为2 500mm和4 650mm，创建了相对独立的室外环境。种植绿化的屋顶各构造层自上而下可分为7层：种植介质、隔离过滤层、排水层、耐根系穿刺防水层、卷材防水层、找平层、找坡层（图11，12）。

（3）建筑外遮阳系统

根据气象资料，深圳仅有北向的太阳辐射强度比较小，其余方向均很大。本项目的外墙大部分为玻璃幕墙，尽管通过采用节能效果良好的玻璃幕墙体系在一定程度上减少了太阳辐射热进入室内，但为了达到建筑节能的目标，设计中必须考虑采取切实有效的遮阳措施以降低夏季的冷负荷。在多种遮阳形式中，固定外遮阳是效果较好的一种方式，设计中将外遮阳设施作为构成元素之一融入到建筑立面中进行整体考虑，以外围尺寸为600mm×700mm（主楼），600mm×550mm（副楼）的银白色铝合金穿孔板作为遮阳构件，在主楼设置了垂直遮阳带，在副楼设置了水平遮阳带，既达到了遮阳效果，又起到了装饰立面的作用。遮阳装饰带均沿建筑围绕设置，以塑造建筑统一、纯粹的外立面形式（图13）。

主楼的垂直遮阳带除发挥了遮阳作用外，还起到了独特的

通风道作用，与采光窗共同构成了“采光－通风－遮阳”整体性幕墙体系，具体做法为：将外幕墙上的通风窗隐藏在遮阳带之后，通风窗采用保温效果好的实体结构，构造为双面铝单板内填保温防火棉，采光窗则上不设开启扇，既保证了外立面的完整性，又使外幕墙的气密性和隔热性能得到增强（图14）。

（4）中庭透明屋面

透明屋面和天窗是建筑节能的薄弱环节，本项目的共享中庭位于建筑主楼的北侧，大量的太阳辐射会被主楼所遮挡。尽管如此，设计中仍采取有针对性的节能措施。透明屋面采用了Low-e中空钢化夹胶无色透明玻璃10mm+12mm+8mm+PVB+8mm，传热系数 $2.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ，并在玻璃内侧设置了可调节的银白色遮光卷帘，以避免夏季中庭过热引起空调耗能过大（图15）。遮光卷帘可根据光照强度和室内采光要求通过智能化控制来调节开度，既避免过多的热量传入室内，同时为室内提供合适的光照要求（图16）。

2.3 能源利用

2.3.1 冰蓄冷系统

通过分析本项目的空调负荷特性（图17），采用电制冷+冰蓄冷系统作为集中冷源。选用一台基载冷水机组，制冷量1 125kW，全天供应冷水；两台双工况冷水机组，单台制冷量2 742kW，蓄冰量1 698kW，白天供冷，夜间制冰；采用盘管蓄冰装置，总储冷量28 300kW·h。

冰蓄冷系统与常规电制冷系统相比，可使冷水机组装机容量减少29.6%左右，从而消减制冷峰值电负荷。虽然初期投资较常规电制冷稍高，但在合理的峰谷电价条件下可取得较好的投资回报，每年较常规电制冷（电费496.8万元/年）可节约运行电费102.3万元，节约率20.6%。同时也能缓解电力供应紧张，移峰填谷，取得良好的社会效益。本项目设计日可转移高峰电量1 991kW·h，平峰电量3 907kW·h。每年可转移高峰电量700MW·h，平峰电量958MW·h



图10 生态屋面效果图

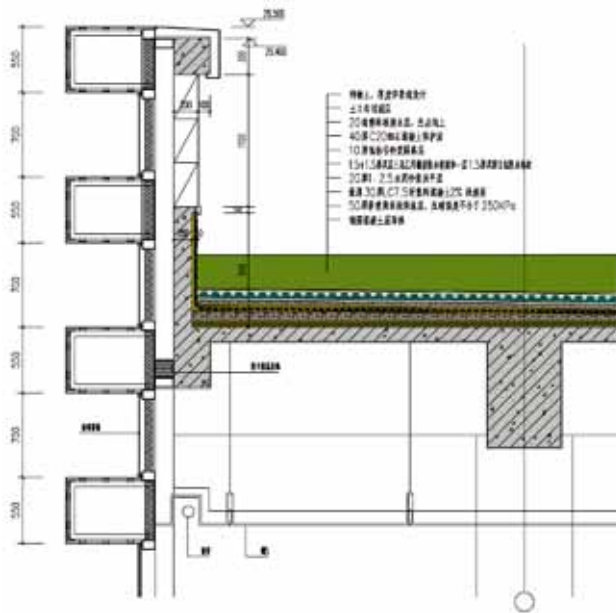


图11 生态屋面构造

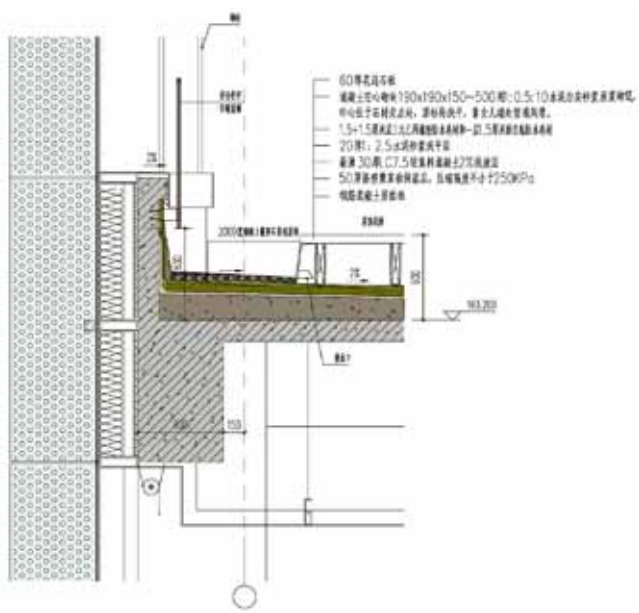


图12 生态屋面构造

(表1)。每年减少消耗标煤21t。同时由于采用了冰蓄冷作为空调冷源，可提供较低的冷水供水温度，使加大空调供回水温差成为可能，为降低水泵的输送能耗及水管道初投资提供了条件。

2.3.2 空调系统节能

本项目在大堂、报告厅、多功能厅等大空间采用全空气双风机低温送风空调系统。低温送风是指送风温度低于10℃的空调系统，一般送风温度为4℃~10℃。通过加大送风温差，减少送风量，节约空调风的输送能耗，降低空调机组、风管等的投资。针对一般公共建筑中办公或商业营业厅，室内参数是温度25℃，相对湿度55%，通常送风温度为15℃，送风温差10℃，可以推算送风温度每降低1℃，送风量减少10%，风机能耗降低27.1%。此外，本项目还在新风系统中设置排风热回收装置，以降低新风能耗。

2.3.3 照明节能

设计中采用了高效、节能照明光源、高效灯具和附件。控

制单位功率密度值，合理进行灯光控制，大空间采用智能照明控制系统。走廊、楼梯间、门厅等公共场所的照明均采用集中控制(表2)。

2.4 水资源利用

2.4.1 中水回用

主楼二层以上卫生间内的脸盆排水均作为中水原水回收，处理后用于部分冲厕、车库地面冲洗及预留室外绿化。中水原水平均日收集水量74.7m³/d，中水设备日处理时间取15h/d，平均时处理水量为4.98m³/h。取设备处理规模为5.0m³/h，工艺流程为：原水→预处理→膜生物反应器(MBR)→消毒→回用。

2.4.2 节水器具

本项目所用卫生器具及给水、排水配件均符合《节水型生活用水器具》CJ164的规定，包括3/6L两档节水型坐便器、自动感应式冲洗阀、感应式水龙头等，冲洗阀和感应龙头的水压控制在0.15MP内，控制一次冲水量，做到人走水停。

表1 招商银行设计日节电费统计表

时间	总冷负荷 (RT)	基载制冷 (RT)	制冷机制冷量 (RT)	主机制冷 (RT)	蓄冰槽 (RT)	蓄冰量	融冰量	节省电费 (元)	常规电费 (元)
0:00	318	318	1010		2422			358.0	74.5
1:00	318	318	1000		3420			354.4	74.5
2:00	318	318	990		4408			350.9	74.5
3:00	318	318	980		5386			347.3	74.5
4:00	318	318	970		6354			343.8	74.5
5:00	318	318	960		7312			340.2	74.5
6:00	318	318	738	0	8050			261.4	74.5
7:00	2247	320		1560	7681	367		-259.6	1590.5
8:00	2349	320		1560	7211	469		-331.9	1662.8
9:00	2428	320		1560	6660	548		-513.8	2276.2
10:00	2463	320		1560	6075	583		-546.6	2309.0
11:00	2492	320		1560	5461	612		-573.8	2336.2
12:00	2536	320		1560	4804	656		-464.2	1795.1
13:00	2569	320		1560	4113	689		-487.7	1818.6
14:00	2602	320		1560	3389	722		-676.5	2438.9
15:00	2636	320		1560	2631	756		-709.0	2471.4
16:00	2648	320		1560	1860	768		-720.2	2482.6
17:00	2631	320		1560	1108	751		-531.4	1862.3
18:00	2581	320		1560	404	701		-496.6	1827.5
19:00	318	318		0	402	0		0.0	297.9
20:00	318	318		0	400	0		0.0	297.9
21:00	318	318		0	398	0		0.0	225.0
22:00	318	318		0	396	0		0.0	225.0
23:00	318	318	1020		1414			361.5	74.5
合计	33995	7653	7668	18720		7622		-3593.7	26513.2
日移高峰电量=		1991 kWh		日移平峰电量=		3907 kWh			

每年节省电费= 102.3 (万元); 年运行电费= 394.3 (万元)
 每年高峰电量= 700 MWh; 每年平峰电量= 958 MWh

注：制冷站全年(270天)供冷时间分布

1. 设计日运行60天；
2. 75% 负荷运行120天；
3. 50% 负荷运行60天；
4. 25% 负荷运行30天；

2.4.3 室外绿化微喷灌溉

利用中水压力通过喷洒器喷射到空中散成细小的水滴，均匀布水。喷灌方式将比地面漫灌省水约30%~50%。

2.5 材料资源利用

本项目主体结构采用高标号预拌商品泵送混凝土及高性能、高强度钢，混凝土最高强度等级C60，受力钢筋采用Ⅲ级钢筋，钢结构部分采用Q345B钢材。非承重墙选用以工业废料为原料的加气混凝土砌块作为主要的外墙材料，室内轻质隔墙选用可再利用的轻钢龙骨石膏板及其它灵活隔断材料。从建筑全寿命周期观点考虑，在建筑五金、管道阀门等关键部件使用优质建材，可以达到降低建筑维护成本的目的。

在建筑材料的选择上尽量本地化，并在幕墙、机电设备等方面优先选择广东省内的材料供应商，力争使施工现场500km以内生产的建筑材料的重量占建筑材料总重量的约60%以上。

2.6 室内环境质量

2.6.1 建筑隔声

项目的主要设备机房均设在地下室，地上的空调机房在各楼层相同位置布局，减少对其他使用房建的影响，且设备机房的墙体、楼板、门均严格采取隔声、吸音、减震措施。公共区域的吊顶材料采用吸音材料，对于吊顶用的固定石膏板的小龙骨采用带有小切槽的弹性构造，以有效减少楼层间的固体声传播。玻璃幕墙的隔声性能符合国家标准《建筑幕墙》GB/T21086-2007的规定，在满足室内自然通风的前提下，由于没

表2 照明设计

房间类型	设计照度值(Lx)	照明功率密度
办公室、网络机房	500	<18W/m ²
营业厅	300	<13W/m ²
冷冻机、变配电房	150	<8W/m ²
车库	75	<5W/m ²

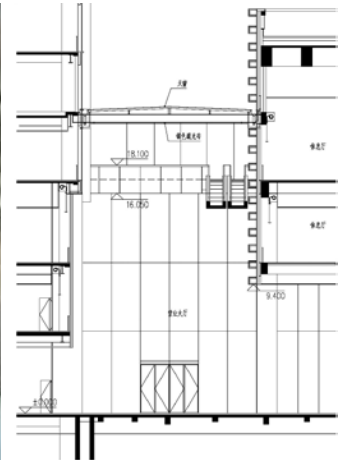


图15 中庭透明屋面

表5.3 屋顶透明部分(天窗)热工参数表

编号	天窗材料	传热系数 k /W/(m ² ·K)	遮阳系数	面积 /m ²	占屋顶透明部分 总面积的比例/%
1	断桥铝合金窗+Low-e 中空玻璃	2.000	0.250	367.0	100.0
总计		—	—	367.0	—
屋顶透明部分平均传热系数 k _m /W/(m ² ·K)		2.000			
屋顶透明部分平均遮阳系数 SC		0.250			
屋顶面积/m ²		5 914.171			
天窗面积占屋顶面积比例/%		6.2			
标准要求		K _m ≤3.5, S _c ≤0.31 屋顶透明部分面积占屋顶面积比例≤20%			
结论		屋顶透明部分面积占屋顶面积比例 满足 要求 屋顶透明部分平均传热系数 满足 要求 屋顶透明部分平均遮阳系数 满足 要求			

图16 透明屋面热工参数表

有大面积的开启外窗，不会影响室内的声环境。

2.6.2 自然通风和采光

项目主楼和副楼的办公区域充分考虑自然采光的应用，主要功能房间均满足《建筑采光设计标准》中对采光系数标准值和办公人员的工作要求。并采用独特的“采光-通风-遮阳”整体性幕墙体系的设计，将通风窗独立设置，并使得主楼办公楼层可开启部分的面积不小于透明玻璃面积的10%，过渡季节利用自然通风时开启通风窗，空调季节时则关闭，尽可能充分利用自然能源（图18，19）。

2.7 智能化管理系统

2.7.1 建筑设备监控系统

通过建筑自动化系统实现建筑物机电设备的安全、高效、可靠、节能运行。主要包括：监测各电梯扶梯的状态并进行必要的集中控制；给排水监控系统负责对系统的工作状况进行监

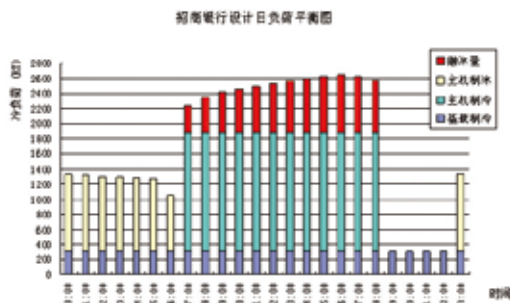


图17 招商银行设计日负荷平衡图



图18 主楼低区办公层平面图

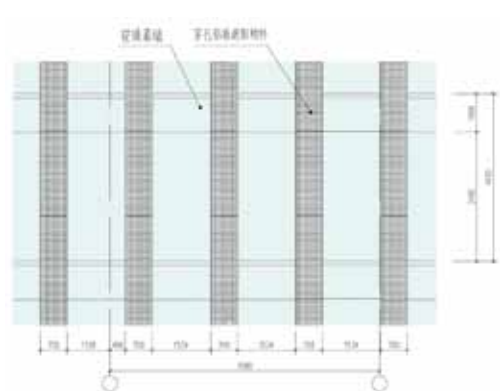


图19 主楼采光—通风—遮阳整体性幕墙体系

表3 划分绿色建筑等级的项数要求（公共建筑）

等级	一般项数（共43项）						优选项数（共14项）
	节地与室外环境（共8项）	节能与能源利用（共10项）	节水与水资源利用（共6项）	节材与材料资源利用（共8项）	室内环境质量（共6项）	运营管理（共7项）	
★	3	4	3	5	3	4	—
★★	4	6	4	6	4	5	6
★★★	5	8	5	7	5	6	10
本项目完成数	5	8	4	6	5	6	6

测，对水泵等设备进行控制；调节空调设备，通过预先控制特殊场所的方式使该区域温度达到需求，当使用变频空调时，可以根据人员的多少来调整空调量；对冰蓄冷系统提供一个最优化的控制，实现经济运行降低能耗；建筑物围护结构监控系统可以通过对窗的开闭、各种遮阳装置的调整、建筑物的自然通风等实现自动控制，以同时满足采光、通风以及热环境要求。

2.7.2 照明自动控制系统

可以根据工作季节、阳光强度、照度要求、人员情况等，对照明系统进行自动控制。既可以根据用户需要修改各照明回路的时间调度计划，定时开关各种照明设备，达到最佳节能效果；又可以根据使用需求来调整场所的照度，避免过度照明，节约电能。

2.7.3 能源管理控制系统

通过中央控制器实现对各能源系统的控制，可以随时了解能源使用情况，强化管理，将整个楼的能源管理划分为若干个

具体部门，落实到人。

3 绿色设计目标

按照《绿色建筑评价标准》的指标体系（表3），本项目按照二星级标准进行设计。

4 结语

在本项目的设计实践中，立足于绿色设计的理念，积极探索超高层建筑如何在高密度城市中结合自然环境的要素，满足人们对于建筑的视觉、心理、形象等多方面的诉求。绿色建筑的设计手法不仅加强了楼宇的室内热工性能，改善了户外环境的舒适度，而且赋予建筑新的文化特征，使之既是高新技术的结合体，又是人与自然和谐的统一体。在后续的实施过程中，本项目的绿色建筑实践还需要设计顾问、施工单位及项目管理公司的通力合作，设计中所采取的绿色设计措施也需要经过专业机构的技术认证。希望通过设计师的努力，项目可以成为一个成功的超高层绿色建筑案例。



作者简介

杨益华，中国建筑设计研究院建筑十室主任建筑师，国家一级注册建筑师。主要作品：招商银行深圳分行大厦、中国电信通信指挥楼、中关村国际商城永旺购物中心。