



倪欣



兰宽

**倪欣**

中联西北工程设计研究院总建筑师，国家一级注册建筑师，教授级高级工程师，西安建筑科技大学和西安交通大学客座教授。作品多次获得省部级优秀工程设计一等奖。

**兰宽**

中联西北工程设计研究院第二分院副院长，华盛建筑事务所副所长，高级工程师。

**邢超**

中联西北工程设计研究院工程师，西安建筑科技大学建筑学院硕士研究生。

**王福松**

中联西北工程设计研究院工程师，吉林建筑工程学院建筑系建筑学专业毕业。

## 绿色节能技术在西北地区的综合运用 ——陕西省科技资源中心节能策略解析

### Comprehensive Application of Green Energy-saving Technology: Design of Shan'xi Technology Resources Centre

撰文 倪欣 兰宽 邢超 王福松 中联西北工程设计研究院

**摘要** 通过总结陕西省科技资源中心项目的绿色实践，着重分析了绿色建筑设计策略、方法以及各项节能技术在项目中的应用情况，为发展适合西北地区的绿色节能建筑提供了有益的启示。

**关键词** 陕西省科技资源中心 绿色建筑 可持续发展

在“绿色、低碳、环保”理念得到广泛认同的今天，通过先进适用技术的集成应用，以降低资源和能源消耗，最终实现与自然和谐共生为目标的绿色建筑已经大量涌现。然而对于具有示范意义的生态建筑而言，如何正确运用绿色建筑设计理念与合理选择和运用绿色节能技术，避免建筑沦为多种硬技术的堆砌展示，造成建设成本的浪费，也就成为整个项目成功与否的关键。

2009年，我们受托承担了陕西省科技资源中心的设计任务，项目作为西北地区首个科技示范建筑，业主要求在满足基本功能需求的基础上，达到绿色、节能、超低排放、降低运行维护成本的效果。为此我们提出了“节省资源、节约能源、保护环境、以人为本”的生态建筑理念，对绿色建筑设计策略和方法进行了初步探索。



图1 南侧建筑全景



图2 入口空间

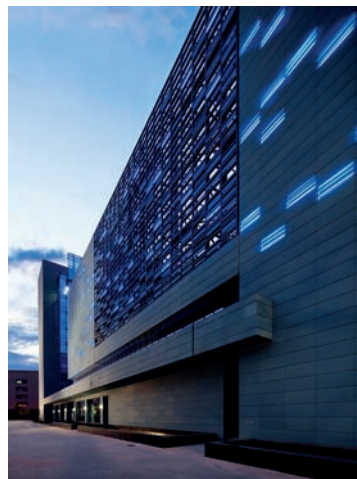


图3 西侧透视

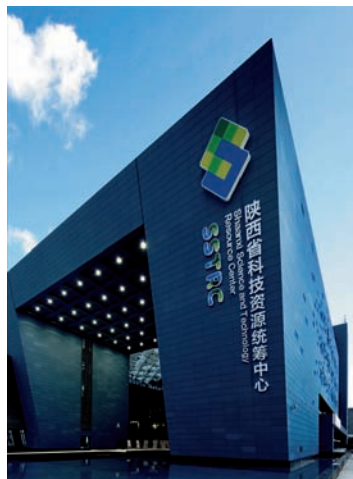


图4 锐利、厚重具有雕塑感的建筑造型

## 1 项目概况

陕西省科技资源中心总用地面积为 50 亩，紧邻西安高新开发区中心区域。项目共分两期，目前为一期建设。其中一期建筑面积 45 000m<sup>2</sup>，主要由两栋 5 层对外服务楼、一栋 9 层科技研发楼、具有成果展示功能的中庭以及地下车库组成（图 1~3）。

项目的造型灵感来源于“美丽的宝石”，期望建筑拥有宝石的锐利、厚重与雕塑感，并表达“资源中心所孕育的科技成果比宝石更珍贵”的寓意（图 4）。

## 2 前期分析

合理的绿色建筑设计应该是因地制宜的，即针对不同的气候、地形特征以及功能需求，提出适宜的策略方案。前期通过对气候、水文、地形等基础条件的分析，明确设计的重点和难点。

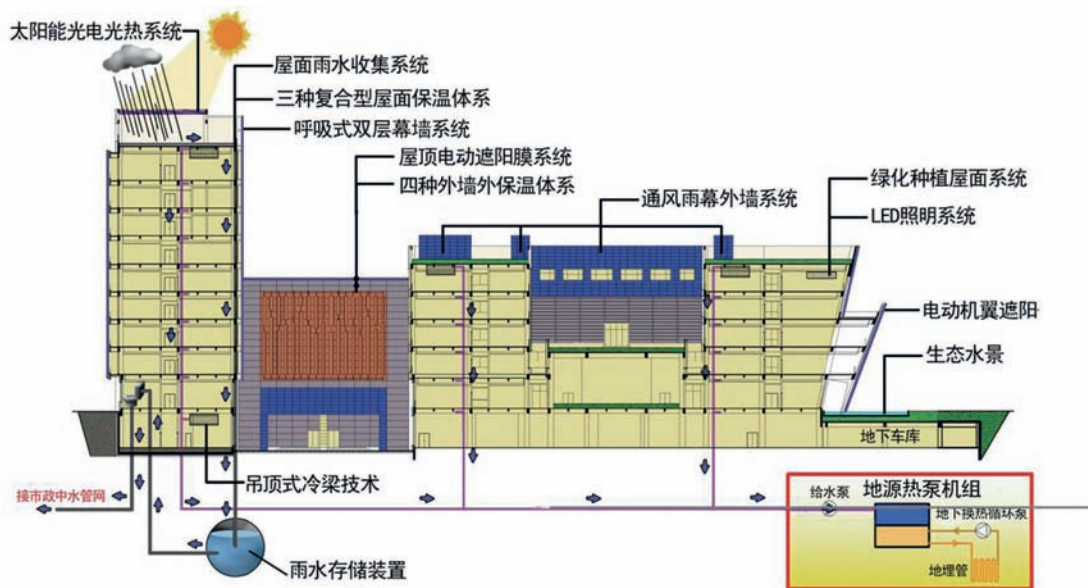


图5 陕西省科技资源中心节能技术

## 2.1 气候和场地

西安属于暖温带半湿润的季风气候区，雨量适中，四季分明，年最高气温 $40^{\circ}\text{C}$ 左右，年最低温度 $-8^{\circ}\text{C}$ 左右。在建筑热工设计分区中，西安属于寒冷地区，其建筑设计必须满足冬季保温和夏季防热的要求。经过该地区的能耗比对，其室内采暖空调能耗最高，约占全年总能耗的70%。场地内地势平坦、交通便利，对设计制约较少。

## 2.2 设计目标

依据西安的地域特征和经济发展水平，对其提出了下述设计目标：1) 期望该项目对于西北地区的生态建筑发展起到引领和科技示范作用；2) 建设成为具有真正意义的超低能耗节能建筑，与自然和谐共生；3) 目标成为陕西省首个获得国家三星绿色建筑标识和美国 LEED 金级标准的双认证建筑。

## 3 设计策略

结合该地区的气候特征和建筑能耗特点，我们提出了项目的设计策略，以建筑的体型、构造、遮阳措施改善其物理环境，利用大地资源作为冬季采暖、夏季制冷的主要能耗来源，力求最大限度地降低建筑的主要能耗，并辅助其他节能技术，如节材、节电、节水、太阳能利用等，来减少建筑对环境的负荷，实现超低能耗目标(图5)。

### 3.1 建筑布局与体型设计

项目整体采用南北方向布置，在力求采光通风最大化的同时，尽量简化形体，控制体形系数(建筑体形系数0.19)，努力降低围护结构的表面积，为建筑节能提供有利条件(图6)。同时通过计算机模拟技术，对建筑的采光和视野进行了二次优化设计，使项目的自然采光满足率达到76.87%，视野满足率达到96%(图7, 8)。

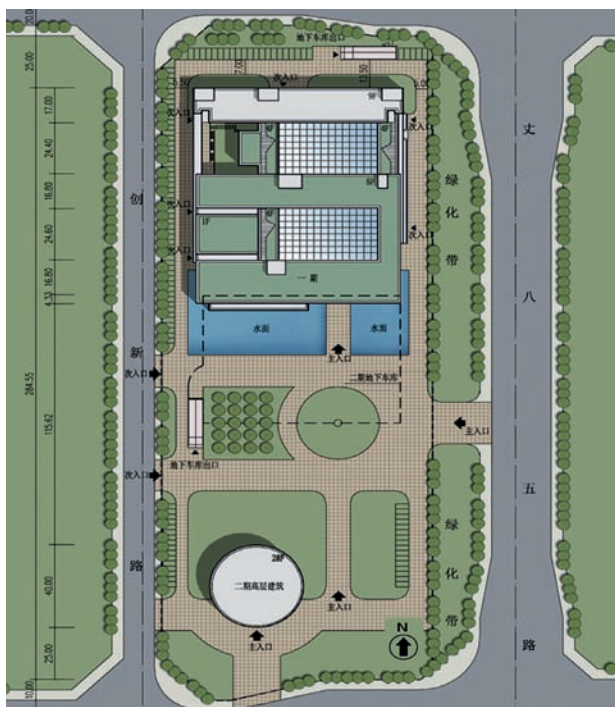


图6 总平面

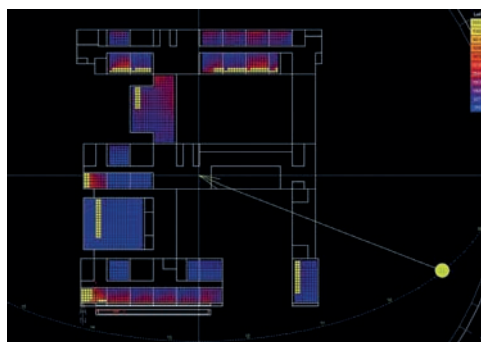


图7 逐层的照度分析及优化

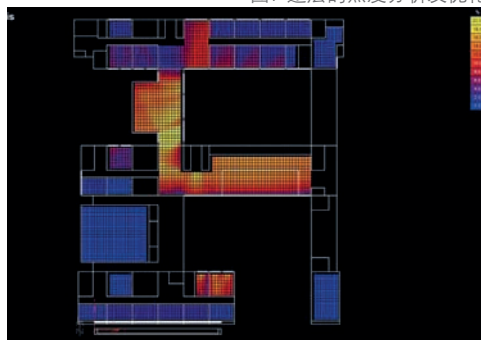


图8 逐层的视野分析及优化

### 3.2 低能耗围护结构

建筑节能设计中最基本的策略是在保证舒适度的前提下，尽量提高建筑围护结构的保温隔热性能，以减少建筑对于空调等设备的依赖。

#### 3.2.1 墙体保温体系

我们根据建筑朝向的不同，将保温层设计为不同厚度，东西向玻璃丝棉保温板 120mm 厚，南北向为 100mm 厚。此种方式的外保温系统的传热系数分别为  $0.33\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$  和  $0.35\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ ，均满足国家节能规范  $<0.6\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$  的要求（图 9）。



图9 墙体外保温系统

#### 3.2.2 屋面保温体系

通常情况下，屋面所承受的太阳能辐射强度要高于墙体，并且对于昼夜温差和季节性温差的影响都会远大于墙体。因此采用了传热系数分别为  $0.27\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$  的 XPS 倒置式屋面保温体系和  $0.21\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$  种植屋面保温体系。

#### 3.2.3 节能门窗

建筑在有外遮阳体系部分采用了传热系数  $\leq 2.0\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$  的断热铝合金 Low-E 中空玻璃窗，辐射较高的东西向外窗采用了传热系数  $\leq 1.4\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$  的双层窗系统。

#### 3.2.4 呼吸式幕墙系统

玻璃幕墙选用了传热系数超低的被动外循环式呼吸幕墙体系，外层为单层玻璃结构，内层由中空玻璃与断热型材组成。两层幕墙形成的通风换气层两端装有进风和排风装置，通道内也可设置百页等遮阳装置（图 10，11）。该幕墙的综合传热系数仅为  $1.0\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ ，远低于国标的设计要求，它比传统的幕墙采暖时节约能源 42%~52%，制冷时节约能源 38%~60%，隔音性能可以达到 55dB。并且其外层玻璃选用无色透明玻璃或低反射玻璃，还可以最大限度地减少光污染。

### 3.3 有效、多样的遮阳系统

建筑遮阳系统是降低太阳辐射、减少建筑室内温室效应的有效手段，项目综合运用了多种形式的遮阳系统。

南立面日照受高度角影响较大，采用水平金属机翼遮阳效果较好（图 12）。该系统可根据太阳高度自动调节百叶的角度，阻挡多余光线的照射，降低建筑室内的辐射热，夏季节约空调能耗约 20% 以上，冬季节约采暖能耗约 15%。东西立面的日照强度较大，多以实墙面来减少太阳辐射强度，开窗位置则设置固定遮阳系统。



图10 呼吸式幕墙

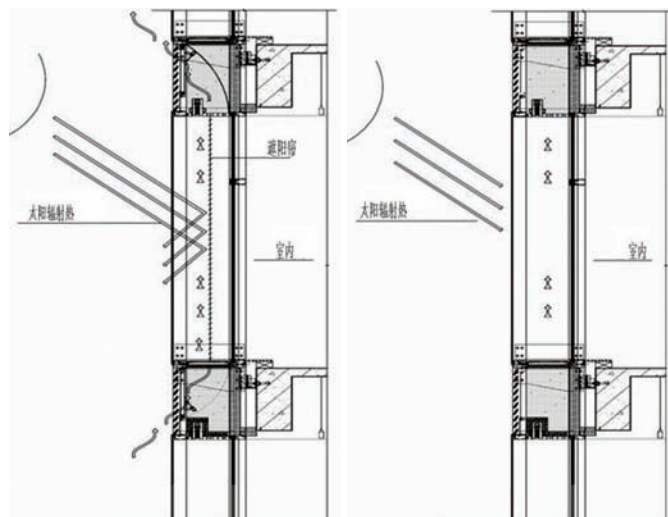


图11 夏、冬季被动式呼吸幕墙原理



图12 智能调节金属机翼遮阳系统



图13 南面中庭空间空气对流设计

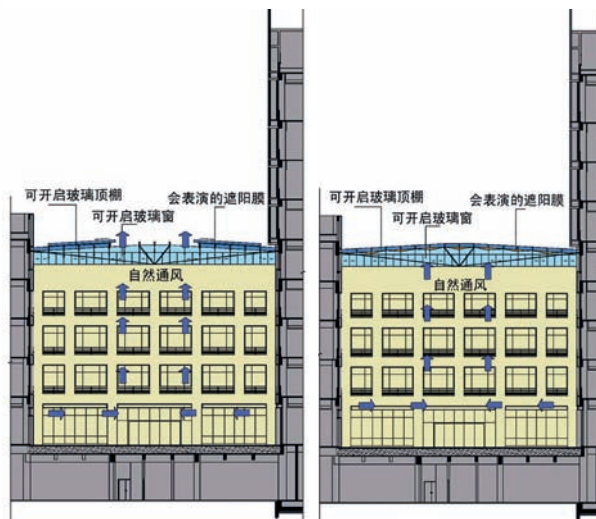


图14 北面中庭空间空气对流设计

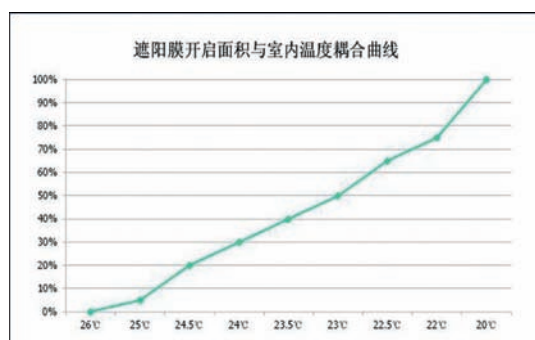


图15 遮阳膜开启面积与室内温度耦合曲线

建筑的中庭部分，为防止因温室效应而造成温度过高，除实现空气对流、通风外，还在顶部设置了电动遮阳膜系统（图 13，14）。该系统可以根据太阳辐射的强弱以及温度的改变自动进行图案变化，不仅形成了光与影的相互交替，营造出灵动、浪漫的空间氛围，更有效地减少太阳辐射热，综合提高节能效率 40% 以上。遮阳膜的图案变化并不是简单随意的，而是通过大量的计算机模拟，得出遮阳膜开启面积与室内温度的耦合关系（图 15）。

“会表演的电动遮阳膜”系统为国内领先的创新设计，该系统的开启方式与控制已经获得两项国家专利认证（图 16，17）。

### 3.4 高效、节能、健康的空调系统

地源热泵技术的应用已相对成熟，且节能效果显著。在此项目中，我们使用了地源热泵空调系统，并根据地域和气候特点进行了适当的创新和发展。

由于西安地区夏季累计负荷大于冬季负荷的现实情况，为保证地下换热器的热平衡，选用了土壤源热泵复合式系统。在冬季，根据计算负荷，选用 2 台土壤源热泵机组承担全部负荷，空调末端的供回水温度分别为 38°C、45°C；在夏季，采用 2 台土壤源热泵机组和 1 台常规冷水机组共同承担负荷，空调末端的供回水温度分别为 15°C、19°C。

与此同时，我们又根据该地区地下土壤温度常年保持 14°C 的地域特征，以及土壤源热泵系统从地下完成

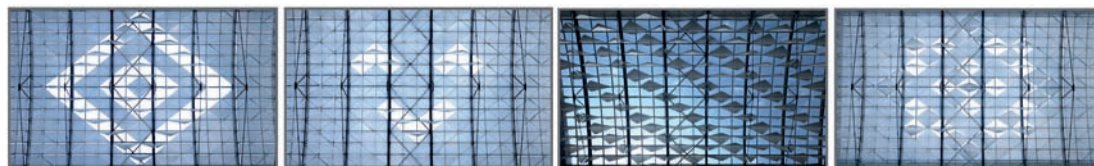


图16 电动遮阳膜的图案变化

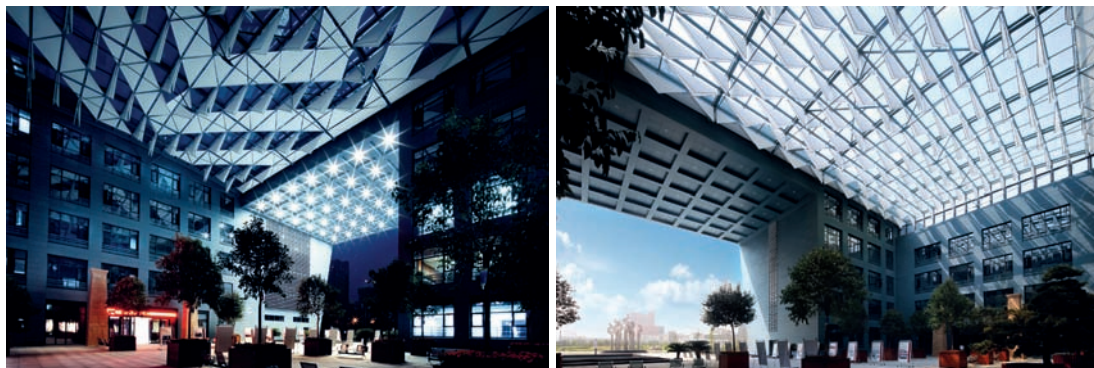


图17 中庭电动遮阳膜效果



图18 吊顶式冷梁

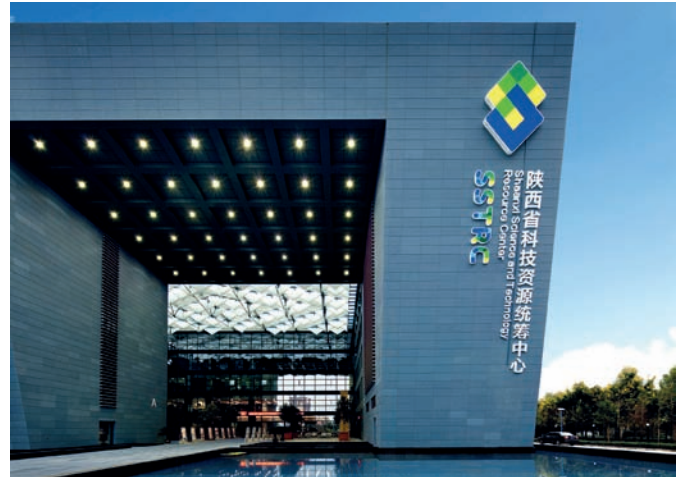


图19 陶土幕墙效果

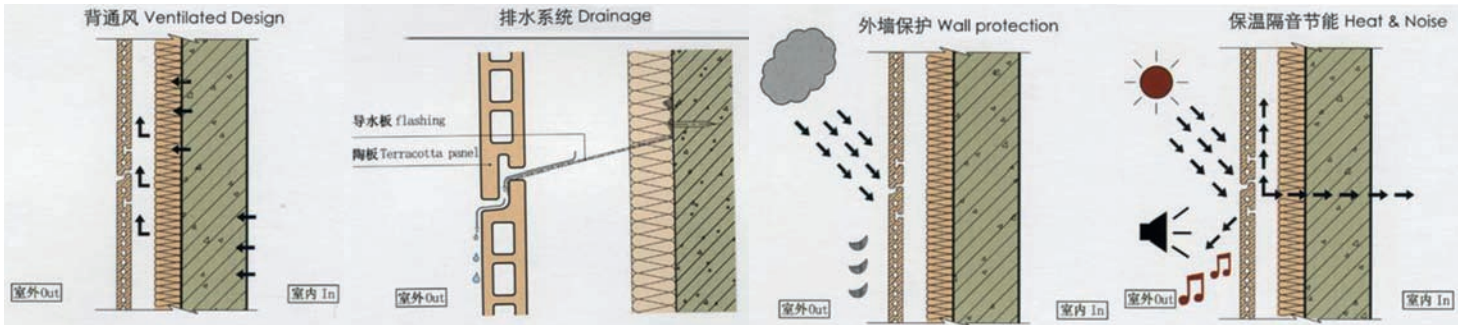


图20 陶土幕墙特点

能量交换后冷媒温度略大于  $14^{\circ}\text{C}$  的工况条件，选用了“高温水制冷”的吊顶式诱导冷梁技术（图 18）。该系统的采用可以让土壤源端的转换水直接进入诱导冷梁工作，有效地解决了通常在过渡季节里压缩机仍需工作耗能的做法，从而使能耗大幅降低。此外，吊顶式诱导冷梁技术还具有以下诸多优点：1) 在干工况下运行，无冷凝水产生，不会形成细菌的滋生和冷凝水的二次污染，大大提高了室内空气的品质；2) 辐射方式供冷供热，室内温度均匀分布，热舒适性好；3) 具有较小的热惯性，在系统关闭或停电等状态下的较长时间内，夏季温度不会升高，冬季温度不会降低。

“土壤源热泵 + 高温水制冷系统”在国内为首次应用，其优异的节能效果成为科技资源中心的又一设计亮点，节能效率达到 50% 以上。

### 3.5 通风雨幕外墙系统

建筑外墙饰面采用了一种新型的节能环保材料——通风雨幕外墙系统，主要原材料为天然陶土，一次污染小，全生命周期长，可以回收利用，且所采用的  $500\text{mm} \times 1200\text{mm} \times 30\text{mm}$  的大规格陶板在国内尚属首次运用（图 19）。同时陶土板具有空腔结构，安装时其背面也有一定的空气层，不仅可以有效降低传热系数，起到良好的保温隔音效果，而且还可以避免产生冷凝水，使建筑外墙保持干燥，对建筑结构墙体起到保护作用（图 20）。此外，该系统还具有抗冻能力强、耐高温、抗冲击能力强、易于施工等优点。

### 3.6 绿色建材与施工

项目主要使用了轻集料的小型混凝土空心砌块、再生混凝土、掺合料混凝土等“绿色建筑材料”来代替部分自然资源。内部装饰装修材料则采用了质量优、安装简便的环保型材料。

现场施工中，我们采取了多种合理利用建筑废料的方法，如方木接长再利用、废旧多层板再利用、钢筋下脚料的再利用等（图 21）。由于上述节能、节材措施的大力推广，也使该项目的施工获得了陕西省首个“国家绿色施工示范工程”称号。



图21 建筑废料再利用

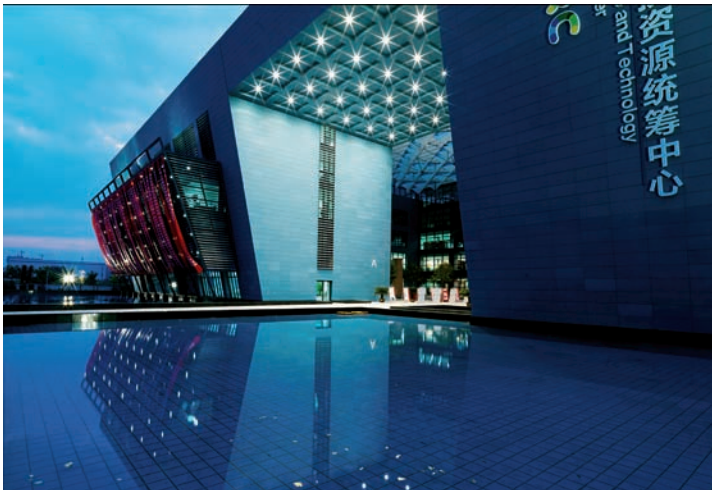


图22 景观水池



图23 屋面花园

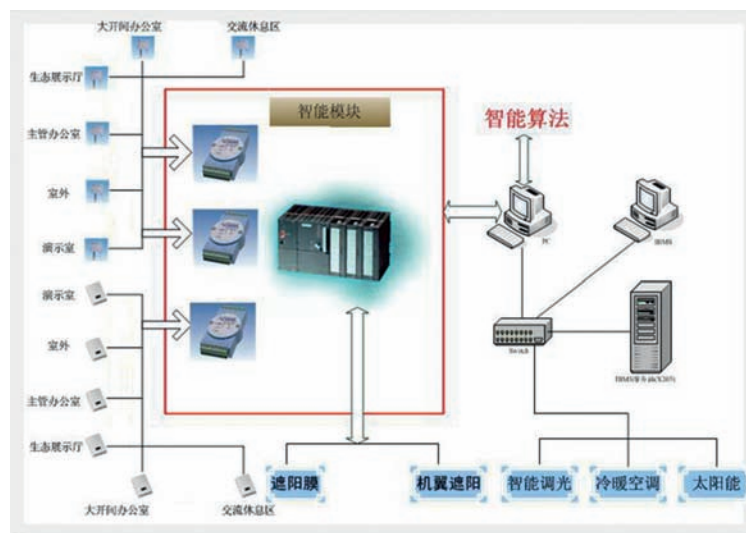


图24 系统结构图

### 3.7 太阳能技术

在能源供应日趋严峻的形势下，利用太阳能等可再生能源将是必然的趋势。我们在建筑屋面分别安装了 400m<sup>2</sup> 的多晶硅太阳能光电板和 300m<sup>2</sup> 的太阳能联箱式集热器，实现了整个建筑的热水供应以及部分公共照明的自给自足。

### 3.8 其他技术

设计将景观绿化广场、建筑内庭及生态绿化空间、屋顶花园、下沉式花园等生态绿化相结合，提高了建筑整体环境品质，更为建筑室内外空间环境建立了良好的

生态关系（图 22，23）。

在雨污水回用系统中，主要考虑以雨水作为景观补水的重要来源，实现雨水、中水、景观水的优化设计，使其非传统水源率达到 40% 以上。

此外，项目还采用了建筑智能管理系统，主要包含建筑设备智能控制系统、智能照明系统、一卡通系统等，以最大限度地整合、提高各节能技术的工作效率，进而有效地节省建筑运行费用与降低资源消耗（图 24）。

## 4 结语

陕西省科技资源中心作为一次对绿色建筑的尝试，已于 2012 年建成投入使用。其设计节能率为 71%，使用一年后的实测节能率达到了 68.4%，并且随着今后运营管理水平的不断提高，其节能效率将会更加优异。目前该项目已经获得了国家三星级绿色建筑标识认证和美国 LEED 金级认证，同时正在申报国家三星级绿色建筑运行标识认证。通过这次绿色实践，我们对于发展适合西北地区的绿色节能建筑还得到了以下启示：

（1）由于国内的绿色建筑设计还处于发展阶段，综合性的绿色建筑实践经验非常匮乏，生态建筑设计理念也有待进一步完善。所以，如何确立适合本地区发展的绿色建筑设计理念尤为重要。

（2）需要研究当地的地域特性、气候特征、建筑的功能特点以及物理因素，因地制宜地选用节能技术，避免建筑沦为多种硬技术的堆砌展示，造成建设成本的浪费。

（3）需要通过实际工程验证所形成技术体系的应用效果，大胆尝试前沿的绿色技术与新型建材，为绿色节能技术的推广起到示范作用。

（4）绿色建筑节能效果与绿色施工有着密切的关系，目前国内对绿色施工还没有详细的规范指导，因此更多的是需要施工单位总结经验、自主创新，以寻找施工过程中的绿色创新点。AT