

# 四川地震灾后重建绿色学校设计

## DESIGN OF THE GREEN SCHOOL AFTER THE EARTHQUAKE IN SICHUAN

\*冯雅，高庆龙

(中国建筑西南设计研究院 成都 610081)

**摘要：** 本文针对绿色学校建设在如何在设计环节上进行实施的问题，参照国内外绿色建筑评估标准中绿色建筑的评价指标，对绿色学校设计技术方法进行了综合集成，并针对建筑师提出了绿色学校设计的综合设计策略。

**关键词：** 灾后重建 绿色学校 设计方法集成

**Abstract:** Aiming at how to realize the green school's thoughts at the design, the integration design strategy on green school design is given, with the reference of China Green Building Assessment Standard and overseas, just like LEED, CASBEE, and GOBAS etc.

**Key words:** Post-earthquake reconstruction; Green school; integration design strategy.

### 1 概述

汶川5·12地震后，我院承担了百余所学校的设计。学校建筑是教育场所，同时具有使用与环境教育的功能，学校建筑的规划和设计，不仅仅影响建筑的使用功能，还影响着下一代的成长和健康、学习效率以及环境价值观念的形成。因此，在学校规划设计中应该融合绿色建筑相关环境教育和环保教育理念，并采取系列绿色学校技术措施使其成为摸得着看得见的实物，在学生的成长过程中，通过建筑本身，以及学生对学校各事物的观摩和好奇，在潜移默化中进行着绿色环保的教育，因此，绿色学校的建设意义深远。

建设一所学校，不仅是造坚固的楼、修平整的操场，建漂亮的校园；而是要在设计修建过程中充分考虑低碳技术的应用、废弃物处理、校园生态环境、资源循环利用等要素，为以后的学校运行和环境教育工作奠定良好的基础。在学校建设中融合绿色建筑相关低碳和环保教育理念，并采取系列技术措施使其成为摸得着看得见的实物，在学生的成长过程中，通过建筑本身，以及学生对学校各事物的好奇和观摩，在潜移默化中进行着低碳与绿色环保的教育，关系到可持续发展理念的落实和教育品质的提升。基于此，我们针对绿色学校的设计，提出了绿色学校设计技术和策略，并在绿色学校的建设过程中进行了应用，希望以绿色学校的设计理念和适宜的技术措施达到改善学校环境、安全、低碳为目的。

最终选择了10余所绿色学校的设计。而本项目的影响远不止于此，此项目所形成的绿色设计方法和理念已经逐渐被设计师所接收，其影响也逐渐超越绿色学校的设计本身，影响到在灾后重建进行的其他项目建设。在设计过程中得到了国家建设部绿色建筑评价标识管理办公室、清华大学、美国能源基金会、美国卡内基梅隆大学以及美国绿色建筑委员会的大力支持和帮助。

### 2 绿色学校技术体系

绿色学校技术体系主要包括安全、健康的室内外环境、节能与能源利用、节水和节材五个部

---

基金项目：国家建设部绿色建筑办公室、美国能源基金会资助

作者简介：\*冯雅（1958.3），男，四川雅安市，教授级高级工程师，fc10@xnjz.com，13980051587，传真 0086-028-83233733

分。从建筑安全，低碳的理念出发，具体在建筑规划、景观设计、建筑设计、结构设计、水电通风等各个专业在自然能源利用、被动式设计、环境改善（通风、采光和照明）等方面，以建筑师和工程师的设计视角对设计方法和设计策略进行诠释。

其中对校园的安全与防灾、室外环境部分，包括：选址、建设、景观绿化、施工要求；节能与能源利用部分包括：日照与遮阳、热工和通风设计、建筑采光和照明；节水部分包括：节水器具的选用，景观用水的策略和污水处理及雨水中水利用；节材包括：材料选用和减少材料使用；室内环境质量针对室内热舒适与室内空气质量、室内光环境质量、室内声环境质量提出了设计策略，其中对噪声控制、隔声设计和提高清晰度几个方面给出了技术措施。

### 3 绿色学校的设计方法和策略的具体实施

“绿色学校的设计比较‘虚’”，这句话是经常听到有人对我们的“鞭策和鼓励”。由此对于如何设计绿色学校，一直是我们关注的核心问题。如何实现这些设计策略到绿色学校设计成果的转化？认为最重要的是“整体设计方法”和先进的技术分析手段。

#### 3.1 整体设计方法

设计绿色学校应该是一个由建筑师、结构工程师、设备工程师、建筑物理与生态专家等组成的一个团队。专业之间在设计中的各个策略有时是相得益彰，有时互相矛盾。如何在各种矛盾中找到“平衡”是最重要的，必须要在每个专业所提出设计策略要和其他专业之间寻找结合点。如果某一个建筑师或者工程师的“固执”可能会造成项目的全盘皆输。只有各专业的通力合作，并且团队中每个成员都全程参与才能真正实现绿色学校的设计。

绿色学校的设计从选址、规划和方案开始，图 1 所示，首先是安全和建筑功能的要求，然后注重空间布局和朝向对建筑热、声、光、风场等的影响的分析优化，如果先天不足，是难以实现绿色建筑的要求。图 2 为李冰中学规划对校园室外风环境的 CFD 模拟结果。从模拟结果可以看出，室外的风环境，进而对校园规划进行调整，然后与 CFD 模拟进行交互反复，获得一个建筑规划和室外风环境的

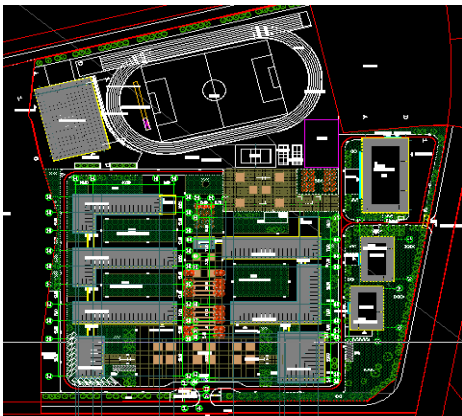


图 1 李冰中学总平面图

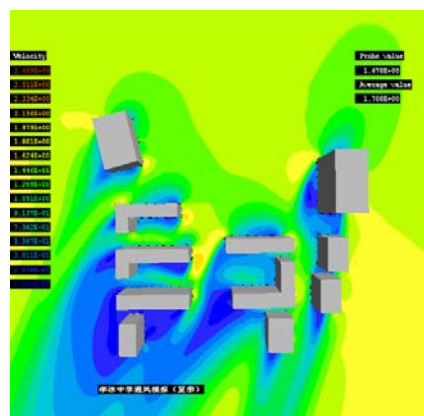


图 2 李冰中学室外风环境模拟分析图

#### 2.2 结构安全与低碳

在绿色学校设计的过程中，在保证安全的墙体下，综合考虑结构专业影响主要包括两个方面：提高建筑的使用寿命和减少建筑结构材料的应用。绿色学校是针对学校建筑的全寿命周期来考量的，提高建筑的使用寿命是最大的“绿色”。学校建筑采用现浇钢筋混凝土框架结构、框架-支撑结构或框架-剪力墙结构，屋盖及楼盖结构均采用现浇钢筋混凝土楼板，形成整体性能好、抗震能力强、施工简便且较为经济的现浇钢筋混凝土结构体系。当需要时，根据建筑布置，在适当位置设置

抗震缝，分成多个独立结构单元，在每个独立结构单元内，使结构平面形状简单、规则、刚度和承载力分布均匀，从而具有优良抗震性能。

在设计过程中，适当提高钢筋混凝土的标号和增加保护层厚度从而提高建筑的实际使用寿命。在建筑结构的体系的选择上，通过力学和经济性分析，对于仅有四层的教学楼采用框架-剪力墙体系取代常用的框架结构体系。剪力墙成为主要的抗侧力构件，减小了框架柱的断面和整个建筑的用钢量，体现了绿色学校节材的设计理念。

### 3.3 充分利用计算机辅助分析设计

绿色建筑的发展已经到了定量分析的阶段，在绿色建筑设计过程中应该采用计算分析手段进行模拟分析来推敲某种设计策略对建筑的影响程度，进而对节能策略进行选用。其中方案推敲的计算工具有 Ecotect，热工环境和能耗数值计算工具 DOE-2，Energyplus、Dest 等，风环境分析计算工具有 Phonics 和 fluent 等 CFD 软件，采光照度和眩光分析有 Daysim、Radiance 等软件。所有软件的分析都需要专业人员来完成，这也是为什么需要一个团队的一个主要原因。图 3 为某外窗的布局方案对教室内采光系数的计算模拟结果。经过模拟分析采光质量，包括亮度和采光的均匀度，并与建筑设计进行交互优化调整。仅仅采光模拟可以优化采光均匀度又可以与照明专业分析灯具的开启时间和使用习惯，以及照明的智能控制策略，进而实现整体节能。我们在定量的计算模拟分析有时甚至纠正感性认识的错误。比如我们在采用能耗分析软件研究发现的西向的水平遮阳措施对改善西向房间的热工性能也有很大的帮助，纠正了通过感性认识一般认为的西向水平遮阳措施对房间遮阳帮助不大的认识，进而可调整相应的设计策略。

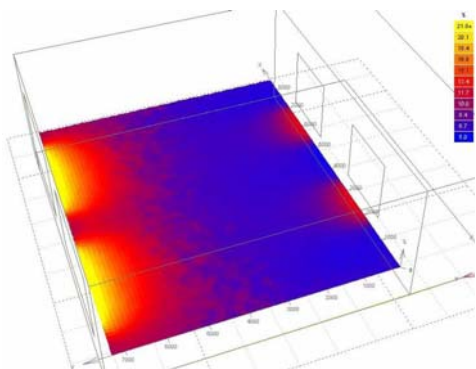


图 3 教室室内采光效果模拟图

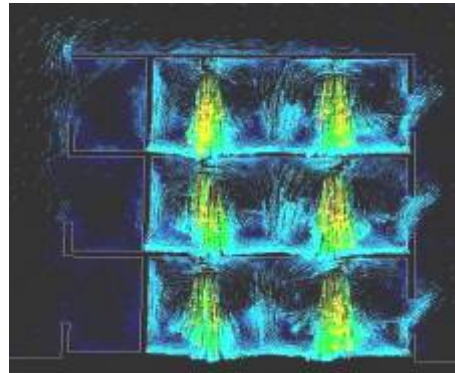


图 4 教室吊扇室内风场和换气效果模拟图

### 3.4 注重细部设计

通过计算机模拟设计对建筑的细部进行模拟分析。比如针对风扇安装高度，风扇类型、型号的选择来比较去室内空气质量的影响。图 4 为教室内采用两个某型号吊扇时室内风场和换气效果模拟图。对教室后墙采用不同的墙体材料对教室内的语言清晰度的影响进行了模拟分析，给出了在不同背景噪声条件下，采用不同的墙体材料，教室最后一排的语言清晰度见表 1。从而给出了，在教室后墙不采用声学处理的条件下，背景噪声必须控制在 50dB 以下。如果背景噪声超过此值，应该对教室内进行声学处理。

表 1 9m×7.2m×3.6m 教室内最后一排的语言传输清晰指数

墙体材料	背景噪声				
	40dB	45 dB	50 dB	55 dB	60 dB
混凝土砌块	0.53	0.49	0.41	0.32	0.21
2cm 吸声板	0.58	0.52	0.42	0.31	0.20
4cm 穿孔金属板(空腔)	0.59	0.52	0.43	0.31	0.20

### 3.5 低碳的设计理念

低碳的设计理念主要体现在节地、节材、节水、节能，地块规划为城市建设用地，公共服务设施基本健全，景观绿化采用适宜当地气候和土壤条件的乡土植物，低层建筑、地下水水位较高，未考虑地下空间利用，建筑材料全为当地材料。节水设计中，合理选择管材，防止管网漏损，采用节水器具雨水径流：铺地回渗等技术。节能与运行管理采用走廊楼梯间照明智能控制，自动打卡系统等。



图 5 李冰中学室外环境与节水



图 6 李冰中学节能与运行管理智能控制

### 3.6 适应国情的绿色技术

为更好地贯彻落实适合我国国情的绿色校园理念，校园体系中更加注重对低成本、简单技术措施的鼓励。根据都江堰的气候条件，不采用空调采暖设备而是通过其他被动式措施，如采用风扇解决室内热舒适问题，适宜功能区域通过风压或者热压作用实现自然通风，单层或多层的中间走廊房间、大进深的空间设置天窗采光，以及教室外窗设置反光遮阳板，控制室内的自然光分布和眩光等。

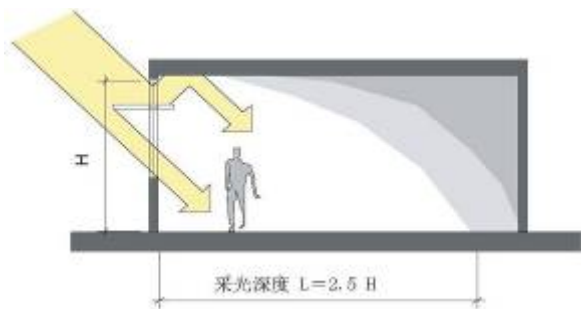


图 7. 采用反光遮阳板后采光深度



图 8. 配合窗边采光利用将回路与窗户平行设置

教室照明灯具选用高效率的T5荧光灯和电子式镇流器，灯具选用高反射率材料的照明器具，推荐采

用深抛物面型荧光灯灯具，较普通标准型荧光灯灯具光输出效率提高25%，采用格栅或保护角24度以上以防止学生直接看到裸露灯管，形成眩光而使学生视力受到伤害。教室的眩光系数不应大于19。教室照明回路配线设计平行窗户以配合窗边利用天然采光，当窗边采光的自然光线较好时，可将靠窗灯具关闭，减少一排灯具的耗电。

### 3 结语

绿色学校设计是各专业从绿色建筑的设计角度出发，高度紧密合作的整体设计过程。绿色学校的设计采用“高技术的设计方法”和“低技术的设计策略”是一个重要的方法论。对设计策略对建筑环境的影响，需及时采用计算机模拟分析进行“预评估”和交互优化。但是对建筑环境的形成采用“低技术”的被动式设计策略。从而实现在提供优良环境的同时，便于维护和长久使用。

在进行绿色学校建筑设计过程中，我们一直在敲警钟，若干年后会如何看待今天所做的工作。以林宪德先生对台湾 1999 年 9 月 21 日发生的“921”地震后的“新校园运动”的反思作为不断的警醒。但愿我们不要犯同样的错误。

“一般民众对新校园有耳目一新之感觉，大部分在于其高级花俏的黑瓦斜顶、砌石墙、钟塔、拱圈、广场、回廊等，表面化的造型感觉而已，很少人能探究它们真正在合理机能、空间使用上的质量，更不必谈论生态气候、节能环保、永续发展上之贡献。由上述调查研究我们可发现，许多 921 新校园运动小学有规模灌水、造价严重偏高、耗电量暴增、生态设计不良等严重缺失，与地球环保的精神相去甚远。甚至有一些因得奖而声名大噪的小学，却做出怪异而难以使用的空间、严重日晒的天窗、炎热的室内环境、无法收纳书架的图书馆、有儿童坠落危险的大水池、无法负荷的庞大电费支出，造成师生使用上的困扰而怨声载道”。因此，适合我国国情的绿色校园理念，在校园体系中更加注重对低成本、简单技术措施的鼓励是中国绿色学校设计的根本。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家标准，绿色建筑评价标准 GB50378-06，中国建筑工业出版社 2006. 10。
- [2] 中国建筑西南设计研究院技术资料，地震灾区绿色学校设计指南（内部试用版），2008. 10。
- [3] 刘加平，建筑物理，高等教育出版社，2006. 05。
- [4] 美国绿色建筑委员会，绿色学校评估手册（第一版），中国建筑工业出版社，2007. 11。