



张东光 韩国日 夏珩 朱竞翔

ZHANG Dongguang, HAN Guori, XIA Heng, ZHU Jingxiang

## 轻型建筑系统的山地应用

使用轻型缆车的四川白水河自然保护区宣教中心

### Application of Light-weight Building System in Mountain Areas

Sichuan Baishuihe Nature Reserve Work Station with Monorail

**摘要** 2013年落成的四川白水河自然保护区宣教中心是香港中文大学建筑学院轻钢复合建筑系统所应用的第五座建筑物。文章介绍了这一成果及背后的设计思考,特别分析了项目对轻型运输系统(原本用于柑橘采摘的单轨缆车)的集成。提前修筑轻型缆车使得山地建造变得容易,宣教中心的进入也变得有趣,而且日常使用更方便舒适,边角坡地变得更有价值。这一集成定义了山地建造时交通与建筑的新关系——两者应当互为关联,即选择恰当的运输工具并通过它去整合建筑物的规划、设计、建造与使用。

**关键词** 轻型建筑系统;单轨缆车;运输规划;建筑集成;四川白水河自然保护区宣教中心

**ABSTRACT** Completed in 2013, the Sichuan

Baishuihe Nature Reserve Work Station is the fifth application of a light gauge steel composite building system, invented by a research team from the School of Architecture of the Chinese University of Hong Kong. This article describes the application's achievement and wide range of underlying design considerations. The critical integration of the project is a light transport system-monorail, which was originally used for citrus harvesting. Its completion ahead of schedule has made hillside construction easier. It brings fun for prospective visitors and provides convenience and comfort for the facility's daily users. The monorail has also upgraded hilly land for this valley village. This

project defines a new relationship between building and transportation in mountain development: rather than one being determined by the other, the two parts should be interdependent. An appropriate choice of transportation mode may in turn influence the planning, design, construction and usage of a building.

**KEY WORDS** Light-weight Building System; Monorail; Transportation Planning; Architectural Integration; Sichuan Baishuihe Nature Reserve Work Station

**中图分类号**: TU-86(271); TU244.9; TU756.2

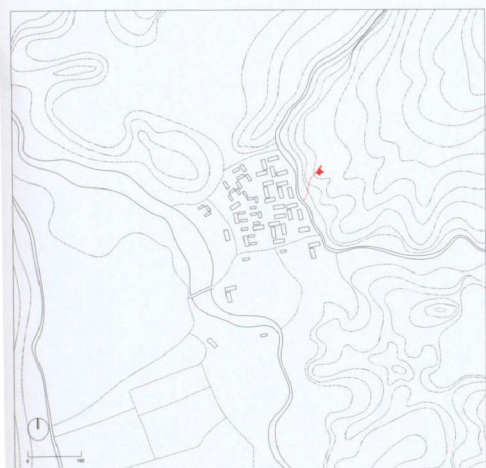
**文献标识码**: B

**文章编号**: 1005-684X(2013)05-0112-08



1. 北侧的阳光廊与小庭院
2. 山坡上的环教中心
3. 总平面

1. A solarium and small yard on northern side of building
2. Work Station on the hill
3. Master plan



3

### 1 背景与议题

作为一个多山的国家，中国的山区面积占国土面积的 69%，山地类型多样，山区内生活着众多野生动植物，拥有中国绝大部分陆生生物物种。中国的众多人口需要庞大的自然资源支撑，而中国的耕地面积只占国土面积的 7%，其中 40% 的耕地来自对山区的开垦。人们对山地的开发还产生了占全国 70% 的宜牧草地或草坡，以及占全国 90% 的林地，<sup>[1]</sup> 这些开发在相当程度上缓解了从自然获取资源的难题。但也因为现代人类的大规模活动与侵扰，山地中的相当一部分野生动植物逐渐成为珍稀和濒危物种。现代自然保护区为缓和此矛盾冲突而设立，通过相关法律限制区域内人类的各种活动，以保护支持环境、地质构造以及水资源等自然综合体，从而确保区域内的生物保持无人干预的自然发展。

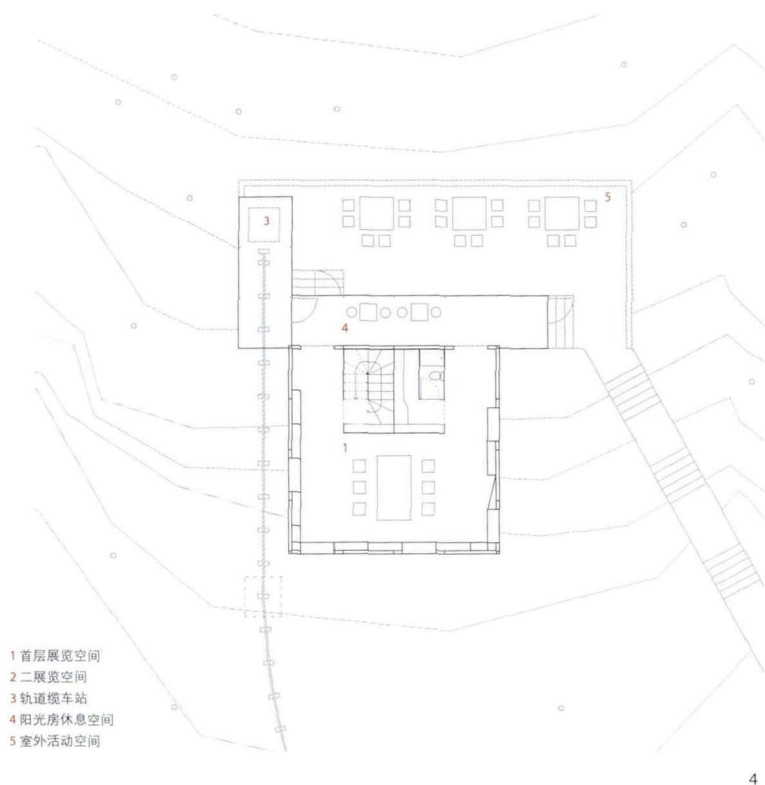
四川白水河国家级自然保护区是为保护大熊猫等珍稀野生动植物及其生态环境而建立的。它位于成都平原北部的彭州市境内，总面积 301.5km<sup>2</sup>，是距离成都最近的一个保护区。同时，它也是四川盆地向青藏高原过渡段的典型地貌地带，地形的相对高差悬殊，从最低海拔 1 480m 剧变至最高海拔 4 818m，形成山高坡陡谷窄的地貌特征。区内水源属长江支流沱

江的发源地之一，水资源极为丰富，其亚热带湿润气候适宜大熊猫可食竹的生长。<sup>[2]</sup> 在这样的区域边缘建造建筑，有许多值得建筑师研究的议题：例如建筑物建造在哪里？如何融入环境？如何减少材料消耗？如何减少设备对环境的不良影响？如何解决运输？如何在施工中减少影响？以及如何在未来回收和降解建筑材料？

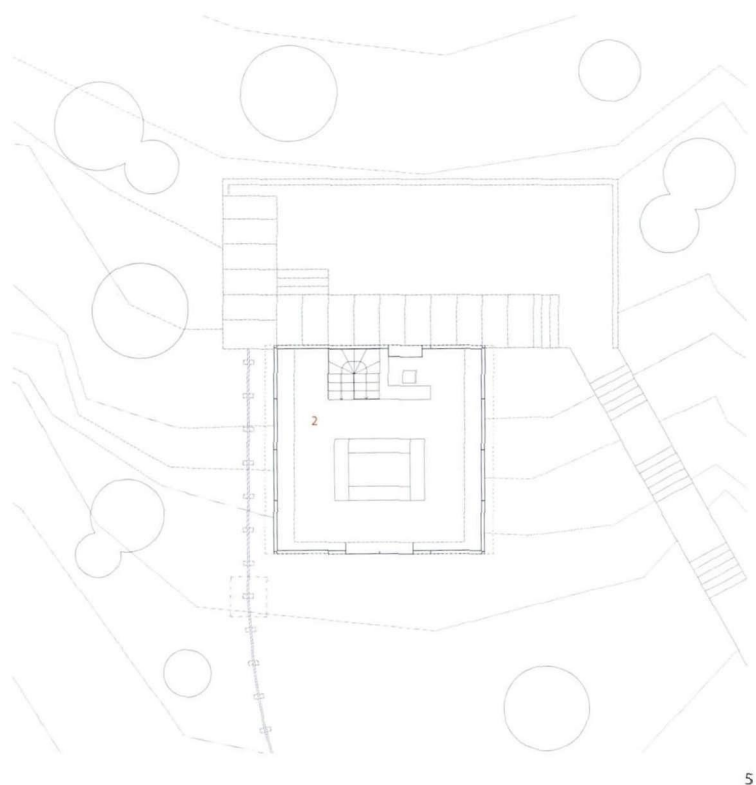
2011 年，香港中文大学建筑学院曾帮助世界自然基金会兴建了四川鞍子河自然保护区宣教中心，建筑采用了“新芽”轻钢复合建筑系统，结构轻而强、施工高效、造价合宜，再加上一系列环保、舒适、生态的设计，满足了偏远山区工作人员的实际需求。所以，2012 年当凡客诚品捐资建设白水河宣教中心时，世界自然基金会成都办公室继续邀请香港中文大学建筑学院团队提供设计与建造统筹服务。

白水河保护区位于龙门山褶皱带的中中段，宣教中心选址所在的彭州市北部小鱼洞镇中坝村，属于白水河保护区的入口区域，与汶川直线距离约 40km。2008 年 5.12 汶川大地震中，此区域是极度重灾区，当时有大量重型结构坍塌，整个村庄曾被夷为平地。灾后，村庄重建在冲积而成的山谷小块平地上。

设计团队与保护区、村庄管理者共同商议后，决



4



5



6

#### 项目概况

项目名称：四川白水河自然保护区环教中心  
 项目地点：四川彭州小鱼洞镇中坝村  
 项目功能：展览空间、阳光室、厨卫及储藏空间  
 房屋系统：C型轻钢骨架与填充板材形成的复合结构  
 施工耗时：房屋结构25天，基础准备与场地清理10天  
 建筑面积：140m<sup>2</sup>（室内：110m<sup>2</sup>，阳光房：30m<sup>2</sup>）  
 节能特性：完整隔热保温构造，优化自然采光、通风设计  
 设备整合：LED照明（1.2kw），山地轨道交通  
 环保特性：房屋可整体拆卸、异地重建  
 抗震能力：麦加利地震烈度8度  
 建筑设计：朱竞翔、夏珩、张东光、韩国日  
 构件预制：三间成都工厂  
 房屋施工：雅致集成房屋股份有限公司成都分公司

Project: Sichuan Baishuihe Nature Reserve Publicity and Education Center  
 Location: Xiaoyudong Town, Pengzhou, Sichuan, P. R. China  
 Function: Exhibition space, Greenhouse, Activity & Storage space, Unit Bathroom  
 System: LGS Skeleton strengthened by Rigid Board  
 Construction period: Superstructure 25 days, Base & Landscape 10 days  
 Total floor area: 140 m<sup>2</sup> (Indoor area: 110 m<sup>2</sup>, sunhouse area: 30 m<sup>2</sup>)  
 Comfort: Full insulated envelope + optimized daylighting & ventilation  
 Equipment: LED lighting (1.2 Kw) + monorail shuttle car  
 Sustainability: a demountable system  
 Earthquake resistance: (Mercalli Intensity Scale) degree VIII  
 Architects: ZHU Jingxiang, XIA Heng, ZHANG Dongguang, HAN Guori  
 Prefabrication: 3 factories in Chengdu  
 Assembly: YAHGEE Modular House Co., Ltd. (Chengdu)



定将宣教中心建在村庄后侧的山地上。这一选址包含了另一个重要的议题：流水与沙石的堆积作用是山谷中小型坝子形成的最重要外部因素，带来了山地农业的可能性。传统村落多利用坝子周边的高地建造房屋，以尽可能多的保有平坦耕地，也容易避开谷地中的雨季洪水。但灾后重建的快速规划、大批量建造，以及脱离传统农业的产业转变都使得这一传统智慧不再受到尊重，重型砖石材料的运输艰难，人们追求交通省力舒适，这些因素使得珍贵的农田被重型房屋占据。既然山地城镇、村庄的建造不可避免，“新芽”轻钢复合建筑系统的应用能否转变挑战为机会，通过系列应用的第五次推进，产生新的偏远地区施工方法，示范在山坡建造以及创造舒适生活的可能性？

## 2 项目成果

经过近半年的设计建造，最后成果呈现为一处座落在山脊、俯瞰山谷的小型独立房屋，它经由一条梯级路及一条缆车道和山脚下的公路相连。项目将机械运输系统纳入到整个建筑的建造过程之中，选址、平面安排、施工计划以及实际建造都受到这一议题的广泛影响。

早前“新芽”系列项目中的乡村学校多处于平地，建造时团队可以组织村民、义工帮助卸货及搬运。<sup>[3]50</sup>保护区工作站则不然，因为场址偏远、山地斜坡，工

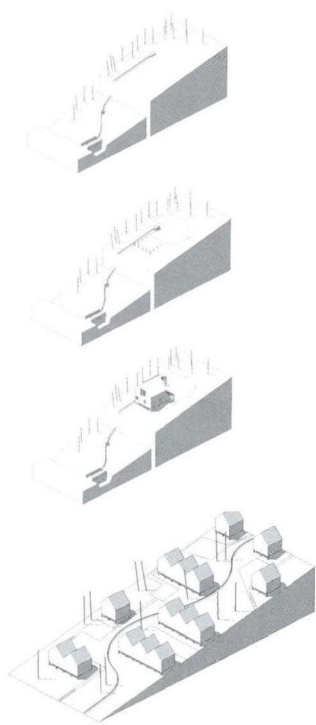
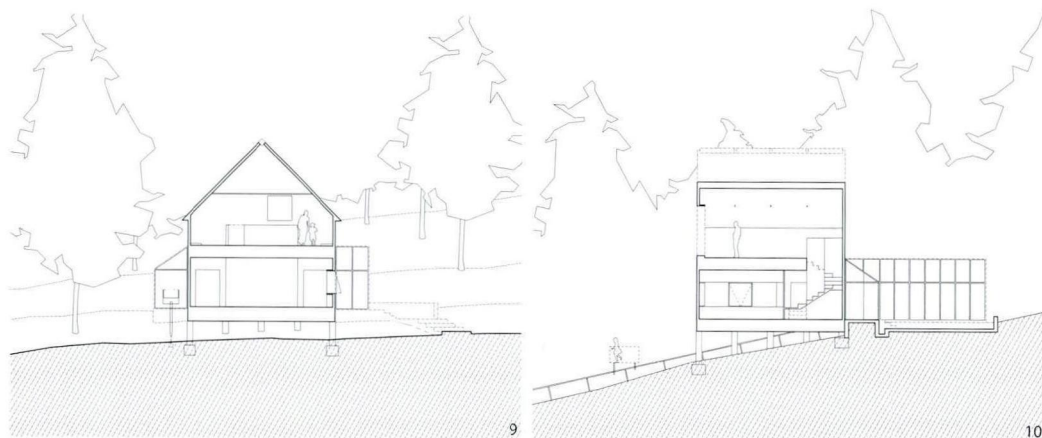
作条件艰苦而无法借助义工。轻钢复合建筑系统构件相对较轻，例如白水河项目中的轻钢构件最重为100kg，长度7.2m。但如果在狭窄的上坡靠密集人力搬运，技术上虽然可行，却不是尊重劳动者的现代工作方法，也不具有反复运用和普及的技术价值。对这一运输难题，团队在2011年的鞍子河项目中已经对施工计划阶段作出安排，邀请林业工人先行架设临时性的缆车系统，解决从卸货点到高处施工现场的短距运输。

在上述背景下，白水河宣教中心项目的现场短距运输就成为核心的规划设计议题。实施方案是先架设便捷的运输系统再建造房屋，之后再将货物运输系统转化为客运系统。为此团队搜索了瑞士、日本以及韩国的不同缆车系统，最终移植了原本用于山地柑橘园采摘的单轨运输系统来联系山脚的公路与居于标高二十多米之上的地块。山地轨道车系统的轨道长度约为50m，最大坡度约为40°，它以交流电为动力源，钢缆拖拽，可以远距离遥控并附带防断缆的刹车装置。钢制轨道车具载重量约为300kg，可容纳四个成年人。它先于建筑物安装到位，从而为随后进行的基础和主体施工节省了巨大的人力和时间，并省却了在场地周边的松木林中设置较大堆场的麻烦。

在建筑物封顶后，主体东侧搭建了“L”型的玻璃围廊，它的一翼成为轨道车终点站，为人们下车进

4. 一层平面
  5. 二层平面
  6. 黄昏时分，环教中心的西北角
  7. 山峦、道路、新建筑与重建后村庄的景观关系
4. 1st floor plan
  5. 2nd floor plan
  6. Northwest view at dusk
  7. Scene of mountain, road, station and reconstructed village





8. 二层的坡顶空间与条形天窗

9. 剖面图

10. 单轨轨道剖面图

11. 实施步骤一：架设运输系统

实施步骤二：运输材料、施工基础

实施步骤三：建筑物主体施工

12. 围绕轻型山地缆车组织的山地开发远景

8. Strip skylight illuminating the attic space of the 2nd floor

9. Section

10. Section through monorail

11. Assembly step 1: erection of monorail system

Assembly step 2: material transportation, foundation preparation

Assembly step 3: superstructure erection

12. Hilly development near monorail in the future

入建筑遮风避雨。生活家具、电器设备以及展览物品的运输，也是通过轨道车搬运的。在实际使用中，宣教中心的访客可以选择曲折幽静的南侧台阶进入建筑，也可以搭乘跨越陡坡的轨道车自北侧“飞”入或“飞”出建筑。两种路径带来了不同的空间体验和趣味。

“L”型的玻璃围廊采用了铝合金框架玻璃填充体系，在解决模数、连接、交接部位防水等关键问题后，它和既有的轻钢复合建筑系统达到了良好的结合。围廊与周边树林及山体围合出一个幽静院落，供人们休憩或与自然接触，成为室内外的过渡空间。走入建筑内部，人们会看到一个内核，里面集合了楼梯、整体卫浴、储物、开敞厨房等辅助功能。内核选择了色彩较重、编织纹理明显的竹胶板层积材，与周围纯净的墙、地面形成鲜明对比。这一采用环状而非支状的组织方式也顺应了缆车与步道的左右分布，它们使左右不同方向进入与环绕的体验不同。小的空间因为需要更多时间来理解它的构成，而在知觉上显得更大。

进入一层空间，人们会发现开口均匀分布于四周墙壁，朝向周边三个方向，框取不同的自然景观，同时为室内带来均匀柔和的光线。窗的深框与窗间的格架连成一条环带，突出了空间的水平向与空间组织的环状关系。灯具的布置也追随这一意图，以网格状分布于吊顶，提供匀质的照明。

从服务内核登高，二层会出现一个单一的大空间。它以屋脊为轴线对称设计。室内墙壁和吊顶为纯净的白色，突出了位置显著的西侧落地窗；明净的落地大窗是中心轴线上的视觉焦点，将人的视线引向外部，驻足窗前可以俯瞰山谷与村庄，也是欣赏山中夕阳的最佳视点。此处为整个空间感知过程的流线终点，也是终点高潮。参观者从山下到山上经过了长距离的狭窄空间之后，最后到达宽敞挺拔的二层大空间，回望

游览路程，会有豁然开朗之感。除了大窗的自然采光，屋脊处的管状天窗白天会折射引入阳光，夜晚它内隐的灯具和藏在三角形屋架水平拉杆中的灯具也会照亮天花板。坡屋顶倾角接近 $45^\circ$ ，利于排除积雪和雨水，也强化了二层高耸向上的大空间。

落地窗外、建筑面向山谷的山墙涂刷以红色，房屋因此从山峦树丛的背景中跃出，访客在进入村庄前便可看见，而双坡屋顶会让人联想到建筑的基本类型和“家”的意向。宣教中心的主要功能为展览和小型会议，在建筑落成仪式时会启动保护区珍稀动植物的图片展和工作人员的生活展。然而在接下来的使用中，这里还将举办会议、研讨、培训活动，为此设计团队考虑了功能转换的可能性。借助简单的空间划分，宣教中心就能够轻易地转换为客栈、独栋住宅等居住功能，这座建筑也为山地住宅提供了原型示范作用。

在浇筑宣教中心的混凝土基础时并没有在现场制作木模具，而是采用附近村庄生产的成品水泥涵管代替了木模板。这样既减少了施工过程中产生的建筑垃圾，也方便基础的水平和垂直定位，缩短了施工时间，整个基础工作由6名当地工匠用4天半时间完成。主体结构由16根短桩从地面托起，这种做法带来了大量好处：应对了基地前后高差大的问题，极大减少了土方开挖与平整工作，维持了建筑周边的微生态环境；由高差产生的建筑底部空间在后续使用过程中可被利用为放置工具、室外用品的储藏空间；远望过去，整个建筑也获得了悬浮于基地之上的独特形象。

由于山区气候的影响，小鱼洞镇山谷冬季阴冷多雪，夏季则潮湿多雨，气温凉爽。悬浮基础有利于建筑的隔潮降湿，玻璃围廊则可作为入口侧的气候缓冲带，收集冬季早晨东向的阳光来加热室内空间。基础、围廊与“新芽”轻钢复合建筑系统标准的维护系统联



13

合工作，可以有效地营造被动式的舒适室内环境。在斜屋面与墙面交接处的檐口部位，将三角形预制构件的两直角边局部镂空，并利用热压与风压加强二层室内的通风，该构造处理可谓一举多得。

### 3 系统集成及其社会价值

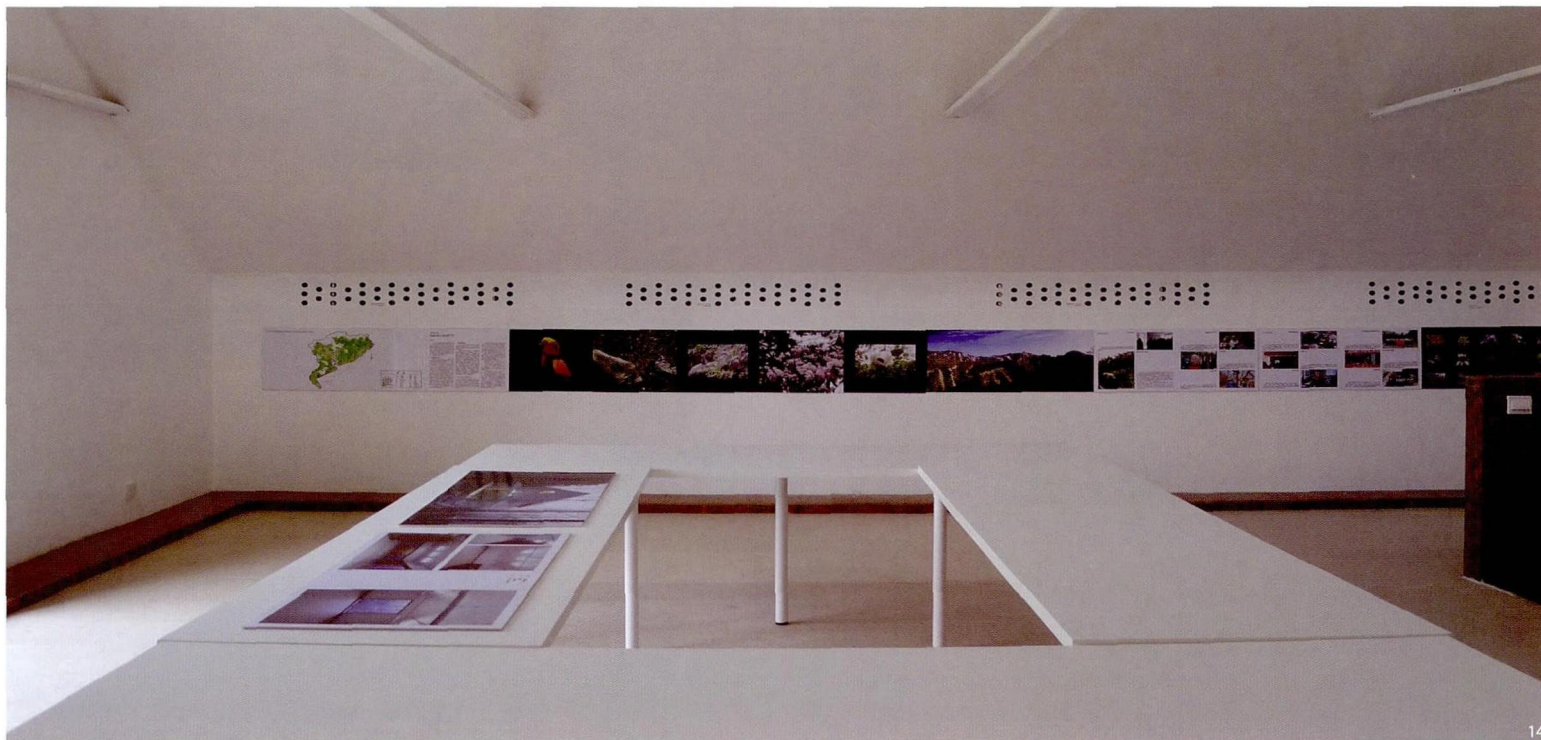
白水河自然保护区宣教中心在2013年春节前竣工，同年6月，凡客诚品与世界自然基金会正式将它交付予白水河自然保护区。它是四年来“新芽”轻钢复合建筑系统的第五个项目和第二次在自然保护区的应用。从外观形态来看，它与前四个项目之间有不少差异。例如陡峭双坡屋面以及檐口出挑处理，项目还实现了主山墙面2.4m见方的超大落地窗，从而跨越了1.82m的结构开间柱网限制，同时，未削弱建筑物的结构性能。另外，玻璃围廊部分采用了外包的建造方式，在解决好模数、节点、防水、冷桥等技术问题后，两个不同系统能够达到良好的融合，这体现了系统的开放性。而其外表后的围护部分与前四个项目采用了一致的多层构造，仅应具体区域的气候做了通风、采光、保温与隔湿的细微调整。这些都进一步证明系统本身的优势，即可以实现客户订制。在保证组织原则、模数、构造层次、连接方式不变的情况下，几何、形体、表面材料、开口以及平面组织可进行多样变化，以应对不同的气候、环境、场地和功能。由此，每个项目都容许研究者对建筑系统进行适应地方特征的修改，或者集成其它系统的突破。<sup>[3]47-49</sup>

白水河自然保护区宣教中心特殊与关键的集成在于运输系统。单轨缆车使得山地建造变得容易，行进和进入变得有趣，而日常使用也会方便舒适，更使得边角废地发挥其价值。这一集成反思了山地住宅、村庄乃至城镇的设计方法——应该使恰当的交通设施的选择与建筑物的规划设计互为关联，而非由一个简单地决定另一个。交通设施在这里不是指常见的公路、车道、隧道这样大兴土木的重型运输系统，而是包括那些占地很少、架设便利、适应性强、直接针对民用的山地缆车或轨道车系统。

在本文写作期间，四川连续降雨引发洪水，同样位于彭州市龙门山镇的一栋多层住宅被整体冲倒。<sup>[4]</sup>现象背后的原因是平整、安全的土地被优先出售给商品房开发使用，安置房选址因而被规划在近河滩处，基础未经有效设计处理。这一起与小鱼洞镇近在咫尺的事故背后的规划和设计原因值得深思，也反映规划、设计、施工间相互脱节的重型结构是如何地不堪一击。

在中国沿海的香港、青岛、大连这样的山地城市，不乏巧妙规划和形态多样的交通设施，例如山地自动扶梯、缆车、垂直电梯帮助人们利用山地开发出立体的城镇。而在上海世博会期间，瑞士馆曾广受欢迎，作为世博会唯一设有缆车的展馆，该馆每天有近8000人排队只为了搭乘一次历时4分钟的缆车。瑞士馆的缆车把游客从馆底（压力繁重的城市空间），带到屋顶（自然空间）呼吸新鲜空气，反映了主题“城市与乡村的互动”，象征了城市与乡村间的和谐交流。

13. 一层从展览空间回望走道空间
  14. 二层布展的空间效果
  15. 山地轨道缆车系统的引入，实现了建筑构件于坡地的高效运输
  16. 日本轻型缆车示例
  17. 上海世博会瑞士馆建筑中的缆车
13. Looking back its corridor from exhibition space on the ground floor
  14. Exhibition space on the second floor
  15. Monorail system applied to efficient transportation of prefabricated components
  16. A Japanese example of light cable car
  17. Cable car system in Swiss Pavilion of Shanghai Expo



14



15



16



17

缆车如此受欢迎是因为它是人与建筑间的互动纽带。瑞士馆设置缆车并非偶发奇想，瑞士全境分布着数千座缆车和轨道车系统，它们大小不一，不仅被用于旅游观光，更多则服务于居民的日常出行与生产。由此，瑞士很多传统上不适合居住的山地成为可开发用地，这一地理上不适于居住的欧洲“边角废地”成为“花园”国家。瑞士设计师与工程师也由此发展出领先的缆车和山地轨道车科技，并将其出口海外。

所以，白水河自然保护区宣教中心虽然形态袖珍，但却特别探讨了轻型建筑系统的使用、建造、设计过程与机械运输系统的关联。由于团队有能力与经验统筹完整链条——从构想设计到采购制造再到建造调试，并且深知轻钢建筑复合系统自身的特点与技术细节，因而建造与机械不只是作为实现设计图纸的技术手段，更成为激发设计甚至决定形态与细节的核心因素。而建筑团队也从一开始就参与项目选址、预算规划以及建筑性能指标确立的前期工作，并通过与捐资管理者反复讨论基础设施与建筑物的关系，最终团队得以一贯的低预算完成全部的工作，并开发出别具一格的创意。相比灾后重建将城市多层集合住宅大规模移植到村镇，占用珍贵的河谷耕地的单一强硬思路，白水河自然保护区宣教中心无疑示范了另类的、民间的、也更环保经济的可能性。

(图1~图15. 由建筑师提供；图16. <http://www.nikkari.co.jp/>；图17. <http://2010.qq.com/a/20100619/000127.htm>)

#### 注释和参考文献：

- [1] 陈朝辉, 朱有文, 张占仓, 等. 中国亚热带东部丘陵区农业资源开发策略 [M]. 北京: 科学出版社, 1989: 7—8.
- [2] 蜀韵旷野—四川自然保护区编委会. 蜀韵旷野—四川自然保护区 [M]. 四川: 四川科学技术出版社, 2009: 156.
- [3] 朱竟翔. 新芽学校的诞生 [J]. 时代建筑, 2011(2).
- [4] 阎燕. 龙门山镇遭遇暴雨袭击 空军官兵出动救援 [N]. 新华网新闻, [http://news.xinhuanet.com/photo/2013-07/16/c\\_125012658\\_2.htm](http://news.xinhuanet.com/photo/2013-07/16/c_125012658_2.htm).

作者单位：香港中文大学建筑学院

作者简介：张东光，男，香港中文大学建筑学院项目助理  
韩国日，男，香港中文大学建筑学院项目助理  
夏珩，男，香港中文大学建筑学院 博士候选人，研究助理  
朱竟翔，男，香港中文大学建筑学院 副教授

收稿日期：2013-08-15