公司名称

中国建筑西南设计研究院有限公司

项目地址

中国，四川若尔盖

应用软件

Autodesk® Revit® Architecture
Autodesk® Revit® Structure
Autodesk® Revit® MEP
Autodesk® Navisworks®
Autodesk® Ecotect®

该项目团队通过对模型的性能化分析，优化原有设计思路，最终以示范项目的形式通过优化设计流程，将BIM优势与传统设计充分融合，从而达到优化整个设计过程的目标，在低造价，低技术，低成本维护的前提下充分利用自然资源， 重视节能保温，实现舒适居住，进而能影响关于高寒地区建筑建造标准的制定及当地低碳策略的选用。

—温忠军
BIM设计研究中心
中国建筑西南设计研究院有限公司

若尔盖暖巢项目——下热尔村小学
校学生宿舍基于BIM综合设计

图1 下热尔村小学南立面透视图

中国建筑西南设计研究院有限公司（以下简称“中建西南院”）始建于1950年，是中国同行业中成立时间最早的大型甲级建筑设计院之一，隶属世界500强企业中国建筑工程总公司。建院60多年来，设计完成了近万项工程设计任务，项目遍及我国各省、市、自治区及全球10多个国家和地区，是我国拥有独立涉外经营权并参与众多国外设计任务经营的大型建筑设计院之一。2004年以来连续被亚洲建筑师协会评为“中国十大建筑设计公司”。并获得“全国工程勘察设计百强”企业称号。

作为中西部最大的建筑设计院和国家基本建设的重要国有骨干企业，中建西南院以“精心设计、服务社会”为己任，坚持以繁荣建筑创作为宗旨，不断完善创新设计理念，力创建筑设计精品，在工程设计和科研方面获国家级、部级和省级以上优秀奖近600项，并取得了国家优秀设计金质奖5项、银质奖4项、铜质奖5项的创优佳绩。60多年的设计耕耘，西南院在博览文化建筑、体育建筑、医疗建筑、教育建筑、旅游建筑、居住建筑以及空间结构等设计领域具有独特的设计优势，而严格、规范的ISO9001质量体系认证管理更使西南院的设计质量为业界广泛认同。

在加强生产经营、科技创新和内部管理工作的同时，中建西南院认真做好企业党建工作和企业文化建设的各项工作。多年来，在改革发展中相继获得建设部“全国工程建设管理先进单位”、“全国优秀勘察设计院”、“四川省先进单位”、“2008年抗震救灾先进集体”、“中国最具品牌价值设计机构”、“当代中国建筑设计百家名院”、住建部“全国先进工程勘察设计企业”、“中央企业先进集体”、“中央企业思想政治工作先进单位”等荣誉称号。

项目概况

阿坝藏族羌族自治州若尔盖县地处青藏高原东北边缘，位于四川省北部。黄河与长江分水岭将其划为东西两部，东部群山连绵，西部草原广袤。若尔盖“暖巢”项目是由中国扶贫基金会发起的改善高寒地区学生居住条件的公益项目，该项目位于国家高原湿地自然保护区——热尔大坝草原内，热尔大坝是中国最辽阔的湿地草滩，紧邻三大海子之一的花湖景区。

若尔盖属高原寒带湿润季风气候，分为东部大陆性山地中温带半湿润季风气候和西部大陆性季风高原气候两种气候区。西部丘状高原，气候严

寒，四季不明，冬长无夏，年平均温度只有1摄氏度，无绝对无霜期，多年平均降雨量650毫米，其中86%集中降于4月下旬至10月中旬，年平均日照2400小时，在建筑节能气候分区中属于严寒地区，气候十分恶劣。

该项目团队探访了若尔盖县与红原县的4个小学，发现当地新建建筑对建筑朝向重视不足，建筑耗能非常大，冬季室内气温极低。

下热尔小学　阿木乡小学

瓦切乡中心小学　辖曼种羊场小学

图2 若尔盖县与红原县的4个小学

这里建造资源匮乏，生态环境脆弱，居住条件恶劣。中建西南院希望通过低成本简单技术的普通建造，采用被动式采暖技术，以低碳的方式实现在高寒，高海拔，缺资源的生态脆弱区域内，基本达到居住卫生标准的学生宿舍。

实施策略与目标

从方案阶段介入BIM设计，四大低碳策略构成了设计的主要构思，

1、外部能源的低碳应用；
2、低成本运行与简易建造；
3、科学合理的创意细节设计；
4、朴素人文关怀的空间美学。

通过直观的三维构造表达，更加准确的传达设计师的设计意图，以确保建筑在实施过程中的准确性和构造节点的有效性，通过设计信息模型，进行空间设计及细节创意从而控制建筑的完成度。通过三维模型信息的不断丰富，与各专业实现信息交换，为节能设计与分析直接或间接的提供准确的分析模型，从而确保被动式构造节点的有效性，进而理性的指导和控制设计与建造建筑全生命周期的过程。

一、外部能源的低碳应用

该项目设计之初面临如下主要问题：

1、能源系统选择；

当项目的初步方案及构思通过信息模型表达后，借助Autodesk Ecotect资源，了解到若尔盖县下热尔村所处位置受地形影响，常年的主导风向为东风，冬季的主导风向为东风略偏南，方案体量模型再通过气象资源进行模拟分析后，发现当地冬季的太阳能资源非常丰富，因此能源系统的选择面较为富裕。通过调查发现，若该项目采用风能作为外部能源，发现风能稳定性差，性价比较低；若该项目采用太阳能热水系统，发现对于高原条件有限的下热尔村后期维护费用极高，并且投资也大幅增加，因此背离设计初衷；若该项目采用光伏太阳能系统，发现产品不低碳环保，维护费高，投资也高；因此最终考虑被动式太阳能的直接利用的方式，实现投资低、维护简单、高性价比等目的。

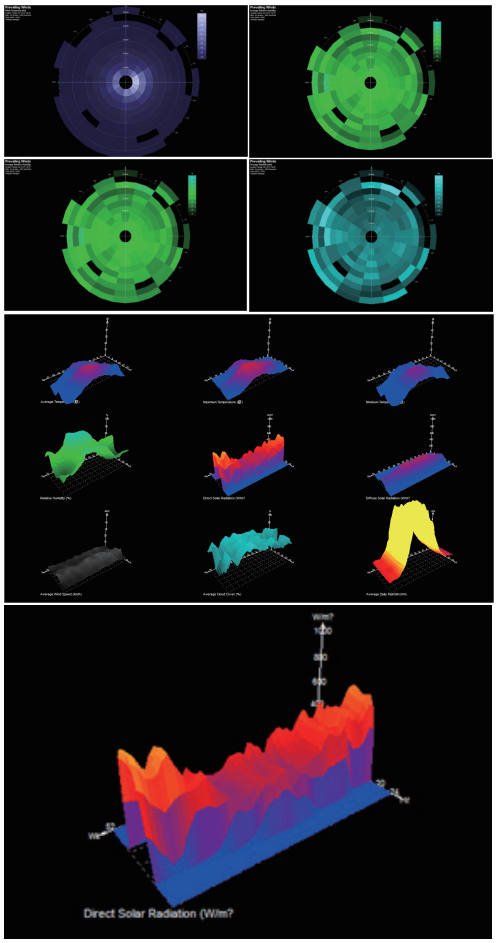

图2 气象资源模拟分析

2、总图布局；

在调整规划布局时，考略到主要能源系统等相关因素，设计将小学宿舍的布局从原规划的东西布局调整为南北方向，基于BIM方案模型模拟了建筑如下工况下最恶劣温度如下：

工况一：正南北方向摆放，分析发现极短条件下的最低温度为8℃；

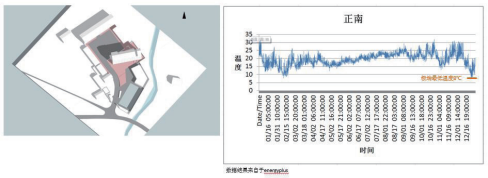

图3 基于BIM方案模型模拟建筑工况-1

工况二：建筑与原有教学楼平行摆放（南偏东24°）；

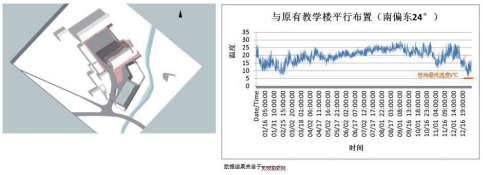

图4 基于BIM方案模型模拟建筑工况-2

工况三：建筑与原有教学楼成9°夹角摆放（南偏东15°）；

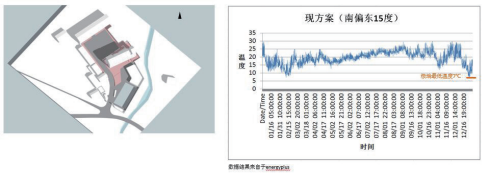

图5 基于BIM方案模型模拟建筑工况-3

综合分析三种工况的计算结果，建筑正南朝向摆放时其冬季室内的平均温度最高，分别比南偏东15°（在用地现状情况下可偏移的最大角度）和南偏东24°（与现有教学楼平行布置）高出约1°和3°。因为正南朝向摆放建筑场地受限，所以中建西南院最终选择了南偏东15°的总图布局。

3、平面布局；

当项目确定总图摆放模式后，通过BIM方案模型继续优化建筑平面布局与其形态的构成。当建筑四周皆无温度缓冲区的绝对状况下，极端最低温度为1℃，当只有北侧走廊温度缓冲区情况下，极端最低温度为4℃，北侧与屋顶都有温度缓冲区的情况下，极端最低温度为6℃，北侧、顶部与东侧或西侧都有温度缓冲区的状况,经模拟数据分析，可以看到在这两种工况下，室内温度变化趋势基本一致。

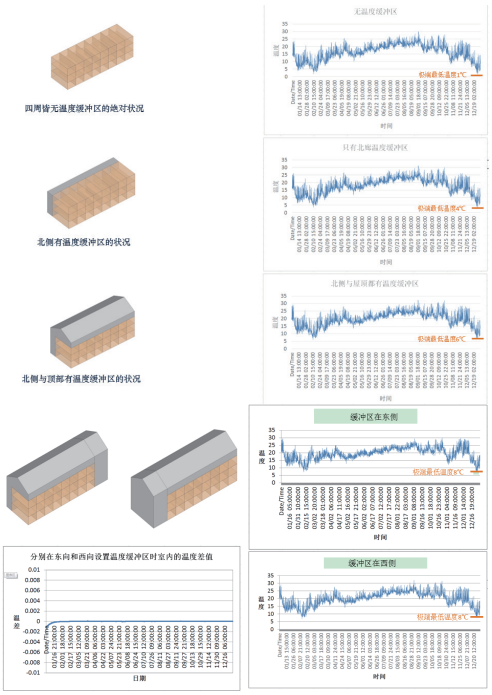

图6 通过BIM方案模型优化建筑平面布局与其形态构成

4、主要洞口位置。

当地冬季主导风向为东风，同样中建西南院借助BIM方案模型模拟建筑冬季各个面的风压情况，从而理性的选择建筑主要出入口位置，出入口总共为5个，分别位于宿舍四周 ，并合理设计各个出入口在冬季的管理模式，从而尽量减少冬季冷风涌入室内。

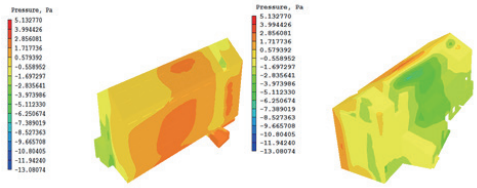

图7 各面风压情况分布

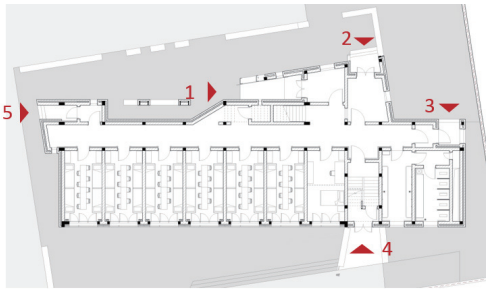

图8 平面布置图

入口1处无法避开冬季最大负压区，设计采用侧面进入，并采用L形门斗。尽量避免冬季冷风进入室内。

入口2也处于负压区，但风压较小，冬季可作为辅助入口，平时关闭，紧急情况打开。

入口3设置在风压最小处，主要方便学生白天使用厕所。

入口4为建筑南侧的主要入口，避开南侧主要风压区。

入口5为西侧辅助入口，平时关闭，紧急情况打开。

二、科学理性的细节设计

1、舒适度标准设定及南侧集热强工作原理

中建西南院尝试了多种构造措施来实现该被动式太阳能采暖的流程，借助BIM信息模型，对每种构造的热工性能进行模拟，并辅以低造价，低技术，易维护的设计原则，对每种构造措施进行了优化与筛选，并最终确定了最优的构造措施。

南侧集热墙同时实现了集热与蓄热，最外层6mm厚单层钢化白玻保证太阳辐射尽可能多进入，室内白天直接受益；集热墙利用阳光照射到附有单玻幕墙的深色蓄热墙体上，加热玻璃与厚墙间的空气间层，通过热压作用使空气流入室内。墙体储存部分热量。

夜间关闭双层中空玻璃门与棉窗帘，防止结露并减少室内热量的散失。外维护保温材料为发泡聚氨酯，综合造价低，易于运输，还兼具防水功能。页岩实心砖双层墙与之共同形成暖巢的外保温系统。

2、模拟分析确定南向开窗比例

基于BIM窗墙深化模型，模拟南侧开窗面积与其室内夜晚温度关系，发现南侧开窗面积越大，则房间白天蓄热越多，夜晚温度就越高。据此，设计中团队与结构专业密切配合，在结构允许的范围内，在南侧尽量开最大的窗洞。

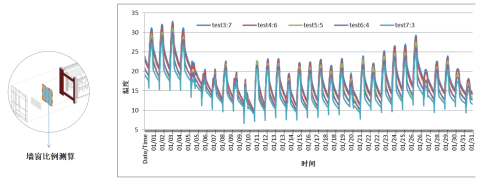

图9 窗墙比开窗面积与室内夜晚温度关系

3、模拟分析优化集热墙系统构造

集热墙系统构造对室内温度产生影响，因此中建西南院综合考量后提出三种集热墙系统构造，分别如下：

集热墙方案一：双侧墙体蓄热集热

由计算结果可知，采用双层墙构造的被动式采暖系统，除了在12月和2月的个别天外，均能达到室内12℃的健康居住标准。

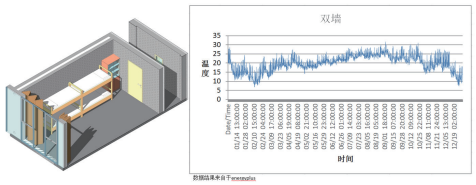

图9-1 集热墙方案-1

集热墙方案二：双层楼板极热蓄热

由计算结果可知，采用双层楼板构造的被动式采暖系统，其热工表现与双层墙构造的表现类似。

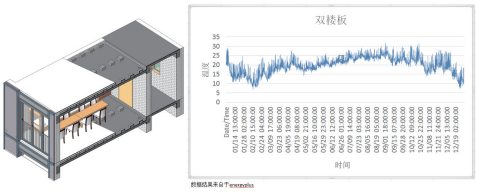

图9-2 集热墙方案-2

集热墙方案三：简化方案

由计算结果可知，采用简单的单层玻璃直接受益加集热墙的构造系统，房间的热工表现也能达到复杂的双层墙和双层楼板蓄热系统的热工表现。

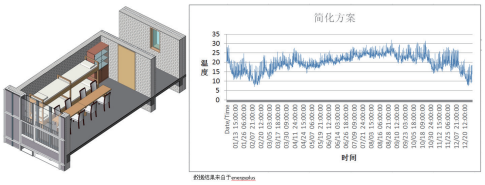

图9-3 集热墙方案-3

综合分析这三种构造系统的计算结果，团队发现这些方案在热工性能上有着相似的表现，所以从经济、施工简便和维护简单的设计原则出发，中建西南院最终采用了第三种构造措施。

4、单元体建造逻辑的BIM三维展示

随着BIM三位信息模型的不断深化，单元体的建

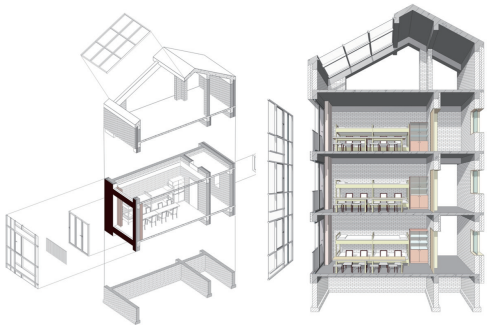

图10 BIM三维展示单元体建造逻辑

造逻辑关系可以直接通过三维模型的拆分进行逻辑梳理，无需查看传统二维平立剖面图即可直观可视项目的逻辑构成。

三、低成本运行与简易建造

1、当地建造成本高

由于若尔盖地区地域环境特殊，交通十分不便，当地建造成本较高，经造价核算，该项目建造成本（主体工程单价，包含人、机、料等）为2065元/平米，合计254.10万元，相当于在成都地区900元/平米的建设标准。

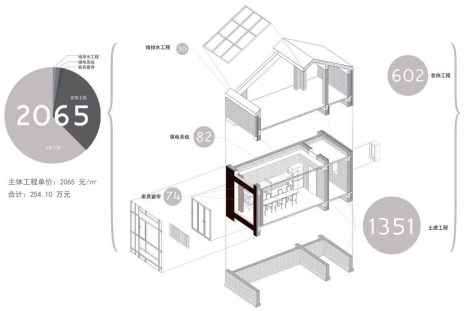

图11 项目造价分析

该项目的设计均基于BIM三维设计平台开展，由三维模型直接生成一套准确无误的施工图，对后续造价成本的核算提供了有力的依据。

2、基于BIM通过数据交互计算并优化旧砖瓦的利用方式

由于该项目充分利用了设计平台的优势，利用BIM参数化的特点，统计及计算了拆除旧建筑按照70%出材率可以回收旧砖的总量，并且计算用这些砖做景观铺地，分别采用平铺和立铺时可以铺设的面积。通过统计发现，当旧砖瓦平铺时，铺装面积为1935平方米，当旧砖瓦立铺时，铺装面积为887平方米，综合考虑经济性和美观实用的设计要求，最终选择了立铺的构造措施，并且尽量控制铺设的面积，做到物尽其用。

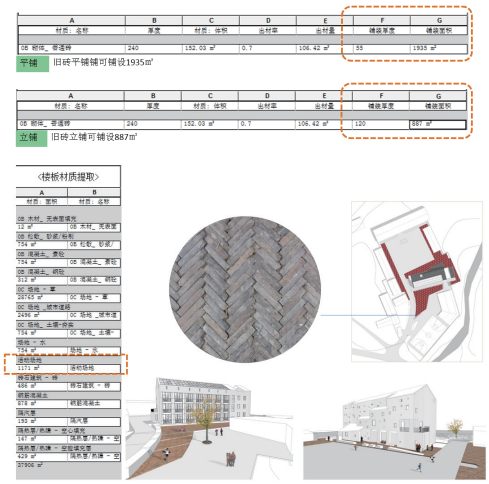

图12 基于BIM通过数据交互计算并优化

3、给排水系统的设计与预留

高寒地区冬季通常无供水，考虑到该地区冬季严寒的天气，夜晚学生入厕不便，中建西南院设计采用特殊的立体旱厕来改善生活条件。同时考虑到可持续的设计要求，中建西南院在建筑内部预留了水冲厕所的管道系统，基于BIM协同设计配合，直接确定并准确定位预留管道系统的预留预埋位置，保证所有的管线在满足使用功能的基础上做到经济美观。

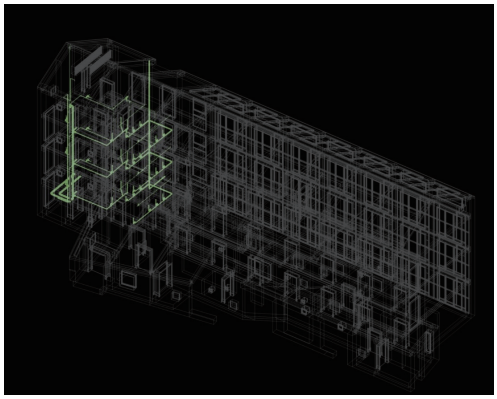

图13 给排水系统

四、朴素人文关怀的空间美学

1、基于BIM模型进行日照分析指导建筑坡屋顶的确定

在确定屋顶坡度时，中建西南院通过BIM设计模型模拟了不同坡度对校园活动场地的遮挡问题；经测算，在建筑层高和层数确定的情况下，建筑坡度的变化对活动场地的遮挡影响不大（屋顶坡度28°时建筑对场地遮挡（冬至日），正午时阴影区约为活动场地的35%；屋顶坡度32°时建筑对场地遮挡（冬至日），正午时阴影区同样约为活动场地的35%），最终结合设计的需求，同时满足经济和便于施工的要求，中建西南院选择28°斜坡屋顶。

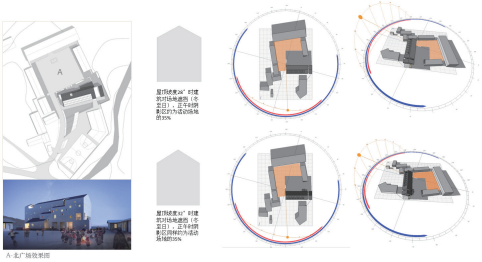

图14 基于BIM模型进行日照分析

2、基于BIM模型进行光环境模拟优化室内开窗形式

在做北立面开窗设计时，项目团队密切关注室内楼梯和走廊空间的效果，借助BIM设计模型模拟室内自然采光，优化洞口设计。北立面的第一轮方案项目团队采用随机的小洞口组织立面，并模拟分析采光效果。

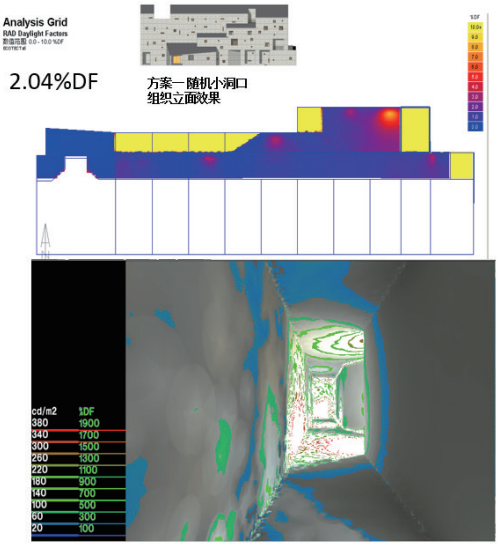

图15 基于BIM模型进行光环境模拟

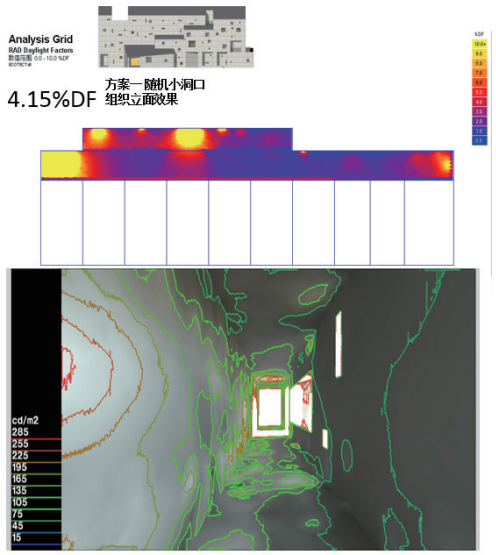

图16 方案一 - 二层平面走道与楼梯空间自然采光模拟

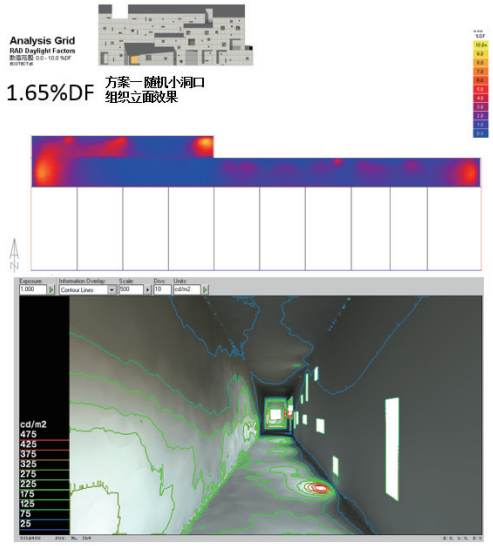

图17 方案一 - 三层平面走道与楼梯空间自然采光模拟

经自然采光模拟与分析，发现当采用随机小洞口组织立面时，室内楼梯与走道自然采光照度较低，且受光不均匀，这种光环境并不十分适合宿舍这类公共建筑。因此项目团队调整方案，采用稍大的洞口，用较为规整的方式组织立面。并模拟分析采光效果。

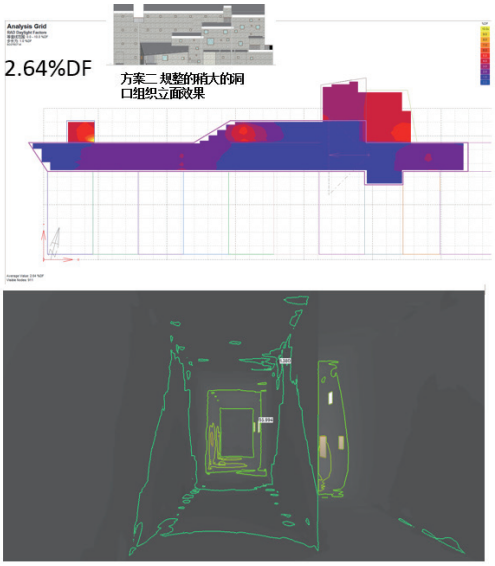

图18 方案二 - 一层平面走道与楼梯空间自然采光模拟

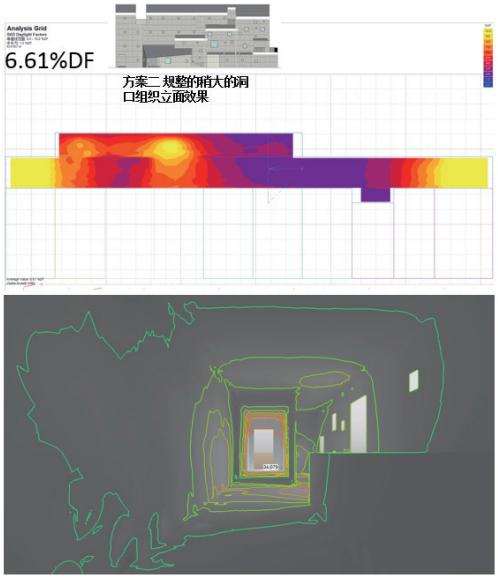

图19 方案二 - 二层平面走道与楼梯空间自然采光模拟

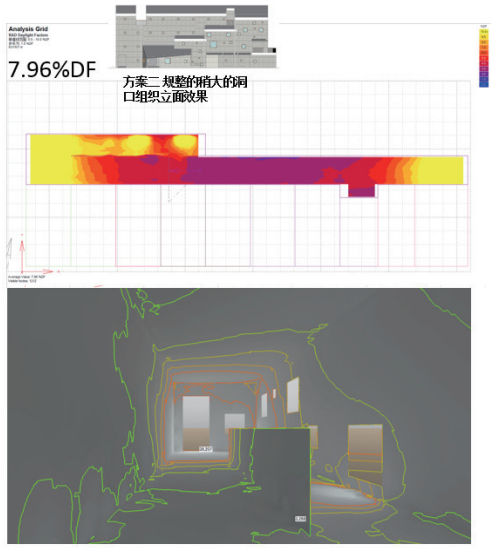

图20 方案二 - 三层平面走道与楼梯空间自然采光模拟

经模拟分析，方案二在自然采光条件下，室内照度要优于方案一，并且各个界面的受光更加均匀，相较于方案一，这样的光环境更适合人员较多的公共建筑。但是每层的平均采光系数都远远大于1%Df最低标准，中建西南院的方案还有进一步优化的可能性。

同时，北侧楼梯的采光窗色彩丰富，几何形式跳跃，改变了单走廊的封闭空间模式，给成长中的孩子们提供多层次的心理感受与空间体验。北立面错落的洞口从不同角度将光线洒入室内，柔和而温暖。

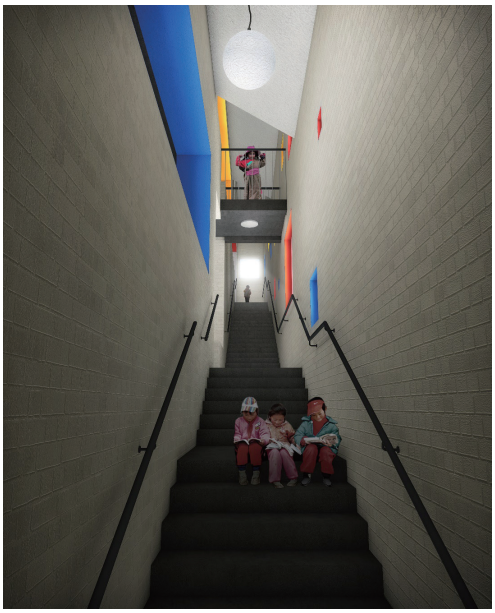

图21 北侧楼梯采光窗色彩及空间几何示意

3、基于BIM模型模拟分析指导建筑内部的照明设计

建筑室内照明设计，中建西南院充分利用BIM设计模型进行室内照明模拟，并通过模型模拟结果返回数据指导最终的照明设计。

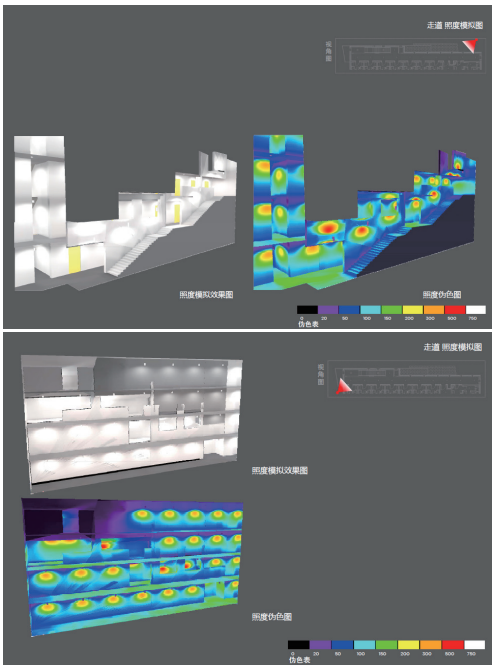

图22 走廊与楼梯空间的模拟与优化

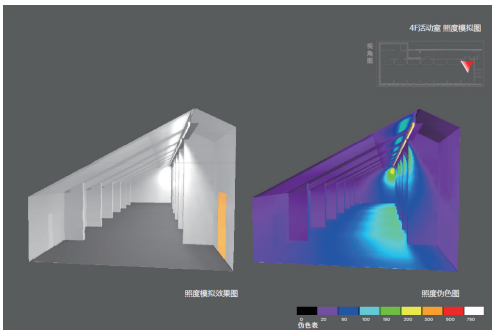

图23 屋顶活动室照明模拟与设计

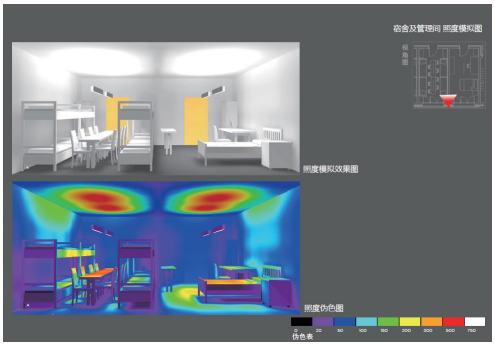

图24 宿舍及管理用房的模拟与设计

4、通过BIM协同对方案细部进行优化

BIM设计基于三维协同平台，因此设计各专业在协同设计时，该项目在保证原有设计功能实现的程度上最大限度在方案细部优化到极致，从而理性的指导设计。

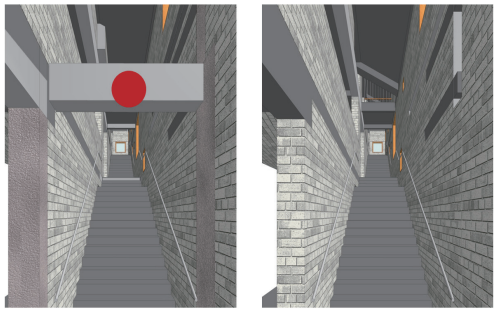
图25 方案细部调整优化

项目体会

通过对模型的性能化分析优化原有设计思路，最终以示范项目的形式通过优化设计流程，将BIM优势与传统设计充分融合，从而达到优化整个设计过程的目标，在低造价，低技术，低成本维护的前提下充分利用自然资源， 重视节能保温，实现舒适居住，进而能影响关于高寒地区建筑建造标准的制定及当地低碳策略的选用。

该项目BIM技术的集中使用，不仅跳脱出了传统设计模式及思维，通过三维可视化设计提升了各专业间沟通效率，基于BIM参数化设计的特点及优势，充分考虑模型在施工阶段的应用，由于该项目地理位置、技术力量薄弱等特殊性，实现低成本投入目标，该项目的施工图全是基于BIM三维设计而成，从方案到施工只出唯一一版高质量施工图，项目施工阶段设计零变更，因此设计阶段对BIM应用前期阶段做好充分策划是最终成果满足施工阶段的应用要求关键因素，同时BIM设计模型也为当地施工人员充分理解设计意图，避免因当地施工人员对设计意图认识错误导致工程成本增加及安全事故发生。