

「空间·源」

极限山地环境中校园综合功能的空间集成模式研究——以武夷山二中综合楼为例

陈乃益, 何柯*

华侨大学 建筑学院 福建 厦门 361000

摘要: 由于我国城镇化进程加快、教育资源投入持续增加,故我国中小学校园建设需求十分突出。而我国丘陵、山地面积占比较大,适宜建设的平坦用地日趋稀缺,因此大量校园建设项目不得不向高差大、坡度陡的“极限山地环境”拓展。由此自然地引出一个现实而紧迫的问题:如何在极限条件下高效、集约地建设高品质校园。因此,本文以福建省武夷山第二中学综合楼设计项目为典型案例,系统、严谨地运用设计科学研究方法,考察坡度约18%,高差近5米的极限山地条件下教育建筑综合体与地形有机融合的种种可能性,提出了“地形耦合、竖向编织、核心激活、技术赋能”的设计框架,并由此归纳出“顺势、融合、模块”三种功能集成模式及其明确的适用条件。更难得的是,文章从土方量、空间效率、采光性能诸种维度做了扎实的量化分析(土方节省率26.2%),并与同类建成案例做了直接对比,充分验证了所提设计策略的有效性。结论十分清楚:垂直分层与水平复合相结合的功能集成模式,配合阶梯广场、架空层、屋顶景观诸种空间节点,是高效利用极限山地土地资源、创造有活力、有归属感的校园公共空间的最佳方式。因此,本文对同类极限山地条件下的校园综合体设计有极强的理论价值和极好的实践借鉴意义。

关键词: 极限山地环境;功能集成;校园综合体;空间适应性

1 研究背景

1.1 山地城镇校园建设用地日趋紧张

随着我国城镇化进程的深入推进以及国家对教育事业投入的持续加大,中小学校园的新建与改扩建需求呈现快速增长态势。然而,在我国福建、浙江、重庆、贵州等丘陵、山地面积占比较高的省份,城镇适宜建设的平坦土地资源已十分稀缺。城市发展不得不向地质条件复杂、坡度陡峭的“非建

设用地”拓展,校园建设亦不例外。武夷山市地处闽北山区,受地形限制,城区可用建设用地高度紧张。武夷山第二中学(以下简称“武夷山二中”)的校园扩建项目,即面临典型的“极限山地”挑战:新综合楼需建于校园南侧一片坡度约18%、高差近5米的坡地之上。如何在保障安全、功能完善与空间品质的前提下,实现建筑与极限地形的有机融合,是此类项目亟需解决的核心问题。

通讯作者: 何柯 **单位:** 华侨大学 建筑学院 福建 厦门

收稿日期: 2025-02-06 **录用日期:** 2025-04-25

DOI: <https://doi.org/10.58244/spatium.263827>

1.2 极限山地环境的设计挑战

与平地建筑相比, 极限山地环境中的校园设计面临多重挑战。

一, 由于大挖大填使土方工程成本大大增加, 故而大挖大填必然带来滑坡、水土流失诸种工程经济性问题。

二, 由于地形复杂, 故功能组织时必然遇到功能布局自由度受限的问题, 因此把报告厅、普通教室、专用教室诸种层高、采光、私密性要求不同的空间合理落位十分困难。

由于高差使步行距离感增大, 故空间可达性、安全性都存在问题, 因此无障碍设计难度很大, 消防疏散路线宜作专门考虑。

三, 由于空间活力的问题, 故而很自然地引出传统山地建筑中常见的挡土墙、长台阶诸种“剩余空间”本身消极乏味, 要将其变为有利于师生交往、能激发空间活力的场所, 才是提高校园品质的关键。

1.3 集约化与品质化并重的校园建设趋势

由于土地资源处于紧约束状态, 故“向山要地”是必然选择, 但是绝不可因此损害校园空间品质。而今当代校园设计已经从单一的“功能容器”向“教育综合体”做了十分明确、有层次的转变, 即追求功能复合、空间共享、环境育人。因此, 探索适合极限山地环境、能兼顾土地集约利用与空间品质营造的设计模式有极强的现实紧迫性及理论价值。

2 研究对象及概念

2.1 研究对象

本文以福建省武夷山二中综合楼设计项目为研究样本, 十分清楚、有逻辑地说明了该项目在高差约4.8米、平均坡度约18%的坡地之上建造总

建筑面积约12000平方米的综合性教学建筑, 其功能包括普通教室、艺术专用教室、航天航空及射击教学区、1000人报告厅及办公辅助用房。由于该项目是极限山地校园综合体设计中典型矛盾最集中的实例, 故以该项目为依托所得的结论必然十分有针对性, 也极有示范价值。

2.2 概念界定

2.2.1 极限山地环境

由于要厘清研究范围, 故先对“极限山地环境”作明确、妥帖的界定。校园建筑语境下符合下列任两项及以上的条件的场地即为极限山地环境。

(1) 由于场地平均坡度大于或等于15%, 故可自然、妥帖地写出如下表述。

(2) 由于场地内最大高差 $\geq 5\text{m}$, 故此处宜注明所取建筑基底面积 $\leq 5000\text{m}^2$ 。

(3) 由于可建设用地中平整区域的面积占比不超过30%, 故可很自然地写出下面的表达式。

(4) 由于地质条件为强风化岩层或高压缩性黏土, 因此宜做特殊地基处理。

(5) 由于场址处在生态敏感区, 即坡度大于 25° 的林地区域, 因此宜予以特别保护。

2.2.2 校园综合体

把传统校园中分散布置的普通教学、专用教学、行政办公、文体活动、公共交流诸种功能空间, 以水平或垂直的方式高度集约、有层次地组织于一栋或若干栋建筑之中, 因此复合型教育建筑最典型的特征是功能复合、空间共享、流线高效。

2.2.3 功能集成模式

即在给定场地及功能条件的前提下, 对建筑中各功能单元的布局、组合、连接方式作类型化的概括, 因此它实际上是连接宏观设计策略与微观空间操作的良好中介, 也自然具有可描述、可比较、可复用诸种特征。故本文拟系统、妥帖地归纳“顺势”“融合”“模块”三种基本模式。

3 国内外研究综述

3.1 山地建筑地形适配理论

本理论以麦克哈格(I. L. McHarg)的《设计结合自然》及卢济威、王海松的《山地建筑设计》为典型代表,十分清楚、有层次地论证了建筑设计宜顺应原始地形,以建筑形式与等高线“耦合”的方式最大限度地减少土方开挖及生态扰动,把地形高差主动、合理地转化为空间组织的优势,诸如错层、跌落式庭院、天然看台等皆为此极好示范。因此,该理论自然而然地成为本文所论“顺势模式”提出的直接而有力的理论依据,也提供了将4.8m高差从“障碍”变为“资源”的明确方法。

3.2 校园功能复合与空间集约理论

吴良镛先生的“广义建筑学”思想及以后所提出的紧凑校园设计理论都十分清楚、有层次地论证了小地块、高密度条件下以垂直分层、水平复合、空间共享诸种方式提高土地利用效率、激活空间活力,故而很自然地成为本文功能集成基本逻辑极好的理论支撑:即摆脱传统校园中教学、办公、公共活动诸种功能彼此割裂的静态格局,主动创造动态、复合、高效的“校园综合体”模式,也因而为“融合模式”与“模块模式”的构建奠定了扎实的理论基础。

3.3 立体公共空间触媒理论

夏祖华等学者在《城市空间设计》中系统、有层次地提出了触媒理论,即建筑或城市空间中若干节点(交通枢纽、高差转换点、共享中庭)有类似“触媒”的作用,能激活周围空间并促成空间连锁反应,因而切实提高了区域空间的活力。因此该理论自然、妥帖地成为本设计中“核心激活”机制建立的依据:在L形转角、阶梯广场、风雨连廊等处设置开放、多功能的公共空间,以促进新旧建

筑互动、人流有序集散。

4 研究方法和研究内容

4.1 研究方法

由于本文采用了设计科学研究(Design Science Research)方法,故很自然、妥帖地选择了“案例研究+策略提炼+比较验证”的混合路径,由此自然地划分为四个阶段。

阶段一:由于约束识别要以地形图、规范文件、任务书为依据,故宜先对场地的物理、功能、规范诸种约束予以系统分析,再建立“约束-策略”对照矩阵。

阶段二:由于策略生成是按约束矩阵来提出初步设计策略,故宜自然、妥帖地用草图、剖面、流线加以空间验证。

阶段三:对模式进行提炼,即从具体操作中归纳出可复用的功能集成模式,进而自然、合理地确定各类模式的适用条件及空间特性。

阶段四:用比较验证的方法,即选出2~3个已有同类山地校园综合体作对比分析,由此自然、客观地找出本设计之优劣。

4.2 研究内容

由于本文就“如何通过功能与空间的系统性集成,实现极限山地环境中教育建筑综合体与地形的有机融合”的问题有明确的论述,因此本文自然、妥帖地展开后续讨论。

(1)对极限山地校园综合体的设计约束作系统、有层次的识别。

(2)先系统、有层次地提出解决约束问题的设计原则,再据此建立策略框架。

(3)从实践出发归纳、总结可复用的功能集成模式。

(4)用土方节省率、空间复合度诸种量化指标

来论证所论策略的有效性。

(5)从和同类案例比较的角度出发,自然、妥帖地厘清本设计策略的适用条件及推广价值。

5 研究目的

本研究旨在达成以下目的:系统、有层次地提出极限山地环境下校园综合功能空间集成模式,继而建立“约束识别-策略生成-量化验证”的设计研究范式,由此自然、妥帖地引出武夷山二中项目的实践,最终总结出适用于极限山地条件的校园建设的普适性设计策略。

5.1 研究意义

理论意义:本文把“极限山地环境”从一般的“山地环境”中很好地分离出来,因而自然、妥帖地丰富了山地建筑类型学,又把“功能集成”从“空间复合”的技术层面提升到“地形-功能-空间”协同的系统层面,由此提出“地从耦合、竖向编织、核心激活、技术赋能”的设计框架,对校园综合体设计理论有极好的补充。

实践意义:由于本文以武夷山二中真实项目为载体,故所得到的设计成果(方案图纸、量化数据、策略总结)能自然、妥帖地指导该项目的深化设计,而更难得的是文中系统、严谨提炼出的三种功能

集成模式及其适用条件,对我国广大山地城镇中诸多类似困境的中小校园建设都有直接的借鉴价值,因而有利于推进节约集约型、环境友好型校园建设,切实提高山地城镇公共建筑的质量。

6 山地校园综合体案例分析与经验总结

6.1 山地校园综合楼案例

6.1.1 重庆巴蜀中学(张家花园校区)

本项目的核心点在于在面积有限、成本受限、周边约束众多的条件下,如何创造最大化的校园使用空间。该校校区位于重庆市中心一处高差约12米的山坡上。设计采用了“多台地+垂直电梯”的策略,将建筑群划分为几个主要的台地,各台地之间通过长台阶和观光电梯连接。报告厅、体育馆等大空间独立设置在较低台地,教学区位于较高台地。整座校园中有三个重要节点。

第一个节点位于学校东南角位置,是学生通往食堂的必经之路,该场地面积虽不足千平,但场地内关系错综复杂,需要解决的问题较多,包括学校内部场地与一旁的居民楼共用一道墙壁,且墙壁老旧并分布着裸露的生活管道;老旧居民楼留下的地基挡墙横跨在场地中央无法改动;高差形成的楼梯挡墙立面老旧;地面铺装破损严重;现场老



图1 重庆巴蜀中学东南角现状(图片来源于 good 设计网)



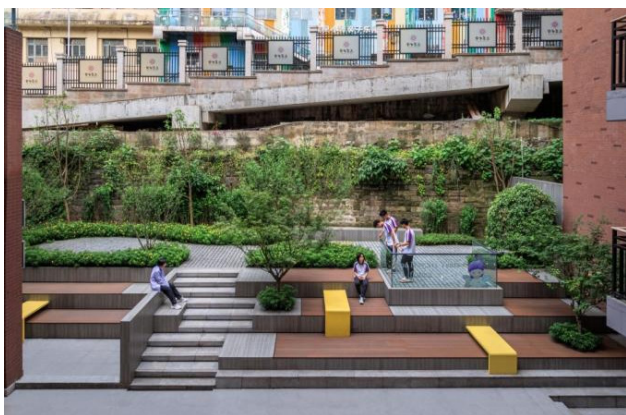


图2. 重庆巴蜀中学转角花园 (图片来源于 good 设计网)

黄桷树需要保留, 需要考虑合理的保留方式。作为通往食堂的必经之路, 设计保留原高差与动线, 不作过多的改动, 仅更新地面铺装。与居民楼共用墙体之间, 还补植一面红砖肌理景墙, 既隔音又让界面与校园红砖主楼同频呼吸。在墙腰黄金视线带上嵌入连续文化展板, 弘扬学校历史与文化传播, 顶部窄光束射灯洗亮画面, 底部落地长凳供人稍歇。使通行效率、界面美化、文化浸润的需求同步达成。(图1)

第二个节点位于学校以北沿华福路一侧的狭长边角地带, 情况较为复杂, 需要满足对空地的利用及高差挡墙的处理。该场地现状呈现出两点明显的问题, 教学楼平台与围栏之间绿化带裸露, 缺乏植被, 雨天积泥, 晴天扬尘; 教学楼中庭空地闲置, 场地利用率不足。针对这些问题, 也做了相当

多的设计, 比如形成沙龙空间, 从而形成在教学楼中庭围合而成的“留白处”, 让学生的休闲与自然体验同步刷新。(图2)

第三个节点位于学校西北侧, 该区域是学校拆改重建的重点区域, 周边居民楼林立, 与学校紧密相连, 拆改难度较大, 现场情况较为复杂。场地整体呈南高北低, 高差15M, 堡坎高差约3M; 边界围墙高度样式不统一、功能性薄弱、边角空间利用率低; 电线外露、墙上铁架、地面坑洼等存在安全隐患。设计上通过保留原场地的大树根, 统一的红砖矮墙顺着边缘围合, 内侧嵌设多层敞开书架, 形成图书露天摆放, 随取随还; 地面以白色年轮曲线轻轻划分, 像摊开的稿纸, 把树荫、文字与脚步收进同一画面, 大树书吧仿佛一间没有门禁、永不闭馆的林下自习室。同时为了顺应解决解决高差问题, 将梯段节奏化: 每三级嵌入一道宽缓踏面, 把坡面折成层层退台的弧形看台, 顺势把视线轻轻收拢。红砖围墙的转角被转译为了一座“可呼吸”的科普互动墙, 凹凸模块与镂空格架让知识像展品一样可看、可触、可及; 墙根再铺设一片木平台, 自然围合成面朝绿意的微型舞台, 让看台、花池、舞台因高差而自然咬合。学生背对植栽落座, 课间十分钟就能在此拉开一场即兴演出。(图3)

将高差转译为台阶剧场, 把围墙折成文化展面, 设计用最小的干预把“剩余空间”改写成一整



图3. 重庆巴蜀中学阶梯剧场 (图片来源于 good 设计网)





图4. 校园庭院展示图（图片来源于 good 设计网）

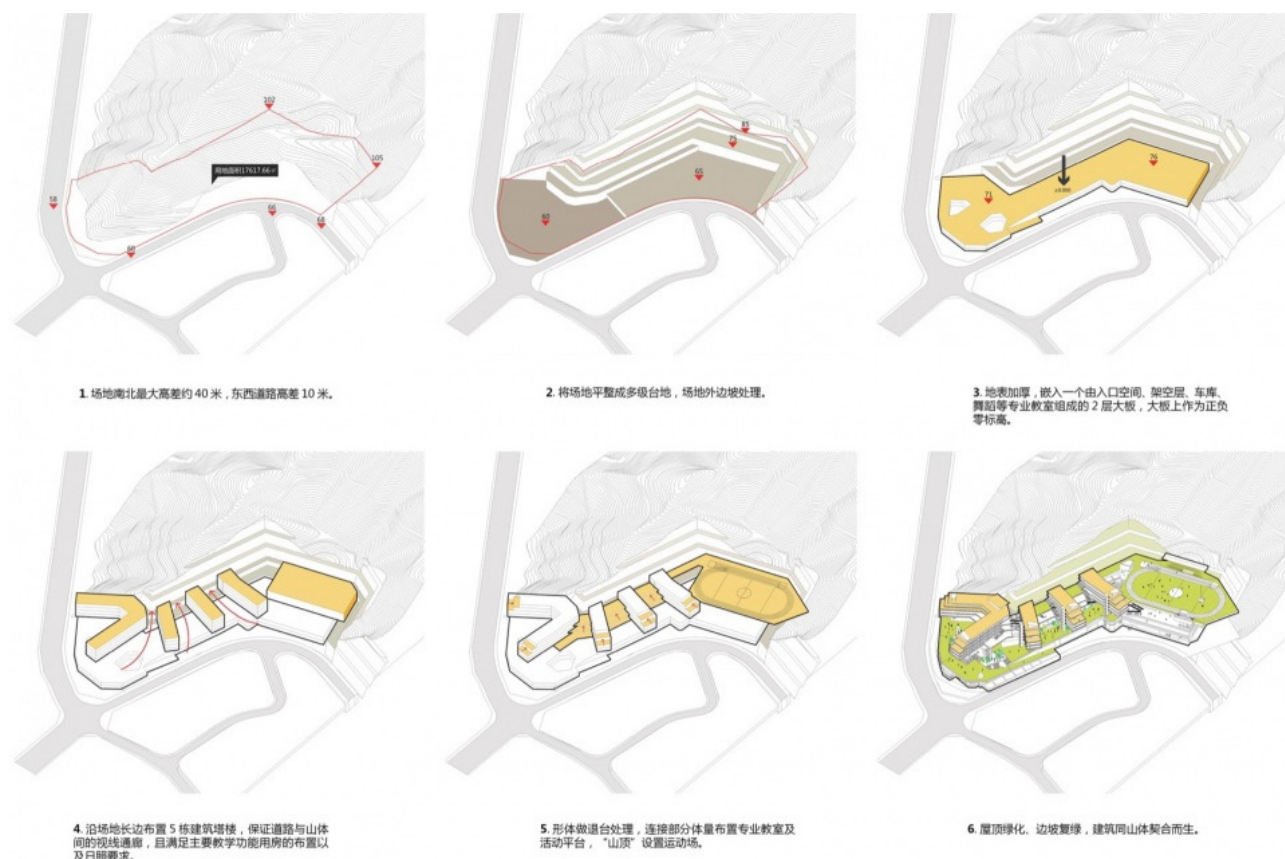


图5. 校园逻辑生成分析图（图片来源于 good 设计网）

套“分时共享”的校园界面：通行、展示、阅读、表演、休憩五幕剧本在同一条动线上无缝切换。材料让记忆可触，灯光让时间可感，植栽让季节可读；设施不再占用场地，而是激活场地，把课间十分钟、午休半小时、黄昏一刻钟统统变成可以“预约”

的微型事件。

6.1.2 深圳福田区实验教育集团侨香学校（北校区）

本项目从人与环境的关系入手，将建筑作为景观，从场地中生长，融于环境，创造一种感知自然、绿色生态的教学空间。同时充分利用大都市为数



图6. 校园庭院展示图(图片来源于 goood 设计网)

不多的土地,“加厚”地表空间,创造多维空间的高效利用。福田区实验教育集团侨香学校北校区(原名福龙学校)位于深圳市福田区莲塘尾一路,背靠塘朗山,用地面积17617.66平方米,总建筑面积44249平方米,办学规模为48班的九年一贯制学校。由于用地位于半山坡上,呈东西向展开,最大高差约40米。(图4)

校园原始用地拥有优良的自然环境,为了减少土方开挖对自然环境的破坏,项目将场地梳理成多级“台地”,通过垂直挡墙和向红线外放坡以削弱边坡与建筑之间的相互影响。整体规划因地制宜,以“地下”平行等高线退台式的大板结构,地上垂直于山体登高线的教学楼组成。人工雕琢的边坡挡墙进行生态复绿,使建筑似从山体中“生长”出来,弱化建筑体量使其融于环境,并结合整体建筑立面水平线条和花池,使得建筑更加生态,且具有良好的景观视野。(图5)

从主入口广场到中心集会庭院,校园动线好似参观一座山地公园,在“上山”路径上相继经过7个不同标高的庭院空间,为学生提供弹性多样的室外活动场所。同时,这些庭院也带来了独特的景观体验,让学生们在步移景异的漫步中感受大自然的美好。项目意在营造亲近自然的教学体验空间。人行主入口结合市政道路转角,设计较大的入口接



送广场,并提供了无风雨的休憩等候空间。(图6)

由于场地条件的限制,如何创造4.4万平方米的建筑面积是一个具有挑战性的任务。为此,方案设计借助原山地高差形成的台地,在底层嵌入一个由架空活动、车库、音乐舞蹈等功能教室组合成的大板空间,将正负零抬高了10米。大板上作为校园公共活动平台,是校园实际的正负零标高,可以上消防车进行登高扑救,以解决高密校园的消防问题。板上的五栋教学楼和一栋综合楼,均在不同标高上展开,形成多维立体,丰富多样的山地校园空间体验。(图7)

考虑到本案山地校园活动场地的稀缺,无论是底层大板屋面,还是教学楼与综合楼的退台屋顶



图7. 校园“大板”空间效果图(图片来源于 goood 设计网)

空间,都被充分利用起来,作为师生活动休憩的景观活动平台。“云顶”运动场被边坡绿化环绕,设有200米跑道操场和看台,为学生提供一个亲近自然的山林运动体验。大板上的彩色平台,为低幼年级就近提供趣味的户外活动场地。屋顶退台花园,拥有绝佳景观视野,同时对于周边高层社区形成良好的第五立面。

通过融入自然环境的设计策略,巧妙利用地表空间加厚创造多维立体的山地校园,使本校成为一个与自然和谐共生的“云端书院”。我们希望这里独特的空间环境,成为学习灵感的滋养之地,激发学生们的创造力和探索精神。师生们可以在这里感受大自然的美好,享受云端乐园的舒适与宁静。

6.2 经验总结

从本次设计实践可以很自然、妥帖地总结出四大实操经验,而所有成功的山地建筑案例都把地形当作设计资源来对待,故能顺应高差、贴合场地肌理,由此获得既实用又富于变化的空间效果。

功能集成要贯彻集约、留白的原则,因此设计时宜预留中庭、连廊诸种共享空间,既作功能区域的缓冲,也利于激活空间气氛,二者互为补充。

垂直交通是山地建筑中解决高差可达性的基本手段,同时也是组织空间序列、安排公共活动的重要媒介,故其合理设计必然有利于提高空间效率及品质。

“多层次”是极限山地建筑十分突出、明确的设计亮点,而以天然高差使建筑各层直接连通室外,因此其底层空间价值及公共活力都得到了充分提高,武夷山二中项目是该思路极好的示范。

7 场地解读与设计需求

项目选址位于福建省南平市武夷山市第二中学校区内,用地位于校区南侧,紧邻入口大门,建



图8. 武夷山二中现状图(图片来源于百度地图)

筑用地面积 3519.17 m^2 。基地北邻校区阶梯式布局的既有教学楼,西接入口大门与圆形景观广场,南侧为一条 $12\sim 24\text{ m}$ 宽的城市道路(前往武夷二中的唯一交通要道),东侧毗邻一处房地产开发用地。项目拟建一栋约 12000 m^2 的综合性教学建筑,功能涵盖:普通教室、专用艺术教室(舞蹈、声乐、美术)、航天航空教学区、射击教学区、1000人报告厅、办公及辅助用房。(图8)

校园现状交通组织以入口处道路为主干,但场地内部缺乏连接新老建筑的有效路径。设计需满足消防疏散要求,报告厅需在8分钟内完成1000人疏散。

7.1 设计约束的系统识别

设计约束的系统识别需立足场地实际,通过实地调研与相关规范逐一对照排查,梳理出四大类核心约束。场地地形带来的约束最为突出,整体高差达4.8米,呈现西南低、东北高的地势特点,平均坡度约18%;场地东侧与北侧分布着自然山体植被,为保护生态环境需尽可能保留原貌。若对场地进行全面平整,经估算挖方量约为4200立方米(按平均挖深1.2米计算),不仅会产生高额的土方外运成本,还会严重破坏周边生态肌理。

功能层面的约束则围绕各类空间的使用需求展开,差异显著且需重点兼顾。报告厅要求净高不低于8米,且需打造无柱大空间,若将其设置在

一层,可借助场地天然高差减少建筑埋深,降低施工难度与成本;艺术教室对噪声极为敏感,需远离南侧城市道路以规避噪声干扰,但同时又要满足采光标准,兼顾使用舒适度,但南侧主要是小型居民区,噪音影响较小,因此相对与北侧的既有建筑产生采光矛盾,置于南侧更加合理;航天航空教学区需要较大的展示空间,且空间需具备灵活分隔的能力,以适配不同教学场景的需求。

规范约束是设计合规性的核心保障,需严格遵循相关要求。建筑控制线与用地红线的间距需不小于4米,确保建筑布局符合用地规划;消防车道宽度需达到4米以上,转弯半径不小于9米,且需形成环形消防车道或尽头式回车场,保障消防疏散安全;既有教学楼需满足冬至日满窗日照不低于2小时的标准,新建建筑布局需避开既有教学楼的日照范围,不得产生遮挡。

文化与环境约束则聚焦建筑与场地和既有建筑的协调性。既有教学楼采用青砖墙面、带瓦坡屋顶的风格,新建建筑需在材质选择、色彩搭配上与之呼应协调,保持校园整体风貌统一。同时,设计需尽可能保留场地内原有的乔木植被,减少对场地原生环境的破坏,营造生态、自然的校园氛围。

7.2 挑战归纳

从所列诸种约束出发,很自然、合理地归纳出四个设计问题。

1. 高差处理与土方平衡:从4.8m高差中求得

土方量最少而又能使建筑与地形自然契合的设计方案应怎样去做?

2. 功能复合与空间集约:在3519 m² 极限用地上要安排12000 m² 建筑,又要把各功能的使用品质都保证好,应当怎样来解决这个问题?

3. 新旧建筑的整体互动:新综合楼怎样才能和现有教学楼的风格、流线、视线自然地形成有机联系,而不要生硬并置?

4. 立体交通与消防疏散:在有限场地内布置人车分流系统时,怎样才能很好地满足报告厅等大空间的安全疏散要求呢?

8 设计策略与空间生成

按照“约束识别→策略提出→空间验证”的逻辑顺序,系统阐述设计决策过程。

8.1 场地约束识别与多方案比选

由于要明确各项设计决策的问题导向,厘清各策略与相应约束的匹配逻辑,又自然、合理地展示各策略落实后的验证结果,故本文宜构造策略-约束对照表,把约束条件、所选策略及验证结果予以系统整理。(表1)

8.2 策略提出与空间生成

基于L形布局,进一步提出四项核心策略,形成“阶梯·连山—观察·布局—塑核·造景—通廊·串

表 1. 布局对比归纳表

布局形式	估算挖方量 (m ³)	遮挡既有教学楼时长 (冬至日)	功能分区	交通组织	综合评分
一字形 (东西向)	3800	无遮挡	报告厅与教室混合,流线交叉	单一动线,易拥堵	6/10
U形 (开口朝北)	4500	遮挡约 1.5h	分区明确但内院狭小	多动线,但消防困难	5/10
L形 (开口朝东北)	3100	无遮挡	报告厅与教室分离,共享空间充裕	环形流线,人车分流可行	9/10

点”的递进式设计逻辑。

8.2.1 以阶梯连山的方式建立校园、山地两者的空间对话

设计以校园主入口为起点，先沿坡度 1:12 的校园缓坡道到达综合楼一层门厅，门厅作灰空间处理，因而自然、妥帖地模糊了建筑与广场的边界。场地东北侧高差集中处布置两段大阶梯，把入口广场与后山景观平台直接、充分地联系起来，阶梯既是垂直交通手段，本身又是观演、休憩的良好空间。因此其对“如何减少土方”的约束有极好的回应，同时阶梯按原等高线布置，毋需大量填挖。

8.2.2 从布局出发，用约束矩阵来确定功能分区

从场地高差、外部条件两方面出发合理地安排功能布局。

主入口及门厅：由于处在校园主干道西侧，故很有利于大量人流的集散。

报告厅：由于所在位置为场地东侧（场地较高处），故很自然、合理地利用地形高差：报告厅舞台区设于较高地坪，观众席后部设于较低地坪，因而既满足室内抬升视线的要求，又大大减少了土方开挖量。因此报告厅前厅与一层门厅连通，形成共享大厅。

航天航空教学区：由于所在位置在西边，故很自然地利用西侧临近现有教学楼交通枢纽的优势，同时南面布置普通教室，既有利于南向采光，又不会遮挡老教学楼。

艺术教室：由于放在南侧体块二层及以上，故

能较好地避开道路噪声。

最终形成正“L”形体块：由于西翼是航天航空展示区，南翼是艺术教室，东北角有报告厅，因此L形转角很自然地作为交通枢纽。

8.2.3 以塑核造景的方法来布置屋顶及剩余空间，形成景观核心

由于L形建筑与原有教学楼自然围合出一个约 600 m² 的矩形场地，而该处原为坡地，因此设计将其改造成阶梯式景观广场，置于报告厅屋顶之上。屋顶采用密肋梁板结构，覆土厚 300~500mm，种植浅根性灌木及地被植物，土方得到十分合理的利用。故此阶梯广场既是两栋教学建筑之间的衔接空间，也很宜于用作户外课堂、小型集会之用。

8.2.4 以通廊连点的办法来组织立体步行网络

水平连接：由于二层设有风雨连廊，故能很自然、合理地把既有教学楼二层的交通中心连接起来，连廊长 22 m，宽 3 m，有顶盖及侧向挡雨板，因而可全天候使用。

垂直连接：由于建筑内部设置了垂直交通枢纽，又用二层通高的中庭把不同标高的共享空间自然、妥帖地连接起来，故室外宜用阶梯广场、屋顶平台的踏步连接各层出入口。

通过多种策略融合形成了以“一核（阶梯景观广场）、两翼（西翼教学区、南翼艺术区）、多廊（风雨连廊、内部中庭、室外阶梯）”为总体格局的空间结构。

表 2. 策略 - 约束对照验证表

约束	策略	验证结果
高差 4.8m	阶梯顺应等高线，报告厅利用高差	土方节省 26.2%
报告厅大空间需求	置于一层东侧，前厅连通门厅	疏散模拟满足 8 分钟
保证南向采光、不遮挡老楼	教室沿南翼布置，L 形避让	日照模拟满足 2h
消防车规范要求	利用南侧、东侧道路形成闭环	符合规范
与老建筑风格协调	采用青砖外墙、坡屋顶构件	视觉统一

8.3 策略 - 约束对照验证

为清晰呈现每一项设计决策的问题导向,明确各策略与对应约束的匹配逻辑,同时直观展示策略落地后的验证效果,特构建策略-约束对照表,将约束条件、对应设计策略及验证结果进行系统梳理,避免逻辑混乱。(表2)

9 功能集成模式与空间关系

基于上述设计实践,本章提炼出三种适用于极限山地校园综合体的功能集成模式。

9.1 三种集成模式及其适用条件

9.1.1 模式一：顺势 (Topographic Following)

建筑体量顺应地形等高线布置,主要空间标高随地形变化而逐级抬升或降低,利用高差形成室内阶梯、看台、屋顶平台等空间,减少土方干预。本项目中报告厅的室内地坪随场地高差设置——前区(舞台)标高24.0 m,后区(观众席最后一排)标高25.7 m,高差1.7 m恰好形成8排阶梯座位,无需额外填挖。报告厅屋顶顺应地形坡度,形成阶梯形景观广场。

9.1.2 模式二：融合 (Spatial Integration)

将具有开放属性的功能空间(如展览、共享学习、社团活动)与交通空间、门厅、走廊进行边界模糊处理,采用矮隔墙、家具、高差而非封闭隔断划分区域,形成“无墙空间”。本项目中航天航空教学区面积约2800m²,其1200m²为固定教学区(设置模型操作台),1600 m²为开放展示区。展示区与L形转角处的公共走廊(宽4.5 m)直接连通,仅通过地面材质和一组矮书柜暗示分区。该空间可同时容纳航天模型展览、小组讨论、课间休息等多种活动。

9.1.3 模式三：模块 (Modular Zoning)

对需要明确边界、声学隔离、独立管理的功能

(如普通教室、艺术专用教室、办公室),采用标准化的“室空间”模块,沿外廊或内廊单侧或双侧排列。模块尺寸依据规范与人体工学确定,便于重复与灵活调整。本项目中声乐教室模块尺寸为10.8 m×12.0 m(满足60人班额),舞蹈教室模块尺寸为10.8 m×9.0 m(舞蹈教室),美术教室模块尺寸为9.0 m×7.2 m。所有模块沿南侧外廊布置,北侧为走廊与设备管井。外廊宽度2.4m,满足课间通行与临时交谈。

9.2 三种模式的协同关系

在极限山地环境中,三种模式并非孤立使用,而是形成“模块为基、顺势为架、融合为核”的协同关系。具体来说,模块模式解决常规教学空间的标准化与重复性需求,保证基本教学品质;顺势模式利用地形高差容纳大空间功能(报告厅),并将不利地形转化为景观与交通节点;融合模式在模块与顺势的交界处(如L形转角、阶梯广场下方)插入开放、灵活的功能,激活空间活力。在本设计中,三种模式的面积占比为:模块模式约40%(艺术教室),顺势模式约20%(报告厅、屋顶广场),融合模式约40%(航天展示区、中庭、连廊共享区)。

10 设计方案的综合呈现

10.1 总平面布局

最终形成的“L”形建筑布局,西翼为航天航空教学区,南翼为艺术教学区,东北角为报告厅。L形的转角处为垂直交通枢纽和共享大厅。建筑主入口面向西侧校园主干道,次入口面向南侧城市道路。场地东侧和南侧设置环形消防车道,满足消防要求。东侧空地布置地面停车场和绿化。(图9)

10.2 外部空间设计

外部空间形成“一轴(入口缓坡景观轴)、一核

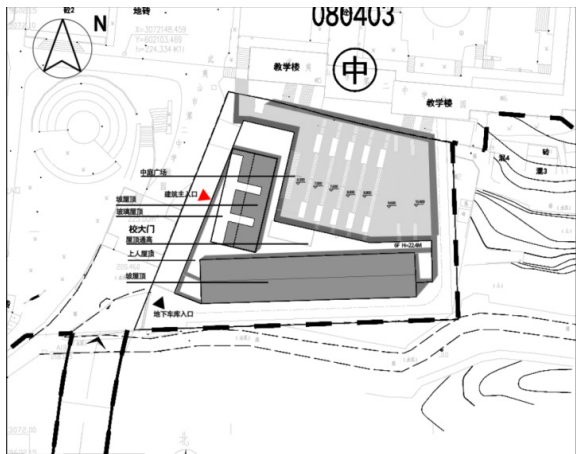


图 9. 武夷山二中综合楼总平面图（图片来源于武夷山二中方案设计）

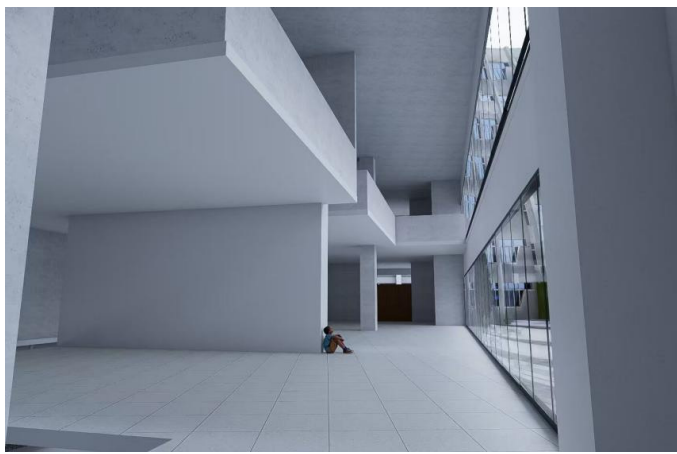


图 10. 武夷山二中综合楼内部效果图（图片来源于武夷山二中方案设计）

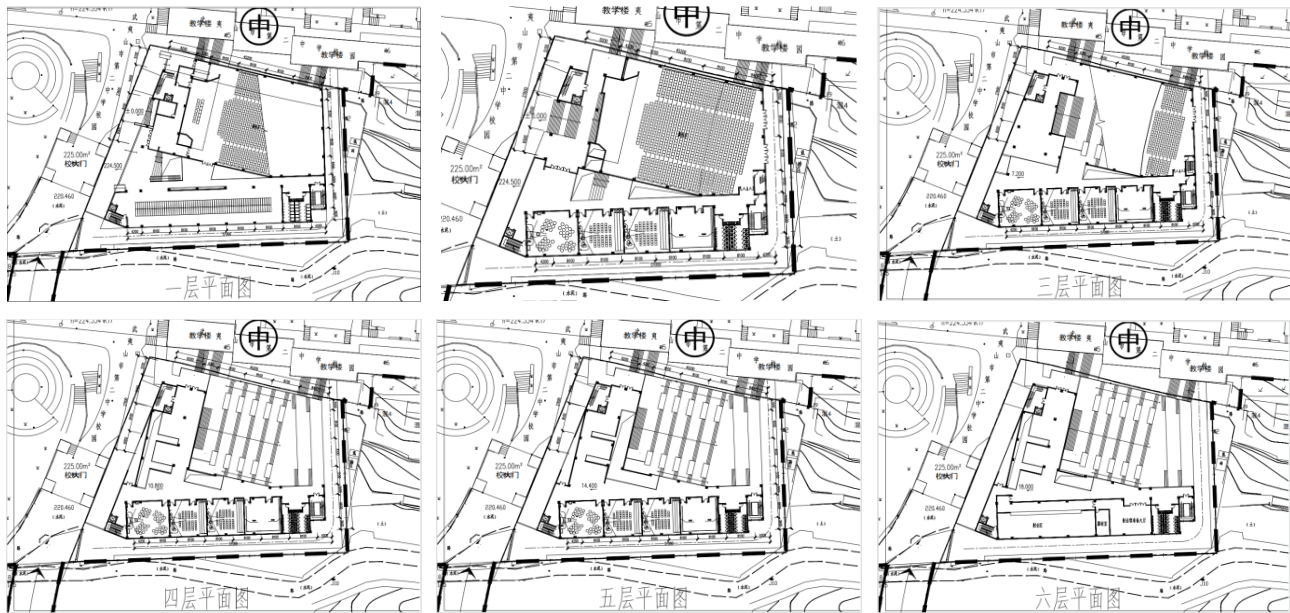


图 11. 武夷山二中综合楼各层平面图（图片来源于武夷山二中方案设计）

（阶梯景观广场‘融园’）、两带（西侧林荫步道、东侧消防环路绿化带）”的结构。设计保留了场地内原有的数棵大樟树，成为广场上的视觉焦点和遮荫点。（图10）

10.3 内部空间与动线组织

内部空间以共享大厅和贯穿上下2-3层的中庭为核心。中庭顶部设天窗，将自然光引入建筑深处。垂直交通由两部楼梯、一部无障碍电梯和

一部客货两用电梯组成。西翼、南翼教学区人流通过L形内廊到达各教室；报告厅人流可独立从南侧入口进入，也可从校园内部通过共享大厅进入。疏散模拟显示，报告厅可在7.5分钟内完成全部人员疏散。（图11）

10.4 建筑形象与细部处理

建筑外立面主材选用青灰色面砖（呼应老建筑青砖）和仿木色铝合金格栅（呼应坡屋顶的木构意



图 12. 武夷山二中综合楼（图片来源于武夷山二中方案设计）

象)。报告厅体量采用局部钢结构外包耐候钢板,形成现代与传统的对比。入口雨棚、连廊、屋顶格栅等构件均采用现代建筑语言,但尺度与色彩与老建筑协调。(图12)

11 结论

研究以福建省武夷山二中综合楼设计为切入点,针对坡度陡、高差大的“极限山地环境”,采用设计科学研究方法,系统探讨了校园综合功能空间集成模式的问题。

第一,研究对极限山地校园综合体设计的诸种约束做了十分清楚、有层次的梳理。先将约束归纳为地形、功能、规范、文化环境四类,由此自然、妥帖地引出高差处理与土方平衡、功能复合与空间集约、新旧建筑互动、立体交通与消防疏散四大核心问题,也为后续分析打好基础。

第二,研究十分自然、有条理地建立了“原则-模式-策略”三层设计方法论框架。在原则层面提出“地从耦合、竖向编织、核心激活、技术赋能”四项基本原则;模式层面总结出“顺势、融合、模块”三种功能集成模式及各自的适用条件;策略层面给出地形、功能、交通、景观四个维度的具体空间操作手法,因而整个框架逻辑清晰,层次分明,极

富可操作性。

第三,从理论上论证了所提出的设计框架的有效性,即武夷山二中项目对设计框架做了十分自然、妥帖的应用,因而能很好地把建筑与极限地形结合起来,量化分析结果也清楚地表明土方节省率已达26.2%,各空间效率、性能指标都达到或超过既定目标。与此后重庆巴蜀中学等同类项目的对比分析互为补充,结论十分明确。

本研究的创新点在于以“极限山地环境”作为独立的研究对象,由此自然、妥帖地提出设计框架,把“功能集成”提到了与“地形适应”同等重要的位置,继而引入可量化的评价指标,因而设计决策有极强的科学性。

本研究主要基于方案阶段的设计成果,缺少建成后的使用后评估(POE),未来可对项目进行跟踪调研,验证设计意图与实际使用效果的吻合度。土方量为估算值,需在施工图设计阶段与结构、岩土专业配合进行精确核算。案例比较受限于公开资料,难以获取完全一致的量化数据进行对比。未来研究可结合参数化设计工具,开发“地形输入→策略生成→性能模拟”的自动化辅助设计系统,使策略体系更加精细化、科学化,并可推广应用于更多类型的山地公共建筑设计中。

参考文献

- [1] 麦克哈格. 设计结合自然[M]. 天津: 天津大学出版社, 2006.
- [2] 肯尼斯·弗兰姆普敦. 建构文化研究[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
- [3] 吴良镛. 广义建筑学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2011.
- [4] 重庆大学. 关于山地建筑设计的地形适应性策略研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2018.
- [5] 中小学校设计规范: GB 50099-2011[S]. 北京:

- 中国建筑工程出版社, 2011.
- [6] 建筑设计防火规范:GB 50016-2014(2018年版)[S]. 北京: 中国计划出版社, 2018.
- [7] 卢济威, 王海松. 山地建筑设计[M]. 北京: 中国建筑工程出版社, 2001.
- [8] 周毅刚, 袁粤. 山地校园设计中的地形适应性策略[J]. 新建筑, 2010(4): 78-82.
- [9] 庄惟敏. 建筑策划导论[M]. 北京: 中国建筑工程出版社, 2016.
- [10] 夏祖华, 黄伟康. 城市空间设计[M]. 南京: 东南大学出版社, 1992.
- [11] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 绿色校园建筑评价标准: GB/T 50640-2010[S]. 北京: 中国建筑工程出版社, 2010.

Research on the Spatial Integration Model of Campus Comprehensive Functions in Extreme Mountainous Environments: A Case Study of the Comprehensive Building of Wuyishan No.2 Middle School

Chen Naiyi, He Ke

Abstract: Due to the accelerated urbanization process and the continuous increase in educational resource investment in our country, the demand for the construction of primary and secondary school campuses is particularly prominent. Moreover, the proportion of hilly and mountainous areas in our country is relatively large, and the available flat land suitable for construction is becoming increasingly scarce. Therefore, a large number of campus construction projects have had to expand to the "extreme mountainous environment" with large height differences and steep slopes. This naturally leads to a realistic and urgent problem: How to efficiently and intensively build high-quality campuses under extreme conditions? Therefore, this article takes the design project of the comprehensive building of Fujian Province's Wuyishan No. 2 Middle School as a typical case, systematically and rigorously applying design science research methods to investigate the various possibilities of the organic integration of educational building complexes with the terrain under the condition of a slope of approximately 18% and a height difference of nearly 5 meters. It proposes a design framework of "terrain coupling, vertical weaving, core activation, and technical empowerment", and thereby summarizes the three functional integration modes of "following the trend, integration, and modules" and their clear applicable conditions. What's more remarkable is that the article conducts a solid quantitative analysis from various dimensions such as earthwork volume, space efficiency, and lighting performance (with a 26.2% reduction in earthwork volume), and makes a direct comparison with similar completed cases, fully verifying the effectiveness of the proposed design strategies. The conclusion is very clear: The functional integration mode combining vertical stratification and horizontal combination, combined with various spatial nodes such as stepped squares, mezzanines, and roof landscapes, is the best way to efficiently utilize the land resources of extreme mountainous areas and create dynamic and belonging-oriented campus public spaces. Therefore, this article has strong theoretical value and excellent practical reference significance for the design of campus complexes under similar extreme mountainous conditions.

Keywords: Extreme mountainous environment; Functional integration; Campus complex; Spatial adaptability
