

# 风景园林竖向的 数字化策略

李利 李志刚 著

PARAMETRIC FABRICATION  
IN LANDSCAPE ELEVATION DESIGN

中国环境工业出版社

# 风景园林竖向的数字化策略

PARAMETRIC FABRICATION IN LANDSCAPE ELEVATION DESIGN

李 利 李志刚 著

中国建筑工程出版社

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

风景园林竖向的数字化策略 / 李利, 李志刚著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2015.12

ISBN 978-7-112-18971-7

I. ①风… II. ①李… ②李… III. ①园林设计—数字化 IV. ①TU986.2-39

中国版本图书馆CIP数据核字 (2016) 第004925号

本书由国家自然科学基金青年项目“风景园林场地设计的智能化管控与应用研究”(批准号: 51408025)资助, 感谢国家自然科学基金委员会的资助。

责任编辑: 张 建 张 明

责任校对: 王宇枢 焦 乐

## 风景园林竖向的数字化策略

李 利 李志刚 著

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京锋尚制版有限公司制版

北京富诚彩色印刷有限公司印刷

\*

开本: 787×960毫米 1/16 印张: 9 字数: 165千字

2018年3月第一版 2018年3月第一次印刷

定价: 36.00元

ISBN 978-7-112-18971-7

(28225)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

( 邮政编码 100037 )

数字技术作为各个领域前沿的技术工具之一，其发展将极大地提升和扩展了人类的能力边界，对促进技术创新、提升国家竞争优势乃至推动人类社会的发展产生了深远影响。我国在关于数字技术领域的基础研究积累、应用实践经验和科技创新等方面也加大了探索的步伐。其中数字技术与风景园林规划设计的结合是探索智慧景观的重要途径，而竖向设计作为风景园林最基本也是最重要的设计环节一直受到人们的普遍关注。如何将场地竖向中环境因子直观、准确地融入设计过程当中，为设计提供科学依据，成为业界亟待解决的课题。当前高效、精确、智能化的地理信息技术为风景园林竖向设计带来契机。

早在20世纪后期，瑞士联邦理工学院景观与空间规划研究所Eckart Lange博士运用数字技术对现状场地进行可视化建模，动态模拟自然的演变过程，为瑞士中部山区一处旅游胜地水库的选址和空间形式处理提供依据。之后他又主要针对大尺度景观及其环境因子，建立虚拟景观可视化模型，并对其进行理性评价分析，以此探索人类如何影响环境的变化，风景园林与环境规划带来的人文景观变迁，研究更为广泛。近年来，信息技术在设计领域中的应用使得越来越多的专业人员开始致力于实现无纸化的数字设计工作流程（分析评价、设计优化、成果提交与建造管理），研究主要集中在景观建模、地理设计、环境设计、交互式虚拟现实及景观可视化、风景园林设计中新媒体技术的运用以及数字景观设计教育等。德国安哈尔特大学（Anhalt University），每年举办一次关于数字景观（DLA）的国际会议，主要探讨信息技术在风景园林场地设计中的应用和发展，为相关领域研究人员提供了一个国际化交流、研究平台。

以上数字技术在风景园林领域探索为本书的研究提供了坚实的基础，本书试图将数字技术直接运用于风景园林竖向营造的过程，包括竖向设计参数因子的选择、分类及其相关性分析；数字技术平台构建和操作流程；竖向设计的数字化建模、设计方案的优化；场地生态、水文、设施、风景资源等竖向设计因子的整体协同营造策略等。最后介绍了一个相关的联合教学实践项目，该项目是瑞士HSR拉帕斯维尔应用科技大学Peter Petschek教

授与东南大学联合开设的一门风景园林技术课程。

本书关于风景园林竖向设计的相关理论思想、营造策略、工作流程和设计方法等研究仅仅是一个开始，探索的空间非常广阔。希望这一研究领域能够受到更多研究者的关注、交流，也期待与各位有识之士共同进行更为深入研究。

李利

2018年春于北京建筑大学





# 目 录

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 前言.....                 | III |
| 1 引论.....               | 1   |
| 1.1 风景园林设计走向理性.....     | 1   |
| 1.1.1 数字化设计的必要性.....    | 2   |
| 1.1.2 数字化设计的前景.....     | 2   |
| 1.2 数字化设计的高效与协同.....    | 3   |
| 1.3 数字化设计的操作流程及其管控..... | 3   |
| 1.3.1 数字化操作流程.....      | 3   |
| 1.3.2 设计的数字化管控.....     | 5   |
| 2 竖向设计参数系统.....         | 7   |
| 2.1 竖向营造空间.....         | 7   |
| 2.1.1 地形的分类.....        | 7   |
| 2.1.2 地形的模拟方法.....      | 9   |
| 2.1.3 竖向/地形与空间的关系.....  | 9   |
| 2.1.4 竖向与空间相关参数.....    | 10  |
| 2.2 绿化栽植的竖向要求.....      | 13  |
| 2.2.1 植物的立地条件与竖向.....   | 13  |
| 2.2.2 绿化栽植相关的竖向参数.....  | 17  |
| 2.3 景观建筑选址及场地竖向设计.....  | 19  |
| 2.3.1 景观建筑选址与竖向.....    | 19  |
| 2.3.2 道路及广场竖向设计.....    | 23  |
| 2.4 风景园林水系竖向设计.....     | 29  |
| 2.4.1 场地排水竖向设计.....     | 30  |
| 2.4.2 园林水系竖向设计.....     | 30  |
| 2.5 竖向与土方量平衡.....       | 39  |

|          |                            |           |
|----------|----------------------------|-----------|
| 2.5.1    | 土方工程概述.....                | 39        |
| 2.5.2    | 土方相关参数.....                | 41        |
| <b>3</b> | <b>数字化设计平台.....</b>        | <b>43</b> |
| 3.1      | 硬件平台的搭建.....               | 44        |
| 3.1.1    | 无人机航空测绘系统.....             | 44        |
| 3.1.2    | 便携式眼动仪（Tobii Glasses）..... | 45        |
| 3.1.3    | 数据手套（CyberGlove）.....      | 46        |
| 3.1.4    | 其他信息采集、分析、输出设备.....        | 47        |
| 3.2      | 软件平台的搭建与整合.....            | 47        |
| 3.2.1    | Autodesk平台.....            | 48        |
| 3.2.2    | GIS平台.....                 | 50        |
| 3.2.3    | 其他相关软件的协作.....             | 52        |
| 3.3      | 软件平台的本地化开发.....            | 53        |
| 3.3.1    | 鸿业工业总图设计软件.....            | 53        |
| 3.3.2    | PKPM园林景观配置方案.....          | 54        |
| <b>4</b> | <b>竖向设计的数字化实践.....</b>     | <b>57</b> |
| 4.1      | 确定竖向设计主要任务.....            | 57        |
| 4.2      | 现场调研与资料处理.....             | 59        |
| 4.2.1    | 现场调研.....                  | 59        |
| 4.2.2    | 资料处理.....                  | 61        |
| 4.3      | 建立现状数字地形模型.....            | 62        |
| 4.4      | 初步分析.....                  | 63        |
| 4.5      | 交互式数字化竖向设计.....            | 66        |
| 4.5.1    | 水系的确定.....                 | 66        |
| 4.5.2    | 停车场及建筑选址.....              | 68        |
| 4.5.3    | 绘制道路.....                  | 74        |



|          |                                |            |
|----------|--------------------------------|------------|
| 4.5.4    | 土方量汇总 .....                    | 81         |
| 4.5.5    | 方案比选与优化 .....                  | 81         |
| 4.6      | 小结 .....                       | 81         |
| <b>5</b> | <b>风景园林竖向设计的整体协同 .....</b>     | <b>83</b>  |
| 5.1      | 数字化设计工作流程 .....                | 84         |
| 5.1.1    | 研究区域和数据模型 .....                | 85         |
| 5.1.2    | 基于场地契合度的集成设计 .....             | 87         |
| 5.1.3    | 施工管控与目标评估 .....                | 88         |
| 5.2      | 风景园林竖向设计的整体协同 .....            | 91         |
| 5.2.1    | 地形与其他因子的关联性 .....              | 91         |
| 5.2.2    | 整体协同设计平台 .....                 | 100        |
| 5.3      | 全程可控、交互反馈的竖向设计策略 .....         | 105        |
| 5.3.1    | “场地—设计—场地”的设计方法 .....          | 105        |
| 5.3.2    | “评价—设计—评价”的评价体系 .....          | 107        |
| 5.3.3    | 场地竖向设计方案比选与优化 .....            | 108        |
| <b>6</b> | <b>结论与展望 .....</b>             | <b>113</b> |
|          | <b>参考文献 .....</b>              | <b>114</b> |
|          | <b>图表来源 .....</b>              | <b>117</b> |
|          | <b>附录一：数字化风景园林设计联合教学 .....</b> | <b>119</b> |
|          | <b>附录二：环境影响评估相关因素 .....</b>    | <b>132</b> |
|          | <b>资助情况 .....</b>              | <b>135</b> |

随着全球气候变化研究的深入和发展,人们越来越感到人类活动对环境变化的影响,尤其人类的生存与发展对土地的开发利用以及引起的城市环境系统的一系列突出问题,被认为是全球环境变化的重要组成部分。由此导致的土地利用,特别是大都市区域景观环境系统的持续恶化、城市热岛效应加剧等一系列问题:土地废弃、植被消失,原有生态系统失去了基本的自维持能力,严重地影响了城市生态环境的可持续发展。景观环境和自然生态系统在快速城市化进程中积累或掩盖的矛盾开始激发。一方面,政府可支配开发利用的土地资源渐趋匮乏,城市绿色景观用地逐渐达到饱和,城市自然生态环境的改善难以形成新的增长点;另一方面,城市群尺度下的区域景观系统和自然生态网络被城市建设所打破,生态廊道以及城市绿地系统难以形成完善的网络。

20世纪90年代末至今,我国风景园林建设发生着深刻的变化,原有自然生态环境随着快速城市化进程已被打破,致使当前的风景园林设计仍然没有形成一套较为系统的科学化理论依据与技术方法,以指导设计过程及相关决策。探索符合我国当代国情的风景园林数字化设计方法,将其引向科学集约化设计理论与实践便成为当前迫在眉睫的课题。

## 1.1 风景园林设计走向理性

本书以风景园林设计为例,探索数字化风景园林设计理论与方法。场地设计作为风景园林设计中最为重要的环节之一,是风景园林与环境建设的基础,如何将场地中环境因子直观、准确地融入设计过程中,为设计提供科学依据,是设计中面临的问题。

本书从应对和解决这一难题出发,借鉴风景园林、地理学、规划学、生态学、再生研究及综合研究等诸多领域的研究成果,借鉴“地理设计(Geodesign)”的理念,在场地和区域尺度上通过获取全面的地理信息,模拟最佳的景观特征和功能,来解决场地所面临的复杂问题,包括数据模型的建立、分析、表达等,并对风景园林设计过程进行全程动态模拟、优化解决方案、成本控制及其建成后的效益评估进行了系列化的研究,为风景

园林设计过程中环境适宜性评价提供科学依据。其数字化技术的可操作性和直观可视化都能够为风景园林设计的理论探索和实践应用带来显著的经济和社会效益。研究成果对于化解设计的主观性与场地的客观需求之间的矛盾,以及缓解社会发展与环境保护之间的冲突,具有重要的作用。

#### 1.1.1 数字化设计的必要性

风景园林设计是一个满足多目标的、感性与理性相结合的操作过程。如何综合风景园林设计中各构成要素,结合感性思考的同时,建立起一套能够直接指导工程实践的,更加科学全面的操作方法,是当前风景园林行业发展所面临的一个重要课题。当前以数字技术为基础的场地操作策略对于推进风景园林场地设计与建造施工走向科学化具有理论探索和实践应用价值。

(1) 风景园林的数字化设计提供给人们一种全新的规划设计理念和办法,特别是GIS的空间信息综合处理能力与直观表现能力,在处理复杂的自然、社会、人文系统问题时,能帮助人们更好地建立起可操作的全局观念与模拟直观感,从而构建出三维可视化与交互式平台,对推动风景园林设计及其操作方法走向科学化具有重要意义。

(2) 在充分解析原有场地设计各构成要素的基础上,依托相关数字技术平台,在各操作阶段与成果之间建立参数关联,构建响应场地地理生境条件的数字地形模型,形成科学的评测依据和评价指标体系。

(3) 将场地数字地形模型应用于风景园林操作的全生命周期,通过可视化模拟寻求最佳场地契合度的风景园林设计方案。交互式反馈的设计优化与场地操作的科学化管控有效地提高了风景园林工程建设效率,减少成本、降低投资风险。这种直观、精确、高效的数字技术推动风景园林场地操作迈向智能化管控,并极大地拓展了风景园林设计思维的深度和广度。

#### 1.1.2 数字化设计的前景

本书从技术、理论、方法、应用等多个层面对风景园林设计进行全面而系统的研究。包括:数字化平台的搭建、场地环境影响评价、风景园林设计模型构建、设计各个阶段的操作方法、设计目标的确定、多方案比较与优化、设计生成的动态模拟与三维可视化、建成后评估与管理、数字化风景园林设计推广应用。

(1) 拓展理论:基于地理设计的数字化风景园林设计方法是一种将数字信息技术应用于风景园林设计、建造、管理的无纸化工作流程,风景园林场地操作的科学化极大地拓展了当代风景园林数字设计理论。

(2) 完善教学:将研究成果运用于风景园林设计教学,并在水文、植被层面推广。在“悟性教学”的基础上,凸显“理性教学”的价值,实现

在风景园林一级学科背景下,满足风景园林设计人才培养以及全面提升从业人员设计能力(科学化设计与精细化建造)的需求。

(3) 实践应用:通过对风景园林操作的全生命周期进行整体把控,在前期评价、设计、施工、运营等环节建立一个不断优化的操作系统,真正实现无纸化的数字景观工作流程。直观的设计成果以及精细化的施工管理极大地提升了场地操作的精准性及效率。这对于当下普遍实行的设计竞标制度以及方案的优选评判具有重要的意义,其研究成果在风景园林设计与建造领域具有重要的工程应用价值和广阔的市场前景。

## 1.2 数字化设计的高效与协同

本书研究将风景园林设计推向科学化与合理化,在一定程度上可控制且可预见。通过量化技术生成多个设计方案,对场地进行评价,对多方案进行比选和优化。研究的关键目标在于生成分析、评价指标体系,挑选合适的变量,解决设计过程中所遇到的问题,对设计方案进行验证、比选与优化,并进一步结合实施过程及建成效果进行评估,进而对多目标系统的风景园林设计方法进行总结与归纳,构建风景园林设计方法体系。

(1) 试图通过数字化定量的方法对风景园林场地构成要素(坡度、坡向、高程、汇水等)进行数据采集、模拟、分析与评价,构建它们之间的动态关联,为场地操作提供科学的评测方法和评价指标体系。

(2) 依托数字技术平台,高效整合并利用场地自然生态环境资源,构建基于地理生境的数字地形模型,实现风景园林设计的多目标同步整合。

(3) 构建基于多目标系统的风景园林设计方法体系,探索直接指导工程实践的场地操作方法,同时生成多个层面的设计成果,对风景园林场地操作全过程进行管控。这种无纸化的数字景观操作方法极大地提高了风景园林设计的精确性、互动性与可操作性,最终实现科学、直观、高效的风景园林设计目标。

## 1.3 数字化设计的操作流程及其管控

### 1.3.1 数字化操作流程

本书以构建数字化风景园林竖向设计方法为主要研究内容,关注影响自然生态环境的演变过程,并构建起整套基于数字平台技术的风景园林竖向因子评价模型,为风景园林竖向设计过程中环境适宜性评价提供科学依据。采用野外调查、资料搜集、数据统计分析与4S技术有机结合,在场地现状评估、风景园林设计、建造、运营与管理等多个层面进行全面数字化建构与模拟,实现为某一典型特征的风景园林设计提供科学依据和技术支

撑，为建立和完善自然生态与社会经济协调发展提供相关策略。主要开展以下几个方面的研究：

#### （1）场地环境因子的数字化建模

利用ArcGIS技术平台（ArcView、ArcEditor、ArcInfo）和AutoCAD技术平台（Civil3D、Autodesk Map3D与MapGuide等）对场地中的水文、地质、气候、地表径流、地形、植被，以及人为活动的影响等进行全程跟踪，并获取相关的数据化动态信息，为风景园林设计、施工、管理、运营等全方位的决策提供系统化的科学依据。

#### （2）风景园林设计方案的优化

事实上，风景园林设计的整个过程（包括前期的分析与评估、中期多方案之间的比较、设计成果的表达）就是一个不断优化的过程，在设计的过程中实时反馈信息，甚至出具错误报告，并提出改进方案。具体表现在以下两个方面：风景园林设计的多方案比较和设计优化，把过程建设和投资回报分析结合起来，将景观的改变对未来的影响计算出来，形成对生态、空间、功能与文化等多层面、多目标的综合需求。

#### （3）加强工程利益相关方的协调沟通

无论是策划部门、设计单位、施工单位还是业主都可以通过动态的数字模拟来了解工程的进度以及实施过程中遇到的问题，及时找出原因并提出解决方案。风景园林的数字化设计就是要将整个过程都实现可视化，它不仅可以用于效果图的展示及报表的生成，设计过程、建造过程、运营过程中的沟通、讨论、决策也都在可视化状态下方便地进行。

#### （4）建立竖向及其相关环境因子的设计协同

场地竖向及其相关环境因子的设计协同需要对具体的风景园林竖向设计进行特征分析，才能更为科学、合理，例如河流、湖泊等流域景观、城市景观、乡村景观、自然保护区等不同竖向特征类型的生态环境，其设计评价方式和指标具有显著差异。基于风景园林竖向特征描述的动态演变数据模型，为风景园林生态因子评价体系提供了科学依据，并在实际建设的过程中进行动态维护与更新，以确保数据的时效性与准确性。竖向及其相关环境因子的整体协同效应为风景园林实施过程以及未来的发展都能够沿着某种可控的范围演进提供了基本保证，进而使风景园林发挥出高效的潜能。

#### （5）项目建成后的效益评估

风景园林生态因子评价体系包括植被的生长量、乔木的郁闭度、地下水、雨水水质、鸟类、两栖类的物种变化、空气质量、生态系统的演化等。此外，风景园林实践不应仅限于关注场地本身的变化，更要注重对周边自

然生态环境、社会文化和经济效益产生积极的推动作用,并对不同人群带来的积极影响,带动周边社区的发展,提升区域经济活力等综合效益进行全面评估。

### 1.3.2 设计的数字化管控

将数字技术运用于风景园林竖向操作过程中的整个生命周期,发挥工程图纸、虚拟现实与工程数据三者之间的联动机制,对施工建设的工程量计算、运营成本与效益评估进行系统管控,形成交互式反馈的无纸化风景园林竖向操作方法。对风景园林竖向设计的全生命周期进行可操作、可控制、可预见的直观模拟,建立多学科融合的、集“场地现状—景观动态模拟—分析与评估”于一体的动态景观数据模型,为未来场地中自然人文要素的维护、运营、管理、更新与再生提供设计策略,并能够为场地及周边环境中的自然生态系统和人文社会环境制定长远的持续发展框架。

本书以实证研究为基础,整合常用、易用数字平台,在场地的相关要素间建立参数关联,通过设定与变更相应参数,即时优化方案,实现风景园林竖向操作的数字化管控。重点解决以下三个问题:

(1) 以地理设计理念为指导,对风景园林竖向设计的地理生境条件(包括坡度、高程、坡向、汇水等)进行选取、模拟、分析及数据化,构建它们之间的参数关联,建立基于地理生境的数字地形模型(Digital Terrain Model, DTM),为风景园林设计提供科学依据。

(2) 在数字地形模型的基础上,通过变更场地设计与施工环节各相关参数,求出与场地契合度最高的设计方案,建立一套满足多目标风景园林场地操作的测评方法与评价指标体系,实现场地构成要素间的类比分析以及基于场地契合度的风景园林设计优化。

(3) 依托ArcGIS技术平台(ArcView、ArcEditor、ArcInfo)和AutoCAD技术平台(Civil3D、Map3D、MapGuide)以及VNS、Lumion等可视化模拟技术,在设计图纸、可视化模拟和工程数据之间建立可编辑的关联性参数,适时同步生成这三个层面的设计成果,构建交互式反馈的场地操作方法。发挥数字技术的整体协同效应,对风景园林设计全生命周期进行科学管控,并结合实验室已有的地理信息采集、分析与图形处理等设备,研究风景园林设计的前期分析、设计优化与施工建设的科学化管控,探索一套全程可控、交互反馈的无纸化风景园林操作方法。





## 2 竖向设计参数系统

数字化竖向设计的第一步即对竖向设计中的各个影响因素进行研究,分析其相互关系,并量化为数字语言;而后利用现有的技术平台,构建数字化设计模型,实现各相关参数的联动,并最终在参数与设计结果的动态调整中求得设计方案的最优解。

竖向是园林中所有景观与设施的载体,是园林基本景观的决定因素,是连接景观中所有因素和空间的主线。竖向设计在整个风景园林设计中占据主导地位。同时,竖向设计与空间营造、绿化栽植、排水系统及水景观生成、建筑与场地选址、工程量统计等方面有着密不可分的关系。因此本章就竖向设计中与这五个方面相关的参数及参数间相互关系进行阐述,初步探索竖向设计的参数系统。

### 2.1 竖向营造空间

在风景园林设计中,竖向设计对景观空间营造起着至关重要的作用。竖向设计主要通过自然地表的形态即地形的塑造来分隔、围合空间,引导、转换视线,从而丰富人的景观体验,并满足室外空间各个方面的功能需求(图2-1)。

#### 2.1.1 地形的分类

按照诺曼·K·布思所著《风景园林设计要素》一书所述:“从形态角度来说,景观就是虚体和实体的一种连续的组合体。所谓实体是指那些空间制约因素(也即地形本身),而开阔空间则指的是实体间所形成的空旷地域。在外部环境中,实体和虚体在很大程度上是由上述各类不同地形所构成的——平地、凸地、山脊、凹地以及山谷。”这些概念对于竖向的描述有相当重要的意义,在相关专业软件的设计中均有涉及。不同类型的地形所形成的空间有着不同的特征,对其特征的研究有助于在概念构思阶段制定恰当的竖向设计原则,并指导竖向设计的全过程。

(1) 平坦地形是所有地形中最简明、最稳定的地形,其所呈现出的静态性往往能给人舒适、平和的感觉;而其缺点是不能形成私密的空间。平坦地形中竖向设计的主要任务是组织排水。

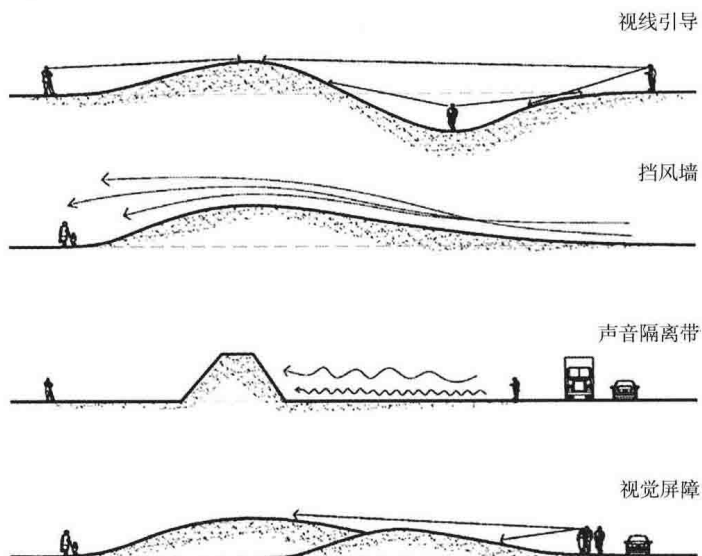


图2-1 地形的屏障作用

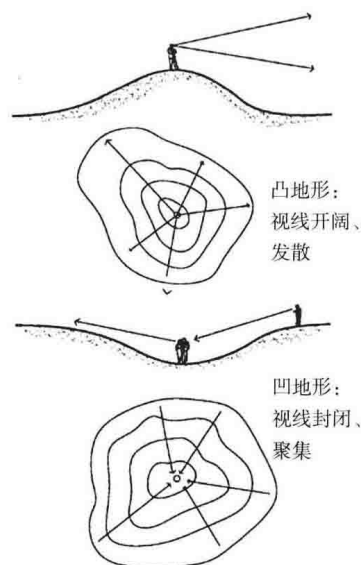


图2-2 凸地形与凹地形的空间特点

(2) 凸地形通常表现为土丘、丘陵、山峦以及小山等，它们往往是观景之地，同时又是造景之地。凸地形在景观中可作为焦点物或具有支配地位，尤其当其他较矮小、更具中性特征的元素环绕它时，这种效果更为明显（图2-2）。

凸面地形的另一个特点是，处于凸地形顶部的人，会自然地感到一种外向性，视角是全向性的，不像平地形成的水平的开敞视线。据其高度和坡度陡峭，可以在低处找到一处被观赏点，吸引视线向外和鸟瞰，因此凸地形也是极佳的建筑选址场所。凸地形会对光照和风造成影响，从而形成不同的微气候，分析其坡度坡向，对于组织道路、建筑及场地选址有十分重要的指导作用，如在大陆温带气候带内，南向及东南向的坡面，冬季可受到阳光的直射，是理想的场所；北坡则气候寒冷，不适合大面积开发。针对凸状地形的竖向设计中可以方便地组织排水，但由于坡度的影响，道路组织会相对困难。

(3) 从排水的角度来讲，山脊线的作用就像一个“分水岭”。落在基地两侧的雨水，将各自流到不同的排水区域，因此，山脊易于排水。从功能来讲，沿着脊线行走是最方便的，但垂直脊线运动、行走就非常艰难；同时山脊是大小道路、停车场与布置建筑的理想场所。

(4) 凹地形在自然环境中的表现形式通常为低地、洞穴、凹地。凹地