

文章编号: 0451-0712(2004)12-0080-02

中图分类号: U412.6

文献标识码: B

# 数字地面模型在两阶段设计中的应用

杜江涛<sup>1</sup>, 唐 云<sup>1</sup>, 赵富光<sup>2</sup>

(1. 中交公路规划设计院 北京市 100010; 2. 空军建设第九工程总队 成都市 611400)

**摘 要:** 简要介绍了数字地面模型的概况, 并着重介绍了数字地面模型在天(津)汕(尾)国家重点公路粤境蕉岭广福~梅县城东段两阶段设计中的应用。

**关键词:** 数字地面模型; 天汕公路设计; 应用

数字地面模型(Digital Terrain Model, DTM), 即以数值的方式记录测区地形点的信息, 并按照一定的数学模型构网和分析, 使得这些点按照该数学模型采用的规律来描述地形各种变化情况。它是描述地面诸特性空间分布的有序数值阵列, 包括地面高程、土地价格、土地权属、土地类别、土壤类型、岩层深度、岩性和人口等各种地面特性信息的数字信息。如果仅将地形点高程作为地面特性描述, 则称之为数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM), 目前在公路工程建设领域, 我们通常意义上所说的数字地面模型即是指数字高程模型。

公路工程建设中, 数字地面模型的基本元素即是该地形点的空间三维坐标( $X, Y, Z$ ), 其获取方式主要有: (1) 通过对已有地形图的数字化获取测区地形点数据; (2) 通过航空摄影测量和遥感影像获取测区地形点数据; (3) 采用 RTK、全站仪、经纬仪+红外测距仪和电子手簿实地测量获取测区地形点数据。

以地形点原始数据为基本元素, 数字地面模型的建立方式主要有: (1) 以三角形为基础单元的建模(TIN), 即每 3 个数据点确定 1 个平面, 整个模型表面由一系列相互连接的不重叠三角形组成; (2) 以格网为基础单元的建模(GRID), 即以 4 个点确定的四边形确定模型表面, 进而建模, 从实际考虑, 通常以正方形格网作为基本单元; (3) 混合建模(TIN+GRID), 即以格网和三角形相结合的混合建模。GRID 模式建模数据量小, 结构简单, 便于大规模地

使用和管理, 但对于复杂的地形、地貌测区, 在不进行特殊处理的情况下, 不能准确表示地形的各种细微的地形特征, 因此多用于地势平缓的地区; TIN 模式建模灵活, 可以很好地融合断裂线、地形特征线等其他数据, 从而使通过模型获得的数据精度大大提高, 该种建模方式是目前数字地面模型建模的主要方式; 也有采用混合模式, 它综合了 2 种建模方式的优点, 构成全局高效、局部精确的三维数字地面模型。

## 1 数字地面模型在公路建设领域的应用情况

数字地面模型最早就是在公路建设领域得到了应用。20 世纪 50 年代, 国外学者首次将待建公路的地面点三维测绘成果建立数学模型, 用来模拟实际地形, 并成功地实现了道路工程的计算机辅助设计, 在此基础上进行了选线、方案比较和土石方计算等工作, 极大提高了生产效率。随后, 这项技术得到了世人的广泛关注。如今, 数字地面模型已经应用于诸多领域, 如工程建设、地图测绘、气象、水文、水利设施分析、农业、林业、国土资源、军事和生态环境评价等。

随着测绘技术、计算机应用技术的不断发展, 数字地面模型技术在我国公路建设领域也得到了迅速、广泛的应用。1993 年, 中交第一公路勘察设计研究院在新疆乌奎高速公路设计中采用了该技术并完成了初步设计和施工图设计, 取得了良好的效果。中交公路规划设计院在 1997 年成都~南充高速公路设计中, 首次采用了数字化三维地形图, 1999 年中

交公路规划设计院华杰公司在锦州~朝阳高速公路设计中将数字地面模型技术应用于设计,在较短的时间内完成了两阶段设计;2003 年中交公路规划设计院在太澳国家重点公路山西省晋城~济源(省界)段设计中采用航测成果作为基础数据,以三角网形式建立数字地面模型,该工程所经区域地势险峻、地貌复杂、踏勘困难,应用此技术极大地提高了生产效率。

## 2 数字地面模型在天汕公路两阶段设计中的应用

2003 年 10 月,天(津)汕(尾)国家重点公路粤境蕉岭广福~梅县城东段两阶段设计正式启动,路线全长约 58.3 km,测区属山岭重丘区,地形起伏,沟壑纵横,植被茂密,测设困难,工期紧迫。为确保项目整体进度和设计质量,在投入大量测绘队伍的同时,采用了数字地面模型作为项目设计的基础数据库进行各项设计,在确保设计质量的前提下,有效地提高了设计速度,使得项目组在较短时间内优质、高效地完成了测设任务。

### 2.1 模型碎部点(Random)的采集

天汕公路数字地面模型的碎部点采用全站仪及 RTK 法相结合方法,通过野外实地测量采集;在地势起伏大、植被茂密、GPS 接受信号困难的路段,采用全站仪测量和放样,以确保质量;在地势较平缓、地物相对较少、GPS 接受信号良好的路段则采用 RTK 法测量和放样,以提高效率。碎部点的采集要求能够较好地反映地形的变化,以提高模型的真实度,在施工图设计阶段,仍然进行中桩放样,以便于现场踏勘,但摒弃了传统的横断面测量,代之以中桩两侧一定宽度范围内进行碎部点测量,在山脊线、山谷线,河流、水塘、陡坎、公路等控制地形处加密采点,这样既大幅度降低了地形复杂地区横断面测量的难度,同时也有效地提高了横断面数据采集的精度。

### 2.2 模型的建立

初步设计阶段,为确保模型的真实度,模型的建立以碎部点为基础,加入了 10 m 等高线以提高模型精度,经分析,加入 10 m 等高线后的模型计算精度可提高约 7%;施工图设计阶段,由于碎部点密度足够大,为提高模型效率,模型全部用碎部点构建;初步设计和施工图设计的模型中,在山脊线、山谷线,河流、水塘、陡坎、公路等控制地形处均加入断裂线,以三角形构网模式,建立数字地面模型。

### 2.3 模型的精度数据

模型的精度很大程度上取决于碎部点的密度和精度。初步设计阶段实测碎部点的总点数为 3.2 万,测区总面积 4 746 万  $\text{m}^2$ ,平均点间距 38.5 m,满足规范  $\leq 40$  m 的要求;施工图设计阶段为确保项目设计质量,更是采取了高密度、高精度采集碎部点的方式,采集碎部点总数 19.4 万,测区总面积 939 万  $\text{m}^2$ ,平均点间距 7.0 m;模型本身也通过断裂线等的加入使得精度进一步提高。施工图设计阶段,由模型获得的横断面数据同实测横断面数据相比较,最大差值不超过 0.5 m,模型精度完全满足设计要求。

### 2.4 模型在项目两阶段设计中的应用

(1)为桥涵工程及路基工程中的边坡、支挡物的合理、准确布设提供充足的基础数据。

测区植被茂密,地形起伏,高差变化大,勘测困难,数字地面模型的建立使得设计人员不需要从图纸上读数据(初步设计阶段)或放线,也不需要测中平和横断即可快速获得测区范围内路线任意桩号的纵、横断面数据,以及沿平行于路线方向任意支距的纵断面数据,从而实现桥涵工程及路基工程中的边坡、支挡物的快速、合理、准确布设。在施工图设计阶段,对于大、中桥及分离立交,本项目则仍采用实地测量的方式,同时将其测量成果加入模型中,以提高模型精度。

(2)为土石方数量的准确计算提供充足的基础数据。

由数字地面模型所产生的横断面数据的间隔及每个断面的计算间距可以任意确定,这样就使得快速获得高密度、高精度的横断面数据成为现实,在本项目施工图设计中,横断面间距不大于 5 m,每个断面的横向点距离不大于 1 m,这样求得的土石方数量的精度得到了大幅度提高。

(3)为路线的多方案比选和及时调整提供快速、准确的基础数据。

由于通过数字地面模型可以快速获得纵、横断面数据,并可在短时间内得出某方案的土石方数量,因此路线方案可以在测区范围内任意调整,以获得最合理的布设,而不必担心引起测量工作量的增加及整体设计工作的滞后。本项目在初步设计阶段共完成了 8 个同深度比较方案,全长约 51.3 km,占路线全长的 87.9%,施工图设计阶段在中桩放样完毕后又进行了约 7 km 的平面调整,仅将中桩重新放样,以确保精度。数字地面模型的使用使得工作效率得到了极大提高。

文章编号: 0451-0712(2004)12-0082-03

中图分类号: U416.167

文献标识码: B

# 高速公路膨胀土填料的改性及其施工技术

陈宝义<sup>1</sup>, 殷 琨<sup>1</sup>, 刘大军<sup>2</sup>

(1. 吉林大学建设工程学院 长春市 130026; 2. 中国地质集团公司 北京市 100080)

**摘 要:** 通过大量的试验研究, 总结出膨胀土改性的具体方法, 结合路基的施工技术, 对膨胀土地区建高速公路进行了实践, 取得了一些经验, 对类似工程有指导意义。

**关键词:** 高速公路; 膨胀土; 改性; 路基

膨胀土是在漫长的地质年代中形成的一种吸水膨胀、失水收缩的粘性土, 其主要成分是具有强亲水性的蒙脱石和伊利石。膨胀土的分布十分广泛, 在世界各地的许多国家都有分布。我国是世界上膨胀土分布最广、面积最大的国家之一, 发现膨胀土灾害的地区已有 20 多个。近年来, 随着我国基础设施建设的迅猛发展, 新建了大量的高速公路, 在公路的设计、施工过程中, 常常会遇到膨胀土。

我国现行《公路路基设计规范》(JTJ 013—95) 规定, 膨胀土一般不能作为高等级公路路基填料。然而, 由于土地珍贵, 土源紧张, 部分地区又必须采用膨胀土填筑路基。因此, 研究膨胀土的改性以满足高速公路的需要, 既有经济效益又有社会效益。

在膨胀土地区建高速公路, 必须对该地区的膨胀土进行大量的改性试验, 以此作为施工依据, 这才不失为科学的方法。

收稿日期: 2004-06-01

(4) 为公路设计方案进行三维行驶模拟提供准确的基础数据。

路线方案的设计完成后, 可利用完成设计的路线横断面数据进行构网建模或通过数字地面模型与公路平面、纵断面和横断面设计数据之间相互交换信息, 再通过相关软件对模型表面的材质进行赋值, 模拟出公路建成后的路容及汽车行驶情况, 设计人员可以更直观地从不同视角动态观察、检测公路的全景透视效果, 分析公路的绿化、景观设计。本项目在两阶段设计过程中, 对路线方案逐段进行了动态全景透视检查, 从而使公路设计方案在平纵配合、景观设计、行驶

## 1 膨胀土的改性试验

由于膨胀土具有胀缩的特性, 若将膨胀土作为路基填料, 必须进行改性处理后方可利用。改性的主要方法是在膨胀土中加入石灰等材料。在膨胀土中加入石灰进行改性处理后, 膨胀土中的蒙脱石、伊利石与石灰发生复杂的物理、化学变化, 通过微观结构的变化达到土的力学性质的改变, 最终使膨胀土降低亲水性, 提高自身的稳定性, 以达到用于高速公路路基填料的目的。

江苏省某高速公路的路基土主要为膨胀土, 具体表现为黄色的高液限粘土和黑色的高液限粘土。为了对黄土和黑土的微观性质进行研究, 我们对 2 种土进行了一系列的理化试验。试验结果表明, 虽然黄土和黑土都是高液限粘性土, 但黑土的膨胀性尤为显著, 其液限值和小于  $2\ \mu\text{m}$  的粘粒含量分别为 67% 和 41.7%, 比黄土高得多。因此, 反映在工程性

舒适度、安全性方面得到进一步的优化。

## 3 结语

随着技术手段的不断进步和人们对工程要求的不断提高, 数字地面模型越来越多地应用于各个行业, 并朝着智能化方向发展, 可以预见, 在不远的将来, 随着基础测绘、计算机软件和各种工程理论不断发展、完善, GIS、GPS 和 RS 相互融合的进一步加强, 数字地面模型作为一项成熟、高效率和高精度的技术, 必将在公路工程建设中扮演越来越重要的角色。