

基于三维激光扫描技术的塌陷土地复垦规划研究

丁圳祥, 狄帝, 马晓君, 赵长胜* (江苏师范大学城建与环境学部, 江苏徐州 221116)

摘要 通过对三维激光扫描获得的海量点云数据进行处理和分析, 直观、真实地显示出塌陷区内和周边地形, 得到精密地形图; 根据因地制宜、可持续性、综合效益和统一性的土地复垦原则, 设计出针对塌陷区的两种土地复垦方案, 并择优选用。三维激光扫描技术用于土地复垦实现了高效率、高精度和低成本的目标。

关键词 三维激光扫描; 土地复垦; 三维地形; 塌陷地

中图分类号 S28 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)23-08014-03

Reclamation Planning and Research on Subsided Lands Using 3D Laser Scanning Technology

DING Zhen-xiang, ZHAO Chang-sheng et al (Department of Urban Construction and Environment, Jiangsu Normal University, Xuzhou, Jiangsu 221116)

Abstract By processing and analyzing the massive point cloud data obtained by 3D laser scanning, this article intuitively and truly show the terrain of subsidence area and the surrounding. Meanwhile, this paper got the precise topographic map. According to the suit one's measures to local conditions, sustainable, comprehensive benefits and the unity of the principle of land reclamation subsidence area, two kinds of land reclamation scheme were designed. In brief, 3D laser scanning technology for land reclamation achieved high efficiency, high precision and low cost.

Key words 3D laser scanning; Land reclamation; 3D terrain; Subsidence area

矿区复垦地的开发利用直接关系到矿区资源枯竭后的发展, 需要确保矿区生产阶段的经济效益与土地开发利用效益、生态环境效益的协调, 为资源枯竭后矿区的自然、经济、社会发展提供良好的自然生态环境基础, 增强其可持续发展的能力^[1]。三维激光扫描技术作为一个新兴技术, 能够快速获得高精度海量点云数据, 能够在安全地区对矸石堆、边坡、塌陷形成的洼地等危险地区进行三维扫描, 以获得全面详尽的点云数据, 精细的研究塌陷地土地复垦的规划。

1 试验方案制定与数据采集

1.1 制定扫描方案 对塌陷区及其边界范围和环境进行实地踏勘调查, 了解塌陷区内的地形状况及周围的地物分布情况, 根据地形状况及地物的遮挡情况设置扫描站点的位置, 最大限度地以最少的测站数测得最全面的地形信息, 减少点云的数据量。为了将点云数据统一到同一大地坐标系下, 需要在扫描区域内设置至少 3 个控制点, 以便坐标配准。

试验区面积约为 40 hm² 的矩形区域, 中心区域严重积水, 一条公路和两侧深沟将整个塌陷区分隔为 2 个地块。为了便于将两侧的扫描数据连接起来, 布设了 13 个 GPS 控制点。

1.2 数据采集 使用 Leica C10 三维激光扫描仪进行数据采集。4 个标靶的分布应以能获得较好的测站整体坐标配准精度为标准, 标靶布置以正方形为好, 距离适中。当标靶需要架设在控制点上时, 必须精确对中和整平, 并用扫描仪配备的精密钢尺量测出标靶中心到控制点中心的距离。

2 点云数据处理

2.1 点云数据配准 由于在扫描之前在测区内事先布设了 13 个 GPS 控制点, 内业数据处理时利用绝对方式将配准好

的整个沉陷区的点云数据与 GPS 控制点进行配准, 将相对坐标转化到大地坐标系下, 得到配准后的点云整体效果。

2.2 噪点去除与地物提取 扫描过程中树木、植被及地物都会影响地表面的生成和等高线的生成。需要对这些影响数据精度的树木、植被及地物进行去噪处理。利用 Cyclone 软件将去噪后的点云导出, 在 CASS 中绘制地形轮廓, 道路及沉陷区形成的汇水区域边界。区域内电线杆、坟、房屋等独立地物, 利用 Cyclone 软件分别对其提取三维坐标信息, 对生成的地形图进行叠加、完善。

2.3 生成等高线 由于扫描仪获得的点云数据密度较大, 因此需要对点云进行抽稀处理, 导入到测图软件 CASS 中, 自动生成等高线。同时, 由于点云数据包含了详细的地表信

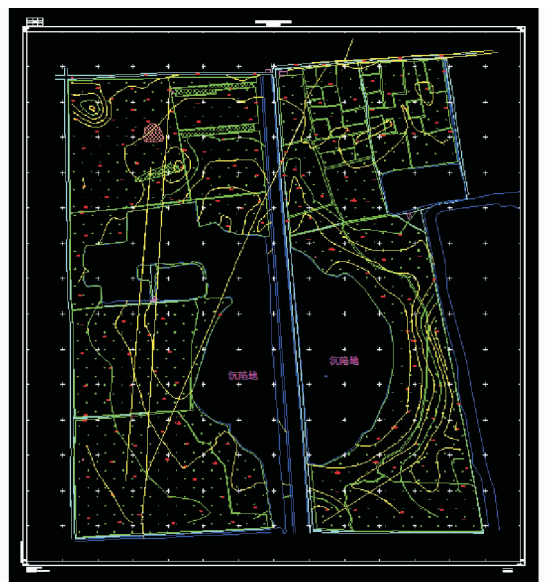


图 1 沉陷区精细地形图

息, 对于不同的需求, 可以有选择性的进行等高线生成, 可以对沉陷区以每 10 cm 生成等高线来详细表示该处的地表信

基金项目 江苏省普通高校研究生科研创新计划项目 (CXLX13_977); 国家级大学生创新创业训练计划重点项目 (12ssjcxzd110)。

作者简介 丁圳祥 (1988 -), 男, 江苏泰兴人, 硕士研究生, 研究方向: 现代大地测量数据处理。* 通讯作者, 教授, 博士, 从事大地测量与测量数据处理研究。

收稿日期 2014-07-10

息,其他地方可以以每 1 m 生成等高线来表示地形起伏。

2.4 地形图绘制 按照以上步骤,将得到的初步地形图、地物图及等高线图进行叠加和编辑,最后加上高程注记,符号注记及文字注记,生成图廓和局部修饰,生成 1:500 完整的地形图(图 1)。

3 塌陷区土地复垦治理方案

矿区土地的复垦是恢复或弥补这些影响的一种重要措施。遵循因地制宜、可持续性、综合效益和统一性的原则^[1],根据土地适宜性评价的结果,合理安排各类用地,使遭破坏的土地发挥最大效益,将有潜在的生产力变为现实。如将深

积水区改造成鱼塘,将无积水区改造成耕地、林地或园地。使土地复垦寓于社会经济发展和维持生态系统平衡之中,谋求社会、经济、生态三大效益的统一。

通过对塌陷地资料的收集和土地评价,设计 2 套复垦方案,规划成果如图 2、图 3 所示。将较大的积水区进行挖深,这里设计的池塘挖深的平均标高为 27 m,形成池塘,可以用于水产养殖,然后将挖深出来的泥土堆填到周边旱地,将旱地进行加高整平,这里设计的旱地整平后的有 30.0 和 30.5 m² 种平均标高,利用 CASS 软件中工程量计算的功能,计算得到每一部分的填挖方量,结果见表 1~2。

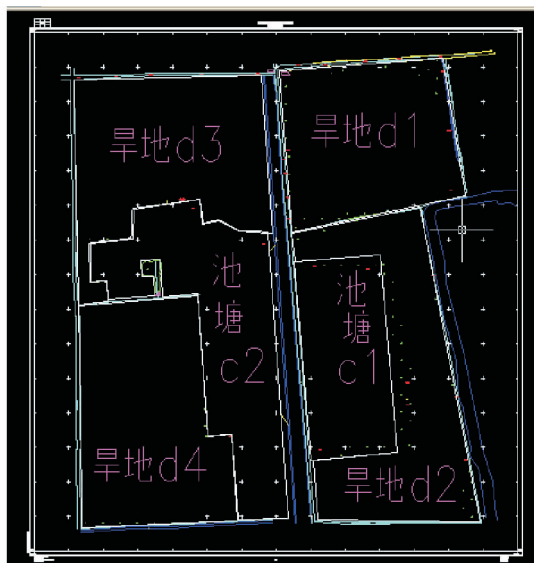


图 2 方案一规划成果示意

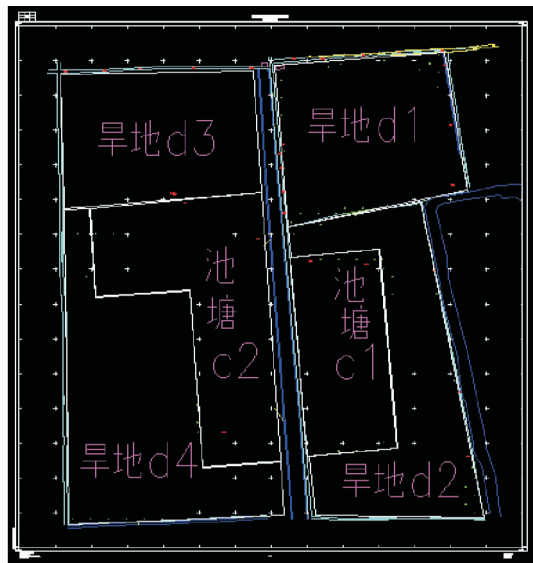


图 3 方案二规划成果示意

表 1 方案一中各块区域的计算结果

方案 1	平场面积//m ²	最小高程//m	最大高程//m	平场设计标高//m	挖方量//m ³	填方量//m ³	挖填总和//m ³
旱地 d1	53 501.9	27.500	31.272	30.5	6 086.3	-30 964.4	-24 878.1
旱地 d2	56 742.9	28.000	31.652	30.0	6 980.5	-31 028.0	-24 047.5
池塘 c1	35 947.7	27.000	29.135	27.0	29 681.4	0	29 681.4
旱地 d3	60 103.2	28.355	33.227	30.5	10 850.7	-20 396.3	-9 545.6
旱地 d4	62 893.4	28.624	30.772	30.0	7 884.7	-23 450.0	-15 565.3
池塘 c2	57 049.7	27.000	29.716	27.0	55 515.4	0	55 515.4
合计	-	-	-	-	116 999.0	-105 838.7	11 160.3

表 2 方案二中各块区域的计算结果

方案 2	平场面积//m ²	最小高程//m	最大高程//m	平场设计标高//m	挖方量//m ³	填方量//m ³	挖填总和//m ³
旱地 d1	53 501.9	27.5	31.272	30.5	6 086.3	-30 964.4	-24 878.1
旱地 d2	56 742.9	28.0	31.652	30.0	6 980.5	-31 028.0	-24 047.5
池塘 c1	35 947.7	27.0	29.135	27.0	2 9681.4	0	29 681.4
旱地 d3	50 070.5	28.649	33.227	30.5	10 652.1	-13 741.1	-3 089.0
旱地 d4	72 450.9	28.0	30.772	30.0	8 594.6	-33 096.1	-24 501.5
池塘 c2	58 693.4	27.0	30.390	27.0	59 813.3	0	59 813.3
合计	-	-	-	-	121 808.2	-108 829.6	12 978.6

由表 1、2 可知,方案一总挖方量为 116 999.0 m³,总填方量为 105 838.7 m³,复垦获得土地 23.56 hm²,鱼塘 9.56 hm²。方案二总挖方量为 121 808.2 m³,总填方量为 108 829.6 m³,复垦获得土地 23.51 hm²,鱼塘 9.56 hm²。2 个方案接近,但

方案二地块更规则,更容易耕种,因此建议采用第二方案。

4 结论

三维激光扫描获得的数据以点云的形式来表现实体的三维信息,能够更加直观、真实地显示出地形,同时海量点云

数据可以方便用户统计地物信息以及详细了解周围的环境状况。利用点云数据进行地形的三维建模处理,能很好地通过可视化的方式直观地展示出地形沉降变形情况,也能利用点云数据绘制不同比例的精细地形图,满足用户多种要求。

参考文献

[1] 周进生. 矿区土地复垦规划研究[J]. 国土资源, 2004(3): 36-38.

- [2] 赵存维, 刘吉磊. 煤矿区土地复垦中塌陷预测分析[J]. 山西建筑, 2012(21): 227-229.
- [3] 苏尚军, 张强, 张建杰, 等. 塌陷预测在采煤矿区土地复垦规划中的应用[J]. 山西农业科学, 2012(4): 378-382.
- [4] 丁佩, 谭志祥, 周复旦, 等. 矿区塌陷土地复垦与可持续利用[J]. 煤炭工程, 2011(5): 58-60.

(上接第 7838 页)

$$K = 1 - \sum_{i=1}^n \frac{x_i - \bar{x}}{nx} \quad (1)$$

式中, K 为均匀系数; x_i 为测点雨量, mm; \bar{x} 为各测点平均雨量, mm; n 为测点数。根据室内或野外试验的要求, 目前我国的模拟降雨装置均匀度一般都大于 0.8^[7]。

早在 20 世纪 20 年代, 美国率先对坡面产流、土壤侵蚀过程进行研究, 成功运用了人工模拟降雨的方式。人工模拟降雨系统的装置种类繁多, 主要的有喷嘴式、悬线式、喷洒式以及针头式 4 种形式^[8]。喷嘴式是利用喷孔或喷嘴使水从中喷出, 在空中散落在地面上, 散落直径不统一, 降雨的强度可以利用调节孔径或水压来改变; 悬线式是以水在悬线终端洒落到地面上, 优点是雨滴洒落较均匀, 初始速度为 0, 这种形式的人工降雨装置水滴的大小与悬线的粗细有关, 与水压无关; 喷洒式又称管网式, 与喷嘴式相同的部分就是水依然从喷孔中喷出, 然而这些喷孔是在一些平行的细管上钻出, 水以雨滴的形式喷洒在地面上, 缺点是灵活度不高; 针头式与悬线式类似, 它是水滴通过针头末端落到地面。目前, 喷嘴式以及针头式是我国使用较为广泛的人工模拟降雨系统装置。

2.2 人工模拟降雨对红壤水土保持的研究效益 多年来, 国内外学者对土壤的侵蚀情况进行了众多研究^[9-11], 并取得优异的成绩, 主要方法有野外径流小区法和室内人工模拟降雨法 2 种。自 1980 年以来, 我国学者利用通用土壤流失方程 (USLE) 对研究小区进行了修正。2001 年, 刘宝元等^[12]建立了 CSLE 模型 (Chinese soil loss equation)。2008 年, 史银志等^[13]在人工模拟降雨条件下对土壤的侵蚀特性进行了试验研究。针对伊宁市北山坡的气象资料以及实际情况调查研究, 在试验中采用 5 个不同强度的雨强, 根据 6 个不同变化的坡度, 对其土壤体积质量控制在一定数值内, 进而得出坡面侵蚀模数变化规律以及雨滴入渗的变化规律。

云南地处山区, 地势险峻, 土壤侵蚀严重, 采用人工模拟降雨对地形地貌侵蚀状况进行研究, 对山区复杂地形地貌侵蚀状况的定量研究、红壤侵蚀状况调查和土壤侵蚀标准的制订有着重要意义。此外, 工程建设项目对地表产生强烈的扰动, 导致地表裸露, 产生大量松散堆积土壤, 造成严重的土壤侵蚀^[14]。利用人工模拟降雨可以快速取得工程建设项目不同范围、不同下垫面土壤侵蚀资料, 为水土保持措施的提出给予理论依据。

3 结论

对我国的人工降雨下水土保持效应的研究有了比较详

细的了解, 并对以后的水土保持研究提供了文献资料。从模拟人工降雨系统在水土保持方面的应用开始, 我国的水土保持研究已取得了较大的飞跃, 不仅在室内还是在野外人工模拟降雨都有了广泛的应用。其作用在土壤的侵蚀程度研究、水土保持效应、坡面水土流失情况的测定以及不同植被下水土流失的状况等研究, 为我国的环境保护方面提供借鉴意义。

(1) 我国南方水土流失与生态安全值得重视, 迫切需要更加科学、合理的研究来避免环境恶化。强化水土保持监督保护工作, 控制人为水土流失, 综合运用行政、法律和经的手段, 加强对现有植被和治理成果的保护。

(2) 我国红壤退化问题日益严重。不同植被对其土壤恢复程度的研究有助于红壤沙化的转变。通过近年来的研究, 对于红壤地区的沙化仍需深入研究, 找到合适植物以改良红壤, 使得红壤沙化过程减缓。

(3) 模拟人工降雨为我国环境研究提供了硬件设施。人工模拟降雨的应用很广泛, 但是也存在缺点。通过人工模拟降雨研究其他课题的同时, 需要对现有的人工模拟系统改良, 使得其尽量达到天然降雨的标准。通过这一举措, 研究成果更加精准。

参考文献

- [1] 赵其国. 我国南方当前水土流失与生态安全中值得重视的问题[J]. 水土保持通报, 2006, 4(26): 1-2.
- [2] YETEMEN O, ISTANBULLUOGLU E, VIVVONI E R. The implications of geology, soils and vegetation on landscape morphology: inference from semi-arid basin with complex vegetation patterns in Central New Mexico, USA [J]. *Geomorphology*, 2010, 116(3/4): 246-263.
- [3] 梁音, 张斌, 潘贤章, 等. 南方红壤丘陵区水土流失现状与综合治理对策[J]. *中国水土保持科学*, 2008, 6(1): 22-27.
- [4] 杨春霞, 姚文艺, 肖培青, 等. 不同立地条件下坡面下水土流失的差异性试验研究[J]. *水土保持研究*, 2010, 17(1): 222-224.
- [5] 左长清, 马良. 几个草种的水土保持效应研究[J]. *江西农业大学学报*, 2004, 26(4): 619-623.
- [6] 彭绍云, 顾祝君, 修平. 南方红壤试验小区乔灌草多年水土保持效应比较[J]. *水土保持研究*, 2013, 2(20): 25-29.
- [7] 任树梅, 刘洪禄, 顾涛. 人工模拟降雨技术研究综述[J]. *中国农村水利水电*, 2003(3): 73-75.
- [8] 吴长文. 摆喷式人工降雨机的特性实验[J]. *南昌大学学报*, 1995, 17(1): 58-66.
- [9] 赵西宁, 王万忠, 吴发启. 不同耕作管理措施对坡耕地降雨入渗的影响[J]. *西北农林科技大学学报*, 2004, 32(2): 70-72.
- [10] 蔡强国, 朱远达, 王石英. 几种土壤的细沟侵蚀过程及其影响因素[J]. *水科学进展*, 2004, 15(1): 12-15.
- [11] 张洪江. *土壤侵蚀原理* [M]. 北京: 中国林业出版社, 2003.
- [12] 蔡强国, 刘宝元, 刘纪根. 中国土壤侵蚀模型研究进展 [D]. 北京: 中国科学院地理科学与资源研究所, 2003.
- [13] 史银志, 雷晓云. 基于人工模拟降雨的土壤侵蚀特性试验研究[J]. *石河子大学学报: 自然科学版*, 2008, 8(26): 487-490.
- [14] 王洁, 胡少伟, 周跃. 人工模拟降雨装置在水土保持方面的应用[J]. *水土保持研究*, 2005, 8(12): 188-190.