中国电建
POWERCHINA

西北勘测设计研究院有限公司
NORTHWEST ENGINEERING CORPORATION LIMITED

技术专著系列





地面三维激光扫描技术

应用理论与实践

赵志祥　董秀军　吕宝雄　等◎著

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

地面三维激光扫描技术应用理论与实践

赵志祥　董秀军　吕宝雄 等◎著

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn
·北京·

内 容 提 要

本书是地面三维激光扫描技术应用理论与实践方面的专著，全书系统阐述了三维激光扫描技术的地质勘察、工程测绘等在水利水电、交通建设、防灾减灾等行业实践中的综合应用成果。书中以“应用理论→技术方法→工程实践”为框架，采用点云分类、数据处理、模型构建等手段和方法，主要针对三维激光扫描在地质结构面产状解译、工程测绘、地质编录、变形监测等方面进行应用实例的叙述，系统总结了三维激光扫描工程实践中的经验体会和技术方法，丰富了这一新设备、新方法、新技术的理论研究水平。

本书属基础应用研究领域，有较强的实用性，可供工程地质勘察与地质灾害调查等相关专业技术人员参考使用，也可供高等院校相关专业的本科及研究生学习参考。

图书在版编目（CIP）数据

地面三维激光扫描技术应用理论与实践 / 赵志祥 等著. -- 北京 : 中国水利水电出版社, 2019.9
ISBN 978-7-5170-8018-3

Ⅰ. ①地… Ⅱ. ①赵… Ⅲ. ①三维－激光扫描－研究 Ⅳ. ①TN249

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第207783号

书　　名	**地面三维激光扫描技术应用理论与实践** DIMIAN SANWEI JIGUANG SAOMIAO JISHU YINGYONG LILUN YU SHIJIAN
作　　者	赵志祥　董秀军　吕宝雄　等 著
出版发行	中国水利水电出版社 （北京市海淀区玉渊潭南路1号D座　100038） 网址：www.waterpub.com.cn E-mail：sales@waterpub.com.cn 电话：（010）68367658（营销中心）
经　　售	北京科水图书销售中心（零售） 电话：（010）88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排　　版	中国水利水电出版社微机排版中心
印　　刷	北京印匠彩色印刷有限公司
规　　格	184mm×260mm　16开本　15.25印张　325千字
版　　次	2019年9月第1版　2019年9月第1次印刷
印　　数	0001—1000册
定　　价	**118.00**元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

FOREWORD



三维激光扫描技术是21世纪初在我国兴起的一项新技术，它的出现改变了传统工程勘察中的工程测量、地质测绘以及地质灾害调查等技术方法，突破传统单点测绘方式，是一种快速、非接触、高精度和高密度获得逼近表面真实模型的全新技术，已经成为三维空间信息数据获取的主要技术手段之一。这一技术因兼具多种优势而风靡全球，且其应用的广度和深度也都是前所未有的，尤其对我国高山峡谷地区的大型水利水电工程项目的勘察、地质灾害调查及应急抢险救灾等发挥了巨大的作用。

国内外曾出版过不少关于这方面的文献，其中大多数偏于理论方面，理论与实践结合性不强；新近的文章和书籍虽然不少，但其在工程勘测、灾害调查等领域的应用内容分散、各有侧重点，一些新颖的观点尚未全面反映和体现。鉴于此，编写一部内容新颖并具有理论意义和工程背景的地面三维激光扫描应用理论与实践方面的专著是有必要的。

本书重点介绍地面三维激光扫描技术理论与工程实践，既有基础研究又有实际应用。依托中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、成都理工大学等单位近年来在西藏、青海、云南、四川、新疆、陕西、贵州、重庆、甘肃等50余项工程和应急抢险救灾应用实例，采用点云分类、数据处理、建构模型等手段和方法，在地质结构面产状解译、地质测绘、地形图与平立剖面图测制、体积计算、地质灾害调查、地下洞室地质编录、变形监测等方面系统总结了三维激光扫描工程实践中的经验体会和技术方法，丰富了这一新设备、新方法的理论研究水平，以期指导类似工程项目的生产实践，提高我国工程勘察及地质灾害调查技术成果水平。

本书在全面系统叙述地面三维激光扫描技术等内容的基础上，以“应用理论→技术方法→工程实践”为主线，针对三维激光扫描应用的新技术、新

方法、新理论，结合工程应用实例进行系统的归纳总结与分析研究，旨在完善并提高三维激光扫描技术的方法及理论深度，提升该技术的操作能力和应用水平。

本书共10章。第1章系统总结了三维激光扫描技术在国内外的发展成就及技术特点，将该技术与传统单点测绘技术和摄影测量技术进行了对比分析；第2章从设备组成到基本工作原理，对扫描仪硬件设备按照工作原理进行了分类，详细归纳了国内外最新地面扫描设备的主要技术指标，探讨了地面三维激光扫描精度及误差分析；第3章结合水利水电工程现场勘察工作特点，全面阐述了三维激光扫描点云数据现场获取的技术方法；第4章研究三维激光点云数据后处理技术方法，并讨论了每一作业环节的应用要点；第5章介绍了地面三维激光扫描测量技术及应用，包括基于高密度点云地形图与平、立、横剖面图绘制、数字地形模型构建原理与方法、表面积及体积的计算方法，并介绍了相关实践应用实例；第6章论述了地质测绘中特征点与地质界线的识别与提取，几何尺寸量测和精细断面获取方法，地质结构面产状解译原理及方法，地质测绘及编录中的应用方法；第7章主要对危岩体、滑坡、泥石流调查方法进行了介绍，对水利水电工程坝址区地质测绘、开挖高边坡和基坑地质编录等技术的要点进行了系统阐述；第8章主要包括岩芯扫描编录技术、大断面地下洞室地质编录技术、隧洞围岩变形调查、坍塌空腔等地质调查技术及方法；第9章主要介绍地面三维激光扫描监测新技术及应用，总结了监测优势与差异，探讨了监测成果精度与点云数据的利用问题，提炼形成扫描监测体系技术，并通过工程实例进行说明；第10章对本书取得的主要成果及存在的问题进行了回顾，并对地面三维激光扫描技术的应用与发展方向提出了新的期望。

本书是集体智慧的结晶，由赵志祥、董秀军、吕宝雄等主持编写。中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司和成都理工大学众多的专家、学者和工程技术人员参加了相关研究的综合测试和开发应用工作，结合工程的实际需要开展了相应的理论研究，取得了丰硕的成果。他们贡献了聪明才智，也付出了辛勤的劳动，在此向他们表示诚挚的谢意！在编写过程中，赵悦、刘潇敏查阅了大量的国外资料和文献，总结归纳了30多款不同扫描设备的参数、性能和适应性并进行了对比分析研究，充实了本书的研究内容；王小兵、冯秋丰、张群等认真分析了“海量”的各类扫描数据，对利用地面三维激光

扫描系统进行野外数据获取技术和点云数据处理及分析，尤其是在野外数据获取的操作流程、数据管理、点云拼接、数据缩减、数据滤波和去噪、三维模型构建的步骤等方面进行了详细的描述；何朝阳在岩体结构面产状计算方面做了大量的研究工作；王有林、李常虎、杨贤、唐兴江在野外一线也做了大量基础性工作，同时在本书的编写过程中耗费了大量的时间，分析研究、归整并编撰了丰富的资料。在此一并向他们致以衷心的感谢。同时对所有被引用的文献作者表示感谢。

本书力求系统介绍三维激光扫描技术的新理论与新方法，这也是本书编写的初衷。现阶段，地面三维激光扫描设备硬件推陈出新较快，操作越来越便捷，各类分析软件层出不穷，加之编者知识水平和工程实践范围有限，书稿虽几经修改，其错误之处仍在所难免，诚挚欢迎广大读者批评指正。

作者

2019 年 1 月于西安

目录

CONTENTS



前言

第 1 章　绪论

1.1　概述 …… 1
1.2　三维激光扫描技术发展与成就 …… 3
1.3　三维激光扫描技术特点 …… 4
1.4　与其他测量技术的区别 …… 5

第 2 章　三维激光扫描系统

2.1　三维激光扫描系统组成及工作原理 …… 8
2.2　三维激光扫描系统分类 …… 11
2.3　地面三维激光扫描系统主要技术指标 …… 16
2.4　地面三维激光扫描精度及误差分析 …… 22

第 3 章　地面三维激光扫描点云数据获取

3.1　扫描准备与方案设计 …… 30
3.2　扫描辅助控制测量 …… 30
3.3　扫描测站选择 …… 35
3.4　扫描测站布设 …… 37
3.5　扫描参数设定 …… 38
3.6　数据采集 …… 39

第 4 章　地面三维激光扫描点云数据处理

4.1　点云数据预处理 …… 42
4.2　点云数据拼接与坐标转换 …… 43
4.3　点云纹理映射 …… 47
4.4　点云数据分类 …… 51
4.5　点云数据模型化 …… 58

第 5 章　地面三维激光扫描测量技术及应用
5.1　高密度点云数据地形成图处理方法 …… 60
5.2　基于点云数据的平、立、剖面图绘制 …… 63
5.3　三维数字地形模型的建立 …… 67
5.4　基于点云数据的表面积及体积计算 …… 73
5.5　地形图测制应用实例 …… 78

第 6 章　地质信息几何特征识别、提取技术及应用
6.1　地质特征点的识别与提取 …… 81
6.2　地质边界的识别与提取 …… 82
6.3　地质体几何尺寸量测 …… 83
6.4　地质体精细断面获取 …… 84
6.5　地质岩体结构面的识别与提取 …… 85
6.6　岩体结构面地质编录 …… 98
6.7　节理裂隙精测 …… 102
6.8　人工开挖边坡节理裂隙精测解译应用实例 …… 122

第 7 章　三维激光扫描地质测绘技术及应用
7.1　危岩体调查与应用 …… 130
7.2　滑坡调查与应用 …… 139
7.3　泥石流调查与应用 …… 148
7.4　物理模拟试验量测应用 …… 156
7.5　水电站坝址区地质测绘应用 …… 172

第 8 章　地下洞室激光扫描调查技术及应用
8.1　地下洞室三维点云数据的获取 …… 181
8.2　地下洞室空间分布特征调查 …… 183
8.3　地下洞室编录技术 …… 186
8.4　钻孔岩芯地质编录技术 …… 193
8.5　隧洞围岩变形破坏调查 …… 195
8.6　地下工程坍塌空腔调查 …… 198

第 9 章　三维激光扫描地质灾害监测技术及应用
9.1　三维激光扫描监测的优势与差异 …… 211
9.2　三维激光扫描监测的相关问题 …… 212
9.3　三维激光扫描监测的基本方法 …… 213

9.4 地质灾害三维激光扫描监测的内容 …… 214
9.5 地质灾害三维激光扫描监测技术 …… 215
9.6 地质灾害三维激光扫描监测实例 …… 217

第 10 章 结论

参考文献 …… 229

第 1 章 绪论*

1.1 概述

在科学技术飞速发展、日新月异的当代，社会经济突飞猛进，人民生活水平逐步提高，社会发展对能源、交通提出了更高的需求，促使我国基础工程建设加速发展，继而出现了一些超大型工程，譬如大型水电水利枢纽工程、高速公路与铁路、特大跨桥梁、超长隧道群等，这些超级工程大多分布在地质条件较为复杂的高山峡谷之中。

工程地质前期勘察受山高坡陡、场地狭小、工作环境特殊和危险性高等外界因素限制，勘察工作充满了诸多艰难险阻，尤其是在获取诸如断层空间展布形态、位置、规模，覆盖层边界，滑坡和松动变形体规模，控制性结构面产状等大量地质勘察信息时存在困难。除此之外，在工程大规模施工建设期，对开挖的高陡人工边坡、高边墙大洞室等进行地质编录与验收时，常常存在施工任务重、工期紧等条件，以致出现一个工作面上开挖、支护、运渣等工序并行、交叉等情况。在如此复杂的施工环境和施工条件下，很难为工程地质人员留出足够的安全空间和充裕时间来开展细致的现场调查和测绘工作。以水电工程为例，水电站坝址区选址基本都处于高陡边坡环境中，大量的工程边坡开挖所揭露的岩体结构信息，对于高边坡的稳定性分析、评价乃至加固处理等具有十分重要的意义。

工程地质工作的一项重要内容就是对边坡岩体结构条件进行调查和描述。诸如黄河上游的玛尔挡水电站、拉西瓦水电站，怒江流域的罗拉、同卡、怒江桥水电站等，其坝址两岸的山体雄厚、边坡陡峻，坡高达数百米更有甚者达千余米。自然坡角陡倾，局部坡段甚至近直立。在这些水电工程边坡岩体结构的调查过程中，对区域

---

* 本章由赵志祥、董秀军主笔，吕宝雄校核。

性的、规模较大的构造面（层）、地层分界面重视的同时，也特别注重小规模结构面对边坡工程特性的影响和作用。实际上真正决定边坡岩体结构类型的往往是这种小规模的不同类型结构面，所以全面、准确地掌握这类结构面的分布特征、发育状态及其空间组合情况，是岩质高边坡稳定性评价的重要基础资料。传统地质勘察中，进行地质测绘、地形图测量及地质灾害的判识等时，因山高坡陡致使作业人员难以抵达作业区获取重要的基础数据，同时存在人身安全隐患等而无法开展正常工作。比如规划设计中的西藏怒江流域的巨型水电站工程，因岸坡高陡、地质灾害规模巨大、地质人员难以抵近、地形及地质测量工作难以开展等窘境，给地质灾害的调查、稳定性分析带来了困难和极大挑战。

我国是地质灾害发生十分频繁和严重的国家。剧烈的地质构造活动孕育了起伏多变的地形地貌形态。以西南山区为例，青藏高原的迅速隆升，使得高山峡谷地貌发育，河谷深切、谷坡高陡，西南山区高数百米甚至千余米的陡坡并不鲜见。持续的地球板块动力作用形成了强烈的新构造活动，这些能量巨大的地球内部动力形成了我国的地势轮廓和地壳板块内部的应力分布，从而也形成了我国地质灾害频发、分布范围广泛、种类繁多的特点。我国陆地面积约 960 万 km^2，其中 70％以上为山地，这些山地具有复杂多样的地形地貌条件。根据我国地质灾害的空间分布规律不难发现，灾害主要分布在第一、第二阶梯区域内，尤其是这两个阶梯之间的过渡地带发育最为密集；这些区域长期处于地壳上隆过程之中，新构造活动强烈，地区降水量和强度较大，部分地区植被不发育，因而地质灾害的发生往往规模巨大，尤其在江河上，容易发生堵江、堵河而形成堰塞湖，造成严重的地质灾害链效应。已有数据显示，在这一区域范围内每千平方千米内的地质灾害点为 30～100 个，局部地区甚至灾害点密度更大。

地质灾害的发生往往都具有一定的突发性和巨大的破坏性，尤其在山区人口密集地段，给广大人民的生命、财产安全造成重大威胁，很大程度上制约了国民经济的快速发展。当灾害发生时，快速、准确地查明灾害体的地质条件、规模、范围、发生机理等基本情况，可为应急抢险争取宝贵的时间，为科学制定救灾对策提供重要依据。

所有这些在工程建设、地质灾害调查、抢险救灾中遇到的困难，都对传统地质勘测、调查手段提出了严峻的挑战。事实表明，传统的地质勘测、调查方法已不能完全满足现今工程建设快速发展的需要，抢险救灾中也需要引进快速、高效并且对复杂地形条件有极强适应性的新设备、新技术、新方法。

针对这一系列难题，国内外学者早已注意到这些问题及解决需求的存在。在此背景下，随着三维激光扫描技术的不断成熟与完善，为解决上述难题提供了一种新的思路和技术手段。三维激光扫描技术是一种先进的全自动、无接触、高精度立体扫描技术，又称为“实景复制技术”，能够获取目标物体表面空间几何特征，实现远距离、无接触测量，无需对目标体进行任何处理便可以高精度、高密度获取三维点

坐标数据，整个过程方便快捷。基于上述方面，三维激光扫描技术的诞生改变了传统的地质测绘方式，可准确、快速地实现大场景三维数据采集，同时能快速实现结构复杂、不规则场景三维模型的建立与重构，既省时又省力。这种优势是现有的“罗盘＋地质锤＋皮尺”＋全站仪（或 GNSS）的传统测绘调查手段所无法比拟的。另外，三维激光扫描技术不同于单纯的测绘技术，其最大的特点就是突破了传统的单点测量方法，是真正实现了精度高、速度快、逼近真实模型的三维空间获取技术，已成为广大地区勘察人员一种获取空间数据的全新作业方法与技术手段。

1.2 三维激光扫描技术发展与成就

1.2.1 三维激光扫描技术发展

三维激光扫描技术的产生可以追溯到 20 世纪中叶，在 20 世纪末真正进入实用阶段，其作为一种先进的测量技术，一经问世便受到了极大的关注。其独特的技术性能使得它在多个行业领域都有应用，发展推广速度迅猛。因各行业应用环境及领域关注的重点不同，对激光设备的搭载平台也各不相同，在满足行业领域应用需要的同时，逐渐演化形成了以激光扫描设备不同载体为平台的作业模式，包括地面固定站的静态条件模式、地表移动平台（车辆、船载）的移动激光雷达、手持激光雷达、空中搭载飞行器平台的机载激光雷达等，难以一一列举。

以地面三维激光扫描仪为例，其应用行业主要有测绘、水电水利、交通、矿山、建筑、林业等，应用领域主要集中在工程测量、工程地质勘察、抢险救灾、城市规划、逆向等方面，内容包括地形测量、地质测绘、地质灾害调查、文物保护、安全监测以及其他拓展应用等。

1.2.2 三维激光扫描技术成就

在工程地质领域，国内外众多的科研、生产单位利用三维激光扫描技术取得了丰硕的研究成果和宝贵的应用经验。如中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司联合成都理工大学利用地面三维激光扫描仪在西藏怒江流域、黄河拉西瓦与玛尔挡、金沙江鲁地拉、大渡河金川等多项大型水电工程项目中进行了深入的地质勘察研究应用，研发了点云数据地质结构面产状解译软件、数据格式存储及转换软件；在地形测量精度论证、3D 产品的制作、变形监测、地质测绘编录、三维地质建模软件开发与应用等方面做了大量的探索研究，取得了较为可喜的成绩。在实践中，总结了现场机位选点、架设、标靶设立、盲区的补充与补偿等技术方法；研究了不同比例尺地形图的生成技术和方法，三维地质图辅助设计与应用，滑边坡和隧道变形观测、地质灾害的调查，以及三维激光扫描技术的拓展应用等方面，均取得了宝贵的实践经验。赵志祥、吕宝雄、董秀军等结合《地质灾害地面三维激光扫描监测技术规程

（试行）》（T/CAGHP 018—2018）编制要求，针对青海某灾害变形体进行了长达 6 年的持续监测研究工作，这些监测成果为判定该变形体的边界条件、掌握滑动方向、预测滑坡发生时间以及预测崩滑失稳危及影响范围提供了数据基础，技术上突破了传统监测方法的限制，实现了多参数与多测点监测目的，真正意义上满足了全场景高精度、无接触、长距离、快速获取位移信息的要求。

多年来，西北勘测设计研究院有限公司成都理工大学基于三维激光扫描技术，以金沙江鲁地拉水电站、铜川龙潭水库拱肩槽开挖边坡为研究对象，开展了为期近两年的现场工作，对岩体结构快速地质编录方法进行了大量的研究工作，提出了利用外置数码照片与点云拟合综合编录的方法。另外，在高陡边坡快速地质调查及危岩体调查方面也取得了一定研究成果。

浙江华东测绘有限公司的龚建江等在锦屏二级水电站引水隧洞工程中，通过对引水洞绿片岩段进行扫描并建模来获取隧洞断面数据，使之能有效用于隧洞开挖形态与稳定安全评估。

北京林业大学的岳德鹏、陈晓雪等对边坡位移监测结合激光扫描技术进行了研究，在露天矿坑边坡进行六个周期的连续监测，为该边坡的安全运行提供了技术支撑。

荷兰国际地理信息科学和地球观测学院的 Slob 和 Hack、中国地质大学（北京）的徐能雄、施星波等均相继开展了基于三维激光扫描点云岩体结构面数据自动识别的技术方法研究，基本实现了结构面较规整、出露面明显、地形情况较简单条件下的识别技术。

法国的 Brodu 和新西兰的 Lague 共同提出了三维点云多尺度维度的概念，并系统地讨论了基于点云数据多尺度维度进行点云分类原理与基本设想，为点云数据植被剔除的研究开拓了新的思路与方法。

中国水利水电科学研究院的刘昌军在结构面产状统计分析、植被剔除方法的研究中也做了大量的工作，并开发了相关的处理程序，成果较为显著。

1.3　三维激光扫描技术特点

三维激光扫描技术为空间数据获取提供了全新测量方法和手段，实现了数据采集方式从单点式到面式的变化。三维激光扫描技术具有如下特点：

（1）快速性。三维激光扫描测量能够快速获得大面积目标的空间信息，目前其扫描点采集速率最高可以达到 100 万 pts/s。应用激光扫描技术可以实现目标物体空间数据的快速采集，及时测定目标体表面的三维立体信息，便于三维数据的及时动态更新。

（2）非接触性。三维激光扫描仪采用完全非接触的方式对目标进行扫描测量，无需对扫描目标进行任何处理，获取实体的矢量化三维坐标数据，从目标实体到三维点云数据一次完成，可以解决危险领域的测量、柔性目标的测量、需要保护对象的测量以及人员难以到达位置的测量等工作。

（3）高密度。三维激光扫描仪采集的点云数据是大量的不规则离散点，点间距离可达毫米级，能真实地反映出目标体的细部特征。激光扫描采样点间距小而获取的点云密度大，连续接近真实表面，具有整体化概念。

（4）高精度。三维激光扫描仪在数据采集中因激光发散特性，并无明确的扫描单点目标，其单点位置具有随机性，采样点精度随扫描距离的增加而降低，中远距离激光扫描仪获取的点云数据，其单点定位精度一般为毫米至厘米级精度。

（5）激光的穿透性。激光利用光斑直径及多回波技术，具有一定的“穿透”特性，比如地表的植被，采用多次回波而穿透稀疏植被以期获得地面的真实高程信息。

（6）主动性。三维激光扫描仪主动发射光源，不需要外部光线，接收器通过探测自身发射的激光脉冲回射信号来描述目标信息，使得系统扫描测量不受时间和空间的限制。由于高速的主动发射和接收激光，使得物体的空间形态被快速完整的获取。

（7）数字化、自动化特性。三维激光扫描测量具有全数字特征，易于自动化显示输出，得到的“点云”图为包含采集点的三维坐标和颜色属性的数字文件，便于移植到其他系统中处理和使用，同时数据完全真实可靠。

1.4 与其他测量技术的区别

对于三维空间数据获取的手段归纳起来主要有传统单点测量、摄影测量和三维激光扫描测量三种方法，这三种方法从原理到操作各不相同，其采用不同传感器获取的空间数据特征对比见表 1.1。

表 1.1　　不同传感器三维空间数据特征对比表

特　性	传　感　器		
	三维激光扫描仪	数码相机摄影测量（如数码相机）	单点测量（如全站仪或 GNSS）
空间分辨率	高	高	无
空间覆盖度	好	较好	较好
强度/色彩	有限	好	无
照明设备	主动	被动	无
三维点密度	高	依靠纹理	随机
景深	高	高	无
数据获取过程	动态	间歇	离散
三维重建效率	中等	较高	低
纹理重建效率	有限	高	无
设备价格	高	低	中等

1.4.1　与单点测量的区别

单点采集空间坐标的方法主要有 GPS－RTK 和全站仪采集等。三维激光扫描技术与传统单点测量技术相比，三维激光扫描技术优势明显，存在的主要缺点是海量点云数据的高冗余、误差分布非线性、不完整等，给海量三维点云的智能化处理带来了极大的困难。

三维激光扫描技术与单点测量技术比较，其优劣势主要表现在以下几个方面：

（1）非接触全自动测量。扫描仪主动发射激光束，扫描目标表面无需进行任何处理；单点测量设备一般需要在测量点架设设备或者棱镜，即便免棱镜全站仪也要人为瞄准进行测量。

（2）三维测量点密度。激光扫描数据采集密度大，激光扫描能以高密度的方式获取反映物体表面真实的三维空间形态及细部特征，海量点云数据逼近三维原型，传统单点测量方法难以获取如此高密度的测量点。

（3）特征点定位测量。三维激光扫描不具有明确的合作目标，对于特征点需设置扫描标靶，扫描设备以最高精度识别扫描标靶中心点位置；而传统单点测量是在指定特征点的前提下进行测量。

（4）测量点速度。激光扫描测量速度快，最高采样点速率达到每秒百万点以上；传统单点测量方式测量效率较低，尤其在复杂场景条件下更为明显。

（5）工作条件要求。激光扫描设备主动发射激光进行扫描测量，可不需要外部光源配合；传统单点测量易受到光线、卫星信号等外部条件的影响。

（6）数据信息内容。激光扫描获取的三维数据信息丰富，数据中除三维坐标信息外，还包含激光强度信号或彩色信息，为目标的识别和分类提供了更多途径；传统单点测量只包含三维坐标信息。

（7）数据的拼接。大多数激光扫描仪无对中、定向定平装置、无法在已知控制点上设站，并且很难单站一次获取复杂场景的完整点云数据，需要通过进行多视角的点云数据获取和后续拼接与转换实现大地坐标统一；传统单点测量采用已知点设站，多站测量无需拼接即可实现坐标的统一。

（8）模型呈现。激光扫描能很容易对复杂对象模型结构进行识别；传统单点测量对复杂对象模型结构和语义特征表达困难，模型可用性严重受限，极大地限制了复杂场景的准确感知与认识。

1.4.2　与摄影测量技术的区别

三维激光扫描和摄影测量在数据成果上有许多相似之处，但由于两者工作原理的差异，它们在实际应用中也有不少差别。主要表现在以下方面：

（1）点云数据的获取方式不同。三维激光扫描得到的直接是三维坐标的点云，该点云无需再处理便可进行空间量测；摄影测量是基于数码照片重建三维点云数据，

需要多幅不同视角的照片经大量的处理与计算后才可获得三维点云数据成果。

（2）坐标转换方式不同。三维激光扫描只有在大地坐标转换时需要进行控制点测量，也可以采用相对坐标；摄影测量往往需要做辅助的控制测量，用以进行三维点云数据的高精度重建。

（3）数据成果精度不同。三维激光扫描的点定位精度高于数字摄影测量中的解析精度，激光扫描数据精度分布均匀；摄影测量解析数据精度受光线、照片重叠率等因素影响，数据精度不均匀。

（4）环境条件要求不同。三维激光扫描技术是主动发生激光光源，几乎不受环境光线的影响；摄影测量则对环境光线、温度等都有一定的要求。

（5）彩色纹理实现方式不同。三维激光扫描技术由激光反射强度来匹配灰度信息，而彩色信息要通过配合数码照片进行匹配叠加到点云数据中，存在一定的误差；摄影测量数据成果是由照片像素点直接重建得到，因此色彩信息也是直接获取的。

（6）数据成果差异。三维激光扫描获取的是点云数据；摄影测量则可以获取正射影像、点云和网格模型数据。