

# 工程测量与三维测绘技术发展探讨

杜俊杰

山西万鼎空间数字股份有限公司 山西 大同 037000

**摘要：**本文深入探讨了工程测量与三维测绘技术的发展历程、现状以及未来趋势。通过对传统测量技术与现代三维测绘技术的对比分析，阐述了三维测绘技术在精度、效率、可视化等方面的显著优势。同时，探讨了三维测绘技术在不同工程领域的应用。此外，还分析了当前工程测量与三维测绘技术发展面临的挑战，如数据处理、技术融合、人才培养等问题，并提出了相应的解决策略和发展建议，旨在为推动工程测量与三维测绘技术的进一步发展提供参考。

**关键词：**工程测量；三维测绘技术；技术发展；应用模式；挑战与策略

## 1 引言

工程测量是工程建设的基础，贯穿项目规划、设计、施工及运营各阶段，其精度与效率关乎工程质量和进度。传统工程测量依赖全站仪、水准仪等仪器，人工获取二维数据，虽能满足部分需求，但在处理复杂地形、大规模工程及需高精度三维信息项目时，存在效率低、精度有限、可视化差等问题。三维测绘技术的出现带来革命性改变，可快速精准获取目标三维空间信息，以直观模型呈现，为工程设计和决策提供更全面准确的数据。近年来，激光扫描、无人机摄影测量、卫星遥感等技术发展，推动三维测绘技术突破，应用日益广泛。研究其发展对提升工程建设水平、推动行业科技进步意义重大。

## 2 工程测量与三维测绘技术的发展历程

### 2.1 传统工程测量技术的发展

传统工程测量技术有着悠久的历史，其发展大致经历了以下几个阶段。早期的工程测量主要依靠简单的测量工具，如绳尺、标杆等，通过人工目测和简单的几何计算进行距离和角度的测量，精度较低且效率不高。随着光学仪器的发明，如经纬仪、水准仪的出现，工程测量的精度和效率得到了显著提高。经纬仪能够精确测量水平角和竖直角，水准仪则用于测量高程，这些仪器在建筑工程、道路工程等领域得到了广泛应用。20世纪中叶，电子技术的发展促使工程测量仪器向电子化、自动化方向发展。电子全站仪的出现，将电子测角、电子测距和数据记录等功能集成于一体，大大提高了测量的自动化程度和精度。同时，全球定位系统（GPS）技术的引入，为工程测量提供了一种全新的定位手段，能够实现高精度的三维坐标测量，尤其在大范围、长距离的工程测量中发挥了重要作用。

### 2.2 三维测绘技术的兴起与发展

三维测绘技术的兴起与计算机技术、传感器技术、图像处理技术等的发展密切相关。早期的三维数据获取主要依赖于接触式测量方法，如三坐标测量机，它通过机械探针接触物体表面获取点的坐标信息，虽然精度较高，但测量速度慢，且对被测物体有一定的损伤，主要用于工业零部件的精密测量。随着非接触式测量技术的发展，三维激光扫描技术逐渐成为三维测绘领域的主流技术之一<sup>[1]</sup>。三维激光扫描仪通过发射激光束并接收反射信号，快速获取物体表面的大量点云数据，能够高精度地重建物体的三维模型。同时，无人机摄影测量技术凭借其灵活、高效的特点，在大范围地形测绘、城市三维建模等领域得到了广泛应用。通过无人机搭载的高分辨率相机获取多角度影像，利用摄影测量原理进行数据处理，生成高精度的三维地形模型和建筑物模型。此外，卫星遥感技术也在不断发展，高分辨率卫星影像能够提供大范围的地表信息，结合立体测图技术，可实现较大区域的三维地形测绘。

## 3 三维测绘技术的优势与应用领域

### 3.1 基础设施建设中的三维测绘

在大型基础设施项目中，三维测绘技术发挥着至关重要的作用，能够显著提升施工效率与质量。以港珠澳大桥为例，该工程规模宏大、技术复杂，对测量精度和实时性要求极高。在桥墩沉降监测方面，三维激光扫描技术发挥了关键作用。由于桥墩长期受到水流冲击、车辆荷载等因素的影响，可能会发生沉降现象。通过定期使用三维激光扫描仪对桥墩表面进行扫描，可以获取桥墩表面的点云数据。将不同时间点的点云数据进行对比分析，利用专业的软件计算桥墩的沉降量。这种毫米级的监测精度能够及时发现桥墩的微小变形，为工程维护人员提供准确的预警信息，确保桥墩的结构安全。钢箱梁拼装定位是港珠澳大桥建设中的另一个重要环节。钢

箱梁的拼装精度直接影响到桥梁的整体质量和安全性。利用近景摄影测量技术，可以对钢箱梁的拼接缝进行三维坐标测量。在拼装过程中，通过实时获取拼接缝的三维坐标信息，与设计模型进行对比，及时发现拼装误差并进行调整，确保钢箱梁的拼装精度符合设计要求<sup>[2]</sup>。海底隧道施工导航是港珠澳大桥建设中的一大挑战。海底环境复杂，地质条件多变，施工难度大。结合GIS与BIM模型，可以实时显示盾构机的位置与地质条件。在施工过程中，通过GIS系统获取海底的地形、地质等信息，并将其与BIM模型中的隧道设计信息进行融合。施工人员可以根据实时显示的信息，优化盾构机的掘进参数，如掘进速度、推进力等，确保隧道施工的安全和顺利进行。

### 3.2 地下空间开发与管廊测绘

随着城市地下空间的不断开发，综合管廊的建设日益增多。三维测绘技术在综合管廊测绘中发挥着关键作用，能够有效提高管廊建设的质量和管理水平。以某城市地下管廊项目为例，三维测绘技术的应用贯穿了管廊建设的全过程。在控制网布设阶段，采用GNSS-RTK技术建立高精度控制网。GNSS-RTK技术具有高精度、实时性的特点，能够快速准确地确定控制点的坐标。通过在管廊建设区域合理布设控制点，确保测量基准的统一，为后续的测量工作提供可靠的参考。在三维激光扫描阶段，在管廊内部布设扫描站。由于管廊内部空间相对封闭，光线较暗，需要选择合适的扫描参数和设备。激光扫描仪对管壁、管线及设备进行全方位扫描，获取大量的点云数据。这些点云数据包含了管廊内部的各种几何信息和空间关系，为后续的建模和分析提供了基础数据。点云建模是将点云数据转化为可视化模型的关键步骤。通过专业的点云处理软件，对采集到的点云数据进行处理和分析。首先，对点云数据进行滤波和降噪处理，去除噪声点和异常点，提高数据质量。然后，利用点云配准算法将不同扫描站采集的点云数据进行精确配准，得到完整的管廊点云模型。最后，基于点云模型生成三角网格模型，并对模型进行优化和简化，使其更加符合实际应用需求。碰撞检测是管廊建设中的一个重要环节。在BIM模型中，将管廊的各个组成部分（如管线、设备、结构等）进行集成。通过模拟管廊施工过程，对各个部分之间的空间关系进行分析，提前发现管线冲突、设备安装位置不合理等问题。针对发现的问题，及时调整设计方案或施工方案，减少返工成本，提高施工效率。

### 3.3 文化遗产保护与数字化重建

文化遗产是人类文明的瑰宝，对其进行保护和传承

具有重要意义。三维测绘技术为文化遗产保护提供了非接触式、高精度的数字化手段，能够有效减少对文物的物理干预，延长文物的寿命。以敦煌莫高窟为例，三维测绘技术在莫高窟的保护和数字化重建中发挥了重要作用。在洞窟三维建模方面，利用近景摄影测量技术，对洞窟内的壁画、雕塑等进行高精度拍摄。由于洞窟内部光线较暗，且壁画和雕塑的材质和色彩各异，需要选择合适的拍摄设备和参数。通过多视角拍摄，获取洞窟内各个部分的影像数据。然后，利用影像匹配算法和三维重建技术，将影像数据转化为三维模型。这些三维模型能够真实地反映洞窟的空间形态和文物细节，为文物的保护和研究提供了重要的数字资料。病害监测是文化遗产保护中的重要工作。通过定期对洞窟进行三维扫描，获取不同时间点的点云数据。将不同时间点的点云数据进行对比分析，利用专业的软件量化壁画剥落、裂缝等病害的发展趋势。例如，可以计算出壁画剥落的面积、裂缝的长度和宽度等参数，为文物保护人员提供准确的病害信息，以便及时采取保护措施。虚拟修复是三维测绘技术在文化遗产保护中的创新应用。在三维模型中，利用计算机图形学技术模拟修复方案。通过对病害部位进行虚拟修复，评估修复效果，为实际的修复工作提供参考。虚拟修复可以减少对文物的物理干预，降低修复风险，同时也可以为文物保护方案的制定提供科学依据。

## 4 工程测量与三维测绘技术发展面临的挑战

### 4.1 数据处理问题

三维测绘技术获取的数据量巨大，如三维激光扫描仪获取的点云数据可能包含数百万甚至数亿个点。这些数据的处理和分析面临着巨大的挑战，包括数据去噪、配准、特征提取、模型重建等环节。数据去噪需要去除点云中的噪声点，提高数据质量；数据配准是将不同视角获取的点云数据统一到同一坐标系下，实现数据的融合；特征提取和模型重建则是从点云数据中提取有用的特征信息，构建目标物体的三维模型<sup>[3]</sup>。目前，虽然已经有一些数据处理软件和算法，但在处理复杂场景和大规模数据时，仍存在效率低、精度不高的问题。

### 4.2 技术融合问题

工程测量往往需要综合运用多种测绘技术，如将三维激光扫描技术、无人机摄影测量技术、GPS技术等进行融合，以获取更全面、准确的三维信息。然而，不同技术之间存在数据格式不兼容、坐标系统不统一等问题，给技术融合带来了困难。此外，如何将多种技术获取的数据进行有效整合和分析，充分发挥各种技术的优势，也是当前面临的一个重要问题。

### 4.3 人才短缺问题

三维测绘技术是一门综合性较强的技术，涉及测绘工程、计算机科学、图像处理、地理信息系统等多个领域的知识。目前，市场上既懂测绘技术又掌握计算机技术和数据处理技术的复合型人才相对短缺。这导致在实际工程中，难以充分发挥三维测绘技术的优势，影响了技术的推广和应用。

### 4.4 设备成本问题

虽然三维测绘技术不断发展，但相关设备的成本仍然较高。例如，高精度的三维激光扫描仪、无人机搭载的高分辨率相机等设备价格昂贵，对于一些小型工程企业或科研机构来说，难以承担购置设备的费用。这在一定程度上限制了三维测绘技术的普及和应用。

## 5 解决策略与发展建议

### 5.1 加强数据处理技术研发

加大对数据处理算法和软件的研究投入，开发更高效、精确的数据处理技术。例如，研究基于深度学习的点云数据处理方法，提高数据去噪、特征提取和模型重建的精度和效率。同时，建立统一的数据处理标准和规范，促进不同软件之间的数据共享和交互。

### 5.2 推动技术融合与创新

加强不同测绘技术之间的融合研究，建立统一的数据格式和坐标系统，实现多种技术数据的无缝对接。例如，研究基于多源数据融合的三维建模方法，将三维激光扫描数据、无人机影像数据、GPS数据等进行有机融合，提高三维模型的精度和完整性。此外，鼓励技术创新，探索新的三维测绘技术和方法，满足不同工程领域的需求。

### 5.3 加强人才培养

高校和职业院校应加强相关专业的建设，优化课程设置，注重培养学生的综合素质和实践能力。在教学内容中增加三维测绘技术、计算机编程、数据处理等方面的课程，使学生掌握跨学科的知识和技能<sup>[4]</sup>。同时，企业应加强与高校的合作，开展实习实训基地建设，为学生提供实践机会，培养适应市场需求的高素质人才。此外，还应加强对在职技术人员的培训，提高他们的技术

水平和业务能力。

### 5.4 降低设备成本

政府和企业应共同努力，推动三维测绘设备的国产化进程，提高设备的自主研发能力和生产水平，降低设备成本。同时，鼓励设备租赁市场的发展，为小型工程企业和科研机构提供设备租赁服务，降低他们的使用成本。此外，还可以通过技术创新，提高设备的性能和稳定性，延长设备的使用寿命，进一步降低使用成本。

### 5.5 拓展应用领域

进一步拓展三维测绘技术在更多领域的应用，如文化遗产保护、农业、林业等。在文化遗产保护方面，利用三维测绘技术对文物进行数字化保护和修复，为文化遗产的传承和研究提供重要资料。在农业领域，通过三维测绘技术获取农田的地形和作物生长信息，实现精准农业管理。在林业领域，利用三维测绘技术进行森林资源调查和监测，为森林资源的合理利用和保护提供科学依据。

## 结语

工程测量与三维测绘技术对工程建设意义重大，其从传统到现代的演变彰显科技进步的影响。三维测绘技术凭借高精度、高效率及可视化等优势，在多领域广泛应用且成效显著。不过，该技术发展仍面临数据处理、技术融合、人才短缺和设备成本等挑战。为此，需加强数据处理技术研发、推动技术创新、培养人才、降低成本并拓展应用。未来，新兴技术发展将带来更多机遇与挑战，我们应关注趋势、探索创新，推动技术迈向更高水平，助力我国经济与社会发展。

## 参考文献

- [1]刘欣悦,向玉,楚水滔.工程测量中三维测绘技术的应用现状及发展前景[J].世界有色金属,2024,(09):142-144.
- [2]王世鹏,刘江丽.三维测绘技术与工程测量技术的应用与发展[J].中国高新科技,2023,(20):149-151.
- [3]孙瑞洋.工程测量与三维测绘技术的发展探究[J].工程建设与设计,2021,(06):85-87.
- [4]叶勇.研究三维测绘技术与工程测量技术的应用与发展[J].低碳世界,2021,11(03):74-75.