



基于无人机摄影测量的公路岩质 边坡数字化地质调查关键技术

汇报人：刘 健



目录

CONTENTS

01 技术背景

02 技术原理和创新点

03 应用案例

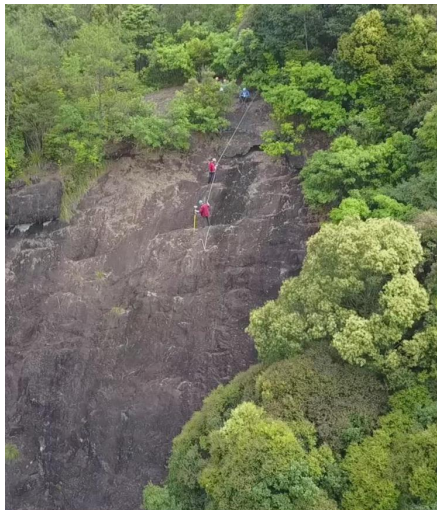
01

技术背景

1、我国是一个多山的国家。在山区中，许多**公路高陡边坡**是勘察、设计和施工中的**重要风险来源**。

2、受山区地形条件制约，地质工作人员的地质调查工作往往**难度高、工作量大、存在较高安全隐患**。

3、近年来，**三维激光扫描技术和摄影测量技术**（近景摄影测量、无人机倾斜摄影测量）快速发展，但都还存在不足，在公路工程中的应用也不普及。



数字化调查可节省时间，提高调查精度，避免人工测量的错误，显著降低工作强度和人员安全风险

工程	指标	人工调查	数字化调查
K60 边坡	效率	共需3天。其中，外业2天，内业分析、编写报告1天	共需1.5天。其中，外业2小时，建模及数据处理5小时，自动识别及分析2小时，编写报告0.5天
	精度	现场条件简单，采用罗盘测量，能获得满足工程要求的精度	产状精度相比于罗盘测量提高2~3°。测量数据离散性减小
	其他	需要爬坡，调查工作强度大	仅需在坡脚操作
K16 边坡	效率	共需4天。其中，外业3天，内业分析、编写报告1天	共需2天。其中，外业3小时，建模及数据处理15小时，自动识别及分析3小时，编写报告0.5天
	精度	边坡较高，覆盖层厚，采用罗盘测量，仅能获得坡脚局部露头信息，测量数据离散性大	采用无人机测量，可获得大范围出露岩体信息，数据更全面，产状精度相比于罗盘测量提高2~3°。测量数据离散性减小
	其他	调查工作强度大	调查工作强度小
瑞安 边坡	效率	共需8天。其中，外业7天，内业分析，编写报告1天	共需3天。其中，外业6小时，建模及数据处理40小时，自动识别及分析9小时，编写报告0.5天
	精度	边坡高度大，坡面出露岩体需借助测绳调查，精度查，数据离散。在坡脚采用罗盘测量，数据范围有限，代表性差	基于自动识别算法，产状精度相比于罗盘测量提高2~3°。可根据需要获得任意位置的岩体结构信息，数据全面，准确，可靠。
	其他	边坡高度大，调查人员需要用安全绳、攀岩才能到达坡面现场，调查人员安全风险大，工作强度高。	基于构建的边坡三维模型，可根据调查、评价的实际需要，方便、快捷的获得边坡任意位置的岩体结构信息
茂县 边坡	效率	共需6天。其中，外业5天，内业分析，编写报告1天	共需2.5天。其中，外业4小时，建模及数据处理20小时，自动识别及分析4小时，编写报告0.5天
	精度	边坡高度大，坡度陡，海拔高，调查人员无法到现场，仅能在坡脚及周边采用罗盘测量，数据范围有限，代表性差	基于自动识别算法，产状精度相比于罗盘测量提高2~3°。测量数据离散性减小
	其他	边坡高，调查人员难以到达，加上坡面岩体破碎，调查人员安全风险大，工作强度高。	基于构建的边坡三维模型，可根据调查、评价的实际需要，方便、快捷的获得边坡任意位置的岩体结构信息

- 1、耗时相近
- 2、仪器价格低，测量精度高。

消费级



	无人机摄影测量	三维激光扫描测量
机器型号	大疆精灵4pro RTK	RIEGL 激光雷达
仪器价格	约 2 万元	约 200 万元
人工耗时	2小时	1.5小时
总计耗时	8小时	6小时
精度	3mm分辨率	4cm分辨率



构建能准确反映岩体结构特征的三维数字模型

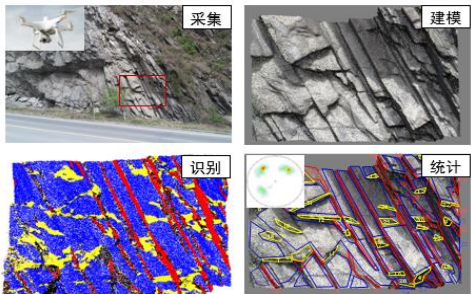
----解决“**如何测得准**”的问题

实现对边坡岩体三维点云数据的智能识别和地质信息提取

----解决“**如何测得快**”的问题

在全面、准确、精细化的岩体地质信息基础上，指导边坡岩体质量分级、力学参数表征和边坡稳定性评价

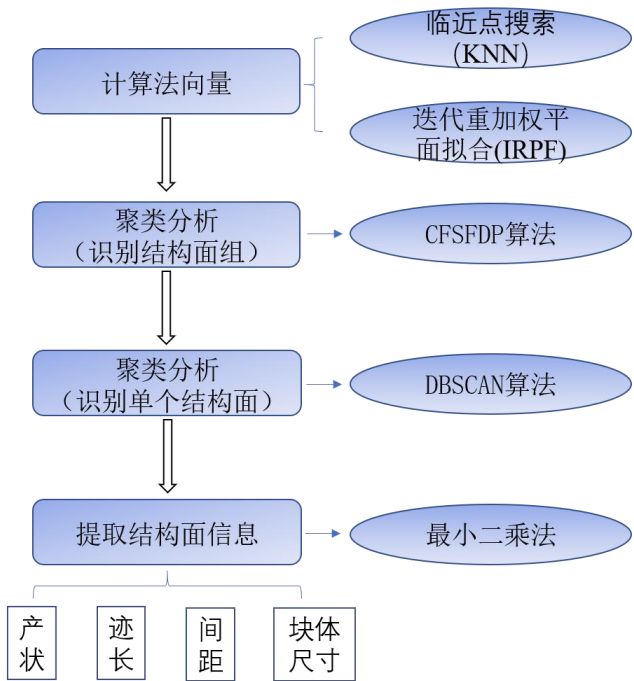
----解决“**如何用得好**”的问题



02

技术原理和创新点

技术原理



创新点

(1) 提出一种评价摄影测量质量的指标体系 GSD—N，发展了可考虑岩质边坡的高度及坡度的无人机摄影测量航线科学规划方法，进而形成了一套适合公路高陡边坡特征和条件的岩体结构数字化建模技术方案。

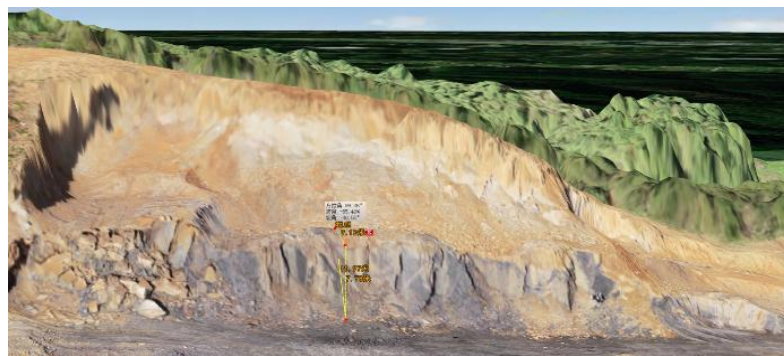
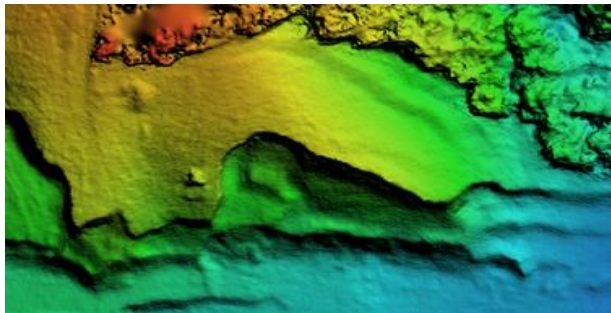
(2) 为了平衡点云数据的精度和处理效率，提出了考虑岩质边坡破碎程度的点云数据自适应稀疏方法，基于聚类算法实现了公路边坡岩体结构倾角、倾向、间距、迹长信息的高效率、高精度智能识别。

(3) 考虑节理倾角、填充物的影响，提出了一种定量计算岩体完整性系数 K_v 的评价方法，揭示了 K_v 与体积节理数 J_v 的定量关系，从而获得了更加符合实际的岩体基本质量指标。

03

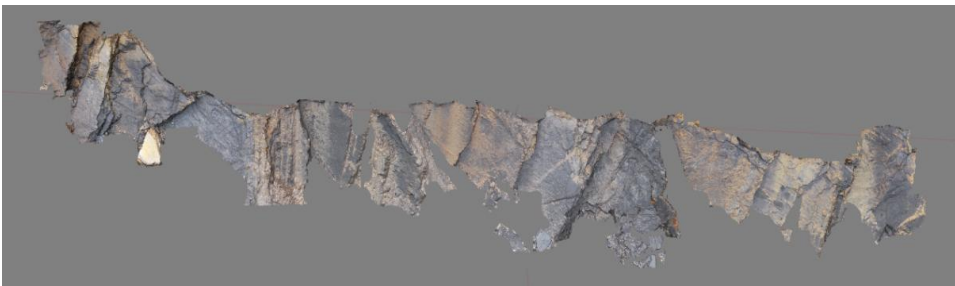
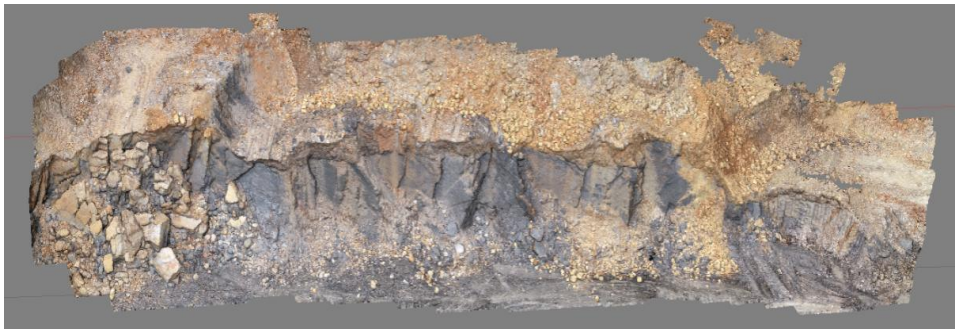
应用案例

通过无人机平面摄影测量模式得到包括目标边坡在内的数字正摄影像 (DOM) 和数字高程模型 (DEM) 。
获得边坡整体倾向和倾角 ($100^{\circ} \angle 30^{\circ}$) 。



规划贴近摄影测量航线。航线参数中GSD取3mm，无人机距离坡面距离约11m，航线垂直于坡面等高线方向，共设置190个航拍点。

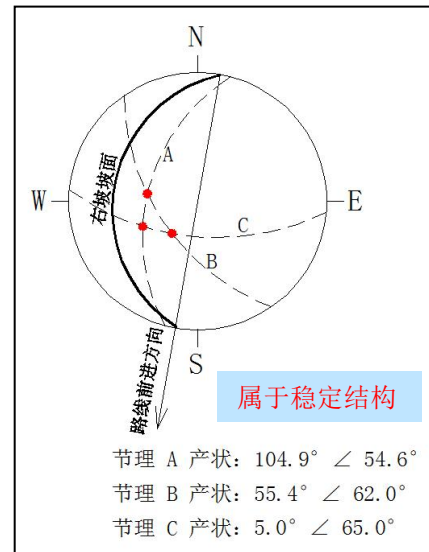
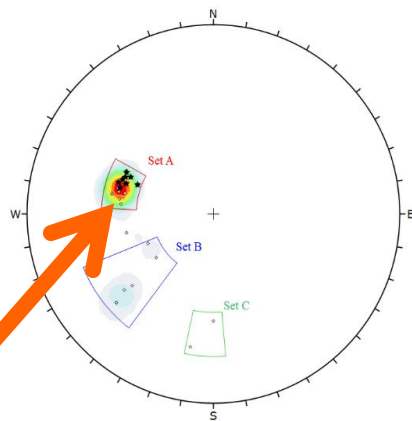
将航拍照片导入三维建模软件中重构生成目标边坡的三维点云模型。重构得到模型中存在无用数据，通过人工删除植被、覆盖土层、碎石块，保留坡面出露的主要岩体结构信息的点云数据。



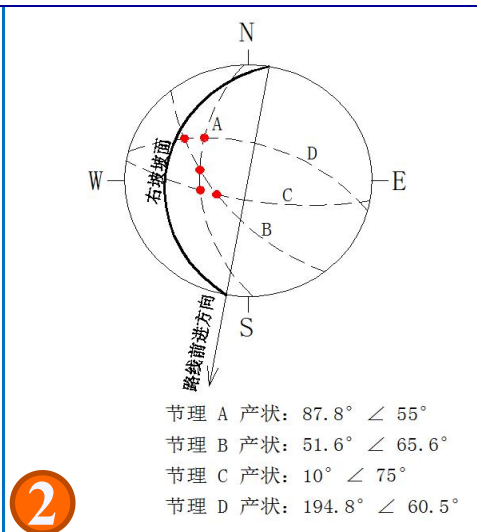
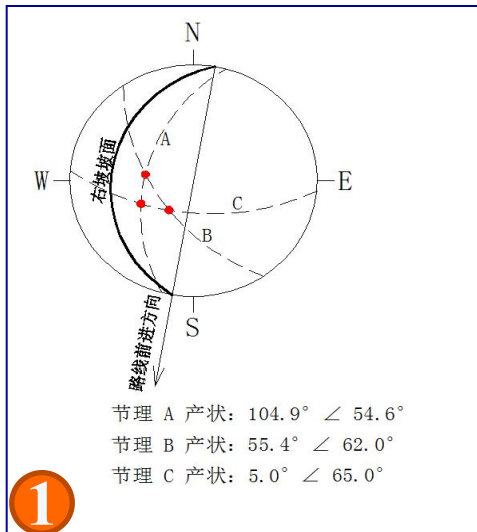
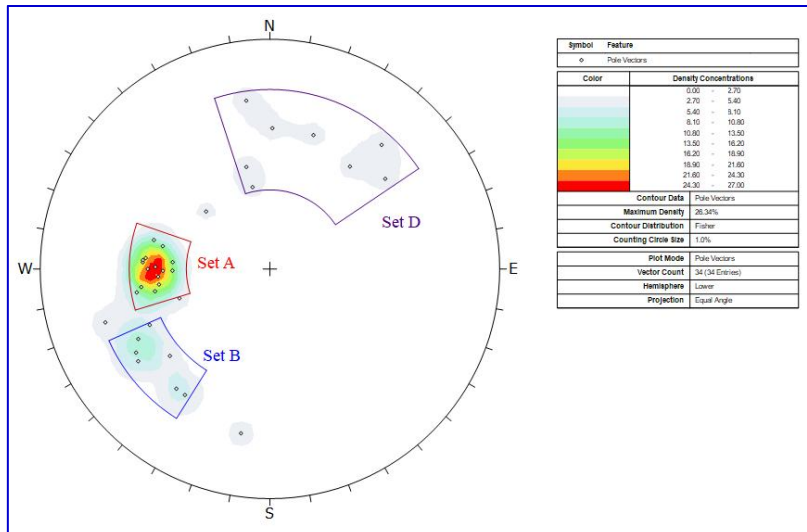
(1) 采用均匀网格法对点云数据进行稀疏化处理。包围盒尺寸选取0.04m，点云数量约三十万，稀疏后的点云数据规模为原模型的2%。(2) 采用聚类分析等机器学习算法，自动识别结构面。(3) 对识别出的结构面进行进一步的结构面提取。(4) 采用赤平投影图法进行边坡稳定性评价。

结构面组	倾向	倾角	迹长	间距
A	105°	55°	5.7m	0.28m
B	55°	57°	3.2m	1.3m
C	5°	65°	3.9m	7m

注：图中圆点为自动识别数据，黑色五角星为人工测量数据。可以看出由本项目提出的数字化调查方法及自动识别算法得到结构面产状分布与人工测量数据非常接近。



在边坡开挖过程中，通过本项目提出的数字化调查技术实现边坡岩体结构的更新，**可为动态设计、信息化施工提供支持。**

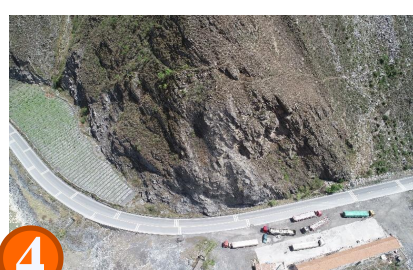
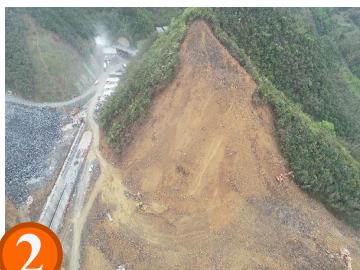


示范项目1 在建项目 临建高速K60+500岩质边坡 施工期调查、评价和二次开挖验证

示范项目2 在建项目 临建高速K16+300岩质边坡 施工期调查和评价

示范项目3 拟建项目 甬台温高速复线瑞安联络线岩质高边坡 勘察设计阶段调查和评价

示范项目4 已建项目 四川茂县213国道石大关乡沙坝地质灾害调查点 运营期灾害调查和评价



- 1、适用于**天然和人工开挖的裸露岩质边坡**岩体结构精细化调查与评价。
- 2、数字化地质调查方法，**减少**了野外工作量和**工作强度**，**降低**了高陡边坡**攀爬调查风险**，**增加**了岩体结构调查数据量，**提高**了岩体结构调查和参数评价的精度和精细化程度，为边坡稳定性评价和加固设计提供了可靠的结构数据和力学参数支撑。
- 3、具体作业可按《公路岩质边坡数字化地质调查**技术导则**》进行，包括调查前期准备、调查外业、调查数据内业处理、岩体结构面获取、岩体质量与力学评价等内容。



2022-11

感谢聆听

THANKS FOR LISTENING