

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2017.S1.025

# 高速公路 VR 采集技术研究

雷伟刚, 潘屹峰, 祖为国

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

**摘要:** 随着高速公路基础建设的全面饱和, 资产管理、运维养护、精细化服务将面临全面地提升与发展。详细阐述了虚拟现实技术在公路资产管理应用中的原理、技术流程和作业方法, 为高速公路资产管理提供了全新的快速采集技术方案。经过本课题验证, 无人机、激光扫描、360°全景等多项采集技术能够快速获取高速公路资产信息, 实现高速公路资产地快速更新, 满足精细化管理的需要, 在高速公路管理应用中具有广阔的推广应用前景。

**关键词:** 虚拟现实; 无人机; 360°全景; 倾斜摄影; 激光扫描

**中图分类号:** P231

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2095-8676(2017)S1-0129-07

## Research on VR Acquisition Technology of Expressway

LEI Weigang, PAN Yifeng, ZU Weiguo

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China;)

**Abstract:** With the full saturation of the highway infrastructure, asset management, operation and maintenance, fine service will face a comprehensive upgrade and development. This paper described the principle, technical process and operation method of the virtual reality technology in the application of highway asset management. It provided a new rapid acquisition technology for the asset management of expressway. After the verification of this topic, a number of acquisition technologies such as UAV, laser scanning and 360° panorama can quickly obtain highway asset information, achieve rapid updates of highway assets, meet the needs of meticulous management, highway applications in the promotion of a broad application prospects.

**Key words:** virtual reality; UAV; 360° panorama; laser scanning

近年来我国的高速公路发展取得了长足进展, 截至 2015 年我国高速公路通车里程已达 12 万 km, 高速公路建设为我国国民经济发展、现代化物流体系的构建做出了突出贡献, 但是目前我国的高速公路资产管理模式依旧传统, 严重影响了路产的维护、保养等服务形象。

面对庞大的道路资产, 国内在路产管理方面的技术研究也在持续发展, 据不完全统计, 国内的路面管理系统多达几十种, 有 50 余家单位拥有不同技术层次的路面管理系统。总体而言, 路面管理系统发展方向是从表格数据向 GIS 可视化发展。国外的路产管理也有较长的历史, 澳大利亚建立了 AU-

STROADS“道路资产管理系统”, 英国公路机构 (EHA) 正在致力基于 GIS 的路面资产管理系统研发, 美国在纽约、弗吉尼亚等地区均先后升级原有单项系统为路产管理系统。

综上, 可以看出路产管理越来越多的成为各国交通管理部门关注的重点, 路产管理方式也大力向可视化方向发展。

近年来虚拟现实技术的飞速发展<sup>[1]</sup>, 为行业应用提供了全新的可视化技术应用方向<sup>[2-3]</sup>。本文将依托高速公路竣工资产管理及公路养护科技项目, 研究全新的、先进的虚拟现实采集技术在公路资产管理中的应用, 呈现三维实景的公路资产信息。

## 1 高速公路资产分类

高速公路资产范畴包含与高速公路相关的各类交通设施及附属建构筑物, 如表 1 所示。

收稿日期: 2016-07-22

作者简介: 雷伟刚(1976), 男, 河南灵宝人, 教授级高工, 博士, 主要从事电力勘测设计、电网信息化及 GIS 研究工作 (e-mail) leiweigang@gedi.com.cn。

表1 高速公路主要设施设备类资产列表

Tab. 1 Assets list of main facilities and equipments of expressway

资产类型	具体对象
路面	刚性路面、柔性路面
桥梁	各种类型的桥梁
公路构筑物	涵洞、挡墙
路基设施	路肩、防护设施、排水设施、管线
绿化设施	分隔绿化带、行道树、植被、苗圃
交通安全设施	护栏、进入栅、分隔带、隔音墙、照明、防眩设施、标志标线
公路沿线设施	养护设施、服务设施、收费设施
其他附属设施	交叉口、监控设施、非机动车道

## 2 高速公路 VR 采集技术

VR(虚拟现实技术)是一种可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统,它利用计算机生成一种模拟环境,是一种多源信息融合的交互式的三维动态视景和实体行为的系统仿真技术,使用户沉浸到该环境中。

VR 是一种呈现技术,在旅游、网购、影视等公众娱乐行业应用爆发,但在行业应用中还是在研究阶段,主要瓶颈在于 VR 呈现的行业应用内容如何生产。

文章以高速公路资产管理应用为研究对象,研究无人机、360°全景相机、地面激光扫描等技术在公路资产管理的多个方面采集生产 VR 内容,为公路资产的 VR 管理提供技术支撑。

### 2.1 多旋翼无人机采集技术

无人驾驶飞机简称“无人机”,“无人机+”正在逐步深刻变革着行业应用的传统作业模式。近几年以大疆创新为代表的消费级多旋翼无人机应用蓬

勃发展,以其具备的诸多优点及在消费市场的巨大成功,逐步成为公路、电力、石油、石化、农业等行业应用的主要技术装备之一,如图1所示。

#### 2.1.1 技术特点

- 1) 飞机重量轻,能够实现单兵化作业。
- 2) 操作自动化,对航飞技术依赖较低。
- 3) 受天气条件限制小,能够随时起飞,随地作业,大大提高航飞作业的灵活性。
- 4) 具备量产专业化生产,安全可靠性强。
- 5) 提供飞行控制 SDK 开发包,实现用户二次开发,航飞任务全自动规划及智能航测。
- 6) 支持程序控制空中悬停、按路线飞行等<sup>[4]</sup>,经过后期处理能够生产照片、视频、360°全景、三维实景、大范围正射影像、数字地面模型等丰富的虚拟现实数据成果。

#### 2.1.2 技术参数

- 1) 支持空中 360°全景,正射影像、数字地面模型、倾斜摄影三维实景、指定路径的视频等。
- 2) 影像分辨率: 2~20 cm。
- 3) 平面精度可满足 1:500 正射影像、数字线划图规范要求。
- 4) 高程精度可满足 1:1 000 数字地面模型、数字线划图规范要求。
- 5) 可获取 2~20 cm 高精度的倾斜摄影实景三维模型。
- 6) 每个架次可飞行 15~20 min。

#### 2.1.3 作业流程

应用 DJI SDK 开发包二次开发了强大的智能航测控制终端,实现航飞任务自动规划、航飞安全自动检测、相机自动曝光计算、一键安全返航等全智能航测采集控制终端。作业流程如图2所示。



(a) 精灵系列  
(a) Phantom series

(b) 悟系列  
(b) Inspire series

(c) 经纬系列  
(c) Matrice series

图1 多旋翼无人机飞行平台

Fig. 1 Multi rotor UAV flight platform

## 2.2 地面 360°全景技术

360°全景 (Virtual Reality, VR): 通过技术或设备模拟出一个可交互的、虚幻的三维空间场景。在一个固定的观察点, 能够提供水平方向 360°, 垂

直方向 360°完整场景范围自由浏览的数据采集、处理、浏览等技术的集成。采集设备如图 3 所示。

### 2.2.1 技术特点

1) 真实性强, 实景场景的逼真摄影表现。

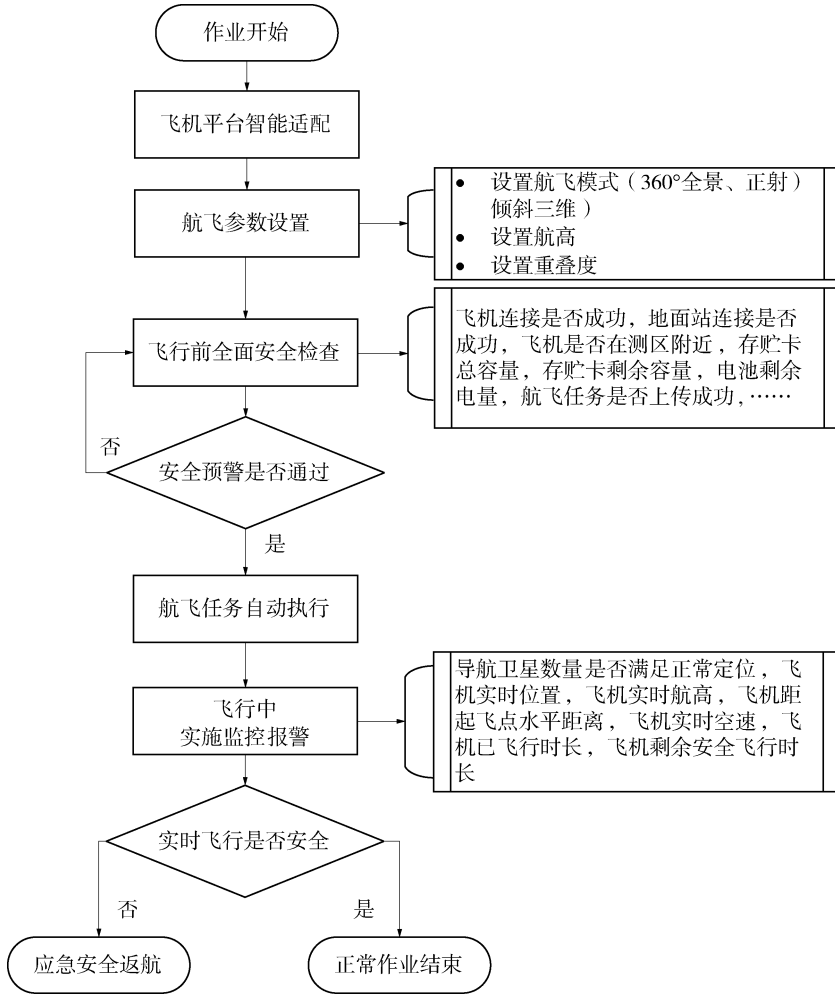


图 2 多旋翼无人机智能航测采集作业流程

Fig. 2 Multi rotor UAV aerial intelligence acquisition process



图 3 不同方式的地面 360°全景采集设备

Fig. 3 Different ways of the ground 360° panoramic acquisition equipment

2) 播放设备硬件要求低, 大众化电脑均可播放, 无需专门工作站。

3) 开发周期短, 开发成本低。拍摄制作比三维制作速度快, 成本低。

4) 导览性、交互操作性强。可与 flash 技术的导览无缝结合。

5) 画面质量高, 高清晰度的全屏场景, 令细节表现完美。

6) 数据量小, 非常适合网络式访问观看。

### 2.2.2 作业流程

地面 360°全景作业技术流程如图 4 所示。

### 2.3 三维激光扫描技术

三维激光扫描技术又被称为实景复制技术, 是测绘领域继 GPS 技术之后的一次技术革命。具有不接触被量测目标、扫描速度快、点位和精度分布均匀、获得数据真实全面等特点。它突破了传统的单点测量方法, 具有高效率、高精度的独特优势, 三维激光扫描技术能够提供扫描物体表面的三维点云

数据<sup>[5]</sup>, 因此可以用于获取高精度高分辨率的数字地形模型。采集设备如图 5 所示。

#### 2.3.1 技术特点

1) 扫描速度极快, 一次测量一个面, 数秒内可得到 100 多万点, 点间距可达 0.1 mm。

2) 作业便携, 可搬到现场进行测量, 工件或测量头可随意调节成便于测量的姿势。

3) 测量精度高, 测量精度可达 1 mm。

4) 点位分布规则, 可快速获取规则的激光点云数据。

5) 测量范围大, 可通过不同测站, 快速拼接形成大范围扫描成果。

#### 2.3.2 作业流程

高边坡地面激光作业流程如图 6 所示。

## 3 高速公路 VR 成果及应用

现阶段高速公路资产管理的成果以图、表为主要表达对象, 图片一般为单张局部的照片或短视

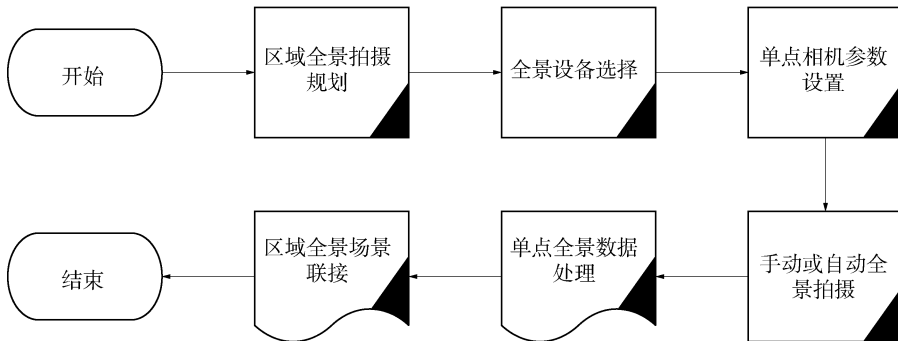


图 4 地面 360°全景技术作业流程

Fig. 4 Ground 360°panoramic technology operation process



(a) Leica 激光扫描仪  
(a) Leica laser



(b) Riegl 激光扫描仪  
(b) Riegl laser



(c) Faro 激光扫描仪  
(c) Faro laser

图 5 地面激光扫描设备

Fig. 5 Ground laser scanning equipment

频,一方面表达的信息碎片化,不利于后期应用;另一方面场景受限于当时拍摄的视角、路线,运行维护时往往存在信息不全面的情况。将 VR 技术应用于高速公路竣工资产管理与养护应用中,能够实现工程信息碎片化的全景整合,提供更全面的资产信息,为资产管理、运行养护提供更丰富的成果,提高高速公路管理单位的服务水平。

### 3.1 高速公路三维竣工场景成果及应用

无人机技术地快速发展,为高速公路竣工快速获取全线现状三维场景提供了最为快捷的技术手段,使得基于现状三维场景的管理成为可能<sup>[6]</sup>。应用竣工现状三维场景资料,可快速获取路面、桥梁、公路构筑物、路基设施、绿化设施、交通安全设施和公路沿线设施等可见到的所有设施设备信息。成果如图 7 所示。

### 3.2 重点设施空中 360°全景成果及应用

对于高速公路服务区、互通、隧道、桥梁等范围大、涉及面广的设施,应用空中 360°全景技术可为资产管理、运维养护提供空中、全面、全视角的现状信息。成果如图 8 所示。

### 3.3 重点设施倾斜摄影三维实景成果及应用

对于高速公路服务区、周边密集居民地等设施,应用倾斜摄影技术可为资产管理、运维养护提

供真三维的设施现状<sup>[7-8]</sup>。成果如图 9 所示。

### 3.4 重点设施设备地面 360°全景成果及应用

对于高速公路边坡、隧道、桥梁等重要设施,应用地面 360°全景技术可为资产管理、运维养护提供近距离、高精度、全视角的现状信息。成果如图 10 所示。

### 3.5 重点设施设备三维激光扫描成果及应用

对于高速公路边坡、隧道、桥梁等重要设施,应用地面激光扫描技术可获取边坡长、宽、高、面积、体积等全方位的厘米级精度的数据资料<sup>[9]</sup>,为这些设施的资产管理、运维养护提供准确的计算数据<sup>[10-11]</sup>。成果如图 11 所示。

## 4 结论

我国高速公路资产地超快速发展,为国民经济发展提供了强有力的基础设施支撑。随着基础建设的饱和,资产管理、运维养护、精细化服务将面临全面地提升与发展。基于虚拟现实技术的资产管理将是高速公路服务升级的重要技术支撑<sup>[1]</sup>,以快速、高效、自动、高质量、高精度、真实场景为显著特点的虚拟现实技术将大大提升高速公路的服务升级,增强顾客满意度水平,在高速公路领域具有广阔的推广应用前景。

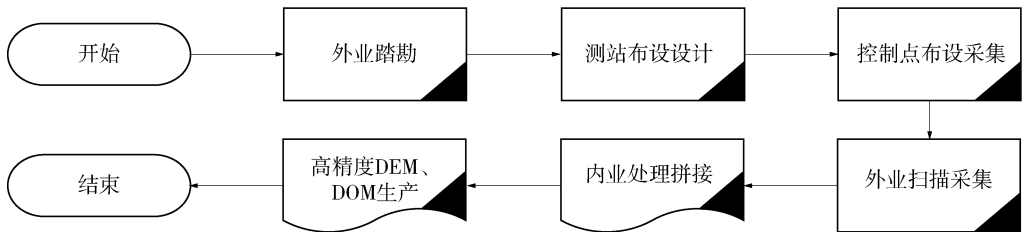


图 6 高边坡地面激光扫描作业流程

Fig. 6 High slope ground laser scanning process



正射影像  
(a) DOM1



正射影像放大图  
(b) Part of DOM

图 7 多旋翼无人机获取高速公路竣工全线三维场景成果

Fig. 7 Multi rotor UAV to get the final results of the completion of the full line of highway



(a) 空中 360°全景影像图  
 (a) Aerial 360° panoramic image



(b) 空中 360°全景影像放大图  
 (b) Part of aerial 360° panoramic image

图 8 多旋翼无人机获取高速公路互通空中 360°全景成果

Fig. 8 Multi rotor UAV to get the 360° panoramic results of highway interchange



(a) 三维实景模型  
 (a) Real 3D model



(b) 三维实景模型  
 (b) Real 3D model

图 9 多旋翼无人机获取高速公路附属设施倾斜摄影三维实景成果

Fig. 9 Multi rotor UAV for freeway affiliated facility tilt photography real 3D results



(a) 地面 360°全景影像图  
 (a) Ground 360° panoramic image

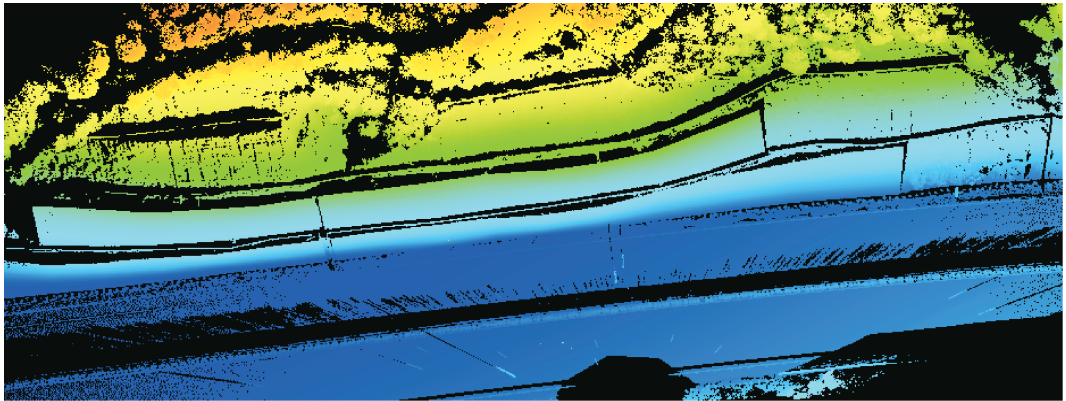


(b) 地面 360°全景影像图

(b) Ground 360° panoramic image

图 10 地面 360°全景技术获取高速公路桥梁、边坡高精度全景成果

Fig. 10 The high accuracy of the highway bridge, the results of the panoramic image



(a) 高边坡点云数据

(a) High slope point cloud data



(b) 高边坡点云数据放大图

(b) Part of high slope point cloud data

图 11 高边坡地面激光扫描获取高精度边坡数字地面模型

Fig. 11 High precision slope digital terrain model based on laser scanning with high slope

参考文献:

[1] 李德仁, 李明. 无人机遥感系统的研究进展与应用前景 [J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2014, 39(5): 505-513.  
LI D R, LI M. School of remote sensing and information engineering [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2014, 39(5): 505-513.

[2] 史华林, 无人机航测系统在公路带状地形测量中的应用 [J]. 测绘通报, 2014(6): 60-62.  
SHI H L, Application of UAV aerophotographic system in highway strip in topographic survey [J]. Bulletin Surveying and Mapping, 2014(6): 60-62.

[3] 毕凯, 李英成, 丁晓波, 等. 轻小型无人机航摄技术现状及发展趋势 [J]. 测绘通报, 2015(3): 27-31.  
BI K, LI Y C, DING X B, et al. Aerial photogrammetric technology of light small UAV; status and trend of development [J]. Bulletin Surveying and Mapping, 2015(3): 27-31.

[4] 张惠均. 无人机航测带状地形图的试验及分析 [J]. 测绘科学, 2013, 38(3): 100-105.  
ZHANG H J, Test and analysis of UAV aerial topographic map [J]. Science of Surveying and Mapping, 2013, 38(3): 100-105.

[5] 黄承亮. 激光扫描技术下桥梁变形监测方法的研究 [J]. 测绘通报, 2015(增刊1): 206-209.  
HUANG C L, Research on monitoring method of bridge deformation under laser scanning technology [J]. Bulletin Surveying and Mapping, 2015(Supp. 1): 206-209.

[6] 郑永明, 王艳梅, 张志霞, 等. 无人机航测数据质量检查及成果应用 [J]. 测绘通报, 2012(增刊1): 430-432.  
ZHENG Y M, WANG Y M, ZHANG Z X, et al. No inspection and quality results of aerial man-machine data application [J]. Bulletin Surveying and Mapping, 2012(Supp. 1):

430-432.

[7] 王峰, 宋扬, 高志国, 等. UAV 航测和 TLS 技术在广钢遗址测绘建模中的应用 [J]. 测绘通报, 2016(4): 72-74.  
WANG F, SONG Y, GAO Z G. et al. Application of UAV aerophotography and TLS technology in surveying and modeling of Guangzhou steel mill ruins [J]. Bulletin Surveying and Mapping, 2016(4): 72-74.

[8] 汤坚, 杨骥. 无人机倾斜摄影技术在特高压输电线路路径优化中的应用研究 [J]. 南方能源建设, 2015(增刊1): 203-206.  
TANG J, YANG J. Research and application of UHV transmission line optimization based on oblique photography of UAV [J]. Southern Energy Construction, 2015(Supp. 1): 203-206.

[9] 胡峰, 范亮. 三维激光扫描技术在变电站扩建工程中的应用研究 [J]. 南方能源建设, 2016, 3(2): 92-95.  
HU F, FAN L. Research on the application of 3D laser scanning technology in substation expansion project [J]. Southern Energy Construction, 2016, 3(2): 92-95.

[10] 余加勇, 邵旭东, 晏班夫, 等. 基于全球导航卫星系统的桥梁健康监测方法研究进展 [J]. 中国公路学报, 2016, 29(4): 30-38.  
YU J Y, SHAO X D, YAN B F, et al. Research and development on global navigation satellite technology for bridge health monitoring [J]. China Journal of Highway and Transport, 2016, 29(4): 30-38.

[11] 闫晨. 三维激光实景技术在智慧城市建设中的应用 [J]. 测绘通报, 2016(4): 142-143.  
YAN C. Application of 3D laser imaging technology in the smart city construction [J]. Bulletin Surveying and Mapping, 2016(4): 142-143.

(责任编辑 李 辉)

广 告

- 《南方能源建设》期刊 ..... 封二
- 《南方能源建设》征稿启事 ..... 封三
- 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司 ..... 封四