

# 三维框架控制扫描技术在特大型 JRC 塑石工程审计中的创新应用研究

董传胜,侯飞,赵云昌,徐花芝,李通,刘虎

(山东省国土测绘院,山东 济南 250013)

**摘要:**中小型不规则物体逆向建模是三维激光扫描技术一个主要的方向,广泛用于产品外观设计及制造。但针对特大型 JRC 塑石工程,由于误差积累等主要因素,制约着三维激光扫描技术的应用。该文提出三维框架控制扫描方案,在国内率先实现了特大型 JRC 塑石工程高精度特征统计,并成功应用于山东东营某动物园特大型 JRC 塑石工程审计,为防止国有资产的流失提供了客观、有效的先进手段,具有较好的借鉴及实用价值。

**关键词:**逆向建模;三维框架控制扫描;高精度特征统计;特大型 JRC 塑石工程审计

**中图分类号:**P208

**文献标识码:**B

**引文格式:**董传胜,侯飞,赵云昌,等.三维框架控制扫描技术在特大型 JRC 塑石工程审计中的创新应用研究[J].山东国土资源,2016,32(11):70-73.DONG Chuansheng, HOU Fei, ZHAO Yunchang, etc. Innovative Application of 3D Laser Control Scanning Technology in Super - huge JRC Sculpture Audit [J]. Shandong Land and Resources, 2016, 32(11):70-73.

## 0 引言

随着三维激光扫描技术的发展,逆向建模成为中小型不规则物体特别是雕塑表面积、体积等特征精确统计的一种先进手段。单站三维激光扫描误差由系统误差和偶然误差组成<sup>[1]</sup>,检较后,误差一般可以控制在毫米级<sup>[2]</sup>,但针对大型复杂对象,多站扫描数据融合引起的拼接误差不容小觑,由于误差积累等主要因素,目前这种方法尚未被很好地引入到特大型 JRC 塑石工程特征统计中。

复杂地面对象表面一般采用多测站多视角环绕式扫描方式,再通过分块数据拼接处理获得完整表面点云<sup>[3]</sup>。但特大型 JRC 塑石工程,形体巨大、纹理复杂、盲区繁多,多视点激光点云的全自动无缝拼接无法实现<sup>[4]</sup>,制约着三维激光扫描技术的应用。如何提出有效的三维激光扫描方案,既能解决特大型 JRC 塑石工程盲区遮挡问题,又能满足审计的高精度要求是该文的重点。从这一现实出发,该文提出了三维框架控制扫描方案,有效减弱了累积拼接

误差,通过山东东营某动物园特大塑石工程审计项目实例,验证了三维框架控制扫描方案的可行性,为国有资产审计提供了客观、有效的先进技术手段,同时开创了三维激光扫描技术在国内特大型 JRC 塑石工程审计领域应用的先河,具有非常大的借鉴及实用价值。

## 1 三维框架控制扫描方案介绍

### 1.1 三维框架控制扫描系统组成

(1)硬件系统。主要由地面三维激光扫描仪、云梯组成(图1)。地面三维激光扫描仪获取高精度、高密度带回光强度<sup>[5]</sup>信息的激光点云。云梯具有自动升降功能,高空稳定性较好,主要用于顶面扫描。

(2)软件系统。三维激光处理软件系统主要由数据采集软件、数据拼接软件、数据编辑软件、逆向建模软件组成。数据采集软件用于地面单站式激光点云采集及影像获取。数据拼接软件基于物体自身特征实现单站式激光点云拼接。数据编辑软件用于

收稿日期:2016-05-18;修订日期:2016-08-05;编辑:曹丽丽

作者简介:董传胜(1966—),男,山东临邑人,工程师,主要研究方向为工程测量技术研究与应用;E-mail:xigehongdan@163.com



图 1 三维框架控制扫描系统硬件组成

三维激光点云去噪、数据转换等编辑。逆向建模软件采用 Geomatic 逆向工程软件。

## 1.2 方法与流程

三维激光扫描技术在特大型 JRC 塑石工程中应用的关键技术在于如何消除大量单站激光扫描数据引起的累积拼接误差,该文提出了三维框架控制扫描方案,用以减弱误差累积。三维控制扫描站具体可分为侧面控制和顶面控制,根据塑石工程的布局,侧面控制又可细分为外网控制和内网控制。

控制站的选取要遵循整体覆盖、少数合理、两两相应原则。既要保证三维控制站可以覆盖整个工程布局,又要尽量优化减少控制站,以减小首级三维框架控制误差,尽量保证局部工程布局外布设有两两相应的三维框架控制站,且两两控制站之间的单站数也应尽量优化。在三维控制框架构建过程中,应注意外网控制站、内网控制站、顶面控制站的衔接,以保证塑石工程顶面和侧面的吻合精度。

在实际工程中,首先需要对塑石工程现场进行整体查勘,绘制布局简图,根据塑石工程布局复杂度分别布设顶面框架控制网及侧面框架控制网,要特别注意顶面和侧面框架控制网连接站的布设。其次进行三维框架控制网全局平差,然后基于三维框架控制站分部分进行局部扫描,保证单站间既能对盲区有的放矢,又有合理的重叠带。根据局部布局的复杂程度,个别控制站必要时可以转为非控制站使用,以保证局部拼接的连续和精度。利用特征信息进行单站激光点云数据融合、格式转换、去噪、赋色。

根据塑石工程复杂程度及单站数目对整合后点云数据进行分段,以分段能够达到最佳全局注册效果为原则。继而分段建模,建模过程中噪音、体外孤点的容差设置应具体研究设置,并尽量减少冗余激光点云,以最少的必要站点达到最优完整效果。最后进行模型拼接,剔除冗余模型,并进行特征计算、数据汇总,整个工艺流程如图 2 所示<sup>[6]</sup>。

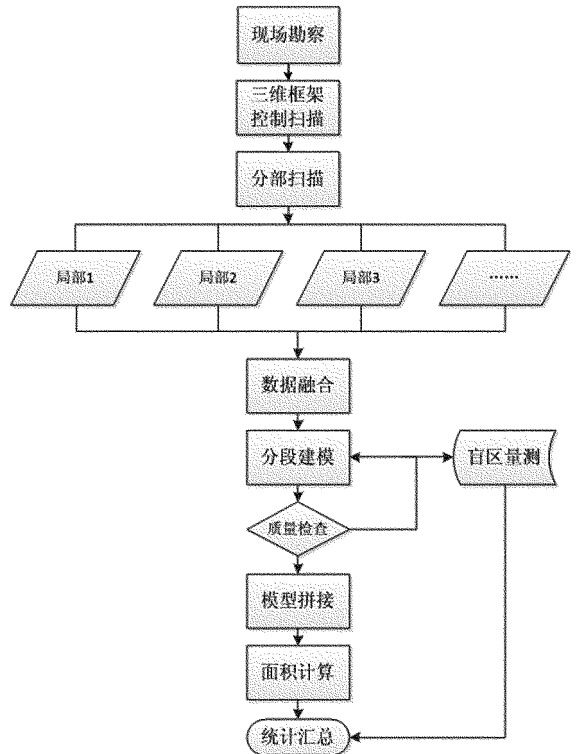


图 2 三维框架控制扫描工艺流程图

## 2 三维框架控制扫描的应用

### 2.1 三维框架控制扫描方案设计

由于塑石工程种类繁多、形态复杂以及技术手段的落后,针对塑石工程量目前国内缺乏统一的技术标准及量测方案。参考《城市雕塑工程工程量清单单价定额 2011 版》规定,各类城市雕塑均采用表面积方式计算工程量,因而表面积准确核算是塑石工程审计的重要客观依据。

东营某动物园塑石工程是国内特大型的 JRC 塑石工程之一,包括塑石大门、屋顶、假山、图腾、动物等造型,形态复杂、高低不一,圆环状布局,表面积计算难度极大。将整个塑石工程分为大门、屋顶、看

台、假山、图腾柱等部分,并根据各部分布局高度,在多数站点上环抱式布设了顶面和侧面三维框架控制站,如图 3 所示。

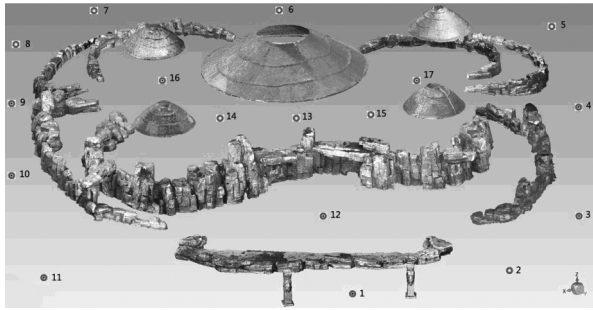


图 3 三维框架控制站布设方案

## 2.2 与传统审计方案的对比

以东营某动物园特大型 JRC 塑石大门为实例,进行了传统与三维框架控制扫描方案表面积计算效果对比,东营某动物园 JRC 塑石大门模型效果如图 4 所示。

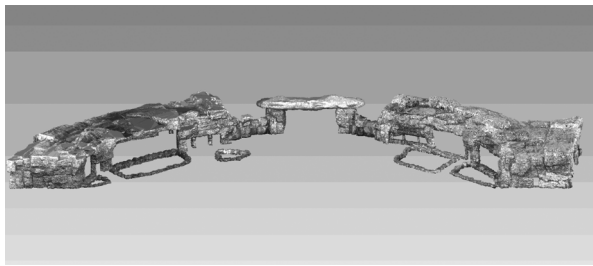


图 4 东营某动物园 JRC 塑石大门

(1)传统审计方案。传统的测量方式有:①贴报方式,但只适用于小型塑石假山,费时费力,误差较大。②钢丝网法,该方法相对准确,但依赖于施工方单方上报数据,不利于事后客观审计。③丈量法,按单体最宽外接矩形乘以单体平均高度再乘以 1~1.5 的系数,该方法简单易用,也是业界普遍适用的估价及预算方法,但缺少客观依据,主观性大,在事后审计上颇具争议<sup>[7-10]</sup>。

(2)三维框架控制扫描审计方案。三维激光扫描技术作为新兴先进技术手段,可利用获取高精度、高密度三维激光点云,“所见即所得”,在产品制造上已经运用非常成熟,但在大型工程逆向建模方面由于积累误差及众多盲区的存在,缺乏成功的案例。该文利用高空顶面及地上侧面三维控制框架,成功突破了误差积累的瓶颈,不仅实现了三维高精度激

光扫描在特大型塑石工程逆向建模及特征计算方面的应用,同时实现了多设备有效协同作业,极大提高了统计精度及作业效率,量测数值对比见表 1、表 2。

综上所述,传统审计方式精度低,系数确定受主观因素影响较大,给审计工作带来诸多不确定性,而三维框架控制扫描方案成功将先进技术手段引入到审计工作中,开创了三维激光扫描技术在特大型 JRC 塑石工程中的应用先河,而且可以提供特大型 JRC 塑石工程精细三维模型、体积、周长等多元信息。

表 1 表面积量测值对比

测量方式	最宽外接矩形周长(m)	单体平均高度(m)	系数	表面积(m <sup>2</sup> )
审计数值				17000
丈量法	600	14.96	1.2	10768
三维框架控制扫描				10488.9888
无控制				11076

表 2 精度对比

测量方式	单站数	最小拼接误差	最大闭合差	系数	模型效果
丈量法		米级	米级	难以界定	
三维框架控制扫描	169	0.006	0.026		精细
无控制	158	0.004	3.2		无法建模

## 3 结语

在实际塑石工程审计中,工程地下部分和极少数难量测的盲区,往往受设备硬件大小限制还需传统丈量方式量测或引入高端微型激光扫描系统。然而,三维框架控制扫描方案以其成果的多元性,特征计算的精确性为审计工作提供强有力的科学支持,为广大施工方逐步接受,为国内特大型 JRC 塑石工程审计标准的规范统一开启新篇章。该技术在国内尚无明确记载先例,将为国内类似项目提供经验借鉴和实际参考价值。

## 参考文献:

- [1] 丁巍,浅述地面三维激光扫描技术及其点云误差分析[J].工程勘察,2009,(增2):67-70.
- [2] 官云兰,程效军,詹新武.鲁铁定地面三维激光扫描仪系统误差标定[J].测绘学报,2014,(7):731-738.
- [3] 盛业华,张卡,张凯.王永波地面三维激光扫描点云的多站数据无缝拼接[J].中国矿业大学学报,2010,(2):233-237.

- [4] 王昌翰,向泽君,刘洁.三维激光扫描技术在文物三维重建中的应用研究[J].城市勘测,2010,(12):447-452.
- [5] 赵松,西勤,刘松林,等.基于回光强度的地面三维激光扫描仪测距误差模型[J].测绘科学,2013,(5):169-174.
- [6] Yu Jinxia, Cai Zixing, Duan Zhuohua, Improved method for the feature extraction of Laser scanner using genetic clustering [J]. Journal of Systems Engineering and Electronics, 2008, 19(2): 280-285.
- [7] 丁莹莹,赵云昌,多种激光扫描系统在数字城市中综合应用研究探索[J].山东国土资源,2015,31(5):83-86.
- [8] 王志亮,胡子建,陈昆明,基于 Surpac 软件的王家村金矿化体三维建模研究与应用[J].山东国土资源,2015,31(4):75-78.
- [9] 魏国忠,侯飞,张衡,吴学超,高速公路勘测中车载激光点云高精度校正可行性研究 [J].测绘通报,2016,(8):20-24.
- [10] 丁莹莹,侯飞,基于 ArcGIS Engine 影像七参精确投影转换方法研究[J].测试技术学报,2014,(28):137-140.

## Innovative Application of 3D Laser Control Scanning Technology in Super – huge JRC Sculpture Audit

DONG Chuansheng, HOU Fei, ZHAO Yunchang, XU Huazhi, LI Tong, LIU Hu  
(Shandong Land Surveying and Mapping Institute, Shandong Jinan 250102, China)

**Abstract:** Reverse modeling of small and medium – sized irregular objects is the main application direction for 3D Laser Control Scanning which is widely used in product manufacture. But it restricts the application of 3D Laser Control Scanning technology in super – huge JRC sculpture audit because of the error accumulation. 3D Laser Control Scanning plan has been put forward. It takes the lead in implementation of high – precision characteristic statistic of super – huge JRC sculpture. 3D Laser Control Scanning Technology is successfully applied to Dongying zoo audit, which provides an objective and effective advanced technology to prevent the loss of state – owned assets. It has great practical and references value for super – huge JRC sculpture audit.

**Key words:** Reverse modeling; 3D Laser Control Scanning; High – precision characteristic statistics; super – huge JRC sculpture audit