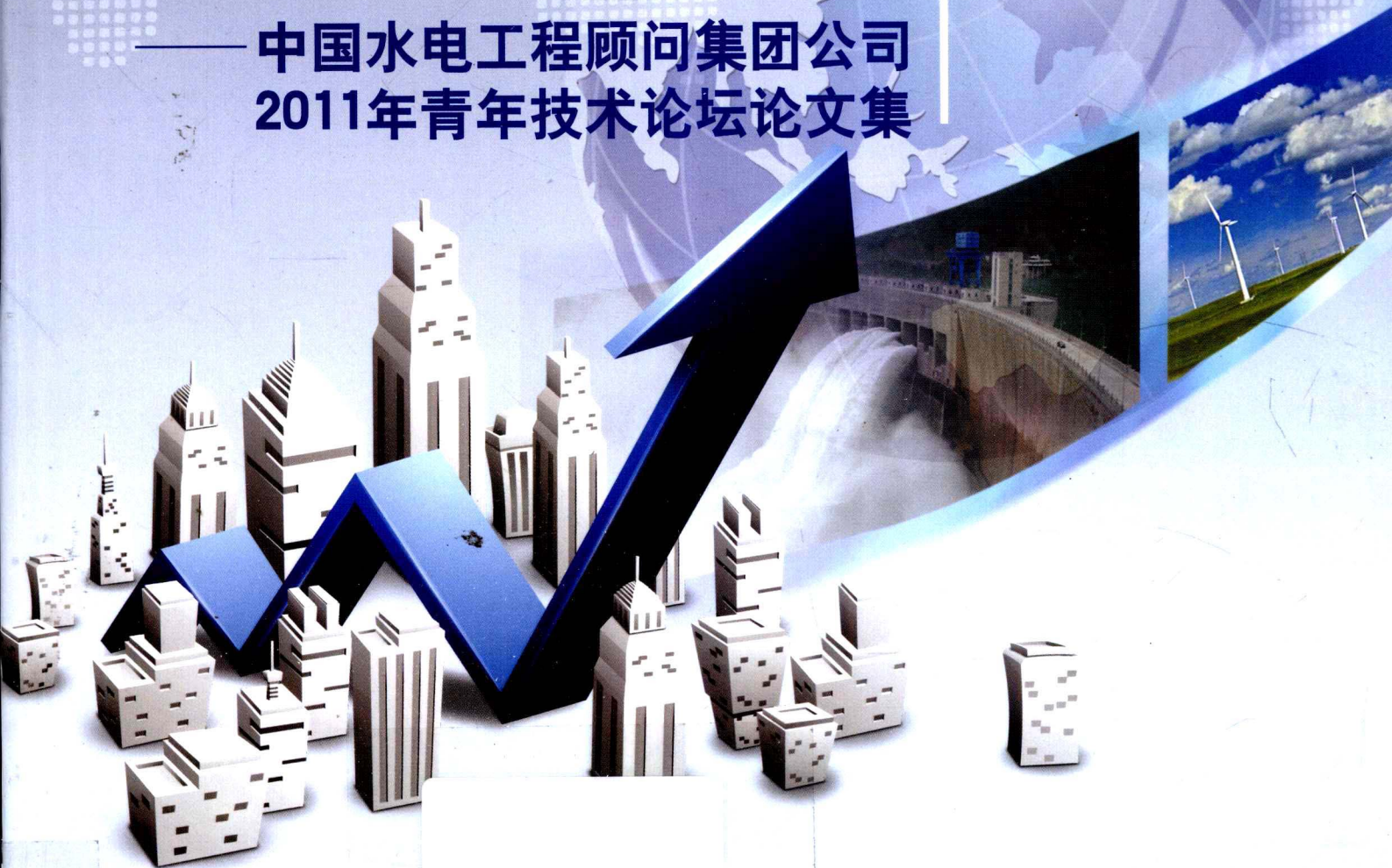


◎青年论坛组委会 编

企业技术创新 探索与实践

——中国水电工程顾问集团公司
2011年青年技术论坛论文集



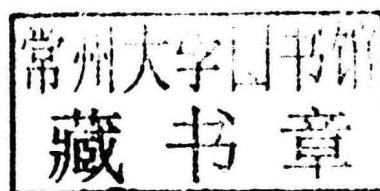
中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

企业技术创新

探索与实践

——中国水电工程顾问集团公司
2011年青年技术论坛论文集

◎青年论坛组委会 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书收录了中国水电工程顾问集团公司 2011 年青年技术论坛所发表的 110 篇论文, 主要涵盖了地质勘察、规划、设计、机电金结、工程造价及经济分析、水库移民及环境保护、新业务技术等七个专题方向。这些论文或引入新理论和新方法, 或在方法和思路上有创新, 或是对技术实践应用经验的总结提高, 是广大青年在长期技术实践中创新的成果。

图书在版编目 (C I P) 数据

企业技术创新探索与实践 : 中国水电工程顾问集团公司 2011 年青年技术论坛论文集 / 青年论坛组委会编. — 北京 : 中国水利水电出版社, 2012. 6
ISBN 978-7-5084-9963-5

I. ①企… II. ①青… III. ①水力发电工程—企业管理—技术革新—中国—文集 IV. ①F426. 9-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 150845 号

书 名	企业技术创新探索与实践 ——中国水电工程顾问集团公司 2011 年青年技术论坛论文集
作 者	青年论坛组委会 编
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 (发行部)
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	北京市北中印刷厂
规 格	210mm×297mm 16 开本 47 印张 1326 千字
版 次	2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月第 1 次印刷
印 数	0001—5300 册
定 价	158.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

编 委 会 名 单

主 编：周建平

编 委：张念木 刘新建 何家欢 李敬泽 姚 实
鲁志峰 陈 鹏 何彦锋 苏 丹 贺鹏程
杨 静 宋广业

前言

中国水电工程顾问集团公司是我国唯一提供水电水利和风电开发综合性技术服务的中央企业，具有世界一流的勘测设计技术和丰富的人才资源，是我国水电和风电工程设计行业的排头兵，2003年至2011年9次参加中国《建筑时报》和美国《工程新闻纪录》杂志“中国承包商和工程设计企业双60强”评比，位列第1名或第2名。创新是企业的永恒的主题，是保持核心竞争力的重要保证。正如管理大师皮特斯·T在《第六项修炼》所讲：“企业如果想要在瞬息万变的环境中屹立不摇，最重要的关键就是永续创新。永续创新就是指组织和其成员能在日常工作中不断提出新观念，以满足顾客天马行空、变幻莫测的需求；就是指组织上下的每一个人随时随地都在创新，使创新就像呼吸一样自然。”技术和管理犹如车之两轮、鸟之两翼，这些年我们一直持续不断地把推进技术和管理创新作为促进企业科学发展的不竭动力。

中国水电工程顾问集团公司40岁以下青年已占到员工总数的60%，他们是企业重要的人才资源，是推动技术和管理创新实践的重要力量，是企业的希望和未来。为了帮助广大青年员工营造“学习、交流、创新、实践”的良好氛围，搭建自我展示和相互交流的平台，引导和激发青年员工专注于技术创新，主动参与企业管理创新，中国水电工程顾问集团公司决定自2009年起每年交替分别以技术创新和管理创新为主题开展青年论坛活动。这项活动对于凝聚广大青年员工的智慧，发挥他们的积极性和创造性，鼓励他们大胆运用所掌握的理论知识，在实践中不断总结经验，为解决企业发展面临的技术和管理问题建言献策，对增强企业的核心竞争力具有重要意义。

论坛活动得到了各级领导干部的大力支持和广大青年员工的热烈响应。本书共收录论文110篇，这些论文或引入新理论和新方法，或在方法和思路上有创新，反映了广大青年员工在企业技术创新方面大胆探索与实践所取得的新成果，充分表明青年员工在不同工作岗位上为提高技术水平做出了巨大努力。

论坛活动由中国水电工程顾问集团公司团委承办，也是团委发挥服务企业

发展、服务青年成才的重要实践载体。希望广大青年员工能够从论文中得到帮助和启发，立足岗位，进一步推动技术创新，提高自身技能水平，服务企业发展。

本书不当之处，诚请广大读者提出宝贵意见。

青年论坛组委会

目 录

前言

地 质 勘 察

机载激光雷达技术在水电工程中的应用	杨 卫 易菊平 唐 峰 (3)
景洪水电站坝基渗水来源研究	李宗龙 魏植生 朱文申 (15)
典型危岩体稳定性分析及治理措施	余 波 (22)
风电场区盐渍土地基静力载荷试验研究	严耿升 (30)
高水头、大流量隧洞岩溶涌水施工处理技术	朱代强 曾 创 兰昌勇 (38)
黄河拉西瓦水电站精密水准网关键技术研究	李祖锋 巨天力 张成增 缪志选 (45)
3S 集成技术在水库库岸稳定条件分段中的应用探索 ...	彭森良 张万奎 张 燊 胡慧敏 (51)
综合物探技术在岩溶坝基检测中的应用	杨正刚 黄 易 (57)
邓肯·张非线性材料模型参数优化计算方法	陈 江 赵云川 李朝政 (65)
抽水蓄能电站岩体高压压水试验研究	高立东 (70)
高密度电法在西部岩溶地区中的应用研究	钟 韬 邓艳平 (77)
地质雷达在蓄能电站岩溶探测中的应用	王世学 陈建强 王奶生 李 伟 李 健 (83)
官地水电站高重力坝建坝岩体质量评价与缺陷处理 探讨	马行东 单 志 彭仕雄 肖 强 (89)
雅砻江卡拉水电站上田镇滑坡体三维建模及稳定性 分析	董育烦 单治钢 高静丹 彭 鹏 (101)

规 划

对新时期开展河流水电规划的思考	李建兵 (111)
滨江城市圩区泵站排涝模数计算方法研究 ...	张发鸿 程开宇 丁华凯 高 成 曹长相 (116)
“5.12”地震后通口河唐家山—邓家河段河道演变分析	周 静 (123)
梯级水电站短期优化调度算法研究及软件开发	费如君 卢毓伟 樊绍华 周怡先 齐明臣 (133)
抽水蓄能电站配合风电运行的储能效益探讨	王婷婷 李复生 靳亚东 (139)
水电站水库常规发电调度图优化研究	杨子俊 韩 兵 张云杰 周 林 (143)
对水力资源技术可开发量和经济可开发量的再认识	刘 岩 (148)

洪水预报误差对思林水库防洪预报调度的影响	安莉娜	黄春江	郭太英	(154)
水沙优化调度在抽水蓄能电站的运用	向波	何学铭	刘书宝	(159)
考虑抽水蓄能和风力发电配合运行的风电消纳方案研究	杨凤英	张丹庆	(164)	
老挝北部电网浅析	钱芳	卢敏	陈革	(170)

设 计

基于 CATIA 的拱坝坝肩复杂块体抗滑稳定分析	张 燕	唐忠敏	庞明亮	(177)		
高拱坝开裂危险性分析评价	张 冲	王仁坤	赵文光	尤 林	赵 艳	(183)
地震作用下混凝土坝抗震设计有关问题探索	杜小凯	党林才	赵全胜	张菊梅	(194)	
气垫式调压室的应用与展望	陈子海	(200)				
高云母含量岩石轧制人工砂的应用关键技术问题研究	李新宇	任金明	陈永红	(206)		
景洪水电站岸坡坝段缺陷地质条件建坝技术	闫会宗	李玲云	周 钧	刘金堂	(212)	
糯扎渡水电站导截流关键技术研究及实践	李仕奇	陈贵斌	曹军义	李光华	(220)	
基于动网格技术的水工闸门水力特性的三维动态仿真模拟	王立杰	戴晓兵	李延农	(230)		
马来西亚巴贡水电站放水孔设计	刘晓光	陈 旸	范建朋	(235)		
高陡地形高拱坝坝肩开挖型式设计及研究	李贺林	王毅鸣	林健勇	(242)		
基于 3DEC 和边坡变形失稳机理的锦屏一级左岸边坡预警 研究	邢万波	姜德全	刘瑞雪	林起明	龚 军	(248)
新型锚块在功果桥水电站表孔预应力闸墩中的应用	刘 鹏	(261)				
三维设计在抽水蓄能电站库盆挖填平衡设计中的应用	赵旭润	赵 轶	(267)			
地铁三维数字化设计浅析	孙单智	(274)				
蓄水冷击对景洪水电站碾压混凝土坝上游面温度及应力的影响	徐 旭	梁静敏	(279)			
复杂地层古滑坡稳定性分析及处理措施研究	宁 宇	孙怀昆	冯业林	夏菲菲	(285)	
山区公路路线设计要素初步探讨	陈志峰	(298)				
大型档案馆库房灭火系统选择研究	许 峥	(304)				
龙开口水电站压力钢管若干问题浅析	蒋 磊	黄东军	杨 嵘	(309)		
APDL 在三梁岔管设计中的应用	徐良华	(316)				
大规模冰水堆积体钻爆开挖及边坡支护施工技术初探	普新友	(321)				
向家坝水电站大坝混凝土温度控制设计	仇成旺	(328)				
向家坝水电站升船机施工总进度分析	胡永芳	(335)				
大理岩人工砂石粉含量对高拱坝大坝混凝土性能的影响研究	杜青林	田先忠	(342)			
水电工程索道桥设计及计算方法初探	林 恰	焦鹏程	李国鹏	(349)		
粉煤灰、磷矿渣、锰硅渣等材料在水工混凝土中的应用评述	谭建军	李 勇	(355)			
江苏溧阳抽水蓄能电站上水库右坝头坝坡抗滑稳定计算	李国会	李登波	(364)			

机 电 金 结

高水头抽水蓄能电站过渡过程计算中几个重要参数的

确定	苟东明	江泽沐	易忠有	周振忠	(371)
高水头弧形闸门门槽水力学数值模拟	曹慧颖	李自冲	余俊阳	马仁超	(377)
大型水电站元件时间常数和短路电流特点及其应用	秦莹	穆焜	李勇		(385)
智能水电站应用 IEC61850 标准的探讨	刘书玉	梁国才			(391)
应用 SolidWorks 软件对水工金属结构液压启闭机油缸总成					
进行三维参数化设计的研究	殷毅	胡涛勇	胡葆文		(397)
平面闸门三维参数化设计应用探讨			李胜		(402)
温度对水电站压水储气罐选择的影响	周振忠	苟东明	易忠有		(408)
三维设计在水电站电气设计中的应用			王娜		(414)
浅谈柳洪水电站监控系统升级改造			刘隽		(422)
浅谈安全监测自动化技术新发展与展望	刘兴何	陈民东			(427)
多泥沙引水式水电站技术供水系统存在问题分析			杨斌		(432)
柳洪水电站水导轴承瓦温异常升高原因分析	徐彬	杨斌			(436)
沙阡水电站技术供排水系统增设管道泵方案分析研究	宗万波	王志强	宗美宏		(440)
浅谈柳洪水电站水轮发电机组轴线调整	王侃	高继红			(446)

工程造价及经济分析

境外 BOT 水电项目造价编制方法探析	王友政	(453)
履带式起重机吊装风机成本分析	龙泽宙	(459)
开展水电工程全过程造价咨询服务 提升造价咨询价值链	乔月宾	(465)
考虑政治与汇率风险的海外水电投资项目估值模型	任小强	(470)
风电场工程总承包的投资控制	张庆	(476)
龙头水库下游梯级效益返还政策研究	刘建雄	(483)
模糊网络分析法在水利工程设计阶段风险管理中的应用	彭远春	王军平 (486)
我国投资项目后评价发展历程及对策	肖长礼	(493)
琼中抽水蓄能电站电价机制分析与研究	郭大军	王瑞 (498)

水库移民及环境保护

破冰之行——生态优先理念指导下的水电规划环境影响评价实践	何涛	(505)
生态优先理念在北盘江水电开发中的实践与探索	魏浪	王志光 孙显春 (512)

规划环境影响评价的生态承载力评价

- 以三位一体规划为例 张建民 孙显春 (517)
- 植被混凝土肥力时变性研究 丰 瞻 (523)
- 浅谈大中型水库移民后期扶持规划监测评估
- 以浙江省大中型水库移民后期扶持规划监测评估项目为例 朱 健 (527)
- 多指标综合评价法在水电移民生产生活水平评价中的应用研究 徐 静 郭万侦 (533)
- 水电开发生态补偿机制研究 张轶超 (544)
- 基于模糊层次分析法的水电工程移民安置效果评估 刘玉颖 敬大捷 冯 涛 (549)
- 对水电工程淹没企事业单位处理补偿问题的探讨 文良友 (555)
- 对水电工程建设征地移民安置验收的探讨 彭幼平 (559)
- 生计资本视野下的四川藏区水库移民研究 张华山 (564)
- 对大型水电工程建设征地中涉及藏传佛教寺院进行的调查与处理规划思考
- 以西部某水电站为例 邓 益 (572)
- 水电工程建设征地移民安置过程中参与主体的博弈初步分析 周广成 李湘峰 (576)
- 立洲水电站“先移民后建设”的实践和认识 刘孝栋 (581)
- 水库移民社会稳定风险评估的量化探求 王鹏飞 (587)
- Decree、Regulation & Guideline: 国际非自愿移民经验与老挝实践
- 亚行、中国与老挝水电行业的比较 于浩森 唐 欢 郑 勇 (595)
- 水利水电工程混凝土边坡生态修复措施初探 徐洪霞 (603)
- 基于水库移民安置点规划设计的方案评价 焦 宝 蒋利宏 王 骞 (608)
- 征地统一年产值和区片综合地价补偿探讨
- 以贵州省水利水电工程征地为例 姚克烨 (613)

新 业 务 技 术

- 中国数字水电系统设计与构建 宋述军 何彦锋 (621)
- 大型并网光伏电站中电池选型的技术经济比较 彭天魁 许路石 (632)
- 东福山岛风光柴蓄及海水淡化综合系统工程实践 黄晓敢 孙 科 刘秋华 (638)
- 多层廊桥结构设计方案比选 黄竞强 吉 翔 孙宇彤 陈旭刚 (645)
- 海上风机基础结构动力响应分析 陈法波 李 炜 罗金平 (653)
- 福建省县市级综合档案馆规划建设刍议 吴登国 (661)
- 海岛开发方案的评价及优选 白福青 (684)
- 海上升压站结构研究现状及应用 冯卫江 孙杏建 (691)
- 浅析风电场箱式变电站可靠性提高策略 尹浩霖 李 海 (696)
- 一种循环复合能源与高层建筑一体化集中供热系统 李 洋 杨永芬 庄天宝 (700)
- 太阳能光伏发电应用初探 王 亮 (705)

浅析风力发电机组基础混凝土早期温度裂缝的成因及控制措施	李 婷 (710)
自动无功电压控制系统在集中接入风电场的应用	王 磊 (718)
论风电机组变桨系统及其安全地位	杨 明 (723)
云南高海拔风电场电气设计的特点	张 晶 卢 敏 叶 杨 刘 澜 健 吴 维 鑫 (733)
风电场风电机组有效湍流强度超标处理方式的技术方案探讨 ...	章 凯 刘 玮 董 德 兰 (738)

地 质 勘 察

机载激光雷达技术在水电工程中的应用

杨 卫 易菊平 唐 峰

(四川中水成勘院测绘工程有限责任公司 成都 610072)

摘 要: 本文通过分析西南高山地水电测绘工作所面临的难题及其对测绘设备的特殊需要,并以国际主流机载激光雷达的技术特点相对照,在理论上论证了激光技术应用的可行性。并进一步解决了几个关键技术问题,从而形成一个完整应用流程。该技术在工程中已得到广泛应用状况,若干典型项目的精度分析充分验证了前期论证的正确性,也证明本文中的工艺是合理可行的,该技术具有领先性,应用前景广阔。

关键词: 高山地; 水电测绘; 激光雷达; 工艺; 应用

1 水电测绘面临的困难

经济的飞速发展,带来了能源和环境的巨大压力。而水电能源作为一种优质清洁的可再生能源,已经成为国家能源安全战略中近期开发的重点。西南地区蕴藏着我国 67% 的可开发容量,是目前水电工程勘测设计和施工建设的重点区域。这些区域山高、坡陡、河谷狭窄,植被茂密(如图 1、图 2 所示),气候复杂多变,人员难以到达,给水电勘测设计的测绘保障提出了严峻的挑战。当前,测绘资料精度要求更高、工期紧迫而传统的人工和航空摄影测量的手段又难以克服险峻地貌、茂密植被和复杂气候等诸多不利影响的形势下,因此水电测绘迫切需要一种全新的手段来应对这严峻的挑战。在深入分析工作特点和测绘行业最新技术发展的基础上,我们找到了一个优良的技术手段,这就是机载激光雷达。以下与设备相关的分析,均以项目开始时世界最先进的加拿大 Optech 公司 ALTM Gemini 机载激光雷达为例。



图 1 植被茂密



图 2 河谷狭窄

2 机载激光雷达技术的原理与特点

2.1 机载激光雷达技术的基本原理

机载激光雷达测量技术是一种集激光测距系统、全球定位系统(GPS)和惯性导航单元(IMU)三种技术为一体的空间对地观测系统, GPS 系统提供飞行平台所处位置, 惯性导航系统(INS)提供飞行平台的轨迹与姿态, 激光扫描测距系统提供飞行平台与被测物之间的相对位置。

通过这三种技术的集成，可以快速地完成地面三维信息的采集。主要工作原理见图 3。

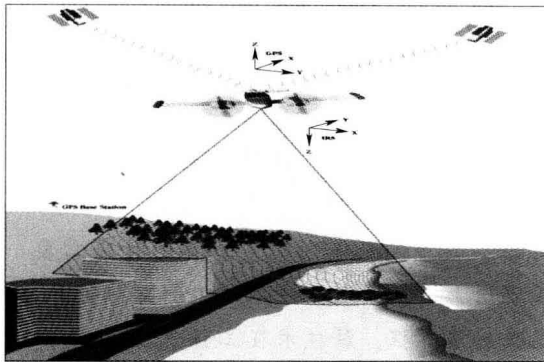


图 3 机载激光雷达系统工作原理示意图

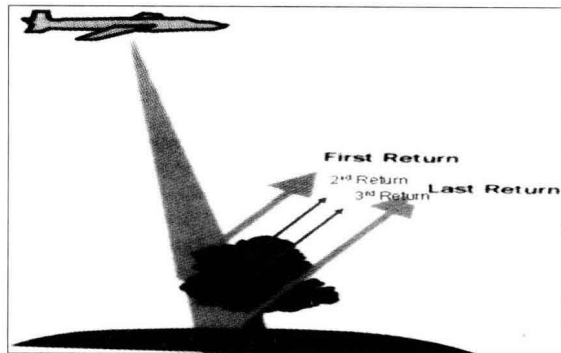


图 4 多回波进行地面信息的采集

2.2 机载激光雷达技术特点

2.2.1 对植被具备一定的穿透性

激光光束能够透过植被间隙，在空中对植被茂密地区进行扫描时，每发射一束激光脉冲，可以分别获得树冠、树干、地表灌木以及地面等多个反射回波（如图 4 所示）。通过对这些回波的综合处理，可以较为可靠地获得植被茂密地区的地表数据（如图 5 所示），茂密植被下仍可提取地面。这是传统航空摄影测量、地面摄影测量以及人工测量很难办到的事情。

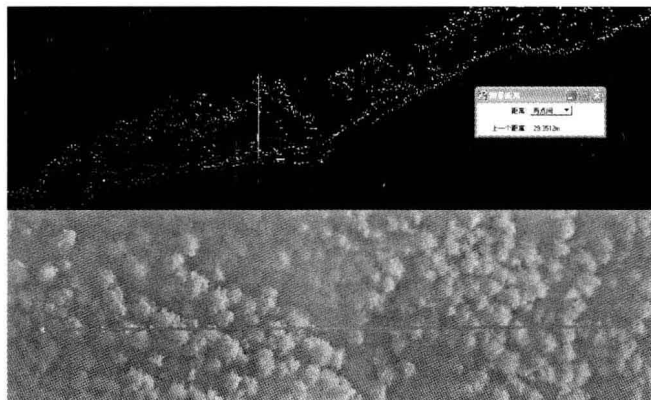


图 5 茂密植被下仍可提取地面

2.2.2 对气候、光照、地貌的适应力更强

激光雷达采用激光为工作介质，是通过发射激光脉冲和接收回波来获取地表信息的主动式测量系统。因此激光雷达单一视角即可获得三维坐标，无需构成立体交会，扫描数据相对连续，出现的航摄漏洞的几率更低（如图 6 所示）。而常规摄影测量需要形成立体像对，在高山峡谷等陡峭地形区域有更多的可能形成摄影漏洞（如图 7 所示）。尤其是对于大面积雪区、岛屿、平坦的滩涂、草场以及沙漠等影像纹理信息匮乏地区，传统航测是基于影像相关技术，处理这类信息匮乏区相当困难，而机载激光雷达则能直接获取三维坐标。

激光雷达不像传统航测那样以可见光为媒介，所以它不依赖于自然光照，不受太阳辐射角和阴影的限制，因而也不会像高山区航摄一样，受到阴影影响而形成大量的航摄漏洞（图 8、图 9 在同区域的影像数据和激光点云数据的信息采集成果比较）。特殊条件激光雷达系统下甚至可在夜间工作。

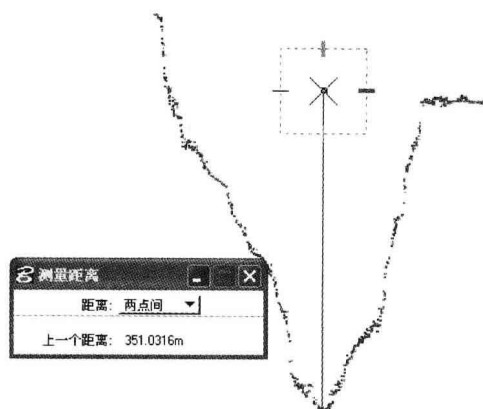
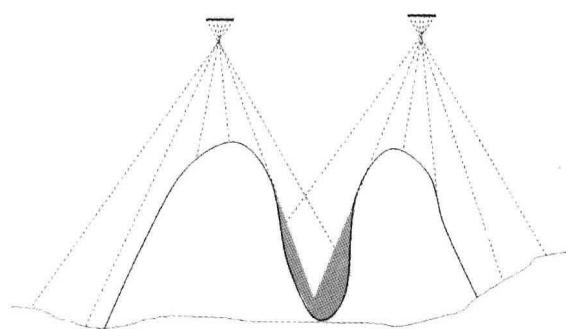


图6 峡谷底也可获取比较连续的信息



灰色区域无法形成立体像对

图7 常规摄影测量信息可能不连续

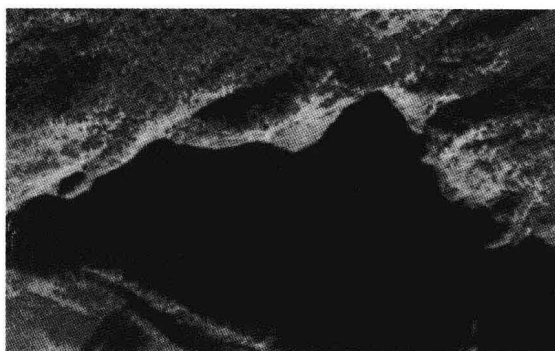


图8 山体遮挡造成的影像阴影



图9 阴影区域获得的连续点云数据

机载 LiDAR 一般采用 IV 类强度的近红外激光。这种激光虽然无法穿透含水量较多的浓云浓雾,但由于激光功率大,测距脉冲经过不良气候的强烈衰减和散射之后,仍能达到一定的反射强度,所以它能在一定程度上穿透薄云、轻雾或浮尘,可在能见度稍差的天气下工作。因此 LiDAR 可以比常规航测获得更多的作业机会。这对一些应急性的信息采集有一定的时间优势。

2.2.3 获取 DEM 的效率更高

典型的水电测绘区域,相对航高 2000~3000m 的情况下,机载激光雷达系统每小时大约可以获得 150km² 的高密度点云数据。更关键的是,机载激光雷达系统数据后处理过程中几乎可以不要外业控制点,因而可以快速获得高精度的 DEM。

2.2.4 产品形式多样应用广泛

激光雷达除了可以快速高精度地提供三维坐标之外,还可以提供目标物的反射率信息(激光反射强度)和目标区域的较高分辨率的数码影像。既可用于 4D 产品生产,也可以借助激光点云和影像数据进行三维建模,满足不同用户的需求。

3 水电测绘对机载激光设备的性能需求分析

机载激光雷达的技术特点与西部水电测绘所面临的难题是契合的,但要确定它能否用于水电测绘工程并生产出合格的产品,还要对技术参数进行深入的分析。

3.1 测程

我们统计了我单位正进行勘测设计工作的金沙江上游、雅砻江中游和雅鲁藏布江下游等 9 个典

型梯级电站沿河两岸各 5km 范围内最高峰到谷底的高差, 根据《航空摄影技术设计规范》(GB/T 19294—2003) 规定的 Y-12 一类飞机的侧向安全距离和安全高度, 得出的安全飞行高度(相对航高) 介于 2300~2900m 之间。而 ALTM Gemini 的测程可达 4000m, 可见 Gemini 的测程完全能够胜任。

3.2 点密度

根据典型工况估算, 上述区域剔除植被后, 可获得点间距 2.25~2.50m 的裸地面点。《数字测绘产品质量要求第 1 部分: 数字线划地形图、数字高程模型质量要求》(GB/T 1794.1—2000) 和《基础地理信息数字成果 1:500、1:1000、1:2000 数字高程模型》(CHT 9008.2—2010) 中规定的 1:2000 比例尺 DEM 格网间距分别为 2.0m、2.5m。LiDAR 获取的地面点在密度上介于两规范规定的之间, 能够满足制作 1:2000 数字高程模型的需要。

3.3 成果精度与规范要求

根据设备的标称精度和 GPS 轨迹误差估算, 在相对航高为 2900m 的典型工况下激光点相对于最近控制点的精度约为: 平面 54cm, 高程 25cm。

而根据《1:500、1:1000、1:2000 外业数字测图技术规程》(GB/T 14912—2005) 第 3.7 款的规定: 困难隐蔽地区地物点相对于邻近图根点点位中误差 1:500 不大于 $\pm 0.23\text{m}$; 1:1000 不大于 $\pm 0.45\text{m}$; 1:2000 不大于 $\pm 0.9\text{m}$ 。显然 LiDAR 的平面精度可以满足 1:2000 的要求。

高程注记点相对于最近图根点高程中误差不大于 1/3 基本等高距即 1:500 为 $\pm 0.33\text{m}$; 1:1000 为 $\pm 0.33\text{m}$; 1:2000 为 $\pm 0.67\text{m}$ 。此外困难地区放宽 0.5 倍。激光点作为参与构 TIN 点按规范要求其精度不低于同比例尺高程注记点精度。很显然 LiDAR 的高程精度可以满足 1:2000 的要求, 而且对困难地区亦能 1:1000 和 1:500 的要求。

通过上面的分析可以看出, Optech ALTM Gemini 型机载 LiDAR 在测程、点密度和高程精度上可满足我单位在典型高山地区 1:1000~1:2000 比例尺的数据采集需要, 在平面精度上可满足相应区域 1:2000 比例尺的精度要求, 如果 GPS 基站与测区的距离更近, 并辅以其他措施, 平面精度有希望接近 1:1000 比例尺的精度要求。

4 水电测绘中机载激光雷达关键技术和解决方案

机载激光雷达在世界上都缺少高海拔环境下的应用案例。在西南地区, 激光雷达的安全飞行高度必须达到海拔 5000~6000m, 这已经大大超出该类设备在世界上的所有应用工况, 连国外同行都说这是“世界性的挑战”, 因此, 这种高海拔背景下的关键技术工艺将无先例可循, 需要我们研究探索。

根据国内外应用环境的差异大小和其对精度的影响程度我们重点解决了下述三项关键工艺: GPS 地面基站的布设方法、航带平差和山区航线设计。

4.1 GPS 地面基站的布设方法

设备厂方推荐的 GPS 地面基站的布设方式要求 GPS 地面基站覆盖(每站覆盖方圆 30km) 飞行轨迹的所有范围, 而且对 GPS 地面基站的绝对坐标精度要求极高。国外高精度 CORS 站密集, 覆盖区域广泛, 基本不用用户自己架设基站, 所以这种高精度绝对坐标很容易实现; 而我国 GPS 基础设施薄弱, CORS 站稀少, 测区距离机场又很远达 300km。如按照厂方方案实施, 地面 GPS 基站点的精度数量远超出预期, 这将使作业成本和工期大大增加。

为了确定基站的布设方法, 进行了一系列针对性试验。绝对精度方面, 通过给 GPS 地面基站坐标添加不同幅度的模拟误差, 采用相同的方法解算轨迹并输出的激光数据, 经过对比结果发现,