

# 工程物探新技术

刘云祯 主编

A New Technique On Engineering  
Geophysical Method

地质出版社

# 工程物探新技术

刘云祯 主编

地质出版社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

本书为第九届全国工程物探学术会议论文集。全书共收入学术论文 42 篇，基本反映了我国工程物探科技工作者近年来在工程物探基本理论与工程实践中所取得的研究成果与主要进展，系统地介绍了多道瞬态面波勘察技术、高密度地震映象技术、隧道地质超前预报技术与综合物探技术，及其在各行业各类岩土工程勘察与检测中取得的丰硕成果。

本书可供从事工程勘察检测及相关专业科研、设计、施工、检测部门的科技工作者以及高等院校师生学习和研究参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

工程物探新技术/刘云祯主编. —北京: 地质出版社,  
2006. 9

ISBN 7-116-05005-1

I. 工... II. 刘... III. 地球物理勘探-文集  
IV. P631-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 115279 号

### GONGCHENG WUTAN XINJISHU

---

责任编辑: 李颖 焦恩富 沈效群 刘志义 孙亚芸

责任校对: 王素荣

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324569 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: [zbs@gph.com.cn](mailto:zbs@gph.com.cn)

传 真: (010) 82310759

印 刷: 北京地大彩印厂

开 本: 787 mm × 1092 mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>

印 张: 20.75 图版: 8 面

字 数: 502 千字

印 数: 1—2200 册

版 次: 2006 年 9 月北京第一版·第一次印刷

定 价: 58.00 元

ISBN 7-116-05005-1/P · 2731

---

(凡购买地质出版社的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社出版处负责调换)

# 《工程物探新技术》编委会

主 编：刘云祯

编 委：任书考 李哲生 林 琛 刘金光

梅汝吾 金荣杰 朱向泰

# 前 言

最近十几年工程物探勘察与检测新技术的发展真是令人鼓舞！20世纪80年代浅层地震反射波勘查技术方兴未艾，90年代又迎来多道瞬态面波勘察技术的蓬勃发展。多道瞬态面波勘察技术确定以基阶面波为核心的野外采集和数据处理的方法，突破了几十年来面波研究的徘徊局面，开创了瞬态面波技术广为应用的新时代。瞬态面波技术具有的高分辨量化水平、对地层界面和物性的双重勘察功能、操作轻便快捷、成果直观形象的特点，促进了岩土工程勘察技术的进步。

工程物探勘察检测新技术的产生不是一件容易的事情，要经历实践—失败—再实践的过程，需要执著的进取精神，需要综合的知识能力，需要实践现场的支持。水域高密度地震映象新技术的研究过程，三起三落，最终在平潭岛跨海峡大桥的勘察中获得成功。

工程物探新技术的发展需要中坚力量，他们具有敢为人先、求真务实的精神。福建省建筑设计研究院勘察分院、福建省交通规划设计院、中航勘察设计研究院检测中心、中国冶勘总局地球物理勘查院物探中心、核工业柳州工程勘察院等单位的同行们，以及中国建筑学会工程勘察分会物探专业委员会的委员们，十几年如一日坚持实践第一的观点，不断自主创新，为建设工程的经济效益、社会效益和环境效益做出了巨大贡献。

工程物探新技术需要不断增添新亮点，伴随国家基本建设工程的发展，需要更多的工程物探新技术去勘察复杂的地质条件，解决复杂的工程地质难题。实践证明：中国的工程物探工作者有能力开发物探新技术，制造新仪器，编制新软件，制定新的技术标准。

2006年在福州举办第九届岩土工程物探学术交流会，并出版《工程物探新技术》，福建省交通规划设计院为构建物探勘察学术交流平台做出了积极的贡献，在此，我代表中国建筑学会工程勘察分会向福建省交通规划设计院和杨尚海院长表示衷心感谢！物探是岩土工程勘察的手段，是一门综合性学科技术，前八届岩土工程物探学术交流会曾经得到汪闻韶院士、方鸿琪、林宗元、顾宝和、张苏民、陈宗基、崔政权、王秉忱等勘察大师的光临指导，在此表示衷心的感谢！

刘云祯  
2006年8月





院长、党委书记 杨尚海



## 福建省交通规划设计院

福建省交通规划设计院，始建于1964年，现有职工432人，其中高、中级专业职称人数占75%。是持有国家认证的“十个甲级”资质（工程总承包、公路行业（公路、特大桥梁、特大隧道、交通）设计、水运行业工程设计、建筑行业建筑工程设计、工程勘察综合类、工程测量、工程咨询、地质灾害治理工程设计勘察施工、地质灾害危险性评估、市政公用行业（桥隧）设计）的综合勘察设计单位，并获国家对外承包工程经营权，已通过ISO9001:2000质量体系认证。

全院技术力量雄厚，专业配套齐全，设计手段先进，广泛应用工程三维造型设计和公路全景动态透视图等先进手段，拥有GPS全球卫星定位仪、全站仪、红外测距仪、中浅层地震仪、SWS面波仪等先进仪器和德国CARD/1路线一体化等设计软件，实现勘察设计一体化和办公自动化。

20世纪90年代至今，本院主要承担了泉州、漳州、福泉、漳诏、漳龙、罗宁、罗长、福银福建境内段、龙长、浦南、泉三、永武、福州市绕城高速公路、福州国际机场高速公路等2000多公里的高速公路及港口航道、土木建筑等规划、勘察设计业务。50多个项目分别获国家级、省部级优秀工程勘察设计奖、科技进步奖和优秀计算机软件开发奖；桥梁护栏、滚装石料码头等项目获国家专利。同时多届被省委、省政府评为省级“文明单位”，并获得“福建省利税300强企业”及“AAA级信用企业”和“福建省首届最佳信用企业”以及“全国交通系统创建文明行业先进单位”等光荣称号。

本院将一如既往地坚持质量第一、信誉至上的服务宗旨，发扬“团结、求实、创新、奉献”的企业精神，坚持“科学管理、精心设计、持续改进、顾客满意”的质量方针，努力创建国内先进的现代科技型企业，为交通建设事业发展再作新贡献。



马尾互通



漳诏高速公路





龙长高速公路石崆山高架桥



龙长高速公路建安关高架桥



泉州后渚跨海大桥



美弧林隧道（全长 5574 米）



福泉高速乌龙江大桥



漳诏高速公路天福服务区





泉州港后渚码头



福州港万吨级码头

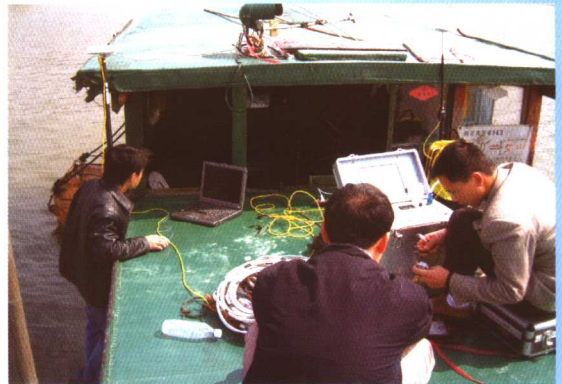
我院岩土工程物探技术力量雄厚,技术装备先进,工程实践经验丰富,数据全自动采集处理及CAD成图,综合物探及测试技术达到了国内领先水平。能承接各类工程物探勘察(水域物探、不良地质体探查、岩溶及土洞勘探、声波测试、软土地基加固处理效果检测以及隧道超前地质预报等)业务。

目前拥有 SWS-1G 型多功能工程勘察与检测仪、DZD-6D 多功能直流电法仪、WDJD-3 多功能数字直流激电仪、RS-ST01C 非金属超声波检测分析仪、WSD-2 数字声波仪等先进物探设备,勘察方法主要有浅层地震折射法、反射波法、高密度地震映像法、瞬态面波法、高密度电法、声波测井等,并积极开展工程检测技术以及物探技术难题的课题攻关。

近年来,完成了数十项大型工程的物探任务,其中福泉高速公路勘察、乌龙江特大桥勘察获省优秀勘察三等奖;课题研究“水域高密度地震映像技术研究”项目通过以林宗元大师为组长的专家组的评审,达到国内领先水平。



马宅顶隧道(不对称式连拱隧道)



面波仪在海上工程的应用



全球卫星定位



福建省交通规划设计院

地址:中国福建省福州市交通路43号  
电话:0591-83357798 邮编:350004  
网址:www.fjty.com





# SWS

## 技术世界领先

北京市水电物探研究所研制开发的SWS工程勘探与工程检测系统是一种多功能，高性能的勘察检测设备。其中多道瞬态面波勘察、高密度地震映像和水域走航式高密度地震反射波技术具有自主知识产权并在世界范围内具有领先地位。SWS系统的处理结果直接以彩图显示地层物性和构造，为岩土工程勘察定量化开辟了前景，更适应复杂条件下工程勘察的需要，深受广大用户欢迎。新型的SWS仪器为Windows界面，面板设置有两个USB接口，数据传输与存储更为方便。

《多道瞬态面波勘察技术规程》已被建设部批准自2004年12月1日起实施。

### 目前广泛应用于

各类岩土工程勘察与检测  
 资源环境勘察  
 堤坝隐患检测  
 地基加固效果检测  
 地质灾害调查  
 工程测振  
 地基动力特性测试评价  
 桩基无损检测

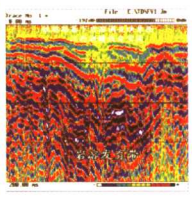
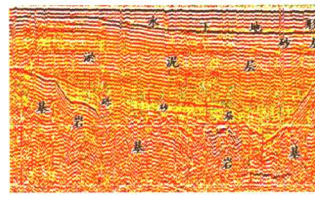
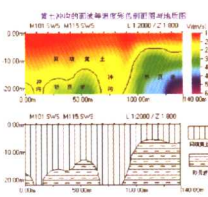
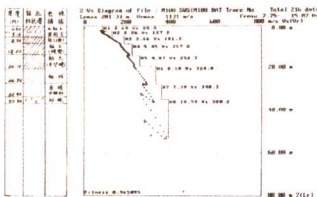
### 主要功能

多道瞬态面波勘察功能  
 高密度地震映像功能  
 水域走航式高密度地震反射波功能  
 地震仪功能  
 超长采样的地脉动测试和工程测震功能  
 桩基检测功能

### 数据处理软件

面波处理软件  
 面波地质绘图软件  
 地震反射波处理软件  
 水域走航式高密度地震反射波处理软件  
 高密度地震映像处理软件  
 地震折射波处理软件  
 地震波速测井处理软件  
 工程测震处理软件  
 地基常时微动（地脉动）处理软件  
 桩基检测处理软件

SWS 系统数字化采集 地层物性彩色显示 地质成果直观形象 岩土评价定量化



十多年来，SWS系统在全国工程勘察领域已拥有用户三百家，多达数千个工程勘察应用的实例证明了SWS系统的有效性和可靠性，使用SWS系统的用户几乎一致的共识是：北京市水电物探研究所不仅仪器性能先进，而且技术服务与技术支持做的及时、周到和深入。

我们期待着SWS系统在工程勘察领域发挥更大的作用，为用户创造更多的价值。

北京市水电物探研究所

地址：北京市东城区东中街58号美惠大厦A902

TEL：010-65543405 65547011

FAX：010-65543406

网址：WWW.CCSWS.COM

E-mail：CCSWS@VIP.163.COM



www.ccsws.com

# TGP12 隧道地质预报系统

针对隧道地质超前预报和地质检测工作的需要，北京市水电物探研究所开发出 TGP12 多功能隧道地质预报仪和相关软件处理系统。该仪器系统基本配置可以进行隧道地质超前预报；扩展配置可以检查混凝土衬砌与围岩之间是否存在脱空缺陷，检测已开挖隧道的隐蔽病害（如隧底岩溶等）TGP12 多功能仪器适应隧道弹性波多项目检测的需要。软件处理系统全部为 WINDOWS 编程，界面良好，处理中既有自动处理方式，也有手动处理方式，还具有深入分析异常可靠程度的追踪评估功能，这种功能设计既适应非物探人员，又适应物探专业人员利用弹性波传播特性对隧道复杂地质条件进行深入的分析和研究。



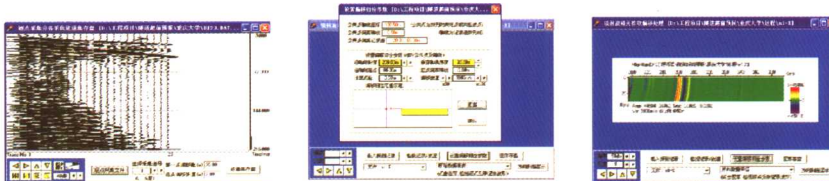
## TGP12 隧道地质预报系统通过国家技术鉴定



2005年8月由北京交通大学、中国铁路工程总公司隧道及地下工程试验研究中心邀请国内专家，在成都主持召开会议，对北京市水电物探研究所研制的 TGP12 隧道地质预报系统进行了鉴定。经与会专家认真审议，一致认为，TGP12 仪器与相关的处理系统，性能稳定可靠，信噪比高，与国外同类仪器对比整体上具有国际先进水平，可以替代进口产品。

## WINDOWS 系统的采集和处理

TGP12型隧道地质预报仪的处理软件系统简称“TGP处理系统”。“TGP处理系统”由北京市水电物探研究所编制并拥有“独立知识产权”。该处理系统为 Windows 环境条件下的处理系统，具有衰减计算、动平衡、增益补充、坏道剔除、干扰波压制、谱分析与滤波；具有纵、横波分离，纵、横波速度的自动拾取与岩体动参数泊松比、动剪切模量、动弹性模量的计算；具有纵、横波反射回波的拾取、偏移归位、反射波极性识别成图与预报计算等功能。界面良好，操作方便。



目前，TGP12系统已在国内多家单位的隧道超前预报工作中应用，我们期待着该系统在隧道超前预报工作中发挥更大的作用。







### 简介

物探中心是一支从事地面地球物理勘查和地球化学勘查工作的专业队伍，也是中国冶金总局所属的唯一一支专业性物探队伍；拥有一批精密、先进的物探仪器设备和资料处理、解释系统；现有职工50人，其中具有本科以上学历、五年以上工程实践经验的工程师30人；高级工程师12人，其中教授级高工2人。

物探中心在应用地球物理勘查技术领域处于国内领先水平，在国内同行业中保持着较强的优势。经过多年生产实践和科研开发的积累，在不同的地质勘查领域均具有丰富的经验；曾有50多项科研成果获国家、省部级奖励，为我国的基础工程建设及地质找矿事业作出了突出贡献。

物探中心拥有健全、完善的各类资质证书，如：《地质勘查资格证》、《测绘资格证》、《地球物理甲级资质》等。

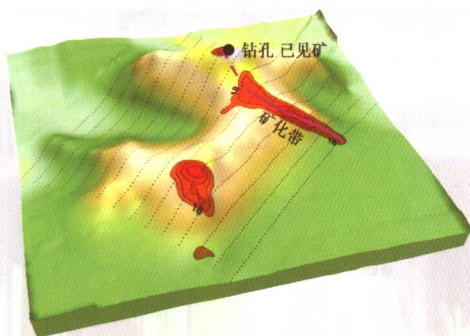
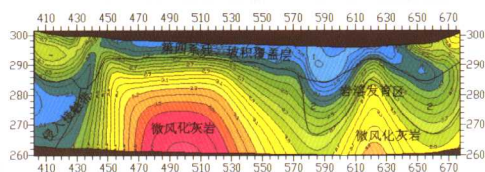
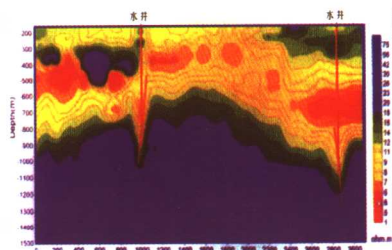
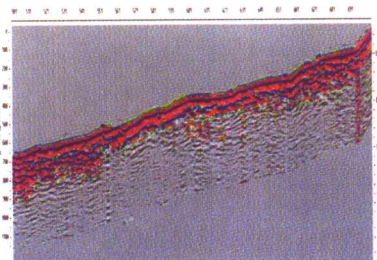
#### 主要方法技术与设备

##### 1. 天然场源大地电磁测深 (MT) 勘探系统

拥有加拿大凤凰公司生产的目前国际最为先进的大地电磁测深仪 V5 及 V5-2000 系列，广泛应用于石油、天然气及地热资源深部地质构造探查。

##### 2. 综合电法勘探系统

为美国 Zong 工程公司生产的高精度、多通道、多功能数据接收系统 GDP-32- II 和大功率发射机 GGT30，主要从事可控源音频大地电磁测深 (CSAMT)、瞬变电磁测深 (TEM)、时域激电 (TDIP) 等多种方法测量，同时本院与成都理工大学联合开发、研制出高分辨率超长电磁测深仪，结合其他如高密度电法等设备，广泛应用于石油、天然气、地下水 (热水)、多种金属等矿产资源勘查。



广泛应用于:

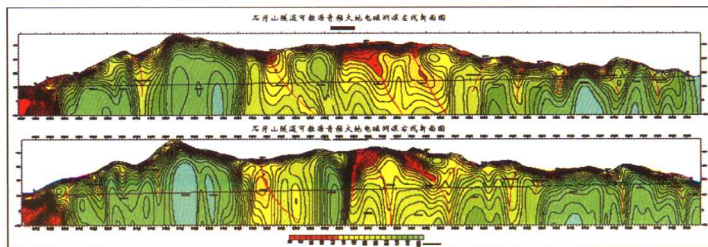
- ★ 公路、铁路路基基础工程勘查与检测
- ★ 大中型水库坝址
- ★ 基础勘探及运行观测
- ★ 灾害地质体调查
- ★ 地下埋设物探查
- ★ 地下洞穴及基础陷落探查
- ★ 隧道挖掘超前预报
- ★ 桩基质量检测
- ★ 高层建筑物震动监测与振形分析

##### 3. 地面重力、磁法勘探

我单位具有多年开展地面重力、磁测的历史，具有丰富的实践经验，并且拥有多套高精度的仪器设备及完整的数据处理与解释系统，能够做到深部快速反演和对异常体进行定量估算，可在成矿区带进行剖面精密测量、曾在应用地球物理综合地质找矿中发挥了重要作用。

##### 4. 工程物探

通过多种应用地球物理学技术如拟地震弹性波、超声波、电磁波等，借助先进的仪器、设备如浅层地震仪、地质雷达、高密度电法等，为复杂多样的工程建设项目提供高精度、高密度、高分辨率的基础解析，以解决工程地质领域中的诸多疑难问题。





# 核工业柳州工程勘察院

前身为广西地球物理勘察院，2002年初资产优化重组后，成立核工业柳州工程勘察院，现使用“核工业柳州工程勘察院”和“广西柳州物探基础工程有限公司”两个名称，物探资质与广西地球物理勘察院合用。资质范围：工程勘察、工程物探甲级；地基与基础工程施工贰级；地质灾害评估甲级、地质灾害治理工程（勘查、设计、施工）乙级；测绘乙级；桩基高、低应变检测、声波透射检测、静载荷试验；C级大爆破，B级拆除爆破等。

现有职工139人，工程技术人员116人，其中高级职称30人，中级职称45人，注册岩土工程师4人，建造师7人，质量师1人，勘察（查）施工设备400多台套，是一支专业门类齐全，人员配置合理，装备先进，技术力量雄厚的综合性工程勘察施工队伍，在区内外工程勘察施工市场享有较高信誉。工程物探技术力量和勘查技术处广西领先水平。

2005年12月通过质量/环境/职业健康安全“三标一体”管理体系认证。全体员工坚持“科学管理创精品；施工勘察重环保；关爱员工保安康，顾客满意促发展”的管理方针，热诚为客户提供优质高效服务。

完成的代表工程有：柳州谷埠街国际商城，柳州凤起新都商住楼，柳州江南新天地，南宁万昌新世纪（民族熙园）商住楼，柳州市双冲桥（N11#~18#墩），广西柳钢西部喷煤系统，钦州港七万吨散货码头等工程勘察项目；广西桂平木圭金铜锰矿开采竖井帷幕灌浆处理，柳铁湛江站新建旅客进出站地道桥深大基坑围护，柳州时代商厦基坑支护，柳州市温州商贸城基坑支护，广西柳钢110t转炉桩基础工程，合山电厂改扩建2×300MW机组桩基础工程等地基与基础施工项目；广州南方航空公司卫生中心大楼基础物探，昆明市地下管线探测，南宁市郊活动断层探测等一系列陆地及水上物探及检测项目。2002年6月还与国外公司合作在中东完成石油污染地下水环境



院长 陈家联



南宁万昌新世商住楼工程勘察



柳钢100t转炉桩基础施工工地



的物探调查试验工作，并于2004年完成了马来西亚吉隆坡的一段高速公路灾害检测。先后在广西、广东、云南等省区完成了许多国家及地方大中型工程勘察（查）施工项目800多项。其中获部（区）级优秀工程勘察（查）成果奖13项，市（地矿局）级优秀工程勘察（查）施工成果奖21项。



# 福建省建筑设计研究院勘察分院

福建省建筑设计研究院勘察分院成立于1953年，具有工程勘察综合甲级、桩基检测甲级、地质灾害工程治理勘查及设计甲级、测绘乙级等资质，通过国家计量认证和ISO9001:2000质量管理体系认证。

福建省建筑设计研究院勘察分院有职工一百多人，其中各类技术人员80余名，具有高级专业技术人员20余名，国家注册岩土工程师15名、一级注册结构工程师4名，形成了一支技术密集型的以岩土工程为主，兼有水文地质、工程测量、建筑物加固等多专业的队伍。勘察分院下设工程勘察、岩土工程设计、建筑物加固设计、桩基检测、施工监测、基础工程施工与监理、水文地质与施工降水、工程物探、工程测量、土工试验等十个专业室及钻探队、机修车间，是福建省岩土工程勘察行业中专业最齐全、设备最先进、技术力量最雄厚、技术管理最严格的单位之一，也是福建省工程勘察协会挂靠单位。

福建省建筑设计研究院勘察分院在省内外共完成勘察、测绘、物探和岩土工程等项目约一万多项。近年来承担了福建省大量高层建筑和重点工程的工程勘察和岩土工程（设计、桩基检测、施工监测）任务，如：福州世茂外滩花园高层建筑群（32-51层）、宜发大厦（30层）、闽通大厦（30层，高150米）等数十项高层和超高层建筑工程，以及一批国家重点工程，如：中国闽台缘博物馆、兰州中川机场扩建工程、福建会堂、省革命历史纪念馆、省博物馆、省体育馆、福州地区大学城等。还在新加坡设有岩土工程公司（FJADI ENGINEERING (SINGAPORE) PTE. LTD），在新加坡及其他东南亚国家，如马来西亚、印尼、菲律宾、缅甸等国开展了岩土工程施工监测、工程测量、工程物探等业务。

工程物探是福建省建筑设计研究院勘察分院的强项，技术装备先进，综合物探和测试技术达到了国内先进水平。有国内先进的面波仪、地震仪、TSP隧道超前地质预报仪、声波仪、电法仪等物探仪器，完成过省内外及海外许多土木工程的地法勘探、地震勘探、水域物探，隧道超前地质预报、软土地基加固处理效果检验以及土层波速、地脉动测试、桩基检测等。水域工程物探水平位于国内同行业前列，完成过深圳—香港特大桥、厦漳跨海大桥、长江岳阳大桥、浙江沿海高速公路复线跨海大桥等数十项大型水域工程物探。发明的水域全自动连续冲击震源获得了国家发明专利，并推广到许多国内知名的水域勘察单位。

几年来福建省建筑设计研究院勘察分院获得的优秀工程勘察奖和科技进步奖无论在数量上还是在等级上均为省内勘察行业的首位。曾获得过30多项大奖，其中获国家优秀工程勘察银铜质奖4项，省部级优秀工程勘察奖20多项，省级以上科技进步奖4项，国家发明专利2项。并以优质、高效、良好的服务赢得社会信誉，被建设部评为“全国工程勘察先进单位”获得福建省“五一劳动奖状”。



跨海大桥水域物探



发明专利——水域全自动连续冲击震源

地址：福建省福州市通湖路188号

邮编：350001

电话：0591-87675191 87629472

传真：0591-87610294

网址：[www.fjadi.com.cn](http://www.fjadi.com.cn)

邮箱：[fjkancha@public.fz.fj.cn](mailto:fjkancha@public.fz.fj.cn)

分院长：李哲生

# 目 录

## 前 言

多道瞬态面波勘察新技术 .....	刘云祯 梅汝吾 (1)
工程物探技术在公路工程勘察中的应用 .....	林 琛 (52)
高密度地震映象法综合评述 .....	李哲生 (59)

## 多道瞬态面波勘察技术

瞬态面波法在察汗乌苏水电站坝基测试中的应用 .....	阮元成 陈 宁 常亚屏 (75)
瞬态面波法和微动勘探法在日本新潟县中越地震灾区地质调查中的应用 .....	凌魁群 三轮滋 (80)
面波波速与强夯处理回填土地基承载力关系研究 .....	何立军 水伟厚 夏学礼 (86)
瑞雷波勘探技术在工程勘察中的应用 .....	谢昭晖 钟 和 陈昌彦 (93)
浅析面波在燕化调蓄水库勘察中产生误差的原因 .....	林万顺 张如满 张琦伟等 (99)
多道瞬态瑞雷波法在强夯地基检测中的应用研究 .....	林朝旭 (105)
瞬态瑞雷波勘探技术在水电工程建设中的应用 .....	李 洪 (111)
综合物探在联邦快递亚太转运中心飞行区详勘项目中的应用 .....	谭 鹏 易秋清 王建伟等 (119)
病险库探查中的瞬态面波剖面法技术应用与探索 .....	任 健 (124)
多道瞬态面波技术在南水北调工程中的应用 .....	栾明龙 郭铁柱 (130)
瑞雷波勘探技术在海堤工程检测中的应用 .....	于杰荣 彭皖生 董 辉等 (136)
瑞雷波技术在公路工程中的应用现状及展望 .....	赖思静 杨建国 (142)
瑞雷波法检测抛石填海场地强夯加固效果 .....	黄真萍 陈淑媚 罗 敏 (147)
利用面波数据建立区域岩土数学模型 .....	计长飞 (152)
瑞雷面波在强夯地基效果评价中的研究与应用 .....	黄真萍 罗 敏 李堂磊 (162)

## 高密度地震映象技术

水域高密度地震映象技术研究 .....	林文太 (171)
地震映象法岩溶探测实例 .....	陈家联 陈 康 (180)
水域浅层地震反射波勘探数据处理及工程实例 .....	刘宏岳 (183)



探测岩溶塌陷的地球物理方法 ..... 单娜琳 (187)

综合物探在岩溶地区工程勘探中的应用 ..... 张玉池 李业君 周屹 (195)

浅地层剖面探测与地震映象法勘探在海洋工程勘探中的应用对比与分析  
..... 吕邦来 金荣杰 (201)

ObjectARX 技术在水域地震映象勘察成图中的应用 ..... 殷勇 (208)

\* \* \* \* \*  
\* \* \* \* \*  
**综合物探技术**  
\* \* \* \* \*  
\* \* \* \* \*

频域、时域可控源电磁法联合浅层勘探及应用 ..... 刘金光 邹桂高 严良俊等 (215)

可控源音频大地电磁法在长大深埋隧道勘察中的应用  
..... 穆建强 刘亚军 贺容华 (227)

大功率时间域三极测深法在高速公路前期勘查中的应用 ..... 张松根 朱向泰 (231)

声波通过圆形孔时散射声场的实验研究 ..... 沈建国 郭烨华 张蕊等 (236)

断裂破碎带 GPR 剖面的正演合成及特征分析 ..... 胡绕 吴健生 黄永进等 (242)

高密度电法在公路隧道勘察中的应用 ..... 尹付州 黄玉柱 (249)

红色岩系桥位基础的空洞的物探方法及成因探讨 ..... 林伟琦 林济南 (254)

弹性波 CT 成像在水利电力工程中的应用 ..... 谢克 (260)

物探在高速公路工程勘察中的应用 ..... 赖贵 (264)

综合物探方法在岩土工程勘察中的应用 ..... 阎春年 赵明海 (268)

地震折射波法在隧道勘察中的应用 ..... 张建南 吕继东 (272)

非线性回归分析新方法 ..... 陈骄荷 郑传泰 (278)

双层堤基管涌探测新思路 ..... 李宁新 (287)

探地雷达在运营高速公路病害无损检测中的应用 ..... 杨坤彪 詹应林 范志雄等 (293)

\* \* \* \* \*  
\* \* \* \* \*  
**隧道超前预报技术**  
\* \* \* \* \*  
\* \* \* \* \*

对瑞士 TSP203 系统预报隧道岩体速度的质疑 ..... 刘云祯 鲁志强 (303)

高频地震反射法在隧道地质超前预报中的应用 ..... 王立国 闫立辉 (308)

探地雷达、TGP 超前地质预报在冷水溪隧道施工中的应用 ..... 马会严 金荣杰 (314)

应用瞬变电磁法进行隧道超前预报 ..... 薛国强 李貅 底青云 (320)

# 多道瞬态面波勘察新技术

刘云祯 梅汝吾

(北京市水电物探研究所, 北京 100027)

**摘 要** 本文从实用勘察技术的角度, 介绍了多道瞬态面波勘察技术的应用原理和应用基础。详细阐述了实践中的工作步骤和做法, 并以工程实例介绍多道瞬态面波勘察技术的应用领域和效果。

**关键词** 多道瞬态面波勘察; 瑞雷面波; SWS

## 1 前言

1994年至1995年间陆续提出了多道瞬态面波勘察技术、高密度地震映象技术和水域快速采集地震反射波技术, 称其为“勘察新技术”, 是因为这些技术有别于常规地震波勘查技术, 它们在我国基本建设大发展的时代产生, 又在近十几年广泛应用, 效果显著, 普遍受到岩土工程勘察工作者的重视。

提到多道瞬态面波勘察技术、高密度地震映象技术和水域快速采集地震反射波技术, 业内人士很自然会想到SWS型工程勘探与工程检测仪系统。弹指12年间, 该系统装备了我国300多家勘察设计、科研和高等院校等单位, 应用于各行业的各类岩土工程勘察, 取得了突出的地质勘察效果, 解决了许多重大勘察疑难问题, 获得了多项国家优秀勘察奖。其中多道瞬态面波技术确立了《多道瞬态面波勘察技术规程》, 成为国家行业标准。《多道瞬态面波勘察技术规程》的颁布将会进一步推进技术的发展和进步。

回顾多道瞬态面波勘察技术的发展过程: 20世纪90年代输出国外, 在日本、新加坡、阿拉伯联合酋长国等国成功应用于工程勘察项目; 论文“瞬态面波法的数据采集处理系统及其应用实例”于1997年获得美国科尔比优秀论文奖, 前苏联物探杂志以研究动态作了报道; 国际间(或地区间)的学术交流活跃, 在两届日本地球物理学术会议上发表多道瞬态面波论文, 均引起热烈讨论, 在香港勘察界和香港大学进行的技术交流也备受欢迎。综上所述, 说明由我国创新和发展的“多道瞬态面波勘察技术系统”, 对岩土工程勘察具有重要的意义。

以1993年为界, 对面波的认识是“恨”、“爱”两重天。1993年以前, 我们负责原水电部“浅层地震反射波方法与数据处理研究”项目, 面波是采集浅层地震反射波的严重干扰波, 来自浅地层的反射波几乎被强大的面波所淹没。因此有关压制面波的采集方法, 和滤除面波的程序处理是专门研究的子项目, 总之“面波”是不受欢迎的。在1993年完成《浅层地震反射波方法与数据处理研究》的报告以后, 闲下来分析地震反射波记录中



的干扰面波，发现面波的传播特征与覆盖层介质的性质有关，于是开始搜集资料研究面波的利用问题。当时国内外对面波的研究重点尚处于稳态面波勘探研究阶段，面对大量两道采集的稳态面波资料，和个别两道采集的瞬态面波资料，及多年从事地震波勘探的经历，发现两道采集面波的方法存在局限性。我们认为“两个接收道采集的面波形态”不如常规地震波记录的同相轴易于分析，而且常规地震波记录可以采集面波在一段距离上的传播特征，于是确立“采用多道接收和瞬态激振研究面波勘察”的课题。仅仅十几年的时间，不仅多道瞬态面波技术已经建立国家行业标准，而且已经列入国家《岩土工程勘察规范》、《水利水电物探规范》及铁路和公路的物探规程中，成为岩土工程勘察行业中的热门技术。

本文撰写力求从实用勘察技术的角度，使读者了解多道瞬态面波勘察技术的现场采集技术、应用条件、分析解释结论等，以应用实践作为撰写的重点，力争使读者有所受益。

多道瞬态面波勘察技术的发展，饱含着岩土工程勘察界一批中坚力量的辛勤工作，他们敢为人先，勇于实践，善于总结，为勘察事业做出了突出贡献。借编写本文之际，向他们表示衷心的感谢！对文中引用工程实例的提供单位和个人，一并表示感谢！

## 2 概况

20世纪80年代接触到稳态面波勘察技术，当时进口的仪器是日本佐藤株式会社制造的GR810系统。该系统为车载式勘探系统，激振源为电磁震动机，接收采用两个检波器方式。激振器由功率放大器带动，激振器的吊装设备和功率放大器、发电机，以及数据处理设备安装在车上。现场采集时主机控制信号发生器逐次产生不同频率的信号，经功率放大器放大输出给电磁震动机，使电磁震动机产生振动并加载于被测介质，接收与仪器实现规定频率范围内的数据采集。电磁震动机产生的频率和激振力，根据勘察深度的要求决定，一般勘探30m左右的深度，要求激振力大于2.5kN，激振器本身重量为350kg左右，完成一个勘探点需要半个小时到1个小时。数据处理在车载设备中进行，并由打印机绘制勘探成果图。

早期的瞬态面波技术研究，与稳态面波技术的不同点，仅仅表现在激振方式的不同。其激振方式为大锤敲击地面，也有采用吊锤或吊砂袋落地等激发方式。其接收与稳态面波方法相同，采用两点检波，或逐次扩大距离的对称两点检波方式。这个时期的瞬态面波勘探深度较浅，一般小于10m。

多道瞬态面波技术的创意在于多道采集方法和多道数据处理。在此以前的面波技术研究，无论是稳态法还是瞬态法，一直束缚在两个接收道采集和相关分析计算的模式下。多道瞬态面波技术的研究，采集到瞬态激振条件下，面波在一定距离上的传播规律、传播特征和面波震形的变化等，为数据的分析计算提供了极大方便，为有效波形的利用和干扰波的排除提供数据基础。因此，多道瞬态面波技术成果在岩土勘察的实践中经得住考验，并且以较快的速度推广发展起来，成为一门高分辨勘察技术。

SWS工程勘察与工程检测仪器系统，用于瞬态面波勘探的观测系统，与以往采用的对称式两点检波或逐次扩大的对称两点检波方式不同。采用地震波勘探中常用的检波器排列方式进行瞬态面波勘探，为研究岩土介质中面波的产生、传播，以及有效地利用面波创