



中国地质调查

百项成果 (下册)

地质出版社



中国地质调查

百项成果（下册）

国土资源部中国地质调查局 编

地质出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

中国地质调查百项成果 / 国土资源部中国地质调查局编. — 北京: 地质出版社, 2016.11
ISBN 978-7-116-10053-4

I. ①中… II. ①国… III. ①地质调查—科技成果—汇编—中国 IV. ①P622

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 257230 号

责任编辑: 肖莹莹 程 静 马洁瑶 房 媛 王丽丽 陈学砧 刘云龙

责任校对: 王洪强

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话: (010) 66554528 (发行部); (010) 66554576 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真: (010) 66554576

印 刷: 北京地大天成印务有限公司

开 本: 889mm×1194mm ¹/₁₆

印 张: 71.75

字 数: 2300 千字

版 次: 2016 年 11 月北京第 1 版

印 次: 2016 年 11 月北京第 1 次印刷

审 图 号: GS (2016) 2607 号

定 价: 680.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-10053-4

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装质量问题, 本社负责调换)

下 册

第四篇 服务促进生态文明建设

生态国土建设

068 中国地质环境监测技术发展报告	555
069 中国耕地地球化学调查报告	566
070 中国矿山地质环境调查报告及图系（简介）	573
071 全国地质环境图系编制	589
072 中国海岸带地质调查报告	596
073 中国地质遗迹分布与保护图集（简介）	603
074 主要平原（盆地）地下水中砷氟等组分含量分布与质量区划图集（简介）	606

生态脆弱区水文地质调查

075 国家集中连片贫困区和革命老区找水与扶贫报告	622
076 鄂尔多斯国家能源基地地下水资源保障	630
077 北方地下水资源及其环境问题调查报告	640
078 西南红层地区地下水调查报告	650
079 西南岩溶地下水调查报告	660

全球气候变化应对

080 应对全球气候变化地质调查报告	668
--------------------------	-----

第五篇 服务防灾减灾

地质灾害调查

081 中国地质灾害调查与监测预警报告	678
082 地震灾区地质灾害调查与研究报告	687

083 三峡库区地质灾害调查监测报告	692
084 黄土地区地质灾害调查报告	707

活动断裂与区域地壳稳定性调查

085 中国重要活动构造带和区域地壳稳定性调查报告	716
086 中国大陆地应力调查与监测报告	725

第六篇 推动地质科技创新与促进国际合作

基础地质研究

087 中国区域地质志	736
088 中国地层研究报告	743
089 中国古生物研究报告	748
090 中国岩浆岩研究报告	754
091 中国变质岩研究报告	762
092 中国大地构造研究报告	775
093 中国东部重大构造事件研究报告	786
094 1:25 万中国地质图系列	793
095 1:5 万中国地质图系列	820
096 中国地球物理调查报告	827
097 中国陆域地球物理系列图（简介）	837
098 中国地球化学调查报告	856
099 中国陆域地球化学系列图（简介）	862
100 1:150 万青藏高原基础地质系列图（简介）	893
101 中国成矿地质背景系列图（简介）	911

科学研究与探索

102 中国大陆科学钻探报告	924
103 中国矿产地志	928
104 中国矿床模型集	938
105 月球与火星地学研究报告	945
106 极地地质科学考察报告	950

107 地质科学技术发展报告	960
108 地质学科发展报告	967

技术创新

109 中国地质钻探技术发展报告	973
110 中国地质测试技术发展报告	980
111 中国航空地球物理调查技术发展报告	984
112 地面地球物理技术发展报告	991
113 中国地球化学勘查技术发展报告	997
114 中国遥感地质调查技术发展报告	1001
115 中国矿产资源综合利用技术报告	1009
116 海马遥控潜水器——4500 米级深海作业系统	1014
117 中国海洋地质勘探技术报告	1022

技术标准与信息化

118 中国地质调查技术标准报告	1034
119 全球地球化学信息集成报告	1049
120 国家地质数据库建设与服务报告	1056
121 中国数字地质调查能力建设报告	1063
122 中国地质调查数据处理系列软件	1071

国际合作

123 中国地质调查局国际合作重大成果报告	1078
124 全球主要矿产资源研究报告	1086
125 全球资源环境遥感地质调查报告	1093
126 1:500 万国际亚洲地质图成果报告	1101
127 1:250 万亚洲中部及邻区地质图系成果报告	1105
128 境外地质调查报告	1110

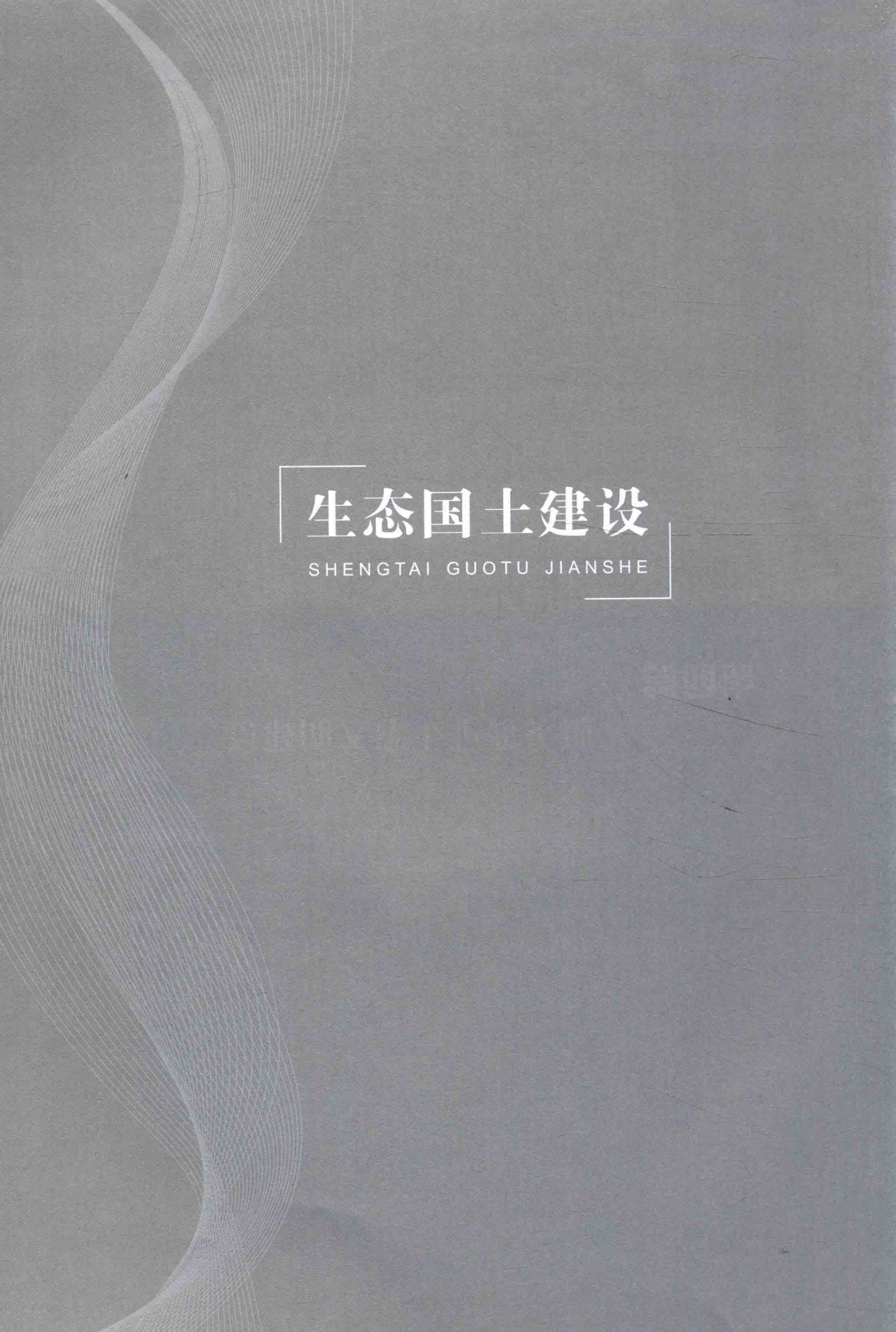
后 记	1119
-----------	------



第四篇

服务促进生态文明建设

以服务促进生态文明建设为目标，重点推介中国地质调查局在耕地、矿山、海岸带、地质遗迹等方面的地质环境调查与监测，国家集中连片贫困区、革命老区、国家能源基地、西南红层与岩溶等地区的地下水资源调查与保障重大成果，可作为生态国土建设决策的依据。由 13 项成果汇编合辑形成。



生态国土建设

SHENGTAI GUOTU JIANSHE

068 中国地质环境监测技术发展报告

我国地质环境监测工作始于地下水监测,后来逐步开展了滑坡、崩塌、泥石流、地面沉降及矿山等地质环境监测。在借鉴国际先进经验和方法的基础上,经过长期探索和实践,我国地质环境监测工作取得了长足的发展。特别是20世纪80年代以来,各种先进的监测技术方法不断涌现,地质环境监测技术方法体系也不断完善。1999年以来,依托国家科技支撑计划和地质调查等项目支持,综合利用现代传感技术、无线通信技术、网络技术和地理信息系统技术,自主开发、研制和集成了贯穿地质环境监测信息的自动采集、实时传输、自动存储和智能管理等全过程技术方法体系,部分新技术和方法填补了国内空白,在地面沉降、地质灾害、地下水、矿山地质环境等地质环境监测中,取得了显著的成效。

一、自主研发地面沉降一孔多用标集成监测技术,填补了国内外在该领域的空白

地面沉降是一种缓变性地质灾害,可以建立空天地三位一体监测网进行立体监测,但地面高精度实时监测是三位一体立体监测中最重要的组成部分。地面监测一般采用水准测量,通过在地下埋设基岩标、分层标和布设地下水位监测井来实现,多为单孔结构设计,存在“占地面积大、施工周期长、投资费用高”等问题。为此,研发了一孔多用标集成监测技术,将基岩标(或分层标)和地下水监测井有机结合,仅用一种监测结构体就能同时动态监测到土层和水位变化。该技术在上海市人民广场和世博会两座地面沉降监测站的建设中得到应用(图1~图4),与常规监测方法相比,减少了50%的钻探工作量和钢管数量,有效缩短了工期,降低了成本。从监测设施运行效果看,设备运行稳定,监测数据很好地反映了区域地下水位变化和各土层的变形情况。一孔多用标集成技术填补了国内外在该领域的空白,具有极大的推广应用价值。

二、集成创新地表位移、深部位移和地下水渗压等监测技术,实现了地质环境的实时高效监测

(一) 自主研发的光栅和分布式光纤传感应变监测技术,成功推广到国外

光栅传感技术是利用光栅平均折射率和栅格周期对外界参量的敏感特性,将外界参量的变化转化为其布拉格波长的移动(图5)。采用不同的封装工艺,研制了温度、应变、位移等传感器;采用波分复用、嵌入式微处理器及互联网技术,研发了光栅监测解调装置,可解调串接的

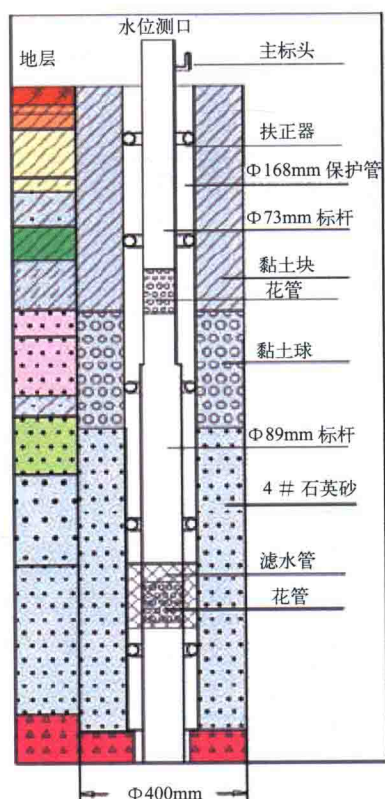


图 1 基岩标兼水位监测井结构

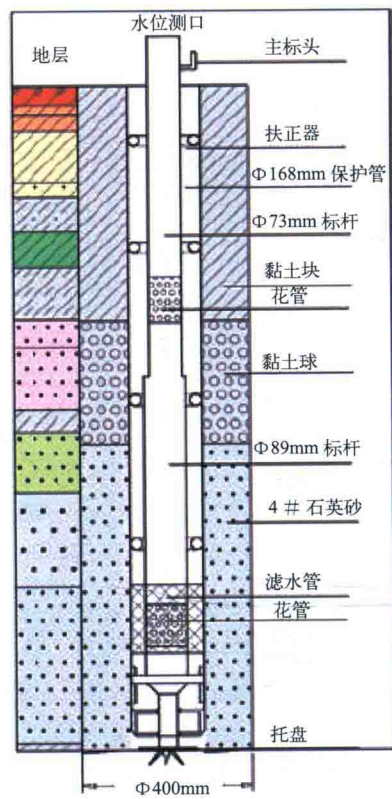


图 2 分层标兼水位监测井结构

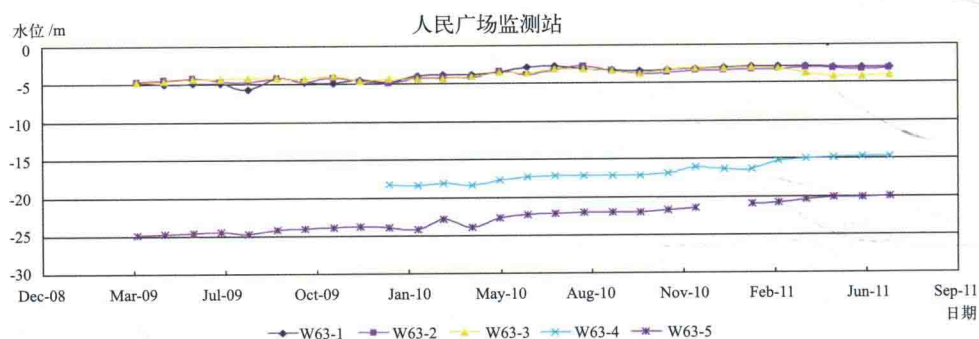


图 3 一孔多用标水位曲线

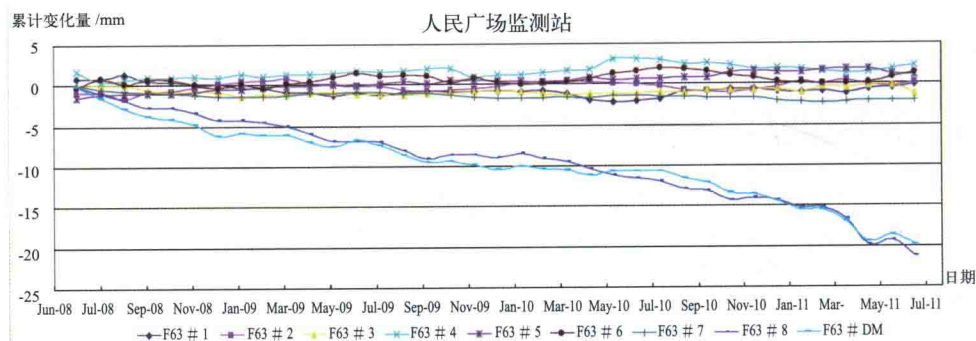


图 4 一孔多用标分层标组曲线

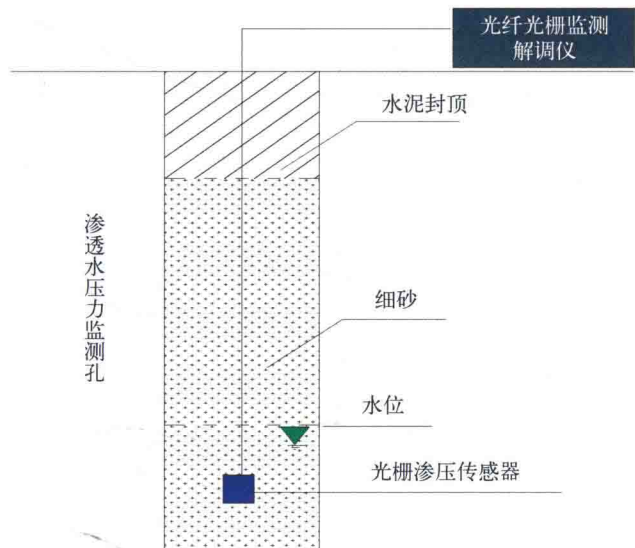


图 5 地下水渗透水压力监测示意图

采煤沉陷区地裂缝监测、湖南冷水江锡矿山建筑物裂缝监测和甘肃东峡采煤塌陷实时监测中得到成功应用，并取得良好效果。同时，通过与加拿大地质调查局合作，将该技术应用于加拿大汤普森河流域的里普利滑坡监测，成功实现了里普利滑坡前缘挡土墙变形的分布式实时在线监测（图 6、图 7），得到了加拿大专家的高度称赞，意义重大。



图 6 加拿大里普利滑坡光纤传感器安装现场

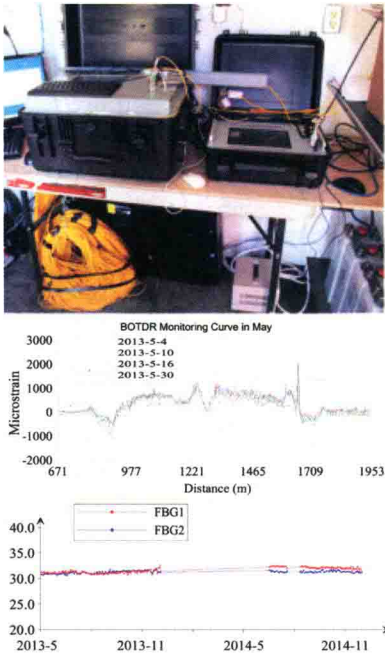


图 7 加拿大里普利滑坡监测系统
系统及监测数据

(二) GPS、InSAR 和卫星遥感等监测技术日臻完善，得到广泛应用

1. GPS 定位技术监测地裂缝等地质灾害变形，实现了三维变形监测

GPS 定位技术可将监测点布设在反映灾害体形变特征的位置，获得灾害体三维坐标和三维整体形变信息，准确地分析灾害体的空间位移规律，真正意义上实现了对地裂缝等地质灾害体的三维变形监测。目前，我国首次系统研究建立了 GPS 技术用于区域地面沉降监测的技术指标、作业方案和精密数据处理方法，建立了顾及板块运动、基准点稳定性和系统偏差的区域拟稳变形监测基准和理论模型，监测精度高达 3 毫米。该项技术在地表形变调查监测中得到广泛应用，并取得良好的效果。

2. 以星载雷达干涉测量 (InSAR) 技术为核心的地表形变监测技术，总体达到国际先进水平

InSAR 技术集成中、高分辨率 InSAR 监测与地面测量等多源资料的地表形变监测与危险评价技术方法，研究建立了区域性地面沉降 InSAR 监测技术系统与工作方法，实现了 InSAR 技术在我国地面沉降监测工作中的工程化应用，进行了我国地表形变摸底调查和重点工程建设区 InSAR 高精度监测。其可快速高效地对区域性地面形变、滑坡、矿山沉陷、高铁和城市地下工程等引发的地表形变进行高精度的测量 (图 8)，填补了国内技术和应用空白，总体技术与应用达到国际先进水平。

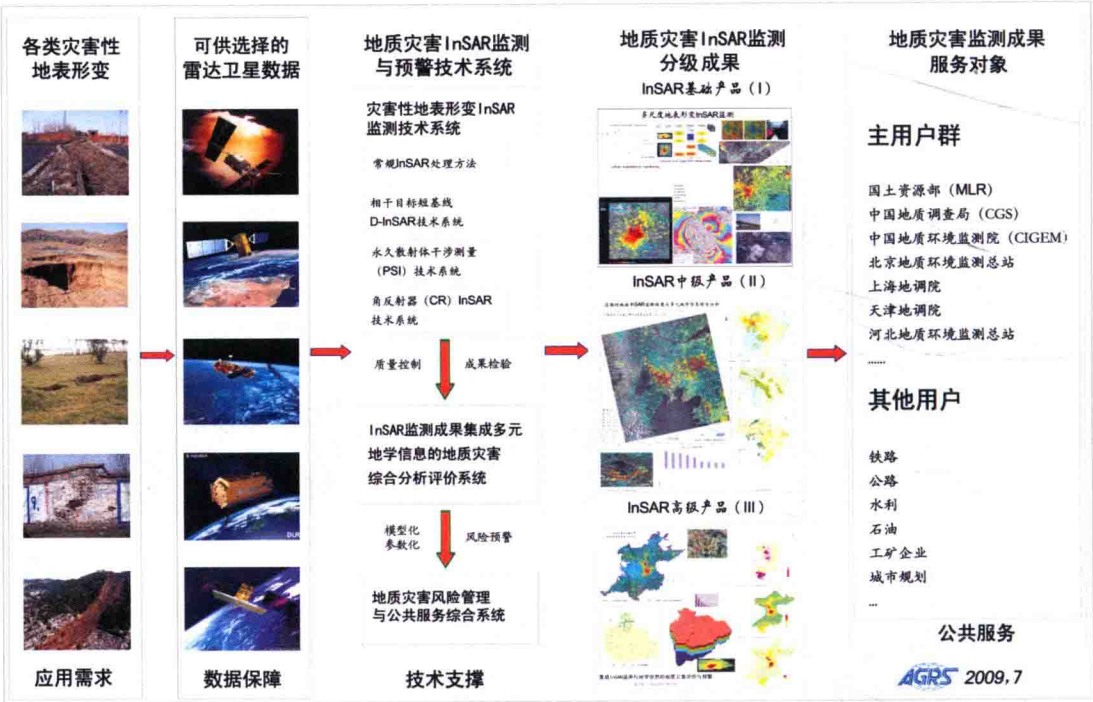


图 8 地表形变 InSAR 调查监测技术与服务系统

3. 研制了基于卫星或无人机平台的地质灾害遥感监测技术

目前，已基本完成了我国地质灾害易发区遥感本底数据建设，初步建立了我国重大地质灾害等遥感应急监测体系，研制集成了序列化无人机遥感数据获取平台，开发了低空遥感数据快

速处理软件，集成了车载现场数据处理及远程数据传输系统，搭建了突发性地质灾害应急监测信息化服务平台（图 9）。

卫星遥感或无人机遥感因其灵活机动、受天气影响小、使用成本低等特点，可在灾后第一时间快速获取灾区高分辨率光学影像或视频数据，辅助应急救援和灾后评估。



图 9 无人机数据获取与处理能力

4. 基于北斗卫星与 GPS 双模技术，研发了用于地质灾害形变监测的卫星终端与系统

自主成功研发了地质灾害形变监测业务北斗卫星终端设备与监测系统和地质灾害卫星监测分系统。

研发的地质灾害形变监测业务北斗卫星终端设备与监测系统由野外卫星接收终端记录原始卫星数据，通过无线网络传输至地质灾害卫星监测解算服务器，由服务器中运行的解算软件完成数据的质量检核处理和高精度位置解算，最终得到监测点的高精度坐标值，进而计算监测点的形变量。解算软件将形变值录入数据库供其他系统调用。利用该系统，已建立地表形变和滑坡形变 2 处 10 个点的自动化形变监测示范站，取得了很好的应用效果。

地质灾害卫星监测分系统实现无人值守运行，管理人员可通过远程管理的方式对系统进行配置，系统可根据用户设定的监测频次进行自动化监测结果输出。监测系统用户可通过客户端进行形变数据的查询、分析、数据的导出，为地质灾害防治提供专业决策支持。系统可实现基于国产北斗卫星的高精度形变位移监测，监测精度可达到毫米级。该系统成功在汶川震区、三峡库区、吕梁山矿区等 5 种典型类型地质灾害区开展应用示范（图 10），实现业务中心对各分中心的业务运行管理，可有效提高业务效率与质量管控，示范应用效果良好，可进行推广。

（三）地质灾害监测预警传感器网络关键技术与组网技术，实现了数据获取的实时性

在最新通信技术和传感器技术基础上，完成了多媒体传感组网技术研究、多媒体网络通信



图 10 三峡白家包滑坡监测站点北斗终端系统

设备研制和新型地质灾害传感器研制，成功研发出用于远距离传输的 Zigbee 模块、数据汇集网关、移动式应急 TD-LTE 基站、雨量计、泥位计、GPS 监测仪、渗压计、测斜仪等多种数据传感器、数据采集器和通信组件。相关数据的快速准确采集，提升了地质灾害监测预警的实时性和智能化，并为传感网和宽带无线通信产业化推广、大规模应用奠定了基础。

（四）地质灾害群测群防监测技术，提高了管理效率

地质灾害群测群防是具有中国特色的地质灾害防灾减灾措施。目前，全国已完成 1765 个县（市）地质灾害群测群防“十有县”建设，建成地质灾害防治高标准“十有县”774 个，地质灾害群测群防监测员 29 万多人，做到了地质灾害隐患点全覆盖。

1. 形成了新型地质灾害群测群防技术体系，确保了地质灾害群测群防运行效率

通过经验总结和试点示范，利用激光测距仪、智能手机、通信技术和互联网技术等新技术、新方法，优化形成了新型地质灾害群测群防技术体系，运行框架如图 11 所示。

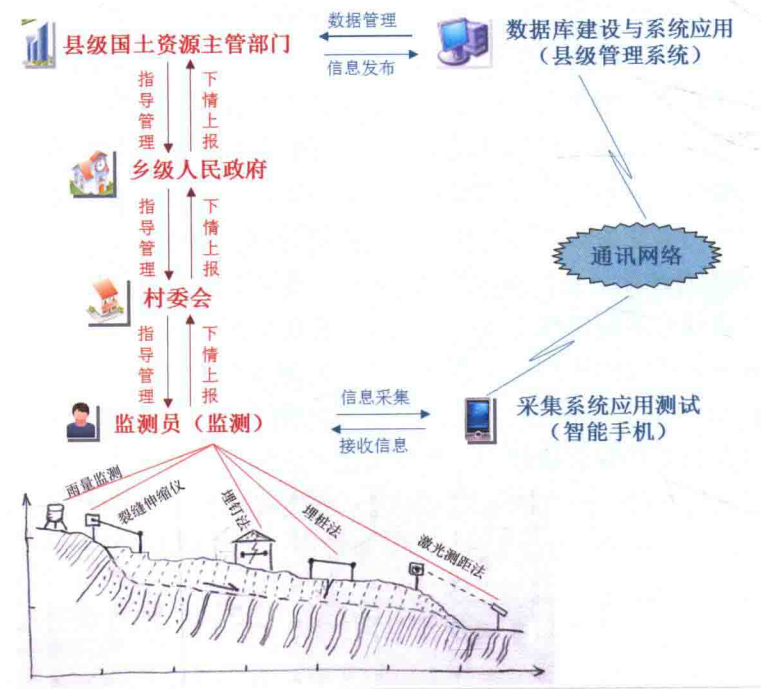


图 11 新型地质灾害群测群防体系运行框架图

2. 研发形成了一套简易监测技术方法，确保了地质灾害群测群防的有效可行

研发了埋桩法、埋钉法、上漆法、裂缝伸缩仪法、裂缝报警器法、激光测距法和简易雨量法等简易监测技术方法及宏观观测方法（图 12 ~ 图 15），研发了基于安卓系统手机定量监测数据和灾情险情信息快速规范采集与上报技术，建立了地质灾害群测群防信息管理系统（图 16、图 17），实现了地质灾害群测群防监测数据自动分析、预警信息发布和调查、监测等防治信息的一体化管理。

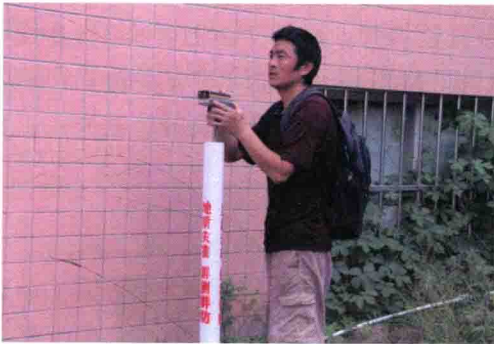


图 12 激光测距法



图 13 埋桩法



图 14 裂缝伸缩仪法

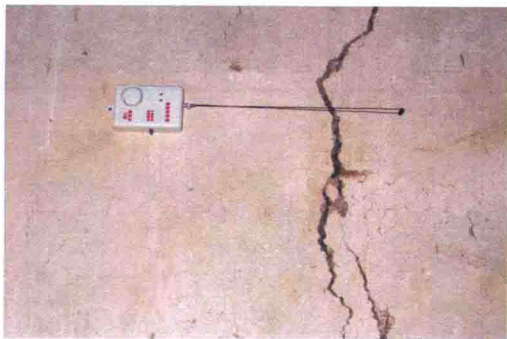


图 15 裂缝伸缩报警器法



图 16 地质灾害群测群防数据系统

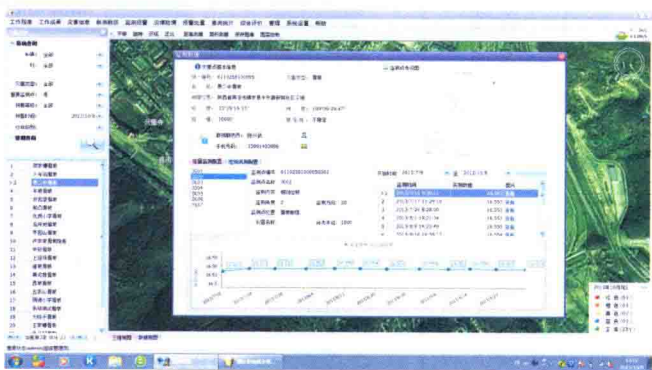


图 17 地质灾害群测群防信息管理系统

三、形成集地下水监测建井、成井和监测数据采集、存储、传输和管理于一体的监测技术方法体系，实现了从人工监测向自动监测、混合监测向分层监测的转变

（一）地下水多层监测井成井工艺与材料逐渐成熟，可供推广应用

为适应我国地下水监测发展的需要，相继研发了丛式地下水监测井、巢式监测井、连续多通道监测井（CMT 系统）和单井多层监测井（Westbay 系统）等钻井与成井技术（图 18），通过多通道管、经分层填砾与分层止水建成地下水多层监测井。目前，在北京平原区建成 1 个可监测 18 个含水层的 Westbay 分层监测井和 53 个 CMT 监测井，在黑河流域建成 1 个可监测 12 个含水层的 Westbay 分层监测井和 12 个 CMT 监测井，运行和监测效果良好，其施工工艺、建井材料和配套设施等已基本成熟，可供推广应用。

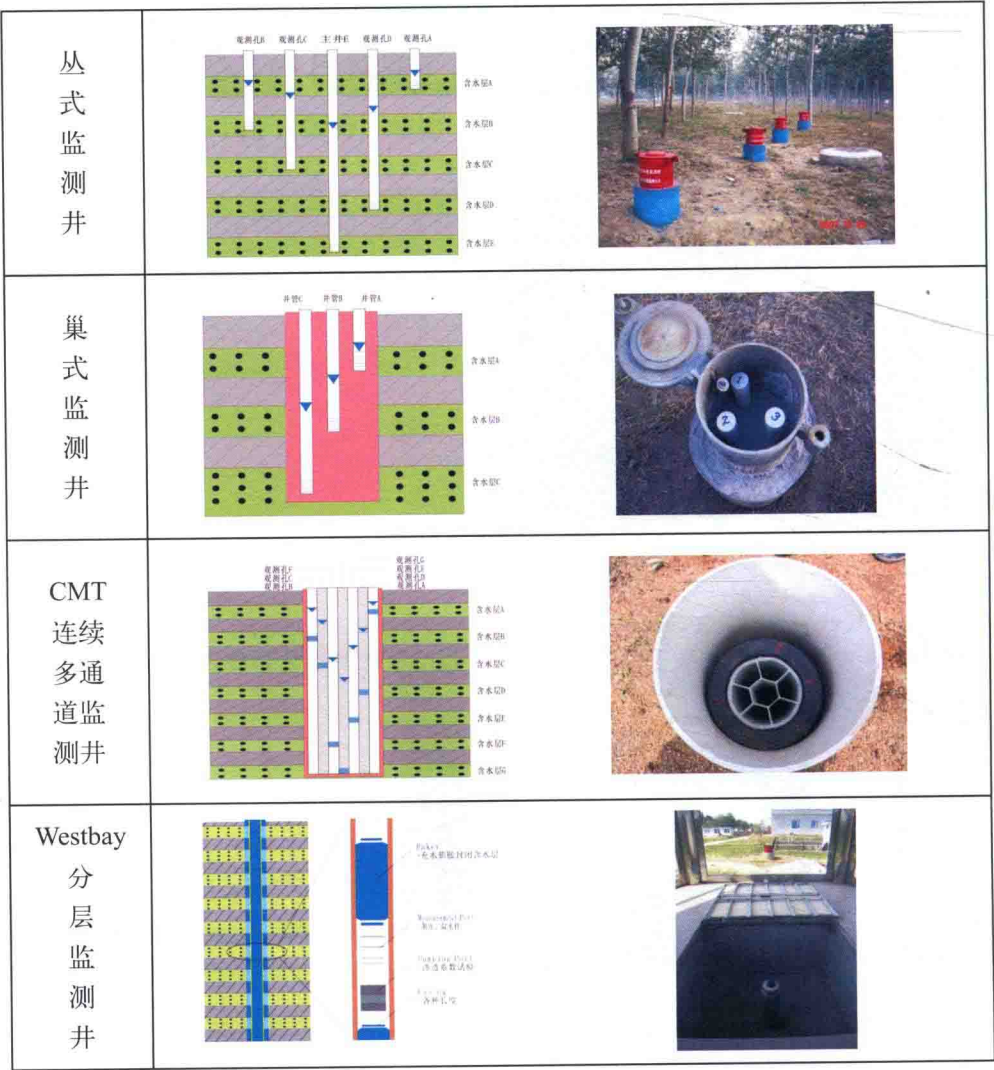


图 18 地下水多层监测井成井工艺

（二）地下水分隔和分层采样装备研发取得突破，更加精细地刻画了水文地质条件

研发了满足不同口径、不同深度及不同分析项目样品采集要求的 Bailer 采样器、惯性采样泵、定深采样器、分层采样系统等地下水采样技术。Bailer 采样器和惯性采样泵均具有结构简单，价格便宜，使用方便等特点。Bailer 采样器基本不受采样深度和监测井直径的限制，容积为 1～2 升、直径 20～70 毫米不等。惯性采样泵适合小直径监测井，特别是水位埋深较大的小直径监测井，最大取样深度 30 米（人力）、100 米（机械动力），采样速度可达 5～200 升/分，泵头直径 8～30 毫米，可适用于不同孔径的井采样。该项技术对高质量地获取多层水文地质参数，深化我国水文地质基础理论研究具有重要意义。

（三）研发了地下水多通道与多方式数据传输技术，实现了地下水动态的自动监测

自主研发了地下水动态自动监测仪器，打破了国外垄断，实现了地下水动态监测全自动无人值守工作，达到了国外同类产品的水平。监测仪器能对地下水的水位和水温的动态变化进行长期自动监测，实现了地下水动态数据自动采集、存储、传输、远程管理，已广泛应用于地下水长期观测、水资源调查、地表水长期监测、矿山水文监测等领域（图 19）。依托地下水多方式数据传输技术，首创一孔多层自动监测与集中数据同步传输的工作模式，实现了由传统的混合监测向分层监测转变，实现了基于多源、多方式、多级别的监测数据接收和同步更新，构建了功能完善的数据管理平台。

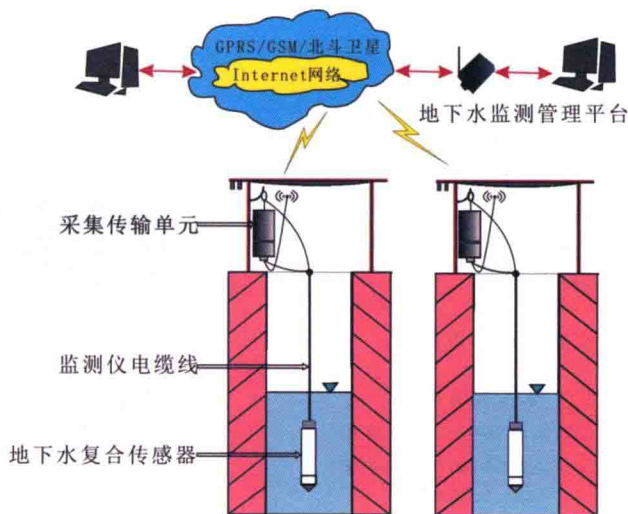


图 19 地下水水位（水温）自动监测工作流程

四、研发了一体化地质环境信息管理平台，全方位支撑地质环境的高效管控

按照采集与监测、分析与预警、决策与处置的思路，建设和完善了部、省两级地质环境信息网络。通过信息标准化体系建设，整合了各类地质环境信息资源，构建了国家级、省级地质环境数据中心及市、县级数据节点建设，建立并完善了地质环境信息化管理体系，形成了一体化地质环境信息管理平台，支撑地质灾害预警和应急管理技术，整体提升了地质环境信息的采集与监测、分析与预警、决策与处置的能力和服务水平。

同时，研究提出了国土资源综合监测主要对象和监测指标，构建了“状态－压力－响应－行动”及“社会－经济－环境”相结合的多层混合指标体系模型，选取了“适宜性－扰动力－影响程度－整治水平”四类 121 个监测（统计）及评价指标，进行了分层次架构，创新性地提