

地质灾害监测预警关键技术

—— 方法研究与示范 ——

王洪德 高幼龙 等 著



中国大地出版社

地质灾害监测预警关键技术 方法研究与示范

王洪德 高幼龙 等 著

中国大地出版社
· 北 京 ·

内 容 提 要

本书介绍了基于钻孔倾斜仪深部位移监测、GPS 地表变形监测、时间域反射技术、孔隙水压力监测等监测手段和方法的地质灾害预警示范站建站过程,包括选区背景,监测网建设,数据采集、传输、计算、分析、发布及预警系统和方法,并介绍了适用于地质灾害监测且具有自主知识产权的新仪器,为我国地质灾害防御体系建设提供了方法、设备及技术等方面强有力的支撑。

本书可供从事地质灾害调查、监测、预警及其方法研究的科研人员及高等院校相关专业师生阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

地质灾害监测预警关键技术方法研究与示范/王洪德,高
幼龙等著, —北京: 中国大地出版社, 2008. 12

ISBN 978 - 7 - 80246 - 170 - 3

I. 长… II. ①王…②高… III. 三峡工程—水库移民—居
住区—地质灾害—防治—研究 IV. P694

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 195200 号

责任编辑: 叶 丹

出版发行: 中国大地出版社

社址邮编: 北京市海淀区学院路 31 号 100083

电 话: 010-82329127 (发行部) 010-82329008 (编辑部)

传 真: 010-82329024

网 址: www.chinalandpress.com 或 www.中国大地出版社.中国

印 刷: 北京地大彩印厂

开 本: 889mm × 1194mm 1/16

印 张: 18.25

插 页: 1 页

字 数: 515 千字

版 次: 2008 年 12 月第 1 版

印 次: 2008 年 12 月第 1 次印刷

印 数: 1—1500 册

书 号: ISBN 978 - 7 - 80246 - 170 - 3/P · 115

定 价: 146.00 元

版权所有 · 侵权必究

项目研究人员

项 目 主 持：王洪德

主要研究人员：

王洪德	高幼龙	张 青	薛星桥	张俊义
陈中富	杨秀元	李 刚	陈 实	高新平
张开军	李晓春	曹修定	冯苍旭	史彦新
阮 俊	郑宝锋	王建锋		

主要参加人员（按姓氏笔画为序）：

王爱军	王 刚	王现瀛	邓 兵	史 云
史学磊	李 强	孙秀娟	孙向东	张仲林
陈志勇	吴 鸿	邵 炜	金泉豪	杨丽萍
孟宪玮	罗靖筠	郑继天	周 晃	郭 宁
袁爱军	展建设	韩永温	焦凯英	曾 克
谭杰恒				

项目研究单位

项目主持单位：

中国地质调查局水文地质环境地质调查中心

主要参加单位：

重庆市巫山县地质环境监测站

中国科学院力学研究所

序

20 世纪 90 年代初，我和洪德同志有幸参加了国家重大地质灾害防治工程——长江三峡链子崖危岩体整治工程的工作。链子崖危岩体的成功整治，依靠于建立了实时监控的监测网络。15 年过去了，洪德及课题组的同志一直坚持监测预警技术的攻关，监测工作也拓展到了整个三峡库区。

2003 年，中国地质调查局部署了《地质灾害监测预警关键技术方法研究与示范》项目，目的很明确：首先，尽快总结链子崖危岩体整治工程监测经验，形成标准化方法；其次，根据三峡库区地质灾害监测预警新需求，开发系列技术加以推广应用；第三，瞄准国际前沿，引进与消化结合，力争使我国地质灾害监测预警技术方法达到国际先进水平。

以洪德同志为首的项目组同志们通过五年辛勤努力，基本如愿。选定了地质灾害非常复杂的三峡库区巫山县城移民新址，结合自主研发创新，依托无线通信技术、计算机信息管理技术、自动控制技术及网络技术，建立了具有国际先进水平的地质灾害实时监测预警示范站，解决了监测数据实时采集、远程无线传输、自动处理、网络实时发布等一系列关键技术难题，实现了实时化监测的目标。对 GPS、固定式钻孔倾斜仪、时间域反射技术（TDR）、孔隙水压力、降雨量、地下水流量等一批高精监测方法进行了集成；同时，对光纤传感技术（BOTDR）应用于滑坡监测进行了尝试，取得了很好的效果。

巫山县地质灾害实时监测预警示范站建设和运行五年来，许多技术已在三峡库区和全国推广，提高了我国地质灾害实时监测预警技术水平，第十届国际滑坡与工程边坡会议等均将巫山示范站作为考察内容。示范站接待了全国和世界数十批同行专家。实现了“可以通过因特网从遥远的地方随时对现场地质灾害变形状态把握”的梦想。

洪德同志等将在三峡库区长期耕耘所取得的成果著成此书，相信对提高我国地质灾害预测预报水平具有深远的意义和现实价值。



2008 年 12 月 25 日

前 言

三峡库区的地质问题包括滑坡、崩塌、泥石流、坍岸与库岸再造、边坡失稳、岩溶塌陷、易崩滑地层的改造与利用开发、建筑开挖及弃渣引发的地质灾害及防治等。复杂的地质环境条件和大规模的人类工程活动，使库区几乎每个城镇都受到滑坡等地质灾害的威胁。早在 20 世纪 80 年代末至 90 年代初，调查结果显示，从三峡大坝至重庆市 600km 的长江河谷两岸，计有滑坡崩塌 214 个，占地面积 50 余平方千米，总体积达 $13.52 \times 10^8 \text{m}^3$ 。2001 年，国土资源部在制定三峡库区地质灾害防治总体规划时期，库区范围内（包括支流）共查明崩塌、滑坡灾害达 2490 处，其中前缘在 175m 回水线以下，受水库蓄水影响的 1627 处；前缘位于 175m 回水线以上，主要分布在移民迁建区内的 863 处。预测表明，水库蓄水后大范围的库岸再造还将产生达 500km 的不稳定库岸，坍岸范围会对大部分沿江公路、城区沿江大道及沿江分布的居民点（高程大多在 180 ~ 200m）产生影响。三峡工程 2008 年 175m 蓄水后，淹没面积将达 630km^2 ，水位普遍提高几十米甚至近百米，库水位周年波动 40m（175 ~ 135m），库水位反复波动、骤升骤降对滑坡的不利影响，使得库区在未来数年间地质灾害风险处于高水平。

为了尽快提高我国地质灾害监测预警技术水平，缩小乃至赶超和发达国家的差距，中国地质调查局于 2003 年部署了地质调查计划项目《地质灾害监测预警关键技术方法与示范》，由中国地质调查局水文地质环境地质调查中心组织实施，于 2006 年 10 月圆满完成了项目任务。

项目取得的主要成果包括：

（1）在巫山县新城区建立了具有国际先进水平的地质灾害实时监测预警示范站，野外质量验收优秀。建设过程中，引进、消化了高精度 GPS、固定式钻孔倾斜仪、BOTDR（光纤监测技术）等一批高新监测技术方法，研制开发了 TDR（时间域反射监测技术）、孔隙水压力监测仪等一批新型的监测仪器，解决了监测数据实时采集、传输、处理、发布等一系列关键技术难题，依托 GPRS 无线通信技术、计算机信息管理技术、自动控制技术及 Internet 网络技术实现了实时化监测的目标，将我国地质灾害监测预警技术提升至国际先进水平。

（2）研制开发了 TDR、孔隙水压力监测仪、滑坡地下水微流速监测仪、地温与氦气监测仪、监测数据采集传输仪等一批适用于地质灾害监测且具有自主知识产权的新仪器，极大地丰富了地质灾害监测技术方法体系；建立了具可移植性、扩展性的数据自动采集、传输、处理与发布平台；从监测系统（方案）设计、施工到运行、分析预警全过程，为我国地质灾害防御体系建设提供了方法、设备及技术等方面强有力的支撑。

（3）依靠先进的监测预警系统，为地方政府及时应对灾害事件、提前作出决策、保持社会稳定发展作出了重要贡献。

（4）取得了近 300 万组完整、连续的监测数据，掌握了监测对象的变形发展趋势，为滑坡稳定性分析和治理工程效果评价提供了基础依据。监测结果表明，向家沟滑坡、玉皇阁崩滑体、四道沟邓家屋场滑坡目前均处于基本稳定状态；巫山国宾酒店前桥、巴东县沿江一号、三号桥运行安全；

残联滑坡总体处于潜在不稳定状态，滑体中下部的横张裂缝呈增大趋势。

(5) 作为国际交流、科研、试验与教学基地，取得了较高的知名度和社会效益。先后在示范站召开了中国地质调查局主办的“地质灾害调查与监测技术方法现场研讨会”和“第一届中日韩滑坡现场交流研讨会”；接待“第十二届水岩相互作用国际会议”、“2008 年第十届国际滑坡及工程边坡研讨会”及其他会议代表 5 批。

(6) 在示范站建设运行过程中培养了一批地质灾害专业监测技术人才。

几年来，在中国地质调查局、重庆市政府、重庆市国土与房屋管理局、巫山县委县政府、重庆市地质环境监测总站等各级领导的关怀下，在中国地质调查局殷跃平副总工程师、张作辰处长的悉心指导下，在中国地质调查局水文地质环境地质调查中心、巫山县国土资源和房屋管理局、巫山县地质环境监测站、中国科学院力学研究所等单位的共同努力下，使本项目得以顺利完成。在项目实施过程中，得到了韩子夜、傅秉锋、郭建强、张佑祥、张兴安等领导的大力支持，在此一并表示诚挚的感谢。

2006 年 12 月 2 日，该成果在北京通过了陈祖煜院士、陈章立教授等 8 位专家的鉴定。根据专家意见，对成果进行了修改完善。特此致谢。

2008 年 12 月 10 日

目 录

绪 论	(1)
0.1 研究背景	(1)
0.2 项目来源	(5)
0.3 工作情况简述	(6)
0.4 主要成果	(8)
0.5 章节安排及分工	(12)
第 1 章 示范区概况	(13)
1.1 示范区选择	(13)
1.2 示范区地质概况	(15)
1.3 地质灾害发育情况	(28)
1.4 重点滑坡	(31)
第 2 章 监测网建设	(45)
2.1 实时监测的含义	(45)
2.2 系统总体方案	(46)
2.3 监测网建设	(48)
第 3 章 数据采集与传输系统	(86)
3.1 功能与组成	(86)
3.2 系统方案	(87)
3.3 安装与调试	(87)
第 4 章 监测信息发布系统	(94)
4.1 功能与组成	(94)
4.2 示范区地质灾害综合信息系统	(94)
4.3 信息发布主页	(120)
第 5 章 BOTDR 技术示范	(125)
5.1 BOTDR 技术原理及特点	(125)
5.2 BOTDR 数据计算与分析方法	(128)
5.3 BOTDR 监测示范点	(129)
第 6 章 监测运行	(138)
6.1 监测运行情况概述	(138)
6.2 运行故障分析及对策	(141)
第 7 章 变形分析及稳定性评价	(146)
7.1 二郎庙（向家沟）滑坡	(146)
7.2 玉皇阁崩滑体	(154)

7.3	四道沟邓家屋场滑坡	(164)
7.4	残联滑坡	(168)
7.5	巫山县国宾酒店前桥	(172)
7.6	巴东县王家滩大桥	(172)
7.7	巴东县万户沱大桥	(173)
第8章	监测仪器研制及应用评价	(174)
8.1	TDR 监测系统研制及应用评价	(174)
8.2	孔隙水压力监测仪研制及应用评价	(189)
8.3	滑坡地下水微流速仪研制	(206)
8.4	地温与氦气监测仪研制	(217)
8.5	监测数据采集与传输仪研制	(235)
结束语		(248)
巫山示范站建设及运行部分照片		(253)
参考文献		(265)
附录1	巫山示范站钻孔柱状图	(271)
附图1	向家沟滑坡顶部 ZK1 钻孔柱状图	(271)
附图2	向家沟滑坡顶部 ZK2 钻孔柱状图	(272)
附图3	向家沟滑坡中上部 ZK3 钻孔柱状图	(273)
附图4	向家沟滑坡中上部 ZK4 钻孔柱状图	(274)
附图5	向家沟滑坡下部 ZK5 钻孔柱状图	(275)
附图6	向家沟滑坡下部 ZK6 钻孔柱状图	(276)
附图7	玉皇阁崩滑体顶部 ZK7 钻孔柱状图	(277)
附图8	玉皇阁崩滑体顶部 ZK8 钻孔柱状图	(278)
附图9	玉皇阁崩滑体中上部 ZK9 钻孔柱状图	(279)
附图10	玉皇阁崩滑体中上部 ZK10 钻孔柱状图	(280)
附录2	巫山县新城主要地质灾害平面分布图	(281)

绪 论

0.1 研究背景

地质灾害防治措施概分为行政技术措施和工程措施两大类。行政技术措施主要是采取行政法令和技术法规等手段,规范人民群众的生活、生产活动,避免诱发致灾地质作用的发生,监测预报致灾作用的变化动态,使拟建工程设施或流动性人、物避开地质灾害危险区(主动避让)或将处于灾害危险区中的已有居民、设施迁出危险区(被动撤离)等等。工程措施则是采取建(构)筑物或岩土体改造工程、疏排水工程及生物植被工程等,以加固、稳定变形地质体,调整、控制致灾地质作用,从而制止致灾地质作用的发生、发展及其与受灾对象的遭遇。

突发性的崩、滑、流等地质灾害,都是岩土体变形运动造成的结果。致灾地质作用的发生、发展以至突变成灾都有一定的演化过程。应用适当的监测手段,掌握其变形运动特征及相关影响指标的定量演化过程,就能较有根据地判断灾害险情的发生,做到提前预防,合理决策。具体来说,地质灾害监测的目的就是及时掌握灾害体变形动态,评价灾害体的稳定性(危险性),超前预测成灾范围和危害性,预报失稳时间,为临灾抢险避难提供决策信息,为治理工程设计、施工及工程效果评价提供基本依据。可见,地质灾害监测预警是地质灾害防治的重要组成部分,是预防地质灾害发生,减轻地质灾害损失的有效方法。

调查表明,我国现有突发性灾害点约10万余处,呈现出种类多、分布广、危害大的特点(图0-1和图0-2分别为1998~2005年我国地质灾害造成人员死亡和直接经济损失情况)。对于如此众多的地质灾害,若逐一加以治理,能力、财力和时间上均不允许,实施监测预警工程,使典型区域和重大单体灾害处在有效监控之下,在防止灾难事故发生的同时,可有效缓解国家目前灾害频发现状和防治能力不足之间的矛盾。除此之外,应用监测反分析技术(如位移反分析),可以更为准确地认识地质灾害发生、发展至破坏过程的变形机制(应力作用过程)、发展规律,判别主导诱发因素及机制,提高地质灾害的认识与防治能力。

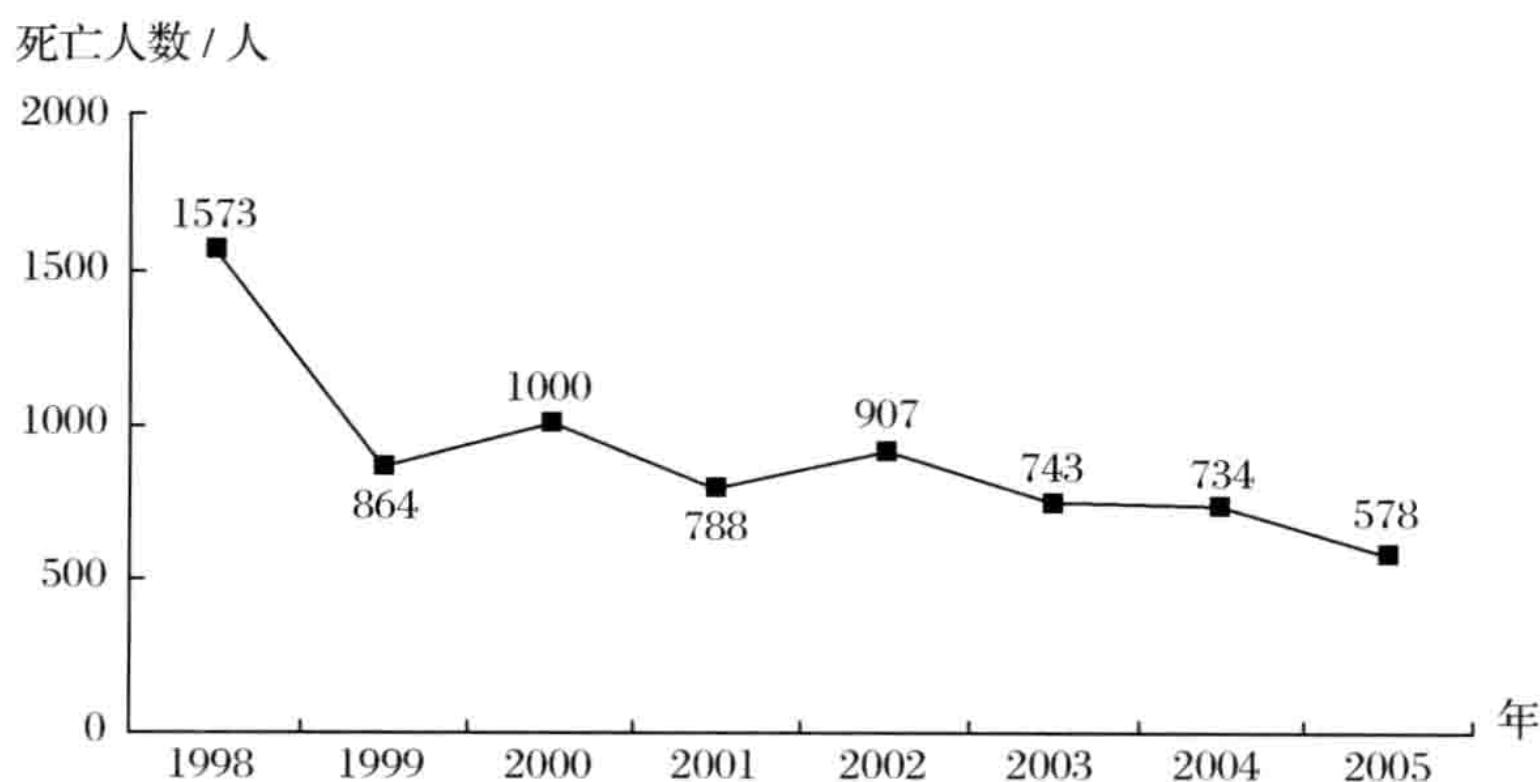


图0-1 1998~2005年全国地质灾害造成人员死亡情况

引自:国土资源部.中国地质环境公报(2005年度)

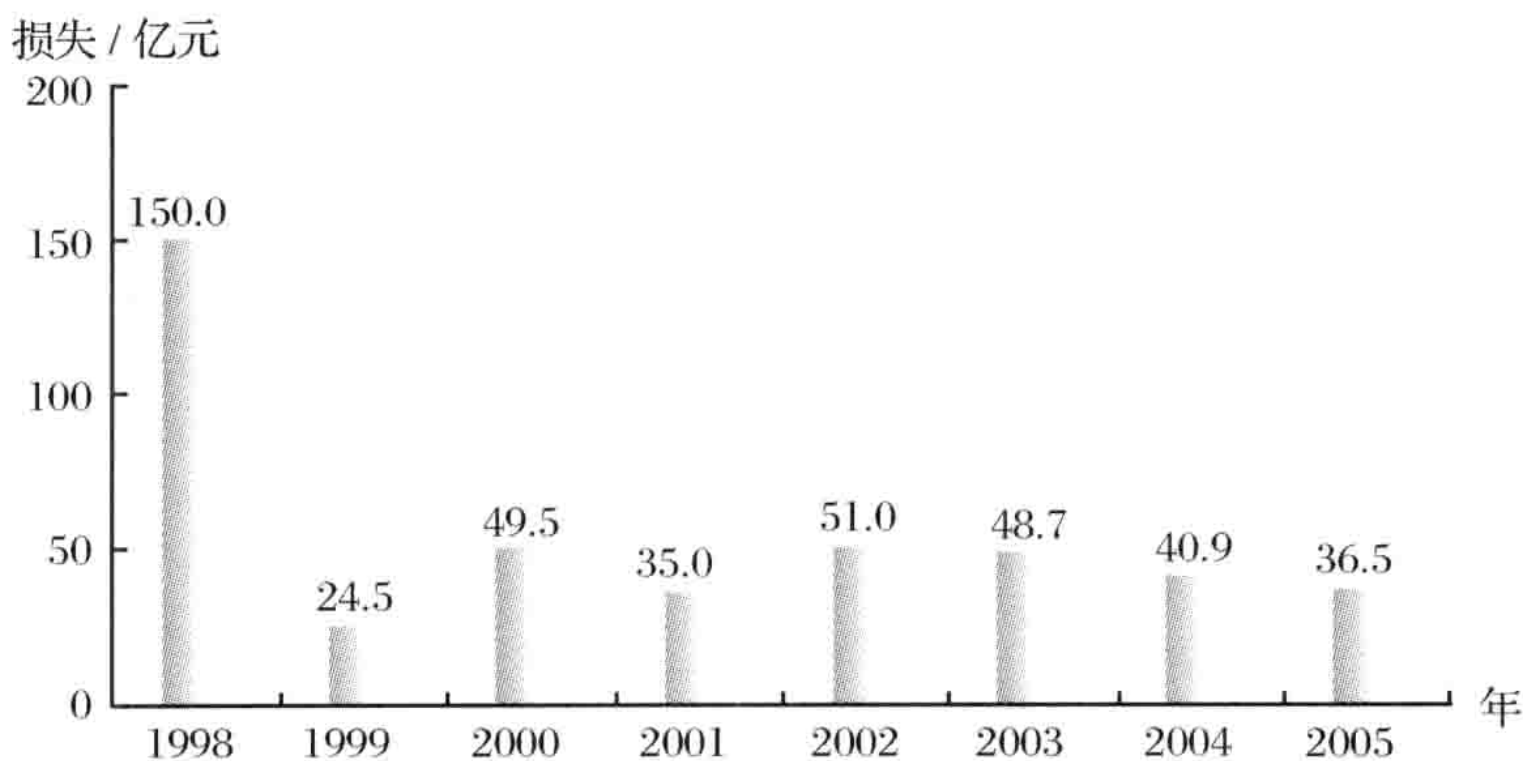


图 0-2 1998~2005 年全国地质灾害造成直接经济损失
引自：国土资源部，中国地质环境公报（2005 年度）

地质灾害监测技术总体包括以下三个方面：①适宜于不同类型灾害的监测方法及其组合，监测网点布设与优化等监测网技术。②监测信息管理、分析，灾害体稳定性评价、变形趋势预测及成灾的时间、空间、强度预报等后处理、分析技术。③监测数据的采集、传输、发布等以提高监测自动化程度为目的的配合技术。专业化的地质灾害监测系统不可或缺以上任何一个方面。

监测网的有效性和合理性是监测系统成败的关键，它依赖于对灾害产出环境和基本特征的认识水平，一般通过地面测绘、钻探和物探等工程地质勘查手段实现。国家层面上，调查之目的在于系统查明全国地质灾害的分布现状（类型、数量、规模、分布特点），发育规律（空间的分区分带性规律，时间上的高发期规律），发展趋势，圈定易分区、危险区范围，为国家宏观决策提供依据，为防治立法并制定配套的政策、法规和制度提供依据。具体到一个单体的灾害，首先需要查明灾害体地质环境条件，对灾体的产出环境形成高度认识，解释灾害形成的先天条件和孕灾的本地原因（生理研究）。其次，通过调查掌握灾体的基本特征，如范围（边界条件）、形状（平面及剖面）、规模以及危害的对象。最后，对其变形机理、破坏机制（动力作用过程）及失稳方式做进一步的分析，确定灾体变形的主要诱发因素（病理研究），并对灾害的稳定性做出评价（诊断研究）。只有在深入的地质分析、认识的基础上，才能准确地确定监测的主要物理指标和主要的监测部位，合理地选择监测技术方法和仪器，设计出有效、经济的监测网。

“八五”、“九五”期间，我国在地质灾害监测预警方面开展了一系列的科研项目，取得了大量的成果，并在一些重大项目如长江三峡链子崖危岩体防治工程中发挥了重要作用，对提高我国地质灾害监测、预测预报理论、监测技术方法、信息管理和预警水平方面，起到了积极的推动作用。但存在明显的局限性：如由于对各种监测技术方法优化集成研究不够，造成地质灾害监测技术及仪器设施多种多样，在实际应用中往往具重复性，且受其适用性、精度及造价等因素制约，效率相对较低；监测仪器、监测理论接受临灾检验不够；监测数据、声像等信息的采集、传输、管理、处理及网络发布技术水平较为落后，未能形成灵敏及快速响应的监测预警系统，实际应用中往往达不到快速预报的效果等等。同国际上一些发达国家相比，差距体现在以下几方面：

（1）监测仪器。高、新类的监测仪器（如高精度 GPS 接收机、全站仪、光纤应变分析仪、三维激光扫描仪等）多从国外引进，成本高，出现故障后返修费时、费力，且无自主性，易受制于人；常规的监测仪器设备多属小规模生产，工艺较差，其精度、稳定性和自动化程度普遍低于国外同类产品；我国近年来研发的一批新仪器，大多仅为科研样机，尚没有形成产品。

（2）监测系统的自动化程度。以 20 世纪 90 年代原地质矿产部承担的我国第一个国家重大工程地质灾害防治专项——长江三峡链子崖危岩体防治工程监测为代表，虽然实现了地质灾害监测由人工巡查、简易量测到仪器仪表法的转变（部分监测方法还实现了准实时监测），但由人工定期观测的工作

模式并未得到根本改变。这种工作方式观测间隔（周期）较长，很容易漏掉一些重要信息，影响预警和决策时效，而且需要的工作人员多，工作强度大，受天气等外界条件的影响大，弊病甚多。

（3）监测信息的综合管理、分析、解释与可视化表达能力。基于 GIS 的地质灾害防治与决策支持系统和国家面向公众的灾情预警系统在一些发达国家得到了广泛应用，近年来我国在此方面尽管取得了长足的进步，但总体上与发达国家相比差距明显。

随着不同学科的交叉渗透和现代通信、网络技术的迅速发展，自动化监测在世界范围内得到了重视和应用。高精度、自动化、实时化的地质灾害监测预警系统成为未来的必然发展趋势。在此方面，美、日、意等发达国家处于领先水平，主要原因在于这些国家科学技术水平领先，起步较早，立法完善，投资力度大，基础工作扎实。

区域地质灾害监测预警方面，目前至少已有美国（Keefer 等，1987）、日本（Fukuzono，1985）、巴西（Neiva，1998）、委内瑞拉（Wieczorek 等，2001）和波多黎各（Larsen & Simon，1993）等多个国家和地区曾经或正在进行面向公众的区域性降雨滑坡实时预报，预报精度可以达到以小时衡量。

1982 年 1 月 3 日至 5 日，美国加利福尼亚旧金山湾地区 34 小时内降雨 616mm，在 10 个县内诱发了数千处滑坡、泥石流，造成 25 人死亡，6600 万美元的直接经济损失。随后，美国地质调查局（USGS）立即启动了旧金山湾地区详细的滑坡、泥石流灾害调查研究项目，同时与国家气象局一起筹备建立了实时滑坡预警系统。旧金山湾滑坡实时预报系统于 1985 年正式建成，主体由覆盖全区的 45 个遥测雨量计组成，当雨量增加 1mm 时，遥测雨量计的数据信号通过无线电微波实时传送给每个接收站，USGS 的研究人员通过电话调制解调器在家中或办公室从接收站采集数据，实时分析降雨趋势。根据实时降雨数据和 Cannon - Ellen 模型，USGS 较为准确地预测了 1986 年 2 月 12 日至 21 日该区暴雨引发的滑坡泥石流灾害。此后，夏威夷州（Wilson 等，1992）、俄勒冈州（Oregon Partners for Disaster Assistance，2002）和弗吉尼亚州（Wieczorek 等，2000）分别于 1992、1997 和 2000 年在滑坡、泥石流频发区建立了类似的实时监测系统。

单体地质灾害监测预警方面，早在 1997 年，USGS 和其他合作组织一起建立了加州 50 号高速公路滑坡的实时监测预警系统（图 0-3）。监测方法主要为降雨量、地下水、地表位移和地震检波器等，监测数据每 15 分钟采集 1 次，并以无线电波传输至 USGS 中心数据库，以图形的形式显示并在其网站上发布。监测的图形成果明确显示了降雨渗透和融雪增加了地下水的孔隙水压力，造成滑坡体的变形。

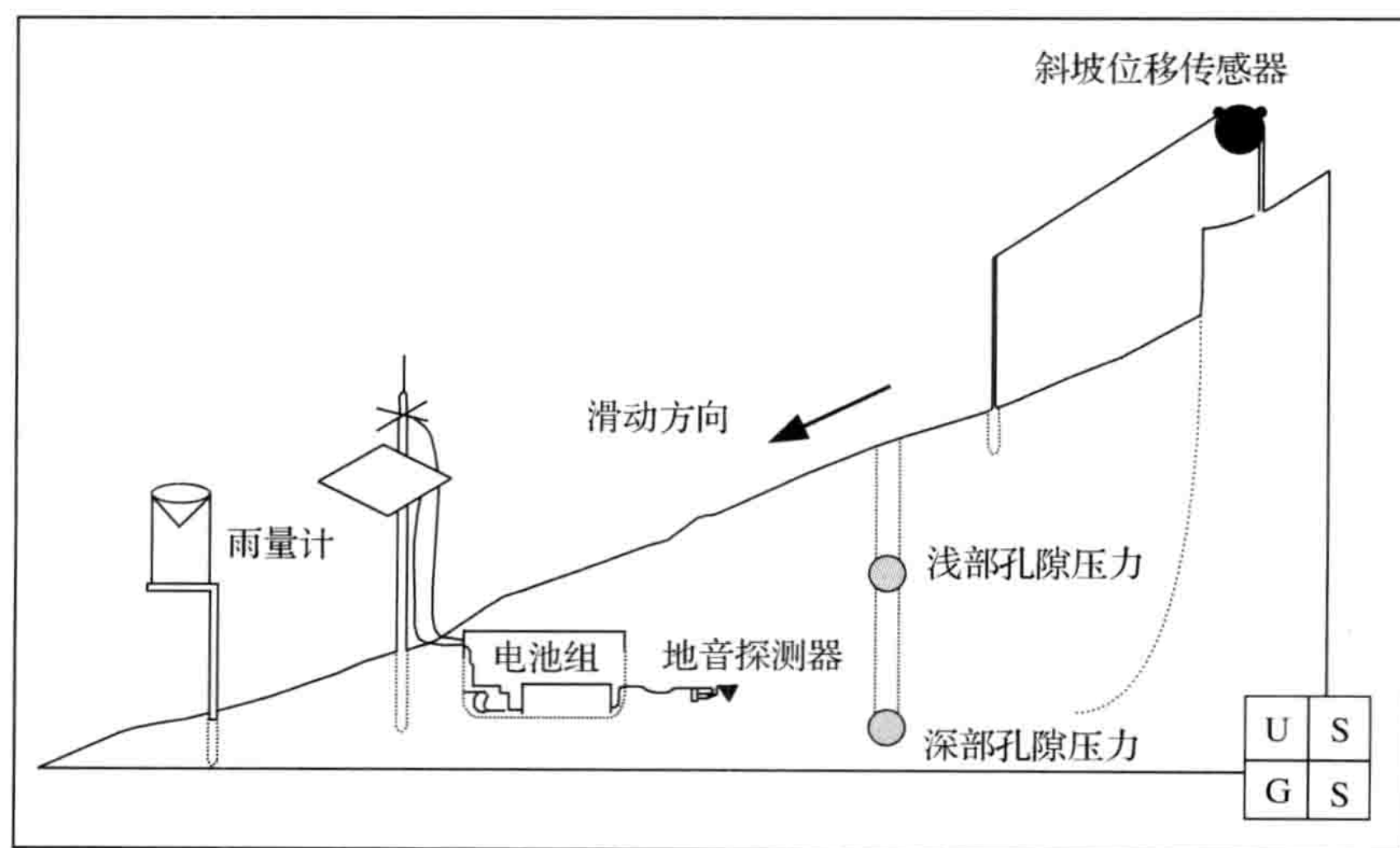


图 0-3 美国加州的 Mill Creek 滑坡多参数立体监测预警系统

1998 年，意大利和美国地质调查局 Cascade 火山观测所在意大利 Acquabona 泥石流地区建立了全自动、远程控制的监测系统（图 0-4）。系统由 3 个现场监测站和 1 个中心控制站组成。监测方法包括录像设备、地声监测仪、孔隙水压力探头、雨量计、压力探测仪、超声探测仪等。每个现场监测站有 1 套数据采集仪和 2 道无线通信设备。数据在非警报状态下通过无线通信每 5 分钟发送 1 次，警报状态通过声发射和降雨量监测设备确定。在警报状态下，数据通过无线通信以 5Hz 频率进行接收并存储在现场存储卡中，控制站数据可以通过 modem 下载到远程数据处理中心，也可以通过 modem 实时控制监测系统（包括检查运行状况，设置阈值等）。

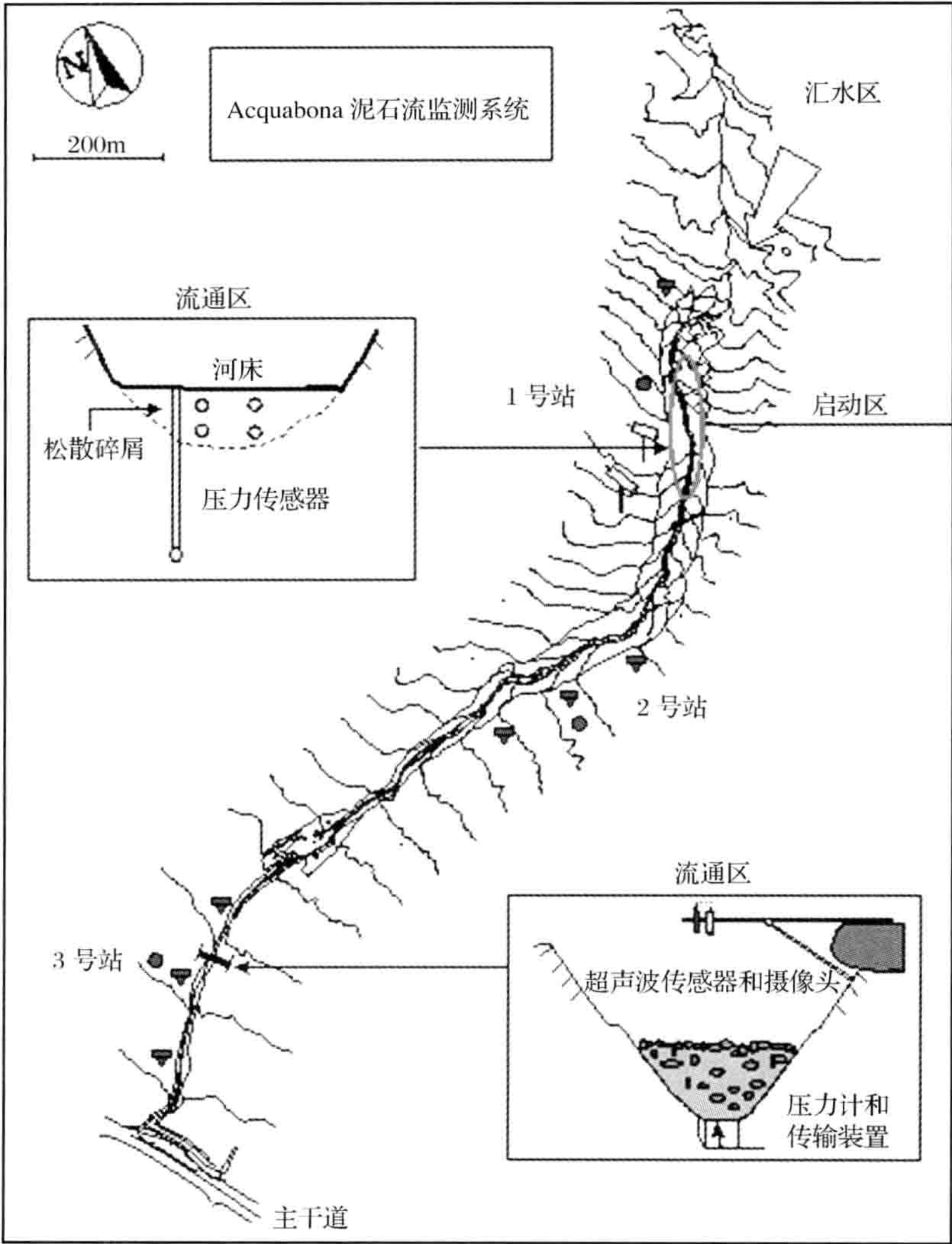


图 0-4 意大利 Acquabona 泥石流实时监测系统

同传统监测技术相比，实时监测的优势表现为：①数据采集方式是连续的、跟踪式的，数据的采集周期很短，通常在数小时之内，甚至更短，这对于跟踪灾害体变形过程，进行反演分析具有十分重要的意义。②数据的获取过程是自动的，无需技术人员值守干预，这种特性可以最大限度地解放劳动力，降低监测人员风险和运营成本。

我国是世界上受地质灾害危害最为严重的国家之一，随着地质灾害防治工作程度的不断深入，人工定期观测的方式已无法满足地质灾害监测工作的需要，严重制约了国家地质灾害防御体系建设和防灾减灾能力。在此背景下，研究并解决地质灾害实时监测系统建设中的关键技术问题，开展实

时监测应用示范,提高我国地质灾害监测预警技术水平,具有重要的现实意义。

0.2 项目来源

为了尽快提高我国的地质灾害监测预警技术水平,缩小乃至赶超和发达国家的差距,中国地质调查局于2003年部署了地质调查计划项目“地质灾害监测预警关键技术方法研究与示范”,要求立足于高起点,瞄准国际先进水平,通过高新监测技术引进消化,结合自主研发创新,解决实时监测系统建设中的各项关键技术难题,实现实时化监测目标,并建立实时监测示范基地。

2002年10月20日,中国地质调查局(以下简称为“地调局”)向水文地质工程地质技术方法研究所(以下简称为“方法所”)下达了“地质灾害监测预警关键技术方法研究与示范”地质调查实施项目(即地质调查计划项目)任务书。任务书编号:水〔2003〕16,实施项目编码:1212010340205。项目工作起止时间为2003~2005年(后调整为2003~2006年)。任务书明确总体目标任务是:建立基于钻孔倾斜仪深部位移监测、GPS地表变形监测、时间域反射技术(TDR)、孔隙水压力监测等监测手段和方法的地质灾害预警示范站;通过地质灾害监测技术优化集成以及多媒体网络远程传输(以GPRS为主)、监测信息互联网实时发布等预警关键技术的研究、示范运行,实现地质灾害监测数据的自动采集、处理、分析,将我国地质灾害信息管理和预警技术提高到国际先进水平。

方法所在接到项目任务书后,组织编写了《地质灾害监测预警关键技术方法研究与示范项目设计书》,2002年11月5日通过了所科学技术委员会初审,2002年11月12日经地调局组织专家组会审后,项目正式启动实施。

2003年3月20日,地调局以编号水〔2003〕016-01,向方法所下达了和实施项目同名的工作内容(即工作项目)任务书,工作内容编码:200320150003。由方法所承担并组织实施,重庆市巫山县国土资源局、重庆市地质环境监测总站等单位参加。

方法所在接到任务书后,在《地质灾害监测预警关键技术方法研究与示范项目设计书》的基础上,于2003年5月完成了《地质灾害监测预警关键技术方法研究与示范工作内容设计书》,将工作任务分解为“地质灾害监测预警示范站建设及运行”,“孔隙水压力监测仪研制应用”,“时间域反射(TDR)监测技术研究应用”,“监测信息多媒体网络远程传输(以GPRS为主)与实时发布技术应用研究”,“地质灾害监测技术优化集成研究”等5项工作内容来开展。5月20日设计书经方法所科学技术委员会审查、修订后,7月18日通过了地调局组织的专家组会审。该工作内容(工作项目)设计书和项目总体设计(计划项目设计)一起构成了本项目研究的根本依据。

除此之外,依据各年度计划项目和工作项目任务书,分别编写了项目分年度工作方案,包括:

(1) 2004年9月,依据水〔2004〕19号计划项目任务书(2004年12月6日下达),编写了《地质灾害监测预警关键技术方法研究与示范项目2004年度工作方案》,计划项目编码:1212010340205。2004年9月8日工作方案通过了地调局组织的专家组审查。

(2) 2005年4月,依据水〔2005〕019-1号工作项目任务书,编写了《地质灾害监测预警关键技术方法研究与示范项目2005年度工作方案》,工作项目编码:1212010541201。2005年4月5日通过了方法所组织的专家组审查。

(3) 2006年6月,依据水〔2006〕023-1号工作项目任务书,编写了《地质灾害监测预警关键技术方法研究与示范2006年度工作方案》,工作项目编码:1212010541201。5月10日经方法所初审、修订后,6月份通过了地调局组织的专家会审。

年度工作方案作为项目设计书的补充要件,对项目方案的调整、更改等内容进行了说明、补充,是项目研究的补充依据。

0.3 工作情况简述

按照项目总体设计，研究工作分为“地质灾害监测预警关键技术方法基础研究和示范站建设阶段”和“地质灾害监测预警关键技术方法示范应用研究阶段”两个阶段。实际工作中，受示范区地质灾害防治施工、道路施工等影响，以及年度工作任务、方案及安排上的调整，使得两个阶段难以明确分开，而是相互交融。项目主要工作内容安排如图 0-5 所示。

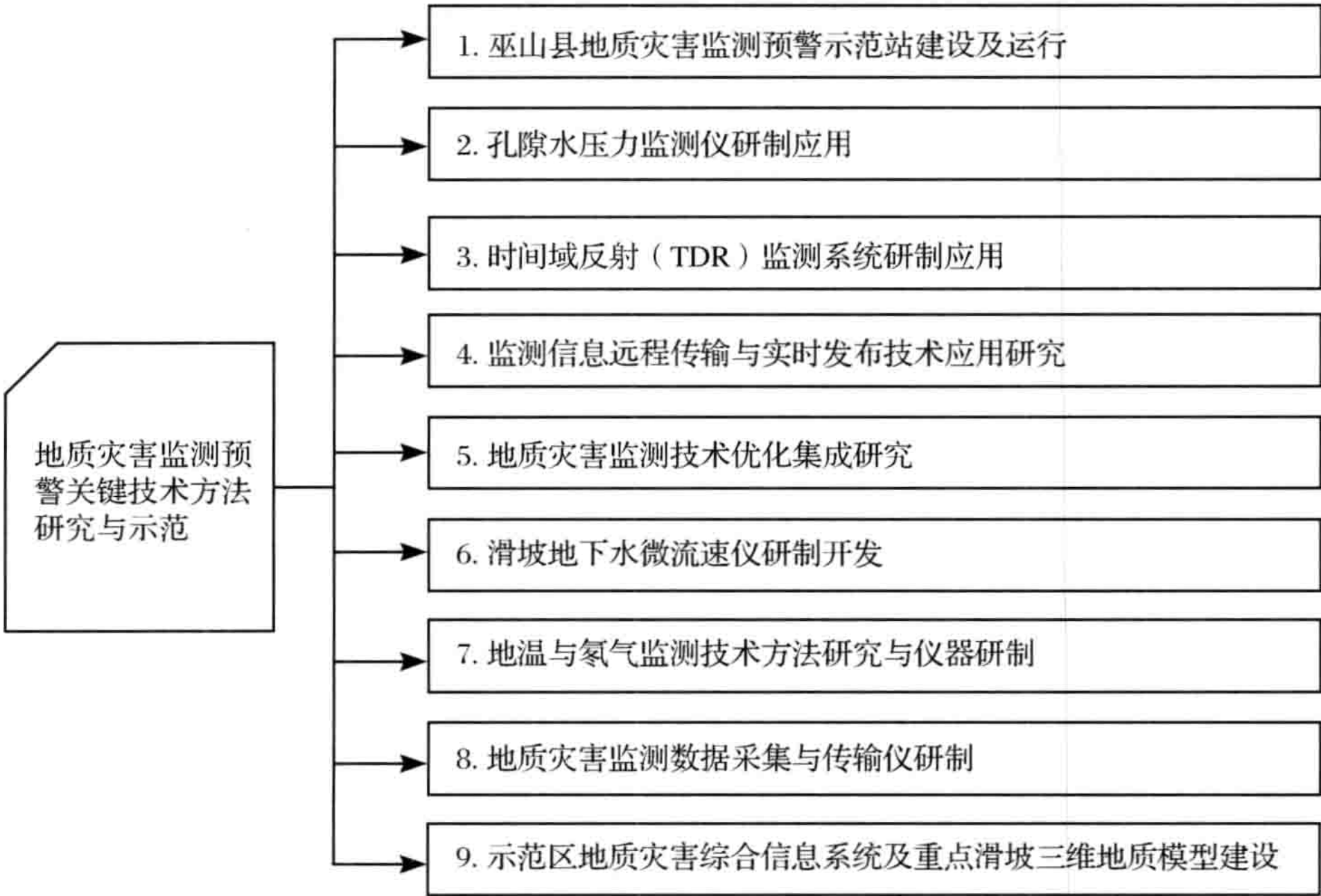


图 0-5 2003 年度项目工作内容分解图

项目设计编写阶段，研究人员对巫山新城区地质灾害的发育情况进行了多次现场踏勘。2002 年 11 月，项目设计书审查通过后，即开始监测仪器调研、引进、开发和监测预警示范站的建设工作。2002 年底，在巫山县国土资源局办公楼建立了临时的监测数据处理中心（以下简称为“中心站”），在向家沟滑坡中上部秀峰中学操场东南角建立了一处现场监测站（S1 现场监测站，以下简称为“现场站”），完成了监测钻孔施工，仪器安装及初步调试，同时，建立 2 处试验性 GPS 监测标，进行 GPS 监测试验。以上前期工作的开展，从技术方法可行性、仪器设备适用性、配合关系协调等多个层面，为示范站建设工作积累了经验，开了个好头。

2003 年 3 月 27 日，位于巫山秀峰中学内的 S1 现场站完工，安装固定式钻孔倾斜仪、孔隙水压力监测仪、TDR 监测系统等各种监测方法的采集设备后投入试运行。5~6 月，与 S1 现场站试运行同步，完成了中心站机房装修，服务器、局域网及互联网接入设备的安装、调试等。2003 年 7 月，S1 现场站更换了因意外原因受损的钻孔倾斜仪 3#探头后，25 日起正式投入运行。监测数据通过 GPRS 传输设备上传至中心站后，通过信息发布系统（初步）面向公众发布监测数据。形成了实时监测系统雏形。

2003 年 12 月，完成了玉皇阁崩滑体 S4、S5 现场站监测钻孔施工任务，2004 年 1~3 月安装、调试各类监测仪器、设备后，投入试运行。5 月 17 日起正式投入运行。受向家沟治理工程（削坡+表面格构）施工影响，向家沟滑坡 S2、S3 现场站建设工作始于 2005 年 7 月。2005 年 8~9 月完成了监测钻孔施工任务。10 月完成监测仪器安装调试后即投入运行。

向家沟滑坡 GPS 监测网建立于 2003 年 5~7 月，共建 GPS 监测标 9 处（其中基准监测标 2 处）。

2003 年 9 月进行了首期观测。2004 年 4 月重建基准标 2 处。2004 年 2 月滑坡治理工程施工期间，2 号 GPS 测点（编号 GPS_XJG_3）被削坡工程损毁，2005 年 9 月施工结束后恢复了该测点，并补建了 2 处 GPS 监测标。玉皇阁崩滑体共建 GPS 监测标 11 处，于 2004 年 4 月份完成，5 月起投入运行。

2004 年 7 月，完成了残联滑坡西区 BOTDR 示范点光纤铺设。2005 年 8 月份完成了巴东县沿江一号、三号桥光纤铺设工作。2005 年 9 月份完成了巫山县国宾酒店前桥光纤铺设工作。光纤铺设工作完成后，即投入运行。

2005 年 6 月，在玉皇阁崩滑体 4 号现场站处安装了自动雨量计 1 套。8 月，完成了中心站服务器升级，增强了运行的稳定性和安全性。

2006 年 4 ~ 5 月，完成了四道沟邓家屋场滑坡应急监测系统建设。建立 GPS 监测标 11 处（其中基准点 2 处），安装自动流量计 1 套，铺设 BOTDR 光纤约 2000m。5 月份监测系统投入运行。

项目实施过程中，监测仪器的引进、研制与生产，监测数据远程无线传输与发布系统研究，监测技术优化集成研究等各项工作和监测预警示范站建设同步开展，紧密配合，最终圆满完成了项目任务，实现了预期目标。

项目主要实物工作量包括监测仪器的引进、研制、生产，监测钻孔施工，监测仪器安装与调试，监测站与监测设施建设，各种软件的开发、编制等。项目主要实物工作量完成情况见表 0 - 1。

表 0 - 1 项目实物工作量完成情况表

工作项目	工作内容	单位	设计工作量	完成工作量	完成百分比
钻 探	监测钻孔施工	m	320	425.22	133%
基 建	中心站建设	处	1	1	100%
	现场站建设	处	5	5	100%
	GPS 监测标	个	18	33	183%
仪器 研制 生产	TDR 监测系统	套	6	6	100%
	孔隙水压力监测仪	个	12 探头	13 探头	108%
	滑坡地下水微流速仪	套	1	1	100%
	地温与氦气监测仪	套	1	1	100%
	监测数据采集传输仪	套	1	1	100%
仪器 安装 调试	固定式钻孔倾斜仪	套	4	5	125%
	TDR 监测系统	台	5	5	100%
	孔隙水压力监测仪	探头	12	12	100%
	自动雨量计	台	1	1	100%
	数据采集与传输系统	套	5	5	100%
光纤铺设	BOTDR 光纤铺设	m	10000	15000	150%
模型 建设	沙盘实物模型	座	1	1	100%
	示范区三维地质模型	套	1	1	100%
程序 开发	GPRS 传输控制程序	套	1	1	100%
	数据处理及入库程序	套		1	
	监测信息发布网页	套	1	1	100%
示范运行	示范站运行	年	1 ~ 2.5	1.2 ~ 3.4	