

地质环境 监测技术方法及其应用

Geo-Environmental Monitoring Technology and Application

国土资源部地质环境司
中国地质环境监测院

著

地质出版社

《地质环境监测技术方法及其应用》

编委会

主任委员 关凤峻

委 员 (排名不分先后)

岑嘉法 张作辰 李铁锋 黎志恒 王国民
韦京莲 颜景生 邢丽霞 李京森

《地质环境监测技术方法及其应用》

编写组

主 编 侯金武 李明路

副主编 孟 晖 郑跃军

主要成员 (排名不分先后)

殷秀兰 侯圣山 孙 伟 王 轶 董 颖
王俊桃 李 昂 李志明 曹晓娟 凤 蔚
刘永生 郝春明 刘 可 李春燕 连建发

参加人员 (排名不分先后)

张进德 李 媛 李瑞敏 袁富强 何培雍
孙 璐 李亚民 林 黎 赵苏民 陈有鑑
王 议 冯大勇

前 言

地质环境监测是指对自然地质环境或者工程建设影响的地质环境及其变化,进行定期观察测量、采样测试、记录计算、分析评价和预警预报的活动,其目的是掌握地质环境各要素变化的规律和特征,预测其未来的变化趋势,是一项为政府管理和社会公众提供信息的基础性、公益性工作,同时,也是国土资源管理最为重要的基础性和前沿性工作之一。任何地质环境保护决策在很大程度上依赖地质环境监测基础数据的支撑,每一项地质环境管理措施的落实程度都要通过地质环境监测来验证。地质环境监测工作可以像“体检”一样主动、提前发现地质环境问题,通过实施地质环境管理措施,预测预防地质环境的变化及其影响,更好地为经济社会建设服务。

近期,党中央确立了2020年全面建成小康社会的奋斗目标和全面落实经济建设、政治建设、文化建设、社会建设、生态文明建设五位一体的总体布局,从优化国土空间开发格局、全面促进资源节约、加大自然生态系统和环境保护力度、加强生态文明制度建设4个方面做出了战略部署。特别是在加快生态文明制度建设,划定生态保护红线中,更进一步提出了“建立资源环境承载力监测预警机制,对水土资源、环境容量和海洋资源超载区域实行限制性措施”。如何落实好这些具体要求,都与地质环境监测工作密切相关,需要有监测成果提供科技支撑。因此,加强地质环境监测工作是开展生态文明建设的重要举措。

我国的地质环境监测工作起始于20世纪50年代初期的地下水监测,随着经济社会发展的实际需要,又逐步开展了滑坡、崩塌和泥石流监测,地面沉降监测,以及矿山地质环境监测等。通过近60年的努力,初步建成了由国家级、省级、地(市)级和县级地质环境监测机构组成的全国地质环境监测工作队伍体系,其中国家级监测院1个、省级监测总站(院、中心)32个、地市级监测分站233个和县级监测站166个。为各级政府实施地质灾害防治和地质环境保护管理提供了重要的技术支撑。

经过我国地质工作者的长期探索和实践,借鉴国际上先进的经验和方法,地质环境监测工作取得了长足的发展,包括地下水监测、地质灾害监测和矿山地质环境监测等专业监测网络、信息网络、群测群防网络,以及地质环境监测专业队伍在内的地质环境监测体系已经基本建立,并且总结出了许多好经验和好做法。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,地质环境监测的技术方法体系也不断完善。但是,作为基层的地质环境监测工作者,受信息通畅程度所限,其所掌握的或者实际应用的监测技术方法还不能满足监测工作的需要。

为推动地质环境监测事业的发展,国土资源部2014年5月发布了《地质环境监测管理办法》。为推进地质环境监测管理办法的实施,由国土资源部地质环境司牵头,中国地质环境监测院承担开展了地质环境监测技术方法及其应用研究。本研究旨在从监测技术方法层面指导和帮助地质环境监测从业人员从事相关工作而开展的一项总结性工作。

本书分为两篇共12章。第一篇包括第一至第五章。第一章从地质环境监测的目的任务和地质环境监测的内容与类型两方面阐述了地质环境监测的对象和类型。第二至第五章全面介绍了目前通用的地下水环境、岩石环境(岩土位移形变)、土壤环境要素以及其他相关要素监测的技术方法。第二篇包括第六至第十二章,第六章全面分析了地质环境监测的现状和监测体系框架。第七至第十二章全面介绍了近年来我国在崩塌、滑坡、泥石流监测,地面沉降监测,区域地下水监测,矿山地质环境监测,水土地质环境监测和地热资源监测等方面的典型案例。

第一章和第六章由侯金武、李明路、孟晖、郑跃军、李春燕撰写,孟晖统稿。第二章第一、

二、三、四节和第九章由殷秀兰、王俊桃、凤蔚、刘可、连建发撰写，殷秀兰统稿。第二章第五节由孙伟撰写；第三章第一节由李昂、侯圣山、李志明和孙伟撰写，第二节由李昂撰写，第三节由李志明撰写，李昂、李志明统稿；第四章和第十一章由王轶、刘永生撰写，王轶统稿；第五章第一节由李昂、孙伟撰写，第二节由侯圣山撰写，第三节由刘永生、孙伟、李昂撰写，孙伟统稿；第七章由李昂、侯圣山撰写，侯圣山统稿；第八章由李志明撰写；第十章由孙伟、郝春明、何培雍、王议撰写，孙伟统稿；第十二章由董颖、赵苏民、林黎、曹晓娟撰写，曹晓娟统稿；全书由侯金武、李明路、孟晖、郑跃军校阅定稿。

在编写和研究过程中得到了国土资源部地质环境司的大力支持，编委会各位主任和委员多次为该项研究作出谋划策、献计献策；天津地热勘查开发设计院和中国地质科学院水文地质环境地质研究所在本书编写过程中提供了部分资料；编写组全体成员努力工作，勤勤恳恳，任劳任怨；本项研究工作是全体参与者共同劳动的结晶。在此，对他们的大力帮助、支持和辛勤劳动表示衷心的感谢。

由于作者才疏学浅，书中难免有错漏和不足之处，敬请同行专家和读者批评指正。

Preface

Geo-environmental monitoring is a subject to periodically observe and measure, sample and test, record and calculate, analyze and assess, early-warn and predict geo-environmental and its variation, which is either natural or impacted by engineering construction. The purpose is to know the rules and features of variation for each geo-environmental element and predict its variation trend in the future. It is a basic and commonweal work that provides information to government management and the public. Besides, it is one of the most important, basic and leading works for land resource management. Like physical examination, geo-environmental monitoring could initiatively find geo-environmental problems in advance. With the implementation of geo-environmental management measures, geo-environmental variation and its effects could be predicted and protective strategies could be proposed promptly. It is quite beneficial to economic and social development.

In China, geo-environment is complex, together with serious geo-environmental problems. As the expansion of the intensity and extent of human activities, geo-environment is affected seriously. Geo-environmental monitoring is beneficial to the safe construction and operation of major national engineering projects, such as the Three Gorges of Yangtze River, natural gas transmission from West to East, and high speed railway, *et al.* Geo-environmental monitoring is also beneficial to prevent water shortage and contamination from municipal construction and geo-environmental problems from the development of mineral resources. Therefore, it is quite necessary to enhance geo-environmental monitoring. In China, geo-environmental monitoring started from groundwater monitoring in 1950s. With the practical demand of economic and social development, geo-environmental monitoring gradually extends to landslide, collapse, debris flow, land subsidence, mines, water and soil, *et al.*

Monitoring methodology of geo-environment is an important part in geo-environmental monitoring system. For groundwater, major monitoring parameters include water level, temperature, quantity and quality. For landslide, major parameters include surface and underground deformation, groundwater dynamics, ground acoustics, human activities, meteorological phenomena and other relative factors that affect landslide formation and discern landslide occurrence. For debris flow, mud position and video monitoring are also necessary except for parameters monitored for landslides. For land subsidence, 3-D land subsidence monitoring network is generally used to investigate the distribution, formation mechanisms, subsidence extent and rate. The network is usually composed of precise leveling, bedrock bench mark, layerwise mark, GPS, InSAR, groundwater monitoring, *et al.* For mine geo-environment, the monitoring mainly includes groundwater environment and temporal and spatial variation of geo-environmental problems caused by mining activity, such as geo-disaster, aquifer destruction, soil contamination, landform destruction, *et al.* For water and soil geo-environmental, the monitoring usually focuses on chemical and physical properties that may indicate environment change in soil, phreatic water, surface water and other relative media. For geothermal monitoring, the major parameters include geothermal water flow, temperature, water level and

chemical composition. By investigating the rules of natural and exploration dynamics' changing of geothermal flow, the study of geothermal monitoring could normalize geothermal resources management and guide reasonable development and protection of geothermal resources.

In this book, geo-environmental monitoring is introduced by basic concepts, purposes and tasks, technique methods, fundamental principles and application conditions from both theoretic and practical aspects. The current status of geo-environmental monitoring is summarized systematically in China. Advanced geo-environmental monitoring is well-established in many places, such as Beijing Plain, Ya' an (Sichuan province), North China Plain, and Qitaihe (Heilongjiang province), *et al.* Take these places as representatives, the constitution and achievements of geo-environmental monitoring network for specific geo-environmental problems (monitoring objects) are introduced in detail.

目 录

前 言

第一篇 地质环境监测及技术方法

第一章 概 述	3
第一节 地质环境监测的目的任务	3
第二节 地质环境监测的内容与类型	4
第二章 地下水环境要素监测	8
第一节 地下水水位	8
第二节 地下水水温	11
第三节 地下水水量	13
第四节 地下水水质	21
第五节 地下水流速	28
第三章 岩石环境（岩土位移形变）要素的监测	30
第一节 地表位移形变	30
第二节 深部位移	38
第三节 分层土体变形	40
第四节 地球物理场	41
第四章 土壤环境要素的监测	42
第一节 土壤物理指标	42
第二节 土壤化学指标	46
第五章 其他相关要素的监测	52
第一节 相关物理指标	52
第二节 相关化学指标	55
第三节 相关因素	55

第二篇 地质环境监测方法应用

第六章 概 述	61
第一节 地质环境监测现状	61
第二节 地质环境监测体系框架	63

第七章 滑坡、崩塌和泥石流监测	67
第一节 概述	67
第二节 滑坡和崩塌监测	68
第三节 泥石流监测	69
第四节 四川雅安峡口滑坡监测	70
第八章 地面沉降监测	75
第一节 概述	75
第二节 地面沉降监测	75
第三节 华北平原地面沉降监测	76
第九章 区域地下水环境监测	83
第一节 概述	83
第二节 区域地下水水位监测	84
第三节 区域地下水水质监测	85
第四节 北京平原区地下水动态监测	87
第十章 矿山地质环境监测	91
第一节 概述	91
第二节 监测对象及监测要素	92
第三节 监测网布设	94
第四节 黑龙江省七台河市采空塌陷监测	96
第五节 湖北大冶多金属矿山地质环境监测	99
第十一章 水土地质环境监测	104
第一节 概述	104
第二节 土壤污染监测	106
第三节 土地盐渍化监测	107
第四节 河北保定 - 沧州示范区水土地质环境监测	109
第十二章 地热资源动态监测	115
第一节 概述	115
第二节 地下热水流量监测	115
第三节 地下热水温度监测	115
第四节 地下热水水位监测	116
第五节 地下热水化学监测	116
第六节 其他要素的间接监测	117
第七节 天津地热动态监测	117
主要参考文献	124
附录 1 地下水水质采样记录表	126
附录 2 地质灾害监测点信息表	127
附录 3 水土地质环境监测点信息登记表	128
附录 4 土壤污染评价方法	133

Contents

Preface

Chapter 1 Geo-environmental monitoring and technique

1 Introduction	3
1. 1 Purposes and tasks of geo-environmental monitoring	3
1. 2 Contents and types of geo-environmental monitoring	4
2 Groundwater environment factors monitoring	8
2. 1 Water level	8
2. 2 Temperature	11
2. 3 Quantity	13
2. 4 Quality	21
2. 5 Velocity	28
3 Rock environment (Rock and soil displacement and deformation) factors monitoring	30
3. 1 Surface displacement and deformation	30
3. 2 Deep displacement	38
3. 3 The layered soil deformation	40
3. 4 Geophysical field	41
4 Soil environment factors monitoring	42
4. 1 Physical properties of soil	42
4. 2 Chemical properties of soil	46
5 Other relative factors monitoring	52
5. 1 Relative physical properties	52
5. 2 Relative chemical properties	55
5. 3 Other factors	55

Chapter 2 Application of geo-environmental monitoring technical

6 Introduction	61
6. 1 Geo-environmental monitoring status	61
6. 2 Geo-environmental monitoring framework	63

7 Landslide, collapse, debris flow monitoring	67
7.1 Introduction	67
7.2 Landslide and collapse monitoring	68
7.3 debris flow monitoring	69
7.4 The Xiakou landslide, Yaán, Sichuan	70
8 Land subsidence monitoring	75
8.1 Introduction	75
8.2 Land subsidence monitoring	75
8.3 Land subsidence monitoring in the North China Plain	76
9 Regional groundwater environment monitoring	83
9.1 Introduction	83
9.2 Regional groundwater level monitoring	84
9.3 Regional groundwater quality monitoring	85
9.4 Groundwater dynamic monitoring in Beijing Plain area	87
10 Mine geo-environmental monitoring	91
10.1 Introduction	91
10.2 Monitoring objects and factors	92
10.3 Monitoring network	94
10.4 Mining subsidence area monitoring in Qitaihe, Heilongjiang Province	96
10.5 Polymetallic mine geo-environmental monitoring in Daye, Hubei Province	99
11 Soil and groundwater environmental monitoring	104
11.1 Introduction	104
11.2 Soil contamination monitoring	106
11.3 Soil salinization monitoring	107
11.4 Soil and groundwater environmental monitoring in Baoding-Changzhou demonstration area, Hebei Province	109
12 Dynamic geothermal resources monitoring	115
12.1 Introduction	115
12.2 Geothermal Water quantity monitoring	115
12.3 Geothermal Water temperature monitoring	115
12.4 Geothermal Water level monitoring	116
12.5 Geothermal Water chemistry monitoring	116
12.6 Other factors monitoring	117
12.7 Dynamic geothermal monitoring in Tianjin	117
Main references	124
Appendix 1 Groundwater sampling sheet	126
Appendix 2 Geological hazard monitoring point information sheet	127
Appendix 3 Soil and groundwater geo-environmental monitoring point information sheet	128
Appendix 4 Assessment method for soil contamination	133

第一篇 地质环境监测及技术方法

第一章 概述

第一节 地质环境监测的目的任务

一、监测需求

1. 防灾减灾形势对地质环境监测的迫切需求

以崩塌、滑坡、泥石流等为主的突发性地质灾害每年造成千人左右死亡和数十亿元财产损失，成为我国主要自然灾害类型之一。地面沉降与地裂缝等缓变性地质灾害对道路桥梁、防洪设施、地下管线、房屋等基础设施造成严重破坏，每年经济损失数十亿元。内陆干旱地区由于气候变化、人类不合理工程活动，土地荒漠化日趋严重。随着我国经济和社会的快速发展，人类活动强度和范围不断扩大，对地质环境影响明显增强。矿产资源和地下水资源等的开发利用以及其他各种工程经济活动引发的崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降、土地沙化、地下水污染等地质灾害和地质环境问题也较为普遍，对城市、公共基础设施和广大人民群众生命财产安全构成严重威胁。因此，加强地质环境监测，不仅是防灾减灾的需要，也是经济社会可持续发展的基础保障，同时也是落实科学发展观的具体体现。

2. 经济社会发展对地质环境监测的迫切需求

保障国家重大工程建设的需要。长江三峡、南水北调、大江大河的骨干水利枢纽、高速铁路、西电东送、西气东输等工程，地域跨度大，多处位于或穿过地质灾害的易发区，经常遭受局部破坏性影响，为保障重大工程的安全施工和运营，更好地发挥这些工程的效益，最大限度地减少因工程建设扰动而带来的负面影响，必须加强工程建设区和沿线地质环境监测工作。

城镇化发展的需要。城市是人类活动集中，地质灾害和地质环境问题突出的地区。华北平原长期严重超采地下水，山西六大盆地、关中平原、松嫩平原、下辽河平原、西北内陆盆地的部分流域，以及长江三角洲和东南沿海平原等地区整体或局部超采地下水问题也十分突出。截至2013年，据全国203个地市级行政区，4778个水质监测点的监测结果，综合评价结果为水质呈优良级的监测点498个，占全部监测点的10.4%；水质呈良好级的监测点为1287个，占26.9%；水质呈较好级的监测点为148个，占3.1%；水质呈较差级的监测点为2095个，占43.9%；水质呈极差级的监测点为750个，占15.7%。为了保障城镇化健康发展，对城市规划提供基础支撑，预防由城市建设活动引发的水资源紧缺、水环境污染，以及其他地质环境问题，必须加强对城市地下水环境和地质灾害的监测。

资源开发的需要。矿产资源开发活动带来了许多地质环境问题，矿山固体废弃物任意堆放，以及采矿活动等引起的滑坡、泥石流、采空塌陷、地裂缝、土地资源破坏、地下水污染和含水层疏干等地质环境问题和灾害十分突出。我国矿山地质环境监测十分薄弱，为了保障矿产资源的安全开发和矿山地质环境的有效治理及保护，必须加强矿山地质环境监测。

3. 生态文明建设对地质环境监测的迫切需求

党的十八大确立了加强生态文明制度建设的战略部署。这就对地质环境监测工作提出了新的更高要求，要实现资源环境的可持续利用，就要掌握地质环境的动态状况，不仅对地质环境问题进行监

测,还要对地质环境变化中的地质过程、水文过程和生态过程进行监测,在监测的基础上加深对地质环境的认识,合理提出地质环境治理和保护措施。

二、监测目的任务

地质环境是自然环境的一种。从空间范围来说,其上部为岩石圈表层,下部则为人类科学技术活动能够达到的地壳内部。主要由物质组成、物质结构和动力作用3种基本环境要素构成的岩石圈、水圈、大气圈和生物圈相互作用的系统。

地质环境是人类赖以生存和发展的场所。地质环境一般被认为是与大气圈、生物圈、水圈相互作用最直接,同时与人类活动关系最密切的岩石圈接近地表的部分。在长期的地质历史演化过程中,岩石圈和水圈之间、岩石圈和大气圈之间、大气圈和水圈之间进行物质迁移和能量转换,组成了一个相对平衡的开放系统。人类和其他生物依赖地质环境生存发展,同时,人类和其他生物又不断改变着地质环境。

地质环境监测工作是对可指示地质环境特征的指标及其变化,按照要求进行定期观察测量、采样测试、记录计算、分析评价和预报预警的活动。包括自然地质环境监测和受工程建设影响的地质环境监测。

地质环境监测是一项为政府和社会公众提供信息服务的基础性、公益性、专业性工作,目的是为了掌握地质环境动态变化规律和特征、预测其发生发展的趋势,提出预防修复治理意见,最大限度地保护地质环境、保障资源的合理开发利用,防灾减灾,促进人与自然的和谐发展、经济社会的可持续发展,并满足社会 and 经济发展对地质环境信息的需求。

第二节 地质环境监测的内容与类型

一、地质环境监测分类

按照地质环境物质构成要素(水、气、土壤、岩石、生物),地质环境主要分为水环境、岩石环境和土壤环境。

1. 按监测对象分类

按地质环境监测对象(或者地质环境要素)可分为地下水环境监测、岩石环境监测、土壤环境监测、其他相关要素监测(表1-1)。

(1) 地下水环境监测。广义的水环境包括地表水环境与地下水环境两部分。本书讨论的监测主要是地下水环境监测。重点是针对地下水的资源量和质量监测,主要监测内容包括地下水水位、水温、水量和水质等。

(2) 岩石环境监测。岩石环境指岩石圈中的岩石部分(包括坚硬岩石与松散岩石),它源源不断地向外部环境输送物质和能量,丰富的矿物资源和岩石圈的稳定是人类赖以生存的物质基础,其结构和动力作用与人类生存和发展密切相关。因此,岩石环境监测的重点是岩石的变形和移动,主要监测内容包括地表位移形变、深部位移、分层土体变形、岩土体物理性质与力学指标等。

(3) 土壤环境监测。土壤环境指岩石圈的表部土壤层,它与人类的繁衍关系密切,是大气圈、水圈、生物圈、岩石圈所共同作用的部分。土壤环境的监测重点是土壤质地和土壤重金属含量,主要监测内容包括土壤盐分、土壤有机质、土壤化学元素和土壤物理性质指标等。

(4) 其他相关要素监测。除了地下水环境、岩石环境以及土壤环境3类监测要素之外,还有其他一些不属于岩石圈,但对地质环境的变化同样起到了至关重要作用的要素。这些监测要素主要包括降水量、损毁植被面积、地声、泥位等。

表 1-1 为地质环境监测分类表。

表 1-1 地质环境监测分类表

监测对象	监测要素	监测项目
地下水	地下水资源量；地下水开采区、水位降落漏斗范围、污染区、盐（咸）水入侵区、地方病区的水质	地下水水位、水温、水量（泉流量）、水质、流速等
岩石	岩石的变形和移动；松散土层的压缩和膨胀；地球物理场	地表位移形变、深部位移、分层土体变形
土壤	土壤物理特性、化学特性、元素分布、土壤肥力和污染程度	土壤粒径、土壤含水量、土壤电导率（EC）、土壤酸碱度（pH 值）、土壤氧化还原电位（Eh）、土壤阳离子交换量（CEC）、土壤碱化度、土壤水溶性全盐量（易溶盐）、土壤养分元素、土壤重金属浓度
地热	高中低温地下水资源量、地下水开采区、地热田、浅层地温能利用	地下水水位、水压、水温、流量、水质
其他相关因素	与大气圈、水圈、生物圈相互作用的其他物理和化学要素	地声、泥位、岩土体含水率、土压力、应变、氦气浓度、降水量、植被指数、孔隙水压力

2. 按地质环境问题和分类

按地质环境问题和分类可分为地质灾害监测、地下水地质环境监测、矿山地质环境监测、地质遗迹监测和其他相关地质环境监测。

(1) 地质灾害监测。针对滑坡、崩塌与泥石流、地面塌陷、地面沉降和地裂缝等地质灾害的特点，对地表形变、深部位移、分层土体变形、力学特征、声学特征、地下水特征等灾害体自身状况，以及降雨、气温、地表水体等与地质灾害相关的环境要素，采用直接观察、仪器测量、遥感等方法，进行反复观察和测量，分析其发展趋势，预报其失稳所造成的灾害。

(2) 地下水地质环境监测。针对区域地下水超采、地下水水位上升和地下水污染等问题，选择有代表性的钻孔、水井、泉等，按照一定的时间间隔和技术要求，开展地下水的水位、水温、水量、水质等要素随时间变化的监测，以反映地下水环境的动态变化过程。

(3) 矿山地质环境监测。矿山地质环境监测是在矿山基础建设、开采阶段，以及闭坑以后，布设专门性的监测网（点），定期观测地质环境和各类矿山地质环境问题在时间上、空间上的变化情况，以减缓矿山地质环境的恶化，减少矿山地质灾害的发生。矿山地质环境问题主要有矿山建设及采矿活动引发或可能引发的地面塌陷、地裂缝、崩塌、滑坡、含水层破坏、水土污染、地形地貌景观破坏等。

(4) 地质遗迹监测。地质遗迹监测主要是在调查的基础上，定期观测地质遗迹随时间的变化情况，提出地质遗迹保护对策。

(5) 其他相关地质环境监测。其他相关地质环境监测主要有水土污染、地热、矿泉水等方面的监测。

3. 按动力作用主体分类

按动力作用主体可分为自然地质环境监测、受工程建设影响的地质环境监测。

(1) 自然地质环境监测。地质环境主要是由地下水环境、土壤环境、岩石环境 3 个要素组成的。自然地质环境监测就是针对三者与自然状态下的变化以及其他一些影响地质环境的因素而进行的监测，从而确定地质环境质量及其变化趋势。主要监测地下水水位、地下水水质、土壤质量、岩石土层变形（如地表变形、地下变形）、降雨量等。一般是通过分析地质条件或者社会发展的需求来部署监测工作。

(2) 受工程建设影响的地质环境监测。受工程建设影响的地质环境监测是指在工程施工过程中，采用监测仪器对地质环境关键部位要素进行的监测。这类监测的内容包括如由于抽汲地下水导致的地下水水位变化，道路、建筑物施工时坡脚开挖导致的边坡失稳和矿山开采造成的采空区塌陷、水资源及土地资源破坏，等等。主要通过工程建设活动的具体位置及其影响范围来指导监测。

二、地质环境监测技术方法类型

地质环境监测技术是地质环境保护的基础，是随地质环境科学的形成和发展而产生、发展的。它运用现代科学技术方法测取地质环境变化数据资料，监视和监测地质环境质量及其变化趋势的过程，同时具有综合性、发展性等特点。综合分析现有地质环境监测工作采用的仪器设备，又可以分为3类：接触式监测、非接触式监测和采样测试式监测。

1. 接触式监测

接触式监测是指仪器设备与监测对象直接接触，在监测对象中布设或埋置仪器设备，通过仪器传感系统获取监测对象动态变化数据的监测方式，包括基础测量、埋设仪器设备等。如地面沉降分层标监测、地裂缝计监测，以及各类手动测量方法等。

2. 非接触式监测

非接触式监测是指监测设备并不直接接触监测对象，而是远距离感知并获取监测对象动态变化数据的监测方式，如遥感监测、视频监控等。

3. 采样测试监测

采样测试监测是指在野外按技术要求采集地下水、土壤等样品，通过实验室测试获取其物理和化学等特征动态变化数据的监测方式。

三、地质环境监测技术方法汇总

目前比较常用的地质环境监测技术方法汇总见表1-2至表1-5。

表1-2 地下水环境（含地热）监测技术方法一览表

监测类型	监测项目	监测技术方法	监测仪器设备
接触式	地下水（热） 水位	钟响法	测绳、测钟、钟式水温计管
		浮标式水尺读数法	浮漂、带指针平衡锤、滑轮、井口标尺、支架等
		水位计法	水位计（浮标式、灯显式、音响式、仪表式、感应等）
		半自动测仪	半自动测仪
	地下水（热） 水温	自动监测方法	自记水位仪、水温水位仪、三用电导仪、全自动水位水温仪、气压泵或密封瓶（氮气测量）
		手动监测方法	温度计、热敏电阻测温仪
接触式	地下水水量 （泉流量、地 热流量）	容积法	水箱、水塔、蓄水池
		堰测法	三角堰、梯形堰、矩形堰
		差压法	圆缺孔板仪、孔板流量计、缩径管
		叶轮式孔口瞬时流量计	探头部分包括叶轮、磁棒、感应线圈；仪表部分包括表头、晶体管电路、电源
		喷水钻孔法	水头喷出高度量尺
		流速仪法（明渠）	旋杯式或旋桨式流速仪、水尺等
		浮标法	浮标、直尺、秒表等
	地下水流速	示踪法	同位素示踪剂
		电解法	电解质
		充电法	电法仪
采样测试	地下水（热）水质	采样实验室测试法	pH试纸、采样器、实验室仪器设备

表 1-3 岩石环境监测技术方法一览表

监测类型	监测项目	监测技术方法	监测仪器设备
接触式	地表位移变形	宏观调查法	皮尺、钢尺
		机械测缝法	游标卡尺、深度卡尺
		测缝计法	裂缝计
		地面倾斜仪法	地面倾斜仪
		水准测量法（大地测量法）	水准仪、经纬仪、全站仪
		测距法	激光测距仪、钢尺
	地下岩土体变形	基岩标分层标监测法	基岩标、分层标
		应变测量法	光纤应变计、埋入式振弦应变计
	地下滑动面位移	钻孔测斜仪法	钻孔测斜仪（自动钻孔测斜仪、手动钻孔测斜仪、多点位移计）
地球物理场	地球物探法	高密度电法仪	
非接触式	地表位移变形	GPS 定位法	GPS 定位系统
		干涉雷达法	ERS-1/2、RADARSAT、JERS-1、TOSAR、SEASAT
		LIDAR 技术方法	机载激光扫描仪系统
		遥感法	遥感卫星影像解译
		三维激光扫描法	三维激光扫描仪

表 1-4 土壤环境监测技术方法——采样测试法一览表

监测项目	监测技术方法	监测仪器设备
土壤物理性质——粒径、含水量、电导率（EC）	土工实验法、激光粒度仪法；称重法、张力计法、电阻法、中子法、 γ -射线法、驻波比法、光学测量法、时域反射法；室内电导法、电导率传感器法	采样器、样品袋
土壤化学性质——酸碱度（pH 值）、氧化还原电位、阳离子交换性（CEC）、水溶性全盐量（易溶盐）、碱化度、养分、重金属	电位法、比色法、原位酸碱度传感器法；电极法、去极化测定法；电导法、质量法；全氮开氏定氮测定法、全磷硫酸-高氯酸消煮测定法、全钾测定法、碱解氮测定法、速效磷测定法、速效钾测定法、有机质重铬酸钾容量测定法；原子吸收分光光度法、X 射线荧光光谱（XRF）法、电感耦合等离子光谱（ICP）法	采样器、样品袋

表 1-5 其他相关要素监测技术方法一览表

监测类型	监测项目	监测技术方法	监测仪器设备
接触式	降水量	气象监测法	雨量计
	孔隙水压力	孔隙水压力监测法（振弦测量法、光纤测量法）	孔隙水压力仪
	地声	地脉动测量法	地脉动监测仪
	泥位	泥位监测法	泥位传感器
	岩土体含水率	岩土体含水率监测法（烘干法、酒精燃烧法）	土体含水率监测仪（岩土体含水率分析仪、电烤箱、称重仪、燃烧皿）
	土压力	土压力监测法	土压力监测仪（土压力计）
	氡气	瞬时测量法、连续测量法	瞬时测氡仪、连续测氡仪、便携式氡监测仪
	固体废弃物污染组分	采样实验室测试法	采样器、样品袋
非接触式	植被指数	遥感监测法	modis 数据
	损毁植被面积	GPS 定位法	GPS 定位系统
		遥感监测法	IKONOS、Quickbird、Worldview、资源一号 02C、资源三号
		拍照、录像法	照相机、录像机
	泥石流爆发过程	视频监控法	视频监控系统、视频监控站
固体废弃物规模	拍照、录像法	照相机、录像机	