

# 河南省豫西地区金属矿山地质 环境监测预警及恢复治理技术研究

苏凯峰 王兴民 袁巧红 黄礼霞 编著

HENANSHENG YUXI DIQU  
JINSHU KUANGSHAN DIZHI  
HUANJING JIANCE YUJING JI  
HUIFU ZHILI JISHU YANJIU



中国地质大学出版社有限责任公司  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

# 河南省豫西地区金属矿地质环境 监测预警及恢复治理技术研究

苏凯峰 王兴民 袁巧红 黄礼霞 编著



中國地質大學出版社有限公司

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

## 图书在版编目(CIP)数据

河南省豫西地区金属矿山地质环境监测预警及恢复治理技术研究/  
苏凯峰,王兴民,袁巧红,黄礼霞编著. —武汉:中国地质大学出版社有  
限责任公司,2013.7

ISBN 978-7-5625-3172-2

I. ①河…

II. ①苏…②王…③袁…④黄…

III. ①金属矿-矿山地质-地质环境-环境监测-研究-河南省②金属矿-  
矿山地质-地质环境-治理-研究-河南省③金属矿-矿山地质-地质环  
境-生态恢复-研究-河南省

IV. ①TD167

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 167809 号

河南省豫西地区金属矿山地质环境  
监测预警及恢复治理技术研究

苏凯峰 王兴民 编著  
袁巧红 黄礼霞

---

责任编辑:高婕妤 张 琰 选题策划:张 琰 责任校对:张咏梅

---

出版发行:中国地质大学出版社有限责任公司

(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511 传真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.edu.cn>

---

开本:880 毫米×1 230 毫米 1/32

字数:246 千字 印张:8.25

版次:2013 年 7 月第 1 版

印次:2013 年 7 月第 1 次印刷

印刷:武汉三新大洋数字出版有限公司

---

ISBN 978-7-5625-3172-2

定价:38.00 元

---

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

# 前 言

矿产资源是人类赖以生存和社会发展的重要物质基础。河南省作为我国重要矿产资源大省之一，其矿产资源的开发和利用在全省国民经济建设中占有举足轻重的地位。然而，由于认识的局限性等原因，矿产资源的大规模开发利用在保障国民经济发展需要和创造巨大经济效益的同时，引发的矿山环境问题也十分突出，严重影响和制约着矿业可持续发展。

矿山环境问题中与岩石圈相关的环境问题为矿山地质环境问题。豫西地区金属矿山地质环境中，崩塌、滑坡、泥石流及采空塌陷等灾害，无论是数量，还是造成的危害都是河南省内最大和最严重的，具有典型意义。分布在豫西山区的金属矿山，由于区域构造复杂、沟谷切割较深、地形高差大、植被稀少、地质环境脆弱，本身就是地质灾害多发区和易发区，加之矿产开采活动的诱发，又进一步加剧了该地区的地质灾害，矿区内最为典型和突出的地质灾害主要是金属矿产集中开采区的矿渣泥石流、矿渣堆滑塌，以及地下开采引起的地面塌陷、崩塌和滑坡隐患等。要改变上述状况，必须加强对金属矿山地质环境的保护和恢复治理工作，坚持“在保护中开发，在开发中保护”的原则，科学合理地对矿山环境进行恢复和治理，这既是推进文明建设的需要，也是实施可持续发展战略和全面建设小康社会的需要。

豫西地区金属矿山地质环境恢复治理工作已取得了较好的成绩，为让更多读者了解和熟悉金属矿山地质环境问题，编写《河南省豫西地区金属矿山地质环境监测预警及恢复治理技术研究》一书，提高金属矿山地质环境恢复治理工作的技术水平。

全书共分5章。第1章概述了矿山地质环境问题的基本特征和矿山地质环境恢复治理技术；第2章阐述了豫西地区矿山地质环境及其开采面临的主要问题；第3章建立了豫西地区金属矿山地质灾害风险

评价体系，从矿山地质灾害危险性区划、易损性评价、风险评价3个方面展开论述，并以河南省灵宝市秦岭金矿区枣乡峪乱石沟为例，对其进行了矿山地质灾害风险性评价；第4章构建了豫西地区金属矿山地质环境监测与预警预报系统，该系统依托河南省地质信息连续采集运行系统（HNGICS）和WebGIS技术来建立；第5章对以往金属矿山地质环境恢复治理经验作了总结，分析了豫西矿山沟谷流域地质灾害，提出了系统治理的技术。

本书在编写过程中得到了郭付三高工、殷坤龙教授等人及相关单位的大力支持与热情帮助，在此谨表谢意！

由于作者水平有限，书中难免存在一些不足，敬请读者不吝批评指正。

作者

2013年7月

# 目 录

|                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| <b>1 矿山地质环境恢复治理技术综述</b> .....        | (1)  |
| 1.1 矿山地质环境问题的基本特征 .....              | (3)  |
| 1.1.1 矿山地质环境问题的基本概念 .....            | (3)  |
| 1.1.2 矿山地质环境问题的主要特点 .....            | (3)  |
| 1.1.3 矿山地质环境问题一般分类 .....             | (4)  |
| 1.2 矿山地质环境问题的研究现状 .....              | (6)  |
| 1.3 矿山地质灾害监测与预警预报 .....              | (7)  |
| 1.3.1 滑坡监测与预警 .....                  | (7)  |
| 1.3.2 地裂缝监测与预警 .....                 | (8)  |
| 1.3.3 水土流失监测与预警 .....                | (9)  |
| 1.3.4 采空区地面塌陷监测与预警 .....             | (10) |
| 1.4 矿山地质环境问题防治技术 .....               | (10) |
| 1.4.1 一般防治技术 .....                   | (10) |
| 1.4.2 系统治理技术 .....                   | (18) |
| <b>2 豫西地区金属矿山开采特征及重大地质环境问题</b> ..... | (21) |
| 2.1 豫西地区矿山地质环境 .....                 | (23) |
| 2.1.1 豫西地区自然地理 .....                 | (23) |
| 2.1.2 豫西地区地形地貌 .....                 | (24) |
| 2.1.3 豫西地区地质构造 .....                 | (25) |
| 2.1.4 豫西地区岩浆岩及地层 .....               | (32) |
| 2.1.5 豫西地区水文地质特征 .....               | (48) |
| 2.1.6 豫西地区岩土体工程性质 .....              | (50) |
| 2.2 豫西地区金属矿产资源及其成矿特征 .....           | (52) |
| 2.2.1 豫西地区金属矿产资源 .....               | (52) |
| 2.2.2 豫西地区金属矿产成矿地质特征 .....           | (53) |

|          |                                |             |
|----------|--------------------------------|-------------|
| 2.3      | 豫西地区金属矿山的开采特征·····             | (62)        |
| 2.3.1    | 矿床空间特征及开拓方式·····               | (62)        |
| 2.3.2    | 豫西地区金属矿床主要开拓方式·····            | (65)        |
| 2.3.3    | 豫西地区金属矿山开采方法·····              | (66)        |
| 2.4      | 豫西地区金属矿山地质环境问题·····            | (68)        |
| 2.4.1    | 豫西地区金属矿山地质环境问题概述·····          | (68)        |
| 2.4.2    | 矿山开采引起的矿渣泥石流·····              | (69)        |
| 2.4.3    | 矿山开采诱发崩塌、滑坡·····               | (72)        |
| 2.4.4    | 矿山开采诱发采空塌陷·····                | (74)        |
| <b>3</b> | <b>豫西地区金属矿山地质灾害风险评价研究·····</b> | <b>(77)</b> |
| 3.1      | 矿山地质灾害风险评价研究现状·····            | (79)        |
| 3.1.1    | 矿山泥石流灾害风险评价研究现状·····           | (79)        |
| 3.1.2    | 矿山滑坡灾害风险评价研究现状·····            | (82)        |
| 3.1.3    | 矿山采空塌陷灾害风险评价研究现状·····          | (85)        |
| 3.1.4    | GIS技术在矿山地质灾害风险评价中的应用·····      | (87)        |
| 3.2      | 矿山地质灾害危险性区划研究·····             | (90)        |
| 3.2.1    | 矿山地质灾害危险性区划指标体系的建立原则及结构层次····· | (90)        |
| 3.2.2    | 矿山泥石流危险性区划指标体系的建立·····         | (93)        |
| 3.2.3    | 矿山滑坡危险性区划指标体系的建立·····          | (107)       |
| 3.2.4    | 矿山采空塌陷危险性区划指标体系的建立·····        | (114)       |
| 3.2.5    | 矿山地质灾害危险性区划模型·····             | (117)       |
| 3.3      | 矿山地质灾害易损性评价研究·····             | (127)       |
| 3.3.1    | 易损性的构成·····                    | (127)       |
| 3.3.2    | 易损性评价的内容·····                  | (128)       |
| 3.3.3    | 承灾体自身价值的评估·····                | (129)       |
| 3.3.4    | 承灾体易损性的评价·····                 | (132)       |
| 3.4      | 矿山地质灾害风险评价研究·····              | (138)       |
| 3.4.1    | 地质灾害风险评价的基本术语与定义·····          | (138)       |
| 3.4.2    | 矿山地质灾害风险评价的基本体系·····           | (141)       |

|          |                                 |   |                |
|----------|---------------------------------|---|----------------|
| 3.5      | 工程实例——枣乡峪乱石沟矿山地质灾害风险评价          | … | (145)          |
| 3.5.1    | 乱石沟矿山地质环境概况                     | … | (145)          |
| 3.5.2    | 乱石沟矿山地质环境灾害类型及分布特征              | … | (149)          |
| 3.5.3    | 乱石沟矿山地质灾害危险性评价                  | … | (154)          |
| 3.5.4    | 乱石沟矿山地质灾害易损性评价                  | … | (169)          |
| 3.5.5    | 乱石沟矿山地质灾害风险评价                   | … | (176)          |
| <b>4</b> | <b>豫西地区金属矿山地质环境监测与预警预报系统</b>    |   | <b>(179)</b>   |
| 4.1      | 矿山地质环境监测技术研究                    | … | (181)          |
| 4.1.1    | 尾矿坝的监测技术                        | … | (181)          |
| 4.1.2    | 矿渣堆的监测技术                        | … | (183)          |
| 4.1.3    | 斜坡变形监测技术                        | … | (185)          |
| 4.1.4    | 崩塌监测技术                          | … | (188)          |
| 4.1.5    | 矿渣泥石流监测技术                       | … | (191)          |
| 4.1.6    | 采空塌陷监测技术                        | … | (194)          |
| 4.1.7    | 结构变形监测技术                        | … | (197)          |
| 4.2      | 豫西地区矿山地质环境预警预报模型的建立             | … | (199)          |
| 4.2.1    | 滑坡预测预报模型                        | … | (200)          |
| 4.2.2    | 崩塌预测预报模型                        | … | (207)          |
| 4.2.3    | 矿渣泥石流预测预报模型                     | … | (210)          |
| 4.2.4    | 采空塌陷预测预报模型                      | … | (216)          |
| 4.3      | 豫西地区矿山地质环境监测预警预报系统的构建           | … | (217)          |
| 4.3.1    | 系统研究的技术路线                       | … | (217)          |
| 4.3.2    | 工程实例——枣乡峪乱石沟矿山地质环境监测            | … | (220)          |
| <b>5</b> | <b>豫西地区金属矿山沟谷流域地质灾害链及系统治理技术</b> |   | <b>… (227)</b> |
| 5.1      | 金属矿山地质环境恢复一般治理技术                | … | (229)          |
| 5.1.1    | 尾矿坝的加固工程措施                      | … | (229)          |
| 5.1.2    | 矿渣堆支挡措施                         | … | (230)          |
| 5.1.3    | 矿山滑坡治理措施                        | … | (235)          |
| 5.1.4    | 矿山泥石流常用防治对策                     | … | (237)          |
| 5.1.5    | 矿山采空塌陷治理措施                      | … | (240)          |



|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| 5.1.6 矿山生态恢复措施 .....            | (241) |
| 5.2 豫西地区矿山沟谷流域地质灾害链 .....       | (245) |
| 5.3 豫西地区矿山沟谷流域地质灾害系统治理技术 .....  | (247) |
| 5.3.1 考虑灾害链效应的矿山地质灾害危险性分析 ..... | (247) |
| 5.3.2 矿山地质灾害系统治理技术 .....        | (248) |
| <b>主要参考文献</b> .....             | (254) |

---

---

1

**矿山地质环境恢复治理技术综述**

---

---



## 1.1 矿山地质环境问题的基本特征

### 1.1.1 矿山地质环境问题的基本概念

矿山地质环境问题是 在矿业活动中直接产生、引发或加剧的地质环境问题，是矿业活动对地质环境的影响超过了矿山地质环境容量而出现的地质灾害，是对矿业正常生产和人居生态环境构成威胁的地质现象，是矿区及其影响区自然地质作用和人类矿业活动地质作用的共同结果。

矿业活动引发的地质环境问题是多方面的。如矿山建设工业场地、坑道掘进采掘矿石、露天矿表土剥离、弃土排渣等改变了矿区原有的地形地貌景观，破坏原始地质遗迹，压占了土地植被，加剧了水土流失和水资源衰减；矿区采掘活动还能强烈地改变原有的地应力平衡，从而诱发地面塌陷、地裂缝、滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害问题；矿山“三废”中有毒有害物质未达标排放或随意排放，污染河湖、农田、农作物和植被等。通常矿山的采矿、选矿和矿石冶炼等每一种矿业活动均会导致不同的矿山地质环境问题，而某一类矿山地质环境问题往往又是多种矿业活动叠加和累积作用的结果。

### 1.1.2 矿山地质环境问题的主要特点

矿山地质环境问题与一般的地质环境问题最突出的区别在于采矿活动是地质环境问题产生的主导作用和激发因素，其范围主要限于采矿区、加工区及其附近的影响区，不但具有一般地质环境问题特性，而且有其自身的特点，具体如下。

①类型多样性。矿山地质环境问题类型众多，表现形式多样，如既有自然因素及人类其他经济活动产生的崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害，也有矿山特有的地质灾害类型，如地面塌陷、地裂缝、尾矿库溃坝等。

②复杂性、多因性和复发性。矿山地质环境问题的类型、表现形

式、分布、严重程度等，不但与矿区地形地貌、地质构造、岩性、水文气象、植被等地质环境背景相关，而且与矿产工业类型、开拓方式、采矿方法等经济活动特征密切相关。某一类矿山地质环境问题往往是采矿、选矿甚至冶炼的多种活动过程中共同作用的结果，其诱发因素众多（图 1-1）。某些地质环境问题还具有多次原地重复产生的特点，如地下急倾斜煤层不同水平采矿会导致地表反复发生塌陷等。

③分布地域性。矿山地质环境问题的类型、严重程度与矿山所处的自然地理条件密切相关。如山地地区是滑坡、崩塌、泥石流、水土流失的主要发生地，矿山开发必然会加重上述地质环境问题产生的危害，除此以外，还会产生尾矿库溃坝和河流污染等矿山特有的地质环境问题；矿山地面塌陷、地裂缝主要发生在地下煤矿开采区，东部平原煤矿塌陷区则易形成积水区，破坏农田或造成地表建筑物破坏。

④危害集中性与严重性。由于矿山地质环境问题主要是矿业开发直接产生、诱发和加剧的结果，因此，矿山地质环境问题直接威胁采矿作业现场生产、工况设施和周边居民的生命财产安全。矿山地质环境问题不仅造成直接和间接的经济损失，而且破坏人居生态环境，重大地质灾害和环境公害甚至造成严重的社会后果。

⑤群发性和共生性。矿山地质环境问题往往不是孤立发生和存在的，而是存在着矿山地质环境问题链。前一种矿山地质环境问题的结果往往是后一种矿山地质环境问题的诱发因素。如地下采矿采空区诱发的地面塌陷、地裂缝等往往导致地表河流沿裂隙下灌，引发矿井突水以及土地完整性和利用功能退化，或导致山体开裂诱发崩塌、滑坡等地质灾害。由于诱发条件类似，某几种矿山地质环境问题往往同时发生，呈现共生特点，如崩塌、滑坡和泥石流往往共生，地面塌陷和地裂缝往往共生等。

### 1.1.3 矿山地质环境问题一般分类

以矿业活动导致地质环境问题的结果为主要分类依据，矿山地质环境问题可分为资源毁损、环境污染和地质灾害三大类型（表 1-1）。

三大类型的地质环境问题在矿山开发的时间上、空间上具有重叠

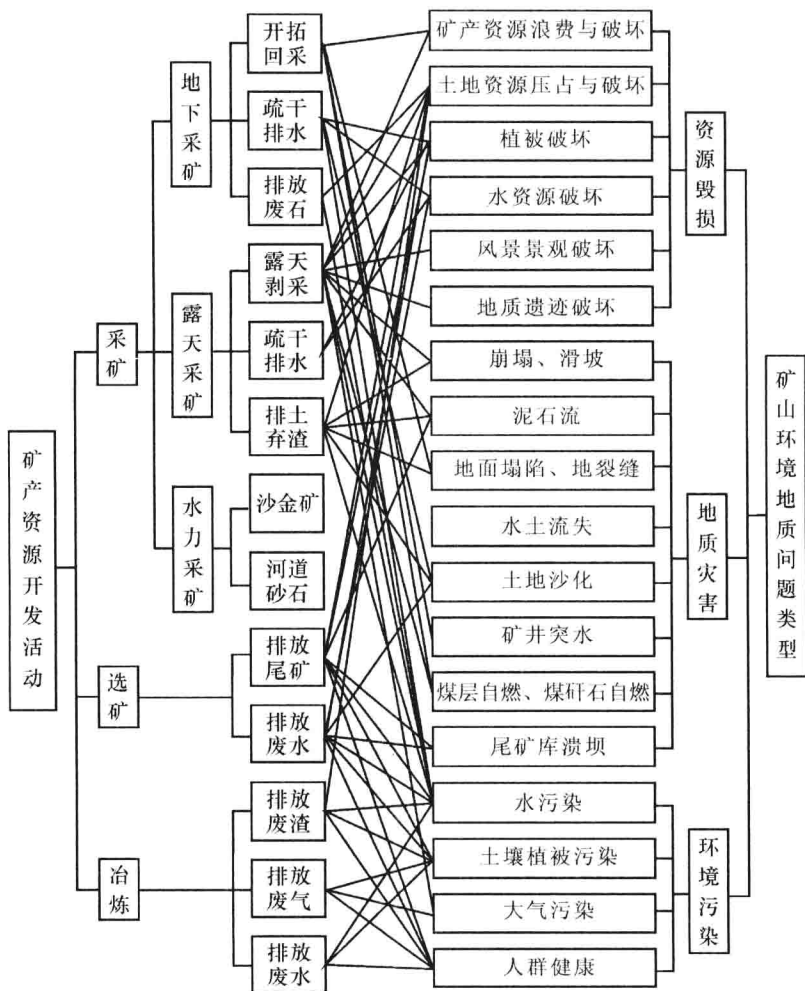


图 1-1 矿山开发与地质环境问题的关系

性、穿插性，部分矿山地质环境问题互为因果关系。不同类型矿产以不同方式开采，采用的选冶技术及工艺设备等不同，导致的矿山主要地质环境问题表现形式也不同。单一的矿山地质环境问题以一类或两

类地质环境问题为主，当三种类型地质环境问题同时出现时无疑会加重矿山地质环境问题的严重程度。就是说，单一的矿山地质环境问题对环境也许不至于造成严重的影响，但是多种地质环境问题交织叠加，则通常会产生破坏性的后果。

表 1-1 矿山地质环境问题类型划分

| 类型划分 | 主要表现形式                                                           |
|------|------------------------------------------------------------------|
| 资源毁损 | 矿产资源破坏与浪费、土地与植被压占与破坏、疏干排水破坏地下水均衡系统及地表水水量减少、地质遗迹破坏、地形地貌改变、人文景观破坏等 |
| 环境污染 | “三废”污染排放造成地表水污染、地下水污染、土壤污染、大气污染等                                 |
| 地质灾害 | 崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、水土流失、土地沙化、尾矿库溃坝等                              |

## 1.2 矿山地质环境问题的研究现状

改革开放以来，由于国家经济发展对矿产资源的需求量增大，造成对国有矿山企业的冲击，使得部分矿山片面追求经济效益而淡化安全意识和环境保护意识，加之开采技术及设备的相对落后，导致矿山环境不断恶化，矿山地质环境问题日趋严重，由矿业引发的环境污染和生态破坏问题与日剧增。我国因采矿活动造成采空塌陷、地下水疏干、地质地貌景观破坏等问题，已严重危害矿区人民正常的生产生活，制约了当地经济社会的可持续发展。据统计，全国 113 108 座矿山中，采空区面积约为 134.9 亿  $\text{m}^2$ ，占矿区面积的 26%；采矿活动占用或破坏的土地面积 238 亿  $\text{m}^2$ ，占矿区面积的 47%；采矿引发的矿山次生地质灾害累计 12 366 起，造成直接经济损失 166.3 亿元，人员伤亡约 4 250 人。

针对现实中日益严峻的矿山地质环境问题，原国土资源部部长徐绍史签署第 44 号令，公布了《矿山地质环境保护规定》（以下简称《规定》），自 2009 年 5 月 1 日起施行。《规定》对保护矿山地质环境的责、权、利作出了严格的规定，概括为 26 个字，即“预防为主、

防治结合，谁开发谁保护、谁破坏谁治理、谁投资谁收益”。规定采矿权申请人在申请办理采矿许可证时，应当编制矿山地质环境保护与治理恢复方案，缴存矿山地质环境治理恢复保证金，严格执行经批准的矿山地质环境保护和治理方案；县级以上国土资源行政主管部门负责对采矿权人履行治理恢复义务情况的监督检查，并建立本行政区域内的矿山地质环境监测工作体系，定期上报。

### 1.3 矿山地质灾害监测与预警预报

地质灾害监测是研究和防治矿山地质环境问题的重要环节之一。通过监测和预警预报可以掌握矿山地质灾害的变形特征及发生发展规律，预测预报矿山地质灾害的边界条件、空间规模、发生时间及危害性，以便及时采取防治对策，尽可能避免或减轻矿山地质灾害造成的损失。同时，监测结果也是检验矿山地质环境恢复治理工程效果的尺度。因此，目前国内外在矿山地质环境恢复治理工程中十分重视对矿山地质灾害进行监测，并在此基础上进行预警预报。

矿山地质灾害监测内容包括滑坡监测与预警、地裂缝监测与预警、水土流失监测与预警、采空区地面塌陷监测与预警。

#### 1.3.1 滑坡监测与预警

##### (1) 监测方法

①绝对位移监测。绝对位移监测是最基本的常规监测方法，用以监测滑坡体测点的三维坐标，从而得出测点的三维变形位移量、位移方位与位移速率。可分为地表和地下监测。绝对位移监测方法主要有以下几种：大地测量法、GPS测量法、近景摄影测量法。

②相对位移监测。相对位移监测是设点量测崩滑体重点变形部位点与点之间相对位移变化（张开、闭合、下沉、抬升或错动等）的一种常用变形监测方法。

##### (2) 监测网的布设

根据被勘查崩滑体的形体特征、变形特征和赋存条件，因地制宜



地进行监测网、监测线和监测点的布设，要求能形成点、线、面、体的三维立体监测网，能全面监测崩滑体的变形方位、变形量、变形速率、时空动态及发展趋势，应能满足监测预报各方面的具体要求。

### (3) 大地测量网型的选择

大地测量监测是崩滑体监测的主要手段，其网型的选择，除地质因素外，还取决于崩滑体的范围、规模、地形地貌条件、通视条件及施测要求。主要有十字型、放射型、方格型、任意型、对标型、多层型大地测量监测网型。测站、测线、测点的选取可根据具体需要进行确定或调整，有时可同时采用两种网型，布成综合网型。

### (4) 监测资料的整理与分析

①建立监测数据库。包括宏观地质监测、绝对位移、相对位移（裂缝崩滑带等）、钻孔倾斜、地面倾斜、声发射监测、地应力监测、地表水、地下水和水文气象等多方面的数据库与总库。

②建立资料分析处理系统。根据所采用的监测方法和所取得的监测数据。采用相应的数据处理方法和程序软件包，对监测资料进行实时分析处理。一般要求能进行数据的平滑滤波、曲线拟合，绘制时程曲线，进行时序和相关分析。

③编制图件。绝对位移监测，编制水平位移矢量图、垂直位移矢量图、水平与垂直位移迭加分析图，位移（某一监测点水平位移、垂直位移等）历时曲线。相对位移监测，编制相对位移分布图、相对位移历时曲线。在监测过程中，若发现崩滑体变形加剧时，应进行变形破坏预报的研究，主动加密监测，制定灾情预报与紧急预防程序，并立即上报主管部门审批。

## 1.3.2 地裂缝监测与预警

观测线布置的基本要求有以下几点。

①设立短水准监测线、形变场监测线、蠕变仪监测线及简易监测台站，进行常年定期监测。

②监测线的起始端点应埋设基本水准标石，其他监测点应埋设普通水准标石。