

充填法开采引起的地裂缝分布特征 与现场监测分析

李 晓¹, 路世豹², 廖秋林¹, 杜国栋¹

(1. 中国科学院 地质与地球物理研究所, 北京 100029; 2. 青岛理工大学 土木工程学院, 山东 青岛 266033)

摘要: 通过对金川二矿区地裂缝的现场调查和槽探揭示, 分析地裂缝的分布特征及其与地下采矿的关系。利用自行研制的 IGG-1 型裂缝计对地裂缝的发展变化进行监测。结果表明, 金川二矿区的地裂缝两侧位移具有明显的三维特征。在此基础上, 讨论充填法开采引起的岩体移动和地表裂缝的形成条件、成因机制及影响因素。研究结果表明, 采充效应造成的围岩应力重分布、充填体刚度低、地下未充填空区的存在以及重复性的采动影响是金川二矿区地裂缝产生的主要原因。

关键词: 采矿工程; 充填法开采; 地裂缝; 现场监测; 金川镍矿

中图分类号: TD 32

文献标识码: A

文章编号: 1000-6915(2006)07-1361-09

DISTRIBUTION CHARACTERISTICS AND FIELD MONITORING OF GROUND FISSURES CAUSED BY BACKFILL MINING

LI Xiao¹, LU Shibao², LIAO Qiulin¹, DU Guodong¹

(1. *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;*

2. *Institute of Civil Engineering, Qingdao Technological University, Qingdao, Shandong 266033, China*)

Abstract: The two major issues in front of the worldwide mining industry are work safety and protection of ground environment when carrying on underground mining activities. Cut-and-fill mining method is increasingly applied in China owing to its advantages of controlling ground pressure and protecting the ground environment effectively. However, few works and reports are known on the topics of large-scale rock mass movement and ground fissures resulting from the mining with backfill. An introduction to the phenomena of the ground surface deformation and ground fissures due to underground mining is given in Jinchuan Nickel Mine which is the largest underground mine with cut-and-fill mining in China. In 1999, many ground fissures and breakage on the ground surface appeared in Jinchuan No.2 Mine. Following an introduction to the distribution of the ground fissures and the correlation of the fissures with the location of underground ore body is presented. The emphases are put on the field investigation and monitoring for the fissures. A new type of three-dimensional fissure instrument IGG-1 is invented to measure the change of the fissures with the mining. The results of the measurement show that the three-dimensional displacement characteristics are distinct for the ground fissures. The mechanism and the influential factors are revealed from the field exploration and monitoring. It is shown that the stress redistribution

收稿日期: 2005-02-24; **修回日期:** 2005-07-27

基金项目: 国家自然科学基金重大项目(50490271); 国家重点基础研究发展规划(973)项目(2002CB412702)

作者简介: 李 晓(1961-), 男, 博士, 1982年毕业于中国矿业大学建筑系矿山建设工程专业, 现任副研究员, 主要从事矿山岩石力学与地质灾害方面的研究工作。E-mail: lix620@263.net

in surrounding rocks resulting from the mining, low stiffness of the filling body, the existence of the void space underground and the influence of on-going mining activities are the main reasons for the occurrence of ground fissures. It is thus concluded that in mine design with cut-and-fill mining, the ground surface deformation and fracture must be taken into consideration.

Key words: mining engineering; backfill mining; ground fissure; field monitoring; Jinchuan Nickel Mine

1 引言

地下开采造成的地表变形与破坏是一种常见的矿山地质灾害。在矿山开采中,如何保证开采作业的安全性和保护地表环境,是目前世界采矿业所面临的两大主题。由于充填采矿法具有有效控制围岩移动、保护地表环境、处理大量固体废物等特点,在我国和世界各主要采矿大国均得到越来越广泛的应用。目前我国有色金属地下矿山的45%、黄金矿山的37%采用充填法开采^[1]。自1973年在澳大利亚召开了第1届国际充填采矿大会以来,至今已召开了7届国际充填采矿会议,而且自1998年开始,会议间隔时间也由过去的每5年一次改为每3年一次^[2~4]。这表明,充填采矿技术与理论越来越得到人们的重视。

纵观国内外充填采矿法的最新进展,关于充填新工艺、新材料、新方法方面的研究和应用成果层出不穷^[5]。相对而言,从工程地质和岩石力学的角度研究充填法开采引起的大规模岩体移动与地表变形破坏方面的文献报道却较少,特别是针对厚大急倾斜矿体大规模充填式开采引起地表破坏方面的报道则更少。多数研究均集中于近水平煤层长壁冒落法开采引起的岩层移动与地表变形^[6~8]。究其原因,一方面是由于充填法开采造成严重的地表变形破坏的工程实例不多;另一方面,人们普遍认为充填法开采能有效阻止岩层发生大规模移动,从而可有效保护地表免遭破坏。然而,正如本文所指出的,即使是充填效果最好的胶结充填法开采也会引起大范围的岩体移动和地表变形,甚至诱发严重的地裂缝和地表破坏。但充填法开采引起的岩体移动与地表变形破坏规律与冒落法或房柱法开采不尽相同^[9,10]。因此,有必要对充填法开采引起的岩体移动与地表破坏规律进行研究。

本文通过对我国最大的充填开采矿山——金川镍矿地表变形破坏特征进行研究,分析了充填法开

采引起大范围岩体移动与地表破坏的发生机制与影响因素。这对越来越多的充填法矿山的规划设计和安全开采具有重要意义。

2 地裂缝分布特征

位于我国甘肃省河西走廊的金川镍矿是我国特大型硫化铜镍矿山,也是世界上最大的硫化铜镍矿床之一。金川镍矿储量丰富、品位高、矿体集中;但其地质条件复杂、构造发育、矿岩破碎、地应力高、岩体稳定性差,开采难度之大,为全国之最^[11]。自1970年以来,我国众多的工程地质和岩石力学专家在金川镍矿进行了大量卓有成效的研究工作,在金川矿山的工程地质岩组划分、地应力测量、岩体力学特性试验、软岩巷道支护等方面取得了一系列重要成果^[12]。

金川二矿区是金川公司的最大矿山。二矿区在采用胶结充填法开采18 a后,于1999年底在地表发生了大范围的山体开裂和地裂缝(见图1)。地裂缝的出现表明,地下开采的采动影响已经波及到

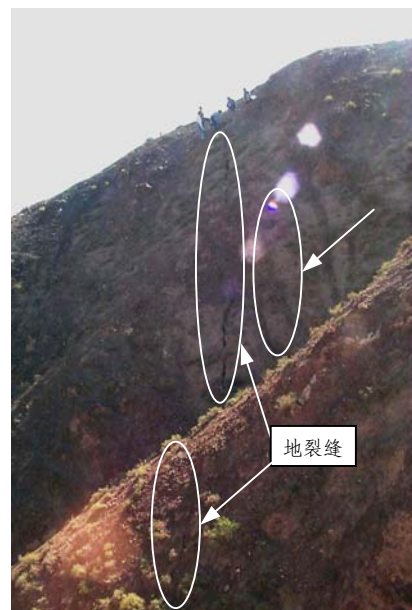


图1 金川二矿区地裂缝照片

Fig.1 Photo of ground fissures in Jinchuan No.2 Mine

地表。随着开采面积和开采强度的进一步加大，地裂缝将如何发展，裂缝区范围是否会继续扩大，地表的变形破坏是否会对矿山井筒、主要工业与民用建筑等地面设施构成威胁和损害，这是金川矿山普遍关注和担忧的问题。

2.1 地裂缝的分布特征

为确定地裂缝的位置，利用全站仪和水准仪对金矿二矿区地表出露的各条地裂缝进行了测量和编号，如图 2 所示。目前金川二矿区地表已发现的地裂缝共 37 条，分布于 6~26 行勘探线之间，它们形成了 2 条大致平行的裂缝区带，其延展方向基本与矿体走向一致(见图 2)。为表示地裂缝与地下开采空间的相对位置关系，图 3 给出了金川二矿区沿 19 行勘探线的工程地质剖面图，图中也标注了出现在该勘探线上的地裂缝位置。

由图 2, 3 可见，第一裂缝区带出露于二矿区主采矿体的上方，分布范围由 10 行勘探线延展至 24 行勘探线，总的延伸走向为 NW32°到正北方向，全长约 900 m。该裂缝区主要由 4 条主裂缝组成，其

中最长的 36# 裂缝长约 433 m，宽约 0.2 m。裂缝带呈断续发展，在 3#，36# 和 37# 裂缝之间虽有 2 处近 100 m 的间断区，但有贯通的趋势(见图 2)。值得注意的是，第一裂缝区带基本上沿含矿超基性岩体与上盘条带混合岩的接触界面发育(见图 3)，其空间延展形态受该接触带的控制。在地表第四纪松散土层中，裂缝最大宽度达 70 cm。

第二裂缝区带距离第一裂缝区带约 500 m，分布于 8~26 行勘探线之间(见图 2)。该裂缝带发育于超基性岩体的上盘围岩，即条带混合岩中(见图 3)，总的延伸走向为 NW47°向，全长约 1 000 m。该区带中裂缝的连续性较好，最长的 22# 裂缝长约 473 m。裂缝的分支较多，并有贯通的趋势。同时，在该裂缝区周边，还发现有数条短小裂缝，如 33# 和 34# 裂缝等。

地表调查还发现，在上述 2 条裂缝区带之间的 16 行勘探线附近发育有 6#，29# 和 31# 这 3 条趋向于同一点尖灭的裂缝。据中国科学院地质与地球物理研究所 2002 年的科研报告“金川矿区地表 GPS 检

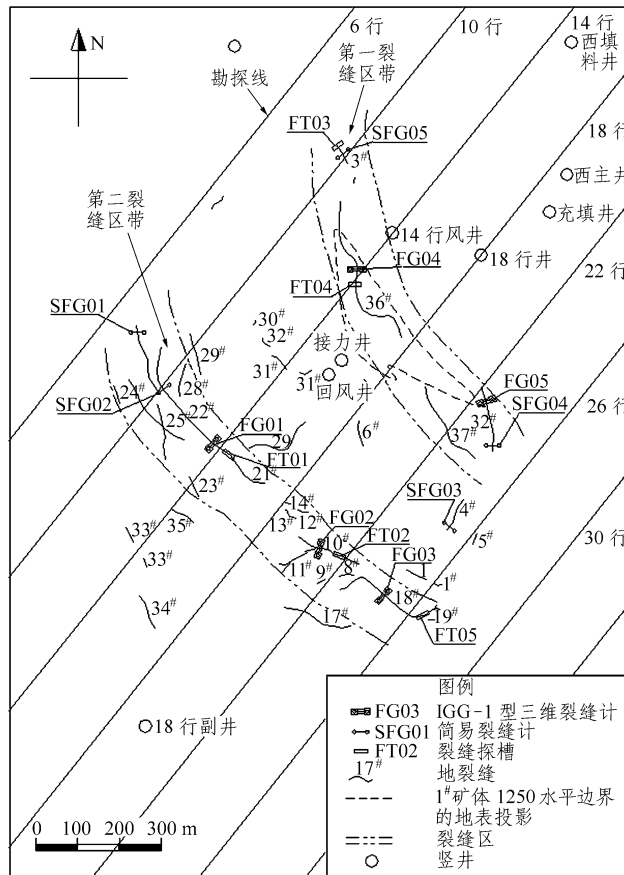


图 2 金川二矿区地裂缝分布及监测仪器布置图

Fig.2 Distribution of ground fissures and layout of monitoring apparatus in Jinchuan No.2 Mine

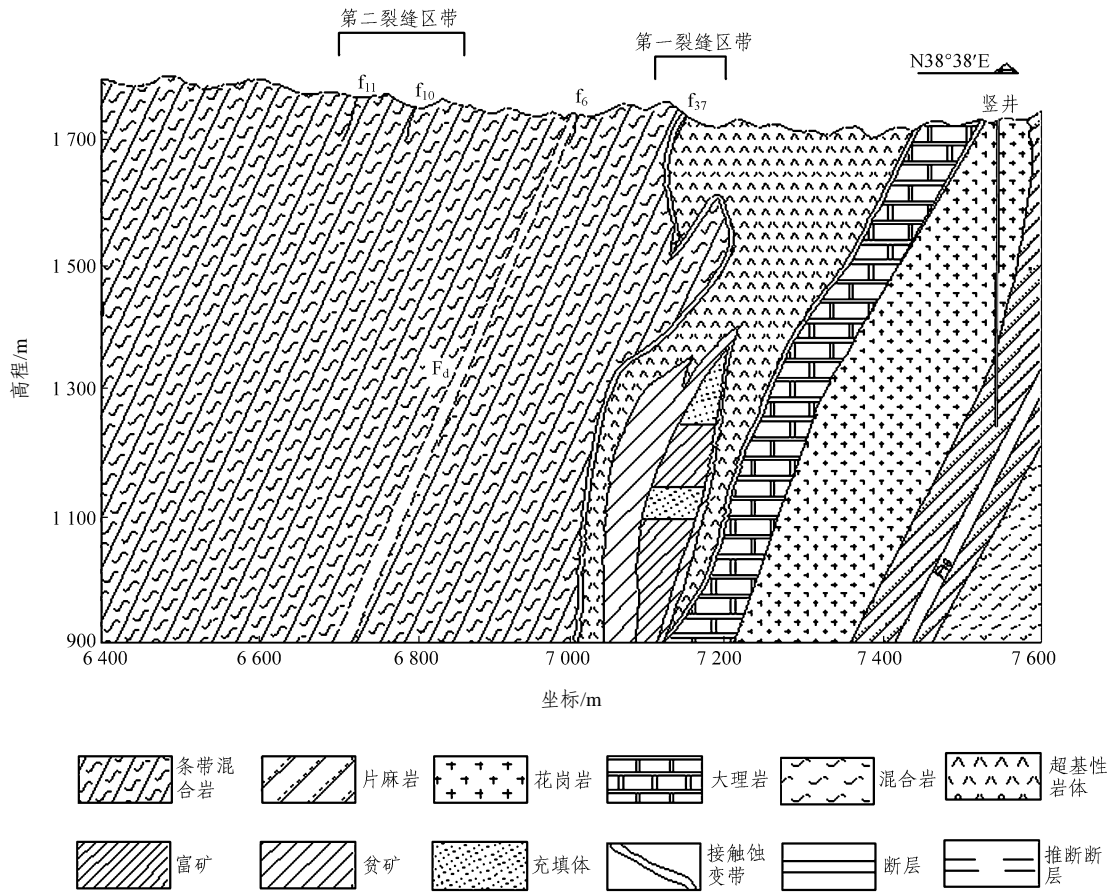


图3 金川二矿区 19 行勘探线地质剖面图

Fig.3 Geological section along exploratory line No.19 in Jinchuan No.2 Mine

核与修正研究”，金川二矿区地表沉降变形的中心恰好位于这 3 条裂缝尖灭的位置，该范围也是矿体最大宽度所对应的位置。

现已发现的地裂缝大都垂直或近乎垂直于勘探线方向，然而，在 2 条裂缝区带之间的西侧 6 行勘探线和东侧 26 行勘探线附近，近期发现了几条平行于勘探线方向的断续小裂缝，这表明 2 条裂缝区带在东、西两侧似乎有连通和闭合的趋势。

在对地裂缝出露形态的现场调查时还发现，在 16 行勘探线以东，有相当长的裂缝具有尖灭再现的右列雁行状排列规律，而在 14 行勘探线以西的裂缝则呈尖灭再现的左列雁行状排列规律，如图 4 所示。这表明裂缝两侧的岩体存在水平错动，而且错动方向指向 14 行与 16 行勘探线之间，即指向地下开采的位置。

2.2 地裂缝发育岩体的工程地质特性

为查明地裂缝沿深度方向的延展深度、产状、形态及其所穿过岩体的工程地质特性，在具代表性的 5 个裂缝点对地裂缝进行了槽探。在第一裂缝区带开挖了 2 个地质探槽，分别为 FT03 和 FT04；在

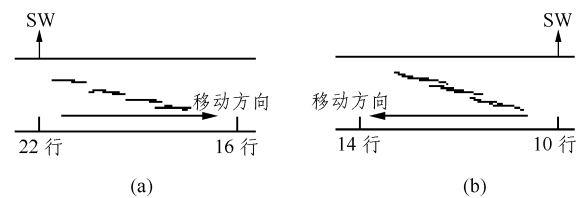


图4 地裂缝雁行排列

Fig.4 Echelon arrangement of ground fissures

第二裂缝区带开挖了 3 个地质探槽 FT01, FT02 和 FT05，探槽深度一般为 3~4 m，各探槽的位置如图 2 所示。FT01 探槽所揭示的岩性特征如图 5 所示。通过 5 个地质探槽以及安装裂缝计时开挖的 5 个裂缝计安装坑，揭示出金川二矿区地裂缝发育位置的岩性主要为以下 3 类：

- (1) 超基性岩体(即二辉橄榄岩)与围岩(即条带混合岩)接触带的内蚀变带。岩性主要为绿泥石片岩，矿物主要由绿泥石、蛇纹石、滑石、透闪石等二辉橄榄岩的蚀变矿物组成。蚀变带岩石多为泥土状，可见明显的片理化。在二辉橄榄岩向其蚀变矿

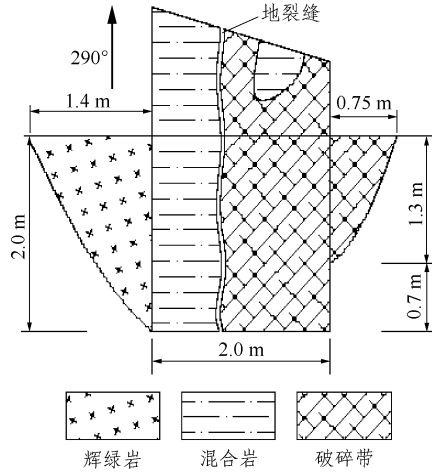


图 5 FT01 地裂缝探槽剖面图

Fig.5 Section sketch of exploratory trench FT01 for ground fissure

物过渡的弱蚀变带中还可可见劈理化现象。地裂缝主要沿发育的片理展布。蚀变矿物在原状时有一定强度；遇水后呈泥状，强度大大降低；之后再干燥，岩石则呈松散粉末状，强度更低。

(2) 破碎带。岩性多为混合岩，其基质为花岗岩和斜长角闪岩。节理非常发育，岩体中大多分布有小的挤压剪切带，使岩体成为碎裂甚至散体结构。地裂缝多沿节理发育，但并不沿一组节理发育，基本要贯穿几组节理。位于破碎带中的地裂缝发育深度和宽度均较大，如 FT02 探槽的裂缝深度超过 3 m，地表出露宽度达到 20 cm。

(3) 岩脉穿插带。岩脉穿插大多发育在混合岩中，地裂缝发育处出露的岩脉主要有煌斑岩脉、辉绿岩脉、细晶岩脉等。岩脉附近的混合岩都比较破碎，岩脉则更为破碎，多为碎裂状。

根据对金川二矿区地裂缝的现场勘察和槽探调查，并结合矿区地质资料分析，地裂缝的发育和性状有以下 3 个特征：

(1) 地裂缝的出露受接触蚀变带、破碎带及岩脉穿插带的控制。第一裂缝区带主要受超基性岩体与上盘围岩之间的接触蚀变带以及超基性岩体内的小断层控制；发育于上盘围岩的第二裂缝区带受不同程度混合岩化作用的混合岩体内破碎带和岩脉穿插带的控制。

(2) 2 条裂缝区带具有不同的形态特征。第一裂缝区带以压剪性裂缝为主，裂缝宽度较小，发育深

度较浅，倾角不是很陡(约为 50° 左右)，但其产状变化较大，裂缝多发育于接触破裂带的绿泥角闪岩中；第二裂缝区带以张拉性裂缝为主，裂缝宽度较大，发育较深，倾角较陡，近于直立，且其产状变化不大，多数裂缝发育在碎裂岩体中。

(3) 探槽所揭示的裂缝最大深度为 3.5 m，向下延伸由于遇到软弱或破碎岩体，裂缝不再明显。

3 地裂缝变化的监测与分析

在对金川二矿区地裂缝出露形态现场调查的基础上，为揭示地裂缝的产生原因及其随开采活动的动态变化，根据矿山地裂缝的特点，作者自行设计了一种机械式裂缝计装置，并对几条主要裂缝的发展变化进行了现场监测。

3.1 裂缝计设计与监测方案

金川二矿区地裂缝两侧的相对位移具有明显的三维移动特征，即裂缝两侧岩体同时具有水平张开位移、水平错动位移和垂直错动位移。这就要求所使用的裂缝计必须能够同时测量裂缝在上述 3 个方向上的位移值。由于采矿引起的地裂缝开裂宽度大、变化大，要求裂缝计的量程必须足够大，以利于长期监测。金川二矿区地裂缝出露的范围比较大，很难实现自动监测。考虑到上述因素，根据该地区的环境气候条件，作者设计了一种三维机械式大量程裂缝计。图 6 和 7 即为作者设计的 IGG - 1 型机械式裂缝计的结构示意图。

IGG - 1 型裂缝计由 4 部分组成：仪器的固定底座、测杆固定架、测杆和大量程游标卡尺。

(1) 固定底座：固定底座是用来安装测杆固定架的。裂缝计安装时，将 2 个固定底座分别埋设在裂缝两侧的安装坑中，并用混凝土浇注，使其与裂缝两侧的岩体胶结成整体。

(2) 测杆固定架：该装置用来固定各方向的测杆。测量时，把测杆和底座联接在一起。

(3) 测杆：用来测量裂缝两侧的张开、水平错动和垂直错动 3 个方向的相对位移量。这些部件均由不锈钢材料经过精加工制成，以保证其精度。

(4) 大量程游标卡尺：采用 500 mm 量程的游标卡尺，精度为 0.02 mm。

裂缝计的上述各部件只有固定底座为埋设件，其余部件均为可拆装件，测量时把它们组装在一起，

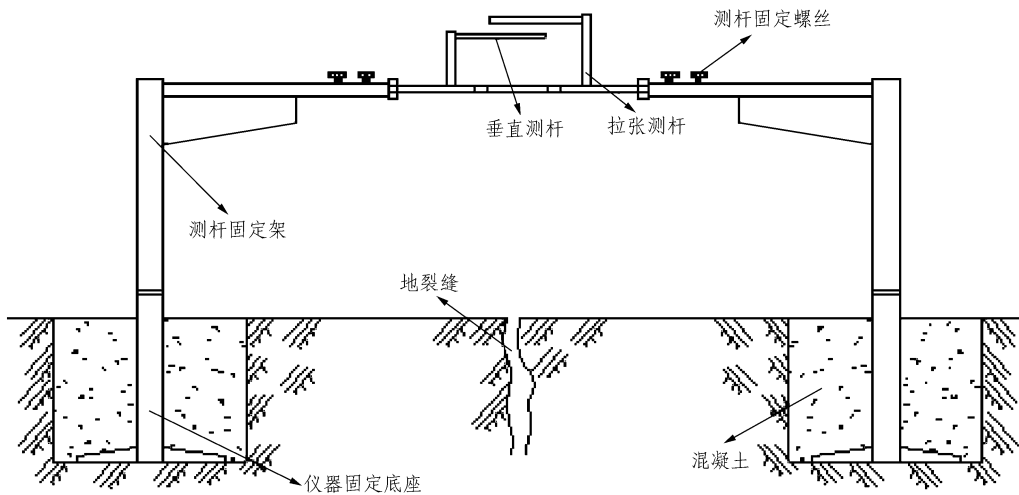


图6 IGG-1型机械式裂缝计前视图

Fig.6 Front view of IGG-1 mechanical fissure gauge

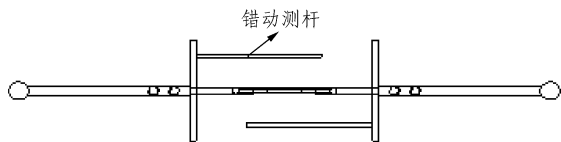


图7 IGG-1型机械式裂缝计俯视图

Fig.7 Top view of IGG-1 mechanical fissure gauge

测完后将其拆卸带回。由于现场固定埋设件较少，裂缝计便于保护，对实施长期监测非常有利。

根据金川二矿区地裂缝的出露特征，共选择了5条具有代表性的长大地裂缝安装了IGG-1型三维裂缝计，其中，FG01，FG02和FG03裂缝计安装于第二裂缝区带，FG04和FG05裂缝计安装于第一裂缝区带，见图2。同时，还安装了5个简易裂缝计SFG01~SFG05，其位置也示于图2中。简易裂缝计只监测裂缝宽度的变化。上述10个裂缝计基本上可以控制金川二矿区主要地裂缝的发展变化。

3.2 监测结果分析

在2002年4月安装了裂缝计后，及时对各测点的裂缝变化进行了测量。图8是位于第二裂缝区带的FG03裂缝计历时1a的监测曲线。图9~11为各裂缝计分别在拉张方向、水平错动方向和垂直沉降方向的监测曲线。

在图8~11所示的裂缝位移监测曲线中，裂缝位移的正负号规则为：在拉张方向，正值位移表示裂缝张开，负值位移表示裂缝闭合；在水平错动方向，正值位移表示靠近采空区一侧的裂缝相对于另一

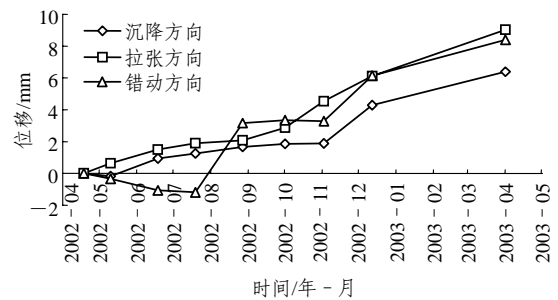


图8 FG03裂缝计的位移-时间曲线

Fig.8 Curves of displacement versus time obtained from fissure gauge FG03

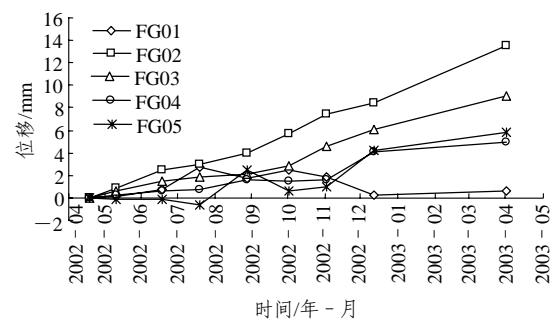


图9 各裂缝计拉张方向的位移-时间曲线

Fig.9 Curves of displacement versus time in split direction fissure

一侧朝着采空区方向移动，负值位移表示靠近采空区一侧的裂缝相对于另一侧向远离采空区的方向移动。在垂直沉降方向；正值位移表示靠近采空区一侧的裂缝相对于另一侧下降，负值位移表示靠近采空区一侧的裂缝相对于另一侧上升。

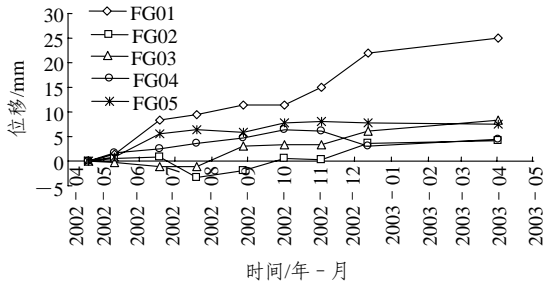


图 10 各裂缝计水平错动方向的位移 - 时间曲线

Fig.10 Curves of displacement versus time in horizontal shear direction

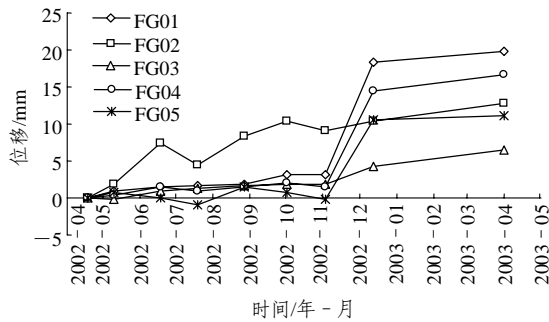


图 11 各裂缝计沉降方向的位移 - 时间曲线

Fig.11 Curves of displacement versus time in settlement direction

通过 1 a 多对地裂缝发展变化的监测, 可以获得裂缝变化的几个特点。

(1) 地裂缝的张开位移

由图 8, 9 所示的裂缝计在拉张方向的位移 - 时间曲线可见, 随着时间的推移, 裂缝位移的总趋势在增大, 而且绝大部分拉张位移是正值, 这表明裂缝一直在缓慢张开。最大开裂位移约为 15 mm, 位置为第二裂缝区带 10#裂缝的 FG02 裂缝计处。

(2) 地裂缝的水平错动位移

从各裂缝计在水平错动方向的位移 - 时间关系曲线(见图 10)可见, 各裂缝均有水平方向的错动位移, 最大错动位移约为 28 mm, 位于第二裂缝区带的 FG01 裂缝计处。水平错动位移大部分为正值, 按照错动位移的符号规则规定, 所监测的 5 条裂缝的水平错动几乎均是向着采空区一侧移动。

(3) 地裂缝的垂直沉降位移

由裂缝计在沉降方向的位移 - 时间关系曲线(见图 11)可见, 随时间增加, 裂缝的沉降位移也在变大, 裂缝两侧的相对沉降位移几乎均为正值, 这表明上述 5 条监测裂缝在靠近采空区一侧的岩体是下降的。最大沉降位移为 22 mm, 位于第二裂缝区

带的 FG01 裂缝计处。

(4) 降雨对地裂缝发展的影响分析

在监测期内, 该地区有几次大的降雨过程, 雨量和雨时略大于往年同期。但从各裂缝计的位移 - 时间关系曲线来看, 在 7, 8 月雨季期间, 大部分裂缝计的位移并没有明显的突变, 曲线依旧平滑缓慢增长, 与其他时段相比没有大的变化。这表明, 地裂缝的发展变化并不是由降雨引起的, 降雨过程对地裂缝变化的影响不大。

上述监测结果表明, 各条裂缝均有变形, 而且呈现出明显的三维变形特征, 既有张开位移, 也有向采空区一侧的垂直下降和水平错动位移, 3 个方向上的位移在同一量级。其中, 裂缝两侧的水平错动位移最大, 垂直沉降位移次之, 张开位移较小。位于上盘混合岩体中的第二裂缝区带的裂缝变形高于第一裂缝区带。

4 地裂缝形成机制及影响因素分析

对地裂缝成因的初步分析认为, 虽然金川二矿区开采深度较大, 并采用了充填效果较好的胶结充填采矿法, 但采矿活动仍是引起大范围地裂缝产生的内在动因。图 12 给出了金川二矿区地下矿体、地表沉降盆地和地裂缝出露位置。

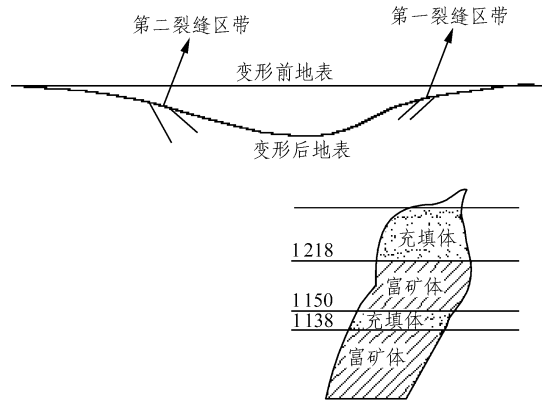


图 12 矿体、地表沉降盆地和地裂缝位置示意图(单位: m)
Fig.12 Sketch of underground orebody, subsidence basin and ground fissures(unit: m)

对地裂缝的形成原因, 可归结为以下 4 点:

(1) 由于采充效应造成的大范围应力调整和重新分布。采矿后虽然进行了充填, 但充填总要滞后于开采, 矿石一旦被采出, 采空区周围岩体的弹塑性变形将在很短时间内完成。即使充填后, 呈流体状态的充填体也会有一段固结、硬化过程。在此过

程中充填体不起作用,围岩继续变形。原位赋存的矿体是有初始地应力的,而固结后的充填体是从零应力状态逐渐开始受力,并参与地层的应力平衡。在此期间,大部分构造应力往往已释放,构造应力的释放必然引起大范围岩体移动。因此,用充填体“置换”被采出的矿体,不可避免地要引起周围岩体的移动,最终导致地表变形及地裂缝的产生。

(2) 充填体低刚度效应。充填体的变形模量约为 3 000 MPa,抗压强度为 5 MPa,比矿体约低 1~2 个数量级。以相对“软”的充填体置换相对“硬”的矿体,充填体周围的上、下盘岩体在大的水平地应力作用下,不可避免地要产生闭合变形,由此而引起大范围的岩体移动,诱发地裂缝产生。

(3) 空区效应。即使采用充填法开采也不可避免地留下一些未存空间。以金川二矿区为例,从 1982 年正式投产以来,共采出矿石多于 $2\ 000 \times 10^4$ t,掘进巷道、硐室等约 10×10^4 m,形成的采空区约 850×10^4 m³。虽然绝大部分采空区进行了充填,但仍有许多废弃巷道、硐室及部分冒顶采场未能充填。据统计,这些未充填的总空区体积约为 17×10^4 m³,占总采空区的 2%。另外,由于分层开采和充填,往往造成各层充填体之间的不完全接触(俗称不接顶)。据推测,由于采场充填不接顶形成的空区约占总采空区的 3%左右。即整个开采空间的 5%未充填,空区体积约为 43×10^4 m³。由于矿区水平构造应力高、岩体极为破碎,未充填的空区会逐渐变形、破坏直至坍塌冒落,从而引起空区周围岩体变形和移动。

(4) 重复采动效应。由于金川二矿区矿体集中,矿山开采集中在一个呈急倾斜的狭长范围内(平均宽 100 m,长 1 600 m,见图 3),自上而下逐一分层进行开采和充填。采矿方法采用两中段无底柱大面积回采,与浅部单中段回采相比,这种回采方式开采强度更大,采动影响也更加剧烈,致使地压活动更加频繁和复杂,岩体的变形与移动将比以往更加显著。

以上是金川二矿区地裂缝产生的内在因素,除此之外,矿体形状、矿区地质构造、接触蚀变带以及工程岩体的破碎程度对地裂缝形态特征及其在地表的分布特征也有重要影响。

金川二矿区在开采了 18 a 后出现大范围地裂缝的事实表明,即使是充填质量较好的胶结充填采矿法也会引起上、下盘围岩向采空充填区挤进,导致上达地表、下及采场的大范围岩体移动变形,引起

地裂缝的产生。与冒落法开采相比,充填采矿法只能使这一过程大大滞后于采矿活动,而不能阻止和避免其产生。因此,在充填采矿法矿山设计时,必须考虑若干年后的地表变形和破坏,使主要建筑物和构筑物布置在地表变形破坏区以外。

5 结 论

通过对金川二矿区地裂缝的现场勘察、槽探调查及变形监测,获得如下结论:

(1) 在金川二矿区采用胶结充填法开采了 18 a 后,地表出现了大范围的地裂缝。它们形成了 2 条大致平行的裂缝区带,其延展方向基本与矿体走向一致,延伸长度为 900~1 000 m。

(2) 地裂缝区带的发育特征受接触蚀变带、破碎带及岩脉穿插带的控制。第一裂缝区带主要受超基性岩体与围岩的接触蚀变带控制,裂缝形式以压剪破坏为主;第二裂缝区带受上盘混合岩体内的破碎带和岩脉穿插带的控制,裂缝形式以张拉破坏为主,可探测到的裂缝深度为 3.5 m,向下延伸裂缝不再明显。

(3) 采矿活动造成的围岩应力重分布效应、充填体的低刚度效应、空区效应和重复采动效应是金川二矿区地裂缝产生的内在原因。采空区形状、矿区地质构造、接触蚀变带以及工程岩体的破碎程度对地裂缝在地表的分布和出露特征也有重要影响。

(4) 对地裂缝的监测结果表明,金川二矿区的地裂缝位移具有明显的三维特征,既有张开位移,也有向采空区一侧的垂直下降和水平错动位移,3 个方向上的位移属同一量级。位于上盘混合岩体中的第二裂缝区带的裂缝变形高于第一裂缝区带。

随开采活动的进行,金川二矿区地裂缝仍在继续发展,它们的发展趋势以及对地面建筑物和构筑物的影响仍有待于进一步研究。

参考文献(References):

- [1] 刘同有. 充填采矿技术与应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2001.(Liu Tongyou. Technology of Backfill Mining and Its Application[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2001.(in Chinese))
- [2] Northwest Queensland Branch. Proceedings of the Jubilee Symposium on Mine Filling[M]. Australia, [s. n.], 1973.
- [3] Hassani F P, Scoble M J, Yu T R. Innovations in Mining Backfill Technology[M]. Rotterdam: A. A. Balkema, 1989.

- [4] Cowling R. Twenty-five years of mine filling: development and directions[A]. In: Proceedings of the 6th Int. Symp. on Mining with Backfill[C]. Brisbane, Australia: [s.n.], 1998. 3 - 10.
- [5] Stone D. Minefill 2001: Proceedings of the 7th International Symposium on Mining with Backfill[M]. Littleton, Colorado: SME, 2001.
- [6] Singh B, Saxena N C. Land Subsidence: Proceedings of the International Symposium[M]. Rotterdam: A. A. Balkema, 1991.
- [7] Holla L, Buizen M. The ground movement, strata fracturing and changes in permeability due to longwall mining[J]. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 1991, 28(2/3): 207 - 217.
- [8] Xie H P, Yu G M, Yang L, et al. The influence of proximate fault morphology on ground subsidence due to extraction[J]. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 1998, 35(8): 1 107 - 1 111.
- [9] Oylar D C, Mark C, Dolinar D R, et al. A study on the ground control effect of mining longwall faces into open or backfilled entries[J]. Geotechnical and Geological Engineering, 2001, 19(2): 137 - 168.
- [10] Bell F G, Stacey T R, Genske D D. Mining subsidence and its effect on the environment: some differing examples[J]. Environmental Geology, 2000, 40(1/2): 135 - 152.
- [11] 常忠义, 张鸿恩. 不留矿柱下向大面积胶结充填体的地压控制效果[J]. 岩石力学与工程学报, 1996, 15(2): 128 - 134.(Chang Zhongyi, Zhang Hong'en. Effects on controlling ground pressure with continuous downward consolidated backfilling and without pillars[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 1996, 15(2): 128 - 134.(in Chinese))
- [12] 王思敬, 杨志法, 傅冰骏. 中国岩石力学与工程世纪成就[M]. 南京: 河海大学出版社, 2004.(Wang Sijing, Yang Zhifa, Fu Bingjun. Century Achievement of Rock Mechanics and Rock Engineering in China[J]. Nanjing: Hohai University Press, 2004.(in Chinese))

中国岩石力学与工程学会关于 《岩石力学与工程学报》发展的战略计划

随着我国经济的迅速发展,大型和超大型水利水电工程、铁路工程、交通工程、能源与矿山工程等岩石工程方兴未艾,与之相关的岩石力学与岩土工程领域的科研、设计和施工水平均有很大的提高,中国的岩石力学与工程已令世界瞩目,中国岩石力学与工程界专家学者在世界上的地位明显提高。2003年,中国岩石力学与工程学会理事长钱七虎院士当选为国际岩石力学学会副主席;2005年5月17日在捷克布尔诺举行的国际岩石力学学会(ISRM)年会理事大会上,国际岩石力学学会中国小组与新加坡小组联合申报,以压倒性优势战胜了强劲竞争对手韩国,赢得了2011年在北京召开第十二届国际岩石力学大会的举办权等等。这些均充分说明21世纪岩土力学与岩土工程的发展主要在中国。

为把我国岩石力学推向更高水平,使其在我国大规模的经济建设中作出更大的贡献,同时,为更有效地推进中国科协精品期刊工程的实施,发挥学会会刊《岩石力学与工程学报》(以下简称《学报》)的窗口作用,学会将抓住机遇,全力支持《学报》申报中国科协精品期刊,若能申报成功,学会和挂靠单位中国科学院武汉岩土力学研究所将在经费上优先给予配套支持。此外,学会将密切关注《学报》的发展态势,在发挥《学报》编委特别是国际编委作用以及各地方学会和专业委员会对《学报》支持等方面,进一步拿出一些切实可行的办法来支持《学报》,加快《学报》的国际化进程。本学会具体从如下几个方面来制定《学报》的发展战略:

(1) 每年开一次编委会,每次会议形成纪要,由学会督促编辑部来落实,不断调整《学报》办刊方向。

(2) 《学报》目前有国际编委12人,国际著名杂志《岩石力学与采矿工程》的主编J. A. Hudson教授为《学报》的名誉主编,学会将加强与这些国际编委的联系,主动约稿,希望他们能将自己具有较高学术价值的文章投给《学报》(免收版面费);同时,围绕国家重点基础研究发展规划(973)项目、国家自然科学基金重大项目以及南水北调西线工程等重大课题,积极主动组稿、约稿,引导和跟踪岩石力学与岩土工程领域的方向与最新动态。

(3) 学会鼓励《学报》结合我国科技发展和本学科研究重点,追踪学科前沿热点问题,围绕国家重大岩土工程项目举办高水平学术论坛,并从中发现优秀人才与稿源。

(4) 《学报》已于2006年由半月刊恢复为月刊,在发表文章数量比半月刊相对减少的情况下,应采取一定措施,控制出版周期;同时,应更加重视《学报》学术质量,做到优中取胜。具体可采取以下几方面措施:①提高稿件录用门槛,加大退稿力度;②开辟“短文”栏目;③对学术水平稍低的文章建议作者改投他刊;④《学报》每期页码可适当增加,且少出专辑;⑤注意突出《学报》特色,面向国家重大工程建设和世界学科发展前沿,努力发掘原始性创新论文和解决重点工程中疑难问题的论文,增加基金论文和重点工程项目论文,适当控制发表土力学方面的文章。

(5) 加强审稿专家队伍建设。目前已出现有的审稿人年审稿数量偏多,以致未能及时返回审稿意见而造成稿件积压现象。同时,应积极吸收优秀中青年专家参与审稿工作。以学会名义建议每位编委、审稿专家近期推荐2~3名新的审稿人,以壮大《学报》审稿队伍。审稿稿件应均匀分配,在将稿件送给审稿专家时,应注意送审稿件与其研究方向一致,有针对性。根据审稿质量,可考虑每2~3年对审稿人调整更新一次。

(下转第 1462 页)