

新立海底金矿水文地质特征及水文地质结构分析

赵海军¹, 马凤山¹, 李国庆¹, 丁德民¹, 刘 钦², 王 成²

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所工程地质力学重点实验室, 北京 100029;

2. 山东黄金集团有限公司三山岛金矿, 莱州 261442)

摘要: 在大量现场调查的基础上, 对新立金矿的水文地质特征和水文地质结构进行了详细的分析和论述, 指出新立金矿属于水文地质条件中等的裂隙充水矿床。根据矿坑渗水点分布特征、渗水强度及水力联系, 将矿区整体划分为七大渗水区域。并基于矿区地质结构特征和岩体透水性的差异, 建立了矿区岩体水文地质结构系统模型, 对岩体结构类型、结构模型和结构特征进行了分析和描述, 最后提出了保障矿山安全生产的合理化建议。

关键词: 水文地质特征; 水文地质结构; 渗水强度; 结构模型; 海底采矿

中图分类号: P641.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-3665(2009)04-0041-05

新立金矿地处胶东半岛西北部的莱州湾畔, 南与仓上金矿床毗邻, 北与三山岛金矿床相接, 属滨海平原, 地势低洼而平坦, 地面海拔标高一般为 1.2~4.5 m。由于矿区地质储量大, 投产后, 将成为中国最大的海底黄金采矿矿山^[1]。

由于矿区紧邻渤海, 主要可采矿体均赋存于海底下部岩体中, 地质条件复杂, 而投产前期未对该矿区的水文地质工作展开专项研究, 并且我国尚无成熟的海底采矿经验可循, 矿区可能存在涌、突水甚至海水溃入的潜在危险。因此, 为确保矿山安全、高效生产, 避免生产设计和施工的盲目性, 防止恶性安全事故的发生, 对新立金矿开展了系统的水文地质调查研究^[2]。

1 矿床地质构造条件

大地构造位置上, 新立金矿处于华北地台南缘胶北地体之胶北隆起区, 西靠沂沭断裂带, 南接胶北地体之胶莱拗陷, 北邻龙口断陷盆地和渤海拗陷, 东接牟平—即墨构造混杂。

区内构造主要为断裂构造, 根据他们的生成关系可分为控矿断裂和矿后断裂, 前者为三山岛—仓上断裂带, 后者为 NE 向断裂和 NW 向断裂。

三山岛—仓上断裂位于胶东金矿化集中区的西

端, 北东起自三山岛, 南西至潘家屋子, 西端延入渤海, 其西南端入海后在芙蓉岛有出露。断裂带仅局部出露地表, 大部分被第四系覆盖, 陆地出露长约 12km, 宽约 50~200m, 平面上呈“S”形展布, 总体走向 40°, 局部走向 70~80°, 倾向南东, 倾角 45~75°, 属压扭性断裂, 主裂面发育有 50~100mm 的灰黑色断层泥, 该断裂控制了 三山岛、仓上、新立金矿床(图 1)。

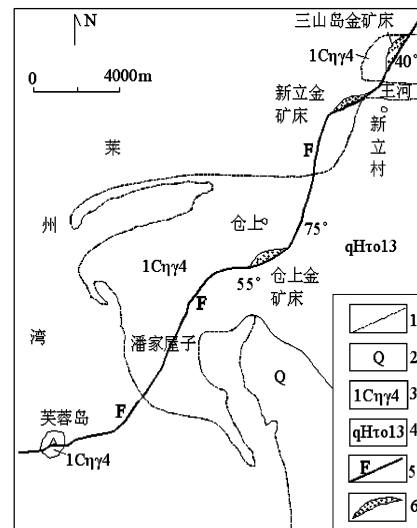


图 1 三山岛—仓上断裂带地质略图

Fig.1 Tectonic map of the Sanshandao-Cangshang fault zone

1—海岸线; 2—第四系; 3—玲珑超单元崔召单元;

4—马连庄超单元栾家寨单元; 5—实测及推测断层; 6—金矿床

新立断裂带 F1 是新立矿区的控矿断裂构造, 位于三山岛—仓上断裂带的北东段, 由新立主干断裂及上下盘伴生的羽支断裂和下盘派生的平行断裂组成(图 2)。F1 北东起自 32 线, 南西至 63 线, 宽 70~185m。

收稿日期: 2008-07-02; 修订日期: 2008-09-23

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向性项目(KZCX2-YW-113)

作者简介: 赵海军(1981-), 男, 博士研究生, 主要从事地下工程与地质灾害方面的研究工作。

E-mail: jonavy@126.com

以 0 线为界,以西平均走向 62°,以东平均走向 38°,平均倾角 46°,以灰白 - 灰黑色断层泥为标志,厚 0.05 ~ 0.5m,主裂面上发育有 70 ~ 185m 宽的破碎带。

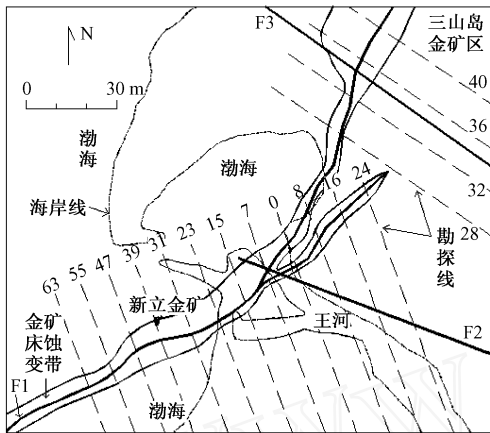


图 2 新立矿区构造分布图

Fig.2 Distribution of tectonic structure

矿区北部的三山岛矿区北西向构造较发育,其代表性的断裂为 F3,是一区域性构造,切割含矿蚀变带,并向北西延伸入海。该断裂位于 32 - 36 线之间,延伸深度已达 - 600m,走向 300 ~ 310°,倾向 NE 或 WN,倾角 80 ~ 90°,断裂带具有多期活动的特点,右行平移将含矿蚀变带错移 20m 左右,导水性相对较好。

F2 断裂是 F3 断裂的次级或平行断裂,其特征基本一致,目前有 5 个钻孔控制,位于矿区北部 0 - 7 线之间,走向 290°,倾向 NE 或 SW,倾角 80 ~ 90°,推测长度约 300m,断裂带由 3 ~ 5m 破碎岩组成,在其中部发育 1 ~ 10cm 的深灰色断层泥。

2 矿区水文地质特征与矿坑渗水规律分析

2.1 水文地质条件

区内的地表水系比较发育,但近几年河床已常年干涸,它对区域地下水的影响很小。地表水体主要是西、北部的渤海,海岸线总长有 48km。渤海海平面是当地的最低侵蚀基准面。矿床全部埋藏在当地侵蚀基准面之下。在自然状态下,地下水的水位(头)一般高于海平面,海水接受地下水补给。浅层第四系地下水与海水发生明显水力联系,受附近养殖等开采地下水的影响,目前主要是海水补给第四系地下水。

区域地下水主要赋存在 2 类岩体中,即第四系松散岩层孔隙和以花岗岩、中细粒变辉长岩为主的岩浆岩裂隙中。地下水主要是靠大气降水补给。根据补给、径流、排泄条件的差异,将其划分成 2 个区:东部丘

陵区 and 西部平原区。东部丘陵区地表径流条件较好,地下水接受大气降水补给的能力较差;西部平原区地表径流条件差,地下水接受大气降水补给能力较强。近几年由于区域性的气候干旱,农业灌溉已成为地下水的主要排泄途径。

2.2 渗透介质类型与特征

矿区内岩性复杂,主要由绢英岩化花岗质碎裂岩、绢英岩化花岗岩、中细粒变辉长岩、黄铁绢英岩质碎裂岩等组成。矿床主矿体产于紧靠主裂面之下的黄铁绢英岩化碎裂岩带(包括黄铁绢英岩、黄铁绢英岩化糜棱岩带)内。综合考虑各岩层的储水方式、水力特征、富水性、所处位置,及对矿床开采的影响等因素,将矿区岩体划分为 6 类^[1]:第四系强富水层 I、基岩风化带中等富水层、上盘含水带、隔水带、下盘含水带和无水岩体。根据所处位置、岩性等又可将隔水带分为第四系底部隔水带 - 1 和主裂面上盘隔水带 - 2(以下简称为中间隔水带)(图 3)。

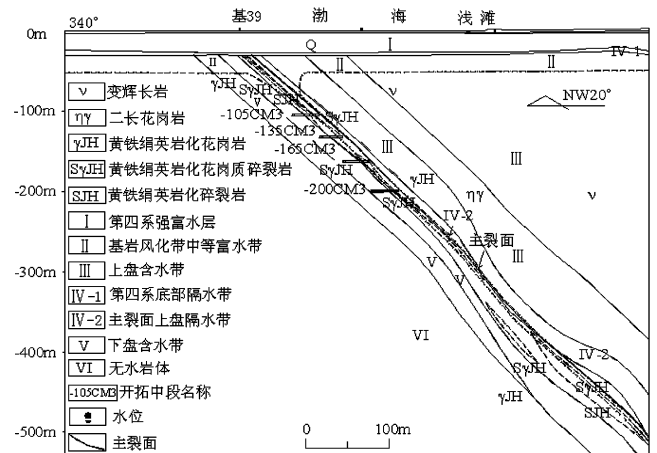


图 3 新立金矿水文地质工程地质剖面图

Fig.3 Hydrogeological and engineering geological profiles of the Xinli gold mine

第四系含水层位于矿区浅层,岩性比较复杂,以孔隙储水,富水性较强,是强富水含水层;基岩风化带全部被浅层的第四系覆盖,岩石受强烈的风化作用,裂隙比较发育,厚度一般 20 ~ 40m,岩层的透水性较好;上盘含水带被第四系及基岩风化带中等富水层所覆盖,裂隙比较发育,并以裂隙储水,岩层的透水性、富水性较弱,属弱富水含水带,是矿床的间接充水含水带;下盘含水带全部被第四系覆盖,岩石中裂隙不太发育,透水性差,属弱富水层,矿体位于该含水带之中,含水带地下水是矿床的直接充水水源;无水岩体位于下盘含水带之下,分布在矿区西北部,绝大部分位于渤海的

海水之下,岩石裂隙不太发育,透水性、富水性均极差。

第四系底部隔水带位于第四系与基岩的接触部位,从目前施工的钻孔资料看,该层分布连续,遍布整个矿区。厚为0.8~10.0m,岩性由砂质粘土、粉质粘土组成,隔水性良好;中间隔水带位于三山岛断裂的中间部位,呈条带状分布,主要标志层为黑色、深灰色断层泥,厚度不稳定,一般1~10cm,分布连续,具有良好的隔水性。

由于存在第四系底部隔水带和中间隔水带,第四系富水层与上下盘含水带不发生直接水力联系,上下盘含水带也不发生水力联系。因此,开采过程中保护好矿体顶板和第四系底部隔水层,是避免海水进入矿坑的关键。

2.3 岩体渗水强度分布规律

在现场工作中,主要对渗水区渗水节理裂隙进行调查,统计结果见表1。

表1 水文地质调查统计结果

Table 1 Statistics of hydrogeological survey

中段名称	调查总长(m)	渗水点数(个)	节理裂隙数(条)	水点密度(个/m)
-105m	1 135.1	217	196	5.23
-135m	1 336.0	220	109	6.07
-165m	2 640.1	289	60	9.14
-200m	3 174.9	289	165	10.99
-240m	2 031.2	114	30	17.82
-280m	473.0	26	21	18.19
-320m	3 377.4	99	80	34.12
-360m	3 244.4	196	164	16.55
-400m	3 488.6	314	178	11.11
-440m	157.8	15		10.52
-600m	119.5	17	13	7.03
-667m	142.0	50		2.84
总计	21 268.0	1 846	1 016	11.52

通过对调查区渗水点特征进行类比分析,对渗水节理裂隙进行极点等密度图、散点图及走向玫瑰花图等分析,最终以渗水点分布特征、渗水强度及水力联系和渗水节理裂隙优势产状为依据^[3-4],以F1主裂面为界将矿区整体划分为七大渗水区域,其中渗水1区—3区位于主裂面上盘,渗水4区—渗水7区位于主裂面下盘(图4)。

(1) 渗水1区为副井石门卸矿站段,从-200m中段到-667m作为一个渗水发育区考虑。巷道渗水分布特征十分明显,是渗水集中的一个空间分布带,渗水强度整体较高。

(2) 渗水2区为上盘的措施井石门巷,覆盖-105m

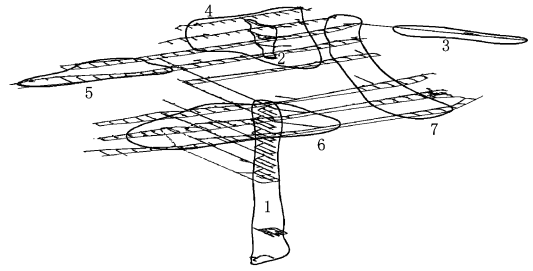


图4 渗水强度综合分区立体投影图

Fig. 4 Integrated division chart of penetration strength

中段到-200m中段。从上到下渗水区分布缩小,渗水强度明显降低。

(3) 渗水3区位于上盘的-165m中段风井巷。渗水、滴水点分布十分密集,渗水较为严重。从中段立体投影图上看到此渗水区上部地表有王河地表水,受小断层F2破碎带的影响较大。

(4) 渗水4区为下盘措施井石门两侧的区域,覆盖-105m中段-240m中段。水力联系较强,是整个矿坑渗水最为严重的区域。

(5) 渗水5区为-165m中段17#川脉到23#川脉之间与-200m中段下盘副井石门西南巷。此区域因-200m采场分布在9#川脉与19#川脉之间,-200m中段在这两个区域渗水点数量都多于上覆的-165m中段,但综合考虑此区域天然渗水强度较低。

(6) 渗水6区为下盘措施井东北巷靠近末端的川脉和沿脉巷道,覆盖-135m中段到-400m中段,呈现为中间小两头大的模式,渗水点分布少,但主裂面处渗水较为发育。因-360m与-400m中段都处于生产状态,从上下中段的渗水特征来看,渗水区受采场影响的可能性较大。

(7) 渗水7区为副井石门巷道两侧川脉及沿脉巷,覆盖-320m中段到-400m中段。渗水区梯形分布。渗水整体性强,渗水点分布较多,尤其是-360m中段和-400m中段,渗水与它们正处于生产状态密切相关。

3 矿区岩体水文地质结构分析

对岩体水文地质结构与特征的分析一直以来都是水文地质工作者的研究重点^[5-10]。根据矿区地质结构特征和岩体透水性的差异,矿区的岩体可分为阻水结构和透水结构2类。其中阻水结构即为第四系底部隔水带和中间隔水带。透水结构类型的分布主要和渗透介质类型的分布相关,靠近主裂面附近受断裂破碎带影响透水性较好,远离主裂面则以基岩裂隙渗水为主。

透水结构分为盖层孔隙结构、基岩裂隙结构、脉状结构三种类型。其中基岩裂隙结构是矿区最主要的透水结构,其透水性除受阻水结构控制外,与岩体内结构面发育状况密切相关。根据结构面发育特征及其相互组合,将基岩裂隙结构分为裂隙结构、错动结构和交汇结构3个次一级结构。然后依据次一级结构透水性特

点又分为6个更次一级的结构。

脉状结构主要是针对矿区的断层结构,也包括一部分裂隙和断裂岩脉中的脉状含水体,对地下水起输水廊道的作用,是局部渗水区域渗流的主干网络。各类水文地质结构的特征见表2^[7]。

表2 新立金矿水文地质结构特征

Table 2 Hydrogeological structure features of the Xinli gold mine

结构类型	结构模型	结构特征
盖层孔隙结构	冲洪积结构	岩性为砾砂、含粘土质粗砂、砂、粉质粘土等,交错互层,规律性、连续性较差,孔隙储水,透水性、富水性变化较大,总体富水性较强。
	海相沉积结构	地表浅层以粗砂、砂砾石为主,分选性较好,含粘粒较少,磨圆度较好,透水性良好,属强富水层。中部是海泥层,浅灰至黑色,厚度及岩性变化较大,有一定的透水性,属相对隔水层。
基岩裂隙结构	错动结构	裂隙状层间层内错动带,即刚性结构面,包括熔结型结构面;结构面透水性表现为裂隙水的特点。
	碎屑砾砾结构	具有一定厚度的层间层内错动带,错动带内岩石破碎成碎屑、砾石及岩粉,属岩块碎屑型或岩块砾砾型结构面。在整体上呈裂隙状或脉状透水性,而错动带内地下水具孔隙水的渗透特点。
	单裂隙结构	岩体裂隙发育稀少,呈脉状透水,裂隙可以是构造裂隙、卸荷裂隙或成岩裂隙,裂隙面为刚性结构面。
	网络裂隙结构	裂隙发育密集,各种裂隙相互交织成网络状,岩体透水性呈各向异性,主渗透性大小受张开裂隙控制。
交汇结构	错裂交汇结构	裂隙与错动带交汇形成的交汇带,裂隙延伸长度有限;错动带和构造裂隙常呈“正”倒“丁”字形交汇。
	错动交汇结构	层间、层内错动带自身或彼此交汇形成的交汇带。这种交汇带岩体破碎,且破碎范围大,透水性好。
脉状结构	断裂破碎结构	断裂构造两侧的破碎构造带,有网络状或碎屑砾砾结构,连通性基本良好,透水性好。
	次级断裂结构	走向与断裂一致或斜交的一些次级同生断裂构造,透水性随上级断裂变化。

4 结论与建议

(1) 新立金矿床位于侵蚀基准面以下,属顶、底板直接进水,但含水带渗透性差,浅部受第四系强富水层影响明显,属于水文地质条件中等的裂隙充水矿床。

(2) 综合渗水点分布特征、渗水强度及水力联系,以主断裂 F1 为界将矿区整体划分为七大渗水区域。渗水 1 区—3 区为上盘区域,渗水 4 区—渗水 7 区为下

盘区域。从渗水规模和水力联系上,渗水 4 区、渗水 1 区和渗水 3 区渗水强度高,依次为较关键渗水区。

(3) 将矿区岩体水文地质结构划分为阻水结构和透水结构两大类,建立了矿区岩体水文地质结构系统模型。对新立金矿渗透岩体结构类型进行了分类,将透水结构划分为盖层孔隙结构、基岩裂隙结构和脉状结构,并对最主要的透水结构——基岩裂隙结构再次细分为 6 个次一级的结构。

(4) 矿区两大阻水结构——第四系底部隔水带和断裂中间隔水带是矿区最重要的水文地质边界。采矿引起顶板变形,会破坏中间隔水带,而且剧烈的变形还会引起上盘含水带导水裂隙进一步发育,增强其导水性,大大增加矿坑的涌水量。因此,开采过程中保护好矿体顶板和第四系底部隔水层,是避免海水进入矿坑的关键。

参考文献:

- [1] 孙宗锋,朱兆庆,李文. 山东省莱州市新立金矿勘探地质报告[R]. 莱州:莱州市地质矿产勘查院, 2002.
- [2] 陈梦熊. 中国水文地质工程地质事业的发展与成就[M]. 北京:地震出版社, 2003: 65 - 75.
- [3] 杨成田. 专门水文地质学[M]. 北京:地质出版社, 1981, 278 - 290.
- [4] MA Z Y, ZHOU Y K, Matthias H. Estimating hydrogeological parameters in covered carbonate rocks using a discrete-state compartment model and environmental tritium[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2002, 12(1): 30 - 34.
- [5] 张有天. 岩石水力学与工程[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2005, 70 - 85.
- [6] 程国明,马凤山,王思敬,等. 基于几何测量法的裂隙岩体渗透性研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(21): 3596 - 3599.
- [7] 周志芳,王锦国. 裂隙介质水动力学[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2004, 47 - 88.
- [8] 周彦章,迟宝明,丁元芳,等. 傍河型矿床水文地质特征及矿井水资源化可行性分析:以鹤岗煤田峻德、兴安两矿为例[J]. 水文地质工程地质, 2007, 34(3): 20 - 23.
- [9] 劳文科,蒋忠诚,时坚,等. 洛塔表层岩溶带水文地质特征及其水文地质结构类型[J]. 中国岩溶, 2003, 22(4): 258 - 266.
- [10] 唐健生,夏日元,邹胜章,等. 新疆南天山岩溶系统介质结构特征及其水文地质效应[J]. 吉林大学学报:地球科学版, 2005, 35(4): 482 - 486.

Analyses of hydrogeologic feature and structure in the Xinli seabed gold mine

ZHAO Hai-jun¹, MA Feng-shan¹, LI Guo-qing¹, DING De-min¹, LIU Qin², WANG Cheng²

- (1. Key Laboratory of Engineering Geomechanics, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;
2. Sanshandao Gold Mine, Shandong Gold Group Co. Ltd, Laizhou 261442, China)

Abstract: Hydrogeological studies in mining areas are indispensable for exploration and exploitation of mineral resources. Large amounts of site investigation data show that the Xinli gold mine belongs to a fractured groundwater-filling mine with medium hydrogeologic conditions. According to the distribution features of seepage place, seepage strength and hydraulic links, the whole mining area is divided into seven seepage regions. Based on the geological structure characteristics and rock permeability difference, a hydrogeologic structure model is established for the Xinli mining area. The structure of the rock types, structure models and structure characteristics are also analyzed and described in detail. Some rationalization proposals are proposed to guarantee safety in production.

Key words: hydrogeologic feature; hydrogeologic structure; penetration strength; structure model; seabed-mining

责任编辑:汪美华

更正·

本刊2009年第3期第50页第1篇英文摘要中最后一行的 $0.015 \times 10^{-4} \text{ dm}^3 / (\text{d} \cdot \text{cm}^2)$ 有误,应为 $5.4 \times 10^{-4} \text{ dm}^3 / (\text{d} \cdot \text{cm}^2)$ 。为此向作者和读者表示歉意。

本刊编辑部