山东夏甸金矿床充水机理构造控制模式

周彦章,迟宝明,刘中培
吉林大学 环境与资源学院,长春 130026

摘要:作为典型的构造裂隙充水矿床,山东招远夏甸金矿床充水机理受招平断裂成矿构造影响显著,矿床构造控水机理研究具有其特殊性。以构造动力成矿系统理论为基础,通过构造成因及演化过程说明海西—燕山期是充水裂隙形成的重要阶段;结合矿井充水、出水特征分析,论证依附于矿体、受控矿构造动力系统控制的NE—NNE向裂隙含水带是矿床主要充水来源,阐明了该控水模式的内涵和具体表现,提出"疏干为主、深部预排、浅部开采"等治水方案。

关键词:夏甸金矿;招平断裂;充水机理;控制模式;构造裂隙水
中图分类号:P641.51 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-5888(2008)02-0255-06

Mode of Structural Control about Groundwater Pour-in Mechanism in Xiadian Gold Deposits in Shandong Province

ZHOU Yan-zhang, CHI Bao-ming, LIU Zhong-pei
College of Environment and Resources, Jilin University, Changchun 130026, China

Abstract: As the typical structural fissured water pour-in deposits, the groundwater pour-in mechanism of Xiadian gold deposit, Zhaoyuan City in Shangdong Province, is evidently influenced by Zhaoping mineralizing structure. It is particular for the study of groundwater pour-in mechanism controlled by the structure. The structural information and evolution of the fissured-water pour-in on the basis of theory about Zhaoping structure mineralized dynamic system are analyzed. Meanwhile in virtue of the hydrogeological conditions and groundwater pour-in characteristics, the mode of structural control about groundwater pour-in mechanism in Xiadian gold deposit is discussed, and made the conclusion that the structural fissured water dominated by Zhaoping structure dynamic system is the primary source of pit water.

Key words: Xiadian gold deposits; Zhaoping fracture; groundwater pour-in mechanism; control mode; structural fissured water

0 引言

胶东半岛西北部地区具有大规模金矿成矿的地质条件和构造背景,金矿企业众多。区内许多成矿条件类似的金矿床水文地质条件也较为相近,属"构造裂隙充水矿床",开采时以构造裂隙含水带充水为主[1-2],充水裂隙(破碎)依附于矿脉、矿体而存在,具有发育分布不均匀、相互穿插连通等特点[1],矿床充水具控矿构造控制模式的特征。

作为典型的构造裂隙充水矿床,山东招远夏甸金矿具有20多年的开采历史,采深由初期-155 m增加到现今-654 m,开采中段24个、潜力巨大。

收稿日期:2007-05-09
基金项目:高等学校博士学科点专项基金项目(20060183026)
作者简介:周彦章(1982—),男,吉林临江人,硕士,主要从事地下水资源配置和矿床水文地质研究,Tel:0431-88502147,E-mail:andyzhou5700@tom.com。

维普资讯 http://www.cqvip.com

随生产规模扩大及采深增加，深部充水条件较勘探初期改变很大。建矿后，对断裂构造带水文地质条件缺乏深入研究，疏干排水效果差，矿床充水对深部开采产生诸多不良影响，如威胁生产安全、降低开采效率等，矿床深部构造控水机理研究迫在眉睫。

现代水文地质理论认为："地质构造对地下水的埋藏、分布、运移和富集条件都有较大影响"，"构造裂隙在裂隙成因类型中最常见、分布范围最广，与各种水文地质问题关系密切[3]"；矿床水文地质学中提出："岩层(构造带)中多种裂隙是矿床充水贮存的场所和运移的通道[1]"。以往的矿床水文地质研究多从地下水运动特征或充水来源等直接入手，多"就水论水"，针对构造矿床充水机理的成因及特殊性，尤其是从构造动力成因角度对其矿床充水的研究尚不多见[1]。笔者在前人研究基础上，提出"充水机理构造控制模式"概念。

本文以招平断裂构造动力成矿系统理论为基础，分析充水裂隙构造形成及演化，结合夏甸金矿矿床充水条件和涌水特征，探讨夏甸金矿床充水机理的断裂构造控制模式。

1 夏甸金矿概况

夏甸金矿位于山东省招远市南部夏甸镇，属胶东西部低缓丘陵地区，地势西北高、东南低，地形起伏不大。矿区面积 4.67 km^2，中心坐标东经 120°19′23″、北纬 37°06′55″；芝下河由西北至东南流经矿区南部，汇水面积近 30 km^2，属季节性河流，流量小，矿区在流域范围内自南向北由芝下河漫滩向山坡丘陵地带过渡。本区属中温带大陆季风气候，年平均降雨 600～700 mm。

夏甸金矿分布于栖霞复背斜南翼、招平断裂带中段(芝下—姜家窑断裂)，处于华北地台东南缘，区内第四系发育，出露岩性以斜长角闪岩、黑云斜长片麻岩和少量黑云变粒岩为主。芝下—姜家窑断裂全长约 8 km，宽 150～300 m，总体走向 NE45°，倾向南东，倾角 35°～50°，沿走向和倾向均呈舒缓波状。矿体主要赋存于主裂面下盘的黄铁绢英岩化碎裂岩、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带内。矿区范围依据断裂带走向划分，包括主井和Ⅶ号矿井两个生产矿井，开采工程随构造带产状分布于断裂带中。

招平断裂主体为压扭性，中心部位受力强、挤压紧密，断层泥和破碎岩体使构造破碎带充填性好，不透水或微透水；断层两侧蚀变带受构造影响，脉状构造裂隙(破碎)发育，赋水性显著增强，但不均匀。构造断裂发育限制了充水水源的赋存空间及涌水通道形成，采动、爆破及井巷开拓等人为因素也使矿床充水条件发生了改变。受第四系含水层赋水性和风化裂隙、脉状构造裂隙发育程度限制，矿井涌水量较小(据各抽水中段水泵统计，主井多年平均涌水量 8 480.89 m^3/d，Ⅶ号矿井 2 105.58 m^3/d)，矿井涌水以构造带裂隙水为主，接受流域内孔隙潜水及大气降水补给程度较弱，结合气象水文、地质构造等分析，矿床水文地质条件简单至中等复杂。

2 矿床充水裂隙构造控制成因及演化

"构造控水模式"研究的核心内容是讨论构造动力系统演化结果对充水裂隙发育、分布规律及赋水、导水性的控制影响。构造动力系统不仅与成矿系统存在对应关系，且控制着这类构造成因矿床充水裂隙的形成和分布。夏甸金矿充水裂隙构造动力控制成因是在分析构造动力系统活动和演化基础上具有水文地质意义的探讨。

"构造动力系统"是一个较大的概念，主要研究从岩石圈构造动力到大陆或某一地区的构造动力，其核心在于讨论不同尺度地质体的时空动态特征，及动态特征间的相互连接和制约关系。招平断带多个次级构造或不同力学性质(压、张、扭)结构面相连，可视为动力系统。招平断裂在矿区内出露长 1 440 m，由 12 勘线至－12 勘探线间，宽 135～215 m，一般在 160 m 左右。断裂总体走向 NE45°左右，倾向 SE，倾角变化在 36°～54°。主断裂产于胶东群变质岩间，上盘为胶东群黑云变粒岩，下盘为变质岩和花岗岩。该断裂发生于前寒武纪晚期，中生代花岗岩沿构造带侵入，后期遭构造影响和破坏，表现为构造动力系统多期活动特征[4-6](图 1)。

夏甸矿区招平断裂构造系统演化大致分 4 个阶段：

第一阶段为前粉子山变形期，招平断裂所位居的胶北隆起经历了太古宙晚期至喜山期的漫长演化历史，奠定了本区地质构造的基本格架。

第二阶段为粉子山运动期，该运动构造形迹表现为对基底构造的继承，促进了区域混合岩化和玲珑花岗岩的形成[7]。前两阶段为充水裂隙形成提供了介质基础。

第三阶段为海西—燕山断块运动构造期，招平断裂表现为左旋逆断层的性质，在南北向对扭应力

维普资讯 http://www.cqvip.com

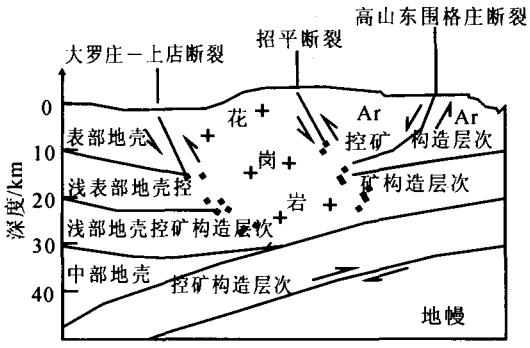


图 1　招平断带及两侧控矿构造层次结构示意图①

Fig. 1　Frame sketch map of Zhaoping fracture and mineralizing structure stratification on both side

作用下发生变形，导致多期结构面力学性质变化，局部形成良好的矿液富集空间。中生代燕山早期，鲁西地体向胶北地体俯冲，整个胶北、招远等地产生 NWW — SEE 向主压应力场(图 2a)，形成右旋扭压性招平断带和成矿控水带(走向 NNE，倾向 SE，倾角 35°～60°)，产生 NEE — EW 和 NW 向共轭剪切(图 2b)。随即招平断带发生左旋运动，使其中 NEE－EW 剪切构造加强(图 2b)。因区域主压应力场由原 NWW — SEE 向变为 NE — SW 向(图 2d)，招平断带发生第二次右旋运动(图 2c)①。本期既是构造动力成矿时期，也是形成影响矿床充水的原生裂隙的重要阶段。

第四阶段在中生代动热场作用下，经历了右旋和左旋运动的变化，即招平断带构造动力系统和招平成矿带的形成。NE — SW 向主压应力场的形成，使原 NW 向张扭性构造变为压扭性结构面，原 NEE — EW 向一组构造变为左旋运动剪切面。本期在主控 NEE 向原生裂隙的基础上，在构造裂隙活动基础上形成了以 EW 向为主的次生裂隙①。可见，招平断裂构造动力演化过程中，海西—燕山期断块运动构造期和中生代动热场作用期控制着充水裂隙的形成，从成因上体现了构造裂隙含水带与矿体间相互共存和依托的关系。

3　夏甸金矿矿床充水机理的构造控制模式

矿床充水条件(充水来源、通道及充水强度影响因素等[2])在矿井出水中的表现及各因素间的内在联系和相互作用关系可称为“矿床充水机理”，而充水机理构造控制模式的内涵为矿井充水来源、通道、

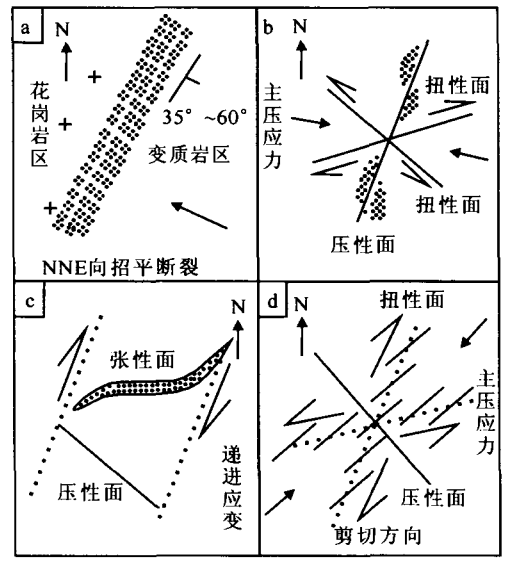


图 2　招平断带控矿构造受力体系演化图

Fig. 2　Evolution map of Zhaoping structure dynamic

出水特征等受构造动力系统演化过程控制下的具体体现。针对构造成因矿床充水机理的特殊性，故提出“构造控制模式”的概念。

3.1　断裂构造对充水裂隙的控制作用

招平断裂矿床充水机理的影响表现为不同方向发育的构造裂隙(破碎)含水带。井下破碎出水资料表明：夏甸金矿发育包括矿体(岩体)在内、依附于矿体而存在的裂隙含水带，其分布特征与控矿构造动力系统一致(图 3)。

夏甸金矿矿井深部涌水主要受区内控矿构造 NE — NNE 向压扭性断裂影响，井下出水多为该方向(近该方向)构造裂隙各种因素影响下沟通所致，且裂隙破碎带分布特征与构造系统特征较为一致。沿 NE — NNE 走向分布的出水裂隙占矿井出水的绝大多数(图 3)，倾向 SE，倾向 110°～169°范围的出水破碎约占 53%，其中 160°～169°倾向最为发育(12%)。该方向出水裂隙多与矿体伴生，属主断裂带多期活动影响的裂隙含水带，随其产状导水性和透水性较好，各深度变化均可见，随构造带分布于整个矿床范围(表 1)。因主断裂带规模较大，巷道揭露时涌水量大，易沟通破碎。

另外，受 NW 向扭性断裂带和近 EW 向张性断裂带的影响，发育有与该方向断裂一致的矿床充水

① 孙忠实. 招平断带构造动力、成矿系统和元素富集机理研究及深部预测——以山东夏甸地区成矿段为例. 吉林大学，2005.

维普资讯 http://www.cqvip.com

表1 矿井深部破碎出水统计

Table 1 Statistics of ground pour-in fractures in the deep deposits

	深度/m	位置	出水、破碎描述	产状	级次	性质
主井	−302	北大巷拐角5 m	裂隙带8 cm	147°∠32°	原生	压扭性
	14中	461穿脉里2 m	曾出水,裂隙带2~8 cm	95°∠50°	次生	剪切性
		P2点沿大巷7.5 m	曾出水	187°∠49°	原生共轭	张扭性
		461线过15 m	弱滴水,主裂隙1.5 cm	196°∠63°	原生共轭	张扭性
	−372	467穿向外2 m	破碎支护,水流2年	123°∠46°	原生	压扭性
	16中	T7点往回2 m	湿润,带宽3.2 cm	120°∠40°	原生	张扭性
		拐弯向里14.5 m	未出水	175°∠34°	原生	压扭性
	−442	向里10 m	红褐色铁锈	135°∠50°	原生	压扭性
	18中	北大巷刚进10 m	曾出水,带宽16 m	55°∠35°	次生	剪切性
		468.5穿脉内	曾出水痕	118°∠50°	原生	压扭性
	−512	469穿脉里	弱滴水,破碎带13 m	165°∠47°	原生	压扭性
	20中	南大巷里50 m处	顶板滴水	105°∠32°	原生	压扭性
		向里支护处	淋水,破碎带5 m	240°∠40°	原生	压扭性
	−582	十二中段口	曾出水,带宽1 m	177°∠54.5°	原生共轭	张扭性
	22中	电气车道16 m处	顶板涌水,两旁湿润	168°∠41°	原生	压扭性
		前点向里20 m处	顶板滴水,带宽15 cm	144°∠55°	原生	压扭性
		沿盲井方向,井口9 m	曾出水,破碎带21 cm	145°∠65°	原生	张扭性
	−653	进入6 m处	顶板出水,破碎宽45 cm	134°∠55°	原生	压扭性
Ⅶ号	−230	向二期井口10 m	曾出水,破碎宽3 m	172°∠62°	原生共轭	张扭性
矿井	12中	539线1 m处	弱滴水,破碎不明显	128°∠56°	原生	张扭性
		主巷540线支脉	滴水,多处铁锈	35°∠52°	次生	剪切—张扭
		主巷道538线	曾出水,破碎带10 m	137°∠66°	原生	张扭性
		主巷道距537线3 m	曾出水,破碎带8 m	170°∠61°	原生共轭	张扭性
		石门正对三角柱右侧	带宽10 m,曾出水较大	161°∠44°	原生	张扭性
		距罐笼32 m	弱滴水,破碎带宽5 m	108°∠41°	原生	张扭性
		459分层3号点	滴水,破碎带宽6 m	295°∠88°	次生	张扭—剪切
		459分层坡下	滴水,破碎不明显	138°∠74°	原生	张扭性
		X3向里18 m	破碎带出水	135°∠35°	原生	张扭性
		配电室门口向里24 m	滴水,墙面流水	162°∠62°	原生	张扭性
		S2点回20~27 m处	滴水淋水	338°∠65°	次生	张扭—剪切
	−520	南大巷向里20 m处	滴水至淋水,宽5.2 m	228°∠35°	次生	张扭—剪切

破碎带,为主断裂的同序次级断裂,其规模较主断裂小,涌水量也较少。夏甸金矿充水裂隙与矿体一致,为同一断裂动力系统内不同构造力学性质的转换和叠加过程中形成。其他因素(如大气降水、地表水体、浅部裂隙水)的影响随开采深度增加逐渐减弱,矿井深部充水主要受构造断裂含水带控制影响。

3.2 构造充水断裂对矿井出水的控制影响

依附于矿体、并与控矿构造发育一致的裂隙含水带使得构造动力系统对矿床充水起主控作用,脉状构造裂隙水为矿井涌水的直接来源[1,8-10]。

脉状构造裂隙含水带随金矿开采而揭露,受补给条件制约[9-10],裂隙含水带与浅部孔隙潜水及风化裂隙水之间水力联系较差。井下出水破碎特征统

维普资讯 http://www.cqvip.com

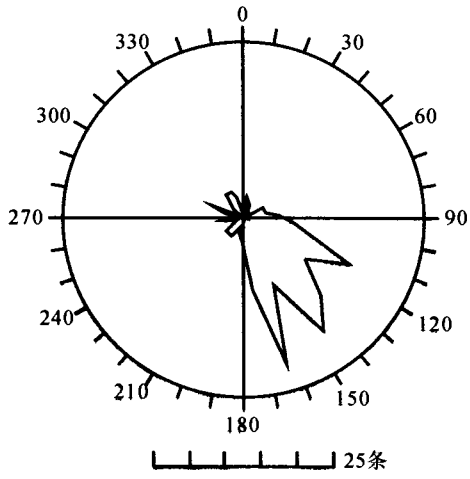


图 3　夏甸金矿充水破碎倾向玫瑰花图

Fig. 3　Tendency rose map of groundwater pour-in fractures

计显示(表 1)，夏甸金矿矿井深部出水主要受 NE—NNE 压扭性断裂影响，在该方向断裂及与其他方向断裂共生地段破碎出水现象较为严重，裂隙发育数量与破碎涌水量成正比。根据夏甸金矿深部开采工程揭露破碎和出水特征，说明深部脉状构造裂隙水是夏甸金矿深部矿床充水的直接水源，其他水源通过各种破碎充水通道，为矿床出水的间接来源。

另者，招平断裂控制影响下的矿井出水特征也呈现出一定构造控制模式，表现如下：

(1)开拓初期出水较多，随工程推进，出水量减少，下一级中段开拓时，上部中段出水量进一步减少，直到停止，疏干时间及出水量随开采深度增加而增加。矿井最深一级中段出水量最大，深度越浅越趋近于无水，历史出水点近干涸，如 2005 年 7 月Ⅶ号矿井 18 中段 544 勘探线处为强淋水状态，而 2006 年 4 月该中段已无明显出水点，20 中段 540—541 线间断裂带宽近 10 m，裂隙交错(宽 4～8 mm)，破碎出水情况较为严重，开拓时涌水量达 30 m^3/h；主井 4 中段(2006 年 4 月)采空区内向外流水仅 0.6 m^3/h，而 24 中段石门最后拐弯处调查时出水量达 116 m^3/h，均为原生裂隙破碎或原生共轭裂隙交叉破碎带出水所致。

(2)破碎出水来源的差异导致了深部和浅部出水特征的不同。据历史观测，有些出水点疏干快(主井浅部)，有些则疏干缓慢(主井深部)，而有些衰减不明显(Ⅶ号矿井与主井贯通巷内)。浅部揭露破碎出水时，瞬时涌水量大、水压高，但衰减较快；深部揭露裂隙含水带时，水量、水压衰减幅度不甚明显，衰减过程长，如主井 24 中段深部 2005 年 7 月出水曾达 150 m^3/h，且水量始终较大。

(3)出水破碎带沿构造带产状分布特征明显，具有连通性，且贯切多级中段。主井 20、21、22 中段开采揭露时，各有一处因水量大、围岩破碎而改变了掘进方向，破碎带发育产状较为接近，采取了砌墙支护措施；22 中段该地段揭露出水时，21 中段所对应部位出水量急剧减少至消失，推断为同一破碎带在垂直方向贯切开采中段。据 2006 年 4 月调查统计，主井 22 中段 472 勘探线附近出水量为 29.4 m^3/h，明显大于 21 中段该处出水量，但小于 24 中段出水量，据空间位置和水力联系分析，亦为构造断裂内同一出水破碎带。

3.3　构造控水模式下的治水方案

针对夏甸金矿床充水机理构造控制模式，矿井深部疏干排水应遵循以下原则：

(1)疏干为主。脉状构造裂隙水补给源有限，裂隙及破碎程度低，涌水以静储量为主，水量随长期消耗而减少，仅深部开采初期水量和水压较大。夏甸金矿曾采用注浆等治水方式，水压居高不下、水力梯度增大，反而加剧了突水隐患。应以“疏干排水”作为治水原则，局部辅以支护、注浆等方式。

(2)深部放水、浅部开采。具体开采部位出水情况严重时，预先开拓其下级或若干级中段，利用构造裂隙连通性，将上部裂隙水引入深处进行疏干，待上部中段出水量减少后，开采该中段。以此类推，形成一个良性循环，避免因某中段出水量大而延误企业开采工程进度。

(3)优化疏干方案，提高排水效率。裂隙充水带发育不均匀性，疏干方案的选择需因地制宜。针对出水现状，如在裂隙发育地段，采用集中疏干排水的方式；在裂隙发育程度较低地段，采用钻孔分散疏干的办法降低水位。如主井 24 中段出水带较多(2006 年 4 月)，可进行集中疏干。目前排水系统尚能满足现阶段疏干要求，但夏甸金矿将进一步扩大开采，有必要进一步采取高效的排水系统。

(4)遵循矿山安全生产原则，选择合理的开采方法，注意矿区及周边地区相关水文地质、环境地质问题防治等。

4　结论

山东招远夏甸金矿床充水机理受招平断裂构造

动力系统控制影响显著,构造控水模式为:与控矿构造发育相一致的构造裂隙含水带是矿床主要的充水来源,构造动力系统控制下,发育的充水裂隙决定矿床充水条件和出水特征,形成了夏甸金矿矿脉、控矿断裂和构造含水带"三位一体"的格局,矿床充水、出水表现出"构造控制模式"。

针对该构造控水模式,深部疏干应遵循"以排为主、深部预排、浅部开采"等原则,并注意疏干排水和采矿活动两者间的优化结合。

参考文献(References):

[1] 刘启仁.中国固体矿床的水文地质特征与勘探评价方法[M].北京:石油工业出版社,1995:1-15,95-124.
LIU Qi-ren. Hydrogeologic characteristics and methods of exploration and estimating about solid mineral deposit in China [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995:1-15,95-124.

[2] 沈继方,于青春,胡章喜.矿床水文地质学[M].武汉:中国地质大学出版社,1992:39-44.
SHEN Ji-fang, YU Qing-chun, HU Zhang-xi. Deposit hydrogeology[M]. Wuhan:China University of Geoscience Press,1992:39-44.

[3] 林学钰,廖资生,赵勇胜,等.现代水文地质学[M].北京:地质出版社,2005:123-134,171-175.
LIN Xue-yu, LIAO Zi-sheng, ZHAO Yong-sheng, et al. Modern hydrogeology[M]. Beijing:Geological Publishing House,2005:123-134,171-175.

[4] 杨忠芳,徐景奎,赵伦山,等.胶东区域地壳演化与金成矿作用地球化学[M].北京:地质出版社,1998.
YANG Zhong-fang, XU Jing-kui, ZHAO Lun-shan, et al. Crustal evolution and geochemistry of golden mineralization in Jiaodong area[M]. Beijing:Geological Publishing House,1998.

[5] 范永香,高秋斌.山东招远—掖县金矿带构造控矿规律研究[M].武汉:中国地质大学出版社,1993.
FAN Yong-xiang, GAO Qiu-bin. Research on regularity of structural ore controlling of golden deposit in Zhaoyuan - Yexian area of Shandong Province[M]. Wuhan: China University of Geoscience Press, 1993.

[6] 吕古贤,孔庆存.胶东玲珑—焦家式金矿地质[M].北京:科学出版社,1993.
LÜ Gu-xian, KONG Qing-cun. Gold deposit geology of Linglong - Jiaojia gold deposit in Jiaodong area[M]. Beijing:Science Press,1993.

[7] 张群喜,孙忠实,王建国.山东招远谢家沟金矿矿床地质特征及成因浅析[J].地质找矿论丛,2007,**22**(2):104-106,143.
ZHANG Qun-xi, SUN Zhong-shi, WANG Jian-guo. Geological characteristics of the Xiejiagou gold deposit, Zhaoyuan area, Shandong Province and primary analysis of the genesis[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research,2007,**22**(2):104-106,143.

[8] 李石桥.甘肃阳山特大型金矿床水文地质条件和环境地质问题研究[J].四川地质学报,2005,**25**(1):19-22.
LI Shi-qiao. Hydrogeological conditions and environmental geology in the Yangshan giant Au deposit, Gansu[J]. Acta Geologica Sichuan, 2005,**25**(1): 19-22.

[9] 张忠永,赵国强,郭建军.金翅岭金矿矿床涌水来源分析[J].辽宁工程技术大学学报,2003,**22**(增刊):102-105.
ZHANG Zhong-yong, ZHAO Guo-qiang, GUO Jian-jun. Analysis of mine water source Jinchiling gold mine [J]. Journal of Liaoning Technical University, 2003, **22**(Sup.): 102-105.

[10] 朴寿成,张博文,于泽新,等.辽宁小塔子沟金矿床地球化学特征及找矿方向[J].吉林大学学报(地球科学版),2007,**37**(3):432-436.
PIAO Shou-cheng, ZHANG Bo-wen, YU Ze-xin, et al. Geochemical characteristics and ore-searching targets of the Xiaotazigou gold deposit, Liaoning Province[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2007, **37**(3):432-436.