

丹巴燕子沟金矿床开采技术条件分析

赵岩, 汪雄武, 张欣

(成都理工大学, 成都 610059)

摘要: 通过对矿区地表水和地下水的类型、补给和径流条件进行分析, 确定了矿山水文地质条件和可利用水资源状况; 按不同岩性和构造特征, 划分出四个工程地质岩组; 调查了矿区内环境地质情况, 确定了矿山工程地质和环境地质条件。基本明确了矿床开采技术条件, 为矿山下一步开采提供了参考。

关键词: 燕子沟金矿; 水文地质; 工程地质; 环境地质

中图分类号: TD863 文献标识码: A 文章编号: 1671-4172(2011)02-0000-00

Analysis of mining conditions of Yanzigou gold deposit in Danba

ZHAO Yan, WANG Xiongwu, ZHANG Xin

(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract: According to the analysis of the surface water groundwater type and the conditions of recharge, runoff and drainage, the mining hydrogeology conditions and situation of useable water resources are determined in this paper; According to different lithology and tectonic characteristics, we differentiated four engineering geological petrofabrics surveyed the environment geology condition in mine area determined the engineering geological conditions and environment geological conditions. The mining condition of the gold deposit is discussed, laying a foundation for further development of the deposit.

Key words: Yanzigou gold deposit; hydrogeology; engineering geology; environmental geology

引言

燕子沟金矿位于四川省丹巴县东谷乡永西村, 是最近在川西地区发现的微细浸染型层控金矿床。矿区位于中高山区, 地形陡峻, 沟谷深切。最低海拔 1 864 m, 最高达 5 521 m, 相对高差在 2 600~3 200 m 之间。区内水系发育, 由牦牛河及其三级支流永西沟、泥冲沟、燕子沟、磨子沟、肖家沟和草沟组成, 水利资源丰富。本文收集了区域水文、工程和环境地质普查资料, 并对矿区水文、工程和环境地质进行了有针对性地调查, 为矿山开采建设提供设计依据。

1 矿床地质概述

矿区出露地层主要为第四系冲积物和残积物, 泥盆统的石英千枚岩、炭质千枚岩和石英岩, 此外还有二叠系上统的阳起石片岩、绿泥片岩、大理岩和变质玄武岩, 下统的结晶灰岩夹绿片岩和石英岩地层。矿区主要的赋矿地层为泥盆系危关群第四岩组中段, 岩性为一套黑色石英千枚岩、炭质千枚岩、炭质板岩夹少量碳酸盐、硅质岩及变粒岩组成, 金矿化就在该层顶部的千枚岩和变粒岩中。区内主要控矿构造为一系列近东西向断裂, 此外铜炉房背斜及永西穹窿在地层抬升过程中形成的顺层滑脱剪切带, 也与金矿床的形成关系密切^[1]。

丹巴燕子沟金矿矿石类型分为两种, 即含金石英脉大脉型和石英网脉状炭质千枚岩型两种, 前者矿体形态主要为脉状, 后者为似层状。矿区分为三个矿段, 分别为燕子沟矿段、磨子沟矿段和泥冲沟矿段。矿体主要集中在燕子沟矿段, X01、Y01、Y02、Y03、Y04 号矿体出露于 3 175~3 515 m 标高范围内, 整体走向 105°。矿区蚀变十分发育, 有硅化、黄铁绢英岩化、黄矿化、绢英岩化、碳酸盐化、破裂岩(糜棱岩化)以及矿褐铁矿化、高岭土化等, 其中以硅化分布最广, 与金富集关系最密切。矿石中金属矿物以硫化物及硫盐矿物为主, 其次为氧化物及少量自然元素矿物。硫化物主要为黄铜矿和黄铁矿, 是主要的载金矿物。

基金项目: 国家科技支撑项目(编号: 2006BAB1A01)、青藏专项(编号: 12120108089)联合资助

作者简介：赵岩(1984-), 男, 硕士研究生, 第四纪地质学专业。

2 水文地质特征

2.1 区域水文地质背景

区内地下水的赋存状态受岩石裂隙孔隙空间、构造性质和类型、地貌条件和气象水文等因素控制^[2]。根据赋存条件、含水介质、水力特征等, 该区地下水分为基岩裂隙水和第四系松散堆积层孔隙水两种类型。基岩裂隙水赋存于泥盆系危关群第四岩组 (D_{wg}^4)、二叠系下统 (P_1) 和二叠系上统玄武岩段 ($P_2\beta$), 岩性为白云母石英千枚岩、炭质绢云母石英千枚岩、大理岩、炭质板岩、变粒岩、结晶灰岩和变质玄武岩。第四系松散堆积层孔隙水出露于块碎石土层和砂土中, 堆积体结构松散, 透水性好, 由于区域上处于高山地区, 地形起伏, 且表层覆盖有较厚层的松散土层, 地下水难以贮集, 富水性差。

地下水主要补给来源为季节性大气降水, 集中在 5 月~9 月, 区内地形有利于降水的汇集与排泄。地下水渗入的补给量有限, 由于含水层储存性差, 多以泉水的形式溢出地表, 主要为下降泉。

2.2 矿区水文地质

矿区内主水系为牦牛河, 次级水系为泥冲沟、磨子沟和燕子沟。以牦牛河为侵蚀基准面, 标高为 700 多 m, 地形坡度大于 35° , 水文地质边界条件较为清楚 (图 1)。矿区水文地质类型为坚硬裂隙岩层为主的含水层, 主要含水层为危关群第四岩组 (D_{wg}^4) 的黑色炭质绢云千枚岩、大理岩、炭质板岩, 以及沿河谷分布的第四系砂砾层等, 富水性较好, 水位埋深约 8~15 m, 含水层厚 2~14 m。

2.2.1 地表水

矿区距牦牛河仅 0.5~1.0 km, 区内主要有泥冲沟、燕子沟和磨子沟三条常年性流水沟谷, 流向为南东到北西。地表水的汇水面积约 15 km^2 , 平均比降为 45%, 其径流量随季节而变化, 变化幅度为 $3.8 \sim 120 \text{ L/(s} \cdot \text{km}^2)$, 比降约 $>10\%$, 同期流量变幅为 $2.5 \sim 85.12 \text{ L/(s} \cdot \text{km}^2)$, 11 月至次年 4 月, 三个沟的流量均会相应减小。地表水的补给大部分为大气降水 (图 2), 降水量偏少, 但相对较为集中, 强度大; 其次是冰雪融水, 受季节影响较大。地表水和大气降水、冰雪融水的消涨关系是导致矿区地表径流率增大的主要原因^[3]。

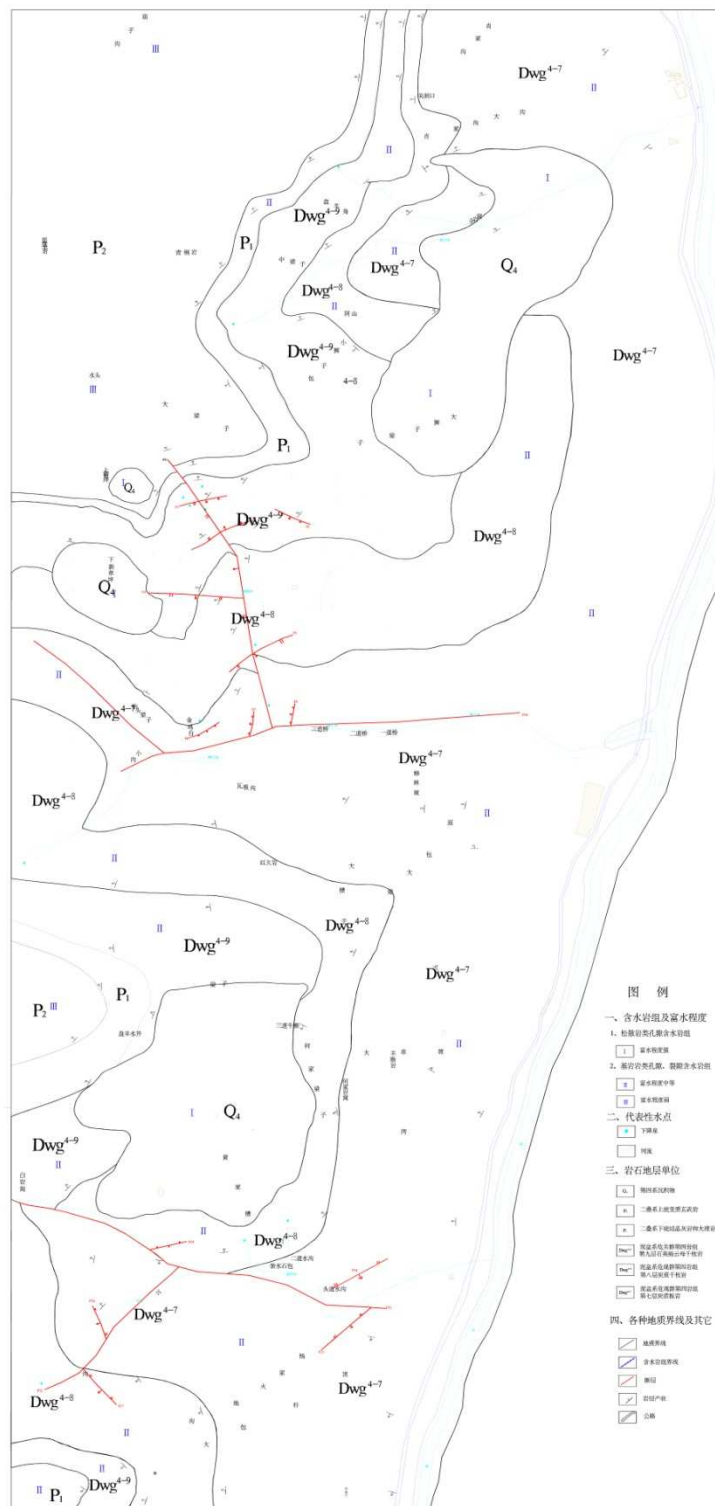
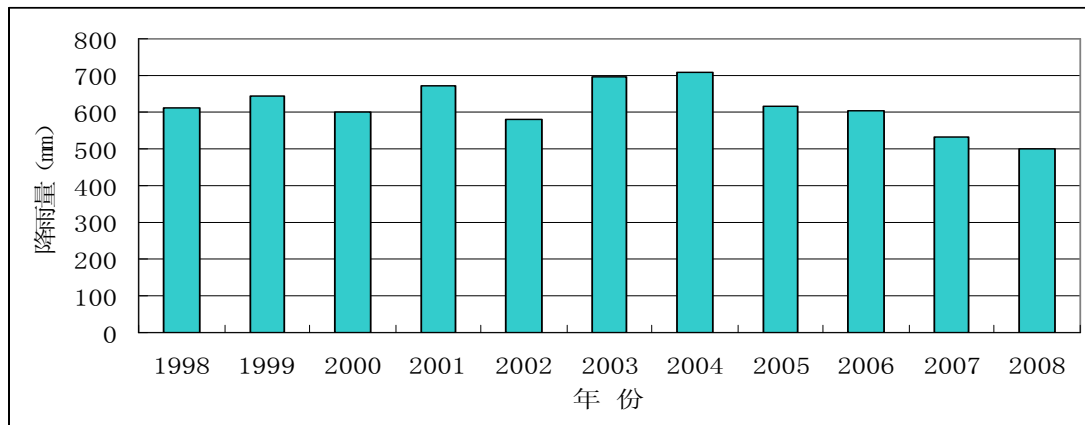


图 1 丹巴燕子沟金矿水文地质图

Fig.1 The hydrological geology map of Yanzigou gold deposit in Danba



注：以上数据来自于丹巴县气象局

图 2 丹巴燕子沟金矿 1998~2008 年年降雨量图

Fig.2 1998~2008 annual rainfall of Yanzigou gold deposit in Danba

2.2.2 地下水类型及补给、径流条件

地下水的类型主要有松散堆积层孔隙水和基岩中的裂隙水两种。层积孔隙水在矿区内的分布面积约为 40%，其结构松散，透水性强，第四系孔隙泉主要位于冲积层和洪积层中，流量 0.27~13.46 L/s，一般>1.00 L/s，均为季节性下降泉，富水性强。基岩裂隙水主要赋存在泥盆系危关群第四岩组中，厚度达 800 m 以上，富水性较弱。受区内构造和裂隙的控制，形成一个统一的潜水面，呈放射状由穹窿核部沿着周围岩层的张裂隙向外运移，以地下泉的形式溢出地表，主要赋存于炭质千枚岩中，流量约为 0.1 L/s。地下水以碱性水为主，其成因与介质有关，在富钠岩体风化过程中，矿物分解产生去硅作用，同时由于 CO₂ 溶蚀碱土金属而成，表现为地下水积极交替溶虑水水化学特征。地下水补给为大气降水和冰雪融水，通过孔隙、裂隙下渗到含水层。根据气象资料统计，区内 6~9 月降水量为 340.20 mm，同期蒸发量为 420.00 mm，全年蒸发量与降雨量相差不大。

总体来说，该矿区位于最低侵蚀基准面以上，矿区地表水对于矿床充水影响不大，含水层富水性偏弱，渗入量较小，构造裂隙发育，以裂隙充水为主，孔隙水次之，属于水文地质条件简单的矿床。

2.2.3 水资源状况

区内第四系层覆盖较厚，含水性好，且供水水源充足，主要有大气降水、地表水、地下水和冰雪融水，基本能够满足当地居民生活用水需要。通过对燕子沟、磨子沟、泥冲沟以及猪圈沟水样进行分析，该矿区水化学类型为 HCO₃-Ca 型，pH 值 7.4~8.1，平均矿化度 0.15~0.3 mg/L。检测结果表明这些水源的 Cu、Zn、Pb 等微量元素含量均未超标，符合 GB5749—85 国家饮用水标准，且为常年性的沟谷水，流量稳定，水质、水量也能够满足矿山未来建设和开采需要。

3 矿区工程地质特征

根据岩性、岩石裂隙发育程度和原生面结构特征等，将矿区岩层划分为四个工程地质岩组^[4]。第一岩组为第四系松散堆积层，由冲洪积层和崩积体层组成，岩性为砂石及砂泥、碎石和亚砂土，主要分布在磨子沟河床与河漫滩两侧，以及矿区内地形低洼之处。第二岩组矿体顶底板的半坚硬岩组，岩性为块状大理岩、变粒岩、结晶灰岩，坚硬系数为 10~15，稳固性较好。第三岩组为顶底板的坚硬岩组，主要由白云母石英千枚岩、炭质绢云母石英千枚岩和炭质板岩等变质岩组成，稳固性差，坚硬系数 2~6，属于含矿岩层。第四岩组为断层破碎带，受南北剪切作用影响，形成于千枚岩、板岩和薄层状灰岩中，岩层破碎程度较强，塑性变形明显，受裂隙水渗透影响较大。

矿区内各类岩（矿）石抗压强度在 20~180 MPa 范围内，抗拉强度为 3.2~15 MPa，大理岩的抗压强度最强，其次为灰岩，板岩和千枚岩最弱。但泥盆系危关群第四岩组的炭质千枚岩又是主要赋矿层，因此在矿山开采时，应在硐室内采取必要的支护措施。在区内存在一个厚约 8 m 的强风化带，由于风化裂隙作用形成一个表生结构面，节理较为发育，多为 X 型剪节理，与地层层理斜交角度较大，破坏了岩体的完整性，有岩体滑落的隐患。矿体开采边界附近地势地貌陡峻，岩体较为破碎，在放炮开硐时容易产生松散效应，存在岩体失稳的危险。有些陡倾矿体形成与构造破碎带有关，采掘时容易产生垮塌。

矿区位于牦牛河左岸的谷坡上，矿体主要受东西走向的断层带控制，有陡倾（倾角 50°~80°）和缓倾（倾角 10°~30°）两种类型，埋藏较深，在断裂带的附近，偶有构造裂隙水出露，开采过程中应注意由于渗水而产生的垮塌。矿体顶底板为白云母石英千枚岩、炭质绢云母石英千枚岩、大理岩、炭质板岩、变粒岩、结晶灰岩等。千枚岩、板岩属于半坚硬岩石，较为破碎且裂隙、片理发育，褶皱强烈。透水性极弱，不溶于水，遇水有软化现象，为柔性岩石，属亚类岩体结构类型，较易发生滑坡及崩塌现象。结晶灰岩、变粒岩和大理岩属坚硬岩石，含弱岩溶裂隙水，透水性一般较弱，微溶于水，裂隙发育，尤其在断裂带附近岩石一般比较破碎，易产生崩塌现象。

矿区地貌条件复杂程度一般，地质构造中等，主要工程地质问题是顶底板的稳定性问题，区内泥石流、垮塌、滑坡一类的不良物理地质现象发生的可能性较小。但季节性的降水对地质体存在不利。矿体开采的工程地质条件属于中等，适合地下开采，但要注意随着开采深度的增加，地下应力场的改变，及时做好矿体围岩稳固工作。

4 矿区环境地质

环境是人类赖以生存和发展的基础，是各种自然因素的总和。矿区环境地质调查对象为区域稳定性和矿区段所处的自然地理环境和社会环境^[5]。

丹巴燕子沟金矿地处四个构造体系的交接部位，构造比较复杂，褶皱、断裂十分发育。历史上该矿段周围地区发生过几次大的地震，1981年1月24日，在道孚县发生6.9级地震，1989年9月22日小金县发生6.6级地震，2008年5月12日汶川发生8.0级地震，地震烈度区划属Ⅶ级地震烈度带，矿山建设和开采过程中应做好防震。矿区由于地质结构复杂，岩石因变形变质强烈而支离破碎，加之沟深谷险，第四系松散堆积物较发育，是地质灾害的多发区。

矿区酸性废水中重金属离子沉淀对矿山环境造成污染^[6]，随着矿床开采程度的加深，对当地生产活动也将产生一定的影响。通过对采自探矿工程 and 老硐渗水的水质分析表明，Pb、F、Zn、Fe含量偏高（表1）。这些重金属元素随着大气尘降和河水运移到矿区周围的土壤、河流和植被中^[7]。（矿区不存在砷、汞等有毒和瓦斯、热等有害物。探矿及采矿过程中，修路及其他工程施工等活动，产生的粉尘及噪声对矿区及邻近范围有间断性的暂时影响。

表 1 M123 老硐 22 水质分析表

Table 1 The water quality analysis of M123 Laodong 22

嗅和味：无		浑浊度：透明		色度：有黑色沉淀		pH：7.3
检测项目	P（Bz±） /(mg/L)	C（1/ZBZ±） /(mmol/L)	X（1/ZBZ±） /%	检测项目	ρ(CaCO3) /(mg/L)	
K ⁺	1.2	0.03	0.6	总硬度	255.2	
Na ⁺	6.0	0.26	4.8	永久硬度	75.0	
Ca ²⁺	80.16	4.00	73.4	暂时硬度	180.2	
Mg ²⁺	13.38	1.10	20.2	负硬度	0.00	
TFe	0.652	0.04	0.7	总碱度	180.2	
NH ₄ ⁺	0.41	0.02	0.4	检测项目	mg/L	

合计	101.8	5.45	100.1	溶解性总固体	299.3
Cl ⁻	6.38	0.18	3.3	游离 CO ₂	31.95
SO ₄ ²⁻	79.73	1.66	30.4	Cu	<0.05
HCO ₃ ⁻	219.7	3.60	65.9	Pb	0.040
CO ₃ ²⁻	0.00			Zn	1.228
NO ₃ ⁻	1.54	0.02	0.4	F	4.46
合计	307.4	5.46	100.0		

注：以上数据来自于成都水文地质队

矿区位于高海拔地区，物理风化作用强烈。沿沟谷堆积而成的冲洪积物、坡积物及复合堆积物，遇到降雨增强了其碎屑物的活化强度，产生了溯源侵蚀现象和由于向下游侧蚀的沟壁塌滑现象，从而导致原本胶结较好的堆积物力学结构发生变化，很难形成稳定边坡，最终发生泥石流灾害。泥石流在主冲沟汇集后，构成了数处规模较大的沟内泥石流堆积体，若发生在局部沟段陡坡壁，则存在崩塌隐患。所以在矿山建设时，应该与现代主冲沟保持适当安全距离，并避开次级冲沟沟道，而且要对次级沟谷进行实时疏导，削减坡度，清理浮石，以免发生塌滑和泥石流之灾。

区内溪沟水质污染较小，但某些对人体有害微量元素偏多，不宜直接饮用，但可以作为生产用水。废石堆改变了现有的冲沟体系，处置不当容易发生垮塌危险，所以要进行排水挡墙、挡坝工程，避免废石堆临空面的活化，还要及时恢复植被，减少水土流失。因此，该矿区环境地质类型为中等条件。

5 结论

综上所述，从该矿区水文地质、工程地质、环境地质和含金矿体的赋存状态可知，燕子沟金矿床开采技术条件属于中等类型。但在矿山建设期和矿山开采过程中，会对地质环境造成一定的影响，应对以下问题引起重视。

1) 矿山开采和施工道路开拓，产生废石和弃渣，沿坡谷堆放容易阻塞次级河流。所以，要对次级沟谷进行实时疏导，设置适当断面的截洪沟道及尾矿库，妥善处置施工废石废渣，以避免泥石流和洪涝灾害。

2) 废石的堆放问题不容忽视，要在工程地质勘察的基础上，在废石堆周围设置匹配的可排水挡墙、挡坝，以免废石堆临空界面活化；在堆置废石时，应该遵循近临空侧粗、远临空侧细的原则，保持适当的坡度角，避免大规模再生土体滑塌。

3) 对于选矿厂产生的废水，可以通过澄清和自然净化工序，重复利用，用以平衡枯水季节水源不足的供水补给。一般回收利用率可以达到 60%~70%。

在今后的工作中，建议进一步做抽水或压水试验，以获得更多的地下水动态资料；对顶底板的抗压和抗剪强度做详细地测试，以确保地下开采安全进行。

参考文献

- [1] 张欣,汪雄武,肖渊甫,等. 四川丹巴燕子沟金矿控矿构造特征分析[J]. 四川地质学报,2010, 30(3): 280-283.
- [2] 刘喜信,赵海鹏,常四海,等. 东安金矿开采技术条件[J]. 吉林地质,2006, 25(1):54-57.
- [3] 肖渊甫,汪雄武,孙燕,等. 四川丹巴燕子沟金矿普查报告[R]. 成都:成都理工大学,2009.
- [4] 李石桥,沈睿文,郭俊华. 阳山金矿床开采技术条件分析[J]. 黄金地质,2005, 26(1):18-21.
- [5] 房佩贤,卫中鼎,廖资生,等. 专门水文地质学[M]. 北京:地质出版社,1987.
- [6] 雷兆武,孙颖. 矿山酸性废水重金属沉淀分离研究[J]. 环境科学与管理,2008,33(11):59-61.
- [7] 王亚平,鲍征宇,王苏朋. 矿石固体废物的环境效应研究进展及大冶铜绿山尾矿的环境效应[J]. 矿物岩石地球化学报,1998,17(2):98-102.