分类号: P57,P58,P61

10710-0207052

长安大学

硕士学位论文

陕西省镇安县米粮金矿地质特征及资源经济评价

赵昀昀

导师姓名职称	王平　副教授		
申请学位级别	理学硕士	学科专业名称	矿物学、岩石学、矿床学
论文提交日期	2010 年 5 月 21 日	论文答辩日期	2010 年 5 月 31 日
学位授予单位	长安大学		
答辩委员会主席	杜玉良		
学位论文评阅人	杜玉良　董玲		

Y1729466

Geologial Feature and Resource Economy Evaluation of Miliang Gold Mine in Zhen'an County, Shanxi Province

A Dissertation Submitted for the Degree of Master

Candidate: Zhao Yun yun

Supervisor: Associate Prof. Wang Ping

Chang'an University, Xi'an, China

论文独创性声明

本人声明：本人所呈交的学位论文是在导师的指导下,独立进行研究工作所取得的成果。除论文中已经注明引用的内容外，对论文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本论文中不包含任何未加明确注明的其他个人或集体已经公开发表的成果。

本声明的法律责任由本人承担。

论文作者签名：赵昀昀　　2010年 6月 1 日

论文知识产权权属声明

本人在导师指导下所完成的论文及相关的职务作品，知识产权归属学校。学校享有以任何方式发表、复制、公开阅览、借阅以及申请专利等权利。本人离校后发表或使用学位论文或与该论文直接相关的学术论文或成果时，署名单位仍然为长安大学。

（保密的论文在解密后应遵守此规定）

论文作者签名：赵昀昀　　2010年 6月 1日

导 师 签 名：　　2010年6月1日

摘 要

研究区米粮金矿位于南秦岭地区金龙山矿带金龙山矿段。本文通过系统的野外地质调查、剖面测量，矿山岩石标本和室内鉴定分析，并结合构造地质学、岩石学、矿物学、岩相学、地球化学、矿床学、矿床经济学的理论和方法对米粮金矿进行研究。本文从区域构造地质背景研究入手，着重研究了地层、构造。再通过分析米粮金矿床产出的地质背景、矿体的形态、产状、矿体产出与构造的关系，矿石结构、构造以及矿床成因等，并估算出该金矿的储量。经研究分析，对米粮金矿进行地质、技术、经济、环境的综合评价，并拟矿山建设，经盈亏平衡分析和敏感度分析，矿山效益明显，证明矿区的可开采性，为金矿开发利用提供合理依据。米粮金矿的开发符合国家西部大开发的产业政策，该金矿的开发势必带动本地区及其周边地区经济的快速发展，改变这一地区经济落后的面貌。

关键词：金龙山矿带、米粮金矿、地质特征、储量估算、资源经济评价

Abstract

The study area is located Minliang Gold Mine of Jinlongshan ore belt in the southern Qinling area. This paper carries out the research to grain gold mine through systematic field investigation, profiling, identification of mines and laboratory analysis of rock samples, and combined with the structural geology, petrology, mineralogy, petrography, geochemistry, mineral deposits, deposit economics theory and method. This paper focuses to study the strata and structure from the regional structural geology background, and estimates the gold reserves through analysis of Miliang Gold Mine production in the geological background of gold deposits, ore body shape, occurrence, ore production and the relationship between structure, mineral structure, structure and genesis of the deposits. Through the analysis of Miliang Gold Mine geological, technical, economic, environmental evaluation, the break-even analysis and sensitivity analysis, the mining benefits are obvious. It provides a reasonable basis for the gold mine development. The development of Miliang Gold Mine is accord with national Western Development industrial policy. The development of the mine certainly will lead the region's rapid economic development and change the region's economic backwardness.

Key Words: Jinlongshan Ore Belt; Miliang Gold Mine; Geological Feature; Appraise Reserves; Resources Economy Appraise

目 录

第一章 绪论 1
1.1 选题的依据及意义 1
1.2 国内外研究现状 2
1.3 以往地质工作概况 3
1.4 研究思路和方法 3
1.5 完成的工作量 4
第二章 区域地质概况 5
2.1 自然地理及经济概况 5
2.1.1 交通位置 5
2.1.2 自然地貌与经济概况 6
2.2 大地构造位置 6
2.3 区域地层 7
2.3.1 古生界 7
2.3.2 中生界 11
2.4 区域构造 12
2.4.1 褶皱构造及其特征 12
2.4.2 断裂构造及其特征 13
2.5 区域地球化学特征 14
第三章 矿区地质 15
3.1 矿区地层 15
3.1.1 泥盆系 15
3.1.2 石炭系 17
3.2 矿区构造 17
3.3 矿区岩浆岩 19
第四章 矿床地质特征 20
4.1 矿体地质特征 20
4.2 矿石特征 23
4.2.1 矿石类型 23
4.2.2 矿石的结构和构造 23
4.2.3 矿石矿物组成及化学成分 25
4.2.4 金矿物的赋存特征 26
4.2.5 矿石中伴生有益、有害组分 26
4.2.6 矿物共生组合 26

4.3 矿体围岩和夹石 27
4.4 矿床成因 27
第五章 矿床资源/储量计算 29
5.1 资源/储量估算对象及范围 29
5.2 资源/储量估算的工业指标 29
5.3 资源/储量估算方法的选择及其依据 29
5.4 资源/储量估算主要参数的确定 29
5.4.1 金平均品位计算 29
5.4.2 平均厚度的计算 30
5.4.3 块段投影面积测定 31
5.4.4 矿石体重 31
5.5 矿体的圈定和推定 32
5.5.1 矿体的圈定 32
5.5.2 矿体的推定 32
5.5.3 采空区测定 33
5.6 资源/储量类别及块段划分 33
5.6.1 资源/储量类别 33
5.6.2 块段划分 33
5.7 资源/储量估算结果 34
5.7.1 资源/储量估算基准日 34
5.7.2 资源/储量估算公式 34
5.7.3 资源/储量估算结果 34
5.8 伴生组份资源量估算结果 36
5.9 资源/储量估算的可靠性 36
5.10 需要说明的几个问题 36
第六章 矿区资源经济评价 38
6.1 地质评价 38
6.2 技术评价 39
6.2.1 矿床开发建设条件分析 39
6.2.2 开采地质条件 39
6.2.3 采矿方案 43
6.2.4 选矿实验 44
6.3 经济评价 45
6.3.1 资源经济形势分析 45
6.3.2 矿床未来开发技术经济指标的选取 46
6.3.3 经济效益计算 50

6.3.4 盈亏平衡分析与敏感性分析 55
6.4 环境评价 58
6.5 矿床综合评价 58
结　论 59
参考文献 60
致　谢 63

第一章 绪论

1.1 选题的依据及意义

黄金是人类较早发现和利用的金属。黄金具有货币和商品双重职能。因此，黄金成为财富和华贵的象征，具有金融储备、货币、首饰等功能。黄金是国际贸易的硬通货，它的储备能力大小是一个国家经济实力强弱的重要标志。而且，由于黄金具有独一无二的物理、化学属性，黄金广泛应用于冶金、化工、能源、航空航天、机械制造、军事及高科技等领域。因此，随着我国经济建设的不断发展和国际贸易市场的不断扩大、对黄金的需求量与日俱增。

据报告显示，世界黄金产量在2001年达以2623吨的数值达到历史最高水平之后，一直呈现出下降趋势。2009年世界黄金产量为2553吨，是九年来世界黄金产量第一次上涨。而中国近年黄金产量却一直保持持续上升。2007年，中国的黄金产量达270.491吨，第一次超过世界产金大国——南非，跃居世界第一位。2008 年中国黄金产量为282.007吨，同比增长4.26%，2009年中国黄金产量为313.98吨，首次突破300吨，同比增长11.34%，并连续三年蝉联世界第一。2008 年中国黄金交易市场开始迅速膨胀，黄金成为了投资的新热点。2008 年上海黄金交易所黄金成交量达到4463.8吨，同比增长了144%，成交金额达8696.05亿元。中国黄金市场价格发现和风险规避功能逐渐完善。2008年中国黄金消费和投资消费总需求量达到395.6吨，比2007年增长了21%，其中来自黄金首饰方面的需求达到326.7吨，超过了美国，紧随印度居世界第二位。世界黄金协会2010年29日发布关于中国黄金市场的首份报告《虎年黄金分析报告》。报告称，2009年，中国黄金市场的价值约为140亿美元，黄金消费量达到462吨，相当于全球黄金需求总量的 11%，是仅次于印度的世界第二大黄金消费市场。报告预计，以2009年底的平均价格来计，中国黄金年需求量将在未来10年内达到290亿美元。同时，未来10年内，中国的黄金消费量有可能在2009年的水平上翻一番。

目前，中国黄金保有储量达4634吨，其中，岩金2786吨，沙金593吨，伴生金1255吨。中国重要的黄金产地有黑龙江、吉林、辽宁、河北、山东、山西、陕西、湖南等。而黄金产量排名前三位的省份依次是山东、河南、江西，产金量占全国总产量的46.4%。其中，围绕川甘陕接壤地带(秦岭地区)及滇黔桂接壤地带的两个三角区，是近二三十年来发展起来的新兴的黄金生产基地。因此，对秦岭地区金矿的研究及开发，有着极其重

要的意义。

本论文主要研究区位于南秦岭地区发现的金龙山矿带金龙山矿段的米粮金矿。通过对米粮金矿的地质特征、矿体特征的研究，并估算储量，为金矿开发利用提供合理依据。米粮金矿的开发符合国家西部大开发的产业政策，该金矿的开发势必带动本地区及其周边地区经济的快速发展，改变这一地区经济发展落后的面貌。

1.2 国内外研究现状

矿床资源经济评价就是根据已有的矿床地质勘查资料和地质评价报告，选取合理的技术和经济参数，对矿床未来的开发条件（包括交通运输等外部条件）、加工利用条件及市场条件进行全面的分析研究，评定矿床有无开发利用价值以及开发后在未来的一定时期内的经济、社会效益，为矿床地质勘查项目取舍和矿山开发投资决策提供科学依据的工作。

矿产经济学起源至少可以追溯到200年以前，代表人物有David Riehado，还包括几位古典的经济学家。然而真正承认它为一门独立的领域或者学科还是二战以后的事。较早的矿产经济论述起源于1776年A·史密斯的《国家财富》，主要讨论矿区使用费（矿山租金）的计算和确定，直到1877年霍斯科尔德（H.D.Haskold）出版《工程师评价助手》一书提出评价矿床的总利润贴现法，简称总现值（net present value,缩写NPV），以后，这个方法广泛流行，并不断得到发展，逐渐形成了一门以矿床经济评价和矿业投资决策为主的矿产经济学（mineral economics）。二战以后的美国使矿产经济学真正酝酿成为一门独立的学科。当时所关注的两个问题，一是矿产品的长期可供性，二十来自前苏联和南非的重要战略性矿产品供应中断所带来的威胁，正是矿产经济学形成的发端。早期的矿产经济学主要研究一些传统的项目，如市场分析（主要是矿产品的价格和需求预测）、工程评价、垄断和反托拉斯问题。

矿床资源经济评价工作在国外开展得较早，世界上比较成熟的矿床经济评价工作基本上有以前苏联为代表的计划经济国家和以美国为首的西方市场经济国家采用的两大体系。

我国的矿床经济评价工作开始于七十年代后期，许多从事地质和矿业生产的部门积极开展了这项工作，成立了专门的研究机构。许多地质院校开设了“矿床经济评价”或“地质技术经济”课程。1987年12月全国矿产储量委员会编制了《矿床技术评价参考手册》，并颁发试行了《矿产勘查各阶段矿床技术经济评价的暂行规定》，强调指出：“矿

床技术经济评价应贯穿于矿产勘查工作的全过程，在普查、详查、勘探三个阶段，均需进行相应的评价。”原地矿部直属单位管理局于 1989 年下发了《矿产普查—详查阶段矿床经济评价暂行规定》实施细则。这些规定的颁布对地质勘查工作投资决策科学化以及资源本身的合理利用，都起到了非常重要的作用。

1.3 以往地质工作概况

1957 年，秦岭区测队本区域进行 1:20 万地质测量，出版了 1:20 万地质图和矿产图。

1964～1969 年，西北冶金地质四队（武警黄金第五支队前身）曾在本区域丁家山—马家沟一带（即丁—马矿带）进行汞锑矿的找矿勘探工作，于 1970 年提交了《丁家山和西坡岭汞锑矿床勘探地质报告》，此后，又有不同地质单位，在此开展了汞锑矿的找矿工作。

1958～1978 年间先后有冶金局安康地质五分队、西冶三队、西安东方冶炼厂、西冶 714 队三分队、西冶公司物探队等单位先后在该区开展铜（金）矿普查。不同程度地投入了地质填图，槽、硐、钻探等工作量，提交了 Cu 储量 167.78 吨，伴生 Au、Ag 储量约 2000 kg。

1982～1985 年，武警黄金第五支队在丁—马矿带进行了金矿找矿工作，在含汞锑的蚀变带及破碎带取样时发现了几处含金矿化点。

1986 年，武警黄金第五支队第二中队在该区域开展了 1:5 万水系沉积物测量 270km^2，圈出Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ四个金异常带。

1989 年，武警黄金第五支队第一中队查证Ⅳ号 1:5 万水系沉积物异常时，发现了金龙山 101、106 号金矿脉，经地表工程揭露，圈出了金矿体，并显示了很好的找矿前景。

1990～1993 年，武警黄金第五支队第一中队继续对Ⅱ、Ⅲ号异常进行查证，在腰俭、丘岭、古楼山等相继发现了金矿(化)体。通过地表工程揭露，发现了金龙山金矿 304 号脉群等。

1994～2007 年，武警黄金第五支队、西安地质学院和西北大学提交了《陕西省镇安县金龙山金矿区控矿构造及成矿预测研究》、《陕西省山阳—镇安丁—马微细浸染型金矿成矿规律及成矿预测》等科研报告。

1.4 研究思路和方法

本论文在充分收集前人大量资料及研究成果的基础上，通过系统的野外地质调查、

剖面测量，采集了大量的岩矿标本，并结合构造地质学、现岩石学、矿物学、岩相学、地球化学、矿床学、矿床经济学的理论和方法对米粮金矿进行研究。本文从区域构造地质背景研究入手，着重研究了地层、构造。再通过分析米粮金矿床产出的地质背景、矿体的形态、产状、矿体产出与构造的关系，矿石结构、构造以及矿床成因等，估算出金矿的储量。通过计算，对米粮金矿进行地质、技术、经济、环境的综合评价，证明矿区的可开采性。

1.5 完成的工作量

本论文依托镇安县矿产资源二轮规划项目。在完成本论文期间，本人先后跟随项目组到镇安县金龙山矿带及米粮矿区进行野外地质调查 35 天，在此基础上，本人收集了米粮金矿有关的书籍、科研文献、报告等，并在室内完成了大量样品的岩矿鉴定、分析、测试。具体工作量统计如下：

实际工作量统计表

序号	工作内容	工作量
1	野外地质路线观察	38km
2	实测剖面	4 条
3	野外照片	75 张
4	矿床矿点调查	3 个
5	采集岩石标本	52 块
6	薄片分析	12 件
7	分析探槽资料	28 条
8	分析钻孔资料	32 个
9	绘制地质、地化图件	12 幅
6	查阅相关书籍文献	100 篇

第二章　区域地质概况

2.1 自然地理及经济概况

2.1.1 交通位置

米粮金矿位于陕西省镇安县城南东方向(115°)，直距 40km，行政辖区为陕西省镇安县米粮镇光明村，地理坐标为：东经 109° 29′ 19″～109° 29′ 46″，北纬 33° 19′ 20″～33° 19′ 32″，面积 0.235km^2。矿区南距镇安—山阳省际公路 1.5km，有村镇公路与之相通，至镇安县城有柏油路相通，运距 65km，至安康市运距 165km。矿区西距西康铁路与西康高速公路 40km。(图 2.1)。

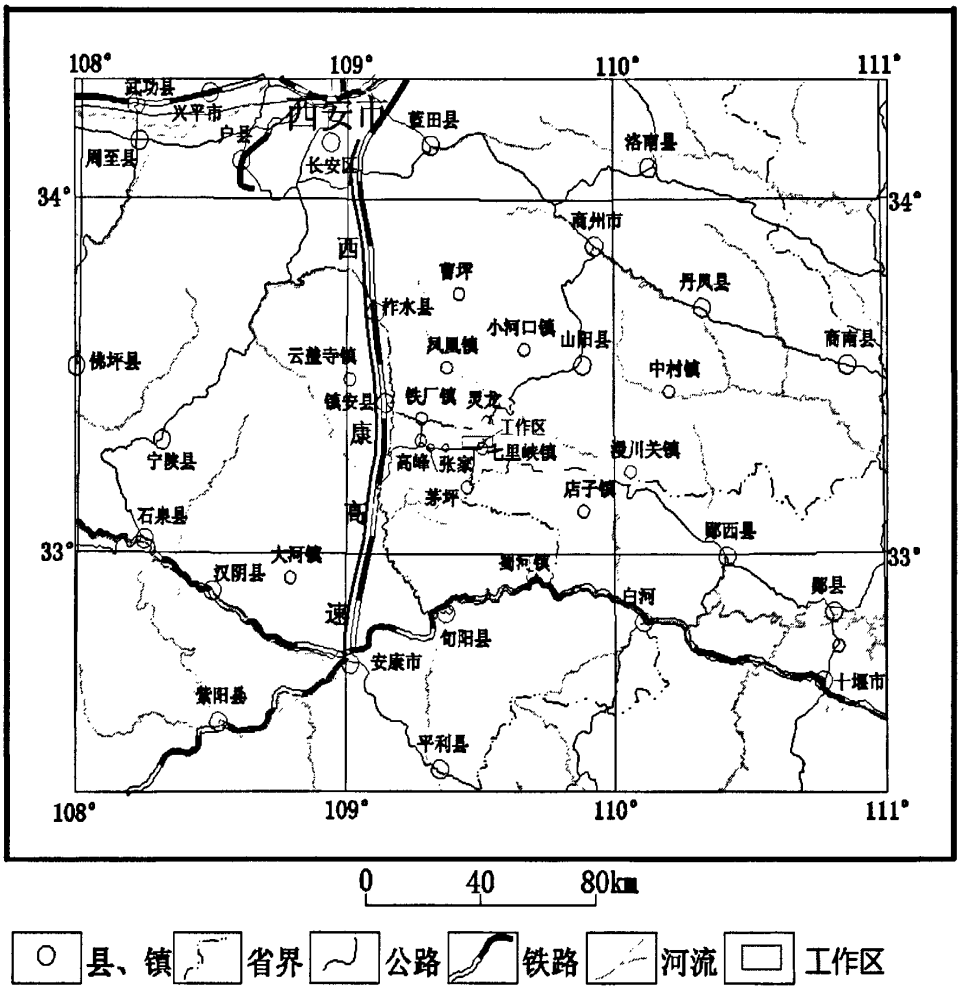


图 2.1　矿区交通位置图

2.1.2 自然地貌与经济概况

该区属秦岭南麓之中—低山地区。山脉多呈东西向展布，呈西高东低之势，海拔高度618～1699.2m，区内最高山古楼山标高1699.2m，最低白塔湾标高618m，高差1081m，一般相对高差约200～300m之间。区内地形变化较大，由灰岩组成的山系形成陡峭的山坡或悬崖峭壁，一般坡度在30°～45°之间，由页岩组成的山坡比较平缓且多被垦为农田，一般坡度在10°～20°之间。

该区属暖温带半潮湿气候区，年降雨量平均820mm，一般波动于600mm～1000mm之间，每年9～11月为雨季，最长阴雨天达一月甚至更长，对工作及交通均有影响。年平均温度15°，夏季日温最高达37℃，一般28℃～34℃，冬季日温最低-12℃，一般在-1℃～8℃，每年12月到次年2月降雪，高山阴坡局部结冻，冻土层厚8～10cm，风向一般为东南、西南，风速一般2～4级。

区内属于汉江水系，支流有金钱河和乾佑河。本区有十多条近北南向的小沟：庙沟、孙家沟、夹石沟、东沟等，为常年性水流，但流量甚小。在矿区北部，有岩屋河由西向东经七里峡在白塔湾汇入唐家河，庙沟、孙家沟由北向南进入米粮河后再向东流入唐家河，唐家河由西向东汇入金钱河。夹石沟、东沟由北向南进入冷水河后再向西汇入乾佑河。金钱河经夹河由湖北郧西夹河镇流入汉江，乾佑河经旬河由陕西旬阳流入汉江。

区内人口稠密，经济落后，镇安县约27万人，劳动力充足，经济以农业为主，农作物以玉米、小麦、土豆、大豆为主。经济作物主要有核桃、板栗、油桐、竹子等。树木为以松树为主的各种杂木林，可满足矿山用材。该县工业不发达，只有面粉、水泥、化工等几个小型工厂及金、铅、锌、汞、锑等小型矿山。

镇安至米粮已有35kV高压线路，矿区已通10kV高压线路，生产和生活较为方便。

2.2 大地构造位置

本区大地构造背景为秦岭复合造山带～南秦岭造山带～凤县—镇安断褶带。研究区在区域构造上位于镇安—板岩镇断裂南侧，金鸡岭复式向斜北翼之次级褶皱松（松树岭）—枣（枣树滩）背斜南翼（图2.2）。

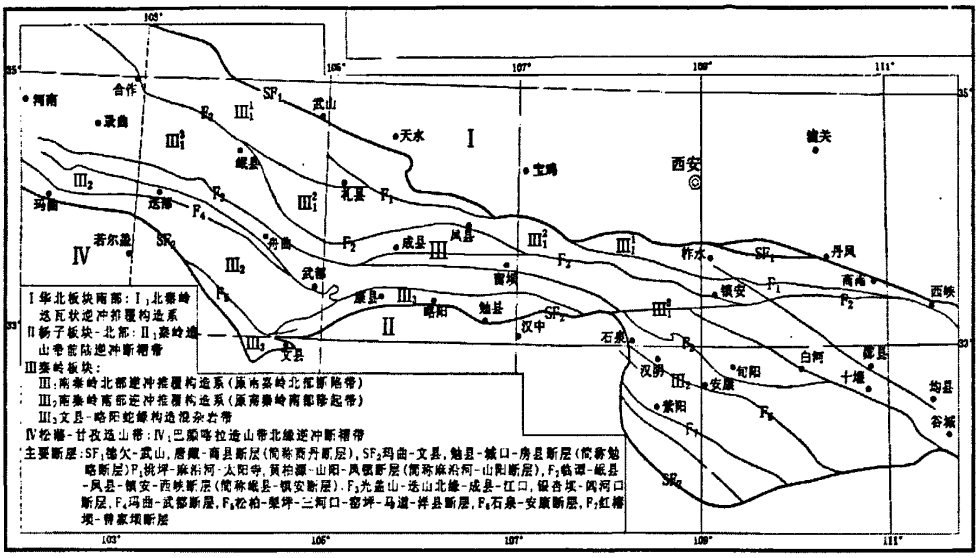


图 2.2 区域构造示意图

2.3 区域地层

本区属徽县—旬阳分区，留坝—白河小区。区内上古生界地层出露较齐全。中生界仅有三叠系，新生界仅有第四系零星分布（图 2.3）。现将地层由老到新分述如下:

2.3.1 古生界

古生界主要沿镇安—旬阳海盆周边分布。随着沉积盆地的不断演化，古生界地层的沉积范围也不断扩大，沉积中心向北迁移，赋矿地层上泥盆统南羊山组和下石炭统袁家沟组在沉积盆地的中心地带发育。

1．泥盆系

该区志留纪晚期发生的挤压作用导致泥盆纪以后形成深坳陷和巨厚的陆源碎屑类复理石沉积，厚度大于 8000m，物源来自秦岭造山带。沉积盆地具走滑转换特征的前陆盆地性质，显示早泥盆世时扬子板块向华北板块俯冲，中泥盆世达到高峰，晚泥盆世这种作用减弱以至消失。沉积盆地明显受控于山阳—凤镇断裂和镇安断裂，泥盆系分为北、中、南三个带，矿带位于其南带，由老到新依次为：

（1）西岔河组（D_1x）

本组地层主要为一套粗碎屑岩。下、中部为砾岩、砂砾岩、砂岩、粉砂岩。局部夹含铜、金砂砾岩；上部为白云质灰岩夹板岩，局部变为板岩夹泥灰岩。厚 20m～708m，一般为 140m～320m。

（2）公馆组（D_1g）

本组地层整合覆于西岔河组之上。岩性主要为白云岩、白云质灰岩夹粘土质岩，留坝闸口石以西，则变为千枚岩夹细（粉）砂岩或泥质灰岩。该组下部为厚层的层纹状白云岩、含藻白云岩，中部为中厚层白云岩和含泥砂白云岩，上部为薄中层白云岩、泥质岩及泥灰岩。厚度变化在53m～650m。

（3）石家沟组（D_2sh）

本组地层分上下两部分，下部以泥质碳酸盐岩为主，上部为泥质粉砂岩夹白云岩或互层。在镇安水田沟以东及留坝孔雀台以西地带，岩性主要为泥灰岩、灰岩夹泥质岩，厚度一般为100m～400m；安康付家河—洋县杨庄河一带，以绢云母石英片岩为主，夹结晶灰岩或大理岩、变质砂岩。与下伏公馆组为整合接触。

（4）大枫沟组（D_2d）

本组地层为一套含铁长石石英砂岩、板岩、粉砂岩和碳酸盐岩沉积组合。下部一般为含铁石英砂岩夹板岩、泥质生物灰岩，局部夹菱铁矿或磁铁矿石英岩；上部为泥质（白云质）灰岩、生物灰岩夹少量板岩。其上、下分别与杨岭沟组和石家沟组呈整合接触，厚度在124m～450m。

（5）杨岭沟组（D_2y）

本组地层为区内分布范围较广的地层之一。下部以石英砂岩为主，中部为碎屑岩、泥质岩与碳酸盐岩互层，上部以生物灰岩、生物碎屑岩、礁灰岩为主，局部夹有风暴岩。在旬阳冷水河—西岔河一带，岩性为灰岩、泥质灰岩夹千枚岩、石英砂岩；山阳松树坪以东，留坝闸口石以西地区，主要为灰岩、泥质灰岩。该组厚度在380m～1300m。与下伏大枫沟组呈整合接触。

（6）冷水河组（D_3l）

本组地层整合覆于杨岭沟组之上，由带状粉砂质泥质岩、粉砂质板岩、千枚岩、泥晶灰岩、白云岩等组成，局部夹有生物碎屑灰岩、生物灰岩等。镇安腰庄河等地，为千枚岩夹泥质灰岩；留坝闸口石以西，主要为泥质灰岩。厚度91m～1092m。该组是本区金矿的赋矿地层之一。

（7）南羊山组（D_3n）

整合覆于冷水沟组之上，出露于镇安县驼羊沟—南沟口—寒长沟一带，向东经阴坡山—丘岭—腰俭—金龙山鹰嘴石—红岩山至山阳县毛家峡，直止金钱河流域的金盆档—

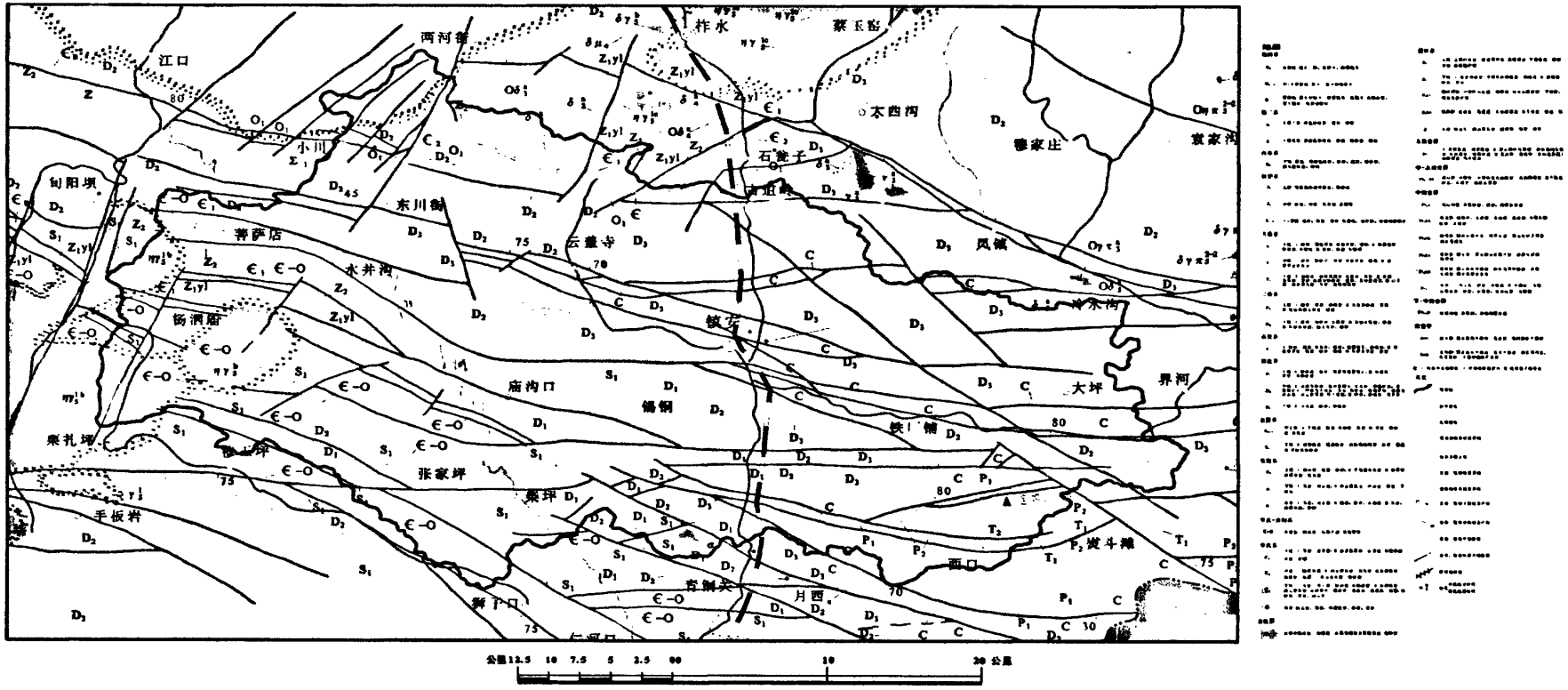


图2.3　镇安县区域地质图(据20万地质图改)

熊家山一带，为金龙山矿带最主要的容矿层位，在东西向存在岩性变化，由东向西大致可划分出层位及时代相当的南羊山组板岩、南羊山组灰岩—粉砂岩—页岩、南羊山组灰岩三个岩相区段。南羊山组板岩岩相段：位于镇安县驼羊沟—南沟口—寒长沟一带，东侧大体以阴坡山为界与南羊山组灰岩—粉砂岩—页岩岩相段相接；岩性为灰—深灰色含碳泥板岩。

南羊山组灰岩—粉砂岩—页岩岩相段：出露于扁头山、丘岭以东到金龙山东西两侧，向东可延伸至山阳县毛家峡一带，构成本区微细浸染型金矿床的含矿和容矿地层。可分为三个岩性段：下部为灰—浅灰色泥质板岩，厚约 90m；中部由灰—灰黑色中薄层状钙质板岩、粉砂质页岩、薄层灰岩互层组成，多夹有含砂质粒屑灰岩及粉砂岩薄层，厚度约为 168m；上部岩段的下部为灰色含泥质、粉砂质灰岩、粒屑灰岩、粉砂质页岩、钙质粉砂岩，上部为青灰色泥质灰岩夹浅灰—灰黄色钙泥质板岩，厚约 57m。

南羊山组灰岩岩相段：出露于山阳县金盆档—熊家山一带。岩性较单一，由灰—浅灰色中薄—巨厚层状粉晶灰岩、中—细晶灰岩夹泥灰岩组成，含大量砂屑、生物碎屑、藻屑、泥灰球粒及鲕粒等，厚 540m。

2.石炭系

泥盆系以后，东秦岭南带进入残余盆地演化阶段，沉积地层主要发育于镇安—山阳一带，其发展受陆间的大陆消减和走滑造山作用的控制。泥盆系与石炭系地层呈整合接触。

（1）袁家沟组（C_1y）

本组地层岩性以浅色灰岩为主，含燧石灰岩夹页岩及钙质砂岩，总厚 310m～360m。本组在区域上大致分为下、中、上三部分。下部为灰岩夹页岩、中部为浅色灰岩夹页岩，上部为钙质砂岩、灰岩、页岩。本组岩性和厚度变化较大，在三里峡、米粮川几乎全为灰岩，厚度约 200m 左右，向南向东夹钙质砂岩、页岩等，厚度增大。与下伏上泥盆系南山羊组呈整合接触。该组地层是本区汞、锑矿和金矿的赋矿地层之一。

（2）四峡口组（C_2s）

本组地层岩性为灰黑色页岩和砂质含碳页岩夹石英砂岩、板岩和铁质结核。底部厚层至巨厚层状燧石条带灰岩夹灰黑色砂岩、灰岩、黑色页岩与灰岩互层，厚度约 75m～150m；中部为灰黑色块状结晶灰岩夹砾状灰岩；上部为粉砂质页岩、铁质砂岩、灰黑色碳质页岩，上中部厚约 65m～135m。与下伏袁家沟组呈整合接触。

（3）羊山组（$C_{2-3}ys$）

本组地层为一套灰色厚层—巨厚层块状灰岩、细晶灰岩、含生物碎屑灰岩及含藻屑泥晶灰岩。上部为灰黑色厚层或块状灰岩；中、下部为浅灰、灰白色或灰红色厚层或块状灰岩。厚约640m。

3.二叠系

分布于矿区南部金鸡岭复式向斜核部及附近的两翼。上、下统发育齐全，可分为五组：

（1）南沟河组（C_2-P_1）n

位于五里坡垭子—北羊山一带。本组地层与下伏石炭统呈整合接触，分上下两段。下段为浅灰、灰黑色厚层灰岩，局部含燧石，夹少量碎屑灰岩，厚 172m；上段为灰、灰白色灰岩、深灰色泥质灰岩，富含蜓类及腕足类化石，厚175m。

（2）水口峡组（P_1sh）

本组地层局部分布于镇安西口—熨斗滩水峡口一带，由黑色—深灰色灰岩、泥质灰岩夹黑色页岩、砂质页岩和砂岩组成，厚 397m。富含蜓类、腕足类和珊蝴化石，与下伏南沟组呈整合接触。

（3）西口组（P_2x）

本组地层仅分布于镇安西口—熨斗滩三里峡一带。以灰黑、灰色灰岩、泥质灰岩为主，夹（互）泥板岩、石英砂岩、粉砂岩，厚383m，与下伏地层呈整合接触。

（4）熨斗滩组（P_2y）

本组地层分布于金鸡岭复式向斜核部近两翼部位。主要由暗紫红色、灰红色块状生物碎屑灰岩，泥质灰岩组成，下部夹砾状泥质灰岩、砾状灰岩，厚 875m，与下伏地层呈整合接触。

（5）龙洞川组（P_2l）

本组地层岩性为灰、灰白色块状灰岩，夹紫红、浅红色泥灰岩或灰岩组成，厚789.5m。在区域上厚度变化很大，下伏地层呈整合接触。

2.3.2 中生界

区内仅出露三叠系，组成金鸡岭向斜核部，为一套浅海相碎屑岩和泥质碳酸盐岩沉积，分为下中三叠统金鸡岭组和中三叠统岭沟组。

（1）金鸡岭组（$T_{1-2}j$）

本组地层分布于镇安西口程家川两侧的金鸡岭—聂家沟—熨斗滩西山一带。为一套

浅海相碎屑岩和泥质碳酸盐岩。主要岩性为灰色鲕粒灰岩、砂屑灰岩，夹少量粉砂质钙质板岩、钙质细砂岩。厚 113m～663m。与下伏龙洞川组呈整合接触。

（2）岭沟组（T_2l）

本组地层下部为一套灰绿、深灰黑色粉砂质板岩、含泥微晶灰岩及含钙质泥岩，中部夹一套核形石灰岩，上部为深灰色含钙泥岩夹钙质砂岩、含泥质微晶灰岩。厚约 700m，与下伏地层呈整合接触。

2.4 区域构造

区域构造以近东西向为主，褶皱构造多以复背斜复向斜形式出现（图 2.4）。

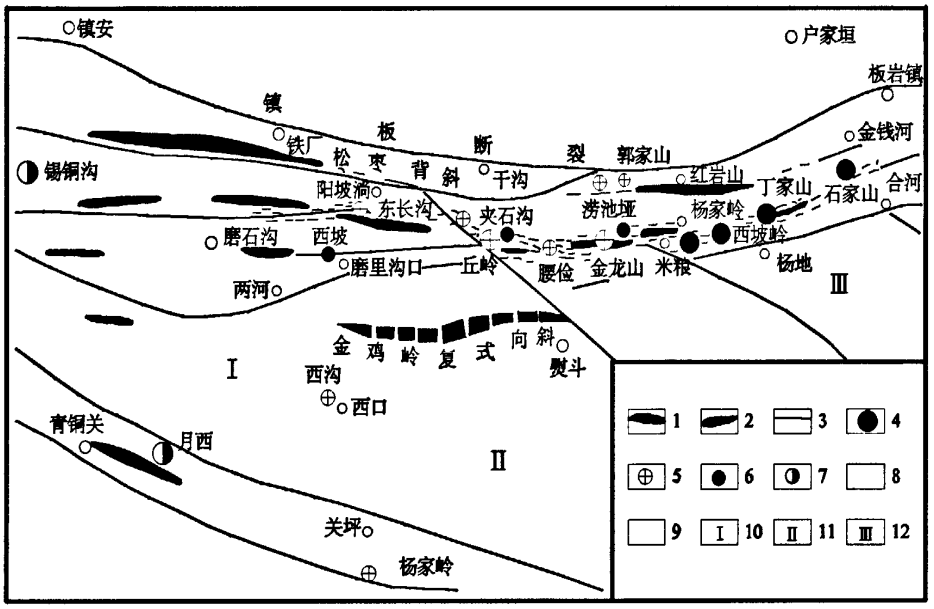


图 2.4　金龙山矿带区域构造纲要图

1.向斜;2.背斜;3.断裂;4.汞锑矿床;5.金矿床;6.锑矿点;7.铅锌矿床;8.逆冲-推覆剪切带;9.矿化分区及岩相界限;10.铅锌成矿区;11.锑金成矿区;12.汞锑成矿区

2.4.1 褶皱构造及其特征

区内褶皱构造十分发育，主要有：

1．金鸡岭复向斜

金鸡岭复向斜位于镇安—板岩镇断裂以南，为镇—旬地区印支褶皱的主体，轴向为近东西向，且东西两端翘起转折。向斜的核部为三叠系、二叠系和石炭系地层，两翼及仰起端由泥盆系及下古生界地层组成，其两翼被次级褶皱复杂化，北翼较南翼略陡，轴面近直立，基本属对称褶皱。

2．松枣复背斜（松树岭—枣树滩)

为金鸡岭复向斜北翼的次级褶皱，呈东西向展布，其南翼为是由上泥盆统南羊山组和下石炭统袁家沟组地层组成的金龙山金矿带的主要赋矿层位。该褶皱两翼对称，核部地层为泥盆系各段。

3．丁家山—金龙山—丘岭背斜

为金鸡岭复向斜的三级褶皱，位于金鸡岭复向斜的北翼，松枣二级复背斜南翼，是控制金龙山矿带的直接背斜构造。该背斜由一系列近东西向短轴背斜组成，两翼地层较陡，局部地层甚至发生倒转。该背斜核部为上泥盆羊山组和冷水河组，两翼则为中、下石炭统。

2.4.2 断裂构造及其特征

区内区域性大断裂多以东西向为主的压性大断裂，具多期活动特点，其次为北东及北西向压扭性断裂，再次为南北向张性断裂，这些断裂对区内地史发展演化有控制作用。主要断裂详述如下：

1．镇安—板岩断裂

该断裂为深大断裂，西起甘肃两当附近，经镇安县蒿坪药王庙北、山阳县板岩镇，向东在山阳以东交汇于山阳—内乡断裂，呈东西向延伸，北倾，倾角 50°～60°，在岩屋河一带呈向南凸出的平缓弧形，东西两端向北偏转。多数地段可见两条主断面，断裂带宽数十米至千余米。该断裂活动始于元古宙，在古生代控制着泥盆纪和石炭纪的沉积盆地，沉积建造及其厚度存在明显差异，沿断裂带有中生代侵入岩体分布。

2．凤镇—山阳断裂

为夏河—临谭—凤镇—山阳—桐柏深大断裂在陕西境内的一部分，总体呈北西西向展布，北倾，倾角 60°～80°，断裂带宽数十米至百余米，为礼县—柞水海西褶皱带与南秦岭印支褶皱带的分界断裂。

3．米粮川—大心川断裂

为近东西向次级断裂，一般具多期活动特点，力学性质多以压扭性逆冲断层为主，多向北倾，上部倾角 50°～70°，向深部倾角逐渐变缓，呈铲形特征。该组断层与成矿带关系较密切，控制着矿带南部边界。

2.5 区域地球化学特征

1：5万水系沉积物测量发现以金为主的异常四个（表2.1）。

表2.1　水系沉积物异常特征表（据详查报告）

异常编号	位置	异常点数	异常面积（km^2）	金含量（10^{-9}）		地化特征
				平均	最高	
I	铁厂铺	64	10	12.74	57.19	浓集中心明显，与Hg、As、Sb重砂或水系沉积物异常吻合。
II	丘岭	41	7	39.29	235.71	浓集中心在异常两侧，有重砂或水系沉积物Hg、As、Sb异常。
III	腰俭	18	6	8.84	32.4	浓集中心明显，有重砂或水系沉积物Hg、As、Sb异常。
IV	金龙山	29	6	35.44	279.35	浓集中心明显，与Hg、As、Sb重砂或水系沉积物异常吻合。

1．Au、As、Sb、Hg组合异常是本区金矿床的显示，其中Au、As异常吻合最好，但较Sb、Hg异常面积小。

2．异常形态较规则，呈带状分布，具有一定规模，异常强度高，浓集中心突出，均具内、中、外3个带。

3．异常浓集中心由金矿（化）体中心部位向水系下游位移。例如II号金异常浓集中心向下游位移了2km。

第三章 矿区地质

矿区位于镇板断裂南侧丁家山—金龙山—丘岭三级背斜的金龙山矿带金龙山矿段内。

3.1 矿区地层

矿区内出露的地层主要为上泥盆统南羊山组（D_3n）和下石炭统的袁家沟组（C_1y），紧邻矿区外围为中—下石炭统四峡口组(C_2s)，其层序及岩性组合见表 3.1，分布见图 3.1。

表 3.1 矿区地层划分单元表

界	系	统	组	段	代号	厚度(m)	岩性描述
新生界	第四系				Q_4	0～15	洪、坡积、残积及风化物、主要为砾石、卵石及黄土层等，分布于河谷等地及风化区
古生界	石炭系	中统	四峡口组	下段	C_2s_2	102	炭质页岩夹泥砂质岩泥质灰岩，长石石英砂岩条带及生物炭岩，含铁质结构，风化强，多为农田。
		下统	袁家沟组	上段	C_1y_1	36.86	薄～中厚层类岩夹页岩，含矿层位。
				中段	C_1y_2	89.75	含炭薄～中厚层灰岩类粉砂岩夹粉砂岩、页岩，含矿层位。
				下段	C_1y_1	20～50	浅绿色～灰色，薄～中厚层灰岩含燧石团体块。
	泥盆系	上统	南羊山组		D_3n	115	钙质页岩类，薄层粉砂质碎屑灰岩，钙质粉砂，细砂岩为本区主要含矿层位。

3.1.1 泥盆系

主要为上泥盆统南羊山组（D_3n），区内分布较广，地层厚度 115m，多呈近东西向出露于丘岭、金龙山背斜的核部，主要岩性为浅绿色-淡黄色钙质粉砂岩、泥质粉砂岩、泥砂质页岩、含泥砂质灰岩、含粉砂质灰岩、生物灰岩及钙质页岩等，灰岩多呈纹层状或薄层与页岩和粉砂岩互层，常见黄铁矿呈星点、草莓状及细脉状分布。南羊山组 Au 的含量为 7.3×10^{-9}～24.6×10^{-9}，是上地壳丰度值(Taylor,1985)1.8×10^{-9}的 4～13.6 倍，相比下伏上覆地层都比较高，所以南羊山组是矿区的主要矿源层(张复新，1996)和容矿层。

本组地层为矿区内主要的含矿层位。按岩性组合自下而上分为三个岩性段：

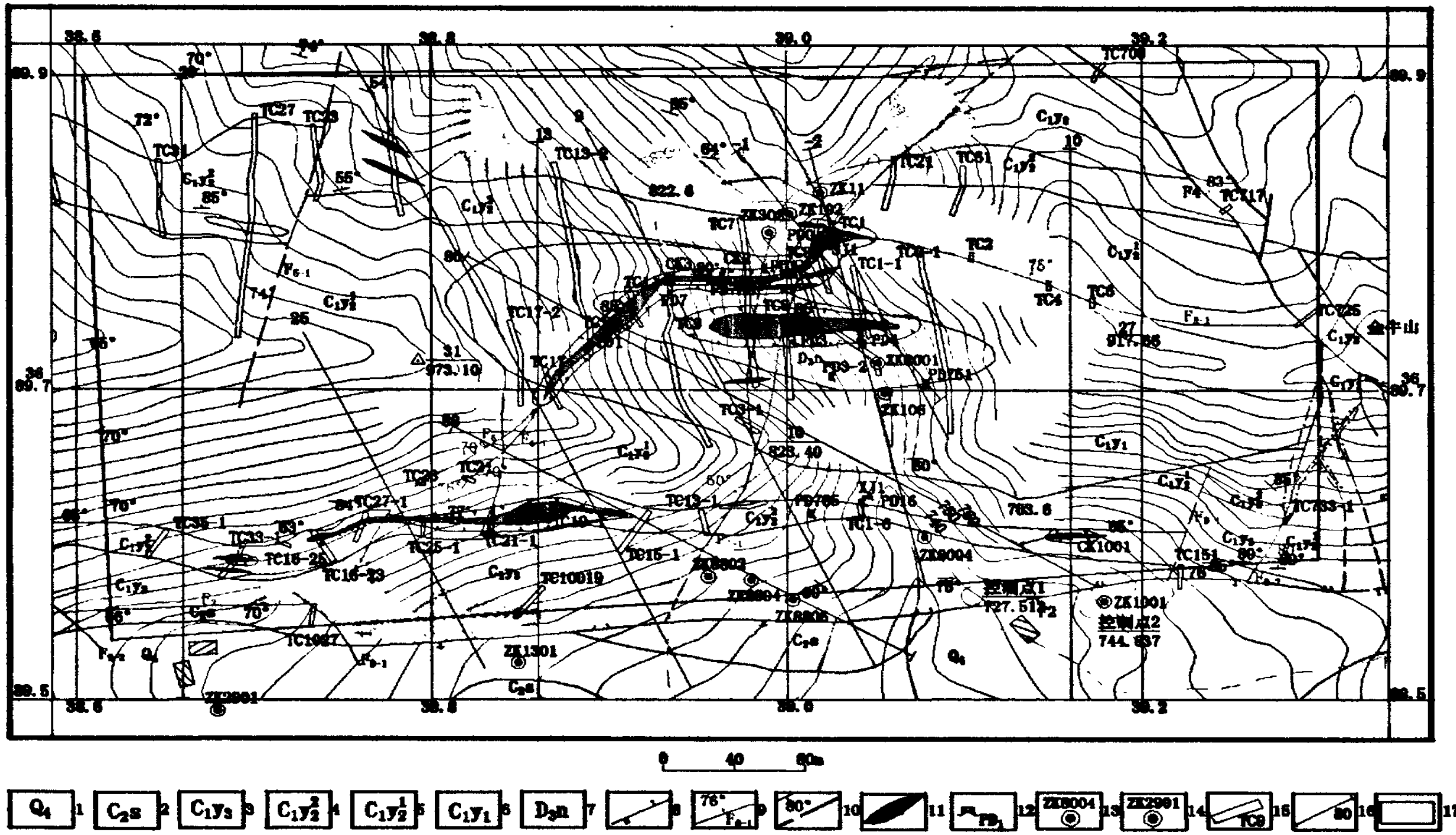


图 3.1 镇安县金龙山矿带金龙山矿段米粮金矿地形地质图（据详查报告）

1-第四系坡积物；2-炭质页岩夹石英砂岩；3-中厚层灰岩夹紫红色页岩；4-薄层灰岩夹燧石条带页岩；5-薄层灰岩夹燧石条带；6-薄层-中厚层灰岩夹燧石结核；7-底部为黄绿色页岩，顶部为含砂质薄层灰岩、局部夹钙质页岩；8-实测逆断层及产状；9-断层编号及产状；10-实测地质产状及推测地质产状；11-矿体编号及产状；12-坑道位置及编号；13-见矿钻孔位置及编号；14-未见矿钻孔位置及编号；15-竣工探槽位置及编号；16-勘探位置及编号；17-矿权范围

1．下部岩性段（D_3n_1）：主要由深灰色中薄层泥晶灰岩、泥灰岩、泥质砂岩、粉砂质组成，夹少量含碳质、粉砂钙质页岩层，含微量成岩黄铁矿。

2．中部岩性段（D_3n_2）：主要由浅绿色-淡黄色钙质粉砂-细砂岩、粉砂质页岩夹薄层灰岩组成，普遍含成岩期草莓状黄铁矿及少量凝灰质成分。为区内主要的含矿和容矿层位。

3．上部岩性段（D_3n_3）：地层岩性与中段大体相同，仅在主要成分上含量有差异，砂质成分较中部岩性段降低，钙质成分增加，常见同生黄铁矿极少量火山凝灰物质成分。也为区内主要含矿和赋矿层位。

3.1.2 石炭系

主要为下石炭统袁家沟组和中石炭统四峡口组地层。

1．袁家沟组（C_1y）

区内分布广泛，地层厚度176.61m，可分为三个岩性段：

（1）下部岩性段（C_1y_1）：主要由浅灰色-灰色薄层-中厚层状灰岩夹粉砂质灰岩，薄层泥质灰岩组成，其中含有少量的燧石条带。底部为薄层灰岩夹粉砂质页岩，上部为中厚层状灰岩夹页岩及薄层灰岩。

（2）中部岩性段（C_1y_2）：分为两层。下层($C_1y_2^1$)主要由深灰色含炭中厚层状灰岩夹薄层灰岩、少量粉砂质页岩组成，灰岩中含稳定的燧石条带。上层($C_1y_2^2$)主要由含碳质页岩夹薄层灰岩、粉砂质页岩组成，常见黄铁矿呈星点、细脉状分布。是区内主要含矿层位之一。

（3）上部岩性段（C_1y_3）：主要为深灰色中厚层状灰岩夹紫红色薄层泥灰岩或钙质页岩，局部夹巨厚层状灰岩透镜体，灰岩中含有少量的燧石结构或不稳定的燧石条带。

2．四峡口组（C_2s）

分布于矿区的南北边缘地带，地层厚度102m，可分为两个岩性段：

（1）下部岩性段（C_2s_1）：主要由泥砂质页岩、炭质页岩、泥质灰岩，长石石英砂岩条带及少量生物碎屑灰岩，夹硅铁质条带及结核组成。

（2）上部岩性段（C_2s_2）：主要由深灰—灰黑色薄—中厚层状灰岩，炭质灰岩夹粉砂质条带、遂石条带组成。

3.2 矿区构造

本区褶皱和断裂均较发育，构造的展布方向与区域构造是一致的，受近南北向压应

力作用，形成北西西向-近东西向展布的褶皱断裂构造格架。在金龙山背斜形成过程中派生出东西向、北东向、北西向、南北向四组断裂构造。东西向构造最先形成；其后形成北西向、东西向一组共扼剪切断裂构造，最后在剪切作用的基础上局部地段发育南北向张性断裂。

1．金龙山背斜

金龙山背斜总体表现为一椭圆形短轴背斜褶皱构造，背斜核部由南羊山组地层组成，两翼为袁家沟组层位组成。两翼地层陡倾，局部倒转，轴线呈近东西向。背斜向东倾伏，倾伏角 10°～20°。短轴背斜规模不大，背斜核部的南羊山组长度 230m，构成矿区的主要构造骨架。背斜的次级褶皱发育，局部地层呈揉皱状，派生的应变带十分发育，可见典型的膝折构造，反映区内曾发生强烈脆韧性变形。

褶皱构造控制着矿床的宏观定位，对金矿化控制作用明显，矿脉多分布在背斜的核部、褶皱的转换、交接等部位。

2．断裂构造

本区断裂构造极为发育，为伴生于褶皱构造发育的韧脆性剪切断裂系统，以近东西向、北东向断裂为主，次为北西、南北向断裂。断裂构造控制着区内矿体的赋存空间（见图 3.1 和表 3.2）。

表 3.2 金龙山矿段主要断层统计一览表

断层编号	长度(m)	走向(度)	倾向(度)	倾角(度)	断层性质
F1	＞700	120	南西	75-85	逆断层
F2	＞2000	90	南	80	逆断层
F3-1	300	110	北	75	逆断层
F4	＞800	130	北东	83	逆断层
F5	300	190	西	74	正断层
F6	450	225	北西	70	逆断层
F6-1	100	220	北西	70	逆断层
F7-1	260	190	北	50	正断层
F8-1	80	195	东	80	正断层
F8-2	160	195	东	80	正断层
F9-1	60	130	东	70	平移-逆断层
F9-2	140	130	西	70	平移-逆断层

（1）近东西向断裂

该组断裂主要有 F1、F2、F3-1，其中 F1 和 F2 这两条一级断裂构成了矿区的南北边界，断裂在走向上有一定弯曲，总体倾向北，倾角 75°～85°，属逆断层，这两条断

层构成了矿区的构造骨架，对矿区内地层构造及蚀变的发生、发展及分布规律主导作用，无疑对本区的矿化作用也起着至关重要的作用。但 F2 大断裂在金龙山经钻探控制，断层倾向南，倾角 80° 左右，断层破碎带宽 26m～91m，破碎带由灰岩、含碳页岩碎块和黑泥构成，断层上盘地层为四峡口组含碳页岩和石英砂岩，下盘地层为袁家沟组灰岩，页岩夹灰岩。

F3-1 破碎带宽几米，北倾，倾角较陡。该组断裂发育于脆性岩石中，表现为脆性断裂，当发育于灰岩及页岩互层的地层时，该断裂多顺层发育，断裂带无明显的边界。沿该断裂带金丰度值普遍偏高，是金的一次矿化富集过程，101 矿脉在东段受该断裂控制，当该断裂叠加有其它不同方向的断裂时，矿化较好。

（2）北东向断裂

该组断裂主要有 F6、F6-1、是矿区主要的赋矿构造之一。一般长度几百米，破碎带宽度几米～几十米，倾向北西，倾角 70° ～85° ，局部地段产状反倾，断裂带两侧次级断裂及羽状裂隙也较发育。101、103 号矿脉在 80 线以西受该断裂控制。

（3）北西向断裂

该组断裂主要有 F4、F9-1、F9-2。其中 F4 破碎带规模大，一般长度达几百米，宽度几米～几十米。断裂走向为 300° ～340° ，一般倾向北东，个别断裂带倾向南西，倾角 60° ～80° 。

（4）南北向断裂

是矿区次要的赋矿构造。主要有 F5-1、F7-1、F8-1。破碎带规模较小，一般长度小于几百米，宽度小于几米。断裂走向 0° ～5° ，一般倾向西，倾角 75° ～85° 。该组断裂在采矿区东南边赋存金锑矿脉。

3.3 矿区岩浆岩

矿区内后期岩浆活动不发育。

第四章 矿床地质特征

4.1 矿体地质特征

区内矿体均赋存于金龙山短轴背斜的轴部及两翼，核部为上泥盆统南羊山组，两翼为石炭统袁家沟组。在早期剪切片理化带上叠加的密集分布的横切片理的破劈理、不均匀分布的膝折带，构成了北东、北西、南北向破碎带，其中北东向破碎带是该区主要的含矿带。矿段内共圈定四条主矿体（见图 3.1 和图 4.1），具体特征如下：

1．101 号矿体

101 号矿体分布于矿区中部近东西向及北东向断裂蚀变带内，蚀变带长大于 500m，宽 6m 左右，详查地段控制长 200m。矿体地表由有 8 条探槽控制，控制矿体长度 200m，出露最大标高 924m。深部受 818、786、751 三个中段坑道控制，ZK102 孔在 613m 标高见到该矿体，控矿最大斜深 311m。

矿体品位一般 0.80～65.8×10^{-6}，平均品位 6.22×10^{-6}，品位变化系数 139%。矿体厚度一般 0.31m～19.74m，平均厚度 6.40m，厚度变化系数 77%。目前地表氧化矿体已采空，最低开采标高 730m。

矿体在东部受东西向层间断裂控制，其西部严格受北东向断裂控制，矿体呈似板状，脉状，具膨缩分枝复合及明显地追踪现象。该组断层其支裂隙的羽状裂隙也较发育，在西南端 PD7 中呈帚状矿体。矿体沿走向，倾向上均呈舒缓波状，矿化宽度及强度均受岩性及断裂控制，薄层灰岩夹页岩中的断裂交汇部位矿化增强。

2．103 号矿体

矿体位于金龙山背斜核部，东部赋存于泥盆系南羊山组地层中，受褶皱轴面壁理扩张带及断裂控制，近东西向展布，向西赋存于石炭系袁家沟组地层中，受北东向断裂控制呈北东向展布。东部走向 80°～100°，矿体西部（测线以西）走向 45～55°，总体倾向南—南东，局部反倾，倾角 82°～89°。

矿体地表由 4 条探槽控制，控制矿体长度 100m，出露最大标高 822m，深部受 751、690 二个坑道及 6 个钻孔控制，控制最低标高 264m，控矿最大斜深 558m。矿体沿倾向延伸远大于走向延长。

矿体品位一般 0.80～44.22×10^{-6}，平均品位 8.21×10^{-6}，品位变化系数 106%。矿体厚度一般 0.98 m～40.48m，平均厚度 7.07m，厚度变化系数 63%。目前地表氧化矿体已基

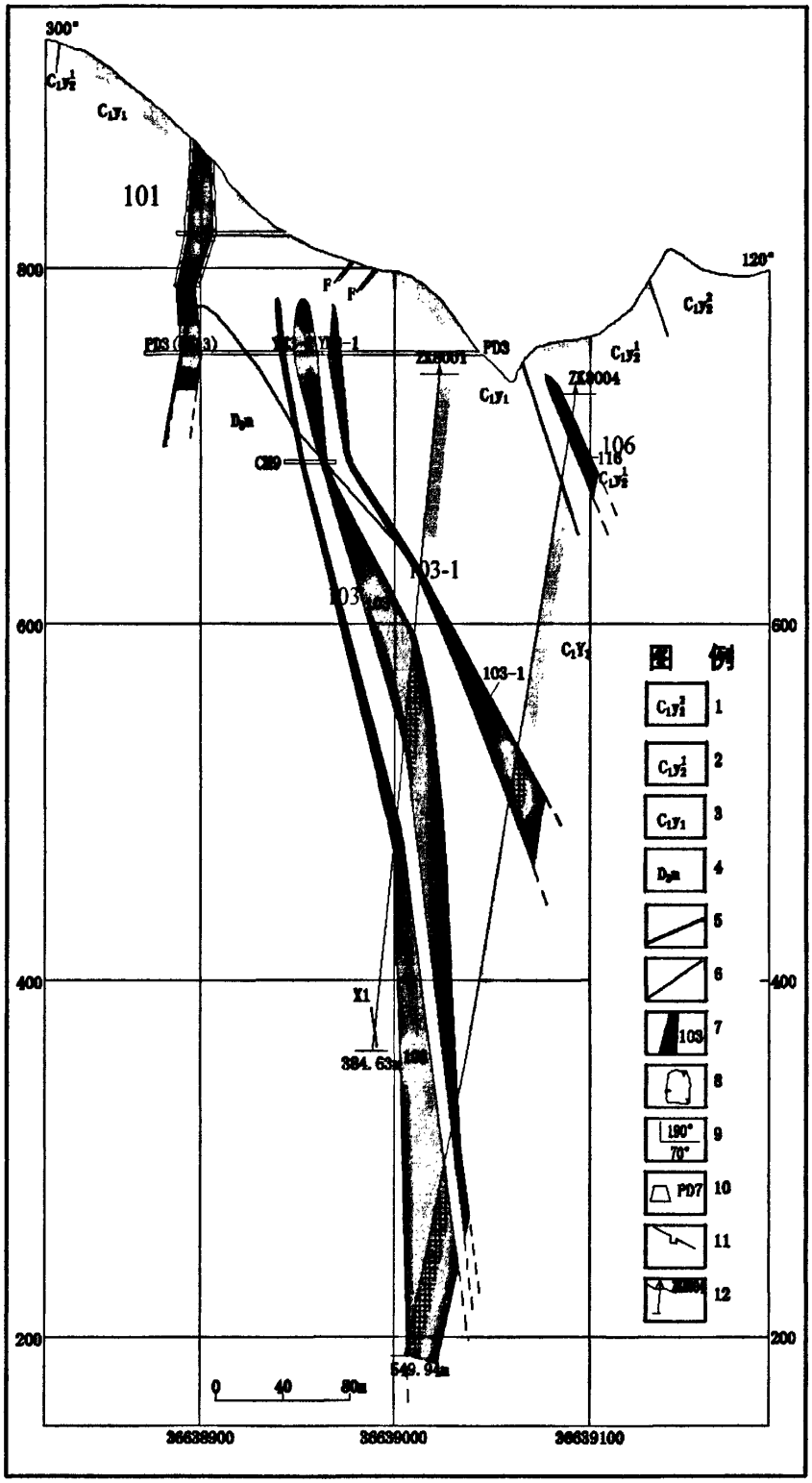


图 4.1 米粮矿区金龙山矿段 80 号勘探线图（据详查报告）

1-薄层灰岩夹燧石条带夹页岩；2-薄层燧石夹燧石条带；3-薄层-中厚层灰岩夹燧石结核；4-底部为黄绿色页岩，顶部为含砂质薄层灰岩、局部夹钙质页岩；5-实测性质不明断层；6-地层界线；7-矿体位置及编号；8-采空区；9-倾向/倾角；10-坑道位置及编号；11-竣工探槽位置及编号（剖面）；12-见矿钻孔位置及编号（剖面）

本采空，最低开采标高 745m。

矿体呈似板状、脉状，平行分布。具膨缩、分枝复合等特征，并于 103-1 号矿体时合时分。矿体沿走向，倾向上均呈舒缓波状。矿化宽度及强度均受岩性及断裂控制，断裂交汇部位矿化增强。

3．103-1 号矿体

矿体位于金龙山背斜核部，东部赋存于泥盆系南羊山组地层中，受褶皱轴面壁理扩张带及断裂控制，近东西向展布，向西赋存于石炭系袁家沟组地层中，受北东向断裂控制呈北东向展布。东部走向 80°～100°，矿体西部(测线以西)走向 45°～55°，总体倾向南—南东，局部反倾，倾角 60°～89°。

矿体地表由 4 条探槽控制，控制的矿体与 103 号矿体合并，出露最大标高 816m。深部受 751、690 二个中段坑道及 7 个钻孔控制，工程控制最低标高 430m，控矿最大斜深 386m，矿体沿倾向延伸大于走向延长。

矿体品位一般 0.80～33.81×10^{-6}，平均品位 4.48×10^{-6}，品位变化系数 102%。矿体厚度一般 0.98m～40.48m，平均厚度 8.67m，厚度变化系数 138%。目前地表氧化矿体已基本采空，最低开采标高 745m。

矿体呈似板状、脉状，平行分布。具膨缩、分枝复合等特征，并于 103 号矿体时合时分。矿体沿走向，倾向上均呈舒缓波状。矿化宽度及强度均受岩性及断裂控制，断裂交汇部位矿化增强。

4．116 号矿体

矿体出露于 10～29 线之间，赋存于下石炭统袁家沟组中段地层中，严格受东西向层间断裂控制。呈薄厚不等的似层状，产状较稳定，走向 90°～100°，倾向南，倾角一般 75°～86°，平均 80°。矿体西薄东厚，向东测伏，侧伏角 40°，矿体沿侧伏方向延长 550m，在 10 线厚度最大。

地表由 10 条探槽控制，矿体走向长 180m，出露最大标高 870m。深部由 797、765、733 三层坑道及钻孔控制，工程控制最低标高 623m，控矿最大斜深 247m。

矿体厚度一般 0.60 m～25.89m，平均厚度 7.02m，厚度变化系数 110%；品位一般 0.80～19.04×10^{-6}，平均 4.96×10^{-6}，品位变化系数 72%。目前地表氧化矿体已基本采空，最低开采标高 797m。

米粮矿区除上述主要矿体外，还有 6 个小矿体，各矿体特征见下表 4.1。

表 4.1 米粮其它矿(化)体特征

矿体号	见矿工程编号	见矿位置(m)	假厚(m)	真厚度(m)	平均品位($\times10^{-6}$)		矿体控制(推测)长度	矿体控制(推测)延伸
X1	ZK8001	371.7-373	1.3	0.34	1.3		(20)	(20)
X2	ZK8806	37.3-38.3	1.5	0.5	3.6		(20)	(20)
X3	ZK8804	148.9-150.4	1.5	0.75	10.9	7.61/1.69m	(40)	50(90)
	ZK8002	113.3-118.4	5.1	2.63	6.67			
X4	ZK8804	160.8-161.7	0.9	0.45	13.1		(20)	(20)
X5	ZK8804	174.3-175.1	0.8	0.4	9.26		(20)	(20)
X6	ZK8802	150.6-151.9	1.3	0.67	0.81	3.54/0.75m	(40)	45(65)
	ZK8804	180.4-181.9	1.5	0.75	3.54			

4.2 矿石特征

4.2.1 矿石类型

表 4.2 米粮金矿区矿石类型及其特征简表

矿石类型 / 地质特征	原生矿石		氧化矿石
	黄铁矿型	毒砂—黄铁矿型	褐铁矿型
控矿地层岩性	含铁质粉砂岩、页岩互层，含铁质页岩、碳酸盐互层		
矿体形态规模	透镜体、似层状、规模较大		透镜状、脉状等
金属矿物	黄铁矿、砷黄铁矿、闪锌矿、次显微金	黄铁矿、毒砂、砷黄铁矿、闪锌矿、次显微金	褐铁矿、锑华、显微金
矿石构造	微细浸染状、细脉浸染状、条带状、团块状、草莓状		蜂窝状、土状、皮壳状
矿石结构	自形—半自形、增生环带、交代残蚀		假象、残余

按照赋矿围岩和矿石矿物组合可将矿石类型划分为两种：原生矿石和氧化矿石。原生矿石的主要类型有：黄铁矿型金矿石、毒砂—黄铁矿型金矿石；氧化矿石主要为褐铁矿型金矿石。

矿石自然类型为：褐铁矿化角砾状灰岩、褐铁矿化粉砂岩、褐铁矿化页岩、褐铁矿化粉砂质灰岩、褐铁矿化钙质页岩型氧化矿石；毒砂—黄铁矿化粉砂质页岩、黄铁化粉砂质灰岩、黄铁矿化粉砂质页岩型原生矿石。

4.2.2 矿石的结构和构造

原生矿石的金矿物极其细微，属不可见次显微金，对矿石的结构构造划分主要借助于与金有密切关系的矿化蚀变与共生矿物进行。

1．本区矿石的主要结构有：自形、半自形、他形晶不等粒状结构，三连晶结构，

增生环带结构，包含结构，填隙结构，交代残余结构等。

(1)自形、半自形、他形晶不等粒状结构：黄铁矿多呈他形粒状或半自形立方体、半自形—自形五角十二面等组成；毒砂多呈半自形—自形针柱状晶体或少量他形粒状；辉锑矿主要呈他形粒状及少量纤维状。

(2)三连晶、放射状结构：毒砂呈三连晶、放射状组成。

(3)增生环带结构为黄铁矿晶粒内部结构，由含砷黄铁矿增生环带与草莓状或他形粒状黄铁矿内核共同组成，含砷黄铁矿增生环带含有次显微金。

(4)包含结构：常在粒径稍大的黄铁矿晶粒中，包含有早期微细粒黄铁矿、毒砂、辉锑矿。

(5)填隙结构：晚期他形粗粒黄铁矿呈团块状或细脉状嵌布于毒砂显微裂隙间；多发育在晚期矿化阶段，黄铁矿、辉锑矿等沿角砾间隙聚合结晶，依角砾间隙形成不规则填隙结构。

(6)假象结构：主要出现在氧化矿石类型中，褐铁矿呈黄铁矿、毒砂、含砷黄铁矿晶粒假象，是强烈氧化作用形成的。

(7)交代残余结构：黄铁矿被褐铁矿交代形成不规则状残余体，形成交代残余结构。

(8)胶状结构：胶状产出的褐铁矿呈此结构。

2．本区矿石的构造有角砾状构造、脉状构造、稀疏浸染状及细脉浸染状构造、草莓状构造、土状、蜂窝状构造等。

(1)角砾状构造：含矿地层粉砂质板岩或薄层灰岩，因受构造应力的长期作用而黄铁矿被褐铁矿交代呈残留状强烈破碎，形成大小混杂的角砾状构造。角砾成分主要为薄层灰岩角砾、泥质粉砂岩，其充填物为碎粒状原岩、石英、方解石及金属硫化物等构成的碎基。

(2)团块状构造：由中晚期热液作用较强地段，黄铁矿粗晶形成不均匀团块集合体，形成团块状构造。

(3)条带状构造：由微细浸染状黄铁矿、毒砂等金属硫化物沿薄层不纯灰岩或含炭粉砂质板岩分布形成条带状构造。

(4)脉状构造：在早期含金微细浸染状矿石中，沿后期裂隙充填含黄铁矿的方解石、白云石、石英细脉，构成更加富集的矿段。

(5)浸染状构造：最具代表性的标志性的构造类型，据其嵌布形成特征的不同。

4.2.3 矿石矿物组成及化学成分

矿石中的矿物组成基本由非金属矿物组成，金属矿物颇少，其中贵金属矿物主要有自然金和少量银金矿；各矿物特征及相对含量(表 4.3)。通过区内矿石组合多元素化学分析、光谱分析，矿石化学成分见下表（表 4.4)。

表4.3 米粮金矿矿石中矿物特征及相对含量测量结果表

矿物类型	矿物名称	相对含量（%）		矿物特征
金属矿物	褐铁矿	2.46	1.97	多呈不规则粒状星散分布在矿石中，极少数呈细脉分布，有时可见环带结构和黄铁矿及胶状黄铁矿的假像。褐铁矿与黄铁矿呈交代结构，粒度多在 0.053-0.01mm 区间。在褐铁矿边部发现过金颗粒，说明其与金矿化有关。
	黄铁矿		0.21	在矿石中主要呈细粒浸染状嵌布，氧化矿石中受褐铁矿交代，呈残晶状包裹在褐铁矿中。黄铁矿最大粒度为 1.5 mm，一般 0.005～0.08 mm。一个大的球形黄铁矿由无数个小的球形黄铁矿堆集而成，在小球形黄铁矿颗粒间的空隙处有次显微、超显微的自然金存在，黄铁矿是本区金矿的主要载体矿物。
	毒砂		0.15	主要呈自形半自形晶浸染嵌布，以微细粒为主。光片中见到的较大的自形晶粒度为 0.15mm，常见的一般粒度小于 0.005mm。为本区重要的载金矿物。
	辉锑矿		0.04	
	臭葱石 锑华		0.07	
	方铅矿 黄铜矿		0.02	
非金属矿物	方解石	97.54	59.3	是主要的脉石矿物之一，当见矿围岩为灰岩时其含量更高。多呈浸染状分布于矿石中，晚期呈细脉、网脉产出。
	石英		22.4	是最常见的脉石矿物，不同矿脉硅化强度不同；早期硅化多为细粒状；晚期硅化粒度较粗，常表现为交代和重结晶的自形粒状石英，主要呈浸染状、团块状，局部呈细脉、网脉状，硅化与金矿化关系较为密切。
	长石 绢云母		15.84	

表 4.4 米粮金矿组合样品分析结果表

分析样组合号	矿石名称	分析结果（%）						
		Ag×10^{-6}	As×10^{-2}	Sb×10^{-6}	Hg×10^{-6}	S×10^{-2}	Cu×10^{-2}	Mo×10^{-2}
Z-1	微细浸染型金矿石	5.24	0.34	13.1	1.46	0.60	0.002	0.001
Z-2	微细浸染型金矿石	4.96	0.26	9.5	1.20	0.80	0.002	0.008
Z-3	微细浸染型金矿石	4.04	0.24	16.0	1.18	0.81	0.001	0.007
Z-4	微细浸染型金矿石	4.01	0.38	13.7	1.22	0.70	0.002	0.015

4.2.4 金矿物的赋存特征

区内金矿物属微细粒型，在矿相镜下对大量光片进行观测查金，未发现自然金矿物。金品位与硫化物含量呈明显的正消长关系，硫化物主要为黄铁矿和毒砂，呈微细粒稀疏浸染状分布，次显微金呈小圆球状及链状圆球状存在于砷黄铁矿和毒砂晶粒边缘、结晶环带及显微裂隙中。次显微金粒径为 0.04μm～0.16μm。

砷黄铁矿和毒砂是该区主要的载金矿物，金主要呈次显微金包裹体存在，金与砷、硫、铁、特别是与砷具有密切的相关性。

4.2.5 矿石中伴生有益、有害组分

对主矿脉用基本分析副样按长度加权进行组合，共做组合分析样13件。

对101号矿体中矿石的Ag、As、Sb、Hg、S、C、TFe等元素组合样品分析结果表明，矿石中伴生有益组分主要为银。组合样品分析银含量最低1.90×10^{-6}，最高15.00×10^{-6}，根据《岩金矿地质勘查规范》，银含量大于2×10^{-6}，可以综合回收利用。其他元素含量均很低，目前尚难以综合回收利用。

矿石中的有害组分为As和C，As主要以毒砂形式存在，C主要以炭质物形式存在。矿石中As含量0.15～0.64%，C含量2.53～6.99%，较高的As、C含量对选矿较为不利。今后选矿过程中应注意对环境保护，防止污染。

4.2.6 矿物共生组合

根据矿石矿物与脉体的穿插关系、形成时代、蚀变交代及结构构造特点，区内矿物共生组合有以下三种：

1．黄铁矿+石英组合：矿物组成简单，金属矿物主要为黄铁矿，非金属矿物为石英，矿化弱；半自形—自形的立方体黄铁矿呈细粒、星散浸染状分布于矿石中，属成矿早期组合。

2．黄铁矿+毒砂+石英（+次显微金）组合：是微细粒浸染状金矿的主要矿物组合。

金属矿物以黄铁矿、毒砂为主，少量辉锑矿，极少量的方铅矿、黄铜矿、闪锌矿等，呈细脉状、条带状分布于矿石中；非金属矿物主要为石英，呈细脉状产出。石英的显著特征是透明度较好，是与其他组合石英的重要区别之一。自然金以次显微金为主，呈包裹金、显微裂隙金形式存在于毒砂、砷黄铁矿中。

3．辉锑矿+黄铁矿+方解石+石英组合：矿物组合除辉锑矿、黄铁矿、方解石、石英以外，还有少量重晶石及毒砂，其矿石呈角砾状、网脉状构造。该组合的显著特征是碳酸盐化增强，出现大量脉状方解石，与金矿化无明显关系，为矿化晚期组合。

4.3 矿体围岩和夹石

顶底板围岩主要为粉砂质、钙质页岩、粉砂岩、灰岩及部分碎裂岩石。围岩多发生硅化、方解石化、黄铁矿化、毒砂矿化、褐铁矿化、高岭土化，蚀变矿化受构造破碎带控制，矿体与围岩成渐变过渡关系，表现为近矿部位硅化、黄铁矿化、毒砂化相对较强，有一定金矿化显示，远矿部位高岭石化、碳酸盐化较发育，一般没有金矿化显示。

因矿化强度与构造破碎强度有关，破碎带发育的不均一性控制着矿化的不均一性，矿体中断续存在有一定矿化但达不到工业要求的夹石，夹石对矿体完整性影响不大。

103、103-1 号矿体在 88 线夹石多，真厚度分别为 2m～5.9m，夹石岩性主要为弱的蚀变灰岩、页岩等；88 线以东夹石较少。对矿体的完整性影响较小。

116 号矿体在 10 号勘探线见四层夹石，岩性主要为灰岩、页岩灰岩、页岩等。

101 号矿体夹石较少，岩性主要为灰岩、页岩灰岩、页岩等。

4.4 矿床成因

根据黄金武警五支队与西北大学《陕西省山阳—镇安丁—马微细浸染型金矿成矿规律及成矿预测》，黄金武警五支队与西安地质学院《陕西省镇安县金龙山金矿区控矿构造及成矿预测研究》研究成果，结合本次工作成果。我们得出如下结论:

通过对本区大地构造背景、含矿岩系岩石学、岩相古地理、岩石地球化学及金矿地质地球化学等方面的研究，认为金龙山金矿床属于沉积—构造叠加改造成矿。

通过对矿床地质地球化学、含矿岩系岩相学及其沉积地球化学研究表明，矿床的形成具有不同成因、不同矿化阶段递进演化的特点，反映出矿床形成经历了较长地质时期的演化，是多种地质作用的综合产物。

矿床形成演化至少经历了伴随火山—热液活动的同生沉积，以及后生韧—脆性剪切变形构造叠加和地下循环热液改造两次成矿作用过程。在伴随同生火山—热液活动的沉积成岩作用产生含金背景较高或含易释放金的矿源层，再经地下循环热水溶滤，在较深部韧性剪切变形带向浅部构造扩容地段迁移过程中，由于物理化学条件等的变化，形成微细粒浸染型金矿床。因此，米粮金矿为微细粒浸染型金矿床，其矿床成因为沉积(含火山—热液活动)—韧性变形构造叠加—地下热水循环改造型金矿床。

第五章　矿床资源/储量计算

5.1 资源/储量估算对象及范围

本次参加资源/储量估算的矿体有4条，分别为：103、103-1、116、101。采矿证估算范围：估算标高930m～747m之间；探矿证估算范围在采矿证估算范围以下，估算标高747m-240m之间。其中101矿体估算标高747m-614m之间；103矿体估算标高747m-240m之间；103-1矿体估算标高747m-405m之间；116矿体估算标高747m-614m之间。

5.2 资源/储量估算的工业指标

经论证，我们采用金矿现行通用的一般工业指标如下：

边界品位	1×10^{-6}
块段最低工业品位	2.5×10^{-6}
矿床最低工业品位	4.5×10^{-6}
矿床最低可采厚度	0.8m
夹石剔除厚度	2.0m

无矿地段剔除长度：上下坑道对应时20m，不对应时40m；

当矿体厚度小于最低可采厚度时，采用相应的米·克/吨值；

伴生有益组份银按大于2.0×10^{-6}的最低工业品位执行。

5.3 资源/储量估算方法的选择及其依据

根据矿体形态为似板状、透镜体状，产状陡倾且稳定，厚度较稳定，有用组份较均匀，延深大于延长，矿体规模较大，无后期构造破坏等矿床地质特征，考虑到勘查方法、工程分布情况等因素，矿床资源/储量估算采用地质块段法。

参加资源/储量估算的矿体倾角大于60°，采用垂直纵投影图进行资源/储量估算。

5.4 资源/储量估算主要参数的确定

5.4.1 金平均品位计算

根据有用组份分布不均匀、样品长度不等的特点，品位参数采用加权平均法求得。

1．单工程 Au 平均品位

用圈入矿体的单样品位和样品长度加权求得，计算公式为：

$\overline{C}=\Sigma(L\times C)/\Sigma L$

式中：$\overline{C}$——单工程 Au 平均品位，L——试样长度(m)，C——单样品位。

2．块段金平均品位

用块段中单工程视水平厚度与单工程 Au 平均品位加权求得。

3．矿体金平均品位计算

用矿体的金属量除以矿石量求得。

4、矿区金平均品位计算

用矿区总金属量除以矿石量求得。

5．特高品位的处理

鉴于该矿段矿石组分的变化为均匀—不均匀，单个样品品位高于矿床金平均品位 7 倍时，确定为特高品位。处理方法是：用特高品位所在的单工程金平均品位计算结果来代替该样品品位。

本次将单个样品品位大于 40×10^{-6} 时定为特高品位，用所在的单工程 Au 平均品位代替。共处理特高品位 6 个。详见表 5.1。

表 5.1 特高品位处理情况一览表

矿体号	工程号	样号	特高品位(10^{-6})	代替品位（10^{-6}）
101	PD786-Cm13	07K90	65.8	9.85
103	PD3-2-Cm9	J3-77	44.22	8.64
101	PD7-Cm13	4555	64.24	12.42
116	TC19-1	1304	52.58	12.31
116	TC19-1	1305	50.37	12.31
116	Tc19-1	1318	44.34	12.31

5.4.2 平均厚度的计算

资源/储量计算过程中，以真厚度衡量矿体厚度，为削除矿体走向于投影方向不垂直造成的误差，提高资源量计算精确度，以视水平厚度参加计算。视水平厚度指矿体水平厚度在垂直矿体投影面方向上的投影。

1．单工程水平厚度

圈入矿体的基本分析样品水平(铅垂)厚度之和。

（1）矿体单工程厚度为圈定矿体的各样品厚度之和。

（2）对薄脉型矿体，沿脉坑道可控制矿体真厚度时，控制矿体的样线全部参加计算，以勘探线为准，每 25m 组成一个单项工程，其厚度用左右各 12.5m 之内所含样线厚度的算术平均值。

单样真厚度计算公式为：

$$m''=L\left|\cos\alpha\sin\beta\cos\gamma\pm\sin\alpha\cos\beta\right|$$

勘探线方位上的视水平厚度计算公式为：

$$m=m''/\sin\beta\cos\omega$$

上式中：

α——样线倾角

β——矿体倾角

γ——矿体倾向与样线方向间夹角

ω——矿体倾向与勘探线方向间夹角

L——样长

m''——真厚度

m——勘探线方向上的视水平厚度(投影水平厚度)

2．块段平均厚度

用圈入块段内各单工程视水平厚度，以算术平均法求得。

3．矿体平均厚度

一般用算术平均法求得。

4．特大厚度的处理

本次采用块段平均厚度与单工程厚度相比，未见大于块段平均厚度 3 倍的单工程厚度。因此本区不存在特大厚度。

5.4.3 块段投影面积测定

块段面积利用 MAPGIS 软件直接在 1:1000 矿体垂直纵(水平)投影图上测定。

5.4.4 矿石体重

本矿床金矿石主要为毒砂—黄铁矿化粉砂质页岩、黄铁化粉砂质灰岩、黄铁矿化粉砂质页岩微细浸染型矿石，矿石类型较单一，金属矿物含量较少，质量较均匀，用全区小体重算术平均值估算资源/储量。

全区共采集小体重样品 42 件，选用 31 件，其标准差只有 0.0511，变化系数仅 1.90，表明全矿区矿石体重没有明显变化，小体重平均品位 6.03×10^{-6}，接近矿段平均品位 6.11×10^{-6}。因此小体重算术平均值 2.67g/cm^3 具有代表性。

5.5 矿体的圈定和推定

5.5.1 矿体的圈定

矿体按工业指标并结合本矿区的地质规律(构造性质、产状、蚀变、矿化特征)来圈定和连接矿体。

原则上达到边界品位以上的样品均圈入矿体，当因带入低品位样品而使块段品位低于最低工业品位时，可以削减边缘样品使其达到工业要求。

大于夹石剔除厚度的夹石或低品位样品予以剔除。

厚度小于最小可采厚度时，米·克/吨值达到或大于工业指标时，圈入矿体。

分枝、复合矿体在同一矿化蚀变带内，采用压缩法估算资源/储量。

矿体的连接是在单工程圈定矿体的基础上，对同一矿化蚀变带中各工程的矿体进行连接。

5.5.2 矿体的推定

本区大致按第 II 勘查类型偏 I 勘探类型布置各类勘查工程，地表工程基本间距为 25m～50m，深部坑探工程基本间距为 50m(走向)×60m(段高)；深部钻探工程基本间距 100m(走向)×100m(倾向)。

(1)有限外推：矿与非矿工程之间，按工程间距的 1/4 平推圈定矿体边界，当非矿工程有大于或等于边界品位的 1/2 矿化时，按工程间距的 1/2 平推圈定矿体边界，当矿体边缘工程的品位大于边界品位而小于最低工业品位时，该工程为矿体尖灭点。

(2)无限外推：按 332 网度的 1/4 平推圈定矿体边界（在投影图上外推沿走向 20m，沿倾向 25m，主要考虑倾向延伸大于走向延长）。

以上推定均在矿体垂直纵投影图上按板状外推。

5.5.3 采空区测定

本次对米粮金矿矿权范围内的采空区进行了现场调查，并按测量点进行了圈定。

5.6 资源/储量类别及块段划分

5.6.1 资源/储量类别

资源/储量类别划分按《固体矿产资源/储量分类》执行。本次在采矿权+探矿权以内估算的资源/储量类别为①探明的内蕴经济资源量(331)；②控制的内蕴经济资源量(332)；③推断的内蕴经济资源量(333)；④采空区已采空储量。

①探明的内蕴经济资源量(331)：是指在矿段采矿证范围内，在三维空间上按地表工程基本间距为 25～50m，深部坑探工程基本间距为 25(走向)×30m(段高)详细圈定了矿体，肯定了矿体的连续性，详细查明了矿床地质特征、矿石质量和开采技术条件，并有相应的矿石加工选冶试验成果，且当前开采是经济的。可信度高。

②控制的内蕴经济资源量(332)：是指在已达到详查阶段工作程度要求的地段(采矿证及探矿证上部)，基本上按地表工程基本间距为 50m，深部坑探工程基本间距为 50m(走向)×60m(段高)；深部钻探工程基本间距对为 100m(走向)×100m(倾向)，圈定了矿体三维形态，能够较有把握地确定矿体连续性的地段，基本查明了矿床地质特征、矿石质量、开采技术条件，提供了矿石加工选冶性能条件试验的成果。表明当前开采是经济的，计算的储量可信度较高，可行性评价结果的可信度一般。

③推断的内蕴经济资源量(333)：是指在矿权范围内只达到普查阶段要求的地段，按200×160-300 稀疏工程控制及外推的矿体，地质可靠程度为推断的，资源量只根据有限的数据计算，其可信度低。

④采空区已采空储量：指在采矿证范围内已采出和损失的储量。

5.6.2 块段划分

块段的划分是根据资源/储量类别，结合矿体内的工程分布划分：

A．以探矿工程的连线作为块段边界线；

B．同一块段内矿体产状基本一致；

C．同一块段内矿体连续，没有明显断层错动；

块段编号：按从上到下，从左到右的原则对各块段进行编号。

矿段内共划分出采空区块段 8 个，331 块段 4 个，332 块段 18 个，333 块段 38 个。

5.7 资源/储量估算结果

5.7.1 资源/储量估算基准日

资源/储量估算基准日为 2007 年 12 月 31 日。

5.7.2 资源/储量估算公式

1．矿块资源/储量估算公式

矿块矿石量：矿块(投影)面积与矿块矿体平均(水平)厚度、矿石体重之积。

计算公式：$Q=S \cdot m \cdot d$

其中：Q——矿块矿石量(吨)，S——矿块面积(m^2)，m——矿块平均厚度(m)，d——矿石体重(吨/m^3)。

矿块金属量：矿块矿石量与矿块 Au 平均品位之积。

计算公式：$P=Q \cdot c/1000$

其中：P——矿块金属量(千克)，Q——矿块矿石量(吨)，c——矿块 Au 平均品位($\times 10^{-6}$)。

2．矿体资源/储量估算公式

矿石量：矿体内各矿块矿石量之和。

计算公式：$Q=Q1+Q2+\cdots+Qn$

其中：Q——矿体矿石量(吨)，Q1、Q2、Qn——各矿块矿石量(吨)

金属量：矿体内各矿块金属量之和。

计算公式：$P=P1+P2+\ldots+Pn$

其中：P——矿体金属量(千克)，P1、P2、Pn——各矿块金属量(千克)

5.7.3 资源/储量估算结果

米粮金矿探矿权及采矿权内共圈出 4 条主金矿体，在矿权以内共估算保有资源/储量：金金属量 50846 千克，矿石量 8325456 吨，Au 平均品位 6.11×10^{-6}；①探明的内蕴经济资源量(331)金金属量 646 千克，矿石量 120875 吨，Au 平均品位 5.35×10^{-6}；②控制

的内蕴经济资源量(332)金金属量 4410 千克，矿石量 885989 吨，Au 平均品位 4.98×10^{-6}；③推断的内蕴经济资源量(333)金金属量 45790 千克，矿石量 7318592 吨，Au 平均品位 6.26×10^{-6}。采空区已采空储量：金金属量 3940 千克，矿石量 557460 吨，Au 平均品位为 7.07×10^{-6}。初步确定米粮金矿为一大型金矿床(>20000Kg)。

累计探获的：采空区+331+332+333 资源/储量金金属量 54785 千克，矿石量 8882916 吨，平均金品位 6.17×10^{-6}。资源/储量估算结果见表 5.2。

1．米粮金矿采矿权范围资源/储量估算结果

米粮金矿采矿权范围共估算保有资源/储量金金属量 1745 千克，矿石量 340937 吨，Au 平均品位 5.12×10^{-6}；①探明的内蕴经济资源量(331)金金属量 646 千克，矿石量 120875 吨，Au 平均品位 5.35×10^{-6}；②控制的内蕴经济资源量(332)金金属量 765 千克，矿石量 138486 吨，Au 平均品位 5.52×10^{-6}；③推断的内蕴经济资源量(333)金金属量 334 千克，矿石量 81576 吨，Au 平均品位 4.09×10^{-6}。④采空区已采空资源/储量金金属量 3883 千克，矿石量 546290 吨，Au 平均品位为 7.11×10^{-6}。总计：采空区+331+332+333 资源/储量金金属量 5628 千克，矿石量 887227 吨，平均金品位 6.34×10^{-6}。

表 5.2　米粮金矿矿权范围资源/储量汇总表

矿权	分类		保有资源量				合计
		采空区	331	332	333	累计	
采矿权	矿石量(吨)	546290	120875	138486	81576	340937	887227
	金属量(kg)	3883	646	765	334	1745	5628
	平均品位（10^{-6}）	7.11	5.35	5.52	4.09	5.12	6.34
探矿权	矿石量(吨)	11170		747503	7237016	7984519	7995689
	金属量(kg)	57		3645	45456	49101	49158
	平均品位（10^{-6}）	5.07		4.88	6.28	6.15	6.15
总计	矿石量(吨)	557460	120875	885989	7318592	8325456	8882916
	金属量(kg)	3939	646	4410	45790	50846	54785
	平均品位（10^{-6}）	7.07	5.35	4.98	6.26	6.11	6.17

2．米粮金矿探矿权范围资源/储量估算结果

探矿权范围共估算保有资源/储量金金属量 49101 千克，矿石量 7984519 吨，Au 平均品位 6.15×10^{-6}；①控制的内蕴经济资源量(332)金金属量 3645 千克，矿石量 747503 吨，Au 平均品位 4.88×10^{-6}；②推断的内蕴经济资源量(333)金金属量 45456 千克，矿石

量 7237016 吨，Au 平均品位 6.28×10^{-6}。③采空区已采空资源/储量金金属量 57 千克，矿石量 11170 吨，Au 平均品位为 5.07×10^{-6}。总计：采空区+331+332+333 资源/储量金金属量 49158 千克，矿石量 7995689 吨，Au 平均品位 6.15×10^{-6}。

5.8 伴生组份资源量估算结果

通过对主矿体组合分析，仅有金属元素银达到伴生指标，故采用该矿段 64 件组合样银(Ag)平均品位 3.03×10^{-6} 计算，即矿段矿石总量(8325456 吨)乘品位，估算伴生银资源量 25226 千克。采矿权内伴生银矿资源量：银金属量 1033Kg，矿石量 340937 吨。探矿权内伴生银矿资源量：银金属量 24193Kg，矿石量 7984519 吨。

5.9 资源/储量估算的可靠性

为了验证本次详查采用地质块段法估算资源/储量的可靠程度，根据矿段现有资料并考虑到可比性，采用水平断面法检验下列块段：101 矿体 331-2、103-1 矿体 332-2、103 矿体 332-2、116 矿体 331-1(详见表 5.4)。

从表 5.4 可看出：两种方法误差小于 10%，说明本次采用地质块段法估算资源/储量是可靠的。

表 5.4 资源/储量检验对比表

矿体编号	块段编号	地质块段法(垂直投影)		水平断面法		误差	
		块段矿石量(吨)	块段资源/储量(kg)	块段矿石量(吨)	块段资源/储量(kg)	绝对(吨)	相对(%)
101	331-2	47728	304	51985	312	8.0	2.6
103-1	332-2	121622	691	94617	686	-5.0	-0.7
103	332-2	77505	469	85283	482	16	3.41
116	331-1	23769	71	23845	77	6.0	8.45

5.10 需要说明的几个问题

1．在资源储量估算中，为了达到矿体相对完整，对个别样品未达到边界品位的样品也加入到矿体中计算，对部分工程中的支脉矿体也并入主矿体计算。

2．本次详查缺乏以往部分资料，但对储量计算影响很小。

3．由于矿脉受断裂构造控制，追踪现象明显，矿体走向变化大，给资源储量垂直投影图制作带来难度，我们采用垂直矿体投影面勘探线上的水平厚度估算资源/储量，基本解决估算结果比实际偏少的问题。

4．纵投影图上的工程见矿着矿点位置是将工程见矿中心点先投影到平面图上，再按纵投影方向及工程见矿中心点的标高投影。

5．本次详查工作工程设计时，由于对深部矿体认识不全面，工程布置不尽合理，对资源/储量计算及剖面图编制有一定影响，但我们认为本次资源/储量的估算是可靠的。

第六章 矿区资源经济评价

米粮金矿的资源潜力评价主要是根据金龙山金矿的地质特征、矿体特征及估算的资源储量，对矿区地质、技术、经济、环境四个方面进行的综合评价分析。

6.1 地质评价

米粮金矿区内矿体均赋存于金龙山短轴背斜的轴部及两翼，核部为上泥盆统南羊山组，两翼为石炭统袁家沟组。矿段内共圈定101、103、103-1、116四条主矿体：101号矿体分布于矿区中部近东西向及北东向断裂蚀变带内，蚀变带长大于500m，宽6m左右，矿体品位一般0.80～65.8×10^{-6}，平均品位6.22×10^{-6}，品位变化系数139%。矿体厚度一般0.31m～19.74m，平均厚度6.40m，厚度变化系数77%。目前地表氧化矿体已采空，最低开采标高730m。103号矿体位于金龙山背斜核部，东部赋存于泥盆系南羊山组地层中，受褶皱轴面壁理扩张带及断裂控制，近东西向展布，向西赋存于石炭系袁家沟组地层中，受北东向断裂控制呈北东向展布。东部走向80～100°，矿体西部（5线以西）走向45～55°，总体倾向南—南东，局部反倾，倾角82～89°。矿体品位一般0.80～44.22×10^{-6}，平均品位8.21×10^{-6}，品位变化系数106%。矿体厚度一般0.98m～40.48m，平均厚度7.07m，厚度变化系数63%。目前地表氧化矿体已基本采空，最低开采标高745m。矿体呈似板状、脉状，平行分布。具膨缩、分枝复合等特征，并于103-1号矿体时合时分。矿体沿走向，倾向上均呈舒缓波状。矿化宽度及强度均受岩性及断裂控制，断裂交汇部位矿化增强。103-1号矿体位于金龙山背斜核部，东部赋存于泥盆系南羊山组地层中，受褶皱轴面壁理扩张带及断裂控制，近东西向展布，向西赋存于石炭系袁家沟组地层中，受北东向断裂控制呈北东向展布。东部走向80°～100°，矿体西部(5线以西)走向45°～55°，总体倾向南—南东，局部反倾，倾角60°～89°。矿体品位一般0.80～33.81×10^{-6}，平均品位4.48×10^{-6}，品位变化系数102%。矿体厚度一般0.98m～40.48m，平均厚度8.67m，厚度变化系数138%。目前地表氧化矿体已基本采空，最低开采标高745m。矿体呈似板状、脉状，平行分布。具膨缩、分枝复合等特征，并于103号矿体时合时分。矿体沿走向，倾向上均呈舒缓波状。矿化宽度及强度均受岩性及断裂控制，断裂交汇部位矿化增强。116号矿体赋存于下石炭统袁家沟组中段地层中，严格受东西向层间断裂控制。呈薄厚不等的似层状，产状较稳定，走向90°～100°，倾向南，倾角一般75°～86°，平均80°。矿体西薄东厚，向东测伏，侧伏角40°，矿体沿侧伏

方向延长 550m，在 10 线厚度最大。矿体厚度一般 0.60m～25.89m，平均厚度 7.02m，厚度变化系数 110%；品位一般 0.80～19.04×10^{-6}，平均 4.96×10^{-6}，品位变化系数 72%。目前地表氧化矿体已基本采空，最低开采标高 797m。

米粮矿区的探矿权及采矿权内共圈出 4 条主金矿体，在矿权以内共估算保有资源/储量：金金属量 50846 千克，矿石量 8325456 吨，Au 平均品位 6.11×10^{-6}；①探明的内蕴经济资源量(331)金金属量 646 千克，矿石量 120875 吨，Au 平均品位 5.35×10^{-6}；②控制的内蕴经济资源量(332)金金属量 4410 千克，矿石量 885989 吨，Au 平均品位 4.98×10^{-6}；③推断的内蕴经济资源量(333)金金属量 45790 千克，矿石量 7318592 吨，Au 平均品位 6.26×10^{-6}。采空区已采空储量：金金属量 3940 千克，矿石量 557460 吨，Au 平均品位为 7.07×10^{-6}。

6.2 技术评价

6.2.1 矿床开发建设条件分析

1．自然条件

由 2.1 节可知，矿区位于秦岭山区内，区内地形地貌复杂，相对高差较大，自然条件相对较差，但是可以基本满足矿山建设的自然条件。

2．外部建设条件

米粮矿区距镇安县 70km（公路），距安康市 150km（公路），距西安市 160km，交通便利。

米粮矿区紧邻唐家河，往年常年保持流量0.8m^3/s～3.5m^3/s，河水无污染，可满足生产和生活用水。该河可以作为矿区生产用水主水源地。根据矿床水文地质资料计算，米粮金矿井下涌水量为700m^3/d～1000m^3/d，完全能够满足井下用水需要。米粮矿区距离拟建的米粮110kv区域变电所约5km；镇安至米粮镇的35KV农电架空线路经过矿区南侧。该矿区建设地水电条件良好。

6.2.2 开采地质条件

1．矿床水文地质

米粮金矿处于水文地质单元的顶端，即分水岭附近，矿区附近最低侵蚀基准面标高 670m。矿区附近无大的地表水体。暴雨季节只是在冲沟中间形成暂时性的地表洪流，暴雨结束后不久即消失。

区内有多条近南北向的马家沟，狄家沟、七里峡、秦家狭等为常年性水流，但流量甚小；狄家沟为季节性小沟，其流量均不能满足施工所需。在矿区北部，有岩屋河由西向东经七里峡在白塔湾汇入唐家河；有花水河由西南向北经米粮川，在白塔湾汇入唐家河，唐家河由西向东汇入金钱河，岩屋河在枯水季节流量约为500 升/秒，唐家河较其稍大。在矿区南部，为金钱河上游段，金钱河为区域内最大的长年性地表水体。

本区虽然气候湿润，雨量充沛，常因暴雨而引起山洪暴涨，但由于地层、岩性、构造、地形地貌等条件的不同，致使地下水的分布很不均衡，一般在岩溶发育的石灰岩地区及山间河谷盆地区地下水渗入与储存条件较好，常具有较丰富的地下水；而广大的层状基岩与块状基岩含水岩类分布区，由于其透水、储水条件较差，地下水一般比较贫乏，仅在断裂、裂隙发育地带或褶皱构造的有利部位，可形成局部的富水带或富水地段。

（1）含水层分布及特征

本区出露的地层主要为中上泥盆系及中下石炭系的中厚层状灰岩夹页岩及粉砂岩，山坡及沟谷有零星的第四纪松散沉积物。据此可将含水层划分为：

a.冲洪积物孔隙含水层：

该含水层主要分布在沟脑、平缓山坡、山麓沟口，沟谷两侧及支谷中。厚度一般为 0.00～18.00m，由冲洪积物组成，主要成份为粘土、亚粘土、砂土、碎石及砂砾石。分选性及磨园度均较差，该含水层出露的泉水流量一般<0.01L/S，潜水位埋深为 0.1～4.0m。该含水层含水性受季节影响较大，雨季泉流量明显增大，井水位明显升高；枯水期则含水量极小或不含水，属弱富水性含水层，对矿床充水无影响。

b.风化裂隙含水层

该含水层一般分布在裸露的弱透水基岩(如页岩和粉砂岩)的风化壳中。这些岩石经长期构造变动和风化剥蚀作用，风化裂隙较发育，在近地表接受大气降水的补给形成风化裂隙水(大多为潜水)。由于分布广泛，埋深浅，水力联系好，其潜水位、泉流量随季节和地形变化较大，属极弱富水性，水量仅够山区零散居民生活用水。

c.构造裂隙含水层

受区域大的构造背景影响，在矿区形成北西西向-近东西向展布的褶皱断裂构

造格架。由于受多期次方解石热液作用的影响，断层破碎带内的裂隙大部分被方解石充填胶结，断层带的储水能力、导水能力及汇水能力被大大削弱。断裂的走向基本控制矿区弱基岩裂隙水和岩溶水的形成和分布，该断裂在地表，破碎带由于受风化作用和地表流水作用的影响，风化裂隙及溶蚀洞隙较发育，导水性较强，强风化带以下的断裂带仍属于弱透水性质。

d.岩溶水

矿区大面积分布着碳酸盐岩类，因其覆盖较厚，厚度大且不纯，加之与非可溶岩石互层，岩溶发育较差，只有遭受断裂破坏严重的地带和地表洪水冲刷严重的地段才表现为裂隙的溶蚀扩大，地表和沟谷中见少量能容纳几人的无水溶洞，又因其地势较高，大气降水成为其唯一的补给来源，且多集中呈泉群出现、泉水流量均不大，一般为 0.1L/S～1.0L/S，属弱富水的含水层，据钻孔水文地质和工程地质编录结果，钻孔岩心中见少量的溶蚀洞隙，洞隙最大宽度数厘米，一般为黄豆大小，发育深度有限，钻孔中 150m 以下已很难看到溶蚀现象，坑道中观测岩溶现象少，岩溶发育率小于 5%，且连通性较差，矿区较大的溶蚀孔洞一般发育于矿区侵蚀基准面以上，钻孔施工过程中未出现掉钻、卡钻现象。由于矿区处分水岭顶端，地表水对灰岩作用时间较短，岩溶现象不强烈，综合评价矿区岩溶水对矿坑充水影响不大。

（2）隔水层

受强烈构造作用的影响，矿区无明显、稳定的隔水层分布。

（3）矿区地下水补给、径流和排泄条件

矿区地下水的补给、径流、排泄条件受地貌控制作用明显。从宏观条件来看，其径流方向基本与地表水水流方向一致，地表水分水岭大体上为地下水分水岭，山岭与山坡地带主要为地下水补给径流区，河谷地带主要为排泄区。由分水岭向河谷区地下水位由深变浅，富水性由弱变强，矿区地下水主要受大气降水补给，局部地段受地表水补给。其补给条件与强度又受次一级地貌条件—山地的切割强度、地形坡度、构造特征—断裂构造发育程度、性质，以及地层岩性和风化程度的严格控制。由于矿区地形切割较深、坡降大，有利于自然排水，绝大多数降水以地表径流的形式排出矿区，只有少数渗入地下。因此说该区地下水的径流排泄条件良好，补给区和径流区基本是一致的。

（4）矿坑涌水量预测

矿区地理位置较高，处在地表分水岭附近，无长年性的地表水体，矿区主要的控水

断裂延伸规模小，矿区褶皱、断裂构造控制了基岩裂隙水和岩溶水的形成和分布。所以构造裂隙水是引起矿床充水的主要因素，矿床的顶底板直接充水；由于地表风化作用的影响，近地表断裂带和成矿后期断裂透水和导水能力较强，690 采矿系统坑在暴雨季节里的涌水量基本上是东沟暂时性的地表洪流沿北东向断裂破碎带灌入造成的，因而矿区暂时性的的地表水流是矿床充水的另一主要因素。

依据该矿床水文地质资料、围岩透水性及构造导水性等数据，鉴于详查报告中未涉及深部水文地质情况，本次设计只能大体预测 550m 中段正常涌水量为 700m³/d，最大涌水量为 1000m³/d。

2. 矿区工程地质

依据各种岩石的物质成分，结构构造及成层条件及厚度变化进行了矿区工程地质岩组划分，分成两个岩带三个岩组。

（1）沉积岩带：

a.中厚层工程地质岩组：岩性包括中层泥晶灰岩、泥灰岩、泥质砂岩、粉砂岩；中厚层状灰岩夹粉砂质灰岩，含炭中厚层状灰岩；中厚层状灰岩钙质页岩等。该岩组块状构造，产状陡倾，展布稳定，岩石坚硬，强度高，节理发育。

b.薄层工程地质岩组：本组岩性为粉砂质页岩、薄层灰岩，炭质页岩，泥砂质页岩等。该岩组泥质结构，页理构造。厚度薄，产状陡倾，展布稳定，出露地表的岩石遭受风化后强度降低，遇水后岩石变软。

c.软弱夹层工程地质岩组：岩性为碳质、粉砂钙质页岩薄夹层，粉砂质页岩薄夹层，钙质页岩薄夹层。该岩组呈薄层状产出，真厚度数厘米—数十厘米，近地表易形成风化夹层，岩石强度低，抗风化能力弱，遇水易软化。

（2）松散岩带：

第四系：主要由 Q4 冲洪积砂卵砾石层和残、坡积亚砂土组成，主要分布于山间沟谷中，其结构松散，厚度一般 1m～5m，最大 10m。

风化破碎带：分布于基岩顶部，岩体呈散体—碎裂结构，质量低劣，厚度 28.70m～45.30m。

据调查，矿山目前几个中段的平硐在采矿过程中均未支护，表明近矿围岩的稳定性良好。矿床在地下开采时，矿体的顶底板围岩为灰岩、粉砂岩属中厚层工程地质岩组，构成硐室围岩时稳固性良好，一般不需支护。为页岩时，属薄厚层工程地质岩组，由于页岩层理发育，产状陡倾，硐室走向大部分与页岩平行，构成硐室围岩时，易发生洞壁

滑塌，掉块现象，需进行一般性支护。断层破碎带由于后期方解石的充填胶结，一般不会发生坍塌、掉块现象，近地表氧化破碎带，由于风化剧烈，裂隙发育，岩石易碎，稳定性亦差，需支护。

3．矿区环境地质

据镇安县志记载的地震资料，历史上镇安县一带曾发生过多次的地震，震级均较小，根据《建筑抗震设计规范》：镇安抗震设防烈度为 6 度，设计基本地震加速度值为 0.05g。

根据附近矿区普查钻孔和剖面放射性检查结果，其数值均低于背景值，矿区无放射性影响。根据普查资料中矿区地下水细菌分析结果，地表水和多数地下水细菌总数和大肠菌群均严重超标，由于矿区地层中砷含量较高，导致矿区地下水的砷含量超标，综合评价矿区地下水不符合生活饮用水卫生标准。矿石和废石化学成分基本稳定，矿石及围岩的化学成分主要以钙质、泥质为主，有害组分如 SiO_2 含量极少，开采时不会产生大量的有害粉尘。

根据野外调查资料，在矿区未发现滑坡及较大的塌方、崩塌等不良地质现象，仅见在陡壁地带有危岩滚落、掉块、坍塌现象以及局部危岩体的存在。其原因主要是岩体受风化作用和裂隙的破坏而形成，但影响范围极小，破坏程度较低。矿山经前期露天开采后，可能诱发的不良地质现象有：地表以页岩软弱夹层为滑动面的滑塌；风化带岩体的塌方；岩体顺裂隙面的滑移、崩塌等。

6.2.3 采矿方案

由于矿区上部矿体已采用露天方式开采，现已形成露天采坑，若采用露天开采方式继续向下开采，剥采比较大，生产成本增加，而已形成的露天坑剥离欠账较大也很难继续向下开采。因此，该矿床已不具备露天开采条件，而应采用地下开采方式开采。

从矿体赋存条件看，开采范围内矿体具有如下特点：①矿体倾角一般 60～89°；②矿体厚度一般 1m～40m，平均 6.4m～7.8m；③矿体、围岩均较稳固；④矿石品位一般；⑤地表允许陷落。

根据矿床开采技术条件，本着节省投资、降低成本的原则，设计选择了两种采矿方法。见表 6.1，矿体厚度小于 5m 时，采用浅孔留矿法回采；矿体厚度大于 5m 时，采用分段空场法回采。

浅孔溜矿法结构简单，管理方便，采切工程量小，工艺容易掌握，所需设备比较简单，易于供应，在有色金属矿山广泛应用，且投资少，缺点是平场处理松石工作量大，

工人劳动强度高，同时大量矿石积压于采场中不能及时放出，影响资金周转。

分段采矿法适应性强，使用范围广，灵活性大，采矿成本低，通风条件好，作业集中、安全，回采强度大；缺点是采切工程量大，矿柱矿量所占比重大，回采矿柱时损失贫化大。

表 6.1　采矿方法选择表

序号	主要的地质及开采技术条件		较适合的采矿方法	排除的采矿方法
	名　称	特　征		
1	地表崩落的可能性	允许	空场法、崩落法、充填法	
2	矿体的稳固性	较好	空场法、崩落法、充填法	
3	围岩的稳固性	较好	空场法、充填法	崩落法
4	矿石的品位价值	中等	空场法	充填法
5	矿体倾角及厚度	倾角 60～89，厚度 4～10m 占多数	浅孔留矿法、分段采矿法	

6.2.4 选矿实验

1．试验研究及试样采取

四川省有色冶金研究院、北京矿冶研究总院、长春黄金研究院等三家单位分别于 2006 年 3 月、2006 年 7 月和 2007 年 11 月对金龙山矿带金矿石的可选性进行研究，并提交了相应的选矿试验研究报告。以上三个选矿试验研究的原矿矿样的采取来自不同采样点，选矿试验的针对性也都是针对其所采原矿样进行的选矿试验研究。本次设计主要的试验依据为长春黄金研究院所做的《陕西省镇安金矿含金矿石选矿试验报告》。

2．试验结果

原矿石中有用矿物含量较少。根据该矿区矿物的嵌布特征，进行了浮选闭路试验，结果见表 6.2。

表 6.2　浮选闭路试验结果（据选矿试验报告）

产品名称	产率 /%	金品位 /g • t^{-1}	回收率 /%
精矿 1	9.40	31.96	55.08
精矿 2	8.96	13.40	22.02
精矿*	18.36	22.89	77.10
尾矿	81.64	1.53	22.90
原矿	100.00	5.45	100.00

注：精矿*为精矿 1 和精矿 2 混合。

米粮矿石浮选闭路试验结果表明，经过两段浮选可以得到精矿品位 22.89g/t，浮选总回收率为 77.10%。

（3）试验的评述

对米粮金矿浮选精矿产品进行考查，可浸金占 50.67%，硫化物中金占 32.95%，脉石中金占 16.38%。有机碳含量为 0.49%。由此可见，米粮精矿属难处理金精矿石。

由于米粮矿区矿石的工艺类型属贫硫化物微细粒浸染型难处理矿石。所以金的浮选回收率不高。建议建设单位对米粮矿区的矿石进行工艺多方案及联合工艺研究，寻找出适合该矿石性质的最佳工艺流程。为最后的生产工艺流程的确定提供进一步的依据。

6.3 经济评价

主要根据已有的地质资料，模拟矿山开采方案，对矿产的资源经济形势进行分析，通过投资效益分析、财务平衡、税收利润分析等对矿山开采的经济效益进行财务评价，并用不确定性分析方法对其经营风险进行评估，最后对矿山生产的社会效益进行了分析。

6.3.1 资源经济形势分析

2005-2009 年中国黄金行业总体经济运行情况良好。2005 年全国黄金产量达 224.050 吨，实现利润 40.362 亿元，同比增长 5.51%。2006 年中国黄金产量达到 240.078 吨，同比增长 7.15%。2007 年，中国以 270.491 吨的黄金产量，首次超过世界产金大国南非，跃居世界第一位。2008 年中国黄金产量为 282.007 吨，同比增长 4.26%，2009 年中国黄金产量为 313.98 吨，首次突破 300 吨，同比增长 11.34%，并连续三年蝉联世界第一。

2007 年中国黄金的消费需求为 362 吨。2008 年中国黄金交易市场开始迅速膨胀，黄金成为了投资的新热点。2008 年上海黄金交易所黄金成交量达到 4463.8 吨，同比增长了 144%，成交金额达 8696.05 亿元。中国黄金市场价格发现和风险规避功能逐渐完善。2008 年中国黄金消费和投资消费总需求量达到 395.6 吨，比 2007 年增长了 21%，其中来自黄金首饰方面的需求达到 326.7 吨，超过了美国，紧随印度居世界第二位。2009 年，中国黄金市场的价值约为 140 亿美元，黄金消费量达到 462 吨，相当于全球黄金需求总量的 11%，是仅次于印度的世界第二大黄金消费市场。世界黄金协会 2010 年 3 月 29 日发布关于中国黄金市场的首份报告《虎年黄金分析报告》，报告预计，以 2009 年底的平均价格来计，中国黄金年需求量将在未来 10 年内达到 290 亿美元。同时，未来 10 年内，中国的黄金消费量有可能在 2009 年的水平上翻一番。近几年黄金市场价格（2005

年～2009 年）见表 6.3。

表 6.3 2005-2009 年黄金市场年平均价格表（据上海黄金交易所网站）

年份	元 / 克	增长率(%)
2005 年	129.3	
2006 年	158.8	22.82(相对 05 年增长)
2007 年	175.8	10.71(相对 06 年增长)
2008 年	209.7	19.28(相对 07 年增长)
2009 年	234.3	11.73(相对 08 年增长)

根据黄金市场价格统计，2005 年至 2009 年黄金市场价格处于稳步上升状态。2010 年第一季度黄金均价为 243.4 元/g。如果市场需求继续上升，2012 年底黄金市场价格有望升到 300 元/g 以上。

从 2002 年开始国际黄金市场发生逆转，金价由跌转升。持续增长的金价，使黄金生产者的盈利水涨船高，一个新的黄金开放热潮逐步形成。在这黄金牛市的 8 年中，不仅原有的生产者充满了扩张的欲望，而且又有大量的新的投资者进入了黄金矿业开发领域。在这样的发展环境中我国黄金生产的产能快速地扩张：一批老企业产能迅速扩大；一批倒闭和陷入发展困境的金矿山，经过重组或注入资金后获得新生；建成了一批新矿山，之所以甘肃、青海、福建等地区能够后来者居上进入各省市的前列，就是因为在这些地区建成了一个或数个大型金矿，使当地产能发生了大幅度提高的结果。

6.3.2 矿床未来开发技术经济指标的选取

1．地质参数

（1）矿区块段最低工业品位论证

本金矿工业品位指标的论证采用价格法。块段工业品位采用静态分析，按收支平衡原则采用下面的计算公式：

$$a_{低} = \frac{c}{E \cdot (1-r) \cdot \varepsilon \cdot d}$$

式中：$a_{低}$——块段最低工业品位(g/t 或 g/m^3)；

C——单位综合成本(元/t 或元/m^3)；（选取 190 元/吨）

E——金的价格(元/g)；（选取 155.98 元/克为金精粉含金价格）

R——采矿贫化率(%)；（选取 18%）

ε ——选冶总回收率(%)；（选取 77.1%）

d——金的成色(‰)。（选取 999）

计算结果为：$a_{低}=1.9\times10^{-6}$。

而储量估算时，采用的块段最低工业品位为 2.5×10^{-6}，大于 1.9×10^{-6}。所以该矿床勘探所用的工业指标是切合实际的，符合合理利益能资源的原则，经济上是可行的。

（2）矿山生产能力及合理服务年限

依据开采范围内阶段矿石量、以及矿量集中分布的特点，结合矿床开采技术条件，考虑矿山规模经营及合理服务年限等，设计推荐矿山生产能力为年开采金矿石 66×10^{4}t（2000t/d，年工作 330 天）。

项目建设期暂定为 2 年，则该矿区的服务年限计算可得：

原生矿：8325456×(1-15%)/660000×(1-18%)≈13 年

其中：可采矿量 8325456 吨，损失率 15%，贫化率 18%。

矿山服务年限：在金龙山矿段 150m 中段以上～751m 中段以下地下开采 13 年。

由于本区勘探程度偏低，一些可靠程度较低的资源量在本次设计中没有被利用，随着探矿工作的进行，可供利用的地质储量会增加；另外本矿区周边尚有多条矿体正在进行探矿工作，经了解探矿效果较好，这部分探矿权的转让工作也已列入了企业的议事日程；基于以上条件矿山的服务年限会得到极大的延长。

2．技术经济指标的选取

（1）投资估算、资金筹措及流动资金估算

投资范围

采矿系统：探矿设备、基建竖井及平巷、供电系统、采选供热系统、辅助设施(炸药库、采矿办公室、采矿仓库、采矿综合用房等)。

选矿系统：粗碎车间、中细碎车间、皮带廊、转运站、成品仓、磨矿仓、选矿主厂房、浓缩机池、浮选厂及生活区供电系统、供热系统、选矿辅助设施等。

辅助设施：其他供电及通讯系统(水源地变电站、车间供电设备、厂区电缆敷设、路灯、通讯系统等)、供水系统(打井、输水管线、泵房、水池、生活水净化设施、污水处理设施、厂区管线等)。

生活福利设施：矿山办公室、宿舍、食堂、综合用房、俱乐部等。

尾矿设施：供配电、土方筑坝、砌石、防渗处理、排水井及排水隧道等

总图运输：厂区土石方工程、厂区道路、挡土墙及护坡、车辆。

场外工程：场外道路、场外供电(供电线路)等。

投资估算

本工程投资估算由建设项目的工程费用、其他费用、工程预备费、建设期贷款利息、铺底流动资金构成。

按单位生产能力估算法，本次项目估算的基建投资为30356万元，其中：贷款21774万元（含基建利息），年利率7.83%；自筹：8582万元。其中基建资金分配如下表6.4。本项目基建期为2a。

表6.4 基建资金分配表

资金分类	资金数目	占投资额比率
建筑工程	11687.06万元	38.50%
设备购置	6374.76万元	21.00%
安装工程	1277.9876万元	4.21%
工器具费	30.356万元	0.10%
其他费用	10985.8364万元	36.19%
总计	30356万元	100%

流动资金采取按扩大指标估算法，规定有色金属矿可按固定资产投资的15～20%估算流动资金，本次按15%估算金矿流动资金为4453.4万元，达产年一次投入，其中贷款3117.38万元，年利率7.47%，自筹1336.02万元。

总投资34809.4万元。

（2）采选冶指标及成本

采选冶指标

产品为金精矿(品位22.89×10^{-6})；选矿回收率可达77.1%。参考镇安金矿目前的生产实际，本区原生矿采矿贫化率为18%，损失率为15%。

采选冶成本(见表6.5)。

原生矿：镇安金矿同流程试产单位总成本费用为140元/吨(采矿约50元、选矿约60元、管理费及其它约30元)，考虑未来开发中主要为坑采，加上物价上涨因素，采矿单位成本有所增加，按目前的露、坑采矿石比例，约调增50元/吨左右。本次评价单位

矿石成本费用取 190.00 元/吨。

表 6.5 未来开发经营成本分配表

项　　目	单位成本(元/吨)	年成本(万元)
地下采矿成本	90.00	5940.00
原生矿选矿作业成本	60.00	3960.00
销售费	10.00	660
管理费	20.00	1320.00
其他	10.00	660
原生矿生产总成本	190.00	12540

（3）产品价格及纳税成本

产品价格

由于市场价格波动较大，产品价格采用评价前三年国家黄金价格的平均数作为评价的基本依据，截止 2010 年初，上海黄金交易所前三年（2007 年～2009 年）的平均价为 206.6 元/克。本次评价仅考虑原生矿产品为金精矿，因此，根据[1993]冶经字第 630 号《关于调整黄金中间产品价格并实行系数定价的通知》，含金不小于 20 克/吨金精矿价格计价系数为 75.5%。确定金精矿价格为：

金精矿价格=平均价×计价系数=206.6 元/克×75.5%=155.98 元/克。

产品销售收入

年销售收入=年处理矿石量×(1-贫化率)×矿石品位×选冶总回收率×单位金属量价格

原生矿年销售收入：66×(1-18%)×6.11×77.1%×155.98=39766.95 万元

税金及附加

当前黄金企业应交纳的税费主要是资源税和资源补偿费以及矿业权使用费、企业所得税，国家对城市建设维护费和教育费附加给予减免，不予考虑。

按照国家现行规定，黄金资源税为 1.3～2.5 元/吨，本区为西部地区，暂定为 1.3 元/吨。

原生矿年缴纳资源税为 1.3 元/吨×66 万吨=85.8 万元。

1994 年 2 月 27 日，国务院发布的《矿产资源补偿费征收管理规定》明确规定，黄金资源补偿费率为 4%。

原生矿年缴纳资源补偿费 4%×39766.95 万元=1590.68 万元。

本项目的企业所得税按一般企业考虑，税率为 25%。

6.3.3 经济效益计算

1．静态分析

（1）项目总利润

项目的总利润=服务年限 13 年的利润总和=203785.39 万元。

项目总税额=所得税总额+资源税总额+资源补偿费总额=100608.9 万元

年均利润=项目总利润÷13=15675.80 万元

年缴纳税费=项目总税额÷13=7739.15 万元（详见表 6.6、6.7 和 6.8）

（2）投资利润率

其计算方法为：

$$投资利润率=(年利润÷项目总投资)\times 100\%$$

由前述参数计算可得原生矿均稳产年份的投资利润率为：

$$(15675.80÷34809.4)\times 100\%=45.03\%$$

（3）投资回收期

根据公式：

投资回收期= (累计净现金流量开始出现正值年份－1)+上年累计净现金流绝对值/当年净现金流量

在项目投产初期，将所有利润全部用于偿还项目投资，此间，企业可不缴纳所得税，因此，累计净现金流量开始出现正值的年份应是第 4 年(含基建期 2 年)，当年的累计净现金流量为 1288.05 万元，第 3 年累计净现金流量为-17026.55 万元，因此，投资回收期为：

(4-1)+17026.55÷18314.6=3.93 年　　(含项目基建期 2 年)

2．动态分析

（1）净现值

净现值（NPV）是在项目计算期内，按行业基准折现率或其他设定的折现率计算的各年净现金流量现值的代数和。

表 6.6　逐年产品产量计算表

序号	年份 / 项目		基建	基建							
		单　位	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	处理矿量	万　吨			66	66	66	66	66	66	66
2	平均品位	g / t			6.11	6.11	6.11	6.11	6.11	6.11	6.11
3	贫化率	%			18	18	18	18	18	18	18
4	回收率：金	%			77.1	77.1	77.1	77.1	77.1	77.1	77.1
5	产品产量：金	kg			2549.49	2549.49	2549.49	2549.49	2549.49	2549.49	2549.49
6	产品价格 ：金	万元/公斤			15.598	15.598	15.598	15.598	15.598	15.598	15.598
7	年销售收入	万　元			39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95

表 6.6　逐年产品产量计算表（续）

序号	年份 / 项目								
		单　位	10	11	12	13	14	15	总计
1	处理矿量	万　吨	66	66	66	66	66	40.5456	832.5456
2	平均品位	g / t	6.11	6.11	6.11	6.11	6.11	6.11	6.11
3	贫化率	%	18	18	18	18	18	18	18
4	回收率：金	%	77.1	77.1	77.1	77.1	77.1	77.1	77.1
5	产品产量：金	kg	2549.49	2549.49	2549.49	2549.49	2549.49	1566.16	32160.04
6	产品价格 ：金	万元/公斤	15.598	15.598	15.598	15.598	15.598	15.598	15.598
7	年销售收入	万　元	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	24428.95	501632.35

表 6.7　项目损益表

序号	年份 / 项目	单位	基建 1	基建 2	3	4	4	6	7	8	9
1	销售收入	万元			39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95
	生产成本	万元			12540	12540	12540	12540	12540	12540	12540
	财务费用：短期	万元			105	105	105	105	105	105	105
	长期	万元			1705	996					
	营业外支出	万元			30	30	30	30	30	30	30
	资源补偿费	万元			1590.68	1590.68	1590.68	1590.68	1590.68	1590.68	1590.68
	资源税	万元			85.8	85.8	85.8	85.8	85.8	85.8	85.8
2	利润总额	万元			23710.47	24419.47	25415.47	25415.47	25415.47	25415.47	25415.47
	所得税	万元			5927.62	6104.87	6353.87	6353.87	6353.87	6353.87	6353.87
3	税后利 润	万元			17782.85	18314.6	19061.603	19061.603	19061.603	19061.603	19061.603

表 6.7　项目损益表（续）

序号	年份 / 项目	单位	10	11	12	13	14	15	合计
1	销售收入	万元	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	24428.95	501632.35
	生产成本	万元	12540	12540	12540	12540	12540	7703.664	158183.66
	财务费用：短期	万元	105	105	105	105	105	105	1365
	长期	万元							2701
	营业外支出	万元	30	30	30	30	30	30	390
	资源补偿费	万元	1590.68	1590.68	1590.68	1590.68	1590.68	977.158	20065.318
	资源税	万元	85.8	85.8	85.8	85.8	85.8	52.71	1082.31
2	利润总额	万元	25415.47	25415.47	25415.47	25415.47	25415.47	15560.42	317845.06
	所得税	万元	6353.87	6353.87	6353.87	6353.87	6353.87	3890.11	79461.27
3	税后利 润	万元	19061.603	19061.6	19061.6	19061.6	19061.603	11670.32	238383.8

表 6.8　现金流量计算表

序号	年份 / 项目	单位	基建 1	基建 2	3	4	5	6	7	8	9
一	现金流入	万元	0	0	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95
1	销售收入	万元	0	0	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95
2	回收固定资产与余值	万元									
3	回收流动资金	万元									
二	现金流出	万元	20000	14809.4	21984.1	21452.35	20705.35	20705.35	20705.35	20705.35	20705.35
1	固定资产投资	万元	20000	10356							
2	流动资金	万元	0	4453.4							
3	生产成本	万元	0	0	12540	12540	12540	12540	12540	12540	12540
4	财务费用	万元	0	0	1810	1101	105	105	105	105	105
5	营业外支出	万元	0	0	30	30	30	30	30	30	30
6	资源补偿费	万元	0	0	1590.68	1590.68	1590.68	1590.68	1590.68	1590.68	1590.68
7	资源税	万元	0	0	85.8	85.8	85.8	85.8	85.8	85.8	85.8
8	所得税	万元	0	0	5927.62	6104.87	6353.87	6353.87	6353.87	6353.87	6353.87
三	净现金流量	万元	-20000	-14809.4	17782.85	18314.6	19061.6	19061.6	19061.6	19061.6	19061.6
四	I=10% 贴现系数		0.9091	0.8264	0.7513	0.683	0.6209	0.5645	0.5132	0.4665	0.4241
	财务净现值	万元	-18182	-12238.49	13360.255	12508.872	11835.347	10760.273	9782.4131	8892.2364	8084.0246
五	内部收益率	%	42.78%								
六	投资返本期	年	3.93								
	其冲：贷款偿还期	年	1.63								
七	返本后利润	万元	238383.79								

表 6.8　现金流量计算表(续)

序号	年份 / 项目	单位	10	11	12	13	14	15	合计
一	现金流入	万元	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	58882.35	501632.35
1	销售收入	万元	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	39766.95	24428.95	501632.35
2	回收固定资产与余值	万元						30000	
3	回收流动资金	万元						4453.4	
二	现金流出	万元	20705.35	20705.35	20705.35	20705.35	20705.35	12758.642	263248.558
1	固定资产投资	万元							
2	流动资金	万元							
3	生产成本	万元	12540	12540	12540	12540	12540	7703.664	158183.66
4	财务费用	万元	105	105	105	105	105	105	4066
5	营业外支出	万元	30	30	30	30	30	30	390
6	资源补偿费	万元	1590.68	1590.68	1590.68	1590.68	1590.68	977.158	20065.318
7	资源税	万元	85.8	85.8	85.8	85.8	85.8	52.71	1082.31
8	所得税	万元	6353.87	6353.87	6353.87	6353.87	6353.87	3890.11	79461.27
三	净现金流量	万元	19061.6	19061.6	19061.6	19061.6	19061.6	46123.708	238383.792
四	I=10%　贴现系数		0.3855	0.3505	0.3186	0.2897	0.2634	0.2395	
	财务净现值	万元	7348.2468	6681.0908	6073.0258	5522.1455	5020.8254	11046.6281	86494.89595
五	内部收益率	%							
六	投资返本期	年							
	其冲：贷款偿还期	年							
七	返本后利润	万元							

其表达式为:

$$NPV=\sum_{t=0}^{n}(CI-CO)_t(1+i_0)^{-t}$$

其中 *NPV*——净现值

（*CI-CO*）——第 *t* 年的净现金流量。*CI* 为现金流入，*CO* 为现金流出

i_0——基准收益率（或基准折现率）

n——计算期，*n*≤30 年

净现值是一般靠现金流量表来实现的。从现金流量表我们可以明白的看出矿山服务年限内每年的现金流入、现金流出情况，包括每年的经营成本、销售收入、销售税金等。净现金流量可以告诉我们矿山服务期内总的现金盈余情况。通常情况下，现金流量表可以全面反映项目本身财务状况及获利能力。

现金流量表（表 6.8）主要包括现金流入、现金流出和净现金流量、累计净现金流量及其所得出的净现值。

取财务折现率为 10%，得出的净现值为 86494.89595 万元。

（2）内部收益率

内部收益率（IRR），是指项目在整个计算期内各年净现金流量现值累计等于零时的折现率。内部收益率是效率型指标，反映项目所占用资金的盈利率，即考察项目资金使用效率的重要指标。

计算式为

$$\sum_{t=0}^{n}(CI-CO)_t(1+IRR)^{-t}=0$$

其中：*IRR*=内部收益率

（*CI-CO*）——第 t 年的净现金流量。*CI* 为现金流入，*CO* 为现金流出

n——计算期，*n*≤30 年

用直线插入法求得内部收益率为 42.78%。

6.3.4 盈亏平衡分析与敏感性分析

1. 盈亏平衡分析

（1）金价盈亏平衡点：按本次确定矿山生产规模、生产成本、矿石品位和总回收率

(原生矿)，其计算方法为：

金价盈亏平衡点(元/克)=年生产成本及税费÷（年处理量×矿石品位×总回收率）

金价盈亏平衡点为：

(12540+8064.1)万元÷(66 万吨×6.11 克/吨×82%×77.1%)=80.82 元/克。

（2）年处理量盈亏平衡点：按本次确定生产规模、生产成本、矿石品位、总回收率和近三年来的平均金价(原生矿)，其计算方法为：

年处理量盈亏平衡点(万吨)=年生产成本及税费÷（矿石品位×总回收率×金价）

年处理量盈亏平衡点为：

(12540+8064.1)万元÷(6.11 克/吨×77.1%×82%×155.98 元/克)=34.20 万吨。换言之，保持当前黄金价格和生产工艺不变，若生产规模小于 1036.36 吨/日，则原生矿石的开发不具有盈利能力。

通过对金价和年处理量盈亏平衡点估算，当其它条件不变时，金价下降到 80.82 元/克时，企业已无利可图；或当其它条件不变，若企业原生矿生产规模达不到 1036.36 吨/日，原生矿的生产出现亏损。

按黄金现行价 243.4 元/克（2010 年第一季度均价）分析，年处理量盈亏平衡点为 17.78 万吨，若企业原生矿生产规模达不到 538.74 吨/日，原生矿的生产出现亏损。

从以上分析不难发现，无论是金价、矿石入选品位、还是年处理矿石量发生变化，都不会改变其盈利局势。本次盈亏平衡分析主要针对原生矿进行分析。

2. 敏感性分析

敏感性分析又叫灵敏度分析，它通过分析不确定性因素(如投资、成本、销售量、生产能力、价格、利率、寿命周期等)的数值变化时对项目的经济效益评价指标的影响，从中找出敏感因素，并确定影响程度，以便制定相应对策，防范和降低风险，确保项目达到预期目标。

以投资利润率为指标，对投资、规模、价格、成本等变量进行敏感性分析。根据得出的敏感系数（表 6.9），价格是最敏感因素，规模和投资其次，成本是较不敏感因素。四种因素都出现不利变动时，方案仍有 26%的投资利润率，这说明项目具有较好的经济效益，抗风险能力较强。价格属于不可控因素，建议对市场价格进行密切监控，在价格下降幅度较大时严格控制成本，调整产品生产及流通。同时要加强对投资总额的控制，

表 6.9　敏感性分析计算表

序号	指标 / 变化因素	规 模（万吨）	价格（万元/公斤）	单位开采成本（元/吨）	年销售收入（万元）	年成本及资源税（万元）	净利润（万元）	投资（万元）	投资利润率（%）	敏感系数
一		66	15.6	190	39767	14216	203785	34809	0.45	
二	投资变化:-0.1	66	15.6	190	39767	14216	203785	31328	0.5	1.11
	投资变化: 0.1	66	15.6	190	39767	14216	203785	38290	0.41	-0.89
三	规模变化:-0.1	59	15.6	190	35790	12794	183407	34809	0.41	-0.89
	规模变化: 0.1	73	15.6	190	43744	15638	224164	34809	0.5	1.11
四	成本变化:-0.1	66	15.6	171	39767	12962	215358	34809	0.48	0.67
	成本变化: 0.1	66	15.6	209	39767	15470	191711	34809	0.42	-0.67
五	价格变化: -0.1	66	14	190	35790	14057	167457	34809	0.37	-1.78
	价格变化: 0.1	66	17.2	190	43744	14376	239692	34809	0.53	1.78
六	最不利因素:	59	14	209	31907	13675	131877	38290	0.26	

提高项目建设及生产运营的管理水平，杜绝资金的违规利用及浪费，保持企业充分稳定的生产能力。

6.4 环境评价

矿山生产为地下开采，对自然环境破坏面积不大，生产中若注意保护植被，及时恢复植被，对环境影响较小。

矿山投产运行后主要气型污染物是粉尘，来自于废石排放、原矿运输和矿石破碎筛分等生产过程，废石场地使用洒水降尘的方式控制排放作业面产生的粉尘及原矿运输道选矿产生的固体废物主要是浮选尾矿，经尾矿压滤后排入尾矿库堆存；采场废土石堆存于新建的排土场，堆满后覆土压实，不外排。因此，本工程产生的固体废物经妥善处理处置后对环境影响较小。

矿山开采为井下开采，空压机和窄轨运输车量为采矿场的主要噪声源。选厂噪声源主要有破碎机、筛分机、球磨机、除尘风机等噪声设备，通过设置基础的防噪减噪措施，将高噪声设备设于厂房内，可减小对外界声环境的影响。

通过对采矿工业区、排土场、尾矿库、工业场地、公路护坡等范围采取工程措施和植物措施，可对开发建设过程中的弃土弃石全部拦截或有效利用，避免弃土临时堆场被冲刷，防止弃土弃石被洪水带入沟道流入下游河道，从而使人为新增水土流失量得到有效控制。此外，还可大大减少裸露地面，逐渐恢复矿区生态。

矿山的水保措施将使工程基础建设过程中损坏的土地和植被得到有效恢复，大大降低土壤侵蚀，恢复土地生产力，提高土地资源利用率。覆垦是防止水土流失的有效手段。废石场、尾矿库服务年限结束后，进行场地覆土，播撒草籽恢复生态。

6.5 矿床综合评价

米粮矿区交通方便，水电充足，内外部建设条件较好，探获资源储量已达到大型规模，并且，矿区外围的资源潜力很大。通过拟矿山建设，及经济分析结果表明，矿山经济效益明显，抗风险能力较强，反本后总利润达 238383.79 万元，可实现年均净利润总额 15675.80 万元，向国家缴纳年税费 7739.15 万元，并向国家市场提供大量黄金产品。矿山生产可安置区内剩余劳动力，解决县上的就业问题，改善镇安县的经济状况。由于矿山生产为地下开采，对自然环境破坏面积不大，生产中若注意保护植被，及时恢复植被，对环境影响较小。

结 论

1. 米粮金矿内矿体均赋存于金龙山短轴背斜的轴部及两翼，核部为上泥盆统南羊山组，两翼为石炭统袁家沟组。米粮金矿为微细粒浸染型金矿床。矿段内共圈定四条主矿体，在矿权以内共估算保有资源/储量：金金属量50846千克，矿石量8325456吨，Au平均品位6.11×10^{-6}。

2. 米粮矿区交通方便，水电充足，内外部建设条件较好，探获资源/储量已达到大型规模，并且，矿区外围的资源潜力很大。通过技术分析，建议矿区为地下开采，采用浅孔溜矿法与分段采矿法结合的采矿方法。根据选矿实验结果，采用浮选法。

3. 拟建矿山生产能力为年开采金矿石66×10^{4}t，开采年限为13年。基建投资为30356万元，流动资金为4453.4万元，矿山返本后总利润达238383.79万元，可实现年均净利润总额15675.80万元，向国家缴纳年税费7739.15万元，并向国家市场提供大量黄金产品。经盈亏平衡分析和敏感度分析，矿山效益明显，表明该方案抗风险能力较强。除外，矿山生产可安置区内剩余劳动力，解决县上的就业问题，改善镇安县的经济状况。由于矿山生产为地下开采，对自然环境破坏面积不大，生产中若注意保护植被，及时恢复植被，对环境影响较小。

参考文献

[1]陈衍景,张静等,西秦岭地区卡林—类卡林型金矿床及其成矿时间、构造背景和模式[J],2004,50(2):134-152;

[2]陈先兵,卡林型金矿地质地球化学特征及成因综述[J],黄金地质 1996,2(2):73-77;

[3]陈毓川,李兆婉等,中国金矿床及其成矿规律[M],地质出版社,2001;

[4]陈松年,李怀坤等,秦岭中—新元古代地质演化及对 RODINIA 超级大陆事件的响应[M],地质出版社,2003;

[5]陈于恒,孙建明,矿床经济学[M],中国矿业大学出版社,1989,3;

[6]陈希廉,张玉衡,矿产经济学[M],中国广播出版社,1992,2;

[7]陈建宏,矿产资源经济学[M],中南大学出版社,2009,6;

[8]方维萱,张国伟等,南秦岭晚古生代伸展构造特征及意义[J],西北大学学报,2001,31(3):235-239;

[9]方维营,秦岭造山带大型—超大型金属矿床形成大陆动力学条件分析[J],西北地质,1998,19(3):11-17;

[10]华曙光,王君宪,刘新会,化探在金龙山金矿勘查中的应用[J],地质找矿论丛,2006,21(增刊):141-143;

[11]侯满堂,陕西镇旬地区金矿黄铁矿的标型特征与初步总结及其找矿意义[J],陕西地质,1995,13(2):42-48;

[12]刘新会,刘爽等,构造式样组合对卡林型金矿含矿热液封存的控制—以陕西金龙山—丘岭金矿床为例[J],地质找矿论丛,2003,18(增刊):32-35;

[13]刘新会,刘爽等,中秦岭金龙山金矿床地质特征及找矿方向[J],西北地质,2008,41(1):81-89;

[14]刘新会,南秦岭金龙山金矿远景资源量预测[J],地质找矿论丛,2006,21(增刊):118-120;

[15]刘东升,中国卡林型金矿[M],南京大学出版社,1994,254-287;

[16]刘国平,秦岭造山带沉积岩容矿金矿床地质特征和矿床成因[J],地质与勘探,1998,34(3):5-9;

[17]李朝阳,有关卡林型金矿的几点认识[J],矿物学报,1995,15(2):132-137;

[18]李祥仪,李仲学,矿业经济学[M],冶金工业出版社,2001,5;

[19]李万亨,矿床经济评价概论[M],冶金工业出版社,1989,3;

[20]李万亨,杨昌明,地质技术经济学[M],地质出版社,1987,1;

[21]李永项,张纯芳,张复新,镇安金龙山—丘岭金矿田地质特征、成矿预测与找矿前景[J],西北地质科学,2000,21(1):62-67;

[22]李文全,黄长青等,南秦岭贵金属、多金属控矿要素与成矿演化[J],中国地质,2001,28(6):31-38;

[23]卢纪英,李作华,张复新等,秦岭板块金矿床[M],陕西科学技术出版社,2000;

[24]卢秋霞,刘显凡,苏文超,微细浸染型金矿深源矿质和流体地球化学示踪研究[J],贵金属地质,2000,9(2):97-99;

[25]马中平,魏宽义,陕西镇安丘岭微细浸染型金矿床金矿化过程中元素活动规律[J],西北地质,2005,38

（1）：73-77；

[26]马光,刘继顺,宫丽,秦岭地区卡林型金矿地质特征[J],黄金,2004,25（3）：8-12；

[27]毛景文,西秦岭地区造山型与卡林型金矿床[J],矿物岩石地球化学通报， 2001， 20（1）：11-13；

[28]齐文,侯满堂,陕西金矿床类型及其找矿方向[J],陕西地质,2005,23(1):1-9；

[29]史光德,刘新会,张永文等,镇旬盆地金矿成矿规律研究， 地质找矿论丛[J]， 2005， 20（增刊）：15-19；

[30]史光德,刘新会等,镇旬盆地金矿地质特征及找矿方向[J],地球科学与环境学报,2005,27(3):10-14

[31]史光德,刘新会等,镇旬盆地金矿成矿规律研究[J],地质找矿论丛,2005,20（增刊）：15-19；

[32]陕西省地质矿产局,陕西省区域地质志[M],地质出版社,1989；

[33]中国冶金地质总局西北地质勘查院,陕西省镇安县金龙山金矿区金龙山矿段详查地质报告[R].西安,中国冶金地质总局西北地质勘查院,2008

[34]邵世才,汪东波,南秦岭三个典型金矿床的 Ar—Ar 年代及其地质意义[J],地质学报,2001,75（1）：106-110；

[35]邵世才,汪东波,中秦岭主要类型金矿的年代及其地球动力学意义[J],地质学报,2000,74（待刊）；

[36]申萍,陕西镇安丘岭金矿床载金矿物的标型特征及其成因意义[J],西北地质,1997,18（4）:17-21；

[37]孙培基,韦永福,当代中国金矿地质[M],地震出版社,1996,8-12；

[38]涂怀奎,秦岭地区类卡林型金矿成矿特征和找矿方向[J],地质找矿论丛,2005,20（4）：258-263；

[39]武警黄金第五支队.陕西省镇安县金龙山金矿区普查地质报告[R].西安,武警黄金第五支队,2005；

[40]王建业,刘鸾玲.秦岭地区卡林型金矿成矿模式[J].矿产与地质,1995,9(4).

[41]王登红,卡林型金矿找矿新进展及其意义[J],地质地球化学,2000,28（1）：92-96；

[42]王可勇,姚书振,吕新彪,国内外微细浸染型金矿床研究现状及发展趋势[J],贵金属地质,2000,9（4）,223-227；

[43]王相,唐荣杨,李实,秦岭造山与金属成矿[M],冶金工业出版社,1996,123-134；

[44]王小春,微细浸染型金矿研究现状评述[J],黄金地质,1997,3（1）,72-76；

[45]韦龙明,秦岭地区与滇黔桂接壤区微细浸染型金矿床地质地球化学特征对比[J],黄金科学技术,1995,3（5）：49-52；

[46]于学元,郑作平,南秦岭金矿的几点认识[J],矿物岩石地球化学通报,1996,15（3）：162-165；

[47]杨志华等,边缘转换盆地的构造岩相与成矿[M]科学出版社， 1991；

[48]周余国,刘继顺等,卡林型金矿的再定义[J],黄金,2008,29（11）：7-11；

[49]赵利青,冯钟燕,有利岩性对微细浸染型金矿化的控制作用—以南秦岭金龙山金矿带为例[J],中国科学(D 辑),2001,31(7):563-569；

[50]赵利青,陈祥等,南秦岭赋存于沉积岩中的金龙山金矿带主要载金矿物黄铁矿、毒砂研究[J],贵金属地质,2000,9（4）：193-199；

[51]赵震宇,王世称等,陕南地区金矿床综合信息预测[J],吉林大学学报,2004,34(2):287-291；

[52]张静,陈衍景等,陕西金龙山卡林型金矿带成矿流体地球化学研究[J],矿床地质,2002,21（3）：

283-290；

[53]张复新,肖丽,齐亚林,卡林型—类卡林型金矿床勘查与研究回顾及展望[J],中国地质,2004,31（4）：406-412；

[54]张复新,季军良等,南秦岭卡林型—似卡林型金矿床综合地质地球化学特征[J],地质评论,2001,47（5）：492-49；

[55]张复新,张旺定等,秦岭造山带金矿床类型与构造背景[J],黄金地质,2000,6(4):59-65；

[56] 张复新,陈衍景等,金龙山—丘岭金矿床地质地球化学特征及成因:秦岭式卡林型金矿成矿动力学机制[J],中国科学,2000,30（增刊）：73-81；

[57]张复新,马建秦,秦岭镇—旬地区微细浸染型金矿床成矿条件及其找矿前景分析[J],矿产与地质,1997,11(6):388-396；

[58]张复新,马建秦,秦岭镇旬盆地丁—马微细浸染型层控锑—金矿带成矿作用基本问题探讨[J],黄金地质,1996,2（2）：10-15；

[59]张复新,马建秦,金龙山—丘岭卡林型金矿床成矿特征[J],地质与勘探,1999,35（5）：20-23；

[60]张复新,马建秦,魏宽义,镇安米粮地区微细浸染型层控金矿床的形成与构造演化的关系,矿床地质[J],1995,14（1）：26-34；

[61]张复新,刘文峰,魏宽义,陕西丁—马矿带金龙山—丘岭金矿含金黄铁矿特征及其演化[J],地质与勘探,1993,29(10):27-33；

[62]张复新,魏宽义.南秦岭微细浸染型金矿床地质与找矿[M].西安,西北大学出版社,1997.

[63]左仲书,我国微细浸染型金矿床的控矿条件、成矿地质特征及找矿标志[J],有色金属矿产与勘查,1993,2（3）：144-151；

[64]张应红,齐亚彬,许史兴,矿床技术经济评价方法与参数[M],地质出版社,1991,7。

致 谢

本论文是在我的导师王平老师的悉心指导下完成的。研究生三年期间，王平老师在学习和生活上都给了我莫大的关心和帮助。王平老师渊博的知识、严谨的治学态度、活跃的学术思想、开阔的思路都使我受益终生。此外，王老师还教给我许多为人处世的道理。

本论文从选题、思路，到论文的多次修改，王老师都提出了宝贵的意见。正是在王老师的关心和帮助下，此论文才能顺利完成。在此，首先向我的导师王平老师表示由衷的感谢！

感谢中冶西北地勘院副院长的徐卫东高工对论文提出指导建议和提供资料方面的有力帮助。感谢王北颖高工对论文的修改提出宝贵的意见。

感谢我同门的兄弟姐妹们在三年来学习、生活及野外实习中的帮助和关心！感谢我的同学陈小龙和孙涛的帮助！

特别感谢王海同学一直以来在学习生活上的帮助和精神上的鼓励和支持，以及论文期间宝贵的建议及专业问题的解答。

感谢我的父母、亲人、朋友，一直以来的关心和鼓励，他们的支持给了无穷的动力！