

西南交通大学

硕士学位论文

黄金地质勘查项目风险评估与实践

姓名：严富鑫

申请学位级别：硕士

专业：工商管理

指导教师：余江

20080801

Abstract

Since the opening up of China's gold market in 2002, the state-owned, private and foreign-invested, three-legged race era for gold development has started with the representatives of Gold, Shangdong Zhaojin, Shangdong Gold-mining, Zijin Mining, Sino Gold etc. To be an invincible position in the future development of gold market, the competitors occupy exploration region consecutively, at the same time, look for more reserved resources quickly, efficiently and cost-effectively is one inevitable choice for gold risk assessment of geological exploration. So to establish gold geological exploration project risk assessment system is the premises of commercial circulation, improvement of exploration's success rate and reduces of exploration cost. This essay will put gold geological exploration project into the ranks of risk investment, introduce the mode of risk assessment as well. To quantify the risk factor that decides the odds of gold geological exploration by integrating the professional particularity of gold geological exploration and exercising vague mathematics theory. Choose the vague risk overall evaluation to establish vague relation matrix between risk measurement and risk factors. According to Project's risk factors and weight, calculate out the overall evaluation result of evaluated objects as probability of risk investment project status; thereby calculate out gold geological exploration project's overall risk level.

The essay has selected LNG GOLD MINE project to do empirical research on the basis of follow-up investigation. According to above methods, firstly cognize project completely, make the questionnaire and interview to experts who grade it by using scientific methods to do quantified risk analysis of gold geological exploration. Next classify the risk factors and weight, obtain an overall risk level of project. And then estimate the project's development direction, which has practical guidance significance. It is certain that there're geologic feature differences due to China's vast territory. With the consideration of using vague risk overall evaluation, to make proper modification on those key factors that influences the odds of this project, based on special condition

of concrete territory located, in order that the result of project risk evaluation gets closer to project performance.

Key words: gold geological exploration project risk assessment practice

西南交通大学

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权西南交通大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

本学位论文属于

- 1、保密 ☐，在 _____ 年解密后适用本授权书；
- 2、不保密 ☒，适用本授权书。

(请在以上方框内打“√”)

(保密的学位论文在解密后适用本授权书)

学位论文作者签名: 尹富鑫

指导教师签名: 余江

签字日期: 2008年 10月 22日

签字日期: 2008年 10月 22日

西南交通大学学位论文创新性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是在导师指导下独立进行研究工作所得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出贡献的个人和集体，均已在文中作了明确的说明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

本学位论文的主要创新点如下：

一、本论文研究在黄金产业国际化，市场竞争日趋激烈的情况下，对如何降低黄金资源的勘查投资风险，提出了在投资前和投资中进行黄金地质勘查风险评估方法。将黄金地质勘查的风险评估与模糊数学理论结合起来，在黄金地质勘查领域进行风险评估，并结合模糊数学理论，在黄金地质勘查领域属首次，也是本文的最大创新点。

二、本论文运用模糊数学量化黄金地质勘查风险评估因素，在进行模糊综合评价过程中，将风险因素通过专家评议，建立评估权重和结构体系，结合风险水平的量化测定，分层级建立评判矩阵。通过计算获得最终的风险状态概率，从而确定项目的综合风险水平。这在黄金地质勘查领域首次运用这种方法，用以指导黄金地质勘查行业评估投资风险，对黄金资源项目的资本运作、黄金矿业项目流转和开发都具有现实的指导意义，这在该领域属首次，是本文的另一重要创新点。

学位论文作者签名：

日期： 年 月 日

第 1 章 导 论

1.1 本论文的背景及论题的提出

伴随着经济全球一体化，世界的许多国家工业化程度进一步提高，经济的发展对各种矿产资源的依赖程度越来越强，而且这种依赖已不再局限于本国范围。经济全球化的竞争格局和资源不可再生的特点使得资源类的项目地区供求不平衡，竞争加剧。

矿产资源居于工业发展的价值链的最上游阶段，是最原始的原料供应环节。由于矿产资源是各类工业的基础工业，是不可再生的资源。黄金尽管是贵金属但同样是从矿产资源中生产出来，也具有其他矿产资源的不可再生的特点。加之黄金的如下特殊作用：

1、国家财富储备和个人财富储备。黄金的货币商品属性决定和金融工具的基础作用如期货等，目前许多国家，包括西方发达国家每年购入大量标准黄金锭作为国际储备。从国家财富储备上来讲，黄金矿藏是一个国家重要的战略资源。同时在世界范围内，个人也将黄金作为财富保值、套利、储备的首选。

2、珠宝首饰。华丽的黄金饰品一直是一个人的社会地位和财富的象征，世界黄金饰品所用的黄金量占整体黄金产量的。个人也大多将黄金饰品作为保存财富的重要手段。

3、在工业与科学技术方面的应用。由于黄金具有其他金属所不具有的性能，如具有极高的抗腐蚀的稳定性；良好的导电性和导热性；金的原子核还具有较大捕获中子的有效截面，对红外线的反射能力接近 100%；在金的合金中具有各种触媒性质；黄金还具有良好的工艺性，极易加工成超薄金箔、微米金丝和金粉；黄金也很容易被镀到其它金属和陶器及玻璃的表面上；黄金在一定压力下很容易被熔焊和锻焊；金也可制成超导体与有机金等。黄金有上述这么多优越性质，使它能够在电子技术、通讯技术、航天技术、化工技术、医疗技术等许多产业中得到广泛应用。

黄金市场更趋紧俏，市场吸引了太多的投资者参与黄金矿业开发，带动起来的黄金矿产资源项目储备也总是供小于求。经济全球一体化的同样影响整个世界黄金市场一体化进程，在开发和以寻找黄金矿藏的储备为目的的勘探都在加快，促使开放的中国勘探市场竞争更加激烈。

黄金资源只要开发出来就是财富，我们国家一直以来都在快速地对各种黄金资源进行开发利用。建国六十年来，易找到且易开发生产的沙金资源和很多地表露头的氧化岩金矿基本上已开发殆尽，再加上现在政府在产业发展要求上提出的环境友好型、和谐发展工业的要求，局部偶尔再生的沙金资源开发也受到限制。所以在寻找黄金矿床资源方面，投资者不得不都将目光投向矿藏分布的深部和难选冶黄金矿体上。这也就加大了黄金矿床的寻找难度，也增加了投资的额度和风险，这样使得可开发的黄金勘探项目越来越少，不能满足众多的开发商的需求。

无论是世贸组织成立前后的世界条块经济体，还是当今的全球经济一体化，任何一个国家拥有黄金矿业资源就意味着拥有了财富。自从上个世纪九十年代冷战结束，很多国家加大了黄金储备，黄金市场也随着国际经济政治的风云变幻一直呈上升趋势。随着我国改革开放的深入，2000 年国家计委的产业指导目录允许外资以合资、合作的形式勘探开发黄金这一战略资源。为应对金融、外汇改革，促进资源开发，我国在 2002 年 10 月 30 日上海黄金交易所开业，将国内的黄金交易推向市场，同时中国也在 2007 年跃居黄金第二大生产国。

世界黄金产量 2006 年全年 3451 吨，比上一年产量少了 56 吨，产量较上一年下降了 15%而且随着大的黄金矿山产量日渐萎缩，未来的全球黄金产量也会因为黄金勘探的难度加大，可开发的黄金矿山项目减少而减少。但全球首饰行业的黄金需求 2006 年为 2267 吨比 2005 年上涨 3%，工业消耗需求量增至 458 吨，涨幅也在 5%左右，全球范围内的投资和储备需求也较 2005 年增加 27%。在我国 2006 年的产量比上一年下降 23%，而 2007 年国内的市场总需求随着个人投资保值和首饰市场的活跃，总的需求量至少上涨 10%。这种供需增长的不平衡推动黄金资源勘探即找矿成为了另一黄金商业竞争的主战场。

黄金的国际价格由 1999 年的每盎司 300 美元左右上涨至现在的每盎司 980 美元，国内一号标准金价每克也上涨至 220 元人民币。当前的全球黄金价格受下列因素影响：如世界政局动荡、地区冲突不断；美元持续贬值和美国“双赤”或欧共体的经济波动；欧盟、美国、东亚等经济体的总体发展及汇率变化；原油价格剧烈波动上涨；各国中央银行持续增加黄金储备；自然灾害如海啸、飓风、洪涝、雪冰灾害频发；区域经济不稳定，财务丑闻、罢工不断；高危的流行性传染病不断出现，如 SARS，禽流感等。

经济体和个人都对黄金保值储备有相对高的预期。使黄金价格不断飚升，行业准入门槛低，也从客观上吸引了更多的投资者加入黄金勘探、开发领域。从而加剧了黄金勘探项目的市场竞争激烈程度。

国家现行政策允许地方、国有企事业单位、集体、个人和外商投资勘查开采矿产资源，以此形成矿产资源勘查开采投资主体多元化和资金来源多渠道，来振兴勘查业和矿业，形成更多的矿产资源储备。但由于矿业勘探是一个风险极大的行业，国内风险投资体系少有问津这个领域、创业融资体系尚未健全、勘探成功和正在勘探项目的价值评估体系没有形成、勘探风险没有合理评估，项目商业流转在半市场和半行政状态下运作，这些因素使得各投资主体没有充分发挥其各自的积极作用。所以勘探市场中就无法形成更多的黄金资源开发储备。

个体的勘查体由于风险投资和创业融资体系不存在，再受短期利益驱动，个体勘查靠自有资金不能满足项目对资金和技术的要求。直接导致这些个体进行成果侵占、掠夺性勘探采矿造成大量的资源浪费。九十年代前后，矿业开发和勘探都步入低谷，使得国营黄金矿山、地质勘查单位都因后续投入乏力而举步维艰。2000年前后全球资源开发热潮及中国以资源开发为主的西部大开发的战略转变，国家加大国营勘探机构的投入，同时国营黄金矿业公司也在重组过程中拓展实力，改变勘探投资战略及运作模式。但由于勘探领域艰难日久，人才缺乏，黄金资源勘探项目的勘探期限较长，所以当前的黄金勘探项目储备很少，很难满足现有黄金矿业开发生产需求。允许外资对黄金矿业勘探开发从2001年放开，但仅仅6年时光，从2007年国家的产业指导目录来看，黄金领域的外资产业政策又日趋紧缩，

再加上在优先登记勘探权上外资已处于竞争的劣势。尽管外资有风险投资的融资优势，在获得项目、行成勘探资源项目储备方面也没有发挥其优势。

综合上述的这些情况来看，在黄金产品市场供需、投资者的多少、投资额的大小、融资渠道、价格和黄金资源勘查难度上都反映出勘探出更多的黄金矿床作为开发储备、满足市场需求的紧近性和必要性。但国内乃至全球的黄金勘探成功项目和黄金产量都不能满足市场的需求，而开发一个年产量1吨以上的黄金矿山周期1.5-3年，其可供开发的寿命大约为8-15年。在我国原有的黄金勘探项目少，发现一个开发一个或者边勘探边采矿者据多，没有项目储备。这样从时间跨度上，成功的黄金勘探项目青黄不接，无法满足市场之所需。进入上世纪九十年代以后，找矿难度加大，尽管从黄金地质勘查方面，多种技术的交叉应用。如对黄金、有色金属勘探行业主要通过地质构造、地球物理、地球化学、卫星遥感、地磁等手段，对一定区域和深度进行由面到点的分析、勘查、钻探，以寻求由找矿靶区到最终矿藏分布规律被成功揭示的更高系数。但到当前黄金勘探行业水平来看找到黄金矿床资源，项目成功的概率也还保持在1-2%的水平上。以这样的黄金勘探项目成功的速度来看，很显然远不能适应黄金市场开发之所需。

为了解决黄金开发项目储备短缺的瓶颈，提高黄金勘探项目成功概是关键。要提高成功率，必须要合理回避黄金勘探项目运行过程中的风险。找到一个目标为储量 10 吨以上的黄金矿床，其勘探投资在 2000 万至于 1.5 亿元不等的水来上。也就是说一旦黄金勘查项目失败，没有发现目标资源，所有的投资将付之东流。能否勘探出黄金矿藏资源取决于对客观存在的矿藏分布的认知，认知程度则源于从地质勘查技术方面对目标区域的地质勘查信息量掌握程度和认识程度。在黄金勘探项目运行过程中我们一般将找矿过程因工作详细程度分矿田划分、远景区选择、普查、详查、勘探五个阶段。但一般而言存在极大风险，又要投入大量资金且不得不做的是普查阶段。最初的两个阶段，政府已在早期投资做了工作，形成的有准确的资料，最后二个阶段对于找矿而言已基本无风险可言，因为前者是在确定有矿的情况下查清资源量，而后者是在有一定的资源量的情况下矿大储量各品位控制。所以本论方所研究的黄金勘探项目的风险评估就只是针对投资大、风

险高、技术难度最大的普查阶段而言。

1.2 本论文的研究框架与内容

论文分黄金勘查项目的风险评估和实证研究两大部分。通过对黄金市场、黄金勘查项目市场以及黄金地质勘查项目的风险特点，引出对黄金地质勘查项目进行风险评估的现实意义。黄金地质勘查项目的风险评估结论的意义即是风险投资理论在黄金地质勘查项目中的实践应用。本论文正论分三大部分：

第一部分，风险评估的相关理论。介绍风险评估的基础理论及本论文所使用的风险评估方法的基本思想。(1)项目风险评估理论的发展历程概述；(2)风险评估理论的框架及意义；(3)风险投资决策过程和风险评估；(4)风险评估的方法介绍及其应用现状；(5)本论文研究所选择的风险评估方法介绍。

第二部分，黄金地质勘查项目风险评估的现状与特征。介绍黄金地质勘查项目的工作内容、技术构成和项目风险评估的现状，黄金地质勘查项目的特征和风险评估特征，以及如何进行黄金地质勘查项目风险评估。(1)黄金地质勘查项目的普查阶段的工作方法及形成的资料，项目评估过程中的地质技术解读规律；(2)黄金地质勘查项目特征和地质技术上的风险评估特征；(3)黄金地质勘查项目风险投资和风险评估现状；(4)黄金地质勘查技术风险评价因素和项目的风险评估理论的结合（包括权重模型的建立）。

第三部分，黄金地质勘查项目风险评估的运用。(1)LNG GOLD MINE 黄金地质勘查项目的背景及现状；(2)项目现有的技术资料及地质补充工作形成的资料基础上确定的因素量表；(3)对现有资料分析，建立评估值量表及评价矩阵；(4)专家对不同层级的勘查项目风险因素的评估、汇总确定权重；(5)具体的风险评估计算步骤；(6)最终获得的项目风险评估结论及项目的后续发展跟踪。

最后一部分是本论文总结性的结论，概要总结黄金地质勘查项目风险评估的必要性、评估方法及形成结果的现实指导意义。

1.3 本论文的研究方法

黄金勘查项目的勘查找矿是否成功，其所包含的风险因素主要是地质勘查过

程中所汇集的资料形成的一些评判关键因素，对这些关键因素所包含的地质内容进行分析和地质揭示，这些评判是否会找到矿也就是勘查是否会取得成功的关键地质勘查因素放在一起，就形成一个风险因素集合。这些地质勘查因素，所涵盖的内容详略程度，在地质勘查过程中，对能否进一步发现矿床所起的作用不同，则它们在整个地质勘查风险评估中的重要程度也就不同。本论文针对这些因素的影响程度不同，赋予其不同的权重。由于黄金地质勘查工作是一繁杂勘查过程，所涉及到的工作方法有地球物理、地球化学、地质、卫星遥感，形成的资料所揭示的侧重点各不相同，对整个项目核心评价的远近程度也不同，这样又使得所有的影响勘查结果的风险因素处在不同的级次上。我们可以分不同层级对该层级的地质勘查风险因素进行风险评估，然后将本层级所获得的最终风险评判结果，再按其应具有权重和其他同级次的风险因素一起。按相同的风险评估方法进行评估，直到获得最顶级的评判结果，就是对整个黄金地质勘查项目的风险评估结果。也可以将不同层级的风险因素以各自所在的位置的权重，换算成整个项目风险评估时所应占有的权重。形成一个整体项目而言的庞大的风险因素集合，对这个集合进行风险评估，一次评估所获得的评判结果，就是项目的风险评估结论。但后者的评价缺点是，有许多因素由于层层换算所获得权重对于整个项目而言已经极小，对整个项目的风险评估结果也只会构成极微弱的影响，不利于最终风险结果的正确形成。

在确定上述黄金地质勘查项目的风险评价因素以后，引用模糊数学在实践中的一种应用方法——模糊综合评价法，建立模糊综合评判模型。对设立的黄金地质勘查项目的风险评估因素，建立因素评判集和一个权重集。多个地质专家这些不同权重的风险因素进行评价打分，形成一个评判集。从风险因素集到专家的判断集，建立一个模糊映射，再按照这个映射确定模糊关系评判矩阵。最后进行归一化处理，行列式计算得到风险评估结果。

第 2 章 项目风险评估的相关理论

2.1 风险理论

风险的含义及特征,对于风险(risk)有多种观点,美国、日本、台湾的学者各有不同的定义。比较经典的是美国 Webster 所说的:“风险是遭受损失的可能性”。但现代的最具代表性的风险理论有两种。

一是 1998 年美国人 Chicken 和 Posner 提出的“风险应是损害和损害暴露度两种因素的综合,表达式为:

风险=损害×暴露度。

暴露度是指风险的承受者对风险的暴露程度,内含了风险发生的频率和可能性。

二是我国的杜端甫教授提出的风险是损失发生的不确定性,是人们因对未来行为的决策及客观条件的不确定性而可能引起的后果与预定目标发生多种偏离的综合,并给出了如下数学公式:

$$R=f(P, C) \quad (2-1)$$

R——风险;

P——不利事件发生的概率;

C——不利事件发生的后果。

但总的来讲要全面理解风险,应注意的是风险与人们的行为相联系;客观条件的变化是风险的重要成因;风险也是指可能的后果与目标发生的负偏离;当然发生的正向偏离也要予以重点关注。

一般而言风险在任何一个风险投资项目中总是具有一些普遍现象,称之为共同特征:客观性,不论人们是否意识到风险,只要决定风险的各种因素存在,风险就会出现;突发性,风险的发生往往是在人们没有预警的情况下发生的,所以给人以突发之感;多变性,风险会受到各种因素的影响,在风险性质、破坏程度上都会呈现动态变化特征;相对性,就是人们对风险带来的危害总是具有一定的承受能力,而这种承受力会因具体的活动、人的情况和时间不同而不同;无形性,风险

不象一般的实物，可以被准确刻画，只可以定性、定量两个方面进行综合分析。

2.2 项目风险理论

2.2.1 项目风险的含义和分类

项目不同阶段有不同的风险，项目风险大多数会随着项目的进展而变化，项目不同阶段的风险性质、风险后果也不一样。项目大量的风险存在于项目的早期，而早期决策对项目后续阶段和项目目标的实现影响也非常大。所以项目风险的含义是为实现项目目标的活动或事件的不确定性和可能发生的危险。

项目风险的分类有多种，按风险后果不同可以分为纯粹风险和投机风险，纯粹风险是造成损失或不造成损失的绝对情况风险。而投机风险是既可能获得利益、带来机会，也隐含有威胁情况的风险。

2.2.2 项目风险管理概述及其相关的基本概念

无论上述风险是那一种，只要我们要求项目成功。在成功之前总是有风险，要对可能出现的风险进行控制和处理，以最大限度地降低项目损失，就需要进行项目风险管理。项目风险管理就是项目管理组织对项目可能遇到的风险进行规划、识别、评估、应对、监控的过程，也就是以这种科学的分析和管理的来确保资产最大安全化的实践活动的总称。

所以进行风险管理就是识别和评估风险，建立、选择、管理和解决风险的可选方案的组织方法，项目管理组织综合运用多种方法、手段和工具辅助项目管理者管理项目风险、理解项目出现偏差的危险信号，尽可早地采取正确行动，以最小的成本将各种不利后果减少到最低程度。

风险管理过程是由风险规划、识别、估计、评价、应对和控制等步骤组成。所以搞清楚风险管理过程中的各环节的概念，也就知道了风险管理过程中管理风险的具体工作内容。

风险规划（Risk Planning，就是在项目进行之前，拟一套具体的策略和方法用于辨识和跟踪风险区，拟定风险缓解方案，进行持续的风险评估，从而确定风

险的变化情况并调动充足的资源以趋利避害。风险事件 (Risk Event), 是指可能导致某个项目或系统发生问题, 需要作为项目成功要素加以评估, 以确定风险水平的大事。确定这些大的事件、要素过程也就是对风险进行识别的过程。它是对项目进行风险评估的基础。风险评估 (Risk Assessment), 是指对项目各个方面的风险和关键性技术过程进行风险识别和分析的过程, 目的是使得项目最终在性能、进度、费用、收益、成果方面, 成功的概率大大提高。风险评估过程是针对风险区、风险技术过程、发生的概率、后果等的一个非常细致的技术辨识过程。风险处理 (Risk Handling), 是指对风险进行辨识、评估后, 选定应对方案的过程, 其目的是在现有项目所处的各种约束条件下, 将风险控制在可接受的水平。所谓两利相权取其重、两害相权取其轻。这风险管理的这个阶段相对于评估阶段而言应更容易把握。风险监控 (Risk Monitoring), 是在项目管理过程中, 按既定的衡量标准对风险处理活动进行系统跟踪和评价的过程, 必要时还要准确一些风险处理备选方案。使得项目风险的发展在预计的可接受的风险范围内, 向前发展。只有项目风险不失控, 损失才会最大限度减小。

为了避免或减少项目投资损失, 对风险管理的原则应遵循以下原则:

- ① 经济性原则。在制定风险管理计划时, 总是以最合理、经济的处置方式把控制损失的费用降到最低。能过尽可能低的成本, 达到项目安全运行至项目全部成功。
 - ② ‘二战’原则。即战略上蔑视而战术上重视的原则, 就是对于项目管理过程中可能会现的较大风险不要存在恐惧心理, 以提高积极管理风险的效率。同时认真识别和评估风险细节, 对待任何一个细小的风险因素, 常备不懈。
 - ③ 满意原则。无论采用何种方法, 动用多少资源, 项目不确定性是绝对的, 而确定性是相对的。所以在风险管理中要允许一定的不确定性, 只要通过定量计算, 定性分析能达到心里的要求, 满意就行了。
 - ④ 社会性原则。项目风险管理计划和措施都必须符合所处的整个社会经济环境, 在法规和政策允许范围内进行风险管理。
-

2.2.3 风险管理的发展和基本过程

风险管理理论最早在第一次世界大战后,起源于德国。进入二十世纪 50 年代初,美国的一些公司高层决策造成了重大损失,使得人们反思风险管理的重要性,再加上新技术的应用,社会的变革,风险管理很快在美国迅速发展起来。进入 60 年代以后,风险管理的研究走向系统化、专业化成为管理领域中一门独立的学科并起作特殊作用,尤其是对未发生的事可能带来的负面影响的处理。随着工商界和学术界对风险管理的认识、利用和研究深入,风险管理成为一个重要的现代管理学的分支。在 20 世纪 70 年代以后,很多国家建立了风险研究机构,并在工商学院开设风险专业,建立风险管理的学科体系和管理体系、知识体系。我国 20 世纪 90 年代开始关注风险理论,在 2001 年 5 月通过项目管理层面对风险管理进行了详细的规范。但在政治、军事、经济、社会各领域的风险管理应用还很少,同时对于一些除了保险、金融以外的行业领域,风险的研究和应用大多还处于空白或很初级的谈论。

对于经济领域中不同行业有着不同的风险侧重,同一个项目不同时期也有着不同的风险侧重。如本论文所述及的行业是黄金地质勘查,其项目风险主要存在于勘查阶段。又由于黄金地质勘查工作分五个不同阶段,本论文仅研究影响勘查项目成败的关键环节——普查阶段的风险。但任何项目都具有自然风险(Natural Risk)、社会风险(Social Risk)、经济风险(Economic Risk)、技术风险(Technological Risk)和组织风险(Organizational Risk)。尽管项目行业不同、时期不同风险侧重不同,但其风险管理过程基本相同。根据风险研究最发达的美国对风险管理的研究成果,其风险研究机构将风险管理过程分成若干个环节,即风险识别(Identify)、风险分析与评估(Analyze and Assess)、风险计划(Plan)、风险跟踪(Track)、风险控制(Control)、风险管理沟通(Communicate)。

由于本论文只研究风险评估,所以这里只重点介绍风险管理过程理论中的识别、分析和评估内容。基本框架如图(2-1)美国的风险管理过程。

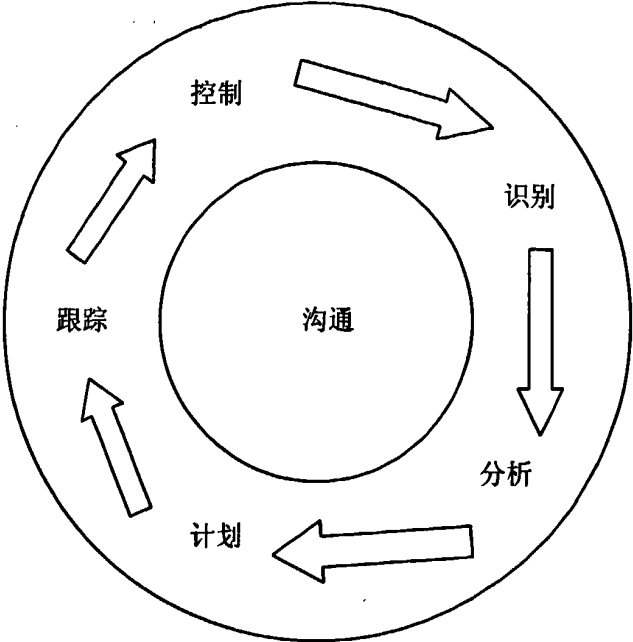


图 2-1 美国的风险管理过程框架

风险管理过程的风险识别主要任务是分析风险来自何方？有哪几类风险？具体内容有：

风险识别询问法；财务报表法；流程分析法；现场勘察法；相关部门配合法；索赔统计记录法；环境分析法。

风险分析与评估过程主要目的是搞清楚：风险事件的后果有多大？项目哪些部分会遇到风险？风险发生的可能性有多大？确定风险的先后顺序。评价风险之间的因果关系，评价风险的损害程度，评价风险转化的条件，确定项目整体风险水平。其具体的内容和方法有：

风险的概率分布；历史资料统计；理论分布分析；项目风险量确定；项目风险费用分析；项目风险评价准则；SAVE 方法；AHP 方法。

2.3 风险投资理论

所有项目风险管理的最终目标是降低投资风险，使得投资成功并获得相应的收益或使用。所有的项目风险管理都应该是投资后运行和风险管理过程。由于项目所处的行业和时期各不相同，进行项目的投资风险识别和评估时点也不同，有的项目在投资以前，有的在项目投资过程中，有的在两者运行期间都会进行风险

分析,以有利于控制风险,降低投资损失。前面介绍的项目风险管理主要侧重于项目运行过程中的风险识别评估,而风险投资大多侧重于从投资之前就已开始进行风险识别和评估,当然在投资过程中也仍然要进行风险分析。所以有必要了解风险投资理论。

2.3.1 风险投资概述

风险投资(Venture Capital)也称创业投资。按照美国风险投资协会的定义,风险投资是由职业金融家投入到新兴的、迅速展的、有巨大竞争潜力的企业中的一种权益资本。根据风险投资的实践,可以认为:风险投资是指通过一定的组织和以一定的方式向各类机构或个人筹集风险资本,然后将所筹集到的资本投入具有高度不确定性的中小高新技术企业或项目,并以一定的方式参与所投风险企业或项目的管理,期望通过实现项目的高成长并最终通过出售股权获得高额中长期收益的一种投资行为。这里需要说明的是在风险投资做的较好的美国是风险投资支持硅谷的成功,从而以高技术领域风险投资而闻名于世,然后如我国起步较晚的风险投资也大多限定在风险测度较容易的科技、知识领域。而在如澳大利亚、南非等,依靠矿业发展的国家里,风险投资早已悄然深入到矿业开发或勘探这一具有高度不确定性,但也具有丰厚回报的行业领域。如英国的罗希尔银行、世界银行的风险投资部、澳洲银行等都曾先后参与过中国的XXX黄金矿山的开发及后来的项目勘探风险投资。他们利用如独立资格的评估师对项目进行测评、资深的专家项目管理团队定期给他们完整的信息等,风险管理架构完成风险投资管理。

2.3.2 风险投资的特征和作用

风险投资这种既包括投资,又包括融资;既是融资投资的过程,又含有经营管理的内容的投资模式有如下一些特征:

①风险投资存在高风险。风险投资资源共享选择的主要的投资对象是处于发展早期阶段的中小型高科技企业和一些有很好前景但风险高的传统行业,无那个行业的风险投资目标企业都存在较多的风险因素,包括技术风险、市场风险、管理风险等,这些风险在企业发展早期的不同进程中可能以不同的程度体现出来,任何一类风险都很容易朝着导致投资失败的方向转化。

风险投资是一种阶段性、连续性的长期投资。在风险企业发展的不同阶段,

风险投资公司必须不断地投入资金，而且投入的资金量在高比例放大，直至风险企业发展能成功地公开上市或转让，风险资本及其高额回报才能收回。风险资本平均投资期一般为 5-7 年（矿业领域可能有比较短的期间），而且资金的流动性很差。在初期投入的资金量难以预计，后续资金筹措有可能会因为投入要求加大而陷入两难境地。

②风险投资另一特征就是会获得高额收益。风险投资公司的投资项目都经过专业化的投资、技术团队进行了严格的筛选，入选的都是市场前景好、风险大、成长性强、回报丰厚的新创事业或投资计划。这些项目一旦成功会带来百倍，多则千倍的投资收益。处于初创时期的中小优质企业，很难从传统的银行和金融机构获得资金，风险投资对这样的企业很重要，所以他们也就很自然地能从风险企业里获得较多的股权。现在风险投资已发展到很专业化程度，他们都拥有管理及相关行业的技术等方面的资深专家这些专家弥补创业者的不足，大提高了项目的成功概率。风险投资者大多通过风险企业上市或转卖股权而成功退出，从中获得丰厚的资本运作收益。

③风险投资的经验表明只有 20% 的风险投资项目是完全成功的，30% 是保本的。所以为了最大可能地降低投资风险、保证高回报，风险投资者通常对多个项目进行组合投资，并且有多个投资者组成伙伴关系共同参与同一个风险项目进行风险投资，以分散风险。同时多个项目的综合投资回报率才是风险投资者的最终的综合收益。

风险投资经过半个多世纪迅速发展，风行全球，成就了很多先进行业的项目和公司。就是因为风险投资有如下四个方面的作用：

①风险投资在促进技术创新、增强竞争力、推动经济发展。大量的新产品、新技术在过去的商业实践中表明，都是在风险因素不确定的情况下，风险资本介入支持，使得新的成果转化为生产力。如电脑行业的初创、晶体管的应用、DNA 技术等。这些技术在风险资本的运作支持下导致了社会重大变革。

本论文所研究的黄金地质勘查项目也是以地下矿藏为载体的创新型技术领域。因为在黄金矿业过去的实践过程表明，所有被发现的规模矿床都是地质勘查技术的突破，没有任何一个大矿床和已发现的基本相同。只不过是这种技术的创新不象电子、生物工程那样更能成为科技前沿的焦点。

②促进经济增长、提高就业中所起的作用。20 世纪 90 年代欧共体的经济实践证明, 风险投资助长下的风险企业经济增长率均高于同期的其他 500 强企业, 风险企业的年收入增长率达 35%, 比传统的 500 强企业高出两倍; 于此同时风险企业的就业增长率也高出传统 500 强企业的 13%; 风险投资力度增大, 对风险的调弛能力增强。通过风险投资组合, 有效地分散风险, 利用设计精细的合约很好地解决了研究(科技)人员、投资者和风险企业的经营者之间的利益分配问题, 有效地减少风险、协助和监督企业快速健康成长; 风险投资促进科技成果产业化, 是由于风险投资本身特性决定了它支持下的项目必须更快地走向市场, 产生效益。

③促进高技术企业成长, 为知识经济提供了金融支持。风险投资投入风险高的企业, 解决了风险企业的资金问题, 就大加快了科技成果向生产力转化的速度。对于黄金地质勘查项目而言, 风险资本推动地质技术成果快速形成。地质成果转化成为生产力方面, 在关键时刻, 风险资本所起的作用也不可低估。

2.3.3 风险投资的核心风险管理过程

风险企业手中筹集有大量的风险资金, 要寻找风险大、回报高的投资项目。就要在市场中去寻找投资机会。首先必须要识别有潜力的投资项目, 这种潜力来自于风险投资者对项目或企业的管理、创业者的素质、产品的市场、技术可行性的全面而详尽的认知; 然后对识别出的信息通过一定方式、方法进行全面分析和风险评估; 第三步进行谈判、成交、合作等商务层面的良好运作。最后是运作成功, 企业成功运营并上市或转卖, 风险投资者收回投资和收益退出。

2.4 在风险投资过程中的项目风险评估理论

2.4.1 风险评估的含义

风险评估是对风险投资项目进行综合分析, 并根据风险对项目目标的影响程度进行项目风险分级排序的过程。它在风险识别和估计和基础上, 通过建立项目风险的系统评价模型, 对项目风险因素影响进行综合分析, 并估算出各风险发生的概率及其可能导致的损失大小, 从而找到该项目的关键风险, 确定项目的整体风险水平, 为何处置这些风险提供科学依据, 以确保风险投资项目能够成功。

在风险投资项目运行过程中的风险评估必须做出，项目决策者在做出各种决策可能的后果，由于各种风险的可接受或危害程度不同，会产生哪些风险，是否需要就其采取相应措施，风险评估的结果也要予以回答。风险评价有定量和定性两种。在进行定量、定性分析后，风险评估者还就预防、减少、转移或消除风险损失提出初步方法。对于风险评估的结果而言，概率和影响程度是风险评估最为关键的两个方面。

2.4.2 项目风险评估对风险投资的影响

在风险投资过程中，项目风险投资过程有很多，本论文只述及风险投资在做出决策前后对风险投资项目的识别、分析和评估过程。在进行风险投资前，项目风险评估的结果直接影响风险投资决策。在风险投资过程中，对风险项目的持续评估，有助于对风险项目的后续投资风险掌握，同时降低或避免可能出现的风险。使得整个项目风险投资最终走向成功，或者提前中止以将损失降至最低。

在最新的风险投资决策理论中，风险评估环节进行风险评估和分析的因素研究已然很微观、具体。越是微观具体才更具有可操作性，对风险投资决策才更具有指导意义。比较有代表性的风险评估决策因素以美国的 Fried 和 Hisrich 所归纳的因素最具有代表性，是对一个完整的风险投资项目的整体评估，如表（2-1）。当然在实践中我们可以选择对某一阶段的项目、或者是一个项目所有风险因素的某一关键侧面进行风险评估。

表 2-1 Fried and Hisrich 风险投资评估因素

观 念	管 理 层	回 报
1、收益增长潜力	1、团结一致性	1、退出机会
2、实现的商业念头	2、成功的工作经历	2、有高收益潜力
3、竞争优势（如技术）	3、现实性	3、高的绝对收益值
4、合理的全部资本需求	4、勤奋努力	
	5、灵活性	
	6、对商业的领悟力	
	7、有领导能力	
	8、有管理经验	

然而风险投资决策前的评估离不开对风险投资不同发展历史、国家地域的不同、企业或项目所处的内外部环境等的考虑。对于我国的风险投资的评估由于该领域的研究与实践和欧美发达国家相比存在如下四种差异：

①中国的风险投资业发展时间短，有经验的从业人员少，有必要以相关经验来代替。

②退出渠道不畅通，西方风险投资企业的风险投资者最理想的退出方式是风险企业上市，而我国还没有真正意义上的二板市场。

③我国的风险企业规模都不大，受自身的管理、技术和国内外的竞争影响，都很脆弱，抗风险能力低。所以对抽投资规模、技术先进性和竞争力要求就比较高。

④国家的宏观政策对行业发展影响特别大，所以要考虑行业的政策倾斜度。如黄金勘查这一行业领域在 2001 年之前不允许外资投资。2001 年之后尤其是西部大开发的政策倾斜，鼓励外资进入。现在国家又不鼓励但也不限制外资投资黄金地质勘查项目。

基于这些差异化的因素，影响我国风险投资评估因素有管理、财务、行业技术和企业与市场四大类，归纳如表（2-2）。

表 2-2 我国风险投资评估因素表

管 理	财 务	行业与技术	企业与市场
1、相关工作经历	1、投资规模	1、技术先进性	1、风险企业发展阶段
2、教育程度	2、退出机会	2、竞争力	2、市场大小/成长潜力
3、团结一致性	3、高收益率潜力	3、政策倾斜度	3、其他项目参与者
4、领导能力	4、融资历史	4、进入壁垒	4、风险企业位置
5、对商业的领悟力	5、企业家股份		

2.4.3 风险分析和风险评估

针对上述的风险评估因素分析，风险投资过程中所遇到的风险主要分五大类：技术风险、企业家风险、企业风险、金融风险和環境风险。在具体的风险分析评价过程中，这五大类风险又包括若干种风险形成整个风险投资过程的风险结构。内容如下表（2-3）。

表 2-3 风险结构表

技术风险	企业家风险	企业风险	金融风险	环境风险
开发风险	管理风险	市场风险	财务风险	政策风险
知识产权风险	道德风险	诉讼风险	投资分析风险	经济风险
时间风险	逆向选择风险	投入风险	利率风险	社会风险
		信用风险	通货膨胀风险	政治风险
		流动性风险	汇率风险	自然风险
		生产风险		

2.4.4 项目风险评估过程如下图（2-2）

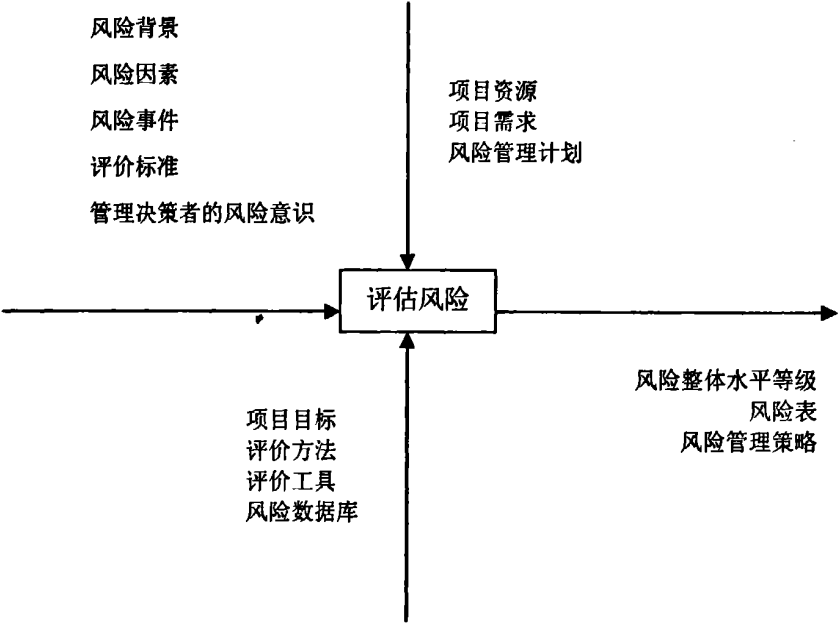


图 2-2 项目风险评估过程图

项目风险评估过程是依据项目目标和评价标准，将识别和估计的结果进系统分析，明确项目风险之间的因果关系，确定项目风险整体水平和风险等级等。风险评估过程活动主要有：系统研究项目风险背景信息；确定风险评价基准；使用风险评价方法确定项目整体风险水平；用运风险评价工具深入研究各风险因素之间的因果关系，确定关键因素；做出项目风险的综合评价，确定项目风险状态及风险管理策略。

2.4.5 项目风险评估的不同方法

风险评估方法可以分为定性、定量、定性与定量相结合三类，有效的项目风险评价方法一般采用定性与定量相结合的系统方法。对风险投资项目进行风险评价方法很多，比较常用的有主观评分法、决策树法 (Decision Tree Analysis)、层次分析法 (AHP, the Analytical Hierarchy Process)、模糊风险综合评价法 (Fuzzy Comprehensive Evaluation)、故障树分析法 (FTA, Fault Tree Analysis)、外推法 (Extrapolation) 和蒙特卡洛模拟法 (Monte Carlo Simulation)。

2.4.6 项目风险评估方法的比较与模糊综合评价法的选择

主观评分法是利用专家的经验等隐性知识，直观判断风险投资项目每单个风险并赋予相应的权重，如 0~10 之间的一个数。0 代表没有风险，10 代表风险最大，然后把风险权重相加，再与风险评价基准进行比较。该方法以主观设定的基准来判断主观对事物粗放的风险评价，其适于分工序进行的项目的阶段性的风险评估。对于地质勘查项目而言，评判因素繁杂，评判专家的隐性知识对同一项目的认知程度不同，严重影响评价分值，且所研究的项目不是按规则工序进行。此评价方法不适于黄金地质勘查项目风险评估。

决策树法对项目进行风险评价时，首先要了解项目的风险背景环境，然后要描述项目风险发生的概率、后果以及项目的风险发展动态。但对于黄金地质勘查项目而言，其风险程度会随着地下的地质揭露不断深入，来确定其动态风险水平。所以其静态的风险发生的概率很难确定。

层次分析法的核心内容是将评价的风险项目根据评价目标、评价准则和评价方案，建立梯级层次结构模型。层次的要素之间相互独立，上层要素和下层要素之间具有支配关系。最后用两两比较法构造所有的判断矩阵，各层次的要素对上一层级的贡献大小给予不同的权重来计算获取最终风险评判结果。黄金地质勘查项目的风险构成因素内含是隐性的，在项目的风险决策目标、各种风险准则和具体实施方案方面，无法明确地形成一个可见的梯级层次结构模型。

故障树分析法是一种演绎的逻辑分析方法，它在风险分析中的应用主要是是

遵循从结果找原因的原则，将风险投资项目风险形成的原因由总体到部分按树形逐级细化，分析项目风险及其产生原因之间的因果关系，即在前期预测和识别各种潜在风险因素的基础上，运用逻辑推理的方法沿着风险产生的路径，求出风险发生的概率，并能提供各种控制风险因素的方案。这种方法风险形成和最终产生的结果有着必然的逻辑关系。但黄金地质勘查项目内含的风险因素是客观存在的，也就是说当揭露出的局部信息所透露出的客观结果，是有矿或者没有矿的可能状态的风险形态。最终的勘查结果是成功还是不成功，和风险评价因素没有演绎的逻辑关系。不会因为风险评价因素的某种内在逻辑演变而导致风险结果的形成。所以这个方法不适合黄金地质勘查项目的风险评估。

外推法是进行风险投资项目风险评估的有效方法之一，可分为前推、后推和旁推三种类型。前推就是根据历史的经验和数据推断出未来事件发生的概率及其后果。如果历史数据具有明显的周期性，就可据此直接对风险做出周期性的评估和分析。后推是在没有历史资料和数据的前提下所采用的一种方法，由于风险项目大多一次性投资不可重复性，所以在风险评估和分析中常用后推法。后推法是把未知的、想象的事件和后果与已知的事件及其后果联系起来，把未来的风险事件归结到有数据可查的，造成这一风险事件的初始事件上，从而对风险做出评估和分析。旁推就是利用类似项目的数据进行外推，用某一项目的历史记录对新的类似项目可能遇到的风险进行评估和分析，当然还应考虑环境的各种变化。对于黄金地质勘查风险项目而言，在大范围的地质学理论上，有一定的规律可循。但对于单个的勘查项目来说，从来没有两个成矿规律相同的金矿被发现。即使是在同一个成矿带上，其产状、赋存状态、出露的方式、被找到的方法都不会相同。所以其历史数据、其他成功项目数据都不能提供评估推断。后推法虽可以在黄金地质勘查项目风险评估中起到一定作用，但只能对局部已知事件与可能形成的后果做出局部评判，但项目所含的风险因素多层次，多内容没有定量的分析为基础，项目的风险评估结果将会出现较大的偏差。

蒙特卡罗模拟法是随机地从每个不确定因素中抽取样本，进行一次整个项目计算，重复进行成百上千次，模拟各式各样的不确定组合，获得各种组合下的成

百上千个结果。通过统计和处理这些结果数据，找出项目的变化规律。然后根据统计学原理，对这些结果数据进行分析，确定最大值、最小值、平均值、标准差、方差、偏度等，通过这些信息就可以更深入地定量地分析项目的风险程度。这种方法一定要保证样本有代表性和稳定性，且各样本均可量化，才可以进行多次计算预演得出统计资料。黄金地质勘查项目各种风险因素在不断变化，且很难量化成某种程度的值。在这一领域运用此方法极难达到。

黄金地质勘查项目的风险存在特点，是风险因素量大、专业特性强、总结困难、风险因素潜伏性及项目进行中的不稳定性。造成了项目风险评估必然是一个指标体系的集合评估结果。这些风险评估因素的风险测定，就项目本身的特点而言，无法量化，只能靠专家的主观感觉来进行测度，因而准确度量项目风险很困难。为了能够从这些指标来综合评估风险投资过程的风险程度，能够将主观风险模糊语言度量转化为数值度量的数学模型，就成为黄金地质勘查项目风险评估的必然选择。模糊数学为我们提供模糊综合评判工具—模糊风险综合评价法就成为本论文选择的方法。

模糊数学是美国加利福尼亚大学的查德教授于 1965 年提出来的。40 多年来，模糊数学得到了迅速发展，已被广泛应用于自然科学、社会科学和管理科学的各个领域，且成效显著。在风险评估实践中，有许多事件的风险程度是不可能精确描述的，如风险水平很高，技术很先进、资源充足等，“高”、“先进”、“充”、等均属于边界不清晰的概念，也就是模糊概念。诸如此类的概念或事件，既难以有物质上的确切含义，也难以用数字准确地表达出来，象这样的事件就是模糊事件。对于这样的模糊事件进行风险综合评估，就要借助模糊数学原理来完成。

在模糊综合评价的实践应作中，评价就是指按照指定的评价条件对评价对象的优劣进行评比、判断，综合评价是指评价条件包含多个因素。综合评价就是对受到多个因素影响的评价对象做出全面评价。采用模糊综合评价法进行风险评估的基本思路是：综合考虑所有风险因素的影响程度，并设置权重区别各因素的重要性，通过构建数学模型，推算出风险的各种可能性程度，其中可能性程度值高者为风险水平的最终确定值。具体实践评价步骤如下：

-
- ① 选定评价因素，构建评价因素集。
 - ② 根据评价的目标要求，划分等级，建立备择集。
 - ③ 对各风险要素进行独立评价，建立判断矩阵。
 - ④ 根据各风险要素影响程度，确定其相应的权重。
 - ⑤ 运用模糊数学运算方法，确定综合评价结果。
 - ⑥ 根据计处分析结果，确定项目风险综合水平度。

黄金地质勘查项目风险评估因素，是由多层级、多因素构成，可以形成评价因素集合。有的因素之间有虽有相互印证关系，但可以进行独立评价且经过专家的分析讨论，经验采集论证可以因不同项目、不同的情况对评价因素分设不同的权重。同时其风险因素也可以量化分设。所以选用此方法应是相对合适的风险评估方法。

第 3 章 黄金地质勘查项目风险评估的现状与特征

3.1 黄金地质勘查项目风险评估的缘起

在进行黄金地质勘查项目时,首先要投入大量的资金对不确的是否有成矿带或矿床的若干平方公里的土地上进行详细的地质勘查技术工作。因为投资大,所以就包含了经济风险。在勘查过程中通过工作收集卫星遥感图、地表蚀变、地质构造和板块构造、地球化学的地质填图,分析成矿的规律,可能的矿带走向。结合物探测量、地磁重力和地球化学反应出来的可能的矿床倾度,设计找矿靶区和钻孔。如果资料周详、成矿分析正确就会在设计钻孔下的一定深度处发现矿体,反之就会一无所获。这个收集资料分析资料的技术过程就是本文所述的技术风险。如果技术风险失败,必然带来经济风险的最大化。整个地质勘查的过程是一个渐近似的工作过程,也是一个不断投入的过程。地质勘查技术工作程度越潜层次,所收集的地质资料也就越少。本论文所述的地质勘查风险评估时,可以就普查阶段中的任何技术阶段进行风险评估,只不过技术资料的程度不同,参与分险评估的专家对找矿的认知不同,获得的风险程度量表不同。但不影响本论文所涉及到风险评估架构和宗旨。

黄金地质勘查项目包含着巨大的风险,如何降低勘查主体所面临的风险呢?一方面在国内当前所面临的勘查项目环境下,充分发挥各勘查主体的优势,加速商业流转,促使黄金勘查项目投资主体多元化,使得地质勘查项目的经济风险对于单个勘查主体而言最小化。另一方面就是通过本论文所述及的风险评估体系对地质勘查技术资料进行分析后,运用模糊数学的方法,对所有影响勘查结果的关键因素做出量化风险评估,从而确定整个地质勘查项目的风险水平。

在黄金地质勘查项目投资大,风险高,融资难的情况下,可以降低经济风险的作法是加速市场流转,开拓多个融资渠道。要做到这一点也离不开对黄金地质勘查项目的风险评估,只有对项目做完了项目的风险评估,确定出项目成功的可能性程度和成功勘查出的矿床规模程度,才会对项目的发展、转让等市场流转做

出判断。只有风险评判有了结果以此做参照，才能基于项目已有的投资额确定其市场价值，以及未来项目的远景价值。作为最初的投资人只有有了风险评估结果才会对项目融资及额度、是否要继续勘查工作或转让做出决策。同样对于在市场中购买黄金地质勘查项目的投资人而言，有了风险评估的结果，出资人就可以根据这个风险评估的结果做出是否要买入、投资勘查项目的决策。当投资人根据最初的评估结果投资黄金地质勘查项目以后，随着投资的不断追加，地质勘查工作进一步深入，资料信息收集、分析也更深入。可以根据进一步的资料进行再次风险评估，根据风险评估的结果做出是否要继续扩大投入这个地质勘查项目，还是中止投入减少经济风险投资的决策。

地质勘查项目虽然不是高科技风险投资项目但地质勘查项目的高风险性和一旦勘查成功的高回报也同样具有风险投资项目的最大特点，在现代一些矿业较为发达的国家如加拿大、南非、澳大利亚等得以广泛应用。黄金地质勘查属于地质勘查的一个重要分支，当然在吸引风险投资方面也不例外。在国际地质勘查研究与实践领域，对于地质勘查项目的风险投资的投资过程和高科技项目基本相同，经对风险投资项目进行初步筛选、进行风险分析和评估、谈判和契约安排、投资运作和 IPO、风险资本退出这样一个过程。在矿业发达的加拿大有 920 多家地质勘查公司就是经过这样一个风险投资过程，重要的是必然经过风险评估这过重要环节，然后在风险投资运作过程中实现 IPO 的二板上市。在澳大利亚如梅克拉可 (Michelago) 1992 年 16 个地质勘查项目，估值 551 万澳元的风险投资，但当年仅有一个项目勘查到低品位且储量很小的矿。同样另一家澳大利亚公司 SML 公司从 2000 年开始通过风险评估的结果在澳洲本土获取风险投资，在中国寻找高风险的黄金地质勘查项目，在项目筛选后进行合理评估，然后展开地质勘查工作。在所拥有的十九个风险投资项目中，三年内将一个仅有 15 吨黄金储量的黄金地质勘查项目，通过扩大勘查区域的风险勘查，将项目储量增加到 60 吨。五年内又在一个新的地质勘查区域找到一个 30 吨黄金储量的金矿床。

3.2 黄金勘探项目风险评估的现状

3.2.1 黄金勘探项目风险评估的方法的行业综合现状及局限

在我国由于金融投资、风险投资和资本市场都在初创的探索期，所以风险投资也还只在高科技领域运行。再加上地质勘查领域受过去历史上的体制建设、投资主体的限制，专业的中间评估队伍没有形成，再加上风险投资领域对地质勘查的认知的局限性。所以在实践中，地质勘查项目的风险投资、风险评估都没有形成。但在地质勘查领域的风险投资机制的研究已走在了前列。

这些研究已然提出了在对矿产地质勘查项目的风险投资过程中，建立风险投资运行机制和风险评估模型。风险投资过程就是风险基金提供种子资金，即风险投资给勘查项目，地质勘查成功之后，风险勘查公司通过矿业权市场获取高额收益。通过退出机制收回投资退出。该研究成果显示，在勘查项目进行筛选的过程中，由风险投资专家介入，借助专业人才。集合矿业、勘查、金融、财务、法律、资源等方面的专业，对勘查项目做出科学评估。选出经济、技术上可行项目，用于风险勘查项目的决策分析方法进行分析。主要的方法有基于时间价值的净值法、多因素综合分析法、实物期权法和预期效用法等。

中国地质大学在地质勘查评估方面提出了综合评价法：

第一步，建立评价指标集合图（3-1）。

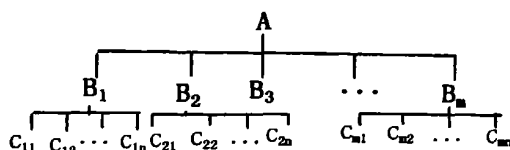


图 3-1 指标集合

第二步，AHP 法确定评价指标权重。

第三步，制定评价等级标准、评语集。

第四步，得出评估表，建立模糊矩阵，如图（3-2）。

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix}$$

图 3-2 矩阵样式

第五步，通过计算矩阵结果，得出评价结果。

以上步骤中， $(C_{11}, C_{21}, \dots, C_{1n})$ 为 B_1 的子指标，那么 B_1 的评价结果

$S_1 = \omega \cdot R_1$ 即进行模糊变换，类推 B_2 至 B_n 的评价结果集合 $S_1, S_2, \dots, S_n$ 将它们再组合成一个模糊矩阵，结合 B_1 至 B_n 的权重向量进行模糊变换可得 A 的评价结果。也就是风险投资项目最终的风险水平。

由于居行业中间地位的技术评估人才机制、风险资金不亲近地质勘查等原因，目前在我国的黄金地质勘查实践领域的风险投资，大多仍由开发者自筹。只有项目开发自己地对地质勘查技术，就自有技术队伍进行粗放的主观评估，且评估的人才队伍也仅限于各投资者自身所获得的少量的技术人员。这种定性较多于定量的主观评估，从而也加大了自身地质勘查的风险程度。当前在我国黄金地质勘查的风险评估领域也尚无新的研究成果。只有在地质勘查的局部技术研究层面，如地球物理和地球化学信息分析方面，运用了一些统计方法，影响地质师在技术方面对勘查项目的最终定性分析和地质勘查报告的提交而已。

3.2.2 风险评估研究在黄金地质勘查过程中的局部应用现状

在黄金地质勘查技术风险评估方面，少有研究成果。具体的实践应用也都只是地质专业技术人员在具体的局部地质工作方法中，为评价局部结果运用一些统计方法。如 SGL 公司对 Greatland 项目的地质勘查过程中，对 1:50000 土壤地球化学测量结果进行地质填图 and 数据分析。运用统计方法从地球化学测量数据中分析找矿（也就是地质勘查）的异常区域。地球化学测量是通过地表土壤采样的分析化验，观察地表的土壤中一些亲 Au 元素或 Au 元素的地表分布状态。要进行这样的分析，首先要确定背景值和异常下限值，然后结合其他的地质背景资料进行定性的异常区域（可能有矿存在）评价。

正确确定背景值和异常下限非常重要,否则可能会出现假异常或漏掉弱异常,从而影响找矿效果。在进行统计分析时,下一般运用计算法和直方图解法进行基础分析评价。

①计算法:

以元素含量所在的区域或地质体中呈正态或对数正态分布为基础,对地球化学背景及异常进行分析。下限的划分主要是以元素的含量值为依据,在进行数据处理时要求以不同的子区进行样品统计分析,先粗略计算出平均值($\bar{X}$)和标准离差(S_x),然后采用逐步剔除高值法把大于 $\bar{X}+3S_x$ 的高值数据去掉后,按下列公式计算出背景值和异常下限。

$$C_0 = (\sum X_i) / n \quad i=1, \dots, n$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3-1)$$

$$C_a = C_0 + KS \quad (3-2)$$

C_a —异常下限

C_0 —背景值(平均值)

K —置信度系数(1-3)

S —标准离差

②直方图解法

此方法应建立在已知元素含量在所研究的地质体中成正态(或对数正态分布)基础上。其工作步骤为:

a、先将工作区内所有样品某种元素分析结果取对数,由低到高按一定的含量间隔进行分组,并统计各组样品的频率。

b、以元素含量对数为横坐标,以样品出现的频率为纵坐标,绘制直方图。如该元素分布受两次以上地质活动影响,频率密度曲线常呈两个以上正态曲线的综合图形。

c、以第一个正态曲线的峰顶处对应的含量的对数值为背景值的对数值,以反

映背景和异常的曲线双峰间谷底处对应的含量的对数值为异常下限的对数值（如图 2）。

d、根据所得的两个对数值分别计算求出背景值和异常下限值并取整作为该矿区的背景值和异常下限值。如曲线呈单峰曲线，按中值原理取异常下限。在统计图表中显示如下图（3-3）。

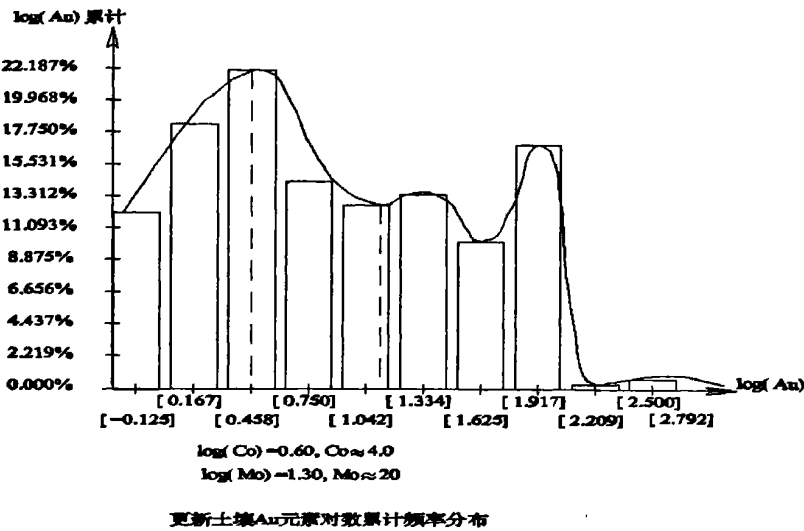


图 3-3 地球化学背景和异常下线确定示意图

在黄金地质勘查后期的勘探阶段，用运线性回归方法计算黄金矿床的储量预测。在对黄金地质勘查结果的识别分析研究中，韩致钧的研究成果中动用“有利因素相关法”，对黄金地质勘查的后期勘探阶段，进行简单的成矿储量前景进行预测评估。首先选择可能有矿的靶区，根据靶区所获得的多方面、多角度收集、研究的成矿有利条件（详细内容省略）综合信息分析，以及计算获得的成矿有利度，进行靶区资源量预测。

有利因素相关法：以所选择已初步探明的紫木岫、太平洞矿段为例作为已知相关单元，选择地质变量有利的数学分析建立预测模型（一元线性回归方程），对岩上（A₁）靶区进行储量预测。结果如下表（3-1）和（3-2）。

A、建立原始数据模型，原始数据矩阵见表

表 3-1 矿区有利数学分析表

变 量	地 层	构造	围岩蚀	磁异常	卫片解	相关指	地化异	对应储
-----	-----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

单 元	(X1)	(X2)	变 (X3)	(X4)	释 (X5)	示元素 (X6)	常组合 (X7)	量 (kg)
紫木凶 矿段	+	+	+	+	+	0	+	XXXXX
太平洞 矿段	+	0	+	+	0	+	+	XXXXX
贞丰岩 上 (A1)	+	+	+	+	+	+	+	

B、成矿有利度参数计算：成矿有利度参数计算结果下表

表 3-2 成矿有利度参数表

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	总 和
Ki	2	1	2	2	1	1	2	11
Pi	75	50	75	75	50	25	75	425
Wi	37.5	50	37.5	37.5	50	25	37.5	275
Li	0	1	0	0	1	1	0	3
Hi	0	25	0	0	25	50	0	100
Vi	0	25	0	0	25	50	0	100

各成矿单元因素有利度经计算为：紫木凶 0.80；太平洞 0.47；岩上 (A1) 1.00。

C、资源量预测模型：各成矿有利度 (F) 与探明储量间的定量关系用回归方程拟合，并计算求得：a=-75, b=156.

预测模型为：Y=156F-75

(3-3)

通过这种有利因素相关法计算的资源量为 81000kg。在对岩上靶区预测成果的基础上，进行钻探验证，在预测矿体分布范围打了 5 个钻孔，见 4-5 层矿体，概算储量与预测储量接近。

3.3 黄金地质勘查项目风险评估的特征

3.3.1 黄金地质勘查项目的一般特征和风险评估关系

为了扩大黄金勘查项目的项目储备，给黄金生产开发提供更多的基础性资源，我们必须通过项目流转获得更多可供勘查的圈定的远景区或普查初期项目，以或

是购买到一些做过局部或部分普查工作的地质勘查项目。获得这些项目和它的基础资料是找矿的前提,即是确定地质勘查项目是否要继续进行勘查工作,也是是否要再投资的前提。然而要分析好这个前提必须要对所获得的项目基础资料,和进一步地质勘查资料所揭示出的地质信息进行分析,看其找到矿床的可能性。这个分析过程就是地质勘查项目的风险评估过程。而这些地质资料的获取是一个复杂的专业地质勘查研究过程,也是专业的标准化的地质勘查工作方法集成过程。在这个地质勘查过程中,通过专业方法的地质工作收集的资料会形成一个矿床综合信息描述。根据这些地质勘查项目的综合地质信息的描述,我们可以建立一个找矿模型。这个地质勘查模型所汇总出的信息揭示出该地质勘查项目的找矿成功率有多高。它含有所有黄金地质勘查项目的共同的勘查方法和风险因素。从地质信息层级上来讲,第一层级是矿田、矿床,第二层级为矿田中有的基本地质特征,矿床含有地质特征、地球化学特征、地球物理、遥感地质。第三层级为地质特征的构造、地层、岩浆岩、围岩蚀度、标型矿物;地球化学的原生晕、次生晕、分散流;地球物理的 X 射线强度、金属流化物的视极化率;遥感地质中的赋矿构造等。从上述地质勘查的工作程序上讲,地质勘查工作从宏观到微观,从大范围到小靶区的地质勘查研究过程。

3.3.2 普查阶段的黄金地质勘查特征和风险评估因素确定

在地质勘查阶段中又因地质勘查研究过程中的地质信息研究活动的详尽程度分为普查前期、普查、详查和勘探四个阶段。由于每一个勘查阶段所决定找矿前景的因素不同,其所包含的风险评估信息也有所不同。由于黄金地质勘查的项目流转在普查阶段或普查至详查交叉阶段最常见,在这个阶段的风险评估才是最有意义的,所以本论文重点研究普查阶段的黄金地质勘查风险评估。

以微细浸染型金矿为例,普查阶段大致经过普查找矿、矿点评价、带钻普查 3 个历程。但是每一个矿床的形成各有不同,各矿床视其具体的地质、地形等特点而有所不同。如有的矿床经矿点检查后,利用其地形条件,可以用短坑替代钻探以大致控制浅、中部后,而转入详查;有的隐伏、半隐伏矿床,经综合地质信息分析和地表研究后,直接进入带钻普查。总之,世界上没有任何两个相同矿床,

每一个地质矿床的成功勘查，都是一个不同的、因地制宜的地质研究评价过程。

黄金地质勘查普查阶段的特征分普查找矿、矿点检查、带钻普查三个方面，在这三个工作阶段中不同层次或交叉的各种普查工作方法形成的信息集成，所展示出的找矿标志就是本论文评价是否找矿前景，也就是勘查风险的风险评估因素。

3.3.2.1 普查的目的

普查是通过 1:25000-1:50000 比例尺的地质填图和露头检查，对区内地质特征的查明程度应达到相应比例尺的精度要求，成矿地质条件达到大致查明程度。也就是本论文述及的基本确定了矿床的位置、矿体厚度、走向和远景量的大小。通过对 1:10000-1:2000 比例尺地质填图和有效的物探、化探、遥感、重砂等方法手段及数量有限的取样工程，大致控制主要矿体特征。地表要用取样工程稀疏控制，深部要有工程证实，不要求系统工程网度；大致查明矿石的物质组成、矿石质量，并进行相应的评价。对物探、化探异常进行 I 至 II 级验证。

普查要求大致了解开采技术条件，包括区域和测区范围内的水文地质、工程地质、环境地质条件，为详查工作提供依据。对开采条件简单的矿床，可依据与同类矿山开采条件的对比，对矿床开采技术条件做出评价。对水文地质条件复杂的矿床，应进行适当的水文地质工作，了解地下水埋藏深度、水质、水量以及近矿围岩强度等做

对已发现的矿产，应与邻区同类型已开采的矿山，从矿石物质组成，主要矿石矿物、脉石矿物、结构构造、嵌布特征、粒度大小、有害组分及影响选冶条件等因素进行全面的对比，并就矿石选冶加工的性能做出概略评述。对无可类比的或新类型矿石应进行选（冶）性试验或实验室流程试验，为是否值得进一步工作提供依据。依据普查结果所获得的地质矿产资料及国内外市场情况，进行概略研究，看其有无投资机会，是否值得转入详查，并采用一般工业指标估算资源量。

在选定的普照查区（或矿田）内，根据收集获得的地质资料，通过化探异常检查，综合地质信息分析，综合地质调查，发现含金线索，发现金矿（化）点，为开展矿点检查提供依据。但下列这些勘查标志需综合运用分析，才可以形成全面的分析评价结果。

3.3.2.2 普查找矿矿床标志的特征

1、露头标志特征，由于矿体普遍具有硅化、黄铁矿化、毒砂化、锑矿化、汞矿化等特点，其露头易风化并呈蜂窝状、多孔状，且褐铁矿染普遍，呈土黄色、褐黑色。赋存于断裂带中的矿体，其露头多具土状、角砾状及块状构造，在野外易于识别，可能是含金的显示。

2、重砂标志特征，这种特征不是金的重砂颗粒，而伴生的辰砂、辉锑矿、雄（雌）黄等矿物则常形成重砂颗粒。因此将这些伴生矿物形成的重砂作为标志，溯源探索，就有可能发现金矿床（点）。

3、已知砷、锑、汞矿床（点）标志特征，在金矿床（点）附加税近或在同一订床内，金矿体与汞或砷或锑矿体并存。只是其就位的具体空间位置和产状不同。石地层也会不同。有的可存于二叠纪中晚二叠世的长兴期或乐平期形成的二、三段的页岩、粉砂岩、粘土岩中；还有一些可赋存于三叠纪中的拉丁期、安尼期形成的泥罗组的瘤状灰岩或形成的许鲁贡灰岩的泥晶灰岩夹页岩等。

4、构造标志，古地质研究表明金矿形成是远古时代，地壳板块运动时，火山岩浆在运动中金沉积而成。大地构造是远古地壳运动的结果，所以识别大地构造和年代不同的地壳运动形成的不同地质构造（浅层构造、深层构造），也就成为找矿前景的一种标志。在黄金地质勘查过程中通常分析这种构造时，是找出岩浆的走向，所谓地质师常说的有通道、有矿仓就成为了有矿的先决条件。

5、围岩蚀变标志特征，远古形成的矿体经过漫长的地质年代后，其产状会变化。在多种蚀变中尤以硅化和硫化物具有重要的指示找矿意义，硅化表现为多期次反覆硅化，而金的主成矿期的硅化主要形成石英网脉为特征；硫化物化中具有重要意义的是黄铁矿化，而金的主成矿期的黄铁矿多为自形程度不高的环带状黄铁矿，其粒度小者含金量高。此外，碳酸盐化的发育，主要为白云岩化、铁白云化石化、方解石化、偶见晶石化。这些虽是成矿期后的产物，但亦可作为显示成矿作用的标志特征。

6、遥感标志，利用大比例卫星图像译出线性构造与地表已知断裂构造吻合较好，有规律可循。如在线环影像构造密集部区，尤其是几组线性构造交汇处及

其附近, 以及环弧形影像的环缘及其相互交叉、接触部位或与线性构造交汇处常常是金矿赋存的有利部位。

7、地球化学标志, 金、砷、锑、汞元素异常区域分布有相当大的一致性, 而砷、锑、汞异常分布范围大于金异常。根据元素地球化学特征, 利用勘查区内金、砷、锑、汞异常, 特别是金和砷异常找金矿, 效果特别明显。各金矿床(点)地球化学勘查实践表明, 金砷异常多位于金矿体及其附近。

3.3.2.3 普查找矿的工作方法

按普查的工作阶段分地质调查、矿点检查、带钻普查三个阶段。

地质调查阶段首先要收集前人资料分析普查背景以达到了了解普查区的地层、岩石、构造、围岩蚀变、矿产分布及矿床地质特征; 了解区域及普查区元素组合、元素异常, 及并结合地球物理、地质遥感成果对异常做出初步解释; 了解和金密切相关的元素的分布状态及其矿床地质特征, 对金的成矿有利地段做出大致推断。其次, 地质调查以野外工作结果得 1:50000 地质填图, 通过地质填图, 重点研究控矿构造、有利岩性组合、近矿围岩蚀变等, 如有利于成矿的背斜和断裂构造, 特别是对断裂破碎带的研究和赋金层位的有利岩性组合的调查, 以及两者在纵、横方向的叠置、交切关系的分析研究, 这些方法可以让人们了解是否有良好的赋矿空间。在对构造进行具体研究, 特别是对破碎带研究时, 应着重研究断裂性质、变形特征、构造破碎程度、构造岩种类。破碎带内部结构, 破碎带的形态, 产状及规模, 破碎带与上下盘围岩的接触关系等。观察和研究破碎带及上下盘是否有围岩蚀变, 有无硅化及黄铁矿化、毒砂化。在地层岩性研究方面, 应着重观察和研究上二叠统底部硅化灰岩、火山凝灰岩的特征及分布; 上二叠统中部硅化灰岩上、下盘的细砂-粉砂岩; 上二叠统中上部煤系的不纯灰岩; 下三叠统下部细砂-粉砂岩; 中三叠统许满组上部的砂岩加粘土岩; 这些都是可能的赋金层位, 是普查找金矿的重点研究对象。通过上述综合性分析研究推断成矿有利地段, 进而发现金的矿化线索。最后是选择成矿有利地段, 使用稀少的槽探工程进行地表揭露, 以大致了解矿体厚度、品位的变化及延伸情况, 查明是否有矿体存在。

矿点检查是进一步对普查矿点进行信息揭露后的定性评价, 确定是否有进行

带钴普查或详查的必要。选择从成矿地质条件来看,最有利的地段,有金、砷异常且浓度中心明显,有含金矿性和含金层位出露。构造变形强烈,断裂构造破碎带内的构造岩结构及种类多样,具有有利的赋矿空间。有围岩蚀变强烈,特别是硅化、黄铁矿化、碳酸化组合配套的矿点;还可以考虑矿化较强且连续性也较好、地表矿化规模呈带状连续或带状明显及分布密集的因素,选择普查矿点。对于矿点检查的具体工作方法有四种。第一种,是填制地质简测图,是大致查明矿点的地质特征,成矿地质条件,矿体展布的重要方法。第二种是化探,通过对 1:10000 或 1:25000 比例尺土壤测量加上不同地域的 X 射线荧光测量等,对普查区的土壤样品所赋含元素进行异常分析,可以较准确地反映出金矿产出部位;根据矿床次生异常,寻找金矿层或金矿露头。进而分析次生异常的分布规律还可以指导外围勘查,再结合土壤测量还可以扩大普查远景区。第三种是工程揭露,为了解矿体形态、产状及规模,在矿体及矿化带、断裂带上施工部分工程时行揭露,是矿点检查的重要方法。具体有地表揭露,地表用槽探及剥土进行揭露,沿走向系统追索,了解矿体间的相互关系;浅部揭露,经过地表工程揭露后证实矿化连续,这大致了解矿体延伸及品位厚度变化,最好利用地形在浅部施工少量短浅穿脉坑道来证实。第四种是取样测试,就是对所有工程如槽探、剥土、穿脉坑道及自然露头的地方均应及时采样,所有样品均应作金的基本分析,以证实前面的判断。

带钴普查是普查工作的最后阶段,是对通过矿点检查评价有可能的工业矿体有无、规模、延伸情况进行局部验证做出大致的定量评价。可以获得推测储量,也给详查提供依据。其主要工作方法也分四种,第一种地质填图,用 1:1000 或 1:2000 精测地形图作为底图填制地质简测图。第二种系统测量绘制勘探剖面,勘探线剖面是布置普查工程钻探或坑探的主要依据。要详细测绘和研究剖面上的地层、构造、矿体或矿化带的展布特点和规律,便于结合地质平面图,对矿体或矿化带的形态、产状与地层岩性及构造的关系作出分析。第三种工程揭露,地表揭露是沿矿体或矿化带出露线进行比矿点检查阶段加密一倍的网度槽探、剥土施工揭露。在矿点检查阶段的短穿脉坑道的基础上,按一定的标高布置以扩大坑探规模,并为未来工程综合利用考虑。钻探施工,一般勘探线距为 160M-48M,线上孔间距为

80m-200m, 在极有可能的矿体中心地段选择一条线, 再根据上述资料研究的结果揭露的矿带走向, 结合矿床的水文地质条件布置 2 个以上钻孔, 以确定研究的矿体走向、深度、厚度、品位等。第四种是取样测试分析, 对普查钻孔提取的岩芯, 一般劈两半, 其中一半进行化验分析, 来获取所有的研究、判断结果, 这一部分是普查阶段最终极的, 也是最关键的地质信息揭露。但其所包含的找矿风险也取决于该阶段的工作详细程度所揭露出来的地质信息详细程度。

3.3.2.4 黄金地质勘查找矿风险因素总结及权重设定

从金矿地质与勘查学说来看, 成功地勘查一个项目就是用地质勘查理论对一个目标勘查项目进行地质勘查, 将其勘查出的信息按照成矿理论逐步揭示的一个过程。也是从大的地质区域到小的矿点的一个宏观区域信息到微观点信息的工作揭示过程。要了解一个黄金地质勘查项目是否有成矿的可能性, 首先要作成矿背景分析, 这就是区域地质分析结论, 如果项目的区域地质分析属于在地壳板块构造中造山活动区域, 有热液作用就有了在大范围内可能形成矿体的基础性前提。区域地质地质其主要任务是在区域地层、岩石、构造、地球物理、地球化学研究基础上, 运用地质学的理论和方法, 研究和阐明指定地区的地质构造及其演化的总体特征, 探讨各种地质作用之间的内在联系, 为矿产资源勘查、成矿规律分析、地质环境评价及有关经济建设提供综合性基础地质资料。所以相较与找矿中信息揭露所起的作用而言, 经对专家访问认定概率而定, 区域地质占 20%权重。

如果在一定范围内有物探或卫星遥感显示地下有重磁, 金属物富积区, 可以在区域地质方面提供一点佐证。区域地球化学基本特征结合大的板块构造和分析史前地表化学演化, 揭示出区域的较大成矿背景区。例如右江造山带以 1: 20 万地质化探资料显示, 这一区域基岩中金及其相关元素的规律可以分析得出, 受构造背景控制的右江在球化学区 (I)。该区域主要分布三叠纪的硅质陆源碎屑沉积岩, 属右江造山带北缘。金、砷、锑、汞等元素的背景值较高, 特别是中三叠世安尼期许满组浊积岩和拉丁期边阳组浊积岩的 e 段、f 段细屑沉积岩的上述元素含量较高, 为同类岩石平均值的数倍至十余倍, 成为金及相关元素的高值区。因而区域地球化学显示出这一区块是成金矿的有利宏观或称大范围区域。根据上述

阐述。和专家访谈认为,在区域地质的工作范围内,决定区域地质的结果,区域地球化学所起的作用应占到 70%,而物探和卫星遥感占到少许的基础性验证作用,因而占到决定区域地质作用的 20%和 10%权重。

而完成一个黄金勘查项目,分析地质成矿信息的范围要逐步缩小,这样才能在普查后期将所有信息成果汇集形成一个或多个成矿异常靶区,在这些判断的靶区上布置普查钻孔,完成勘查成果。这个在区域地质范围内,由面到点的逐步缩小矿床可能所在点的工作过程,就是金矿床地质特征分析过程,本论文称之为矿区地质。相较于整个找矿前景而言,经与专家访谈,矿区地质所起的作用应达到 80%。矿区地质也称矿床地质,是对目标勘查矿床在地质构造、地层、岩性、矿产、蚀变等方面全面工作揭露的一种信息综合,也是对这几种工作内容的的一个总结性概念。要找到成矿靶区,需要对勘查区进行矿区地质的由大范围到小点的揭露分析。经过有经验的专家访谈,虽然会因矿床的赋存条件不同,各种可能有矿的条件会有取舍,会有轻重不同。但一般就黄金地质勘查理论与实践而言,影响黄金矿床地质特征的主要因素及其重要程度是,地质构造占 60%权重、岩性占 10%权重、围岩蚀变占 20%权重、矿产性质 10%权重。

地质构造因此可依其生成时间分为原生构造(primary structures)与次生构造(secondary structures 或 tectonic structures)。次生构造是构造地质学研究的主要对象,而原生构造一般是用来判断岩石有无变形及变形方式的基准。地质构造(简称构造)是地壳或岩石圈各个组成部份的形态及其相互结合方式和面貌特征的总称。在地质构造阶段可以研究勘查项目分布在什么样的造山型褶皱带上,金矿的形成与造山过程的区域性低级变质作用、褶皱-断裂作用、区域应力的挤压、扭压及随后的伸展作用和地壳物质的分异、重组与汇聚作用等相关。研究地质构造主要研究赋矿地层与容矿岩石、控矿构造及容矿构造,就是人们常说的要找到金矿,得先找到矿石形成的热液源、热液通道、热液流向、热液可存的空间。如华北板块北缘西段白云鄂博北部赛乌素金矿床特征,属于中新元古代裂谷系,受川井—化德深断裂及哈拉忽鸡同斜复背斜控制,赋存于两翼及轴部西倾伏末段。又如右江印支—燕山造山型褶皱带内,各矿床具有基本相似的构造组合样式。矿床级褶

皱构造、轴向高角度挤压逆冲断层、挤压断裂破碎带、次级褶断系统，以及斜切轴向的一组或两组剪切断裂是统一应力场作用之配套产物，并不同程度地受到后期构造的叠加与改造。在配套产生和发育的各组向构造中，褶皱轴向高角度挤压逆冲断层、挤压断裂破碎带、次级褶断系统是金矿床最为主要的控（容）矿构造。根据专家访谈的经验来看，决定成矿的 80% 来源于断裂性质、20% 源于褶皱类型且均属于背斜构造。而断裂类型又以压扭性为最常见约占 80% 的比重。

岩性中的岩石类型进行分析后可以确定赋矿地层与容矿岩石是那一类，可能性有多大。据专家访谈经验表明，沉积岩可能性较大，相较于岩浆岩、变质岩而言其可能的权重沉积岩占到 65%，而沉积岩中以砂岩、泥岩、碳酸岩为主。如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，金龙山金矿带是我国南秦岭沉积岩地区新发现的金矿带，产于南秦岭晚古生代镇旬盆地上泥盆统一下石炭统细碎屑岩—碳酸盐建造中。通过地层、沉积环境、成矿有关微量元素、矿石化学成分及显微组构研究指出：赋矿有利岩性为泥质钙质粉砂岩、泥质粉砂质灰岩等，典型的浸染状矿化产于以粉砂质为主（ SiO_2 多变化于 38%—73%），含一定钙质（ CaO 多在 10%—25% 之间）的岩石中，即以钙质粉砂岩为主要的赋矿岩石类型；主要赋矿地层南羊山组生物成因黄铁矿不富集金。微细浸染型金矿化受与断裂连通的有利岩性（可渗透性层位）控制；是“岩性控矿”，而非地层地代控矿。主要赋矿地层南羊山组是“赋矿之所”，而非“生矿之源”。以钙质粉砂岩为代表的沉积岩石控制微细浸染型金矿化具有普遍意义。断裂与有利岩性一起控制了浸染状矿化。

在矿区地质中另一种要因素是蚀变，在金矿地质勘查中称围岩蚀变。围岩蚀变（wall rock alteration）主要有硅化、粘土化及黄铁矿化，它们与金矿化关系最为密切；次有萤石化、白云石化等，这些蚀变一般呈多期叠加表现。围岩蚀变是在热液成矿过程中，近矿围岩与热液发生化学反应而产生的一系列物质成分和构造、结构的变化。气化热液矿床中的普遍现象和重要特征，因其常与矿体伴生且其分布范围一般比矿体分布范围广，因而是一种重要的找矿标志。常见的围岩蚀变有：①夕卡岩化。多产在中酸性侵入岩与碳酸盐岩的接触带附近，常由石榴子

石、辉石等矿物组成，有关矿产有铁、铜、钨、锡、钼等。②云英岩化。主要产于花岗岩类岩石中，由石英和白云母等组成，与钨、锡、钼、锂、铍等矿产有关。③绢云母化。一种广泛分布的热液蚀变，在中性和酸性火成岩及板岩等富铝岩石中最常见，常与黄铁矿和石英伴生，有关矿产有铜、钼、金、铅、锌等。④绿泥石化。产在多种岩石中，有关矿产有铜、铅、锌、金、银、锡等。⑤硅化。使围岩中石英或隐晶质 SiO_2 显著增加的一种蚀变作用，分布很普遍，与铜、金、锑、汞、明矾石、重晶石等多种矿产伴生。其中黄铁矿化最为显著，次之有金矿可能的蚀变为硅化和毒砂化。各矿床所赋存地域差异不同，蚀变侧重也不相同。但就一般蚀变影响成矿因素而言，硅化占 30% 权重、黄铁矿化占 40% 权重、毒砂化占 30% 权重。

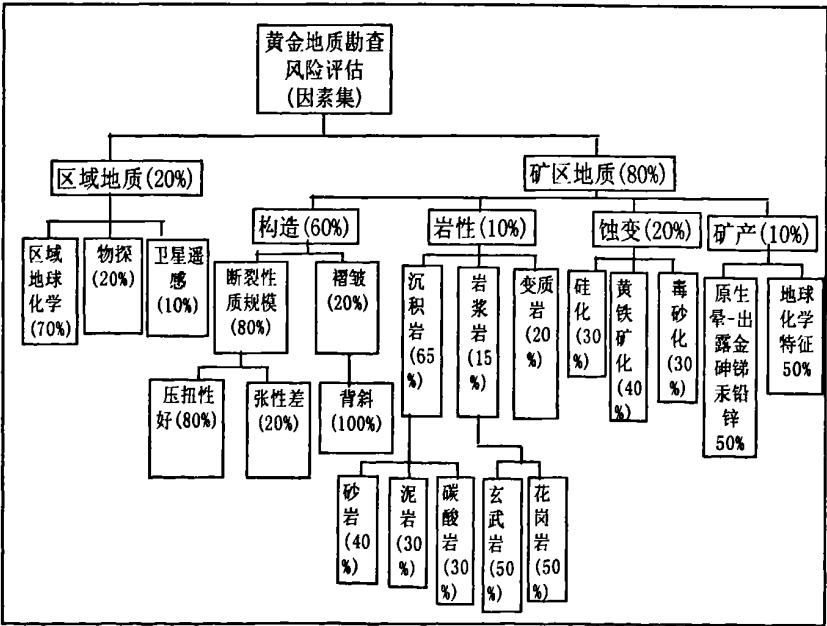
占影响矿区地质 10% 的矿产主要是指一切埋藏在地下（或分布于地表的）可供人类利用的天然矿物或岩石资源。矿产的范畴一般有以下三类：①可以从中提取金属元素的金属矿产，如金矿、汞矿、铁矿、铜矿、铅矿、锌矿等；②可以从中提取非金属原料或直接利用的非金属矿产，如硫铁矿、磷块岩、金刚石、石灰岩等；③可以从中提取多种化学元素，如砷、汞、硫等原生晕和次生晕。了解矿产的目的原生晕的目的是了解和金密切元素的分布规律，从而确定金矿可能存在的位置走向、大致分布区域。通过地球化学的 1: 25000 或者 1: 10000 水系沉积样、土壤样等分析，大致圈定金矿可能出现的异常区。经地质实践经验表明，原生晕和地球化学特征对于支持矿产揭露找金矿地质而言，各占 50% 权重。

黄金地质勘查项目金矿存在或成矿有利评估，就要借助上述的找矿标志特征。先将这些综合信息支持下的标志因素作为黄金勘查项目是否会成功找矿的风险因素集。这些因素集会按照其是否成矿，有利度的影响程度不同，赋予不同的权重。但判断成矿标志因素权重时，所有的地质专家是根据黄金地质理论，结合自身的研究成果，实践经验进行评判的。在访谈了 10 名地质专家过程中，作者设计了量表，如图（3-4）的框图所示（其中没有内容）。这些地质专家或一线地质师们在回答我的问卷中三个关键问题，（1）黄金地质勘查项目会有哪些主要成矿有利因素作为标志？（2）这些找矿标志因素支持的层级分布是怎么样的？（3）

你认为的这些关键影响找矿因素的重要程度在同阶层中所占比例有多少？之后，都获得了一个如图（3-4）这样一个量表草图。经过总结，前述权重的划分依据是他们回答这三个问题的主要理论和实践基础。将所有草图中关键因素进行对比总结，所有专家中，有七人以上对同一因素列出，且至少六人都认为某一因素在相应的层级占有一定的重要程度百分比以上者，则取其重要程度下线，将该因素放在相应层级位置上。如下图（3-4）中构造因素占 60%，就是至少有七位专家将这个因素列出，放在这个位置上，且有六个以上专家认为这个因素在矿区地质领域中所占的成矿有利度的重要程度在 60%、70%或甚至是 80%以上。

作者以 10 名地质专家基于他们黄金地质勘查成矿关键因素的丰富知识和找矿过程中的实践经验，写出来的因素、权重草图，按上述原则进行了细致地总结。最终总结出的成矿有利因素和权重结构如下图（3-4）：

图 3-4 黄金地质勘查项目关键因素权重表



3.3.3 在普查阶段的黄金地质勘查风险评估特征

3.3.3.1 黄金地质勘查项目风险评估的因素多层次的特征

在普查阶段的黄金地质勘查项目的风险因素层级至少可以分为四级，根据各层级所内含的地质勘查信息，可以将不同层级的地质找矿前景评价信息，进行进

一步分级。本论文仅就上图所示的现有的地质勘查风险因素进行风险评估。具有代表性的第一层级评估因素为区域地质、矿区地质；第二层级评估因素有地物化遥、地质构造、岩性、蚀变、矿产；第三层级如断裂性质规模、褶皱、沉积岩、岩浆岩、变质岩、硅化、黄铁矿化、毒砂化、出露金砷锑汞；第四层级评估因素如砂岩、泥岩、碳酸岩、玄武岩、花岗岩。这些各层级的黄金地质勘查风险评估因素所属的母评估因素不同、所赋予的权重也就是影响勘查风险的重要性也不同。在实际评估过程，从第四级开始，以不同层级的评估因素逐级评估，获得风险评估结果，再对上一级的母评估因素的评估结果进行评估。如此评估，一直到第一级区域地质和矿区地质的最后评估结果，即是整体黄金地质勘查项目的风险评估结果。

3.3.3.2 黄金地质勘查风险评估因素的权重确定的专业性

黄金地质勘查的风险评估因素有很多，层次也有不同，其重要性也不同。但其重要性要用一个相对影响程度的权重来表示的话，就需要地质专业、经验来进行综合确定。但由于黄金地质勘查项目在找矿时有很多专业的共性，从而降低了赋予不同权重的难度。本论文旨在提供一种方法，仅提出通用影响程度所确定的权重。

另一方面，当地质专家对某一黄金地质勘查项目进行因素评估时，专家必须对风险项目本身的各类地质信息；项目的各层级评估因素所包含的具体内容；以及对项目的全面了解的基础上，进行评估。本论文所研究的前提是地质专家全面了解的基础上进行评估打分。

3.3.3.3 对黄金地质勘查因素的单个风险评估记分的主观性

当专家对上述不同的地质风险评估子因素，进行不同风险评价时，个人的技术水平、经验、偏好都将对专家给予子因素的风险水平的评定，产生重要影响。根据统计学的极限值原理，对风险评估子因素参与评估的专家越多，其最终确定的单因素的风险水平越接近于真实风险水平。

3.3.3.4 黄金地质勘查的风险评估准确性

由于黄金地质勘查项目风险评估因素的确定，受地质勘查专业技术、专家打

分的个人偏好、各层级所包含的风险因素详尽程度、以及对于整个项目信息揭露的层级设定等各不相同。各关键风险子因素从数学权重上对整体的风险水平影响程度等，都会使得整体的风险评估水平，可能与实际的风险水平存在些许偏离。但总体的风险水平在技术上都会受关键的地质因素，也即是权重较大的因素影响。一般不会有重大的结果偏离。本论文对存在的偏差度不再研究。

3.3.3.5 黄金地质勘查的风险评估因素的可调整性

由于在地质技术层面上而言，世界上没有绝对相同的两个一样的矿床。任何一个矿床的发现其所研究的地质勘查信息揭露方向都不尽相同，或各有侧重。所以在进行地质勘查项目找矿前景风险评估时，要根据矿体所在的区域地质特征和矿区地质特征的不同。将内部的风险评价子因素的权重，按照对项目整体项目的影响程度，以及各子项目的信息揭露的充分程度，做出适当的调整。同时对这些更重要、信息更充分的子因素进行评价时，所给予的风险打分评级也就不同。也就意味着做出了自然的调整。

第 4 章 案例分析

4.1 案例的背景概要

LNG GOLD MINE 地质勘查项目的综合地质成矿特征的背景推断。据资料初步推论,该矿床位于赖子山背斜东翼之鼻状凸起部位,应该受赖子山背斜、板昌巨型逆冲断层及 XX 东西向构造带围限成一个三角形弱应变块体。受古构造及表层区域性构造制约,矿区内以强大的北西向构造占主导地位,矿床(区)北级北西向构造有 LNG 向斜及北侧的林坛背斜,两者呈近南北向的反“多”字形排列,其间发育有数条大致平行展布的轴向高角度挤压逆冲断层,挤压断裂破碎带,走向长 2000-5000M,倾向北东,倾角 45° - 85° ,断裂带宽约 40 多米,推断为此地区的重要的控矿断裂构造。该可能矿区西部近南北向有三条断层东倾,倾角在 35° - 80° ,走向 1KM-10KM,可见的有小规模露头金矿体赋存其中。在中部的北东向断裂带也有两条。一般而言类似的组断裂若单独出现时,弱化矿床。但要是与北西向断裂交叉汇集。在断裂交汇处部位常有富厚矿柱产出。

该地区的区域岩石地球化学特征属于扬子板块地球化学 II 区,该区广泛分布晚古生代和三叠纪的海相碳酸盐岩,属于扬子陆块西南的前陆褶皱-冲断带。金及其相关元素砷、汞、锑、钒、铀等的背景值较高。大致以晴隆-泥堡一线为界分为两个地球化学亚区,北西为晴隆-盘县亚区 (II_1),东南为贞丰-兴义亚区 (II_2)。两亚区的地层、岩石和构造均有所差别,故其元素组合及其含量也有所不同。 II_1 区,大面积出露晚二叠世峨眉山玄武岩和龙潭组煤系层,不仅金的含量较高(一般在 $(3\sim6)\times 10^{-9}$),而且铁族元素镍、铬、钴等的背景值也高。(II_2) 亚区,除一些背斜核部出露晚二叠世煤系扩早三叠世早期的细碎屑岩石夹不纯灰岩外,其余大片分布的是海相碳酸盐岩,金及其相关元素砷、汞、锑、铀等含量高,也主要分布在前述背斜核部的上二叠统和下三叠统下部地层中,其中特别是暗色或深色的粘土岩类含量更高,一般可达 $(2\sim5)\times 10^{-9}$,并往往呈带状分布。

该地区的有机地球化学基本特征,有机质均属于过成熟型,上泥盆统和上二

叠统的有机质已在过成熟期,相当于无烟煤阶段。在南盘江盆地,晚二叠世碳酸盐岩的有机碳则为 0.5%左右,其母质类型属腐泥型和混合型。这种高有机碳含量和过成熟型的有机质,构成了该区特殊的有机地球化学背景,它不仅为含金及其相关元素在早期沉积预富集阶段起了直接作用,而且在金矿成矿阶段有机流体的形成及其活动有重要指导作用。

总结区域地构造而言,此项目属于南盘江地区跨扬子陆块与右江造山带构造单元。属于呢罗-花冗矿田的矿田基本地质特征,黔西南大型逆冲推覆构造外缘三角带,构造形变以南北为主。二叠系台地边缘相三叠系斜坡-深水相地为主;有隐伏中酸性侵入岩区域性重磁梯度带。(由于论文的篇幅所限,关于本勘查项目的基础图纸和资料不再列出,只将分阶段工作的结论性地质评价写出)。

根据本项目的矿床地质特征来总结,该矿床地质构造是赖子山南北向背斜东翼黔西南大型逆冲推覆构造三角带内缘,北西陡倾斜压张性断层控矿。

赋矿地层主要为边阳组第二段,次为许满组第四段及第一段,由砂岩、粉砂质粘土岩交互组成。属于岩浆岩,附近深部有隐伏中酸性侵入岩。

围岩蚀变情况来看,有硅化、黄铁矿化、毒砂矿化、白云石化、粘土矿化。标型矿物产状,有含砷黄铁矿,颜色、亮度指数主波长,颜色饱和度低于标准铁矿,As、Au、在黄铁矿核部低边部高,黄铁矿分子中,Fe 较低, S 被 As 取代。有毒砂,反射色、颜色指数、晶胞参数长于标准毒砂 As 分子数 0.84-0.96, S 在 1.07-1.34, $S > As$ 。

矿床地质中的地球化学特征中在勘查项目的原生晕,As、Sb、Pb、Hg、F、Bi、Ba 为前缘晕,Au、(Sb、Ag、Hg)为矿体晕,Mo、W、Sn 为尾晕,矿体附近似 Au、As、Hg、Sb、迭合出现为主。

就地质勘查区的地球化学异常情况来看,Au、Hg 具内、中、外三带,范围大,As、Sb 仅有外带。Au 平均 16.8×10^{-9} ; As 平均 95.5×10^{-9} 。地球化学中的已知矿床金砷异常元素含量乘积与储量关系的地质勘查经验表明,金砷乘积与金矿床储量的一致性,为项目的地球化学类比提供依据。地球化学结果中显示,可能的矿床剥蚀程度高,水系条件有利,分散流金、砷乘积偏高。矿床与异常区金、砷

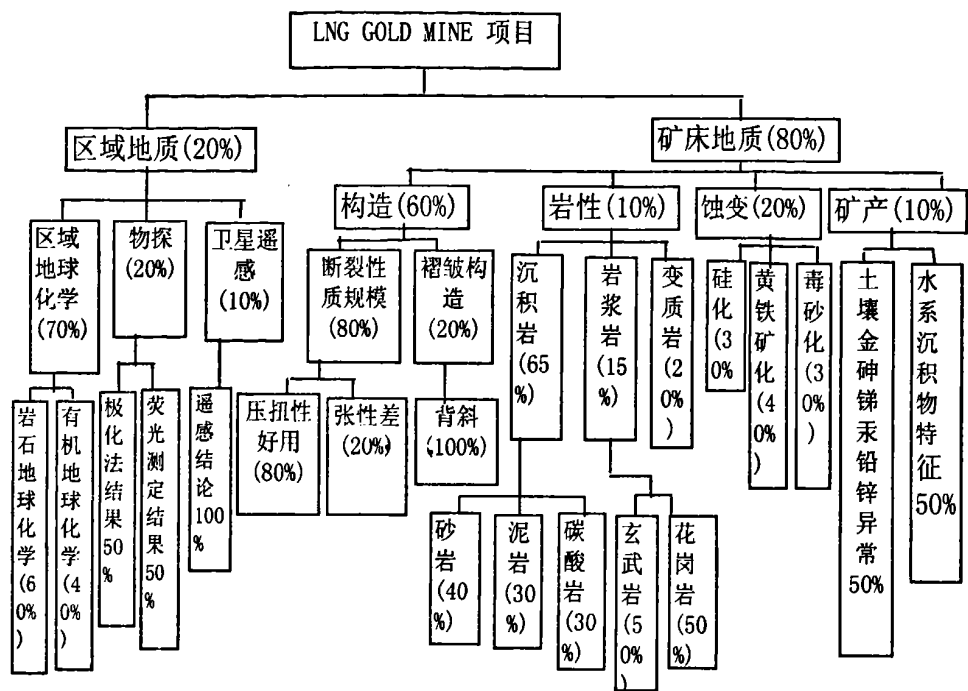
平均含量乘积呈正相关明显。在实践中可以据金、砷乘积考虑预测和圈定找矿靶区，乘积值一般在 500、1500、3000、5000 四级，对于出露地表或半隐伏矿床乘积越大，被发发现金矿床的可能性越大。

地球物理的结果，通过金矿化体砷 X 射线，荧光强度平均值是围岩的 4-14 倍。该地质勘查区的物探图的荧光强度有较大的区域，圈定的含金属区较多。

卫星遥感结果是赋矿构造居环形色环中。

根据 LNG GOLD MINE 地质勘查项目的区域地质特征和矿床地质特征的各类详细资料，结合第三章的分析方法。集合八位资深的黄金地质勘查专家，对 LING GOLD MINE 项目资料综合审阅和认知的结果，首先对项目的关键找矿风险的评估因素进行界定，同时根据项目的具体特点，对各要素在该项目中所占的影响找矿前景的权重给予了界定。由于本论文研究重点是评估方法的应用，所以对如何进行专业地质分析的过程不再此详述。本案例因素中第四层因素只作定性描述在本例中起辅助作用。根据本论文前述理论，了解本案地质情况的八位地质专家，按论文述及的方法确定关键评估因素和影响成矿的重要程度权重，最后总结八位专家的评判结果如表（4-1）。

表 4-1 LNG GOLD MINE 勘查项目找矿因素表及专家确定的权重



4.2 因素集的描述及量表的设定

为了评估计算方便，我们将项目风险因素分为三级。当然在具体的实践过程中，可以根据对项目掌握信息的详细程度，划分为多级。在实践中也应是划分层级越多，评估结果也越贴近实际。同时在黄金针质勘查前景风险评估子因素和层级确定方面，要实事求是地根据项目的实际情况不同做适当的调整。根据 LNG GOLD MINE 黄金地质勘查 GIS 的全部资料实际特征，确定该项目的风险评估子因素集 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ ，大写 U 代表第三层级风险评估因素，大写 C 为第二层级风险评估因素，大写 D 为第一层级风险评估因素。详细因素集列表如表（4-2）。

表 4-2 LING GOLD MINE 地质勘查风险评估因素表

第一层级		第二层级		第三层级	
D ₁	区域地质	C ₁	地球化学	U ₁	区域地球化学
				U ₂	区域有机地球化学
		C ₂	地球物理	U ₃	X射线荧光测定
				U ₄	激法极化法测定
		C ₃	卫星遥感	U ₅	遥感赋矿构造
D ₂	矿区地质	C ₄	地质构造	U ₆	断裂性质规模
				U ₇	褶皱构造(含背景\时代)
		C ₅	容(赋)矿岩性	U ₈	沉积岩
				U ₉	岩浆岩
				U ₁₀	变质岩
		C ₆	热液(围岩)蚀变	U ₁₁	黄铁矿化
				U ₁₂	硅化
				U ₁₃	毒砂化
		C ₇	(出露)矿产特征	U ₁₄	水系沉积物特征
				U ₁₅	土壤异常特征

4.3 评估量表及评价矩阵建立

专家用运专业知识和经验在对风险子因素进行评价时，前述各层级的子因素的隶属性都自然存在于心。所以不必对每一层级进行风险评估打分，只需要对最低层的 *U* 级进行评估。然后在进行计算评估时根据各级权重进行逐级评估计算就可得出最终项目风险评估结果。

4.3.1 评估值（也就是风险标准）量表

本论文按风险高低次序排列风险评价结果，设定风险偏好是，70%以上是不可接受的极限风险不予考虑，20%以下视为无风险状况。首先建立风险因素评估结果判断集合为：

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$$

其中 V_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) —各种可能的总评价结果。 (4-1)

$$V = \{\text{最高, 较高, 高, 一般, 低, 较低, 无}\}$$
 (4-2)

为了计算风险量化水平，赋予风险程度不同水平的风险程度量化百分比。风

险程度量化百分比的档次越多，风险程度的评价更准确。但量化的高低水平要对应，如果所设的量表风险程度地于偏低，就会在评价中低估风险，而所给风险程度量化值偏高，又有可能高估风险。SG 公司在贵西南的 JL 项目，也用运了风险评估的方法，只是评估因素粗糙没有用本论文的方法，但风险水平设定方法基本相同。设定风险档次偏低，重点对该风险勘查项目的地表出露、区域地质结构、化探结果进行直接风险打分。由于这三方面表现的风险很低，所设风险档为 70% 高风险、50% 有风险、30% 无风险。最终评估结果是风险水平在 40%。决策结果是大量投入至少开 20000 米普查钻孔，但全部钻孔工作结束也就是普查最后阶段工作完成以后，一无所获。

本论文运用模糊数学综合评价法，先对风险程度进行测定，分值量表如表（4-3）。

表 4-3 风险测定量表

风险程度描述		风险程度度量
V_1	较高	0.7
V_2	高	0.6
V_3	一般风险	0.5
V_4	低	0.4
V_5	较低	0.3
V_6	无	0.2

根据风险测定的习惯和对风险偏好程度，在对本案例实证研究中，设定了六个档次的风险程度。如果是保守的风险好恶程度估计认为，一般风险以下的风险水平都是可接受的，也就是说一般风险（0.5），低风险（0.4），较低风险（0.3），无风险（0.2）都可以选择对该黄金地质勘查项目进行投资。在风险评估定量分析后的决策选择中，喜好风险的人可以选择较高风险的项目。在本案例中可以选择高、较高风险。

4.3.2 评价结果及模糊关系矩阵

所有评价和计算从最末端的层级风险因素开始评价。本案例以第三层级 U 集合为末级和 V 评价结果集合，首先建立 U 到 V 的模糊关系。

从 U 到 V 的一个模糊映射为: $f:U \rightarrow F(V)$

$$u_i \propto (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}), \quad \sum_{j=1}^n r_{ij} = 1 \quad (4-3)$$

模糊映射 f 确定一个模糊关系 $R \in \mu_{n \times m}$, 就是评判矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (4-4)$$

采用专家评审打分的方法, 对模糊关系因素进行评价。根据统计学的打分方法, 选定 8 位专家 $Z_i (i=1, 2, \dots, 8)$, 在充分了解该勘查项目的已有的地质勘查信息的前提下, 进行评价打分建立模糊关系矩阵 $R(r_{ij})$ 。

$$r_{ij} = \frac{\text{对 } V \text{ 中某一因素作为某一因素评价档次的人数}}{\text{评审专家人数}} \quad (4-5)$$

八位专家对 LNG GOLD MINE 黄金地质勘查的各找矿成功因素进行风险评价结果, 其量表如表 (4-4)。

表 4-4 八位专家对 LNG 风险评价结果

第一层级		第二层级		第三层级		Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8
D_1	区域地质	C_1	地球化学	U_1	区域地球化学	0.3	0.2	0.4	0.5	0.3	0.4	0.3	0.4
				U_2	区域有机地球化学	0.5	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4
		C_2	地球物理	U_3	X射线荧光测定	0.7	0.6	0.5	0.5	0.7	0.6	0.5	0.5
				U_4	激法极化法测定	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.6
D_2	矿区地质	C_3	卫星遥感	U_5	遥感赋矿构造	0.6	0.7	0.5	0.6	0.6	0.5	0.4	0.6
				U_6	断裂性质规模	0.2	0.3	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.3
		C_4	地质构造	U_7	褶皱构造	0.3	0.3	0.2	0.4	0.2	0.3	0.3	0.2
				U_8	沉积岩	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4
				U_9	岩浆岩	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.5
				U_{10}	变质岩	0.4	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
		C_5	容(赋)矿岩性	U_{11}	黄铁矿化	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3
				U_{12}	硅化	0.4	0.5	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3
				U_{13}	毒砂化	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4
				U_{14}	水系沉积物特征	0.5	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2
		C_6	热液(围岩)蚀变	U_{15}	土壤异常特征	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3
		C_7	(出露)矿产特征										

计算所得的 r_{ij} 如下表 (4-5)。

表 4-5 评价结果计算表

第一层级		第二层级		第三层级		V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	$\Sigma=1$
D_1	区域地质	C_1	地球化学	U_1	区域地球化学			0.125	0.375	0.375	0.125	1
				U_2	区域有机地球化学			0.25	0.5	0.25		1
		C_2	地球物理	U_3	X射线荧光测定	0.25	0.25	0.5				1
				U_4	激法极化法测定		0.125	0.625	0.25			1
		C_3	卫星遥感	U_5	遥感赋矿构造	0.125	0.5	0.25	0.125			1
D_2	矿区地质	C_4	地质构造	U_6	断裂性质规模				0.25	0.5	0.25	1
				U_7	褶皱构造(含背景\时代)				0.125	0.5	0.375	1
		C_5	容矿岩性	U_8	沉积岩				0.625	0.375		1
				U_9	岩浆岩			0.125	0.25	0.5	0.125	1
				U_{10}	变质岩				0.375	0.625		1
		C_6	(围岩)蚀变	U_{11}	黄铁矿化					0.5	0.5	1
				U_{12}	硅化			0.125	0.25	0.5	0.125	1
				U_{13}	毒砂化				0.5	0.125	0.375	1
		C_7	(出露)矿产特征	U_{14}	水系沉积物特征			0.125	0.125	0.5	0.25	1
				U_{15}	土壤异常特征				0.375	0.625		1

根据上表结果和公式 (4-4)、(4-5)，则对应第三层级 U_i 评判矩阵为：

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0.125 & 0.25 \\ 0.375 & 0.5 \\ 0.375 & 0.25 \\ 0.125 & 0 \end{bmatrix}$$

式中 R_1 是评价结果计算表 (4-5) 中，地球化学 C_1 的评判矩阵。

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.25 & 0 \\ 0.25 & 0.13 \\ 0.5 & 0.625 \\ 0 & 0.25 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

式中 R_2 是评价结果计算表 (4-5) 中，地球物理 C_2 的评判矩阵。

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.125 \\ 0.5 \\ 0.25 \\ 0.125 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

式中 R_3 是评价结果计算表 (4-5) 中, 卫星遥感 C_3 的评判矩阵。

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0.25 & 0.125 \\ 0.5 & 0.5 \\ 0.25 & 0.375 \end{bmatrix}$$

式中 R_4 是评价结果计算表 (4-5) 中, 地质构造 C_4 的评判矩阵。

$$R_5 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.125 & 0 \\ 0.625 & 0.25 & 0.375 \\ 0.375 & 0.5 & 0.625 \\ 0 & 0.125 & 0 \end{bmatrix}$$

式中 R_5 是评价结果计算表 (4-5) 中, 容矿岩性 C_5 的评判矩阵。

$$R_6 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.125 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 & 0.125 \\ 0.5 & 0.125 & 0.375 \end{bmatrix}$$

式中 R_6 是评价结果计算表 (4-5) 中, 围岩蚀变 C_6 的评判矩阵。

$$R_7 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0.125 & 0 \\ 0.125 & 0.375 \\ 0.5 & 0.625 \\ 0.25 & 0 \end{bmatrix}$$

式中 R_7 是评价结果计算表（4-5）中，矿产特征 C_7 的评判矩阵。

4.4 评估因素的权重量表

权重集合为：

$$A = \{a_1, a_2, \cdots, a_n\},$$

其中 $\sum_{i=1}^n a_i = 1;$ (4-6)

根据黄金地质勘查的专业特点，各找矿关键因素根据项目的不同，专家按照地质特点及实践经验来判断其重要性。LNG GOLD MINE 黄金地质勘查项目各风险评估因素层级以及各子因素的权重判断量表如表（4-6）。

表 4-6 风险评估因素权重

权重	第一层级		权重	第二层级		权重	第三层级	
20%	D ₁	区域地质	70%	C ₁	地球化学	60%	U ₁	区域地球化学
						40%	U ₂	区域有机地球化学
			20%	C ₂	地球物理	50%	U ₃	X射线荧光测定
						50%	U ₄	激法极化法测定
			10%	C ₃	卫星遥感	100%	U ₅	遥感赋矿构造
80%	D ₂	矿区地质	60%	C ₄	地质构造	80%	U ₆	断裂性质规模
						20%	U ₇	褶皱构造(含背景)
				C ₅	容(赋)矿岩性	65%	U ₈	沉积岩
						15%	U ₉	岩浆岩
			10%			20%	U ₁₀	变质岩
				C ₆	热液(围岩)蚀变	40%	U ₁₁	黄铁矿化
			20%			30%	U ₁₂	硅化
						30%	U ₁₃	毒砂化
			10%	C ₇	(出露)矿产特征	50%	U ₁₄	水系沉积物特征
						50%	U ₁₅	土壤异常特征

则按公式 (4-6) 得, 第二层级 C_i 的七个子因素集 U_i 的权重集合为:

$$A_1 = \{0.6, 0.4\};$$

$$A_2 = \{0.5, 0.5\};$$

$$A_3 = \{1\};$$

$$A_4 = \{0.8, 0.2\};$$

$$A_5 = \{0.65, 0.15, 0.2\};$$

$$A_6 = \{0.4, 0.3, 0.3\};$$

$$A_7 = \{0.5, 0.5\}$$

4.5 最终评估数学计算过程和结论确定

4.5.1 第三层级模糊综合评判

进行模糊综合评判, 将综合评价表示为: $B = W \bullet R$ (4-7)

权重集 W 可视为一行 m 列的模糊矩阵, 上式按乘法进行运算, 即有

$$B = (w_1, w_2, \dots, w_m) \bullet \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_n)$$

式中

B ——模糊综合评价集;

$b_j (j=1, 2, \dots, n)$ ——模糊综合评判指标。 (4-8)

对 C_i 的七个子因素综合评判计算结果有:

$$B_1 = A_1 \bullet R_1 = \begin{pmatrix} 0.6 \\ 0.4 \end{pmatrix} \bullet \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0.125 & 0.25 \\ 0.375 & 0.5 \\ 0.375 & 0.25 \\ 0.125 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.175 \\ 0.425 \\ 0.325 \\ 0.075 \end{pmatrix}$$

$$B_2 = A_2 \bullet R_2 = \begin{pmatrix} 0.5 \\ 0.5 \end{pmatrix} \bullet \begin{pmatrix} 0.25 & 0 \\ 0.25 & 0.13 \\ 0.5 & 0.625 \\ 0 & 0.25 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.125 \\ 0.1875 \\ 0.5625 \\ 0.125 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$B_3 = A_3 \bullet R_3 = (1) \bullet \begin{pmatrix} 0.125 \\ 0.5 \\ 0.25 \\ 0.125 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.125 \\ 0.5 \\ 0.25 \\ 0.125 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$B_4 = A_4 \bullet R_4 = \begin{pmatrix} 0.8 \\ 0.2 \end{pmatrix} \bullet \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0.25 & 0.125 \\ 0.5 & 0.5 \\ 0.25 & 0.375 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0.225 \\ 0.5 \\ 0.275 \end{pmatrix}$$

$$B_5 = A_5 \bullet R_5 = \begin{pmatrix} 0.65 \\ 0.15 \\ 0.2 \end{pmatrix} \bullet \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.125 & 0 \\ 0.625 & 0.25 & 0.375 \\ 0.375 & 0.5 & 0.625 \\ 0 & 0.125 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.01875 \\ 0.51875 \\ 0.44375 \\ 0.01875 \end{pmatrix}$$

$$B_6 = A_6 \bullet R_6 = \begin{pmatrix} 0.4 \\ 0.3 \\ 0.3 \end{pmatrix} \bullet \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.125 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 & 0.125 \\ 0.5 & 0.125 & 0.375 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.0375 \\ 0.225 \\ 0.3875 \\ 0.35 \end{pmatrix}$$

$$B_7 = A_7 \bullet R_7 = \begin{pmatrix} 0.5 \\ 0.5 \end{pmatrix} \bullet \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0.125 & 0 \\ 0.125 & 0.375 \\ 0.5 & 0.625 \\ 0.25 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.0625 \\ 0.25 \\ 0.5625 \\ 0.125 \end{pmatrix}$$

这些矩阵计算后的 B_j 风险评估值就是对第一层级风险因素 U_i 的评估结果。通过这些评估结果可以建立第二层级因素 C_i 基础评判矩阵。

4.5.2 第二层级模糊综合评判

第一层级 D_i 的二个评估子因素 C_i 的评判矩阵由上述计算可知：

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0.125 & 0.125 \\ 0 & 0.1875 & 0.5 \\ 0.175 & 0.5625 & 0.25 \\ 0.425 & 0.125 & 0.125 \\ 0.325 & 0 & 0 \\ 0.075 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad R_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.01875 & 0.0357 & 0.0625 \\ 0.225 & 0.51875 & 0.225 & 0.25 \\ 0.5 & 0.44375 & 0.3875 & 0.5625 \\ 0.275 & 0.01875 & 0.35 & 0.125 \end{bmatrix}$$

第二层级的风险评估因素的权重，按照表（4-5）的设置：

$$A_1 = \{0.7, 0.2, 0.1\}$$

$$A_2 = \{0.6, 0.1, 0.2, 0.1\}$$

进行第二层级的二个子因素的综合评判计算结果 D_i 如下：

$$B_1 = A_1 \bullet R_1 = \begin{pmatrix} 0.7 \\ 0.2 \\ 0.1 \end{pmatrix} \bullet \begin{pmatrix} 0 & 0.125 & 0.125 \\ 0 & 0.1875 & 0.5 \\ 0.175 & 0.5625 & 0.25 \\ 0.425 & 0.125 & 0.125 \\ 0.325 & 0 & 0 \\ 0.075 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.0375 \\ 0.0875 \\ 0.26 \\ 0.335 \\ 0.2275 \\ 0.0525 \end{pmatrix}$$

$$B_2 = A_2 \bullet R_2 = \begin{pmatrix} 0.6 \\ 0.1 \\ 0.2 \\ 0.1 \end{pmatrix} \bullet \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.01875 & 0.0357 & 0.0625 \\ 0.225 & 0.51875 & 0.225 & 0.25 \\ 0.5 & 0.44375 & 0.3875 & 0.5652 \\ 0.275 & 0.01875 & 0.35 & 0.125 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.015265 \\ 0.256875 \\ 0.478125 \\ 0.249375 \end{pmatrix}$$

4.5.3 第一层级模糊综合评判

由前述第二层级的评判结果可得第一层级 D_i 的基础评判矩阵作为最终项目终合评判矩阵。

$$R = \begin{bmatrix} 0.0375 & 0 \\ 0.0875 & 0 \\ 0.26 & 0.015265 \\ 0.335 & 0.256875 \\ 0.2275 & 0.478125 \\ 0.0525 & 0.249375 \end{bmatrix}$$

第一层级的风险评估因素权重 $A = \{0.2, 0.8\}$, 则项目的模糊综合评判计算结果如下:

$$B = A \bullet R = \begin{pmatrix} 0.2 \\ 0.8 \end{pmatrix} \bullet \begin{pmatrix} 0.0375 & 0 \\ 0.0875 & 0 \\ 0.26 & 0.015265 \\ 0.335 & 0.256875 \\ 0.2275 & 0.478125 \\ 0.0525 & 0.249375 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.0075 \\ 0.0175 \\ 0.06421 \\ 0.2725 \\ 0.428 \\ 0.21 \end{pmatrix}$$

4.5.4 模糊综合评价后的综合决策

根据表 (4-3) V_1 至 V_6 的风险评估结果设定的量表, 以上述评价对象综合评价结果作为 LNG 项目的风险状态概率, 计算 LNG GOLD MINE 黄金勘查风险的项目综合风险水平。

$$E = 0.0075 \times 0.7 + 0.0175 \times 0.6 + 0.06421 \times 0.5 + 0.2725 \times 0.4 + 0.428 \times 0.3 + 0.21 \times$$

$$0.2 = 0.3273$$

本项目风险评估综合评判结果水平为 32.73%，按本项目风险评估的风险水平设定，0.3273 位于低风险水平以下。所以 LNG GOLD MING 黄金地质勘查项目风险水平在低风险水平和较低风险水平之间，说明该项目的找矿成功风险很高达 67.3% 因而对该黄金地质勘查项目进行风险投资也是很可行的。该地质勘查项目于 2006 年按风险评估的水平，持续加大投入，确实于 2008 年找到了 30 吨黄金的储量的金矿。

结 论

本论文所研究的黄金地质勘查项目风险评估与实践,旨在抛砖引玉地在黄金地质勘查领域提出了具体的风险评估方法,并加以实证研究。本论文的主旨是将任何风险黄金地质勘查项目置于风险投资的概念之下,对所获得、或是在勘查、或是在谈判中的黄金地质勘查项目,就所掌握的地质信息,结合项目本身所在区域,详细分析项目的区域地质和矿床地质。综合八位以上了解本项目的专家意见,将归纳出影响找矿的关键地质因素,并根据其对所评价项目的勘查是否成功的影响程度,赋予不同的权重。三个关键层级因素,第一层级包括区域地质和矿床地质;第二层级包括地球化学、地球物理、卫星遥感、地质构造、容(赋)矿岩性、围岩蚀变、矿产特征;第三级在第二层级因素的基础上更加细化,归结出 15 个影响因素。在对所评价的地质勘查项目的风险程度根据风险偏好,设定六档风险程度量表。按保守的风险偏好估计,一般风险 50%程度以下均可接受。

至少八位黄金地质勘查专家结合项目的资料分析研判的结果,各自对影响黄金地质勘查项目成败的关键因素,进行风险分析和风险程度评价打分。在风险评分基础上和各评价(找矿)因素之间,按层级运用模糊映射关系建立模糊关系矩阵,再按照各关键影响因素所赋予的不同权重,计算获得模糊综合评价集。归一化处理后以综合评价结果作为项目风险状态概率,计算出最终的黄金地质勘查项目的综合评价风险水平。最终按风险偏好做出对地质勘查项目是投资或放弃的决策。本论文率先在黄金地质勘查领域里进行了实证研究,所选 LNG GOLD MINE 地质勘查项目案例综合风险评估对果为 32.73%,远低于 50%的一般风险水平即作者所容忍的风险范围,是一个很有前景值得加大风险投资的黄金地质勘查项目。

本论文所研究的模糊风险综合评价方法在黄金地质勘查项目普查阶段的应用,是成功且可行的。这种风险评估的结果可以用以指导黄金地质勘查项目的风险程度,对普查阶段的黄金地质勘查项目是否要继续勘查、或是否要买卖提供决策指导。但是在具体应用此法时,必须要注意因项目的不同,将影响勘查结果的关键因素及其对项目影响程度权重作适当的调整。

致 谢

本论文是在西南交通大学余江副教授的悉心指导下完成的，余教授在百忙中抽出宝贵的时间指导我的论文写作，从论文的题目、结构、内容都给予精心指导。余教授丰富的知识积淀、严谨务实的治学态度和平易近人、诲人不倦的风范，永远是我学习的榜样，也将激励我在以后工作的道路上精益求精，获得新的进步，在此对余教授表示最诚挚的谢意。

我也要向西南交大经管学院的各位老师致以深深的谢意，他们针对 MBA 的教学特点，在作好理论教学的同时更注重实际操作，收集了大量对实践工作有指导意义的优秀案例与我们分享，使我这种二次走入课堂的学子受益匪浅。

我要感谢 MBA 办公室的所有老师们，为我顺利完成学业提供了坚强的后勤保障和热情友好的帮助。

我还要感谢我在以前澳华黄金西南开发区以及贵州锦丰公司工作期间的同事们，尤其是苏平总经理和地质专业的同事们如陈文斌、秦运忠、何彦南。你们在地质专业知识方面给予我强有力的支持，才使得本论文顺利完成。

最后感谢我的家人和我的朋友，给予我精神上的鼓励和经济上的帮助，让我得以顺利完成学业和论文的写作。
