



广东大宝山矿床 喷气——沉积成因 地质地球化学特征

葛朝华 韩 发 著



● 北京科学技术出版社 ●

前 言

大宝山矿床是我国著名多金属矿床之一，其中铁、铜、铅、锌均达大型规模，此外还有可供工业利用的硫、钨、钼等元素。据载，唐宋时期古人即在此开采。解放后，于1956年开展普查、初步评价工作，1958年至1960年进行勘探。与此同时，开展了大量综合研究工作。1978年至1979年，对铁矿进行生产勘探时，扩大了储量并发现原生菱铁矿矿体和火山岩。近年来，许多院校和研究单位，对大宝山矿床开展了专题研究工作。该矿床被国家列为开发矿山，现正大规模开采铁矿，小规模采铜。

在粤北地区，自50年代发现大宝山和凡口两大矿床以来，至今在寻找多金属矿床方面无所突破，这无疑与某些传统观念对人们的束缚有关。近年来，新的成矿理论，特别是“层控”理论研究获得了迅速发展，并且已在找矿勘探中发挥巨大作用。因此，广大生产单位期待着对这两个“独生”矿床重新深入研究，以便开阔在该区找矿的思路，搭起通向探索未知矿床产地的桥梁。正是基于这个目的，在生产单位的建议下，我们于1981年10月选择了“大宝山矿床地质地球化学特征研究”课题，次年初纳入国家重点攻关研究项目“南岭地区有色、稀有金属矿床的控矿条件、成矿机理、分布规律及成矿预测的研究”中。本书即是该项目中的一个课题研究成果。

研究过程中，首先我们遵循“矿石即岩石”的思想，充分认识到矿石不是以偶然的机会进入到围岩中去的，而是整个地质环境发展的产物。通过大量的工作，我们确定了矿区内的“英安斑岩”为泥盆纪海相火山岩，并建立了该矿床的含矿火山—沉积岩层序。其次，在研究方法上，我们重视了宏观和微观研究的结合，因而使我们幸运地在矿床的各矿带原生黄铁矿中首次发现了十分特征的呈被包裹状态的微生物化石。这一新的事实的发现，真“要比成打的假设更为有用”，它严肃地表明了本矿床是在有生物参与的环境下沉积形成的。另外，我们坚持用“变”的观点去观察和认识现有的地质现象，在详细研究了原生矿石类型的基础上，指出“斑杂状”矿石是原生热液沉积矿石遭到后期蚀变的结果，不是“生来就是这个样子”，为解决本矿床乃至本类矿床的成因提供了最基本的地质事实。

总之，三年来我们对该矿床进行了大量宏观和微观研究，取得了丰富的实际资料，在成矿地质条件和岩、矿石本身研究等许多方面，都有新的重要发现和进展。在查清该矿床的基本特征基础上，笔者探讨了矿床的海底热液沉积成因模式，指出了进一步找矿的一系列地质地球化学标志和找矿远景区。

本项研究是在前人大量工作基础上进行的。研究过程中，得到大宝山矿地测科、北京大学地质系同位素室、地质矿产部第九实验室、岩矿测试研究所、地质研究所同位素测试室，以及中国地质科学院矿床地质研究所有关室、组的大力支持。宋叔和、裴荣富、郑直、赖应钱、邱世强、芮宗瑶等审阅了此稿，并提出了宝贵的修改意见，在此一并致谢。

目 录

第一章 区域地质构造背景.....	(1)
第二章 含矿建造及火山岩.....	(4)
第一节 矿区地质简况.....	(4)
第二节 含矿火山—沉积岩层序.....	(6)
第三节 含矿层序中的主要岩石类型及其岩石学特征.....	(9)
第四节 含矿层序中各类岩石主元素化学组成特征.....	(13)
第五节 含矿层序中岩(矿)石的稀土元素组成特征.....	(17)
第六节 “不活动组分”的组成特征.....	(27)
第七节 其它微量元素组成特征.....	(33)
第八节 英安岩的同位素地质年龄.....	(37)
第三章 矿床地质—地球化学特征.....	(39)
第一节 矿体产状及规模.....	(39)
第二节 主要原生矿石类型及矿石结构构造特征.....	(41)
第三节 黄铁矿中的微生物化石.....	(45)
第四节 斑杂状矿石的成因.....	(46)
第五节 矿石矿物及其物质组分.....	(48)
第六节 主要金属硫化物微量元素组成特征.....	(56)
第四章 蚀变.....	(68)
第一节 成矿前的蚀变岩石类型.....	(68)
第二节 成矿前的蚀变作用.....	(69)
第三节 成矿后的蚀变.....	(79)
第五章 稳定同位素地球化学研究.....	(81)
第一节 硫同位素研究.....	(81)
第二节 铅同位素研究.....	(84)
第三节 氧、碳同位素研究.....	(86)
第六章 成矿机制及找矿标志.....	(91)
第一节 大宝山矿床形成的地质环境.....	(91)
第二节 矿床金属分带.....	(92)
第三节 矿石形成温度及成矿海盆地海水深度.....	(94)
第四节 矿床成因模式.....	(96)
第五节 找矿标志及远景.....	(98)
参考文献.....	(100)
外文摘要.....	(103)
图版说明及图版.....	(105)

第一章 区域地质构造背景

大宝山铁、多金属矿床位于粤北多金属硫化物—硫铁矿成矿区中。该成矿区位于华南褶皱系桂湘粤拗陷带东侧，粤中海西拗陷带北段。成矿区南界为郁南—佛冈—九连隆起带，西侧为粤西加里东褶皱隆起带北端的连阳隆起。该区震旦纪至寒武纪为沉降区，接受巨厚的类复理石建造沉积，奥陶纪起海域开始缩小，直至下泥盆世，区内大部分可能为隆起。中泥盆世又开始下陷，海浸重又开始并逐渐扩大，直到中三叠世本区为一较稳定的拗陷。晚三叠世以后区内全面隆起。

该成矿区位于基底构造活动部位，正好处于莫氏面等深线由东西向转为南北向的转弯处，北东向的基底深断裂带通过本区中央，两条东西向深断裂带横贯全区。此外，还有北西向和北东向两组大断裂分布于全区。区内主要大、中型矿床均分布在深断裂带上或其附近。除大宝山矿床外，区内分布的大、中型矿床还有仁化凡口铅锌矿床、连平大尖山铅锌矿床、乐昌杨柳塘铅锌矿床、连平锯板坑多金属矿床，以及英德梨树下、沙口、井冲角、马口、锦谭硫铁矿矿床，乐昌西岗寨硫铁矿矿床等（图1）。

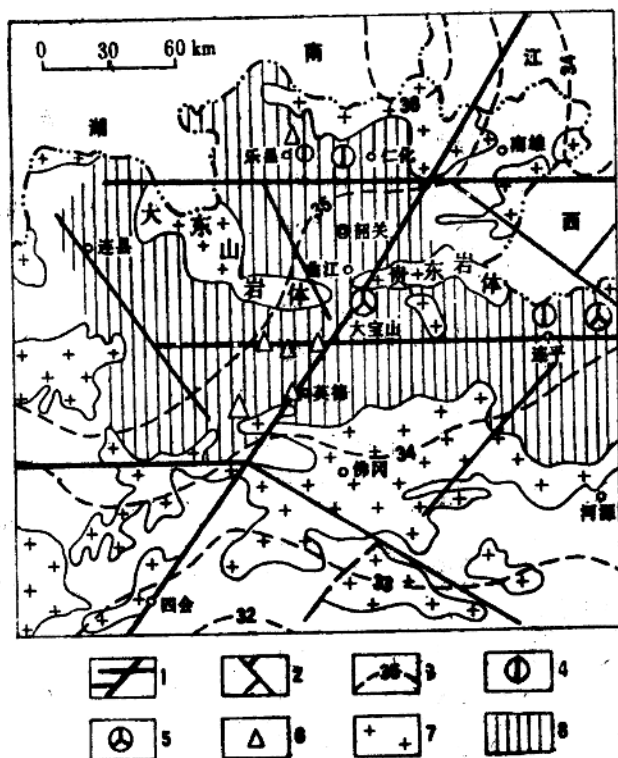


图1 粤北多金属—硫铁矿成矿区构造系统及矿床分布图
Geological map showing the fracture system and Moho-isobath and distribution of deposits in polymetallic-sulfur mineralization area of northern Guangdong
1—基底深断裂带 2—大断裂带 3—莫氏面等深线 (km) 4—铅锌矿床 5—多金属矿床 6—硫铁矿矿床
7—花岗岩 8—成矿区范围

表1 成矿区区域地层简表

Stratigraphic sequence of the minerogenetic region

界	系	统	组	岩性、建造特征
新生界	略			
中生界	略			略
	侏罗系	下统	金鸡组	砂泥质碎屑岩建造。>1000m
	三叠系	上统	良口群	碳酸盐岩—碎屑岩建造，顶部为含煤碎屑岩
		中统	黄岔群	建造。>1000m
		下统	大冶组	
古生界	二叠系	上统	长兴组	碳酸盐岩—碎屑岩、含煤碎屑岩建造。200~
			吴家坪组	800m
		下统	茅口组	碳酸盐岩建造。350~1200m
			栖霞组	
	石炭系	上统	壶天群	
		中统		
		下统	梓门桥组	碳酸盐岩—碎屑岩、夹含煤碎屑岩建造。
			测水组	500~800m
			石炭子组	
			刘家塘组	
			孟公坳组	
			帽子峰组	
		上统	天子岭组	碳酸盐岩夹碎屑岩建造。600m
		中统	棋子桥组	
		下统	桂头群	碎屑岩建造。>1000m
	志留系			
	奥陶系	上统	龙头寨群	笔石页岩建造。>1000m
		中统	长坑水组	
		下统	下黄坑组	
			新厂组	
	寒武系		八村群	类复理石建造。>2000m
元古界	前寒武系			类复理石建造。>5000m

区内出露的地层以上古生界最为发育，较老的地层仅见有震旦系和寒武系零星出露。地层简要特征归纳于表 1 中。

区内燕山期岩浆活动强烈，表现为大面积的花岗岩侵入，出露的大型岩体有北部的诸广山岩体，南部的佛冈岩体，中间近东西向分布的大东山—贵东岩体，中小型岩体为数众多。此外，最近研究表明，该区上古生代有一定规模的中酸性—基性火山活动，主要表现为英安岩的喷发，大宝山多金属矿床的形成与之关系密切。

第二章 含矿建造及火山岩

第一节 矿区地质简况

大宝山矿床位于粤北成矿带中心部位，北东向基底深断裂带上，大东山花岗岩体南侧（见图1）。矿床呈北北西—南南东向展布，延伸达三公里。矿床北西端及西侧紧邻九曲岭—大宝山英安岩体，南端为徐屋英安岩体，东北侧出露有丘坝英安岩体，它们构成断续的环形围绕矿床分布。地表出露为褐铁矿铁帽，构成一独立的大型铁矿床，多金属硫化物矿体隐伏于铁帽之下。矿区西侧附近船肚花岗岩体（亦为斑岩型钨钼矿床）与之毗邻（图2）。

矿区内主要构造线方向为北西—北北西向及北东—北东东向两组，前者由并列的向斜褶皱和走向断层组成，构成矾洞复向斜，其中由西向东主要断裂有大宝山断裂带、矾洞—槽对坑断层、笠帽岭断层。褶皱构造主要有大宝山向斜，方山—麻斜坳背斜和槽对坑向斜。矿床

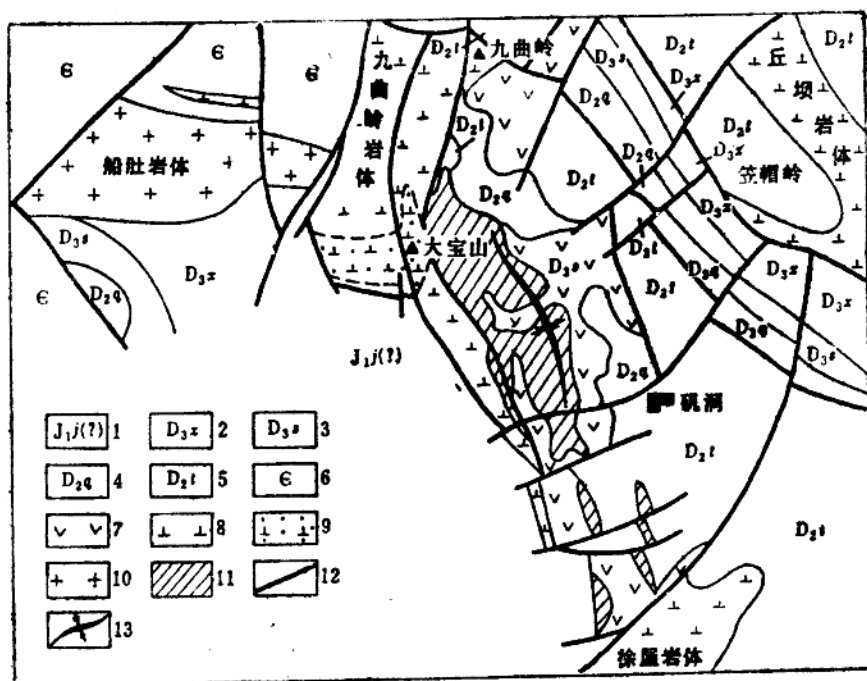


图2 大宝山矿床地质图(据广东省冶金地质勘探公司九三七队图件修编)

Geological map of the Dabaoshan ore deposit, Guangdong

1—下侏罗统金鸡组 2—上泥盆统锡矿山组 3—上泥盆统余田桥组 4—中泥盆统棋桥组 5—中泥盆统跳马洞组
6—寒武系八村群 7—中基性火山岩 8—英安岩 9—蚀变英安岩 10—花岗岩 11—铁帽 12—断层线 13—向斜轴

产于大宝山向斜中，该向斜向南翘起，向北倾伏，向斜内部主要由棋桥组和余田桥组构成。北东和北东东向构造主要由一组近于平行的横断层组成。

矿区内出露地层以中、上泥盆统为主，仅在西北部及西部见有寒武系和侏罗系。对区内泥盆系地层的划分目前尚不尽统一，笔者没有对此进行专门研究，本文采用大宝山矿山地质科的划分意见（表2），并按从新到老的顺序简述如后。

表2 大宝山矿区地层简表
Stratigraphic sequence of the Dabaoshan ore field

界	系	统	组	岩 性 特 征	备 注
中生界	侏罗系	下 统	金鸡组 (J _{1j})	石英砂岩、页岩，厚360m	
上 古 生 界	泥 盆 系	上 统	锡矿山组 (D _{3x})	上部为页岩，下部为灰岩，360m	原帽子峰组和天子岭组
			余田桥组 (D _{3s})	钙质页岩，100~128m。矿带中为菱铁矿、黄铁矿-火山岩组合	原东岗岭组上亚组
		中 统	棋子桥组 (D _{2q})	灰岩、白云质灰岩，60~225m。矿带中为含金属硫化物矿体的火山-沉积岩组合。	原东岗岭组下亚组
			跳马涧组 (D _{2t})	轻微变质的砾岩、砂岩、粉砂岩、页岩等，700余米	原桂头群
下古生界	寒武系		八村群 (εbc)	海相碎屑岩，出露厚度约380m	

(1) 侏罗系地层见于大宝山英安岩西侧，地层出露不全，不见上界。主要由细-中粒石英砂岩、粉砂质页岩、绢云母页岩等组成。石英砂岩中石英碎屑占85~95%，粒径0.1~0.5mm，呈半滚圆状或棱角状。

(2) 上泥盆统锡矿山组地层仅见于矿区东部的向斜轴部，其岩性上部以钙质页岩、砂质页岩为主，下部以灰岩、泥质灰岩为主。

(3) 上泥盆统余田桥组亦见于向斜轴部，矿带中的岩性与外围差异甚大。外围以含化石丰富的钙质砂岩、粉砂岩、页岩为特征，而矿带则以含菱铁矿和黄铁矿矿体的火山岩为主。

(4) 中泥盆统棋子桥组地层在矿区中分布比较广泛。岩性下部为泥质灰岩、炭泥质灰岩，夹钙质页岩；向上泥质成分减少，过渡为微晶灰岩，含珊瑚化石。矿带中相当该层位的岩石与之相比有较大差异。详见后述。

(5) 中泥盆统跳马涧组地层在矿区内分布最为广泛，但仅见该组上部层位的岩石（上亚组）。本亚组下部岩性以厚层状中-细粒砂岩为主，岩石灰至灰白色，致密块状，层理不显。岩石中含石英碎屑（包括少量硅质岩碎屑）达95~98%，形态各异，粒度0.1~0.5mm，变余砂状结构。其中夹粉砂质绢云母页岩，由90~95%的绢云母组成，石英碎屑仅5%左右，具棱角状，粒径0.01~0.1mm，显微鳞片变晶结构。该亚组上部为层状粉砂质绢云母页岩、石英砂岩、长石石英砂岩等互层，岩性特点与下部岩石相近。

(6) 寒武系地层仅见于矿区西北部边缘，由变质砂岩、粉砂岩、粉砂质页岩、绢云母页岩、炭质泥质页岩等组成。岩石层理发育，具地槽型的复理石沉积特征。其中石英砂岩含石英碎屑50~55%，多为尖棱角状，粒径0.05~0.1mm，变余砂状结构。粉砂岩和绢云母页岩主要由绢云母组成，含5%左右的棱角状石英碎屑，碎屑粒径0.05~0.1mm，岩石呈显微鳞片变晶结构。

矿区内火成活动以泥盆纪火山喷发为主。中泥盆世喷发英安岩环绕矿床四周分布，除熔岩喷溢外，在含矿带的棋子桥组中尚广泛分布英安岩质凝灰岩及凝灰质页岩。上泥盆世中基

性火山岩大面积覆盖于硫化物矿床之上。

矿床顶部铁帽发育，呈北北西向延展，长达三公里以上，出露面积近一平方公里，厚度数十米，已构成可供工业开采的独立大型铁矿床。

第二节 含矿火山—沉积岩层序

关于大宝山矿床在地层剖面中的位置及其含矿建造的性质，随着近年来对该矿床研究工作的不断深入而日趋明了。早期的研究认为，矿床赋存于下、中泥盆统碳酸盐岩—碎屑岩建造中，矿体主要是由矿液交代其中东岗岭组下部的碳酸盐岩而成的，成因与所谓的大宝山花岗闪长斑岩有关^①。近年来，不少研究者对矿区泥盆系地层重新进行划分对比研究，并指出在含矿层上部（原东岗岭组上亚组）有泥盆纪火山岩存在，并以此认为该矿床属与海底火山喷发有关的层状矿床。也有人将上部的火山岩归属于上白垩统，不整合覆盖于泥盆系之上。总的来说，尽管提出了各种各样的新见解，但对含矿建造本身均未作详细的研究。

层控矿床成矿理论的发展和长期的地质实践，使人们充分认识到矿石不是偶然进入到围岩中去的，矿石只不过是整个含矿建造形成过程中一定阶段的产物。因而矿石成因和岩石成因是紧密不可分的。它促使矿床学家们不仅仅只是去研究矿石本身，还必须扩大自己的研究视野。必须重视含矿建造特征的研究，因为它是矿床形成地质环境的见证。正是基于这个原

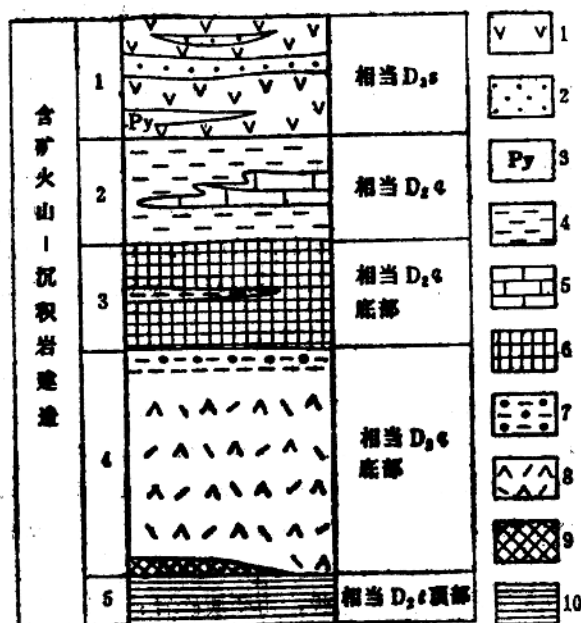


图3 大宝山矿床含矿火山—沉积岩建造剖面

Section of ore-bearing volcanic-sedimentary formation of the
Dabaoshan ore deposit

- 1—中基性火山岩 2—菱铁矿层 3—黄铁矿层 4—变凝灰岩、页岩 5—大理岩 6—贱金属硫化物矿体
7—硅化岩带 8—英安岩 9—角砾状硫化物矿带 10—底部页岩

① 地质部大宝山综合地质普查队，1960年资料。

因,作者自1982年开展本课题研究以来,对现存50多个钻孔岩心进行了系统观察和室内综合研究,并充分参考了前人的研究成果,认为该矿床赋存于中、上泥盆统火山岩—沉积岩建造中。含矿层序自上而下可进一步划分为五个组合(图3)。

1. 层状菱铁矿、黄铁矿—中基性火山岩组合

该组合相当于上泥盆统余田桥组,厚度100m左右,其上未见直接接触的上泥盆统锡矿山组顶板地层。该组岩(矿)石几乎全部处于风化界面之上,故现所见之均属强烈风化产物,尚可恢复的岩(矿)石类型有辉绿岩、安山—玄武岩、热液沉积成因的石英钾长石绿泥片岩、块状石英黄铁矿及石英菱铁矿等。它们互层状产出,其中黄铁矿层主要集中于下部,热液沉积岩作为菱铁矿层的直接围岩产出。以往的研究认为该组岩性以粉砂岩和页岩为主,但从大量的岩心和地表露头观察研究来看,既然内生成因的岩石在强烈风化作用下尚有部分保留,那么外生成因的砂页岩应更易保留下来。而事实却相反,很少能够找到它们。实际上,那些貌似粉砂岩、页岩(有人称含锰层)的风化产物中,几乎都不含石英碎屑,完全由风化的疏松粘土矿物组成,有的含锰较高,这与仍残留原生结构的基性火山岩风化产物成分一致,只是遭受风化强度不同而已。

此外,该组合内尚可见脉状小型铅锌矿体,它们与层状黄铁矿、菱铁矿一起构成本矿床的上部矿带。

2. 变凝灰岩、页岩—大理岩组合

相当于棋子桥组,厚约60~100m,与矿带外围的灰岩层位相当。主要岩石类型有变英安质凝灰岩、页岩和石英方解石大理岩。局部地段可见小型硫化物矿体。

3. 贱金属硫化物主矿带

相当于棋子桥组底部,英安岩之上,厚数十米至百余米。主要由块状、条带状黄铁矿、磁黄铁矿及多金属硫化物矿石组成,夹层有页岩、变凝灰岩、热液沉积岩等。

4. 蚀变英安岩

位于主矿体之下,厚度一般大于100m,主要由绢云母化英安岩、绢云母化钾长石化英安岩组成。在大宝山山峰周围,英安岩蚀变更为强烈,可能为一蚀变岩筒,伴随有网脉状钼钨矿化。蚀变英安岩顶部硅化强烈,形成一石英岩化壳,并遭到强烈的破碎。

5. 底部页岩

相当于跳马涧组顶部,由于钻探深度浅,没有打穿底界,因而厚度不详。主要由页岩和次硬砂岩组成,它们呈互层状,该组合内含较多的玄武岩岩脉,顶部与英安岩接触处有一层角砾状黄铁矿—铅锌矿层,被称为下部矿带,其成因具有特殊的意义。

上述含矿层序的建立,是以大量钻孔岩心观察研究资料和对地质勘探剖面的综合分析为依据的。含矿层序中各岩(矿)石组合在地质剖面中的位置参见图4、5。

针对以往的研究成果,我们认为在此有两个问题有必要着重加以说明。

① 关于主矿体的直接底板岩石归宿问题。在矿带范围内的主矿体之下,英安岩之上断续分布着一层厚10~20m的富硅质的岩石(现属第三、四组合的过渡地段),以往把它们划定为桂头组(现改为跳马涧组)石英砂岩。通过我们的仔细研究,这套由石英岩和石英钾长石绢云母岩组成的该组岩石成因复杂,与矿带外围跳马涧组石英砂岩相比,它们没有鲜明的正常沉积岩的组构特征,其中的石英岩至少有两种,一种是英安岩的硅化岩,它们直接产于英安岩的顶部,岩石中常可见到残留的石英绢云母岩(即蚀变英安岩),岩石本身全然不见沉积岩的结

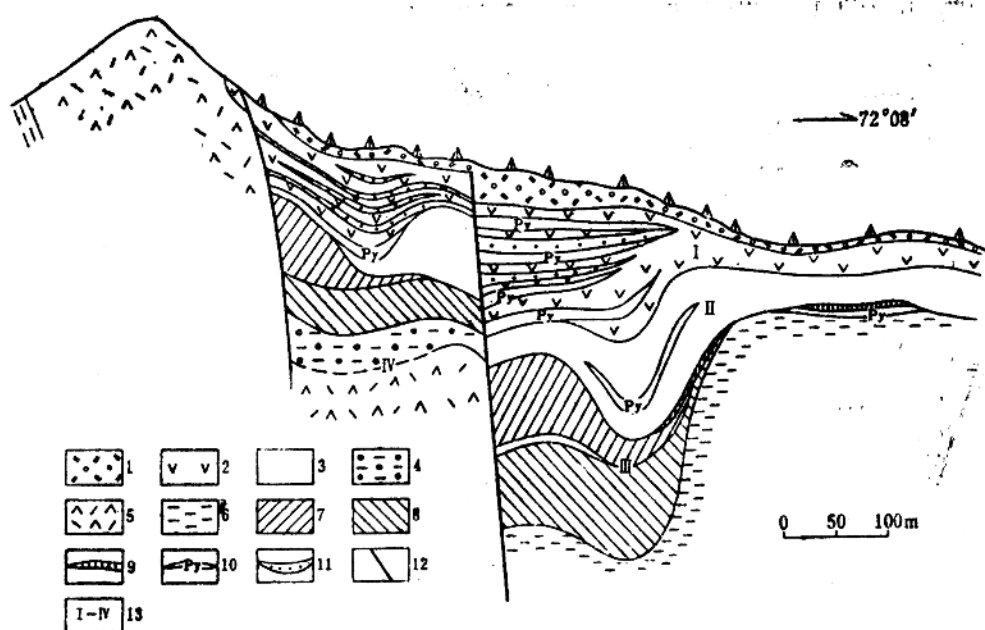


图4 大宝山矿床27勘探线剖面简图(据广东省冶金地质勘探公司九三七队图件修编)

Geological section along profile No. 27, Dabaoshan ore deposit

- 1—坡积褐铁矿 2—风化中性基性火山岩、页岩 3—变凝灰岩、页岩、大理岩 4—硅化英安岩、热液沉积岩
5—英安岩 6—页岩、次硬砂岩 7—Cu—磁黄铁矿矿体 8—Cu—黄铁矿矿体 9—铅锌矿体 10—黄铁矿层
11—菱铁矿层及热液沉积岩 12—断层 13—含矿层序岩(矿)石组合编号

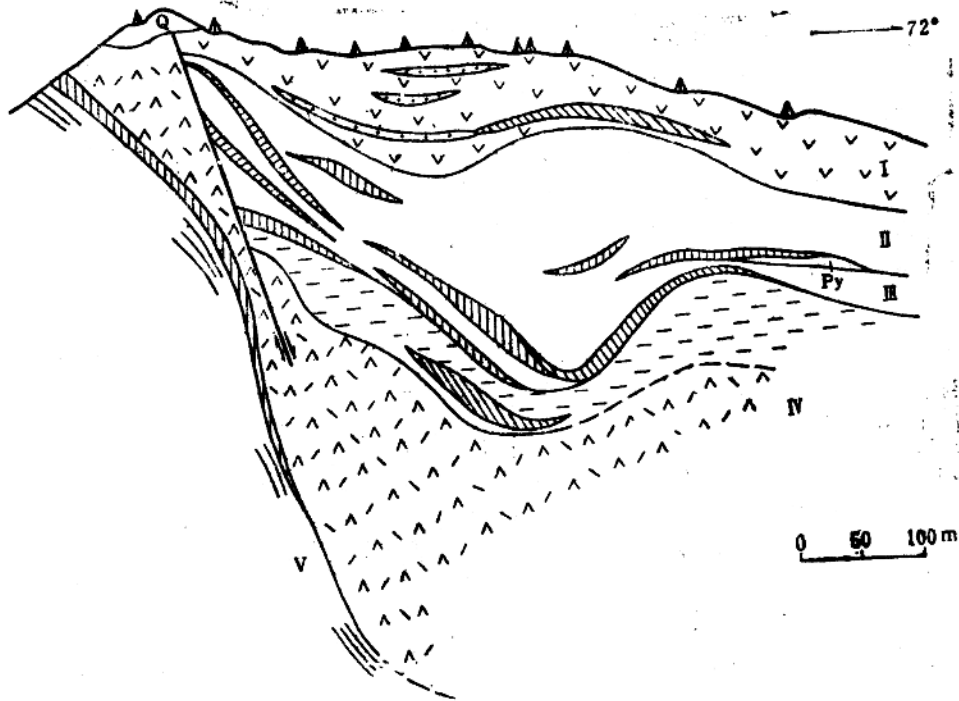


图5 大宝山矿床8勘探线剖面简图(据广东省冶金地质勘探公司九三七队图件修编)(图例同图4)

Geological section along profile No. 8, Dabaoshan ore deposit

构造特征,岩石的稀土元素组成型式和其它微量元素组成特点均与英安岩相近。另一种石英岩以及石英钾长石绢云母岩除无明显的正常沉积岩组构特征外,其稀土元素组成型式和微量元素特点类似热液沉积岩(详见后述)。可见,此段岩石不能归属于跳马涧组的正常沉积岩,而是英安岩喷发后成矿前的间歇期与喷气活动有关的产物。

② 关于英安岩底板岩石的归宿问题。在以往的地质勘探剖面图中,把矿区北西侧穿过英安岩而见到的一套似砂板岩的岩石,定为侏罗系砂岩。我们在研究含矿剖面时,对此产生了较大的疑问。首先,如果它们确属侏罗系地层,那么必定在侏罗纪之后有一个相当大的逆冲断裂构造发生,使得中泥盆统地层被逆掩于侏罗系地层之上,这在区域上是不复存在的,况且所谓侏罗系地层的产状与其上覆中、上泥盆统地层一致,应属同一构造层的产物。其次,在这套地层与上覆英安岩之间从7勘探线到8线近千米范围内均见到一层角砾状多金属硫化物矿层,这种矿石见于许多喷气成因的贱金属硫化物矿床中,并以此作为同生成因的典型地质证据,这也足以证实矿层底板不可能是侏罗系地层。再次,英安岩本身属泥盆纪火山岩(有岩石学及同位素地质年龄为依据),除非与底板岩石为断层接触(实际上不是),否则的话它的底板岩石不可能为侏罗系地层。另外从区域上看,与之成因一致的丘坝、徐屋、白门楼、凉桥等英安岩均严格产于中泥盆统跳马涧组地层中,均未与侏罗系地层接触。最后,为查明该段地层的时代,我们取了五件孢粉样进行分析鉴定,结果未发现任何时代的孢子分子。与跳马涧组未发现化石是相一致的。在一般情况下,如果是属侏罗系沉积地层的话,应该出现指征该时代的孢子分子。

综上所述,我们认为矿带范围内英安岩的底板岩层不是侏罗系地层,而是大宝山中、上泥盆世含矿火山—沉积岩层序的一部分,应归属于中泥盆统跳马涧组。

第三节 含矿层序中的主要岩石类型及其岩石学特征

从区域地质构造演化看,粤北地区上古生代为一较稳定的沉降区,沉积物以碳酸盐岩—碎屑岩建造为主。但由于受到深部构造的控制和影响,局部地段会展现出明显的特殊性,不能认为处处都应该一模一样。这正如世界上其它同类矿床一样,赋矿的三级构造盆地中,无论从岩浆活动还是沉积建造上讲,都与外围存在较大的差异性。如前所述,大宝山矿床产出部位正好处于深断裂带上,表现出的突出特点是含矿层序中火山活动产物发育。现将含矿层序中的主要岩石类型及其岩石特征分述如下:

1. 火山岩

大宝山矿区火山岩的存在,是七十年代以来才提出的,正式见刊于1981年。其实早在五十年代末在对该矿床的勘探和综合地质研究过程中,就明确指出过英安岩具有一系列的火山岩特征,只是由于当时某些认识上的局限性而忽视了这一客观存在的事实,从而把它们定为浅成侵入体,自然也就忽视了对其它一系列火山活动产物的正确认识。近年来,在层控矿床成矿理论及其研究思想的影响下,许多研究者在对大宝山矿床的重新研究过程中,抛开了以往的种种偏见,除找到了矿石本身的某些同生成因证据外,重视并加强了对赋矿围岩的研究,现在比较一致地认为含矿层序中存在火山岩已是一个不容置疑的事实。

① 英安岩:大宝山喷发英安岩是大宝山、徐屋、丘坝环形英安岩体的一个组成部分,它的产状近南北向分布,长约3000m,宽100~500m,以大宝山山峰为转折点,以北呈北北东

向分布,以南逐渐变为北北西向(见图2)。岩体向东倾,倾角 $60^{\circ}\sim 65^{\circ}$,深部变缓,与地层产状基本一致。

岩石为灰色—灰白色,斑状构造,斑晶主要为石英和斜长石,石英斑晶呈溶蚀状或双锥状,具典型的溶蚀港湾状结构,颗粒度一般为 $0.5\sim 1\text{mm}$,最大达 5mm ,普遍具压碎现象和波状消光,乃至糜棱化。长石斑晶自形到半自形晶结构,卡氏双晶及聚片双晶发育,最大晶体可达 $4\times 7\text{mm}$,几乎所有斑晶长石均遭受不同程度的绢云母化。长石斑晶的成分经电子探针分析。含 Na_2O $5.99\sim 6.07\%$, CaO $9.41\sim 9.52\%$, K_2O $0.31\sim 0.32\%$, Al_2O_3 $27.06\sim 27.26\%$, SiO_2 $56.84\sim 57.22\%$ 。经计算,其分子式含钾长石分子 2% ,钙长石分子 $45\sim 46\%$,属中长石。岩石中斑晶总含量一般为 $30\sim 40\%$,最多可达 60% ,其中斜长石多于石英,基质呈潜晶结构或显微霏细结构,主要由石英、钾长石、斜长石组成。副矿物以含锆石、磷灰石为特征。锆石晶形复杂,多无色,其次为淡棕色,粒度很细,多数为 $0.05\sim 0.1\text{mm}$ 。

岩石具原生流动构造(流层、流线),其产状与岩体分布方向、岩体与围岩接触面产状一致。斑晶矿物周围呈现流纹状构造(图版照片1)。此外,大部分英安岩标本中均可见长石、石英晶屑,有时尚可见岩屑。岩石次生节理发育,局部地段受动力作用影响产生片理化,甚至变为石英绢云母片岩,此时斑晶石英被挤压成眼球状或长条状。英安岩普遍遭受后期蚀变,主要有绢云母化、钾长石化、硅化等,致使在矿区范围内找不到一块未受蚀变的新鲜岩石标本。

确定大宝山英安岩为火山岩的证据,除其产状和岩石学特征外,还有在英安岩体内及其与底板页岩接触处都见同生角砾状多金属硫化物矿石产出,矿石中的角砾黄铁矿晶体中发现有微生物化石,与主矿带中的同生黄铁矿矿石特征一致。由此可见,该英安岩体既不是侵入岩,也不是一次喷发的结果。但由于岩心保存不全,无法进行剖面对比,以及岩石多已蚀变等因素,影响了对它进行更深入的研究。确定大宝山英安岩为火山岩的另一重要依据,是它本身具有与顶板围岩大致相当或稍老一些的同位素地质年龄(详见后述)。最后还有它的顶部和底部都伴有凝灰岩。

在此尚需指出,前人都把英安岩体中部大宝山山峰周围一块强烈蚀变的岩石定为燕山晚期的花岗闪长斑岩侵入体,并作为本矿床的成矿母岩看待。我们的研究结果认为,无论从其产状、岩石本身特征以及矿床的成因联系上,都表明该“侵入体”是不存在的。从其产状看,在开采铁矿所剥离的露头剖面上已把它与英安岩之间的关系揭露得一清二楚,从而消除了许多推测和想象的因素。可以看出,它们之间不但不存在什么侵入接触界线,就连两者的分界线也难以划定,只是由于蚀变程度的不同而显示出在“花岗闪长斑岩”一侧岩石蚀变更强烈、破碎,遍布含黄铁石英脉和辉钼矿黄铁石英脉,局部地段有粒度变粗的现象而已。显微镜下岩石薄片观察,二者极为相似,在“花岗闪长斑岩”中同样具有斑状结构,斑晶石英亦为溶蚀状或双锥状,溶蚀的港湾状结构发育,粒度 $2.5\sim 5\text{mm}$,表面裂纹纵横,次生气液包体发育,沿网状裂痕分布;长石斑晶粘土化、绢云母化,一般为 $1.5\times 0.7\text{mm}$ 的板状,有时可见黑云母。基质部分粒度变粗,由 $0.15\sim 0.5\text{mm}$ 的石英、钾长石、绢云母组成,呈现花岗变晶结构(照片2),但在其中常可见到粘土化的火山霏细状物质残留物。“花岗闪长斑岩”的化学成分变化较大,但总的特征与英安岩相近,尤其是稀土元素组成型式和其它痕量元素组成特点更能反映出它们的相似性。

综上所述,以往被称作的花岗闪长斑岩侵入体实为热液蚀变的产物——蚀变英安岩筒,

② 变英安质凝灰岩：变凝灰岩是含矿层序中分布较为广泛的一种岩石，主要见于英安岩的顶、底边部和棋子桥组中。岩石为致密块状，灰白至灰绿色，有些具粉色色调（黑云母化所致）。主要由微晶石英、绢云母（或是黑云母）组成，一般还含5~30%的碎屑状石英，它们的形态各异，大小变化很大，多数为0.1~0.5mm的不规则棱角状，有时可见少量粒径大于1mm并具溶蚀特征的石英斑晶以及轮廓模糊的斜长石晶屑残留（图版照片3、4）。岩石本身除遭受强烈的绢云母化外，普遍含有2~5%的星散状黄铁矿。产于含矿层序第二组合中的变凝灰岩均遭受强烈的碳酸盐化，使岩石变为矿物粒度很细（0.01~0.03mm）的方解石、石英、绢云母岩，偶见较大石英颗粒也不超过0.5mm。该类岩石仅靠其结构构造及矿物特征实难辨认，只有依靠它们的稀土元素和“不活动组分”的组成特征来加以鉴别。

总体看来，英安岩与英安质晶屑凝灰岩之间没有严格的界限，前者含斑晶多并且个体大而晶屑少，后者以晶屑为主，含斑晶少且个体小，直到完全不含斑晶矿物。

③ 次闪石辉绿岩：主要分布于棋子桥组及余田桥组中，多为似层状产出。由于岩石本身遭受较强的蚀变或风化，加之岩心保留不全，所以无法在剖面图中圈定其准确产状，仅根据呈似层状产出及其蚀变和矿化特征推测可能为泥盆纪古相火山岩。个别较新鲜的标本呈黑绿色，块状构造，全晶质似斑状结构，嵌晶含长结构（图版照片5），主要组成矿物为纤闪石和拉长石，个别情况下可见含钛普通辉石残体。拉长石含钙长石分子60%左右，板条状，双晶发育，粒度为 $1 \times 0.3\text{mm} \sim 0.4 \times 0.05\text{mm}$ ，含量40~60%左右；纤闪石结晶粗大，粒径1.5~2.5mm，含量40~60%左右；副矿物主要为钛铁矿（多已变成白钛石）和磷灰石。岩石除普遍次闪石化外，还受绢云母化和碳酸盐化，蚀变强烈者原岩结构及矿物组合全部消失，形成新的交代集合体——方解石绿泥绢云母岩。

广泛分布于余田桥组中的辉绿岩都遭受了强烈的风化淋滤作用，变成以高岭石为主的白色疏松块体，常被铁、锰质染成褐、紫、黑等颜色，形成杂色土状物。这些风化产物近年来被人们统称为杂色凝灰岩或含锰沉积层。我们在对其薄片研究过程中，经常可以找到残余的辉绿结构（照片6），它们由高岭土化的板状斜长石和透闪石、绿云母组成。再根据这些岩石均不含石英，化学分析含 SiO_2 45%左右等特点，不难恢复其原岩为辉绿岩。

④ 安山—玄武岩类：只见于余田桥组，岩石遭受强烈的蚀变和风化淋滤作用。岩石标本呈灰绿色，疏松块状，薄片下观察可见残余斑状结构，杏仁构造等（照片7），主要由高岭石化斜长石、绿泥石、透闪石等组成，基质部分由于粘土化及绿泥石化使硅质析出，形成穿孔状散布的粒状石英。此种石英多为柱面发育的锥体，横截面呈六边形或浑圆形，其中包裹体发育，含量可达5~10%。岩石标本中有时可见到岩屑。岩石化学成分含 SiO_2 50%左右。有些研究者把此种岩石归为安山岩—安山凝灰岩，其依据是含有近10%的石英，并认为它们是晶屑。我们考虑了此种石英的非晶屑成因及岩石中 SiO_2 的总含量、残余杏仁构造发育等特点，认为归属安山—玄武岩类（包括安山—玄武岩及其凝灰质岩石）更为合适。

⑤ 玄武岩脉：多见于含矿层序下部，呈似层状、脉状体产出。一般厚1~5米。岩石致密块状、暗绿至黑色，一般皆较新鲜，斑状一似斑状结构，基质为间隐结构，杏仁构造发育（照片8），主要由拉长石（含钙长石分子60~70%）和辉石组成。长石除少量宽板状（ $0.2 \times 0.5\text{mm}$ ）斑晶外，多为长/宽比较大的板条状，粒度一般为 $0.02 \times 0.6\text{mm}$ ，含量40%左右。辉石一般为长柱状，大者可达 $1 \times 0.05\text{mm}$ ，柱面裂纹发育，且往往弯曲组成球形，含量20%左右；此外为充填于长石格架中晶形不规则状以及少量短柱状斑晶辉石（ $0.3 \times 0.8\text{mm}$ ），

辉石总量约40%，杏仁体发育。充填物有方解石、绿色玻璃质及少量石英，杏仁体多为圆形、椭圆形，直径一般为0.5mm。岩石遭受微弱的碳酸盐化。玄武岩脉边部结晶急剧变细，其成分更为基性。

2. 热液沉积岩

作为一种岩石类型，在以往的研究过程中往往被研究者们所忽视。随着近一、二十年来海底喷气成矿理论的建立和不断完善，一些学者除把一些诸如铁的氧化物相、碳酸盐相矿石、块状及条带状硫化物矿石、燧石层、重晶石层等归为热液沉积成因外，尚把与之有关的一部分硅酸盐岩石也确定为热液沉积岩。把上述那些矿石和与之有关的燧石层视为热液沉积成因已广泛被人们所接受，但对于某些硅酸盐岩石的成因研究还重视不够。然而，具有热液沉积成因的某些硅酸盐岩石可能在此类矿床的含矿层序中存在不但合乎其逻辑，并且已经是个事实。如有人在对阿富汗哈吉加克铁矿的研究中，指出含矿层序中有呈多层产出的石英—绢云母—钾长石—绿泥石—磁铁矿—电气石岩，并证明是热液沉积成因的。此外，在东太平洋海岭上发现了热液沉积成因的滑石，它的氢同位素组成 $\delta D = -38.0\%$ ，与之平衡水的 $\delta^{18}O = 1.4\%$ ，此值与当地热卤水的实测值 $\delta^{18}O = 1.1\%$ 相一致。相信随着研究的不断深入，这一问题必将得到矿床学家和岩石学家们的广泛兴趣和关注。对热液沉积岩的深入研究，将成为打开某些矿床成因难题的一把钥匙。

在大宝山矿床含矿建造层序中，主矿带硫化物矿体附近和上部矿带菱铁矿矿体周围都有热液沉积岩的形成，其中有石英钾长石—绿泥石岩、石英钾长石—绢云母岩、硅质岩等。

① 石英钾长石—绿泥石岩：分布于余田桥组中，与菱铁矿体互层状产出。实际上除部分块状菱铁矿矿石外，在圈定的菱铁矿矿体中，此种岩石就是矿石的一个组成部分。岩石为灰绿—暗绿色，似斑状、致密块状，主要由绿泥石、钾长石和少量石英组成。绿泥石为圆球状，直径0.03~0.05mm，含量50~80%。绿泥石一般由四个环组成，中心为绿色微晶绿泥石，向外第一环为绿色梳状绿泥石组成，外侧两环均为淡绿色梳状绿泥石（图版照片9）。钾长石结晶程度差，他形不规则粒状，矿物中包体发育。石英一般含量较少，为具棱角的粒状或双锥状。石英钾长石—绿泥石岩与菱铁矿一起往往被透闪石交代，透闪石在其中呈似斑状产出，大者可达5mm，其含量随接近菱铁矿体而增加。

绿泥石成分经电子探针测定，与标准绿泥石相近。详见表3。

② 石英钾长石—绢云母岩：此类岩石见于棋子桥组硫化物矿体附近。岩石为致密块状，主要由鳞片状绢（黑）云母组成，结晶程度差，他形、粒度 $0.005 \times 0.02\text{mm}$ ，含量70%左右，钾长石结晶亦很差，他形不规则状，有时钾长石颗粒中有一石英核心，构成不规则的眼球状。岩石的外表特征与钾化岩石相似，可根据其产状和痕量元素组成特征加以区别。

此外，硅质岩由于已石英化，其原来面貌被湮没，无法同其它交代成因的硅化岩相区别，只能依靠痕量元素组成特征加以区分。

3. 次硬砂岩、页岩、硅质大理岩

这是含矿建造中分布较广泛的一组岩石，见于棋子桥组和跳马涧组。其中次硬砂岩主要分布于跳马涧组中，它主要由石英和绢云母组成，石英为碎屑状，棱角鲜明，大小形态各异（照片10），粒径为0.2~1mm，含量变化大，高者达70%，低者仅20%左右。有时可见不清楚的条带构造，由含石英的多寡而区分。在绢云母集合体中，有时可见模糊状的斜长石。岩石中微量矿物有锆石、白钛石和黄铁矿。

表3 鲕绿泥石化学组成(wt%)
Chemical composition of chamosites (wt%)

样品	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO	FeO	加 和
68-1	0.24	4.13	16.02	31.33	0.28	0.91	0.18	0.02	0.10	35.81	89.02
68-2	0.31	0.32	14.28	28.31	0.00	1.41	0.17	0.00	0.07	36.07	80.67
68-3	0.13	5.46	17.00	32.10	0.00	0.96	0.23	0.03	0.10	32.99	89.01
68-4	0.14	0.41	16.17	30.87	0.31	0.99	0.11	0.00	0.07	41.26	90.05
平均	0.21	2.58	15.87	30.65	0.15	1.07	0.17	0.01	0.08	36.53	87.33

测试者：地质矿产部矿床地质研究所周科子。

页岩分布广泛，见于跳马涧组和棋子桥组各部位。岩石为致密块状，层理不显，页理有些发育，有些不发育。显微镜下具鳞片变晶结构，主要由绢云母（或黑云母）和少量石英组成，矿物粒度很细，一般为0.02mm，有些薄片可见到较大颗粒的晶屑石英，加上痕量元素组成特征类似英安岩，推测可能属凝灰质页岩。

硅质大理岩仅见于棋子桥组顶部，呈似层状，透镜状产出，层理不显。岩石为灰白色，致密块状，花岗变晶结构。主要由方解石和石英组成，方解石粒状，粒径0.05mm，含量80~90%，石英为半自形—自形，大小同方解石，含量10~20%。此外还有一种矿物组合特殊的大理岩，除方解石和石英外，尚含5~10%的钙长石和少量黑云母。此种岩石亦为灰白色，块状构造，薄片观察具花岗变晶结构。方解石为粒状嵌晶，粒径0.02~0.03mm，含量约80%，钙长石呈板柱状，断面为近似的菱形，含大量碳酸盐包体，粒度0.03~0.1mm；石英为粒状，亦含碳酸盐包体，含量5~10%；黑云母为细鳞片状。钙长石经X光粉晶衍射确定，电子探针分析，含Na₂O 0.39~0.50%，CaO 18.98~19.13%，Al₂O₃ 35.84~35.96%，SiO₂ 44.56~44.64%。经计算，含钙长石分子95~96%，接近端元组分。根据其矿物组成和结构特征，推测可能是含泥质灰岩受热变质作用影响而形成。

第四节 含矿层序中各类岩石主元素化学组成特征

有代表性的不同岩石类型26件样品分析结果列入表4。不同类型岩石的化学组成特征分述于后。

1. 火山岩主元素化学成分分类

将表4中具有代表性且蚀变较弱的火山岩样品(序号1、3、7~9)分析结果，按SiO₂和(Na₂O+K₂O)的含量及其相关变化，投入密德莫斯特分类图解中(图6)，图中同时绘入了6个以往分析的结果^①。可以看出，它们分别落在I区(亚碱性玄武岩区)和VⅢ区(英安岩区)中，而缺少中间的安山岩类型。

玄武岩类的平均化学组成图形与世界大洋拉斑玄武岩相近，而与大陆拉斑玄武岩差异较大(图7)。从图可见，与大洋拉斑玄武岩相比，除Na₂O和K₂O含量有些差异外，其它成分都非常接近，并且按Na₂O+K₂O来衡量二者也是很相近的。致于引起大宝山玄武岩类岩石中

① 据地质部综合地质普查勘探方法研究队，1960年资料。

表4 大宝山矿床含矿建造中岩石化学组成(wt%)

Chemical composition of ore-bearing formation from the Dabaoshan ore deposit. (wt%)

序号	样品编号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	MnO	TiO ₂	K ₂ O	N ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	CO ₂	S	加和	100×(K ₂ O+MgO)/ (K ₂ O+MgO+CaO +Na ₂ O)
1	D1030-327	49.30	14.20	1.95	7.24	9.00	6.60	0.12	1.68	0.55	2.36	0.18	1.24	0.96	4.16	0.11	99.65	38.62
2	D1030-328	43.24	15.00	5.20	6.32	8.38	4.84	0.078	1.88	0.85	1.87	0.19	4.02	3.86	3.52	0.12	99.18	36.15
3	D2035-172	47.94	14.53	2.50	7.15	10.00	8.59	0.19	1.50	1.66	1.44	0.16	2.46	0.32	0.65	0.93	100.02	47.26
4	D2035-183	38.82	13.54	8.13	7.87	6.50	7.66	0.11	1.50	2.65	0.04	0.14	4.28	2.08	3.98	2.76	99.88	61.19
5	D5245-95	44.50	17.47	5.14	1.94	2.27	13.55	0.019	0.24	2.13	0.02	0.11	9.28		0.00	2.53	99.20	
6	D2050-123	49.93	22.78	4.37	0.60	0.74	4.19	0.016	0.29	1.68	0.03	0.07	11.66		0.00	2.83	99.20	
7	D-2	65.00	15.27	1.03	4.02	4.19	1.97	0.10	0.80	3.30	2.84	0.15	1.42	0.08	0.11	0.020	99.90	43.95
8	D2005-300	64.90	14.35	0.30	4.14	2.94	2.13	0.083	0.51	5.05	2.10	0.18	1.18	0.10	0.37	0.98	99.31	58.76
9	D2005-400	67.60	14.93	0.70	1.98	2.81	2.28	0.045	0.51	5.43	0.80	0.15	1.46	0.24	0.17	0.51	99.56	68.11
10	D1050-393	67.64	13.94	1.83	0.36	2.94	1.41	0.023	0.41	3.43	0.06	0.19	2.04	0.80	2.53	1.48	99.08	61.73
11	D1050-547	65.84	12.10	2.18	1.01	2.81	2.27	0.035	0.57	6.00	0.18	0.17	1.70	0.30	3.76	1.65	100.57	73.45
12	D2004-158	83.34	6.91	0.25	1.89	0.45	1.34	0.038	0.40	3.20	0.09	0.13	1.22	0.16	0.18	0.62	100.22	89.37
13	D2004-217	91.22	3.86	0.69	1.09	0.38	0.26	0.020	0.15	1.26	0.02	0.18	0.56	0.30	0.096	0.99	100.08	79.17
14	D2039-33	46.13	16.45	0.45	2.87	12.05	5.51	0.126	0.87	5.89	0.18	0.21	1.93	0.41	7.20		99.88	48.24
15	D2039-37	42.90	14.00	0.20	4.51	16.06	5.80	0.141	0.52	3.75	0.13	0.20	1.24	0.04	10.14		99.62	37.12
16	D2005-75	41.06	12.63	0.52	2.85	18.82	3.84	0.068	0.52	4.75	0.09	0.11	1.34	0.38	13.98		101.05	31.24
17	D1027-206	71.40	12.85	3.64	0.65	0.83	0.91	0.013	0.68	4.00	0.09	0.21	2.10	0.30	0.16	3.02	100.65	87.21
18	D2049-78	49.87	15.12	7.53	8.01	0.75	2.30	0.14	0.61	5.88	0.09	0.16	8.93		0.07	0.76	97.82	
19	D2041-247	69.00	14.30	2.79	2.02	0.30	1.23	0.05	0.70	5.05	0.08	0.14	2.84	0.40	0.07	1.42	100.39	94.29
20	D2039-55	20.68	3.52	0.32	1.80	38.50	1.88	0.134	0.18	0.74	0.11	0.08	0.50	0.18	31.13		100.51	
21	D863-21	16.32	1.41	0.76	1.68	42.34	1.62	0.324	0.08	<0.01	0.007	0.05	0.98	0.12	34.51		100.10	
22	D2038-100	51.53	13.94	0.20	3.34	11.71	5.11	0.138	0.75	4.20	0.22	0.10	1.33	0.19	7.53		100.29	43.83
23	D2038-139	50.44	19.14	2.80	3.59	4.54	4.16	0.065	0.758	9.28	0.405	0.157	2.08	0.44	0.71	0.83	99.33	73.10
24	D2028-391	59.08	20.30	0.36	1.92	2.66	2.03	0.028	0.85	7.80	1.11	0.25	1.74	0.48	0.18	0.58	99.58	72.32
25	D2002-288	65.32	20.65	0.21	1.63	0.35	0.65	0.023	0.97	5.30	0.25	0.13	3.40	0.38	0.074	0.11	99.45	90.84
26	D2004-384	53.78	28.43	0.58	1.68	0.30	1.11	0.023	0.87	7.10	0.30	0.13	4.62	0.64	0.037	0.023	99.62	93.19

分析者: 地质矿产部岩矿测试研究所郭家超、汪燕秋、刘冀明。

表中样品序号1、2为玄武岩, 其中1为内部相, 2为边缘相, 3~5为辉绿岩, 其中3为较新鲜的次闪石辉绿岩, 4为强蚀变辉绿岩, 5为强蚀变、风化淋滤辉绿岩; 6为强蚀变、风化淋滤安山玄武岩, 7为丘坝英安岩, 8、9为大宝山群云母化英安岩, 10、11为强蚀变英安岩, 12、13为石英岩, 其中12为变质石英岩, 13为硅化英安岩; 14~16为变麻灰岩; 17~18为流纹岩, 19为变次硬砂岩; 20、21为硅质大理岩, 22~26为页岩。