

综合评述

国外矿床地质学的一些发展趋势
——28届国际地质大会见闻Mineral Deposits of Foreign Countries in Progress—
A brief Introduction of Papers Delivered at 28th
IGC Meeting

宋 叔 和 Song Shuhe

(中国地质学会矿床专业委员会)

一、28届地质大会论文要点

本次大会宣读的论文达2000余篇^{①②③}，内容除去像以往各届继续从不同方面和角度用最新研究成果探讨地球的演化历史外，并讨论了自然资源的形成，如何利用的重要性和自然资源的有限性等问题，在大会的半天学术报告中有：“第三世界矿物资源的发展”；“20和21世纪能源”；“自然资源有关的地下污染和地壳沉降”；以及有关土壤和海洋的问题。自然灾害给人类造成的危害也在讨论之列，所以本届国际地质大会的内容之丰富可说是空前的。

学术报告共分14个专题（编号A-n），由210个组进行宣读，除能源外，涉及到金属、非金属矿床地质学方面的论文甚多，但主要集中于C专题——资源的22个组中。它们是：I、“地质时期的成矿作用演化”，“前寒武岩浆作用与成矿—地质时期内它们的物理—化学特点”，“岩浆系统的金属习性”，“金属运移和沉淀的有机化学”；II、“沉积盆地金属成矿的水地球化学”，“含金属黑页岩及有关金属矿床”，“沉积岩中的贵金属矿床”；III、“金属矿床的分布模式及其成因意义”，“金属矿床的地质、地球化学、同位素结构的模拟”，“非金属矿床的成因和演化”，“铀—钍矿床和铁矿床的地质、地球化学和勘查”，“金属矿床的区域变质和成因意义”；IV、“现代和古代扩张中心的矿化作用”，“古代和现代的锰矿床”，“与板块构造有关的前寒武矿床成因”，“金属矿床年代学及热年代研究的新进展”；V、“环太平洋能源及矿产资源”，“资源和储量的地质统计学估算”，“矿床勘查实例”，“矿床的勘查、编录和管理”等。

① 28th IGC 1989 Program; ② 28th IGC 1989 Program Abstracts; ③ 28th IGC 1989 Program Gazette

从以上笔者归纳成五大组合(I—V)的论文宣读中,笔者认为它们的内容要点是以下4个方面:

1. 地球演化期间成矿作用和成矿规律 众所周知,这是矿床学家重点讨论的矿床地质的问题之一。本届会议此类论文加多,有许多专家撰写了铬、铁、锡、锰等矿床在地质时期形成的特点和变化规律。早期铬、铁、锰矿床虽然均出现于太古代绿岩带中,例如铬铁矿最早产在3.5Ga(Zimbabwe的Selukwe绿岩带),晚期产在早元古代浅侵位于大洋型高镁玄武岩/燧石壳层岩层中的超镁铁杂岩中(C. W. Stowe),铁矿床(Algoma型)则密切相伴火山岩,属于喷气成因,而锰矿床则产于绿岩带的上部沉积岩层中,说明呈豆荚状的铬铁矿矿床的形成环境中热柱作用很重要。早元古在太古代陆核克拉通化之后(2.5Ga及2.0Ga)出现层状杂岩体侵入,在此稳定大陆环境则于超镁铁岩中形成规模较大的层状铬铁矿矿床;铁矿(2.0—1.8Ga)(Lake-Superior型)则产于稳定浅海硅质沉积岩中,亦属稳定环境。至于与火成岩浆活动无关的沉积锰矿则逐渐加多,例如在Transvaal(2.5—2.1Ga)的铁建造中产有巨型氧化锰-碳酸盐矿床,中晚元古代有类似矿床,但至古生代矿床类型则趋向复杂化(S. Roys,)。产在斜辉辉橄岩蛇绿岩中的铬矿床在古生代和其以后的蛇绿岩套中虽均属豆荚状,但化学成分则有一些变化。总之在地球演化早期矿床随着环境的变化而有差异,上述矿床是很好的例证。

锡矿床不论就规模或是就成矿时代而言,它与上述Fe、Mn、Cr矿床均有很大差别。国外锡矿早期产于Bushveld(1.95—2.00Ga),其次是巴西和中非等地(约1.0Ga),但矿床规模很小。据统计锡矿与金矿相反,金矿70%储量集中于太古代绿岩系,而锡矿90%形成于新于0.3Ga的时代,并认为成矿与花岗岩类和次火山斑岩密切相关(B. Lehmann)。我们邻国印度学者(S. C. Sarkar)总结出该国地质时代中Au、U、Fe、Mn、Pb、Zn、Cu、Sn、W的成矿特点。Au主要产在由科马提-拉斑岩和拉斑质岩组成的太古代(2.7Ga)绿岩带内,而早于此期和元古代的金矿化则比较微弱。具经济价值的铀-铜矿床出现于1.6—1.7Ga,但与火山活动有关的铜-硫化物矿床则在早元古代(2.3Ga)即已出现;锌、铅、铜多金属矿床属层控矿床,形成于1.6—1.8Ga;钨、锡矿床甚少,前者主要产于中、晚元古代花岗岩体内呈脉状,后者则仅见于伟晶岩中。

从以上简单、小部分的介绍可以看出,国外前寒武纪是非常重要的成矿期,它与显生宙成矿有继承性,但更重要的是它们的差异性。就是前寒武纪本身,太古代与元古代之间亦有一定的差别。T. B. Lambert与许多研究者一致认为前寒武纪成矿类型的变化与地球岩石圈、水圈、大气圈和生物圈的发展变化有重要关系。控制矿化型式变化的主要因素甚多如:①火成岩浆的活动——太古代花岗岩-绿岩杂岩和晚太古代及以后的钾质花岗岩浆活动;②早元古代沉积层加厚及水圈/大气圈氧化作用加强;③克拉通化和随之的张裂活动以及大型超镁铁质岩浆的侵入;④从中元古代起陆壳的再旋回比陆壳增生重要等因素,但更重要的是在元古代硅铝层上裂谷盆地加多,碱质火成岩浆活动加强,并出现超大陆等地质因素。

W. S. Fyfe认为地球的冷却,早期热以对流为主,后期对流则起一定的作用。他对地球演化过程中成矿作用,作了以下主要说明:矿床形成需要化学搬运作用,即将从某一物体如岩石、岩浆体获取的元素运移到小空间内沉淀。流动必须由热能和(或)重力能驱动。某一元素被萃取的能力则取决于物质体的某一元素的丰度和介质的渗透性;化学搬运的规模则与能

系统的规模有关等。因此像地球演化早期阶段形成的许多大型Cr-Pt-Ni矿床,成矿时就需要岩浆体有一定的规模来进行对流混合以及某些程度的重力沉降作用;至于稍后期形成的许多金属矿床如Cu、Zn、Au、Fe、Mn等,元素的运移需要相当规模的介质和具有相连的微孔和裂隙结构构造以便于热能的驱动和重力能的驱动。

2. 岩浆演化与成矿 本次会议有关火成岩的论文甚多,主要集中于F专题(地球时演化中的结晶地壳)中,如“上地幔成因岩及镁铁质岩的岩石学”,“层状侵入体的物理、化学作用”,“碱性岩和碳酸岩的矿物学及地球化学”,“花岗岩和地球动力作用”,“熔融、岩浆房和幔源”,“从岩浆源到喷出所岩浆的运移及存贮”,“硅质岩浆房的演化”,“板块内岩浆作用”,“安第斯山岩浆作用及构造背景”,“洋壳成因与演化”,“火山学”,“火山作用的时空速率和频率”,“岩-水交互作用”等。另外还有一些论文涉及到岩浆岩的则散见于“元古代的地球化学”,“太古代和元古代地质地球化学和地球物理差别”,“岛弧的动力学的演化”,“金伯利岩和钾镁煌斑岩的岩石学和矿物学”等讨论组中。大量有关火成岩及其岩浆的论文指明地球演化过程中岩浆活动的重要性,论文以讨论火山岩、蛇绿岩套的形成和花岗岩类的成因,分布为最多,其次是有关碳酸岩、碱性岩、超基性岩等的论文。对岩浆特别是酸性岩浆房的研究以及岩浆运移方面也颇受重视,但直接涉及到与成矿作用有关的火成岩论文则不多。

有少数论文探讨了金属矿与基性、超基性岩浆活动的关系,如铂、镍、铬和金刚石;有的著者对巴西金刚石包体作了研究,认为高氧化硅含量者可能导源于300km以上的地球深处;有的认为蛇绿岩中的铬铁矿体成因密切与出现流体相而导致上地幔改造有关;有的对著名的Bushveld杂岩的铂族元素的矿化类型和分布作了一些研究。对酸性、碱性侵入岩有关的矿床论文亦很少,仅见一些研究碱性岩浆的成矿趋势(Nb、Ta、TR等),酸性岩浆中Sn、W、Mo的习性和Olympic Dam新型矿床所伴的非造山碱质岩浆岩特征等论文。

论文比较多的是直接间接与成矿有关的海相火山岩论文。论文较集中的探讨了块状硫化物矿床和贵金属矿床的成因问题。深入研究结果,特别是在对比了古代块状硫化物矿床和现代海洋新生的硫化物矿床后,矿液直接分异自火山岩浆就地成矿说已被否定,但矿质来源可能因矿床不同而异,说法尚不一致。一般研究者多主张矿床的金属硫化物系沉淀自海水与海底火山-沉积岩起作用生成的对流热液流体。D. L. Huston等认为喷流到海底的火山热液流体物理化学的突然变化,可以使金属浓集形成火山成因的块状硫化物矿床。V. A. Prokin认为乌拉山古生代的铜-锌块状硫化物矿床的形成分两期:早期为同生阶段,导源于岩浆房的含金属流体上升供给海底火山活动,形成火山-沉积矿;后期为热液交代阶段,促使矿体内矿石组分再分布,方形成常见的带状多金属矿床。

3. 沉积与成矿 有关非金属沉积矿床的论文占一定的数量,其次是赋存于沉积岩层中的金属矿床,例如R. W. Ojakangas研究加拿大地盾铁矿床围岩——浊积岩层时指出,此种岩层由于太古代和元古代的成岩成矿环境不同而有差别。太古代浊积岩含石质长石硬砂岩、泥岩和砾岩,它组成喷出沉积岩带的主要沉积岩。硬砂岩中火山物质为酸性火山岩,属于火山喷发的产物,而后者(2.0-1.8Ga)的硬砂岩则多含花岗岩碎屑而且石英质成分高,说明它们与铁矿是在浅海台地中形成。

常作为多金属赋矿岩石的凝灰质岩石的特征,近期更为岩石学家所重视。M. Utada研究

了日本Green Tuff区的岩石沸石化作用。与酸性火山作用有关的热液活动在海底产生黑矿矿床并于其周围沉积岩形成粘土和沸石带,从其中间到边缘出现钾长石→绢云母→绿泥石→混合层状粘土→蒙脱石→方沸石→丝光沸石带。这种沸石化最常见于酸性至中酸性火山碎屑沉积岩系中,它的变化由浅而深是:新鲜玻璃→斜发沸石→丝光沸石→方沸石→片沸石→浊沸石→钠长石带。R. M. Easton探讨了火山活动和火山碎屑沉积时的碳酸盐沉积特点。在近火山活动火山岛的边部发育白云岩礁并伴泥质和碳质页岩,本区往往是锌的富集区。在距火山活动中的环境,等距离的地区则常沉积碳酸盐质浊积岩,而且火山灰沉积与碳酸盐沉积往往呈互层;远距火山活动的深海沉积碳酸盐沉积还偶夹基性火山凝灰岩层。呈层的多金属硫化物矿床和铁矿床就常产于火山岩与沉积岩层间。著者并认为此类多金属矿床与火山岩型块状硫化物矿床的区别之一是含金往往较富。

产于沉积岩中的贱金属硫化物矿床的成矿作用一直是矿床地质学家们重点研究的问题。本次会议关于这方面讨论最多的是赋存于碳酸盐岩中的密西西比型铅锌矿床,但对赋存于页岩的铜矿床和赋存于砂岩的铅锌矿床等的成因亦有论文对其进行探讨。对于前两类研究者(A. P. Gize, S. Speczik)多强调有机质在成矿中的作用,而对于砂岩型铅锌矿床S. Lindblom等则认为是多期成矿作用形成的,如认为Laisvall矿床首先从受热低盐度地下水沉淀方解石,随后当其与进入的热卤水混合方沉淀了硫化物并溶解了方解石。因为有机质对成矿起重要作用,所以国外对含矿的黑色页岩和沥青加强了研究,有的岩石学家并对含碳质的岩石作了系统的分类。

4. 普查勘探学、矿山地质学和矿业管理 有关这方面的宣读论文组有:“矿床勘查实例,”“遥感勘查油、气和其它矿床”,“资源、储量的地质统计学估算”。另外一些论文则散见于其它宣读组中。引人注意的是介绍葡萄牙 Neves-Corvo 隐伏大矿床和阿拉斯加 Red-Dog 块状硫化物矿床的发现、勘查和开发利用经过的论文。介绍者将勘查法提高到方法学的高度,笔者认为这类研究对矿床来说既具有理论意义又具有实际意义。P. Laznicka 在世界上已知的45个超巨型和大约80个巨型金属矿床统计综合研究的基础上,提出了这些矿床的基本特征,对普查找矿和对比研究成矿作用具有参考意义。另一些著者则讨论了矿床的自然模拟,地质统计学如何应用到矿山地下开采,并介绍了矿业局的少数地质专家们如何从事国内外地质矿产资源的综合研究,如何从有效找矿到合理利用。有的论文还专门探讨了地质调查部门与矿业部门如何分工协作,使普查勘探、矿山开发和矿业管理在详细地质填图和地质调查的基础上能充分发挥作用。

二、在美国亚利桑那州东南部斑岩铜矿区的地质旅行

地质大会后,笔者与部分中国地质代表团成员去美国西南部亚利桑那州(Arizona)从事地质野外旅行。

本次组织者是亚利桑那大学地球科学系矿床学家R. Titley Spencer教授,他曾获Colorado School of Mines的地质工程师和亚利桑那大学的博士学位,曾从事采矿和普查工作多年,1960年后任矿床地质教授至今,对斑岩铜矿有较高水平的研究成果和丰富的实际经验。副领队是矿床岩石学家,Elizabeth Y. Anthony副教授。S. A. Anzalone是ASARCO(Amc-

rican Smelting and Refining Company) 公司的总工程师, 我们参观的许多矿床属于该公司, 该公司不但提供参观时各种方便, 而且该公司地质专家在室内外还详细介绍了矿区的地质和矿床特点, 并带领大家参观本区重点矿区——Pima矿区, Silver Bell矿区、Globe-Miami-Ray矿区和 Red Mountain-Harshaw 矿化区。提供这些区域内重要矿山 Mission, Sienita, Silver Bell, Ray, Globe-Miami 的地质资料和参考文献以及简要的地质旅行指南。时间虽短, 但能了解矿区的全面貌, 使来自各国参加地质旅行的18位均甚满意, 这一点是值得我们组织国际学术活动时学习的。

亚利桑那州南部及部分新墨西哥州的斑岩铜矿分布区是环太平洋7大斑岩省之一。矿床分布在东西约500km、南北约150km的7万余平方公里范围内。据统计35个矿床的铜总储量达4000余万吨, 至今已采出1000余万吨。因为美国对矿床勘探程度较低, 统计的储量数字有一定出入, 但从本次提供的资料虽然是少数矿床, 也可看出矿床矿体的规模是较大的。如 Mission Complex: 矿石3.67亿吨, 品位铜0.64%, 年产铜8.7万吨; Silver Bell: 矿石1亿吨, 品位0.68%, 年产1.5万吨; Ray: 矿石6.77亿吨, 品位0.70%, 年产7.5万吨; Miami-Inspiration: 总量不详, 至1978年已采出7.59亿吨, 铜品位0.67%。

矿山以露采为主, 采坑面积大至 $1.5 \times 1.5 - 2 \times 3 \text{ km}^2$, 最深采坑已达500m。形成露采的因素至多, 如地形比较平缓, 各矿床相距不远, 距冶炼中心Hayden亦多在60km以内, 交通方便, 可综合开发; 矿体多位于低山较高处, 矿体平缓, 露天开采边坡小又加以次生富集矿发育, 开采成本较低; 矿石矿物比较简单, 主要是黄铜矿、辉铜矿等简单硫化物, 它们充填浸染于碎裂较发育的花岗岩类岩石和围岩中, 易于开采和选矿; 矿山地下水位较低, 不用排水, 可以说本区铜矿得天独厚, 所以在美国产铜极盛的第一次世界大战、第二次世界大战时均能作出贡献。

斑岩铜矿床作为铜矿床的一个大类, 它的基本特征和总结的成矿模式已为国内外地质界所熟知, 但是正如Titley教授与几十位矿床学家合著的《斑岩铜矿床地质的研究》一书^[2]指出的: 为什么这样多的矿床集中于较小的区域内? 为什么成矿期(75—55Ma)这样短? 地壳或地幔那种地质因素控制了矿床的形成和分布? 这些地质问题仍然是至今未圆满解决还需要深入研究的问题。我们国家尚未发现如此规模的矿省, 已发现的斑岩铜矿床的地质特征亦具有自己一定的特点, 如多为陡倾斜矿体, 品位低, 次生富集不发育等。因此了解这些地区矿床的特点, 对对比研究我国已知矿床和探讨新的可能成矿区的发现, 具有一定的参考意义。

据笔者短期调查和对少数资料的查阅, 认为本区的铜矿床具有以下三大特点:

1. 区域地质背景的特点 本区位于北美克拉通的边部称“Basin and Range Province”, 东面紧邻“Colorado Plateau Province”。研究者将赋存斑岩铜矿床的地区, 由北而南分作三小区: ①片麻岩-变质火山岩小区。时代约为1800Ma, 相当美国划分的古元古代(其它国家的中元古代)的晚期; ②花岗岩-Yavapai系。它可与绿岩带对比, 时代约为1760—1820Ma, 仍属古元古代晚期; ③花岗岩-Pinal片岩小区。本小区火山岩较少, 时代亦较新为1650—1700Ma, 但仍属于海相喷出-沉积建造。更晚的是含砾岩、页岩夹玄武岩、灰岩和石英岩的中元古Apache岩系, 时代为1100—1420Ma。时代为 $1100 \pm 15 \text{ Ma}$ 的Troy石英岩组赋含有(侵入或次火山岩)大范围的辉绿岩是本区较突出的地质现象之一。以上呈NW向的前寒武系仅古元古代晚期至中元古代晚期的喷出-沉积岩系即厚达7000余米, 紧靠其北部是北美太古代地

盾,如果本区基底下部还有太古界,那么本区就是地史上发展最早的绿岩带之一。

古生代在本区改变了优地槽沉积性质和环境,属地台型沉积,主要为碳酸盐岩。沉积不连续,仅见一些晚寒武世、晚泥盆世、早石炭世和二叠纪的沉积岩石,总厚仅2000余米,未发现火山岩。

中生代沉积环境有很大的改变。早中生代沉积以碎屑岩和火山碎屑岩组为主,愈向后期沉积愈加厚。早白垩世和晚白垩世的火山喷出-沉积岩特别发育。新生代虽是陆相湖相沉积但仍伴有火山岩和火山碎屑岩。

从上述地质特征可知,本区地质构造演化最突出的特点是喷出-侵入活动比较频繁,除古生代外活动还具有一定的延续性。早元古代是海相火山活动较发育的时期,先以基性为主,稍后英安-流纹喷发-次火山活动加多,还形成了著名的Jerome大型块状硫化物铜-锌矿床^[4];元古代后期海相火山活动转弱,喷出的主要为基性火山岩。中元古代时有花岗岩的侵入,时代为1420—1450Ma,晚中元古代的辉绿岩床^[5](1100±15Ma)可能是次火山岩浆活动产物,参观后我们认为其中浸染状硫化物至少部分是原生矿,中生代矿化对其有轻微叠加作用。中元古代还有一(Iron King)Pb-Zn火山岩型层控矿床^[6]。

古生代既无岩浆活动也未发现金属矿化现象,但至中生代时则发生突变。早中生代有大量安山岩和流纹英安岩浆的喷发和后来(190—140Ma)的二长岩-花岗岩的侵入。出现于Bisbee的斑岩铜矿床等说明在侏罗纪时本区已是铜的成矿期之一。

早白垩世的浅海沉积伴火山物质不多,但于晚白垩—早第三纪时期(Laramide)岩浆活动再度趋于活跃。此时火山岩主要为流纹岩-安山岩,侵入岩为花岗岩-闪长岩类(55—85Ma)和稍后的伴伟晶岩的花岗岩(45—75Ma)。

渐新世至中新世又发生酸性—基性的火山活动和花岗岩的侵入(8—16Ma),但至晚中新世则转为玄武岩浆的喷发。上新世先是流纹岩至安山岩浆的活动(4—15Ma),后是玄武岩浆的喷发(4—8Ma)。第四纪仍有流纹岩-安山岩至玄武岩浆的活动。总之晚第三纪—第四纪仍是岩浆活动期,但尚未发现侵入岩和与其相关的斑岩铜矿。

与斑岩铜矿成矿密切的岩类,据研究是活动于72—53Ma时期的花岗闪长岩-石英二长岩类。它们多呈小岩株状,直径很少大于3km²或4km²,很类似次火山活动岩体,因为它们均侵入到壳层浅处,部分侵入体上侵时仍继续有喷出活动。最明显的特点是这些小岩株往往集中成簇或群,而且依次有许多岩浆活动,以我们参观的矿区——Sierrita-Esperanza为例,多期岩浆活动如:三叠纪:流纹岩、安山岩和英安岩喷发;侏罗纪:190Ma、210Ma石英二长岩侵入,140Ma、150Ma花岗岩侵入;晚白垩世:安山岩、英安岩喷发;67Ma石英二长斑岩及稍后的黑云母石英闪长岩侵入;早第三纪:58.7Ma、61.6Ma Ruby Star花岗岩侵入体(由成矿原岩浆形成),53.5Ma Ruby Star石英二长斑岩岩株(它可能提供了含矿热液);57—23.7Ma时期仍有一些中性岩墙和火山活动。

2. 矿床的特征 Titley教授总结的本区铜矿床的特点,据观察是符合实际情况的。斑岩铜矿是由破裂和细脉控制的硫化物浸染岩体。除硫化铜外,其它金属在本区有Mo、Ag,并可回收铂族金属,但仅有很少矿床含金是一特点。小岩株或岩体常成为带状蚀变和金属矿化的中心。破碎控制着蚀变和金属矿的沉淀,破碎可以扩大至岩体外围甚远处。蚀变现象虽较普遍,但各矿床发育的并不一致,大家熟知的J. D. Lowell and J. M. Guilbert总结的蚀变带是

不同矿床的总合,是理想化的蚀变模式。

在本区斑岩铜矿开采过程中,同时发现并重视了矽卡岩型铜矿床或称“与斑岩有关的矽卡岩矿床”的开采和研究,因为它往往是原生富矿。我们参观了Mission矿石储量达5亿吨的矿床。矿体远离石英二长斑岩侵入体,顺大理岩层位出现。按照我国矿床分类,将其归属于矽卡岩型或复式矿床类型可能更合适些。这与前述及的矿化主要出现于辉绿岩床中而距小斑岩体较远一样,笔者认为将赋存于辉绿岩中的矿床另命名为热液叠加的次火山辉绿岩型铜矿床,与斑岩铜矿床分开,可能更易于理解。

3. 矿床成因的探讨 亚利桑那大学是研究斑岩铜矿床的中心之一,研究者认为岩浆从下部很快地升到地壳浅层,很可能是次火山岩体。岩体的很快冷却产生的热-机械能使大范围的壳岩破碎,在0.5—1Ma内破碎多次进行,这样在斑岩中和一些围岩中形成细脉破裂,通过它们从岩浆和大气降水来源的流体活动时,使岩体蚀变并沉积了金属硫化物而构成斑岩铜矿。Titley提出斑岩铜矿属火山活动的产物,即火山成因矿床,有以下一些地质依据:①矿床生于火山活动地质环境内,恰好位于环太平洋火山活动带内;②有少数矿床的斑岩处仍保有同时期火山岩残留体;最近Lipman等(1985)曾研究推论我们参观的Silver Bell区是一大破火山口;③许多斑岩含角砾岩块,胶结物类似细粒火山岩;④矿床集中呈簇状,范围约 $30 \times 30 \text{ km}^2$,它颇类似火山活动的群簇等。

尽管提出上述解释,Titley在参观指南中还是认为对本铜省的矿床如何成矿,仍是知之不足,需要继续深入研究的重要地质课题。我们国家已知的斑岩铜矿地质背景不一,在成因上可能有另外解释。

国外矿床研究值得借鉴之处,首先是他们比较新的地质图件、矿山地质资料和具代表性的岩心。参观时为我们提供了一份1988年才出版1:100万的亚利桑那州的地形地质图。此图除古生代地层划分比较简略外,前寒武纪和中、新生代地层、岩浆岩和岩性划分的均很详细,小的露头亦尽可能的画出。地层划分到统,岩浆岩分类命名并注明同位素时代。在区域地质图的基础上再结合矿床资料,实地观察后很容易了解本区地质构造发展中矿床的成矿特点,例如本区从中元古代铜矿、侏罗纪铜矿直至Laramide期的大量铜矿的出现不是偶然的,可能是本区岩浆演化的必然结果。这提醒我们在研究某一矿床时必须较深入地了解矿区的区域地质背景,才能有助于对矿床成矿作用和进一步找矿的研究。

该区研究者重视对矿床的逐步深化认识,认识是逐步深化的,不单独突出自己的见解,而且研究者均一致认为矿体是一个经济地质体,尽管Red Mountain矿化范围很大,但认为只有研究意义,目前无开采价值,不进行过多的普查勘探工作。

三、国外矿床研究的发展趋势

这是一个矿床地质界常讨论的问题,笔者由于掌握的国外地质资料不多,特别是参观国外矿床甚少,故下面所讨论的几项国外的矿床发展趋势不一定全面。

1. 众所周知,矿床地质学研究的主要内容是矿质如何富集成矿和如何有效的开采和利用。所谓矿体是目前能开采利用并能获得经济效益的地质体,对它的评价不但包括物理及化学因素,而且包括政治经济因素,所以对矿床的研究是较其它地学分科更复杂,因素更多变

的一门学问。总的说国外矿床地质学领域不断扩大,继分出普查勘探地质学、矿山地质学之后,矿业管理这一门学问也有了新的进展。在会议期间的简报中David Quick专文介绍了矿业局的任务,指出矿床地质工作也是矿业局的主要工作之一。

2. 矿床地质学已由单个矿床的矿床特征、成矿机理和找矿或成因模式研究,扩大到成矿区、成矿带和一个至几个连续地质时期的成矿规律的研究。例如T. Sato研究了“东亚和东南亚的地质构造和成矿”; E. Scheibner 和其它研究者讨论了“南西太平洋的某些成矿规律”, “东欧地台的成矿规律”, “地中海区铝土矿区域成矿”等。研究褶皱山系的成矿规律论文有: “乌拉山铜-锌块状硫化物矿床的研究”; “安底斯矿床的研究及其它火山活动带和构造活动带的成矿规律研究”等。单就某一矿床类型来说,许多矿床如斑岩铜矿、细脉浸染型钼矿,块状硫化物矿床、铜-镍矿床等的一般地质特征、控矿地质条件等已基本清楚,普查勘探方法也比较成熟,但是对区域性的成矿规律,特别是前寒武纪的矿床时、空分布规律和普查的有效方法还正在深入研究探索中,这是国际上矿床研究的较普遍趋势之一。

3. 国外继续重视研究类型较多,成因争论亦较多的金属、非金属矿床,例如铅锌矿床、锰矿床、金矿床等。文章较多的是关于密西西比型和其它赋存于碳酸盐岩中的铅锌矿床的成矿作用。锰矿方面探讨现代海底锰结核的论文仍较多,其次是火山活动带和沉积区的锰成矿作用。金矿床是现在世界上各国地质界的热门研究课题。28届论文集中于以下一些内容,即富金的斑岩铜矿床、富金的块状硫化物矿床和赋存于沉积岩中的低温金矿床的形成问题等。对于低温金矿床的形成,研究者多趋向于岩石中有机质对控矿有利。岩浆活动区中低温蚀变明显地带对成金矿有利等。

4. 在世界上已知大量矿床的时、空分布基础上,矿床地质学现在已发展到通过这门学问来讨论地球演化历史,就像通常利用不同火成岩作为某种构造背景的指示者一样。本次会议有些研究者提出矿床同样可作为不同构造岩浆活动区的指示者。通过矿床在地质时期内的变化,可以看出它能如实地反映出地球演化各阶段的地质构造背景,因为矿床的形成是遵照一定的地质法则的。当然目前最多的论文还是从大地构造这一角度来探讨矿床的成因,特别是板块构造与成矿的关系。

参 考 文 献

- [1] Spencer, R. Titley., 1989, Porphyry Copper Deposits in the SW America. Field Trip Guidebook T338.
- [2] Spencer R. Titley., 1982, Advances in Geology of the Porphyry Copper Deposits, SW North America.
- [3] Reynolds, Stephen J., 1988, Geological Map of ARIZONA(1:1000000), Arizona Geological Survey.
- [4] Anderdon, C. and Nash, J. T., 1972, Geology of massive sulfide deposits at ferome, Arizona—a reinterpretation. Econ. Geol. V. 67, pp. 845—865.
- [5] Phillips, C. H, Gambell, N. A., and Fountain., 1974, Hydrothermal alteration, mineralization, and zoning in the Ray Deposit. Econ. Geol. Vol. 69, pp. 1237—1250.
- [6] Gilmour, P. and Still, A. R., 1968, The geology of the Iron King Mine. In: J. D. Ridge (Editor), Ore deposits in the United States 1933—1967. I. A. I. M. E., pp. 1238—1257.