

地质研究所
期刊
259
江

赴美考察

密西西比河谷型铅锌矿

地质专辑

259



1991年
江 259

广西壮族自治区地质矿产局

1986年11月

前 言

华南是我国铅锌矿资源集中而又重要的产地。广西壮族自治区是华南地区富产铅锌矿的省(区)之一。全区已知有铅锌矿产地二百余处,有四十多个矿区探明了储量,其中产于碳酸盐岩中的铅锌矿储量约占总储量的百分之八十。通过多年来的研究工作,我们认为这类矿床,成矿条件好,预测远最大,是今后普查找矿的重点。同时还认为在围岩条件,物质组份,分布特点等方面与举世闻名的美国密西西比河谷型铅锌矿床有许多相似或类比之处。为了推动铅锌矿地质工作的发展,不断创新,扩大前景,同时开阔眼界,广交朋友,促进学术交流与技术合作,有利于地质工作的开放和搞活,决定对密西西比型矿床进行一番实地考察。

一九八五年十月,广西铅锌矿地质考察团一行五人赴美考察,共行程十八天,实际工作九天。负责接待我们的是美国联邦政府内政部地质调查所。美方为接待我们特组成以布里斯基博士(J·A·Briskey,铅锌矿地质学家)为首的五人代表团,成员有普列特博士(W·P·Pratt,资源评价地质学家);阿姆斯特朗博士(A·K·Armstrong,碳酸盐岩石学家);利迟博士(D·L·Leach,矿床成因液包体应用研究专家),和列文载尔先生(J·S·Leventhal,地球化学家),与我们在密苏里州一道工作,其中布里斯基和阿姆斯特朗博士一直陪同我们考察全过程。可见美方对此次考察是认真的、友好的。

在美期间,我们先后对密苏里州东南部维伯纳姆铅矿带№28矿体、马格芒(Magmont)、弗列彻(Fletcher)等代表性矿山,田纳西州中部纳什维尔穹窿的埃尔姆伍德(Elmwood)和田纳西州东部阿帕拉契褶皱带纽麦克(New Market)等锌矿山,以及这些地区附近的地表地质进行了实地考察,并参观了圣·乔矿业公司设在维伯纳姆的选矿厂和实验研究机构。双方还就感兴趣的地质业务问题进行了友好的接触,互相交换了有关资料及图件。利迟和布里斯基博士为我们做了密西西比河谷型铅锌矿床、田纳西州中东部锌矿床最新研究成果的报告。我考察团成员也应邀在密苏里州—罗拉大学地质地球物理系、田纳西科技大学地球科学系和田纳西大学地质科学系先后做了三次学术演讲,分别介绍了广西区域地质特征,广西铅锌矿概况和北山矿床实例。

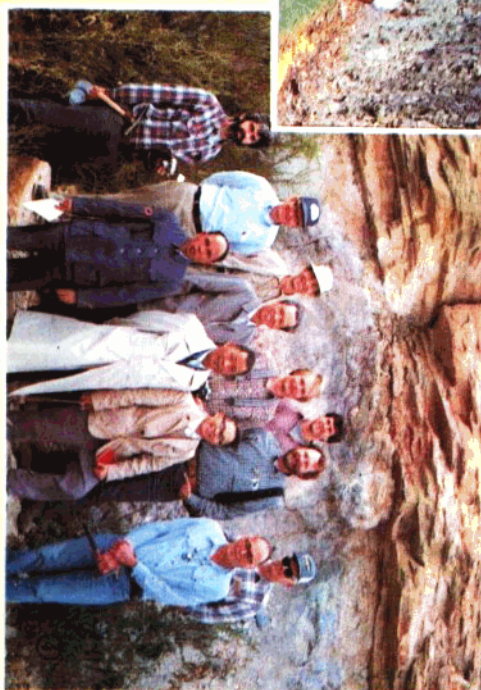
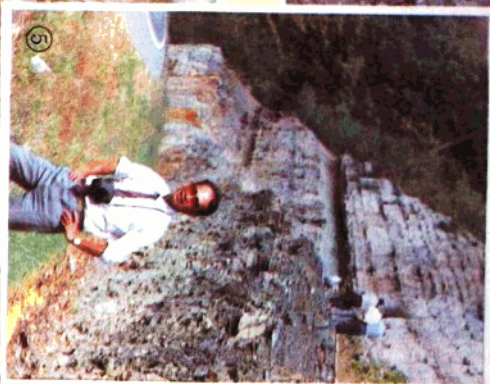
由于美方细心周到的安排,我们赴美考察任务完成得比较顺利,按计划达到了预期目的。

首先是目睹北美地台地质构造的稳定性,古生界地层平缓,褶皱开阔,古生代起无岩浆岩出露等区域特征,给我们留下了深刻印象。其次,实地考察了密西西比河谷型铅锌矿床的主要类型的地质概况,控矿条件和富集因素,并对密型矿床的成矿机理,找矿历史等有了一定的了解。同时参观机械化的矿山掘采,自动化的选矿流程,先进的实验研究机构,了解了美国当前地质工作的一般情况,开阔了眼界,增长了知识,确实是百闻不如一见。

在整个考察过程中,我们深深体会到美国人民和广大学者对中国人民的友好情谊。

通过考察,借助典型矿床的实例和已有的、比较成熟的理论和方法,结合广西具体地质条件的分析,进一步增强了找矿信心,明确了找矿方向,必将推动和加快我区铅锌矿地质工作的发展。

我们把看到的和收集到的有意义的资料汇编成这本专辑,一方面是系统汇报我们赴美考察的情况和收获;另一方面也是为了便于广大地质工作者参考借鉴,有利于工作和研究。但是限于水平,如有不当之处,敬请读者批评、指正与谅解。



目 录

前 言	翟佑华
-----	-----

考察报告

1. 美国密苏里州东南部维伯纳姆矿带矿床地质特征	钟 铨执笔 (1)
2. 美国田纳西州中东部锌矿地质	钟 铨执笔 (20)
3. 美国地质工作概况	郑理珍 (30)
4. 美国密苏里、田纳西铅—锌矿采、选厂的情况简介	王 慧 (32)

译 文 选

1. 密苏里州东南部铅矿区碳酸盐岩相与矿床分布和成因的关系	D. E. 格德曼等 (34)
2. 美国三州边界区的矿床	D. C. 布罗基等 (39)
3. 田纳西州中部锌矿区埃尔姆伍德和戈登斯维尔矿山的地质概况	J. A. 布里斯基等 (52)
4. 田纳西州马斯科特—杰弗逊城锌矿区	J. 克劳福特等 (69)
5. 田纳西州马斯科特—杰弗逊城地区锌矿床的成矿环境	J. E. 麦克科密克等 (74)
6. 田纳西州杰弗逊城成矿区的层状矿床构造	R. E. 富尔韦勒等 (79)
7. 田纳西州东部铜山地区闪锌矿的矿化作用及其与碳酸盐岩相边界的关系	H. G. 查尼特等 (83)
8. 田纳西州东部铜山地区上诺克斯群碳酸盐沉积物的沉积作用和白云岩化作用	H. G. 查尼特等 (92)
9. 田纳西州东部铜山地区上诺克斯群碳酸盐岩中微量元素分布模式的成因意义	H. G. 查尼特等 (102)
10. 田纳西州和弗吉尼亚州西南部下古生界金斯波特组和马斯科特白云岩的古含水层	L. D. 哈里斯 (114)
11. 脉石矿物中锶同位素 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 的比值与密西西比河谷型矿床的成因	K. M. 克生等 (122)
12. 密西西比河谷型矿床附近卤化物富集作用的成因意义	S. V. 潘诺等 (127)
13. 密西西比河谷型矿床成矿溶液中铅的运移作用	T. H. 杰俄兰等 (131)
14. 维伯纳姆选矿厂	(142)
15. 弗列彻选矿厂	(143)
续后记	(144)
照片说明	(144)

美国密苏里州东南部 维伯纳姆矿带矿床地质特征

钟 铿 执笔

〔编者按〕：1985年10月，我们有机会参加广西铅锌矿地质考察团赴美对密西西比河谷型（Mississippian Valley Type）铅锌矿一些典型矿床进行了短期考察。其中在密苏里州东南部的维伯纳姆矿带（Viburnum Trend）实地考察了28号、马格芒（Magmont）、弗列彻（Fletcher）三个矿山及其附近的地表地质。本文主要根据此行见闻和考察期间美方赠予的最新研究成果，并结合已发表的有关资料加以汇编，作为我们向广大地质同行汇报的材料。由于考察时间短，观察不细，研究亦不深，加之材料不全和限于外语水平关系，难免有挂一漏万和概括不当之处，恳请批评指正。

此外，编者愿借此机会，对美国地质调查所以及以铅锌地质学家布里斯基博士（Dr. J. A. Briskey）为首的接待团，为我们此次考察所作的周密安排及惠赠的图件、论文、薄片、标本等有关地质资料，表示深切的感谢。

前 言

维伯纳姆矿带位于美国密苏里州东南部，圣路易斯市（St. Louis）西南约130公里。有44、19、49号高速公路以及铁路相通，还有小型飞机着陆场，交通十分便利（图1）。矿带周围为低山丘陵，海拔300—400米，几乎全为枫树林所覆盖，属克拉克国家森林（Clark National Forest）保护区。地势以马格芒矿山附近较高，众多小溪分流南北，为密西西比河中游西侧支流密苏里河和黑河（Black River）的发源地。维伯纳姆镇座落在该矿带的北端，属艾伦县（Iron County）管辖，为矿山城，银行、邮电、学校、商业及生活服务设施一应俱全。

维伯纳姆矿带是1954年根据其北东东相距50公里已开采几十年的老铅矿带（Old Lead Belt），研究、总结出成矿与生物礁分布密切相关的理论指导下，用钻探发现的。该矿带是当前世界上最大的采铅地区之一，也是主要的产锌地区。矿石平均品位 $Pb+Zn$ 为4—6%。矿石中含少量具经济价值的铜、银、镉。矿石总储量达10亿吨，含金属铅2940万吨。产量最高的1974年，该地区的铅产量占美国总产量的85%，占世界总产量的15%。现有生产矿山8处，其中4处由圣·乔矿业公司（St. Joe Minerals Corporation）经营。矿带北部维伯纳姆矿田的28、

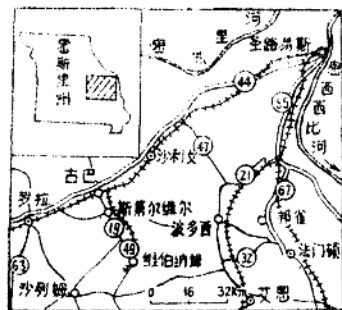


图1 交通位置图

29以及35号三矿山共计日产矿石4000吨；南部的弗列彻矿山日生产能力为5000吨，目前因开工不足，日产量仅达一半左右。据该公司近期资料，四个矿山年产金属铅为20万吨（约占全美年总产量的40%），锌2.5万吨，铜0.3万吨。

一 区域地质背景

密苏里州东南部地区位于北美地台南侧奥扎克隆起（Ozark Uplift）的东北边缘。前寒武纪结晶基底以花岗岩和流纹斑岩为主并有长英质岩石组成的火成杂岩，呈环状展布，出露于圣法兰科斯山脉（St. Francois Mt.）一带，构成长期隆起的高地（图2）。迨至晚寒武世海浸，以碳酸盐类岩石为主的地台型沉积连续至中奥陶世，是本区密西西比河谷型铅锌矿的主要容矿地层。诺克斯期（Knox Epoch）之后，本区发生构造回返，志留和泥盆纪为广泛的剥蚀时期，仅东邻伊利诺斯（Illinois）、肯塔基（Kentucky）州交界处有部分沉积。石炭纪为又一次大规模的海浸，海水淹没整个地台区，沉积物以碳酸盐岩为主，平行不整合覆于寒武—奥陶系之上。密西西比期后的剥蚀作用一直延续到中生代。白垩—第三纪盆地则发育于本区东南部密西西比河谷的多断裂地带。第四系广泛分布于河谷两岸（图3）。

矿带所处大地构造位置是稳定地台的边缘。区域构造是以圣法兰科斯山前寒武系基底为核心的低缓背斜隆起，古生界岩层倾角一般都很平缓。主要断裂是北西向的圣得日尼维尔（St. Genevieve）断裂及其派生的北东、北西向断层、节理裂隙。所有这些构造都伴有

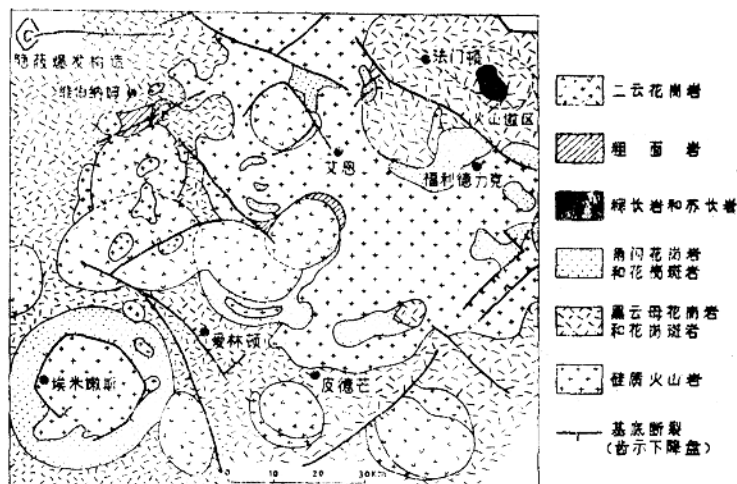


图2、圣法兰科斯山地区前寒武纪基岩地质略图

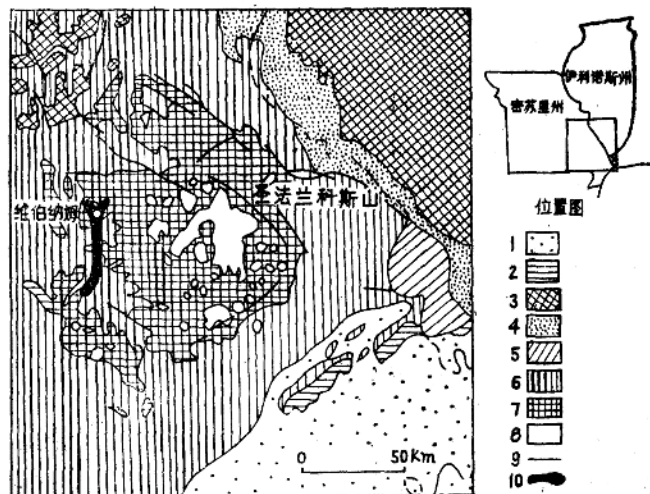


图3 密苏里州东南部区域地质略图

1.第三—第四系 2.白垩系 3.宾夕法尼亚系（中上石炭统）
4.密西西比系（下石炭统） 5.志留—泥盆系 6.奥陶系 7.寒武系
8.前寒武系 9.断裂 10.维伯纳纳河带

强烈的溶解作用，一部分具硅化，为成矿溶液提供了运移通道和聚积场所。其中位于东北部阿尔温斯—诺布力克 (Elvins-Knoblick) 的北东向的西姆斯山 (Simms Mt.) 正断层，实测断距为270米。

整个地区自寒武纪后，从未发生过强烈的造山运动，褶皱开阔平缓，属标准地台型盖层褶皱。未见古生代后的岩浆岩露头。

二 矿带地质特征

维伯纳姆矿带位于由前寒武纪火成杂岩构成的圣法兰科斯山的西侧，呈南北向展布，长达7.2公里，宽约10公里。分布地层主要为上寒武统和少部分下奥陶统。在构造上属圣法兰科斯背斜的西翼，岩层倾向西，倾角平缓 ($1^{\circ} \sim 3^{\circ}$ ，很少超过 5°)，北端有少数几条规模不大的北西、北东和东西向断层通过，属地质构造简单地区 (图4)。

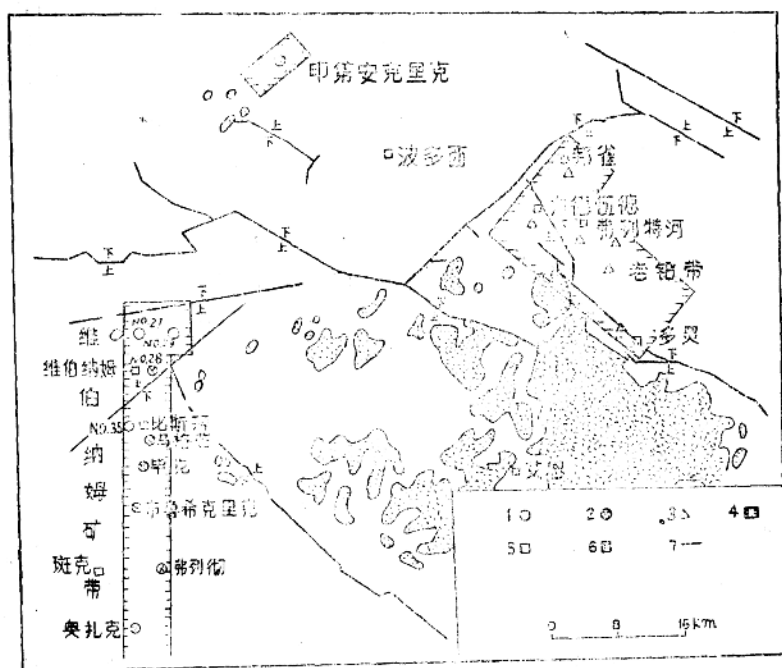


图4、圣法兰科斯山北部铅矿区地质图

1. 生产矿山 2. 生产矿山及选厂 3. 闭坑矿山 4. 矿区范围
5. 寒武奥陶系沉积物 6. 前寒武系火成岩 7. 断层

(一) 容矿地层

本区上寒武统当地称库拉辛统 (Croixian)，由六个岩组组成 (图5)。整套岩系包括海进和海退层序，分别为碳酸盐岩和碎屑岩沉积，而以前者为主。

1. 拉谋特砂岩组 (Lamoignon ss.) 为本区古生界底部地层，不整合覆盖于前寒武纪火成杂

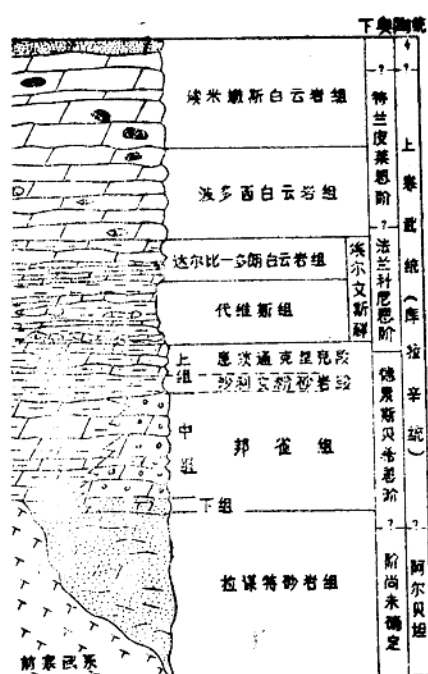


图5. 密苏里州东南部上寒武统综合地层柱状图

中邦雀组是本组的主体，由具泥晶灰和页岩相，以及与之同时期的鲕状相相穿插的两种岩性组成。前者代表“滨外I”；至于鲕状相，格德曼和迈尔斯(P. · Gerdemann & H · E · Myers, 1972)认为与堤礁可能同一时代，或者与森(K · G · Larsen, 1973)描述过的雀组中的藻礁同期形成。

上邦雀组地表露头所见为白云岩夹燧石颗粒岩（有时具交错层）和具潜穴的穿层泥岩。其中部分浅色粗晶白云岩称之为“白岩”（White rock）者，可能为后期相蒸发岩沉积，具面状叠层石、叠加状结构和鸟眼构造等。在地下，本组可分下部沙利文粉砂岩段（Sullivanian

*美国有许多地名系欧洲人以法语命名流传下来的。Bonne Terre, 法语, 以往译文中按英语误译为“博内特尔”, 今按法语读音译为“邦德”。

岩之上,厚0~170米。其岩性主要为浅灰白色细一中粒石英砂岩。底部颗粒较粗,棱角明显,有时富含长石砂岩,局部见花岗岩质砾岩。中下部有时夹薄层红色赤铁矿页岩,上部页岩通常呈透镜状夹层产出。

关于拉谋特砂岩的成因, 据奥杰坎加斯 (R. W. Ojakangas, 1963) 研究, 认为属“不同时的海进石英岩质砂岩”。豪等人 (W. B. Howe et al., 1972) 则以为该组有一部分也可能是河成或风成的。

2. 邦雀组(Bonne Terre Fm.) 为一典型复杂岩系, 由钙质泥晶岩和具完好等状结构的灰屑岩组成, 整套岩层以完全白云岩化为其特征, 一般厚100米左右, 是本区主要的容矿围岩。其中以叠层藻构成的礁相带控制本区成矿作用的分布(见图6)。地表及井下均可见到发育良好的指状叠层石、具叠层构造的粒状碳酸盐岩和生物环带层。礁后局部尚见纹层、粒和穿孔结构。

目前, 美国大多数地质学家根据岩性将邦雀组分为下、中、上三部分。

下邦雀组底部为一过渡层，其岩性由下稍含白云质的砂岩，向上逐渐变为砂质白云岩。

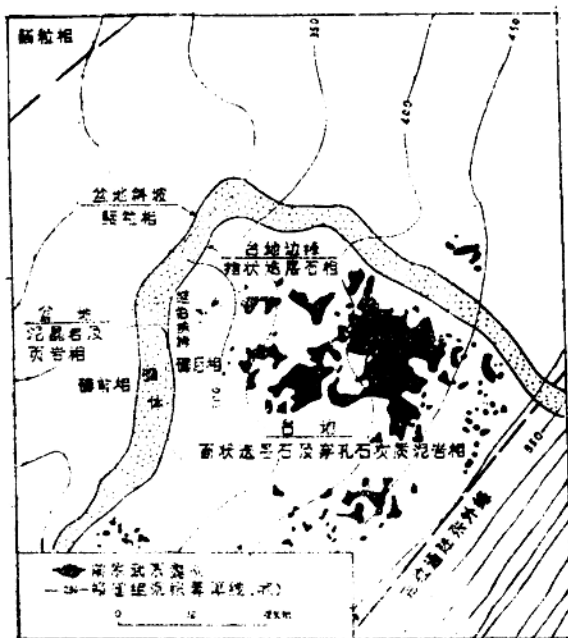


圖6、塞苏里州東南部邦省組沉積相分布圖

siltstone Member) 和上部惠茨通克里克段 (Whetstone Creek Member)。前者为页状、纹层状石英粉砂岩, 仅在维伯纳姆镇西北部克鲁克德克里克 (Crooked Creek) “变动” (构造窗) 区一地出露; 后者通常呈粗粒灰屑岩出现, 含不等量的石英砂、粉砂和 (或) 页岩。但迄今在地表露头中尚未区分。

邦雀组是本矿带的主要容矿岩层, 其沉积作用强烈地影响各个矿体的性质。在邦雀组沉积过程中, 目前已辨认出四个碳酸盐岩相和一个混合的碳酸盐—石英砂质岩相 (图6)。四个碳酸盐岩相为: 1 泥晶灰岩和页岩; 2 鲕状灰岩; 3 指状叠层石; 4 面状叠层石和穿孔状石灰质泥岩 (表1)。混合的碳酸盐—石英砂质岩相即上述下邦雀组砂质过渡层, 以拉谋特组与邦雀组的接触面为代表。

邦雀组沉积时期, 在圣法兰科斯山前寒武纪高地约5000平方公里范围内, 是碳酸盐岩台地的核部, 为面状叠层石和穿孔石灰质泥岩相, 一般为浅灰色, 即上述上邦雀组的“白岩”相, 主要显示低能沉积环境; 指状叠层石和鲕状相则出现于两个泥岩相之间的一条5—10公里宽的条带中, 代表着中等至高能沉积环境。前者含有机物, 代表潮间带的沉积; 而后者是沿着维伯纳姆矿带侵入盆地而形成的斜坡相, 它是密苏里州西部和北部的区域海岸线, 被认为是代表了波基面上的潮下带。泥晶灰岩和页岩相围绕着前寒武纪高地分布, 主要在密苏里州中部和南部大部分地区, 为克拉通内盆地沉积, 含有石灰质和陆源泥质, 属低能环境沉积, 形成于潮下带波基面之下, 可分为页岩状石灰质泥岩亚相和穿孔状粒泥状灰岩亚相。

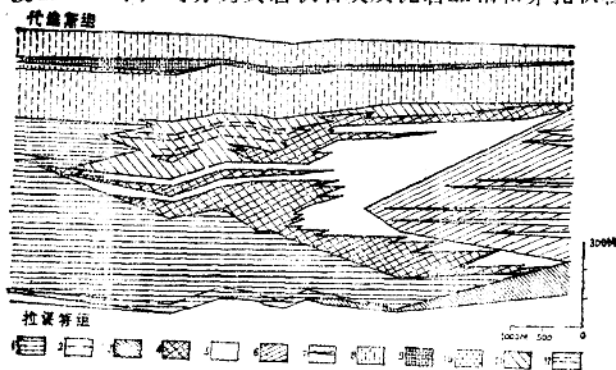


图7. 邦雀组沉积相关系图

礁前相: 1. 泥质泥岩 2. 兰色泥灰岩 3. 底部含砂带 礁体相: 4. 粘结碳酸盐岩
5. 鲕状岩 (碎屑) 礁后相: 6. 穿孔泥质粒泥状灰岩 7. 面状叠层石
深外海相: 8. 鲕状岩 9. 绿色粉砂岩 10. 绿色粉砂岩 11. 颗粒岩 (碎屑)
12. 灰色粉砂岩

维伯纳姆矿带的邦雀组, 其沉积相可划分为礁前相、礁体相、礁后相和陆架相 (图7)。各相区 (带) 的岩石组合反映当时寒武纪浅海围绕前寒武纪岛丘, 海水面变动的不同古沉积环境。换句话说, 即基底强烈影响着邦雀组的沉积相格局, 藻礁的发育及其原生、叠加的渗透性。

礁前相主要为含礁屑和团粒的泥质、石灰质泥岩。礁体相以粘结碳酸盐岩和鲕状颗粒岩为主, 前者由藻叠层石、鲕粒、三叶虫和棘屑以及富含葛万藻的团粒组成。礁后相为含面状叠层石和穿孔团粒泥的泥质粘结碳酸盐岩和粒泥状灰岩。

而覆盖整个外滨带的陆架相, 是由鲕粒、三叶虫和棘屑、团粒、核形石和礁屑的一套颗粒岩—泥岩组成。

3、代维斯组 (Davis Fm.) 由绿色页岩、砂质 (粉砂质) 灰岩和钙质粉砂岩互层组成, 普遍含细粒海绿石, 常夹含扁平状泥砾的砾岩。厚约60米。底部碎屑物显著增加, 并富含大量海绿石团粒。地表所见本组岩性为页岩夹白云岩, 其中具结核状“漂砾”外表, 实乃白云岩化了的藻类生物丘。钙质粉砂岩的层面上还见有保存完好的波痕, 表明代维斯组沉积时所处的海进式滨外相的浅水环境。

4、达尔比—多朗白云岩组 (Derby-Doerun Fm.) 该组是密苏里州寒武系剖面中岩性最稳定的岩层之一, 为细晶到中晶泥质白云岩。厚约30米。下部白云岩具薄而不规则的层

表 1

沉积位置	盆	地	斜	坡	台地边缘	台地	地
相	泥晶灰岩和页岩	含化石的鲕状灰岩内碎屑	鲕状灰岩内碎屑	鲕状褐色内碎屑	灰色或褐色内碎屑	灰色内碎屑和球粒	层状石灰质泥岩
主要颗粒	含化石	小的(2毫米)穿孔状结构	鲕状结构	穿孔状结构	小的(2毫米)水平内碎屑状灰岩	大(6~8毫米)垂直和水平状	球粒
颜色	浅、深灰色泥岩至中灰色页岩	中至深灰色粒泥状灰岩、深绿色至中灰色页岩	中褐色	中褐色至棕黄色	中灰至褐灰	浅灰至浅棕黄色	灰至浅棕黄色
层理	具薄韵律、交错层理的页岩、石灰质泥岩	薄层交错层理页岩和泥岩	薄至中层	中至厚层交错	厚层至块状	薄至中层横切粘碳酸岩	中至厚层交错纹层
碳酸盐成份	灰岩	灰岩至白云质灰岩	灰岩至白云岩	白云质灰岩至白云岩	白云质灰岩至白云岩	灰岩至白云岩	灰岩至白云岩
潮序	潮下低于波基面	潮下低于波基面	潮下高于波基面	潮下高于波基面	潮下高于波基面至低潮间	高潮间至潮上	高潮间至潮上
能量级	低	低	中	高	中至高	中至低	低
详细位置	盆地最深处	浅滩盆地	斜坡下段	斜坡上段	台地边缘	台地边缘(潮沟充填)	台地(旋回沉积)(旋回沉积)

状，常夹波状褐色粉砂质页岩夹层，含细粒海绿石，与下伏代维斯组可能呈舌状穿插；上部白云岩呈厚层状，有许多生物穿孔，其中常见有灰屑，有时具鲕粒结构，面状和指状叠层石发育。当地地质学家常把本组下部层位非正式地称为“寒武系碎屑岩之顶”，是整个矿带地下寒武系进行对比的良好标志层。

5、波多西白云岩组 (Potosi Fm.) 为厚层状细晶至中晶白云岩，通常见有灰屑，具很多生物穿孔和典型晶洞。出露厚度为45米。

豪等人 (1972年) 指出，波多西组在圣法兰科斯山地区所见的主要岩性为白云岩化鲕状碎屑岩，含指状和面状叠层石；而该山脉以西则以具许多生物穿孔和块状碳酸盐类岩石为特征，叠层石的发育程度减低。

6、埃米嫩斯白云岩组 (Eminence Fm.) 岩性仍为与波多西组类似的白云岩，唯结晶较粗，且普遍含燧石，常衬有石英晶簇的大晶洞。硅化是本组的一个重要特点。

本组被认为是密苏里州寒武系的最上部层位，与上覆下奥陶统加斯科纳德组 (Gasconade Fm.) 的岗特砂岩段 (Gunter Ss. Member) 可能呈不整合接触，然而二者界线的真正位置尚未弄清。

下奥陶统加斯科纳德组和小部分鲁必多克斯组 (Roubidoux Fm.)，出露于矿带的南面及其东邻较高的岗峦地带。因非主要对象，兹从略。

〈二〉 控矿构造

大型构造及岩礁带是控制维伯纳姆矿带的主要因素。至于控制矿体的局部构造则种类繁多，主要有沉积构造、溶解构造和构造运动产生的各种构造。沉积构造包括沙洲、岩礁、化岩礁和水下滑动角砾岩等；溶解构造往往与不整合面有关，顺不整合面移动的地下水，沿先形成的裂隙进行选择性地溶解，使岩层变薄形成塌陷角砾岩；大断层派生的小断裂、节理和角砾岩对矿体均起重要作用。以上三类构造互相促进加强，形成一套互相连通的空隙系统，成为矿流体运移的通道和矿石沉淀的良好空间。

〈三〉 矿床特点

依照卡拉汉 (W. H. Callahan) 提出的古地文成矿概念而划分的矿床类型，本矿带具有 A₁、A₂、A₃、B₁ 型 (图8)。

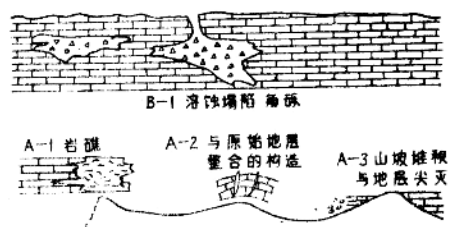


图8 维伯纳姆矿带矿床产出位置示意图
(据卡拉汉古地文图解分类)

维伯纳姆矿带矿石中矿物成分较简单。有用矿物主要是方铅矿，其次是闪锌矿，有时有黄铜矿，少数矿区含有镍、钴硫化物，局部有自然铋。方铅矿含Ag低；闪锌矿的特点是Cd高Fe、Mn低。脉石矿物主要是白云石和方解石，其次是黄铁矿、白铁矿、石英、重晶石和萤石。主要矿物往往是多期反复沉淀。

矿石以充填为主，浸染交代为辅，矿物多发育成完好晶体，有时形成罕见的巨晶。矿物之间连生

不紧密，后沉淀的矿物通常覆盖于先成晶体之上，而无强烈的交代作用。

围岩蚀变主要为白云岩化，局部亦有硅化。但是否与矿化有关尚有争议。

三 矿床地质分述

维伯纳姆矿带自北而南包括维伯纳姆矿田(27、28、29号矿山)、35号、马格芒、布克、拉希克里克、弗列彻以及奥扎克矿山。矿带内各矿床地质特征大同小异。矿化的主要层位为上武统邦雀白云岩组的上部礁岩相。礁岩相又可分为礁后相(白云岩)、礁体相(白云岩化岩)和礁前相(灰岩)(见图6)。大部分矿体赋存在礁体相中,矿体厚度与礁体厚度呈正相关关系。另外,矿带内溶蚀塌陷构造发育,使岩层角砾化,大部分矿石产在灰屑岩层角砾化的云岩中。主要矿石矿物有方铅矿、闪锌矿、黄铜矿和白铁矿,它们或充填在角砾间,或产在叠层石附近的灰屑岩中。

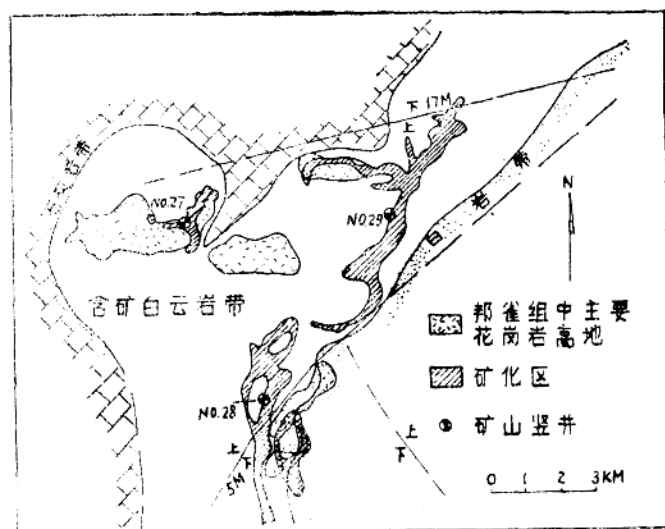


图9. 维伯纳姆矿田位置及邦雀组沉积相划分图

(一) 维伯纳姆矿田(27、28、29号矿山)

维伯纳姆矿田地该矿带的最北端,位于维伯纳姆镇及其北侧,三矿山呈三足鼎立分布,相距约5公里(图9)。该矿田自1955年9月在维伯纳姆镇北约5公里处的第一个发现矿带的占孔(即27号矿)以来,花了三年时间弄清主矿体的概貌后,随即于1960、1964年先后投入开采。与此同时,在No.28号井附近建成日处理6000吨矿石的选厂,1965年整个矿田日产矿石增至1000吨。1978年9月27号矿停采,但其它二矿的产量仍逐年上升。近年每矿日产矿石4800吨左右。自1960年至1978年仅28号矿已累计已含产 $Pb3.95\%$ 、 $Zn0.5\%$ 、 $Cu0.18\%$ 的矿石1500万吨。

矿田附近一带,前寒武系流纹岩和花岗岩曾遭受深侵蚀作用,形成高低不平的基底。上寒武统拉谋特砂岩堆积于谷地低洼处,厚达130米。当邦雀组沉积时,不少基底仍高出海面,呈岛屿状分布,少部分岛屿断续保持到波多西组沉积期。此一寒武纪海岸展布的格局,控制了邦雀组主要沉积相的变化。在维伯纳姆地区,邦雀组白云岩经详细研究,可划分出若干个带(图4)。矿体赋存于由藻叠层石组成的礁体(即七带,在28号矿山厚20~34米)及其上覆的五带灰屑岩中。

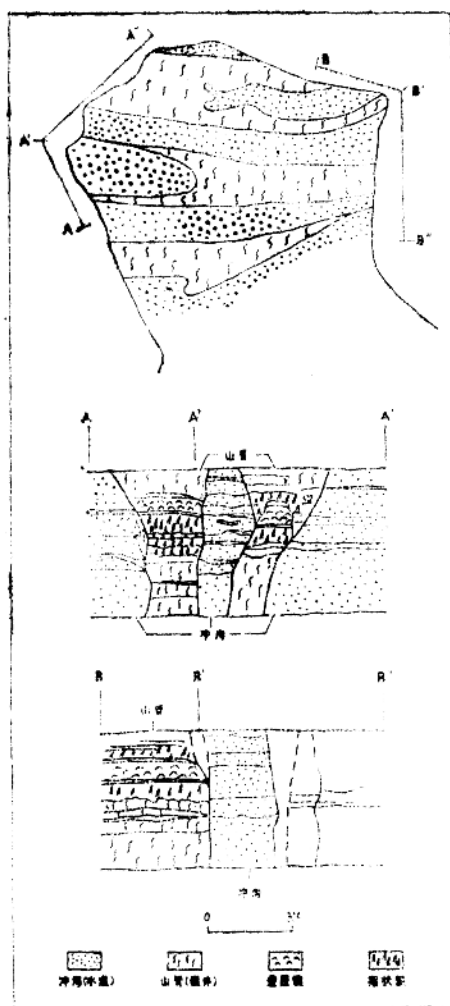


图10 典型的“山脊”与“冲沟”构造示意图

藻叠层石一般为柱状或指状，有时还可分出垂直叠加的半球状。平均“指”的直径约2.6厘米，通常亦见头形状，直径21~26厘米。藻叠层石呈褐或棕黄色，通常基部的颜色稍暗。在藻柱体中，藻屑和其它碎屑堆积，常呈浅色并有黑色页岩分离体和灰色斑点，屑体间具充填碎屑沉积物的冲沟（图10），这些冲沟在28号矿山一般呈东西向；在27号矿山呈北北西向，其形成受构造裂隙控制。冲沟与礁体接触部位通常具有良好的矿化。

五带的下部为棕黄色鲕粒灰屑岩，其厚度在28号矿山为3~34米，延至29号矿山变薄直至缺失。其底部以灰色粉砂质灰屑岩与棕黄至褐色晶质灰屑岩互层，作为与七带分界的标志层。上部为棕黄至褐色具褐色斑的细晶灰屑岩，厚约33米（28号矿山）。发生于五带顶底的角砾岩带是重要的含矿构造，28号矿山高品位的矿石往往沿此带呈南北向狭长分布，平均含Pb 5%，最高可达30%。

矿田的矿石矿物为方铅矿、闪锌矿、黄铜矿，但锌、铜往往不共生在一起，具互为消长关系。27、28、29号矿山铅锌铜三者各自比率分别为10:0.8:0.6, 10:1:6和10:1.5:0.4。脉石矿物有方解石、白云石、黄铁矿和白铁矿。主要矿物生成顺序是：黄铜矿→闪锌矿→方铅矿。方铅矿是本矿田的主要硫化物，呈浸染状及条带状产出，局部形成囊状晶洞，具良好的他形—自形晶（立方体最为常见）。其形成部分来自交代作用，但通常属开放空间和裂隙充填。

（二）马格芒（Magmont）和35号矿山

该二矿分布于维伯纳姆矿带的中北段约三分之一处（见图4）。马格芒矿位于毕克斯拜（Bixby）镇南800米。发现于1962年9月，共打了200多个钻孔，取岩心4万多米。矿体产于地下约400米处。该矿床主要为方铅矿，并有少量的锌、铜、银。矿山于1968年开始生产，年采选矿石能力为100万吨。35号矿山位于毕克斯拜镇的西侧，是1983年新近投产的矿山。目前尚无公开发表的资料可考。

马格芒矿区的地层顺序如图11。表2简略地列出了邦雀组的岩石类型和矿区采用的岩层名称。本矿区邦雀组的总厚度平均约95米。其中礁后相经褪色和重结晶作用形成的“白岩”不发育。

矿区内矿化几乎全部产于邦雀组A、B、C、D四层 B为主矿层，C、D层迄今大都由钻探得知，品位变化较大。可采矿石主要产在碎屑物夹层中，这些夹层是上部礁灰岩层中分隔各礁

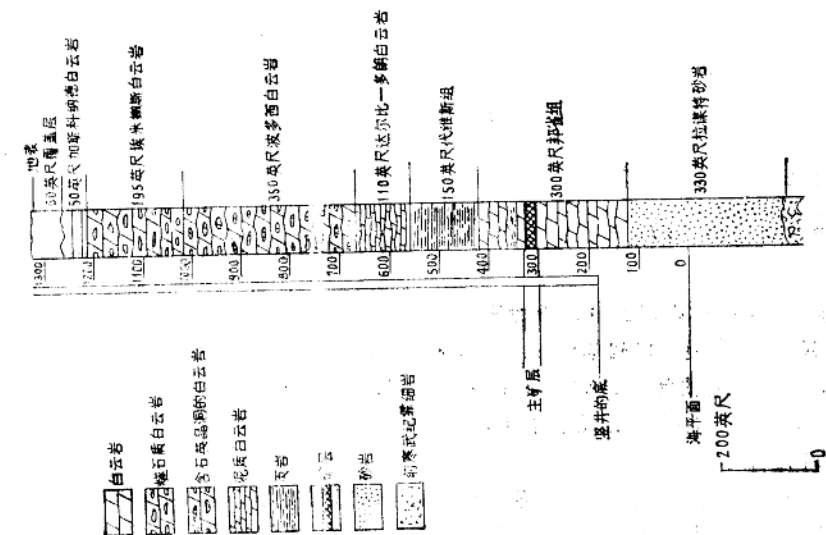


图 11 马格芒矿山典型地层剖面图

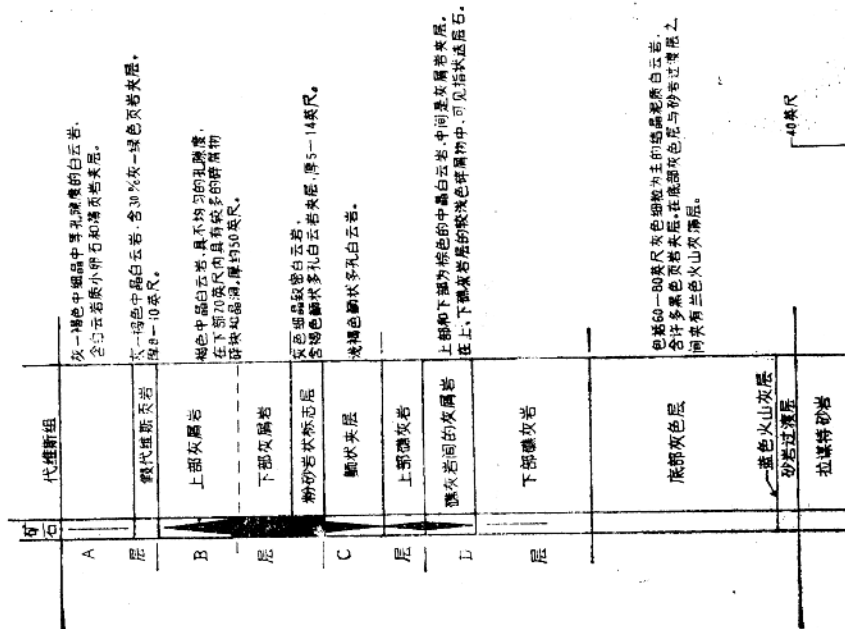


图 12 马格芒矿山群雀组岩石类型及所用的地层名称简图

表 2

维伯纳姆矿带邦雀组地层分带简表

	带号	主 要 岩 性
		代维斯页岩
矿化部位	1	棕黄色致密带状泥岩
	1—5	棕色多孔结晶质颗粒岩, 含鲕粒和核形石
	5	棕黄色结晶质颗粒岩
	5	灰棕黄色鲕状颗粒岩
	7	棕色指状藻叠层石
	10	棕黄色鲕状颗粒岩
	10—12	棕黄色鲕状, 棕黄色结晶质, 灰棕黄色斑点颗粒岩
	19	砂质海进颗粒岩
	20	拉谋特砂岩
	21	前寒武系

体的冲沟充填物。礁相物质即生物礁和较致密的指状叠层石, 只具有晶洞中的稀疏方铅矿化在局部地段, 鲕状带含丰富的浸染状方铅矿。在靠近矿带的东西两侧, 有白铁矿晕 (图13) 数量最大的矿石矿物依次是方铅矿、闪锌矿、黄铜矿, 它们在平面上的产出, 具明显的分带

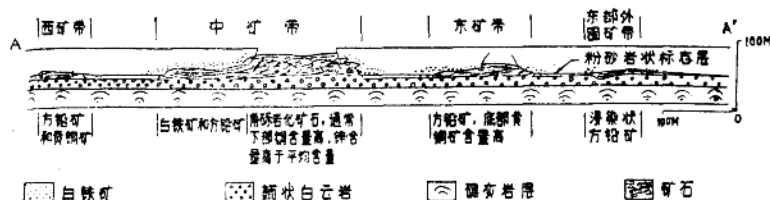


图13、马格芒矿山北部 A—A' 横剖面图

性, 而碲硫镍钴矿是黄铜矿极其普遍的伴生矿物。少数矿石见有沥青质有机物相伴产出。主要脉石矿物依多寡为序是白铁矿、白云石、方解石、石英和地开石。本矿床硅化作用明显, 主矿带内的晶洞中石英晶簇发育。

马格芒矿山有三个矿带, 其分布与维伯纳姆矿带的南北走向轴平行。在北端, 各矿带东西间相互间距为700米 (图14), 南端则彼此逐渐合并。其矿化通常与发育的节理系统所形成的似岩溶构造有关。

西矿带: 本带特征是沿西缘曾发生过同沉积期的滑塌作用, 坍塌物为一些灰色细粒粉砂岩状标志层, 具无定向棱角状岩块, 夹在同一地层单位的褐色白云岩中。局部地段尚见有少量角砾岩化, 矿化交代角砾的现象普遍。该矿带的矿体厚度一般为11—12米。

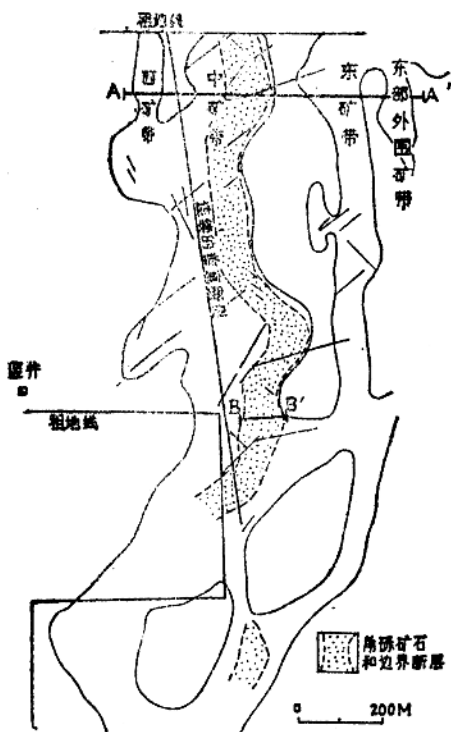


图14. 乌格芒矿山北部平面图(示矿带和断裂型式)

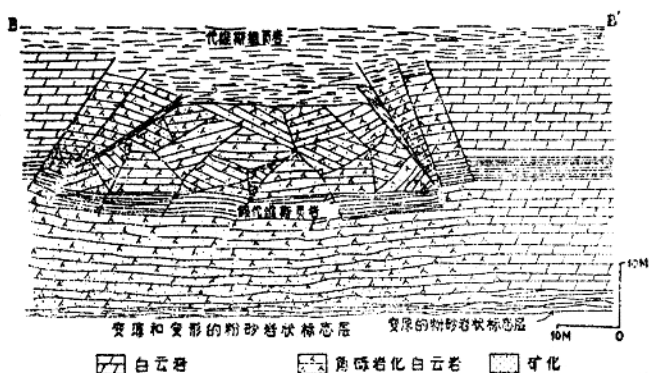


图15. 与格芒矿山B-B'横剖面图。(表示角砾岩、有关的
塌陷断裂以及变薄的粉砂岩标志层)

中矿带，为本矿的主矿带，矿化从B层底部向上一一直延伸到A层，其明显特征是中部矿石已角砾岩化，假代维斯页岩沿垂向坍塌4米许(图15)。在某些角砾化非常强烈的地段，虽然代维斯组也发生了塌落，但在这种上覆的不透水页岩屏蔽层的底部，矿化就突然中止了。

东矿带：宽约70米，最大厚度约17米，坍塌的规模较小，其情况与中矿带类似。

出现于东矿带以东的另一南北向舌状矿带，称东部外围矿带，在孔隙极多的下部灰屑岩中含有浸染状方铅矿。

(三) 布克 (Buick) 和布鲁希克里克 (Brushy Creek) 矿山

为分布于维伯纳姆矿带中段的二座矿山。布克矿位于毕克斯拜镇南6.5公里,1960年发现了长达8公里的矿体,总储量超过5000万吨(按Pb 8%、Zn 2%计),于1969年投产,1976年产Pb 9.5%、Zn 3.5%的矿石达1000万吨,该矿自1973年以来,其

产量几乎占全美总产量铝的28%和锌的12%。布鲁希克里克矿位于布克矿之南约7公里，实为同一矿体的南延部分。本矿山1973年投产，日采选铝、锌、铜矿石能力为5000吨。

据有关资料,该二矿的含铅
 锌铜硫化物矿体,如同马格芒中
 矿带所见的角砾岩类型一样,产
 于邦雀组上部,由白云岩化的陆
 架相灰屑岩构成的角砾岩中,该
 陆架相位于指状藻叠层石与代

维斯页岩之间。在布克矿可见在平面上呈南北向大致相互平行的角砾岩体，每个角砾岩体宽30—100米。矿体的各个部位，矿石具一定垂向分带性，且品位悬殊，但均伴生有黄铁矿为其特征（图16）。矿石矿物除方铅矿、闪锌矿和黄铜矿外，其它硫化物尚有黄铁矿、白铁矿、硫镍钴矿、辉镍矿、方硫铁镍矿、方硫镍矿及少量斑铜矿和毒砂。脉石矿物有白云石、方解石、石英及粘土矿物高岭石和地开石。此外，局部地区拉谋特砂岩中，还含有少量自然铋。

