

层控矿床和层状矿床

第 五 卷

K. H. 乌尔夫 主编

地 质 出 版 社

层控矿床和层状矿床

K. H. WOLF 主编

第 五 卷

区 域 研 究

地 质 出 版 社

HANDBOOK OF STRATA-BOUND AND STRATIFORM ORE DEPOSITS

Edited by K. H. WOLF

ELSEVIER SCIENTIFIC PUBLISHING COMPANY

1 9 7 6

Volume 5

REGIONAL STUDIES

层控矿床和层状矿床

第 五 卷

乌尔夫 主编

*

地质部书刊编辑室编辑

地质出版社出版

(北京西四)

地质印刷厂印刷

(北京安德路47号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本: $787 \times 1092^{1/16}$ · 印张: $15\frac{3}{4}$ · 插页: 2个 · 字数: 366,000

1980年12月北京第一版·1980年12月北京第一次印刷

印数1—4,095册·定价2.20元

统一书号: 15038·新565

层控矿床和层状矿床

1—7 卷

第一部分 原理及通论

- 第一卷 矿床分类及研究历史
- 第二卷 地球化学研究
- 第三卷 表生作用及表成矿床；结构和组构
- 第四卷 大地构造及变质作用

第二部分 区域研究及特定矿床

- 第五卷 区域研究
- 第六卷 铜、铅、锌及银矿床
- 第七卷 金、铀、铁、锰、汞、锑、钨及磷矿床

层控矿床和层状矿床

第五卷 区域研究

目 录

第一章 东阿尔卑斯山的层控矿床 R.Höll 和 A.Maucher	1
前 言	1
铅-锌(重晶石-萤石)矿床	4
含铜的硫化物(“Kies”)矿床	10
砂岩中的铀矿床和铜矿化	11
白钨矿矿床	13
辉锑矿矿床	16
辰砂矿床	17
菱镁矿矿床	18
菱铁矿矿床	19
锰矿床	20
小结和结论	21
参考文献目录	22
第二章 加拿大科迪勒拉的层控矿床 R. I. Thompson 和 A. Panteleyev	29
前 言	29
构造轮廓	29
哥伦比亚造山带的地层概况	33
元古代	35
古生代和早中生代	36
晚中生代和第三纪	36
太平洋造山带的地层概况	37
结晶基底	37
古生代岩石	37
中生代岩石	39
新生代岩石	40
定义	41

哥伦比亚造山带的层控矿床：元古代岩石中的矿床	41
Belt-Purcell 超群的一般地质概况	41
Belt-Purcell 超群中的铜	44
其它Purcell岩石中的铜矿化	46
小结	47
Purcell 超群中的铅和锌.....	47
小结	53
Windermere 系 (Hadrynian期) 中的含铁建造.....	54
哥伦比亚造山带中的层控矿床：早-中古生代 (和最晚元古代) 矿床	55
南科迪勒拉的铅-锌成矿作用	55
北科迪勒拉的铅-锌成矿作用	58
中泥盆纪矿床总的分布情况及其地质	61
小 结	61
太平洋造山带的层控矿床.....	62
块状硫化物矿床	62
层控矿床和层状矿床	66
具散染状矿化的层控矿床	68
含铜硫化物-自然铜矿的矿床	69
小 结	71
参考文献目录	74

第三章 北阿巴拉契亚各火山成因矿床的对比及其与构造演化的关系 A. A. Ruitenberg

前 言	83
地质概况	83
前寒武纪	84
寒武-奥陶纪	84
志留-泥盆纪	89
石炭纪及其以后的时期	90
火山成因矿床	90
分裂的大陆边缘 (或主要内克拉通盆地) 火山岩中的矿床	91
海底铁镁质 (“洋脊”) 火山岩中的矿床	94
海底铁镁质到长英质 (“岛弧”) 火山岩中的矿床	99
陆相潜火山岩矿床	111
讨 论	113
参考文献目录	117

第四章 英格兰南 Pennines 和Mendip山矿床的比较研究

T. D. Ford.....	123
前 言	123
南 Pennines	123
引 言	123

地 层	124
构 造	127
较近期的地质史	128
二叠-三叠纪的成矿作用	129
存在的矿物	129
矿 体	131
热力分带	133
流体包裹物	134
同位素年龄测定	135
围岩蚀变	136
矿床成因	136
Mendip 山	140
引 言	140
地 层	140
构 造	142
矿 田	143
矿物学	144
热力、同位素及其他研究	144
矿石成因	144
南Pennine和 Mendip 矿田的对比	146
结 论	147
参考文献目录	148

第五章 北Pennines湖区和北威尔士的矿床 P. R. Ineson..... 151

前 言	151
北 Pennines 矿田-Alston 断块	151
矿 床	153
矿 物	154
矿田的分带	154
流体包裹体研究	155
围岩蚀变	155
成矿作用的时代	155
矿石的成因	156
北 Pennine 矿田-Askrigg 断块	158
矿 床	159
矿田的分带	159
湖区矿田	160
矿 床	162
矿田的分带	165
流体包裹体研究	165
围岩蚀变	165
成矿作用的时代	165

矿石的成因	167
威尔士东北部矿田	168
地 层	168
构 造	169
矿 物	170
矿 体	170
矿田的分带	171
流体包裹体研究	171
围岩蚀变	171
成矿作用的时代	171
矿床的成因	172
结 论	173
参考文献目录	173
第六章 爱尔兰贱金属矿床的成因 A.M.Evans	177
前 言：地质结构	177
矿床的产状、性质和成因	179
加里东变质带	179
加里东造山带的非变质带	180
华力西褶皱带	183
红层铜矿	183
脉状矿床	183
华力西前陆——爱尔兰中央平原	185
下古生代内窗层中的矿床	186
下部石炭系中的矿床	186
参考文献目录	194
第七章 南部非洲层状矿床评述——矿床的时空位置	
C. R. Anhaeusser 和 A. Button	197
前 言	197
南部非洲的地层史	198
层状矿床的分类	203
机械富集成因矿床	203
古砂矿	203
现代海底、海岸和河流冲积砂矿	206
有机堆积物	208
Karoo超群中的煤和油页岩	208
石 油	210
化学沉淀物	210
灰岩、白云岩和大理岩	210
铁 岩	210
含铁建造	213

锰 矿	214
石棉状角闪石	215
火山成因矿床	216
绿岩带内的火山成因矿床	216
开普省西北部火山成因矿床	218
西南非洲(纳米比亚) Damara 超群中的火山成因的铜矿床	221
层状后生矿床	222
高温、中温、低温热液矿床	222
高温交代矿床	224
超低温热液矿床	224
与表生作用有关的矿床	227
高品位铁矿	227
锰 矿	230
磷酸盐	232
石 膏	232
钙质结砾岩	233
盐	233
铝土矿	233
与变质作用有关的矿床	234
碳酸岩中的变质矿物	234
硅酸盐和铝的氧化物	234
南部非洲金属成矿时代	235
参考文献目录	238

第一章

东阿尔卑斯山的层控矿床

R. Höll 和 A. Maucher

前言

阿尔卑斯山虽然主要因为它的推复体构造而成为一个受到深入细致调查研究的欧洲山脉,但人们尚未能写出有关东阿尔卑斯山的详细地质说明。人们对于阿尔卑斯山从二叠纪以来最年轻的地质史部分已比较熟悉了。然而也还存在不少众所周知的问题,尤其是关于一些前二叠纪岩系的年龄、成因、以及关于前阿尔卑斯造山运动的存在、时代与强度等问题。Flügel 和 Schönlaub 已提出了一个关于在东阿尔卑斯山最近了解到的古生代岩系的汇编材料(1972年)。虽然如此,我们仍试图以全球板块构造为基础(图1),并引用了大量文献和我们自己的研究结果,扼要说明东阿尔卑斯山的地质演化情况。

在东阿尔卑斯山,虽然不同论据都指出存在着前寒武纪岩系,但至今仍未能确切地鉴别出前寒武纪的岩石。

很可能在寒武纪或最迟在早奥陶世时代,在大陆(雏形大陆?)南部边缘的附近发育着一个迅速沉降的地槽。

在阿尔卑斯山的早古生代岩系已沉积在这一地槽盆地的狭长地带内。它们在盆地内的原始位置,从北到南与阿尔卑斯期造山运动形成的东阿尔卑斯的不同构造单元是一致的。这些不同的构造单元,自底部到顶部为:

Penninie带,

下奥地利—阿尔卑斯单元 (lower Austro-Alpine unit),

中奥地利—阿尔卑斯单元 (middle Austro-Alpine unit),

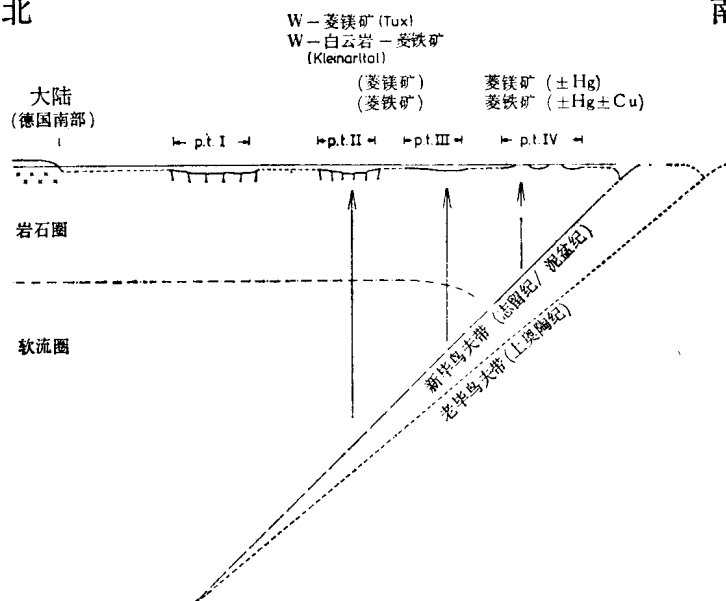
上奥地利—阿尔卑斯单元 (upper Austro-Alpine unit)。

Pennine 带的早古生代岩系是从前这一地槽的最北部地区的一部分;上奥地利—阿尔卑斯单元的同期岩系,就如南阿尔卑斯山原来相联结的岩系那样,代表着目前所知最南部的沉积作用。在这些构造单元内的早古生代岩层说明了,可能具有平行局部凹槽和隆起的地槽盆的演化过程。

基性和一小部分超基性的海底火山岩(原始岩浆岩)在最古老的、泥质-砂粗碎屑岩沉积物沉积之后出现,它可能沉积在这一地槽的整个范围内。最南面的局部海槽的火山活

北

南



北

南

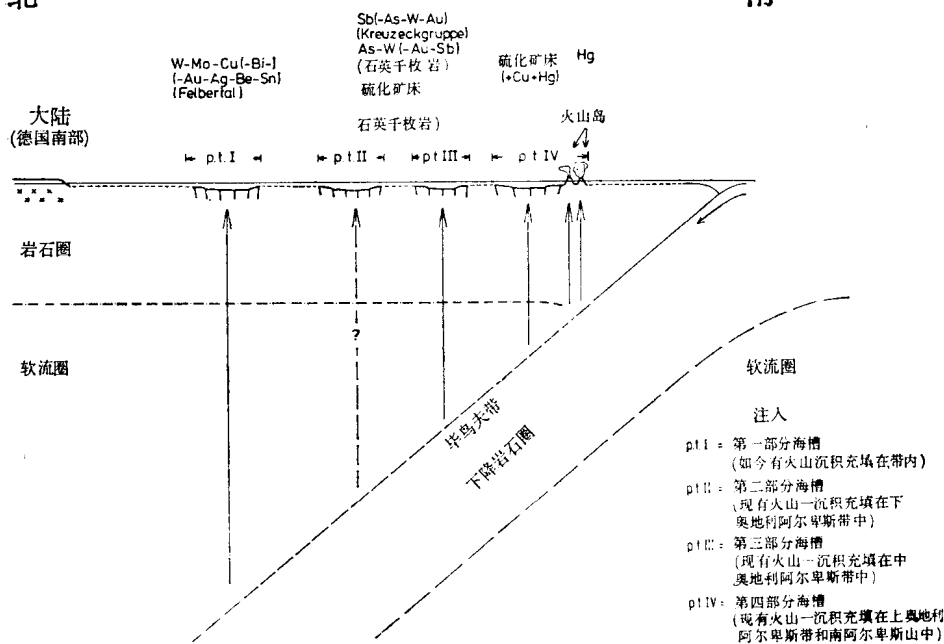


图 1 早古生代造山运动发展略图

附不同部分海槽中的典型层控矿床。第一阶段 (下图), 上奥陶纪 (伴有基性和超基性火山岩)。第二阶段 (上图), 志留-下泥盆纪 (主要是酸性火成岩)

动, 最晚起始于 Caradocian 世而结束于奥陶纪末期前后。关于地槽其他部分的火山活动时代还存在着相当多的未确定的问题。不同部分的海槽与隆起之间显示出了年代上的变化。我们必须考虑到这一基性的火山活动可能已延续到泥盆纪, 首先是在这一地槽的北部。可

能在地槽的许多部分,成矿作用(含铜硫化矿床,铅-锌矿床,白钨矿床,辉锑矿床,辰砂矿床等等)与此次基性火山活动有关。在地槽内的个别部分可以见到具有不同类型矿化作用的平行矿化带,其成因与特定的岩浆特性和生成相有联系。所以,辰砂矿床产于南阿尔卑斯山和上奥地利-阿尔卑斯单元。(白钨矿-)辉锑矿床和白钨矿-毒砂矿床可在中奥地利-阿尔卑斯单元发现。纯的、几乎完全不含钼的白钨矿矿化作用仅出现于下奥地利-阿尔卑斯单元。在 Pennine 单元,白钨矿床内尚有 Mo、Bi、Be、Cu、Au、Ag 等含于其它元素之中 (Höll, 1974)。

在奥陶纪过渡到志留纪的这段时期的前后,原始加里东地槽最南面的局部海槽已经隆起,并因而过早地干扰了这一优地槽的发育,以致并未因褶皱而形成山脉 (Mostler, 1970)。据此,我们设想,一个具有向北倾斜的毕鸟夫带的原始科迪勒拉型地槽演化就被这一构造事件所中断了。我们必须考虑到,当时,毕鸟夫带发生了决定性的变化。然而仍未证实在地槽的其他部分发生过突然的构造变动。看来,老的加里东地槽的北部有可能逐渐地转化为华力西地槽。

随着最南面局部海槽内的优地槽发育变化而来的是酸性岩浆的广泛喷出。这类酸性岩浆(“斑岩类”)不仅可以在这一部分海槽中找到,而且在地槽的其他部分,甚至在 Pennine 带也可以找到。本文作者认为,这些酸性的、部分是陆上的喷发火山岩(熔结凝灰岩),是仍然与加里东期有关的再生熔化的产物,而不是与较老的基性火山岩有关的分异物。必须考虑它与花岗岩的因果关系。这些花岗岩可以认为是与酸性火山喷出岩相当的侵入相。我们依据花岗岩同位素年龄测定值提出,在地槽以北的大陆地区(德国南部)也显示有加里东期的岩浆作用。老加里东地槽南部的向上隆起,在志留纪时期引起了相当强烈的岩相分异。这一过程后,紧接着就过渡为充填着浅水沉积物的华力西地槽。

含盐相、首先是从上志留世至下泥盆世时间内的含盐相,显然对于矿床的形成是非常重要的。这对菱镁矿床的形成,还可能对菱铁矿床的形成是有利的,特别在南部的沉积区更是如此。时间上属于下石炭纪的菱铁矿床是在北边杂砂岩带(“Nördliche Grauwackenzone”)东部的小条带内,这些矿床像较老的菱镁矿床那样明显地与特殊的沉积环境有关,但与华力西期或阿尔卑斯期岩浆活动没有联系。

华力西造山运动(碰撞型)的特征是具区域深熔作用和花岗岩化作用的变质作用。“Tauern 天窗”的中央片麻岩,至少在较大程度上可由华力西(二叠纪)的深成岩体衍生而成。南阿尔卑斯山的一次二叠纪酸性火山活动(Bozen 石英斑岩)可能属于同源的岩浆。华力西期碰撞型造山运动对东阿尔卑斯山的成矿过程不利。

外生的铀-铅-锌矿床,以及铜-铅-锌矿床均形成于二叠纪,部分形成于早三叠纪华力西山脉受到侵蚀搬运作用之后。这类矿床集中于南阿尔卑斯山,但亦产于东阿尔卑斯山中。

有一篇综合性的文献涉及到现今东阿尔卑斯地区华力西期以后的地槽发育情况。该文的作者们提出该处地槽的发育也始于科迪勒拉型地槽的演化。三叠纪的(钼-, 氟-)铅-锌矿床和侏罗纪的小型硫化矿床及锰矿床等,都与海底蛇绿岩有关。在白垩纪时,欧洲板块和非洲板块碰撞,引起了科迪勒拉型造山运动向碰撞型造山运动过渡。基底与沉积盖层就因此而产生了构造上的分裂,并以上述构造单元的形式向北移动。碰撞型造山运动还是不利于成矿的各种作用,而仅仅有利于变质活化作用和古老矿化作用的再生。

早期的作者们提出,在阿尔卑斯山所有矿床的形成几乎都与阿尔卑斯期造山运动有关。在马德里第十四次国际地质会议上,W. Petrascheck (1926) 提出一篇题为“东阿尔卑斯的金属成矿带”的论文,他强调东阿尔卑斯山绝大多数矿床,特别是“深成热液”的金矿床、“中深热液”的菱铁矿-(菱镁矿)-铜矿床和“浅成热液”的铅-锌矿床,统一为第三纪火成-热液成因的理论,他并且假定它们的带状排列平行于一个假想的沿山脉的中心轴延伸的第三纪的深成岩体。他(1932, 1945)把这个统一的、第三纪的金属成矿作用称为“阿尔卑斯”成矿作用期,于是在“阿尔卑斯”这一名称空间地理的概念上又加上了时间上的含义。与此同时,他的儿子 W. E. Petrascheck (1966, 1973)把时间上对第三纪的限制扩充到整个阿尔卑斯期造山运动,即从早三叠纪地槽直至新生代最后的构造运动。但是,很显然,许多所谓“阿尔卑斯”矿床,特别是那些金、铜、黄铁矿、菱铁矿、菱镁矿、白钨矿、辉锑矿及辰砂等,是形成于古生代的,因此,“阿尔卑斯”这一名称,本文作者只用来作为空间地理的含义,而“阿尔卑斯期”这一名称及其时间界限是指阿尔卑斯的造山运动整个时期而言。

虽然关于阿尔卑斯山矿床的阿尔卑斯期火成-热液的统一成因说,总是或多或少地引起了争论(例如:Schwinnner, 1949; Hegemann, 1949; 和Clar, 1945, 1953);但只是由Schneider(1953, 1954)、Maucher (1954)、Taupitz (1954)、Schulz (1959)等人在关于“阿尔卑斯灰岩”中的铅-锌矿和萤石矿的成因的论文中,才使得讨论热烈地恢复起来了,这篇论文描述了矿石的同生沉积及同生成岩作用的组构,并强调了其与沉积环境的成因联系。由此促进了国际上关于世界范围内这类层控矿床的讨论,并且逐渐地达到了对沉积-成岩作用的成矿过程的承认,这些可能在Delft(1963)、纽约(1966)、Trento(1966)、Bled (1971)、Heidelberg (1971)等地的专题讨论会会议记录以及近二十年散见于杂志上的许多其它文章中进行了研究。

而中生代阿尔卑斯铅-锌矿床的沉积成因受到了普遍承认,关于东阿尔卑斯山矿床成因的讨论,最近已集中于含有辰砂、辉锑矿和白钨矿等原始沉积矿床的古生代变沉积岩及变火山岩方面(Maucher, 1965; Höll 与 Maucher, 1967; Maucher 与 Höll, 1968; Höll, 1970a、1970b、1971、1974 以及 Höll 与其他人等, 1972),以及集中于古生代“杂砂岩带”中的沉积矿床方面(Tufar, 1968、1974; Schulz, 1970、1971、1972a和Unger, 1920)。

“沉积矿床”这一名词,我们理解是每一种以机械方式或化学方式与沉积物同时沉积和/或同时石化于沉积物之上或之内的矿床,而与金属的来源无关,与搬运的方式和途径无关。它们可能来自岩浆源的火成-热液溶液至原生卤水(压实流体),并且也可能由于海底滑动和层内角砾岩化到碎屑和化学的岩溶间沉积作用而搬运(Bernard, 1973)。因此,矿石与其围岩、成岩的和变质的改造作用具有相同的地质发育过程。

铅-锌(重晶石-萤石)矿床

阿尔卑斯区域最重要的“沉积”铅-锌矿床是所谓的中三叠世阿尔卑斯期地槽中的阿尔卑斯铅-锌矿床(Jicha, 1951; Maucher 与 Schneider, 1956、1966),但它们不是仅有的一种类型。沉积矿床也存在于古生代岩石中,如表 I 和图 2 所示。

下古生代的成矿作用,与三叠纪相比很少有共同之处,二者的地球化学情况和矿物学

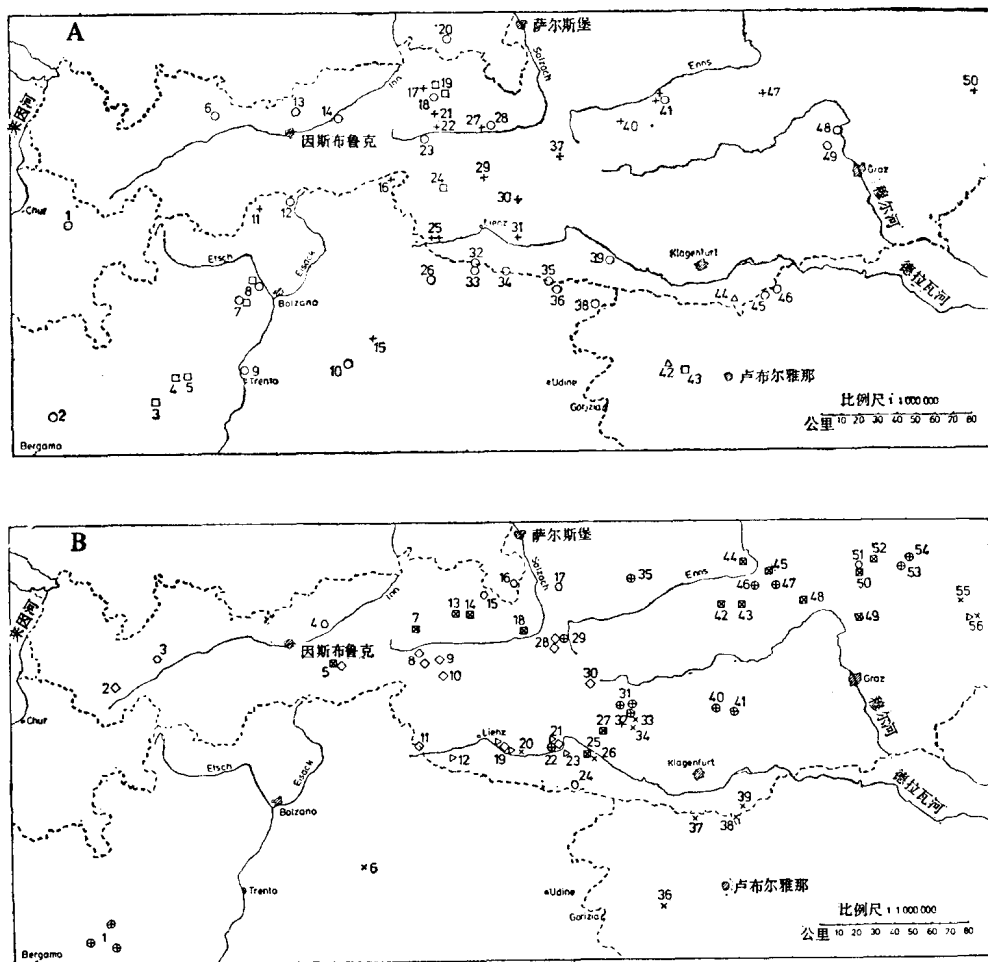


图 2 东阿尔卑斯山的层控矿床

A. 0 = 铅-锌矿，伴有重晶石和（或）萤石；□ = 铀矿；△ = 砂岩和页岩中的铜；+ = 含铜“Kies”矿床（参阅表 I）；B. □ = 白钨矿；▽ = 辉钼矿；× = 辰砂；⊕ = 菱铁矿；⊗ = 菱镁矿；○ = 锰矿（参阅表 I）

情况也相当不同（表 II）。它们大部分与杂岩共生，并显示出与“北部杂砂岩带”的变沉积岩和变火山岩内的阿尔卑斯硫化矿床有成因联系（Hegemann, 1948; Tufar, 1968、1974; Schulz, 1970、1971、1972a 和 Unger, 1972）。有时这些含铜黄铁矿富含闪锌矿和（或）方铅矿，而达到可采品级，例如 Öblarn 附近的 Bleistollen（Unger, 1972, 见 156 页或 Thumersbach（Haditsch 和 Mostler, 1967）。与白钨矿矿化作用同一层位的其他早古生代的铅、锌矿床，赋存于所谓“Habach 统”中，（参阅第 14 页）。这些层控矿床之一，富含萤石脉石，可见于 Hollersbachtal 的 Axelalm。最近 Schmitz (1974) 描述了一个相似的，在 Gossensass（意大利北部）附近 Pflerschtal 的火山沉积变质岩内的矿床。

尽管这些含有复杂硫化物的矿床对铅和锌矿来说从来就没有很大的经济价值，但上世纪在“Grazer paläozoikum”的铅-锌矿开采出了大量的铅、银和锌（Setz, 1920, 和 Friedrich, 1953）。该地的矿床系分布广泛的层控类型，并局限在一个钙质片岩、泥质或燧石质灰岩和石墨质片岩的互相交替的（中泥盆世？）不同层次内：其中最厚的矿体最喜欢在石

表 II 古生代和中生代时期的铅—锌矿化作用的区别

	古 生 代	中 生 代
主 岩	多种多样, 沉积岩, 变沉积岩和变火山岩	碳酸盐类, 石灰岩, 白云岩
脉 石 矿 物	石英 萤石 重晶石	(重晶石) (萤石)
主 矿 物	闪锌矿 方铅矿 黄铁矿 黄铜矿	闪锌矿 方铅矿
副 矿 物	磁黄铁矿 菱镁矿 铅—磺酸盐类 (黝铜矿, 含Hg和Ag)	(黄铜矿) (铅—磺酸盐类)
金 属	Pb, Zn, Cu, Hg, Ag(Ge)	Zn, Pb, Ge, (Ag)

墨质片岩层位的附近, 这大概是由大量供给的有机硫所制约。以重晶石为主要脉石矿物, 明显地属于双金属的方铅矿—闪锌矿集合体内的条带状矿石是十分普遍的。在 Peggau 附近的 Feistritz 和 Arzberg 之间, 以及在 Frohnleiten 附近的 Rabenstein 与 Guggenbach 之间的多数矿石俱已开采。在东起 Rabenstein, 西达 Guggenbach 约 6.000 米的距离内, Zns/Pbs 比率的变化在 0.5—2.0 间, 同时重晶石含量有增加。

近来发现的含有萤石和重晶石的 Zn—Cu 矿层, 赋存于泥盆纪主要为“似礁”相的灰岩和白云岩与石炭纪的页岩和砂岩的边界之间, 这些地层沿着奥地利—意大利边界, 从 Pontebba 至 Sappada, 一直延伸了大约 50 公里 (Brigo 和 Di Colbertaldo, 1972)。这一矿化作用部分地是与下石炭纪海浸相伴随, 但也见于下伏的泥盆纪岩层中, 后者曾经出露并遭受过岩溶风化作用。显然, 这取决于古地势。在下石炭纪海浸页岩和砂岩底部的矿床呈层状, 而在泥盆纪灰岩中的, 可以是裂缝中的皮壳, 也可以是古岩溶的纹层充填物、角砾矿或块状矿体。矿石矿物为闪锌矿、黝铜矿、车轮矿、块硫锑铅矿、黄铜矿、方铅矿和黄铁矿等; 伴随着萤石、重晶石、石英或方解石等脉石矿物。在以 Paleocarnic 山脉的古地理和构造演化为条件的前提下, 可以观察到一个共生的带状变化, 即: 重晶石、铜矿物和闪锌矿在西部 (M. Peralba—M. Avanza); 重晶石、铜矿物和石英在中部 (M. coglians); 萤石、闪锌矿及铜矿物则在东部 (M. Val Docé—M. Cavallo)。矿石层处于广泛分布有细碧火山岩的 Paleocarnic 山脉的石炭纪开阔盆地内, 这说明在古岩溶和在海侵沉积物中除了机械的、化学的再沉积作用之外, 尚有一个喷出一同生沉积的矿石建造。

与这些主要含有闪锌矿、铜矿物和磺酸盐类的矿床十分不同的是意大利北部 Alto Adige 二叠纪沉积层和火山沉积层内的层控矿床, 以及那些在 Tregiovo 建造、Val Gardena 砂岩和 Bellerophon 灰岩中的矿床。虽然 Mostler (1966) 对局部的黝铜矿—铜的矿化作用已有过报导, Tregiovo 建造的主要矿化作用或为方铅矿 (倾向于产于底部); 或为闪锌矿 (倾向于产于厚 160 米的层系的上部)。只有在方铅矿矿化的上部, 可以观察到一个含

有不同比例方铅矿和闪锌矿的薄层。方铅矿与闪锌矿分别沉积的原因尚不清楚。同生成岩作用的方铅矿结核多半围绕着植物遗体,而且仍显示着原来的层面、递变层和其它沉积结构、诸如闪锌矿粒机械的和韵律一极向^①, (rhythmic-polar) 的堆积,这都说明矿石的沉积成因。含方铅矿、闪锌矿、赤铁矿和萤石的二叠纪石英斑岩矿化漂砾曾见于 Tregiovo 沉积物的上部,此沉积物多半由再沉积的石英斑岩碎屑组成,与泥灰岩、灰岩和页岩交互组成。

勘探 Bolzano 盆地期间,在流纹英安岩群上部的三个地点探明了一个相似的沉积矿化作用层系;它在地层学上相当于 Tregiovo 片岩层 (Brondi 等人, 1973)。沉积物是由夹有燧石条带和各种动植物化石遗体的泥灰质和钙质岩石所组成,产于流纹岩内并呈互层。Bolzano 盆地内的 Val Gardena 砂岩,因为铀、铅的含量而更加重要,它复于火山岩层之上,厚达 250 米。在这些砂岩中,最有经济意义的方铅矿矿化发现于 Rio Bavaro 谷地。这些主岩为中粒灰色砂岩,含有薄的炭质细脉或植物遗体。交错层理及重荷印模则属常见。基层主要为方解石质和硅质。方铅矿层粒间浸染。闪锌矿的微型包体产于方铅矿中,它部分地富集于无法鉴定的银成分中。矿化层内方铅矿的含量从 0.5% 至 3% 不等;铅含量为锌含量的 10—20 倍,银含量大致在 35ppm 左右。在砂岩顶部,碳酸盐层的生成早于 Bellerophon 建造的蒸发沉积作用。Bellerophon 建造里广泛分布着层控方铅矿床,这些矿床是人所熟知的,尤其是在 Trento 附近“干坑区”的中世纪银矿更是如此 (Schneider, 1956; Maucher, 1959; Brusca 及其他人等, 1972)。含硫化物的岩石是一种具有含铁碳酸盐类及大型(藻类?)薄灰结核的钙质白云岩。矿石主要由小浸染体和细小矿脉内的方铅矿组成。稀少的闪锌矿在方铅矿或薄灰结核中形成包体。闪锌矿与低量的铜在泥灰岩层中相对增加。脉石矿物一般缺失;但重晶石例外,它有时可以出现。在 Monte Calisio 地区和 Transacqua 附近,重晶石很丰富,过去已进行过开采 (Trener 1908)。

三种不同岩石类型中的矿物是部分为热液—火山成因,部分为风化作用成因的循环水沉积的;这些水将火山岩以及它们的风化产物中的金属离子溶滤出来。而在具有地球化学隔绝的有利环境中,例如在湖泊盆地内发生沉淀作用。一种泻湖的、适度静海相的,具白云岩化,并开始有蒸发岩沉淀的环境(石膏,硬石膏),看来有利于方铅矿的沉积作用。但我们必须承认、有利的各种环境的结合是因地因时而异的,因而我们必须认识到沉积矿床聚集是多样性的。

碳酸岩内的沉积-成岩成因的层控三叠纪铅锌矿床的沉积条件也是现存的多样性的例子,已知的是,西从 Bleiberg (瑞士, Grisons) 开始,东至 Mezica (南斯拉夫, Slovenia),约 450 公里以上的距离;以及北起阿尔卑斯山灰岩的 Rauschberg (德国,巴伐利亚州),南至阿尔卑斯山灰岩的 Auronzo (意大利,贝鲁诺省),相距逾 250 公里的阿尔卑斯地区内的矿床。不可能引证所有的论文,也不可能一一列举这几百个产地的全部名称,但我们必须把我们的参考限制在那些最科学的、或有着最大经济意义的矿床内。所有的三叠纪矿床仅见于安尼西 (Anisian)、拉丁尼克 (Ladinian) 和下喀尼克 (Carnian) 阶的少数岩性单元内,并且限于一个十分明显的“特殊相”(Maucher 和 Schneider, 1956 及 1966) 或礁杂岩相 (Schneider, 1964; Strucl, 1970、1971; Kostelka, 1972) 内。层间角砾岩和

① Sander (1936) 的说法。

矿石沉积物在成熟的岩溶系中(全岩溶)起着不能低估的作用(Lagny, 1969; Cros 和 Lagny, 1969; Omenetto, 1970; Benard, 1973)。至于安尼西期内的矿床,至少有三处需予注意,即:Topla、Auronzo 和 Salafossa。

北 Karawankes 附近的 Topla 矿区(Strucl, 1971)的铅-锌产地是含锌约为 7—10%, 铅约为 0.5—1% 的安尼西白云岩内的层控矿床。锌的矿化部分显示出大部分很细粒的闪锌矿的组构。含 Zn 6—14% 和 Pb 0.1—0.5% 的闪锌矿石与含 Pb 1—3%, 含 Zn 0.5—2% 的方铅矿石是分别产出的。

Argentier 矿位于意大利 Auronzo 的铅-锌矿区内。所产矿石是所谓的“Bleiberg 型”(Feruglio, 1972), 它完好地保存了诸如层理、递变层理、平行纹理(白云岩-闪锌矿, 毫米级的韵律岩)、重荷印模、割切与充填、坍塌及缝合线等那样的同生沉积组构。这些使人们联想到硫化物的沉积作用是局限于安尼西阶礁杂岩的一个“特殊相”内, 具有频繁的、短间歇的静水阶段, 并受到浊流、软沉积物变形以及再沉积作用的近同生相(Penecom-temporaneous phases)所干扰。矿体部分地由泥灰岩、灰岩、白云岩及矿石(闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、白铁矿)等碎片的杂乱的块体组成。可能是, 在安尼西阶和拉丁尼克阶之间的隆起产生了一个岩溶阶地, 而 Auronzo 矿区的某些部分是化学和机械的岩溶充填物。这些已由 Lagny 在(意大利的)Salafossa 矿区不整合矿体中辨认出来, 它局限在上安尼克阶白云岩的古岩溶内。Cros 和 Lagny 已对其他已石化的古岩溶进行了描述(1969)。

最著名的“阿尔卑斯”铅-锌矿床属拉丁尼克期, 在喀尼克阿尔卑斯山的有: Bleiberg-Kreuth (奥地利), Mezic (南斯拉夫) 及 Cave de Dredil-Raibl (意大利); 在 Bergamask 阿尔卑斯山的有: 那些“金属矿”一灰岩, 如 Gorno (意大利); 而在北部石灰岩阿尔卑斯(Northern Limestone Alps)中的有, 可以奥地利 Lafatsch 为例的“箭石石灰岩”(Wetterstersteikalk)一类。它们的同生沉积和成岩作用的矿石组构以及受岩性控制的因素已在上述所引证的论著中广泛讨论过了, 但一些更近期叙述的观点仍可以提及。其中最有意义的是 Strucl 从 Mezic 写来的报道(1970 和 1971)。

Strucl 描述了在厚逾千米的由灰岩和白云岩组成的拉丁尼克岩层剖面中的矿石类型:

(1) 五个不同层位中的层控岩床型矿床。最底部的在 Union 区并在 Raibler 页岩下大约 650 米处(从前错误地认为这一矿床属于所谓 Union 系的一部分, 因为就导致了错误的成因解释)。这种矿床型式是以所谓“Bodenerz”^①为特征的, 由薄的白云岩矿石韵律层所组成, 并有很多同生和成岩作用的组构。

(2) 层控矿脉型矿床, 位于 Raibler 页岩下 50—60 米的含矿层位中。矿脉的倾角垂直于层理面, 但在层位上从未达到与 Raibler 页岩接触的程度。正常情况下这些矿床含铅量很高, 并且除方铅矿以外均具有白铅矿、褐铁矿和白铁矿的矿化。人们认为矿脉是后期成岩作用成因的(压实流体), 但由于这些矿床似乎常与岩溶现象相关, 不能排除成岩作用后的沉积和再沉积作用。

(3) 礁带中的礁控矿床, 具有礁角砾岩、泻湖相白云岩, 在“地堑地区”尤其如此(Strucl, 1970)。原生矿石的沉积作用发生于礁停止生长之际。礁埋于薄的韵律层及具有页岩夹层的含矿沉积物之下, 逐渐演变为典型的局部为静海相的蒸发岩相。矿石沉积作用

^① Bodenerz (底部矿石) 是最下部的沉积矿层, 直接覆盖在无矿基岩上。1967 年 Schulz 举了一个很恰当的 Bleiberg 实例。