

层控矿床和层状矿床

第 九 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 九 卷

区域研究及特定矿床

地 质 出 版 社

HANDBOOK OF STRATA BOUND AND STRATIFORM ORE DEPOSITS

Edited by K.H. WOLF

ELSEVIER SCIENTIFIC PUBLISHING COMPANY

1981

Volume 9

层控矿床和层状矿床

第九卷

• • •

K.H. 乌尔夫 主编

责任编辑：余鸿彰 沈文彬

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：32⁵/₁₆ 字数：765,000

1986年10月北京第一版·1986年10月北京第一次印刷

印数：1—1,540册 定价：8.85元

统一书号：13038·新234

层控矿床和层状矿床

1—9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 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

第三部分 区域研究及特定矿床

第八卷 通论

第九卷 区域研究及特定矿床

层控矿床和层状矿床

第九卷 区域研究及特定矿床

目 录

第一章 层状铜矿床矿化时间 A.C. Brown	1
前言	1
密执安 White Pine 沉积后—矿化的判别准则	2
矿化带的构形 (构成的形态)	2
矿物学	6
拉布拉多 SEAL 湖	6
美国南—中部 CRETA	8
北—中欧含铜页岩	8
非洲中部铜带	9
赞比亚铜带	9
沙巴铜带	10
其它矿床	11
补充来源和迁移机制	12
结 语	14
附录	14
第二章 鲕状铁建造 M.M. Kimberley	16
前言	16
内陆海鲕状铁建造在各个地质时代中的发育情况	17
前寒武纪内陆海鲕状铁建造	17
古生代内陆海鲕状铁建造	18
中生代内陆海鲕状铁建造	19
第三纪内陆海鲕状铁建造	21
哥伦比亚和委内瑞拉第三纪内陆海鲕状铁建造	21
导 言	21
哥伦比亚地区 Paz de Fio 区域地层	22
Paz de Rio 铁建造的一般特征	24
Paz de Rio 铁建造的矿物学	26
Paz de Rio 铁建造的岩石学	26
Paz de Rio 铁建造的化学	28
Paz de Rio 铁建造的沉积环境	28
Sabanalarga 内陆海鲕状铁建造	28

笔者提出的内陆海鲕状铁建造成因观点	30
问题的提出	30
成因模式的要点	34
成因模式的评价	34
成因模式的证据	36
过去对有关成因模式的争论	38
内陆海鲕状铁建造的其它成因模式	40
限制沉积作用速率的因素	40
海洋供铁假说	40
河流供铁假说	41
侧向流动的地下水和上升的地下水供铁假说	42
其它各种假说	42
现代湖积含铁鲕状岩	43
有关第四纪碳酸铁化作用	43
根据成因模式可能得出的推论	45
第三章 含金属深海沉积物M. A. Meylan, G. P. Glasby, K. E. Knedler和J. H. Johnston	48
前言	48
基本情况	48
金属的来源和成分	48
经济意义和有关矿床	50
深海富含金属沉积物的主要类型	51
碳质沉积物	51
含金属的沉积物	52
含金属相的性质	52
氧化铁相	52
铁蒙脱石类相	56
硫化物相	57
氧化锰相	57
其它的矿物相	58
含铁相的粒度分级和化学溶滤	58
地表和近地表沉积物的海相分布及特点	59
东太平洋陆隆	59
东太平洋陆隆沉积物中的铁	61
Bauer 海渊	72
Galapagos扩张中心	72
东北太平洋	74
西南太平洋盆地	74
中大西洋洋脊	76
印度洋	78
红海	79

海底火山口.....	80
基底沉积物的海相分布及特点.....	81
太平洋.....	81
大西洋.....	87
印度洋.....	87
沉积物的化学特征.....	88
成分的变化.....	88
金属堆积的速率.....	107
构造背景及共生的沉积(矿床).....	107
转换断层谷“A”、中大西洋洋脊的 FAMOUS 区.....	108
北大西洋的 TAG 地热区.....	109
红海.....	109
蛇绿岩层序.....	109
块状硫化物矿床.....	110
成因.....	110
对于地球化学勘探找矿工作的意义.....	113
结束语.....	114

第四章 近代水淡水沉积物内的金属聚集作用 U. Förstner

.....	115
前言.....	115
金属聚集的近代沉积环境.....	115
湖泊沉积物.....	115
近代淡水沉积物内金属聚集的主要因素.....	116
近代湖相沉积物中的金属分布情况.....	116
淡水沉积物的地球化学背景值.....	120
影响近代湖泊沉积物中重金属成分的外来作用.....	126
粒度效应.....	126
天然的异地影响.....	127
人为活动对淡水沉积物中金属分布的影响.....	133
作为金属污染指示物的湖泊沉积物.....	135
湖沼沉积物的地球化学勘测.....	139
在近代淡水沉积物中影响金属浓度的原地作用.....	144
湖泊沉积物中重金属由于内生矿物形成而稀释.....	145
湖泊沉积物的内生物相中重金属的聚集.....	146
成岩作用对淡水沉积物中金属聚集所起的影响.....	152
淡水沉积物内重金属聚集相.....	157
重金属的不同化学物相的萃取.....	158
与铁和锰的氢氧化物伴生的重金属的分离.....	158
淡水沉积物中成岩作用对金属物相的影响.....	161
碳酸盐内痕量金属的萃取.....	162
有机物质上键合的金属.....	163

在污染较少的湖泊沉积物中的金属组合.....	165
挖掘出的被污染沉积物中的金属物相.....	167
化学物相的粒级变化.....	169
淡水沉积物中重金属的相浓度因子.....	169
重金属从沉积物中的析出.....	170
结 论.....	171
对检验的附 注.....	172
第五章 淡水中的痕量金属(根据矿区排出水进行研究)U.Förstner	
.....	174
前 言	174
自然水中金属的来源和影响.....	175
水质标准.....	176
河水中重金属的运移相.....	177
金属运移与水的排出量和年循环的关系.....	180
巨大淡水体系中溶解金属的 浓 度.....	182
河水—海水的界面.....	184
矿山排出水中所富集的金属.....	185
结 论	190
第六章 太古代层控火山共生镍—铁—铜硫化物矿床的特性和成因D.I. Groves和D.R. Hudson	
.....	192
前 言	192
成因上与经济上的重要性.....	192
定 义.....	192
与其他矿床的比 较.....	195
典型例 子.....	200
评论的性质.....	200
时间和构造 背景.....	201
分布和年 代.....	201
构造背景.....	201
构造·变质及地层背景	204
岩性组合.....	206
引 言.....	206
变玄武岩系	207
变沉积 岩.....	211
后期侵入 体.....	216
超镁铁质岩地层.....	218
矿床环 境.....	225
引 言.....	225
矿化超镁铁质单 元.....	225
原生硫化矿石	229

矿石类型定义	229
硫化物矿石的矿物成分	236
矿石的构造和变质改变	244
引言	244
中型特点	244
显微型特点	245
矿物变化	246
伴生的金矿化	247
矿石的氧化作用和表生变化	248
引言	248
过渡带	249
反应带	251
表生带	251
氧化物带	251
浸染状硫化物的表生变化	251
表生变化的电化学模式	252
铁帽	252
地球化学探查	253
成因模式	254
引言	254
同生硫化物的特性	255
岩浆硫化物的来源	257
富含硫化物岩浆的侵位	258
硫化物矿石的结晶作用	260
变质改造	261
简要的成因模式	262
提要	263
第七章 含黄铁矿黑色页岩在太古界硫化镍矿床生成中的重要性	
T. Hopwood	265
前言	265
各种不同的块状硫化镍寄主环境和本文所论的环境界说	265
与太古界块状硫化镍矿床有关的地质情况	268
区域背景	268
矿床的比较	268
矿石带与超镁铁质主岩	269
碳酸盐蚀变作用	274
铬铁矿和磁铁矿	275
含黄铁矿沉积物的伴生	282
构造关系	284
构造资料的意义	286
寄主超镁铁岩和矿带间的地球化学关联性	288
讨论	290

文献中的成矿机制.....	290
文献中的流行机理所解释不当的现象.....	291
作者提出的矿石成因机理.....	292
结束语	298
第八章 沉积岩中的海底喷出铅锌矿床——地质特征和成因评述	
D. E. Large.....	299
前言	299
沉积岩中的海底喷出矿化作用的一般特征.....	300
区域地质背景.....	304
线型构造和枢纽带.....	308
矿化时代	309
矿化地点的沉积环境.....	310
与其它产在沉积岩中的铅锌矿床地质背景的比较.....	310
产在沉积岩中的海底喷出铅-锌矿床的成因	311
金属和硫的来源.....	312
含矿溶液.....	314
含金属溶液的对流.....	316
金属硫化物的沉淀.....	316
重晶石与层控的, 产在沉积岩中的硫化物矿床的关系.....	321
结论	321
第九章 Meggen矿床地质W. Krebs.....	323
前言	323
地质背景.....	324
地层	325
Meggen盆地.....	326
Meggen礁.....	327
古地理.....	330
Attendorn 礁	330
Hachen盆地.....	331
Meggen礁.....	331
Meggen盆地.....	332
构造.....	333
矿床.....	336
底盘矿化.....	341
上盘矿化.....	341
同位素地球化学.....	342
硫同位素.....	342
铅同位素.....	343
元素地球化学.....	345
控矿参数.....	345

与华力西海槽深水盆地沉积物的关系	345
与起着潜在“矿圈闭”作用的海底上的古地形凹陷的关系	346
与古地理转折点的关系	346
与火山活动或侵入热 (intrusive heat) 达到最高潮的关系	346
与热液蚀变通道和矿化通道的关系	348
与活动断层和区域断裂的关系	348
成因	349
第十章 德意志联邦共和国邻近上哈兹Goslar的 Rammelsberg 矿床 的成因W.W.Hannak	353
关于Rammelsberg矿床成因观点的发展过程	353
矿床成矿环境的地层和古地理演化和地槽初期的凝灰岩火山活动	359
矿体围岩和主岩的构造作用	363
原生矿石组构、金属矿物共生, 痕量元素和硫同位素分布	371
硅化期 (含矿粘土页岩的成因)	385
主要矿石形成	386
构造的矿石组构, 同动力矿物的形成和蚀变	395
硅化透镜体中的成矿作用 (所谓的含矿粘土页岩的成矿作用) 和其它后动力成矿作用	408
概要和结论	413
第十一章 Pine Point铅-锌矿区地质J.R.Kyle	417
前言	417
地质背景	418
地层	419
构造演化	436
成岩作用和硫化物储存构造的发育过程	439
白云石化	440
喀斯特作用和硫化物-赋存孔隙的发育过程	442
矿床	457
一般特征	457
金属分带	458
矿物学	468
硫化物结构和硫化物-碳酸盐关系	476
共生组合	477
成矿作用: 讨论	478
运矿流体的性质	478
金属的来源	480
硫的来源	482
流体的运动	483
硫化物的沉淀和富集	483
成矿时间	484

与其它以碳酸盐岩为主岩的矿区的对比.....	485
总 结	488
第十二章 层控锡矿床B. Lehmann和H. -J. Schneider.....	490
前 言	490
前寒武纪主岩内 矿 床.....	491
Halsbrücke 矿区、Erzgebirge (德意志民主共和国) 和Gierczyn区、Izera山 (波兰)	491
加拿大不列颠哥伦比亚 Sullivan 矿山.....	495
南非德兰士瓦 Rooiberg 矿区.....	498
显生代主岩内的 矿 床.....	499
澳大利亚塔斯马尼亚Dleveland矿山.....	499
印度尼西亚 Belitung (Billton) 矿区.....	500
玻利维亚Kellhuani矿区.....	502
英国 Okehampton 矿 区.....	505
结 论	508

第一章

层状铜矿床矿化时间

A.C.BROWN

前 言

根据近几年来报导的层状^①铜矿床大量详细研究资料,人们已经摒弃了此类矿床传统的岩浆—热液浅成低温或深成低温成因假说,而是认为一种与沉积作用关系密切的成因更能适合在这些矿床所观察到的特点。压倒多数的特点,诸如矿化在沉积盆地内广泛而连续的分布和矿化局限于一段狭窄的地层围范内等事实,通常被引证为是沉积成因的证据。不过,这些特征并不排斥成岩时成矿金属加添到特别有利层位中去的可能性,而且实际上,近期的研究一再表明,一次和多次的成岩事件发生在成矿金属沉积之前。例如:通常可见到含铁硫化物的沉积,(某些情况下是含硫酸盐矿物的沉积)发生在矿化阶段金属导入之前。

在乏氧的洋泥内,含铁硫化物的沉积显然是一种常见现象;洋泥中从上覆海水来的硫酸盐,经过细菌还原(见本书2卷6章),形成可溶的硫化物种属,这些物化物又与亲硫金属起反应沉淀出原始的硫化物相。一般情况下,铁是最容易利用的金属,其原始的固态相是含铁硫化物,它们在早期成岩过程中转化成细粒黄铁矿和磁黄铁矿等相对稳定的矿物(Berner 1971)。

如果在另外一种情况下,在早期成岩环境中存在着象铜这样更加亲硫的金属,那么它必然会先于广泛分布的铁而与细菌生成的硫化物先行反应,在沉积物内,就会按铜与可利用的还原硫的比例聚集起来成含铜硫化物。下面所述的研究成果表明铜和其伴生金属(如铅、锌、镉、钴)在沉积主岩内形成矿石矿物,是由于与一种或多种早先形成的含硫矿物发生反应(交代)的结果;这些早先生成的含硫矿物在沉积过程和稍后的早期成岩过程中,已经在地层内聚集起来了。结果,贱金属矿化在时间上与沉积作用之间至少还隔有一个早期成岩阶段,如原始的或结晶的黄铁矿的形成就属于早期成岩阶段。

本文涉及的这些连续的矿化作用各阶段的相对时间简要地示于图1。建立这些概念的资料是以世界上许多最有名的层状铜矿床的观察资料为依据的,包括中非铜带,欧洲含铜页岩,美国的White Pine和Creta矿(参阅本书4卷、7卷这些矿床有关章节目录)。

本文对一些矿床剖析的目的旨在强调这些层状矿床的最终形态和规模是受沉积后的作用控制的,这些分析反过来又必将影响人们对沉积岩地区勘查靶区的概念。当靶区规模的

① 本章引用的术语用法说明请见本章后面附录。

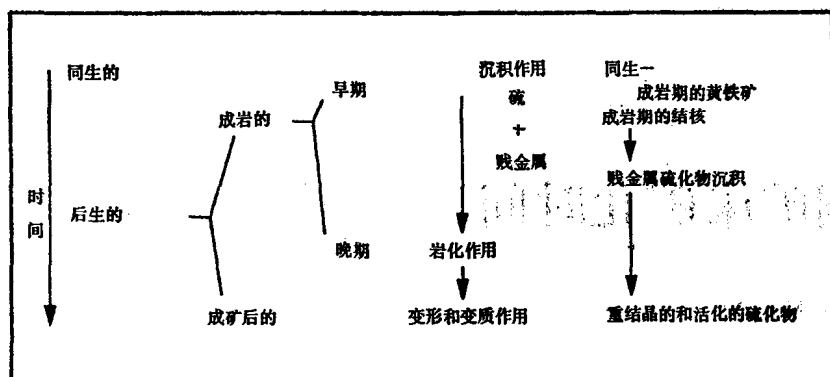


图 1 本文所探讨的形成层状铜矿床的同生和后生作用的相对时间问题
(按Brown, 1978年的图修改)

确很大而且又有吸引力时, 则局部控矿知识, 包括成岩特点, 肯定应该被应用来使勘查工作及到最优化的成果。

密执安White Pine沉积后—矿化的判别准则

White Pine 矿化 (图 2) 的同生沉积成因最主要论据之一就是浸染状含铜硫化物沿层理, 和在Nonesuch 页岩底部狭窄固定的地层范围内广泛而均匀的分布。图 3 表示了所讨论的典型地层剖面, 并表明矿带主要局限在两层细粒、富含有机质的沉积单元内——即Parting页岩和Upper页岩^①。

早期地质调查人员还注意到在高品位矿化 (特别是产于砂岩层内的大量自然铜, 如产于Copper Harbor建造最上面的下砂岩者, 见Hamilton 1967) 和White Pine 断层之间, 有紧密的空间伴生关系。从这种关系出发, 曾经推测White Pine矿化起码有一部分是受构造控制的, 因而在成因上是后成的。(见索引)

下面几段评述表明根据更详细的观察结果上面这两种概念都是靠不住的, White Pine 的铜矿化很可能是在岩化的Nonesuch页岩沉积之后和其构造变形之前发生的。Jensen (见Wiese 1973) 和Burnie等 (1972) 曾指出, 矿化带和黄铁矿化带两者的硫的特点是 $\delta^{34}\text{S}$ 值具有广泛分布的间隔, 它与整个下部 Nonesuch 页岩硫的生物成因是一致的。结果, 目前最令人满意的解释看来是, 矿床属双生成因, 并带有成岩过程中铜交代与成岩同时的含铁硫化物 (见附录)。

矿化带的构形 (构成的形态)

在Whitepine尽管开采的矿层严格地限定在地层一定的范围内, 相对于地层层位而言, 整个铜矿化带 (包括稀疏矿化带, 它常常被错误地定名为“无矿带”并与黄铁矿层划分在一起) 具有平缓的穿层的特点, 这种现象是通过横穿Nonesuch盆地 (图4) 对矿化 (界面)

① “页岩”一词可能会引起误解, 因为甚至大多数页岩层也是由延伸较大的粉砂岩组成的。有些层的特点是具纹层, 向上由粉砂岩过渡到页岩 (23和43层); 其他层则由块状粉砂岩组成, 具页岩裂理 (如27层和47层) 或不具页岩裂理 (如24、26、44和46层) (Ensign等, 1968; Wiese, 1973)。

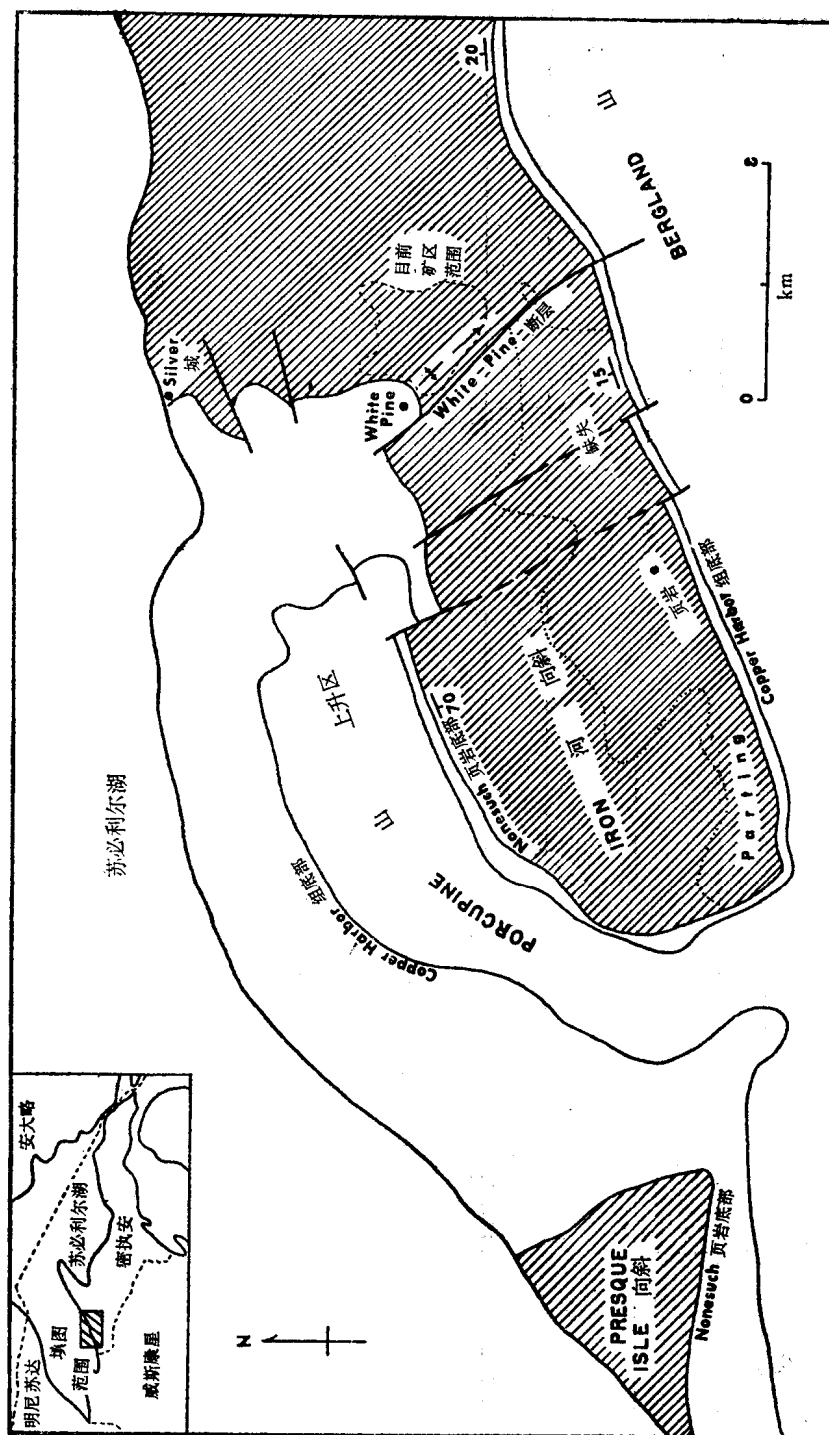


图 2 密执安州 (White Pine) 区主要地层和构造特征的示意图
(据 White 和 Wnigh 1966, "经济地质" 61: 1171—1190, 和 Brown, 1971, "经济地质", 66, 544 页)

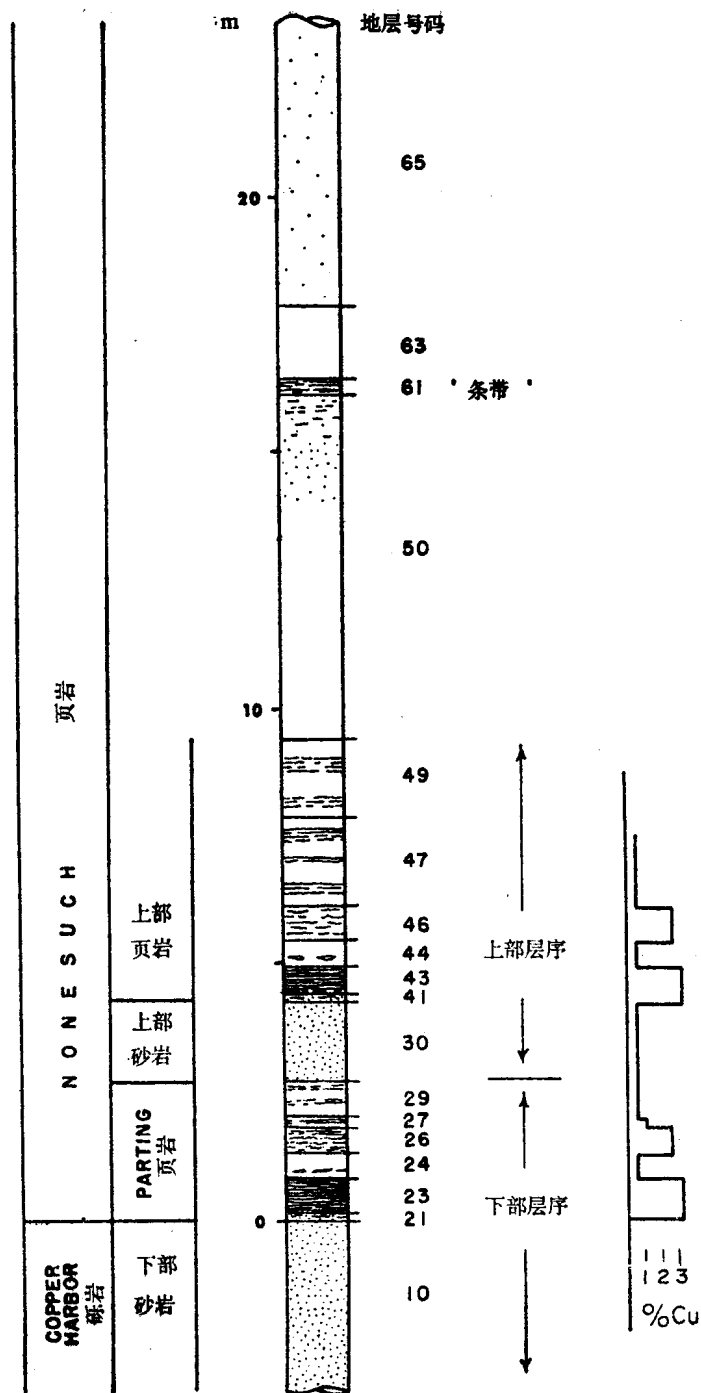


图 3 White Pine矿区通过底部Nonesuck页岩和下伏的Copper Harbor砾岩的地层柱状图
(据Brown修改, 1968)

上限详细制图后发现的。

此外,对岩心和地下剖面的研究表明,含铜矿带是由一个连续的矿化带组成,它叠加在 Nonesuch 底部层上面,并具有微起伏的层状顶界面,这种界面在沉积主岩内,并不因相变而在水平方向上发生相应的变化,而如果矿化是同生的,并且铜的沉积受 Nonesuch 沉积过程时的海岸线的侧向起伏控制的话本应是这样的(见 Garlick,1961,1976)。例如,White Pine的矿化在Nonesuch底部(图3)层中,遍及了两个识别出来的海浸旋迴(下砂岩—Parting 页岩和上砂岩—上页岩)而在沉积环境中与这些明显而重要的变化并没有任何关系。

不过,若单纯从统计资料着眼,在Copper Harbor—Nonesuch接触带上的微小相变,确实对横越Nonesuch 盆地划定铜的矿化上界起着很重要的作用。Nonesuch 建造的最下部层位(Nos.21和23)若是砂质的,其中只含有少量铜;如果是厚层细粒状且富含有机质,则

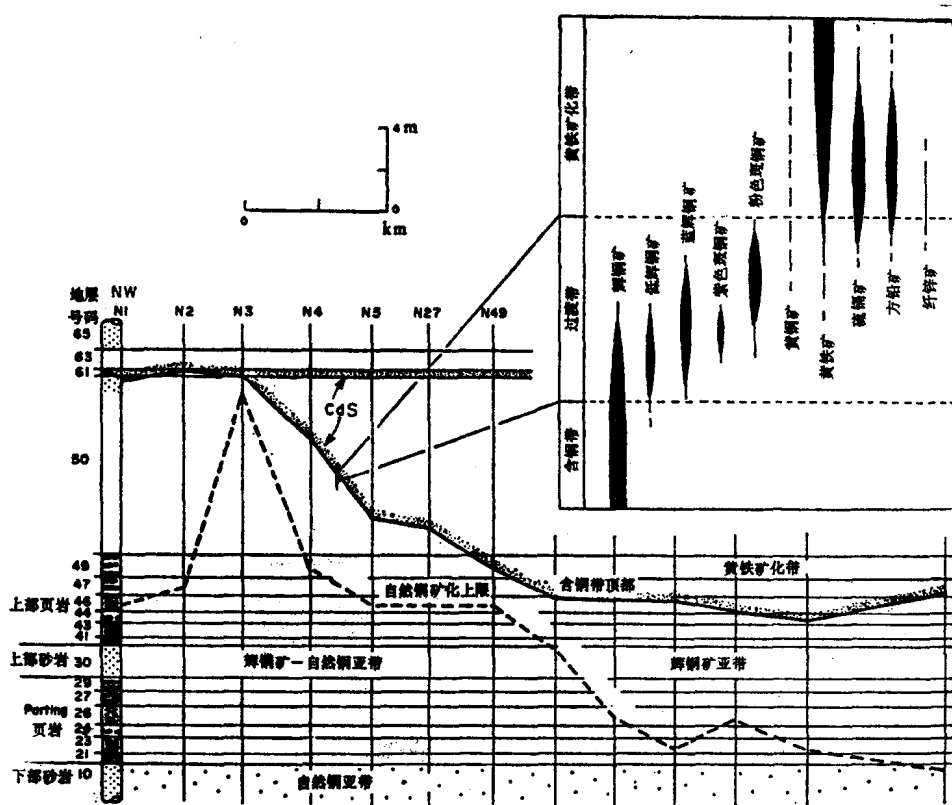


图 4 表示在底部Nonesuch 页岩内含铜带(边界)顶部呈波状起伏,高含量的硫铜矿沿 NO.61 层产于上部的素描图。插图标出在含铜带和黄铁矿化带之间的过渡带内所确定的典型矿物亚带 (引自Brown, 1968和Brown, 1971,“经济地质”66卷,533页)

铜就大量聚集。底部层位中铜量的变化已用统计方法验算过,并发现具有很大的相关性(即当 $N=11$, $R=-0.92$; $N=36$ $R=-0.88$),并且在Nonesuch剖面内,随着上界面的高度而呈负相关。这种观察表明,当导入的全部铜中大部分沉淀在 Nonesuch 建造底部的 Nos 21 和 23 层的地方,几乎就没有剩下铜来。在较高的地层中形成铜矿化。这种解释对 Nonesuch 矿化的成因特别合理,即当人们承认所见到的相关性只有铜确实经过这些底部