费尼克斯铜矿的资源勘探和品位控制

历 史 情 况

葛兰拜矿山公司的费尼克斯铜矿位于加拿大不列颠哥伦比亚省南部格兰德·福克斯镇与戈瑞恩坞镇之间。矿区的开采权在1891年就已用标桩作誌。从那时起，曾经做过各种评价和勘探工作，但是直到1899年矿山和冶炼厂开始兴建的时候，矿区的储量还没有掌握。连结矿区和格兰德·福克斯冶炼厂的铁路在1900年建成后，即开始运出矿石。此后，生产延续了19年。

矿山初期的产量为每日630吨，以后曾经发展到3000吨以上。当时，格兰德·福克斯冶炼厂曾经是英国最大的冶炼厂之一。在19年中，矿石的总产量为1370万吨，品位：铜1.2%，金0.04盎斯/吨，银0.30盎斯/吨。

当时是坑内开采，采矿方法开始为方框支架法。但是由于矿石品位较低，很快就发现这一方法成本太高，因而改为大型空场法和充填法。矿山在那时就已高度机械化，采用了许多新技术，包括世界有名的葛兰拜矿车和一台自动化磨矿机，并在坑内采用了标准化的铁道运输系统。

在老费尼克斯矿，虽然开采技术比较先进，但是地质工作却做得很少。所以，遗留到目前的地质资料只能用来圈定矿带，而且限于已开采的范围。

矿 床 地 质

表1为费尼克斯地区的地层表。所有已知矿体都赋存在“矽卡岩化”的钙质沉积岩中。它的分布范围呈马蹄形（图1）。最主要的采区为爱恩赛德坑。

矿石由分布均匀的细粒浸染状黄铜矿、少量黄铁矿和镜铁矿组成。在爱恩赛德矿以北，矿带有两个分支，但它们都属于一定的沉积层位。在南面，两个矿带汇合在一起，其厚度达到200英尺。地层和含矿层的倾角在地表为45度，到矿体下端几乎变为水平状。有几个断层把矿体沿水平方向和倾斜方向错断，其断距达25至100英尺（图2）。矿体的倾角为5至15度。

虽然经过了75年的断续研究。但对费尼克斯矿床的成因还没有一致的认识。现在，我们只能说这是一个大型的、低品位的浸染状黄铜矿矿床。

定继承了地质发展史从地槽到地台阶段的贯通金属矿床系列和地槽、地台时期连续阶段所特有金属矿床群；分析矿质来源的变更、金属矿床的形成深度及其产生的地质条件，其中包括地壳由压性为主到张性占优势的环境改变及其构造的变化；研究地壳深部矿质堆积的物理化学参数之演化，等等。这些问题正是内生成矿作用理论的本质。

成矿旋回分析的实际意义是：可以确定地槽和地台时期各个连续阶段的岩浆活动与成矿作用，在其产生时间和分布空间上的规律性关系，由此则为含矿性及找矿方向的预测评价打下科学的基础。

在成矿旋回范围内，由于褶皱期后活化的骤起，成矿作用可产生多次，因此，成矿预测图上只划分属于地槽阶段的矿床分布区就不够了。必须表示出复盖地槽成矿作用区的各个连续活化时期矿床发育的区域。这就要求采用容积的或者是网式的成矿填图方法，圈定在不同时间连续产生的金属矿床组的分布地区，其中一部分或许是完全相互掩盖着的。

例如，沿着西伯利亚地台东缘和东南緣，不仅要划分元古代地槽阶段的分布面积，而且还要划出迭加于其上的古生代及随后的中生-新生代活化期矿化的分布地区。因为所有时期及其各个阶段都有一套特殊的矿床，所以只有进行这种空间上的划分，考虑到成矿旋回的所有成矿时期，才能作出一定矿床组的分布预测并指导矿床的发现。

译自《разведка и охрана недр》
1973, №9, стр.1～5

作者：В.И.斯米尔诺夫
宫文译　青宁校

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

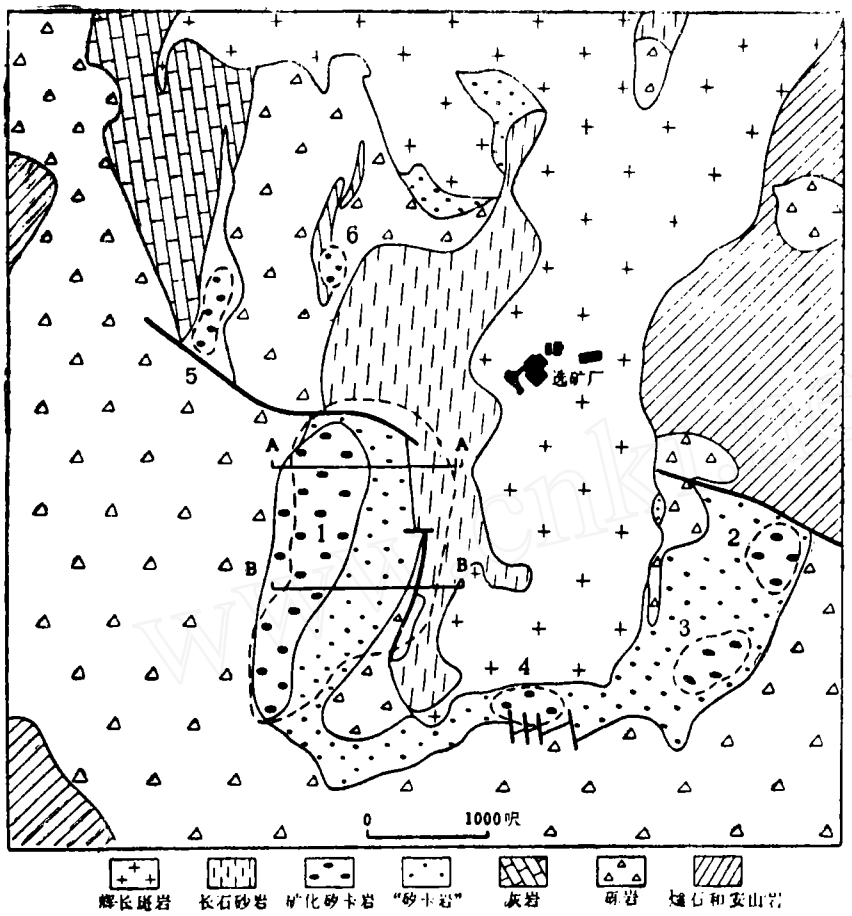

图1　费尼克斯矿区地质图

1－爱恩赛德区；2－斯诺束区；3－锐海德区；4－芒纳地区；5－爱达荷区；6－斯太姆乌因德区

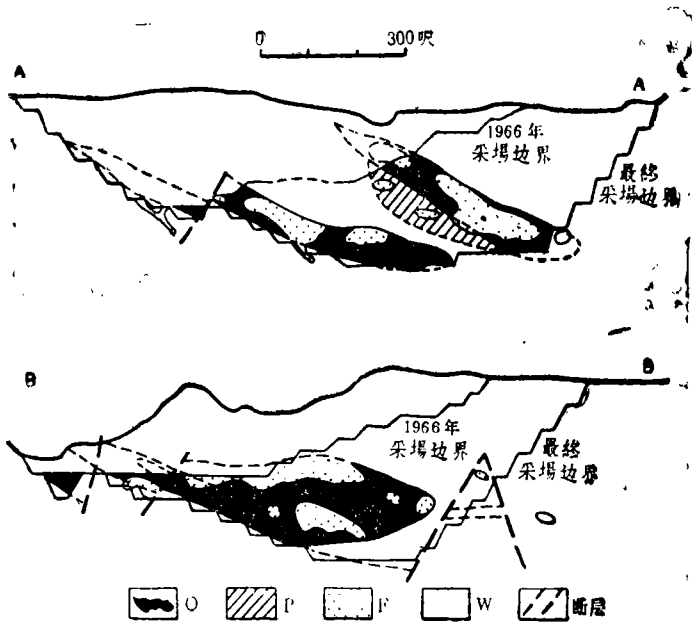

图2　爱思赛德矿体剖面图

O－未采出的矿块；
P－近似矿量；
F－充填料和残柱；
W－围岩

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

费尼克斯地区地层表 表1

时代	层位名称	岩性特征
第三纪	考瑞尔侵入体	正长岩和斑霞正长岩脉
	米德维火山岩	辉长斑岩
	凯图河层	长石砂岩－已褶皱，但未显著蚀变
白垩纪		蛇纹岩
三迭纪	布诺克林建造	硅质凝灰岩、流纹岩
		绿岩
		“砂卡岩”－蚀变的灰质沉积岩，含透石、泥质物和石榴石，为含矿岩层
二迭纪及其以前时代	诺伯希尔层	风成砂岩－重结晶后形成石英岩
		“厚层泥岩”－可能为镁质凝灰岩
		燧石
		安山岩

目前的矿山开采

从1959年起，矿区开始以露天矿开采过去遗留下来的资源，生产能力为每日2000吨原矿。

由于矿体过去已在坑内开采，因此需要打很多钻孔来确定采空区的位置。较大的空洞有时要打120英尺深的炮眼使之崩落。加上没有固结的矿房充填物和永久性的冰冻，使钻探和爆破作业遇到了许多困难。

爱恩赛德坑1966年的几项生产指标如下：

采矿每吨0.48元，剥岩每吨0.28元（剔除折旧和保险费后的全部支出）。

目前的剥离比为5：1，预计整个爱恩赛德坑平均可达3.73：1。

预计与实际矿量对比表 表2

年度	预计品位（铜）	预计矿石产量	实际矿石产量
1963	确定和推定矿量：0.80% 充填料和残柱的半数：0.50%	516290 吨 铜品位0.71%	481400 吨 铜品位0.64%
1964	同上	655700 吨 铜品位0.64%	670247吨 铜品位0.69%
1965	确定和推定矿量：0.80% 充填料和残柱：上部的1/4和下部的1/2可达0.50%	767010吨 铜品位0.69%	768722吨 铜品位0.80%
1966	确定和推定矿量：0.90% 充填料和残柱的40%：0.60%	781300吨 铜品位0.78%	655807吨 铜品位080%

选矿

选厂采用的是一个标准的硫化物浮选流程。现在日处理量达1950吨。平均原矿品位：铜0.8%，金0.032盎斯/吨，银0.28盎斯/吨。1966年铜的平均回收率为82%，平均精矿品位27.4%。

资源勘探

1956年决定重新开采费尼克斯矿区时，斯诺索坑有铜品位达1%的矿石储量约40万吨，但爱恩赛德坑的储量还没探明。曾经想用坑探和钻探取样的方法评价矿床，但是由于崩落区的阻碍，这些尝试都没有取得预期的效果。

爱恩赛德坑重新开采时，发现还存在相当数量的品位达0.75%的储量。从发展的观点来看，用准确的方法评价矿床的需要越来越迫切。为此就提出了一种实验性的方法：根据露天矿开采的新经验，把过去开采时遗留下来的平面图和剖面图修改成正规的地质资料。

类似图2的剖面图就是在过去的年度报告的基础上重新编制出来的。图上表示了新圈出的近似矿量“P”、没有采出的矿块和矿柱“O”和采空区“F”（包括已充填的矿房和当时不能回采的矿柱）。

“O”和“P”的品位假定为0.80%铜；“F”的半数假定品位为0.50%。

采空区的矿量可能没有预计的这么多，但经验表明这个不足之数将由未表现在图中的来源补充。实际上，随着开采经验的不断积累，这个算法时刻都在变化。

表2中每年的预计矿石产量和实际产量的比较，不能反映储量计算方法的准确程度，因为实际开采的范围并不总是和预计的范围一致。表3则表示实际开采范围的储量与实际产量的对比。

预计产量与实际产量之间较大的差距仍在逐月地感受着。但是在经过一年之后的今天，已经能以必要的准确度来预计开采范围内的矿石产量了。

贵金属的品位一直是比较稳定的。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

过去未采尽的所有矿块与当时生产的矿石中金和银的含量一样，分别为每吨0.31盎斯和0.23盎斯。

历年的矿石产量和目前的储量见表4。

质量控制

入选矿石的边界品位是0.5%铜。在设计的矿坑内，所有0.3～0.5%品位的矿石都列为“等外矿”。这些矿石虽然当成废石剥离出去，但仍然单独堆放，以备将来需要时可以再次入选。建立长远性品位指标的目的，就是使原矿中铜的品位保持在0.50%以上。即使这样，原矿品位逐日的变化幅度仍在0.5%到1.3%之间，而且日变化幅度在0.65%到0.90%之间的情况是很普遍的。当然可以把品位不同的矿石储存起来，然后通过配矿以缩小每天给料品位的变化。可是选厂似乎并不特别感到原矿品位变化的困扰。而且，迄今尚未证明配矿所带来的耗费是合适的。

在开采过程中，也采取了少量钻孔中的样品，但这还不足以反映任何矿块的实际品位。有时曾试图把矿石与废石分别爆破，但是由于在多数情况下矿体的边界是渐变的，或者因过去的开采使它变得很不规则，所以只能在爆破后的矿石堆上使矿石与废石最后分开。每个炮眼的化验结果都已表示在各个台阶取样平面图上，这可大致反映出矿石的品位变化情况。但真正把矿石与废石分开，常常是在装车以后通过目测来完成的。经过训练的手选工攀上卡车，拾取半磅样品，并宣称是“矿石”、“等外矿”或“废石”。他们在上夜班时，要戴上坑内矿工用的头灯。矿石中除了黄铜矿以外，几乎不含其他硫化物，这使目测品位特别有效。有时，也在卡车上取一些试料来核对目测品位的准确性。在矿石产量不足时，偶而也把一部分“等外矿”送进选厂。

实际开采范围内预计储量与产量比较表 表3

年度	预计品位（铜）	预计矿石量	实际矿石产量
1962	确定和推定矿量：0.80% 充填料和残柱：半数的品位达0.50%	474825吨 铜品位0.75%	426241吨 铜品位0.81%
1963 (1—10月)	同上	324105吨 铜品位0.72%	356550吨 铜品位0.64%
1964	同上	768000吨 铜品位0.63%	670247吨 铜品位0.69%
1965 (1—10月)	确定和推定矿量：0.80% 上部阶段的1/4和下部阶段的1/2：0.50%	682820吨 铜品位0.82%	655807吨 铜品位0.80%
1966	确定和推定矿量：0.90% 充填料和残柱的40%：0.70%	682820吨 铜品位0.82%	655807吨 铜品位0.80%
计算时期内的总产量和平均品位		2772050吨 铜品位0.72%	2768450吨 铜品位0.76%

历年矿石产量和目前保有储量表 表4

	矿石量				剥岩量	剥采比
	吨	Cu%	Au盎斯/吨	Ag盎斯/吨		
1900—1919						
坑内矿	13109757	1.2	0.05	0.30		0.57：1
露天矿	590243	—	—		782948	
合计	13700000	1.2	0.05	0.30	782948	
1959—1966						
露天矿	4324218	0.753	0.31	0.23	12631289	3.2：1
1967年1月1日储量	5133350	0.80	0.31	0.23	20422400	4.0：1
合计	9457568	0.78	0.31	0.23	33053689	3.73：1
两期生产累计	18024218	1.09	0.04	0.3	13414237	
加保有储量加	23157568	1.03	0.04	0.3	33836237	
预计等外矿	2600000	0.40	0.02	0.2	—	
总计	25757568	0.97	0.04	0.3	33836237	1.31:1

李静仁节译自：《Ore reserve estimation and grade control. A Canadian centennial conference. 1967》，CIM Spec.Vol.no.9. 1963

作者：J.S.可密恩

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net