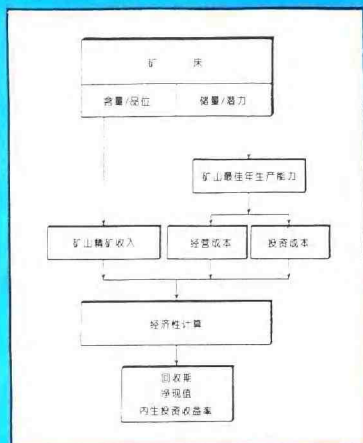


[德] F.-W. 韦尔默 著 朱铁民 译



矿床与矿产 经济实用计算

——矿床的计算、评价与单位换算——

地质出版社

登录号	103508
分类号	P624.6
种次号	004

矿床与矿产经济实用计算

——矿床的计算、评价与单位换算

5318/19

(根据 Sven von Loga 出版社 1992 年

第三次修订与补充版翻译)

[德] F.-W. 韦尔默 著

朱铁民 译



201030874



地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书系论述矿床与矿产经济评价的专著。

在市场经济条件下,为了达到勘探的最佳化,通常必须以前一阶段的认识为基础,对下一勘探阶段作出评价,看它能否达到必需的最低经济指标。就是说,勘探工作者必须对未来的矿床开发是否经济合算,作出明确的回答。德国矿床经济学家 F.-W. 韦尔默教授的这部著作,在总结自己实践经验的基础上,用大量的实例,深入浅出地系统论述了矿床经济评价的各种理论、实践和方法问题,可供有志于学习和研究市场经济条件下矿床与矿产经济评价的地质勘探和矿业开发的科研、教学和领导决策的人员参阅,亦可作为学习此专业的大学和中专学生的教科书和课余读物。

图书在版编目(CIP)数据

矿床与矿产经济实用计算:矿床的计算、评价与单位换算/[德] F.-W. 韦尔默著;朱铁民译.-北京:地质出版社,1997.10
ISBN 7-116-02459-X

I. 矿… II. ①韦… ②朱… III. ①矿床-地质勘探-评价②矿产-计算 N.P642.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 21266 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:郑长胜

责任校对:梁毅 关风云

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:850×1168 1/32 印张:8 字数:215000

1997 年 10 月北京第一版·1997 年 10 月北京第一次印刷

印数:1—1000 册 定价:18.00 元

ISBN 7-116-02459-X

P·1827

北京市版权局著作权合同登记图字:01-97-1347 号

中 文 版 序

由衷地感谢中国地质矿产经济研究院译审朱铁民先生将我的这本《矿床与矿产经济实用计算——矿床的计算、评价与单位换算》由德文翻译成中文。这本书的英文书名短一些,叫做《勘探经济评价》(Economic Evaluation in Exploration)。我还要感谢斯文·封·洛嘎出版社(科隆)和施普林格出版社(海德尔堡)同意将这本书译成中文并在中国出版发行。

本书的目的是为地质勘探工作者提供一本在勘探阶段进行矿床经济评价或矿床估价的简明工具书。在市场经济条件下,起重要作用的不是矿产的绝对可使用性,而是矿床的质地即质量。只有当矿产的开发是经济合算的,矿石的矿化才能提高档次。

矿床的质地是通过勘探查明的,而每项勘探又要划分成若干阶段。为了达到勘探的最佳化,通常要以每个阶段的认识为基础,对下一勘探阶段作出估价,看它能否达到必需的最低经济指标。这种估价不是十分精确的计算,而是决定勘探是继续下去,还是终止进行的是与否的决策,因为从一个阶段转入另一个阶段,勘探工作的花费一般会超比例增大,从而变得更为昂贵。对于一项距离达到最小开采吨数或最低品位要求越来越渺茫的勘探,终止了它,然后另起炉灶,要比将它继续下去更好。认识到这一点常常是长时期的。地质勘探学家的艺术就是找到正确的时机,本书当对回答这一难题有所裨益。

本书的中译本是对德国联邦地学与原料研究院致力于德中科学和经验交流的一个贡献。在这方面,德意志联邦共和国联邦经济部以及联邦地学与原料研究院和中华人民共和国地质矿产部曾于1979年6月19日签订过一项科学合作协定。该协定签字后不久便进行了两项多年勘探项目,这就是1980年至1981年在望乡综

合体上研究稀土矿化作用的项目,1983年至1985年在广东省横山地区伟晶岩上勘探钽铌钨的项目。此后是在矿产领域内从金属矿产到非金属矿产的更大范围的双边科学与经验交流。

我希望在上述经验交流的范围内,本书中文本在中国的出版,能为在中华人民共和国成功地、成本最佳地进行地质勘探工作做出贡献。

教授、工学博士

弗·威·韦尔默

1996年10月1日

于汉诺威

原 版 序

本书是《矿床与矿产经济实用计算》的上册^①，其主要目的是供从事前期矿床评价的矿床经济工作者使用。勘探一旦达到可行性评价阶段之后，便要由地质学家、采矿学家、选矿学家和经济学家组成的专家小组，进行矿床经济和技术数据的计算。本书是勘探达到可行性研究之前的早期矿床评价指南。读者可以从本书了解评价的概略规则和简便方法，因为在勘探的早期阶段，只能知道一些粗略的矿床参数，这时计算的目的，不是尽可能精确地计算经济数据，而是作出正确的决策：终止用费力的、详细的和十分昂贵的方法进行调查或研究。

就是说，本书的内容是实用计算的规则和经济数据的应用。这里愿向读者以及实际工作者介绍这方面所需要的各种规则和方法。介绍是全面的，每位身在异乡的读者都能够在没有同事帮助，并且不使用计算机数据处理(EDV)的情况下，迅速进行初级的矿床计算。本书还可以当作工具书查阅。各种计算均可用手算或借助一个袖珍计算器完成。由于成本数据因国而异，所以几乎给不出绝对数字，只能提示如何将调查得到的数据应用于某一特定的情景。

最后，所有这些计算规则无非是将地质工作数据、储量和品位等，换算成某一经济量，并以此来判断单个矿化是否仅仅就是一个

① 韦尔默教授的《矿床与矿产经济实用计算》分为上下两册，上册的副题是：矿床的计算、评价与单位换算，下册的副题是：矿床统计、勘探统计与地质统计方法。原书由斯文·封·洛嘎出版社(科隆)编入克劳斯塔耳地质构造丛书(CTH—Clausthaler Tektonische Hefte)出版。上册为该丛书的第22卷，下册为该丛书的第26卷。书中CTH22和CTH26即分别指这部著作的上册和下册。两册既有联系，又可单独使用。——译者注

矿化,还是一个具有经济开采价值的矿床。从地质工作数据向最后经济量的转化,基本上是机械的。正确的地质评价:吨数和品位、储备和潜在储量对投入具有决定意义。

矿床学家的职业是国际性的。最经常使用的语言是英语。最大的矿业大国如美国、加拿大、澳大利亚、南非等,都是讲英语的国家。因此书中的许多专业术语均用括号给出英文。本书从单位换算讲起,米制虽然在国际上推广很久了,但是英美国家的一些比较陈旧的数据,却常常不是以米为单位的。所以,本书对这些旧数据沿用了原来的单位。

此外,本书的结构是按计算的过程安排的:估价吨数和品位(即计算每吨矿石的收入)——确定矿山的潜在生产能力(即估算资金成本和经营成本)——最后的经济核算。

采用地球物理和地球化学的勘探数据进行统计计算的方法(储量、品位),将在《矿床与矿产经济实用计算》一书的下册中予以讨论。

通读本书手稿并提出批评意见、给予无数次鼓励和修改建议的有 Dr. Bering(汉诺威)、Dr. Gschwindt(柏林)、Prof. Dr. Kaiser(巴伐利亚埃尔兰根)、Dr. Kollwenz(澳大利亚墨尔本)、Dr. Sommerlatte(瑞士楚格)和 Dr. Thalenhorst(加拿大多伦多);另外,Mr. Greg Kater(澳大利亚悉尼)为本书第 5.2 章提供了铌钽数据,P. H. Mackenzie 先生(澳大利亚堪培拉)提出了矿坑寿命的澳大利亚简便法则及可选性对产出率估算的影响。这里谨对他们的帮助致以衷心的感谢。尤其值得道谢的还有 Josine Wepster 女士(墨尔本),她耐心地书写了许多手稿。为本书清稿的是 D. Gehrman 夫人(科隆),负责插图清绘的是 B. Hessari 女士(克劳斯塔-策勒菲尔德)、S. Jürgens 女士和 R. Draws 女士(汉诺威)。谨对以上各位女士的合作致以衷心的感谢。

目 录

1 换算	(1)
1.1 单位的换算	(3)
1.1.1 长度	(3)
1.1.1.1 英里(mile)	(3)
1.1.1.2 测链(chain)	(4)
1.1.1.3 码(yard)	(4)
1.1.1.4 英尺(foot,复数:feet)	(4)
1.1.1.5 英寸(inch)	(4)
1.1.1.6 呔(fathom)	(4)
1.1.2 面积	(5)
1.1.3 体积/容积	(5)
1.1.3.1 加仑(gallon)	(6)
1.1.3.2 桶(barrel)	(6)
1.1.3.3 英亩·英尺(acre-foot)	(6)
1.1.4 质量单位	(6)
1.1.4.1 吨	(6)
1.1.4.2 英担(hundredweight)	(7)
1.1.4.3 磅(pound)	(8)
1.1.4.4 盎司(ounce)	(8)
1.1.4.5 贵金属单位	(8)
1.1.4.6 以精矿为单位的“单位”	(10)
1.1.4.7 特殊质量单位	(10)
1.1.5 其他单位	(10)
1.1.5.1 能源单位	(10)
1.1.5.2 角单位	(11)
1.1.5.3 筛分单位	(11)
1.1.5.4 压力单位	(11)

1.1.5.5 温度单位	(12)
1.1.5.6 金属的纯度	(12)
1.2 派生量的换算	(12)
1.2.1 地图的比例尺	(13)
1.2.2 密度换算	(14)
1.2.2.1 密度/吨位系数	(14)
1.2.2.2 干密度/湿密度	(14)
1.2.3 品位	(15)
1.2.4 累积值/强度系数	(18)
1.2.5 开采量	(18)
1.2.6 剥采比	(19)
1.2.7 特种金属价格	(19)
1.3 化合物的换算	(20)
2 金属价格	(21)
2.1 扣除通货膨胀因素的平均价格的计算	(24)
2.2 滑动平均价格的计算	(26)
2.3 成本曲线价格的推导	(27)
3 矿床体积和吨位的计算	(30)
3.1 真实厚度的计算	(30)
3.1.1 垂直于走向的钻孔	(30)
3.1.2 倾斜于走向的钻孔	(31)
3.2 依据剖面的储量计算	(33)
3.3 依据地质图或平面图的储量计算	(35)
4 加权和品位的确定	(37)
4.1 储量计算上的加权	(37)
4.2 由测量块状矿石求品位的计算方法	(40)
4.3 由含矿密度求品位的计算方法	(41)
4.4 从测量钻孔确定品位	(43)
4.4.1 引言	(43)
4.4.2 厚度的确定	(45)
4.4.3 品位的确定	(45)

5 综合矿床的数据处理	(48)
5.1 金属比	(48)
5.2 三元素图	(49)
5.3 回归分析	(51)
5.4 归一化	(57)
5.5 金属当量或价值当量的计算	(60)
5.5.1 导论	(60)
5.5.2 经济计算的价值当量	(60)
5.6 相对密度当量的计算	(62)
6 将矿床的地质数据换算成采矿数据	(68)
6.1 采矿贫化率(dilution)	(68)
6.2 矿山储量回采率	(68)
6.3 选矿回收率(金属回收率)	(69)
6.4 精矿系数与产量回收率	(70)
6.5 特殊情况轴	(71)
7 矿山净收益的计算	(73)
7.1 以单位矿石价格或直接精矿价格为基础的简单情况	(73)
7.2 有色金属	(74)
7.2.1 使用冶金公式的计算	(74)
7.2.2 使用经验公式的计算	(77)
8 矿床寿命	(81)
8.1 矿床寿命的概算规则	(81)
8.2 最佳寿命公式	(82)
8.3 非金属工业的矿山寿命	(84)
8.4 储量寿命比	(86)
9 成本数据的计算	(88)
9.1 成本数据的采集	(88)
9.2 成本数据的选择	(91)
9.2.1 资本成本和经营成本的通货膨胀	(91)

9.2.1.1	资本成本	(92)
9.2.1.2	经营成本	(94)
9.2.2	幂曲线	(95)
9.3	其他实用法则	(100)
9.3.1	资本成本的0.6法则	(100)
9.3.2	经营成本的实用法则	(102)
9.3.2.1	概略计算的实用法则	(102)
9.3.2.2	井下开采经营成本的实用法则	(102)
9.3.2.3	露天开采经营成本的实用法则	(103)
9.3.2.4	影响选矿成本的重要因素	(105)
9.3.2.5	经营成本的其他问题(勘探成本、品位检查成本等)	(107)
9.4	运输成本	(109)
9.4.1	“cif”和“fob”的意义	(109)
9.4.2	运输费用的实用法则	(111)
10	其他经济计划方法	(114)
10.1	工业可采边界品位	(114)
10.1.1	经营成本边界的一般情况	(114)
10.1.2	露天矿边界品位的计算	(115)
10.1.2.1	边际剥采比	(115)
10.1.2.2	露天矿经营成本边界的计算	(116)
10.2	线性的最佳化	(118)
11	经济性计算	(124)
11.1	静态算法	(124)
11.1.1	盈利率	(124)
11.1.2	租金的计算	(125)
11.1.3	回收期(Payback period)	(126)
11.2	动态算法	(127)
11.2.1	导论	(127)
11.2.2	现金流量计算的基本要素	(129)
11.2.3	净现值法(Net Present Value, NPV)	(132)

11.2.3.1	导论	(132)
11.2.3.2	使用不相等年现金流量的计算方法	(135)
11.2.3.3	使用相等年现金流量的计算方法	(135)
11.2.4	内生投资收益率法(Internal Rate of Return, 缩写成 IRR 或 IROR)	(136)
11.2.4.1	由净现值法推导的内生投资收益率法	(136)
11.2.4.2	使用不相等年现金流量的计算	(138)
11.2.4.3	使用相等年现金流量的计算	(140)
11.3	税收问题	(143)
11.4	外来资金在投资中的使用	(145)
11.5	现金流量计算举例	(147)
11.6	灵敏度分析(Sensitivity Analysis)	(151)
11.7	无盈亏计算	(154)
11.7.1	有价矿床的无盈亏计算	(155)
11.7.2	综合矿床的无盈亏计算	(155)
11.8	由矿床购置价与开采利息的对比求净现值计算中的利率	(158)
11.9	启动时技术困难的经济评价	(160)
12	无已知矿化的勘探项目定量评价	(164)
12.1	导论	(164)
12.2	勘探对比区的简单记分制	(164)
12.3	定量评价	(167)
13	矿床的比较	(171)
13.1	关于矿床金属含量的比较	(171)
13.2	经济性的界线	(174)
13.3	品位—生产能力图上的无盈亏曲线	(175)
13.4	标出相同经济参数曲线的品位—生产能力图	(178)
13.5	用成本曲线作矿床对比	(181)
13.6	通过辅助指标的矿床对比	(181)
14	增长率的计算	(183)

14.1	用几何法计算增长率	(183)
14.2	用对数表值和线性回归法计算增长率	(184)
14.3	双倍时间	(185)
15	股份的计算	(188)
15.1	多股东的股份计算	(188)
15.2	勘探与矿山项目中外国股份的计算	(190)
16	市场影响-市场障碍	(193)
附录		(195)
附录 A	几何级数的应用方法	(195)
附录 B	由英制单位向米制单位的换算图	(197)
附录 C	向走向倾斜和不同倾斜角度钻孔厚度还原 系数求法示意图	(202)
附录 D	向矿层走向倾斜的钻孔之倾角	(205)
附录表 1	单位前缀	(207)
附录表 2	绳索钻进的测量	(208)
附录表 3	能源单位换算关系表	(208)
附录表 4	筛分单位	(209)
附录表 5	黄金粒度的定性描述	(210)
附录表 6	密度换算成米制的吨位系数	(211)
附录表 7	密度的近似值(概算)	(211)
附录表 8		(212)
附录表 9	几种主要元素的原子量(氧 O=16)	(213)
附录表 10	矿产评价中常用化学式的换算	(215)
附录表 11		(217)
附录表 12	冶炼条件	(219)
附录表 13	金属家族的定义	(220)
附录表 14	一般货运指数	(224)
附录表 15	扣除利息计算现值的系数	(225)
附录表 16	年金净现值系数	(227)
附录表 17	年金净现值系数	(228)

参考文献	(229)
刻度尺使用说明及刻度尺	(234)
译者后记	(238)

1 换 算

一位在国外工作的地质勘探工作者,时常被迫将长度、质量、价格等量的单位从一种单位制换算成其他单位制。下面将列出在英美范畴内大都被称为英制(imperial)计量单位的重要换算内容和换算系数。即使今天在加拿大、澳大利亚等许多国家已经采用了米制单位体系,但矿床经济学工作者仍会在过去的旧资料里一再碰到非米制计量单位。

换算之前,尤为重要的是要真正弄懂数目的含义。糟糕的是,英美人使用逗号和句点与德国人完全相反。十位小数点在英美文献中(常见于袖珍计算器)是一个圆点,而逗号只用来断开千位数。例如:

3.451,英语读作三点四五一。这个数字的德语写法应为3,451。

3,451,在英语中是三千四百五十一。而它的德语写法为3.451。

英语中的另一个特点是小数点之前的零常被省略,例如.5,意即0.5,德语写作0,5。

有一个容易引起混淆的概念,即“billion”。在德国和英国,它是 10^{12} ;在美国、加拿大还有法国,它是 10^9 ,即等于一千个百万,或十亿。地球化学中有个单位叫“ppb”(parts per billion),用的就是它,意即 10^9 分之一,或称 1 mg/t 。在澳大利亚,计量单位实际上并不统一。澳大利亚的词典 Macquarie Dictionary,把“billion”解释为 10^{12} ,而澳大利亚政府在其财政中把“billion”用作 10^9 。

英美人使用诸如 kilo(10^3)、mega(10^6)等表示十的幂的单位前缀,比德国人更经常一些。本书附录(见附录表1)列出了这些前

缀。例如拦河坝的库容常以 Megaliter(10^3 m^3)为单位。就连过去的民主德国也经常使用这个前缀。例如他们常常说“Kilotonnen”(10^3 t)这个词。

在英语地区,使用米制时有一些超常的省略语。例如人们不说 100km,而把它说成“100k”。这种表达方式,有时在书面语中也使用。不过,把 kilo(即 10^3)缩略为“k”,这种缩语还会在其他方面使用,如货币单位。当有人说 50k 时,他指的是 50 000 美元。

与德语相反,英语中的单位还使用复数。试举一例:“pound”(磅)缩写为 lb,它的复数写作 lbs(见第 1.1.4.3 节)。这一习惯现在也沿袭到米制上去了。在米制单位中,诸如 kms、kgs 等等是屡见不鲜的。

在米制单位的英语缩写词中,经常见到把 analog 当作英制单位的缩写形式,这并不符合国际达成的 SI^① 公约的要求,如把克(g)缩写成 gm,千克(kg)缩写成 kgm,立方米(m^3)缩写成 cm(cubic metre 的缩写)等等都是不合要求的。

换算时,一条重要的原则是:

被换算值的大小必须准确,不得大于原始值。

例如,115feet(英尺)等于 35m 而不是 35.05m,更不是 35.052m。数字 35.05m,只有当其意味着是 115feet、0 inch(英寸,或称 115'0",见第 1.1.1.4 节)时,才是正确的。

习题:某锡矿冲积矿床的一个 30 年前的取样结果如图 1a 所示。该结果是 1 yard³岩样中的含锡量,但图中未写完整,且计量单位用英制表示。问该样品的精度是多少?其数值如何准确换算为米制?

准确的换算系数有:

$$1\text{feet}=0.3048\text{m} \quad (\text{见 } 1.1.1.4)$$

$$1\text{yard}=0.9144\text{m} \quad (\text{见 } 1.1.1.3)$$

$$1\text{pound}=0.454\text{kg} \quad (\text{见 } 1.1.4.3)$$

① SI=Siystème International d'Unités,即国际单位制。

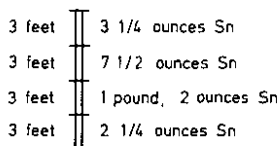


图 1a 用英制单位表示的某冲积锡矿取样

$$1 \text{ ounce} = 28.3 \text{ g} \quad (\text{见 } 1.1.4.4)$$

很明显,样品的精度等于 $(1/4)\text{ounce}/\text{yd}^3$, 即 $(28.3/4)\text{g}/\text{yd}^3$ 。换算成 m^3 , 它等于 $9.3\text{g}/\text{m}^3$ 。按照上述精度计算,使每 m^3 的样品增成整数 10g。故经过换算之后,一个钻孔剖面似相当于图 1b:

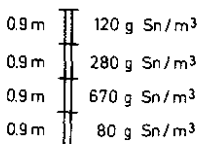


图 1b 与图 1a 同一钻孔的使用米制计量单位的换算值

1.1 单位的换算

1.1.1 长度

1.1.1.1 英里(mile)

英里在美国缩写为 mi, $1 \text{ mile} = 1.6093\text{km}$ 。

1 mile 等于 5280 feet, 或等于 1760 yards, 或等于 80 chains。换算见附录 B 图 1。

英里是英美地区使用的,它不能换算成只用于航程的海里或航海里(1.852km)。为了确实同海里(nautical mile, 缩写为 n mile)区别开来,它也可用法定英里(statute mile)表示。