

有色重金屬冶金計算

Ф.М. 羅斯庫托夫 著

A. A. 柴 德 勒

冶金工業部有色冶金設計院翻譯科 譯

本書系根据苏联冶金科技書籍出版社出版的 Ф.М. 罗斯庫托夫和 А.А. 柴德勒所著「有色重金屬冶金計算」一書 1948 年莫斯科版譯出。

書中包括鉛、鋅、銅、鎳和錫各种冶金过程的計算例題。許多計算附有仔細編成的物料平衡和热平衡。

本書可作为有色冶金部門生产技術人員、科学工作者和設計人員的实用指南，也可供高等工業学校学生在學習有色重金屬冶金課程和作畢業設計时作参考書用。

本書由周美齡和王春林等翻譯，楊如泉作俄文校對，周惕安工程師作技術校對。

Ф.М. ЛОСКУТОВ И А.А. ЦЕИДЛЕР: РАСЧЕТЫ ПО МЕТАЛЛУРГИИ
ТЯЖЕЛЫХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ
МЕТАЛЛУРГИЗДАТ (Москва 1949)

有色重金屬冶金計算 冶金工業部有色冶金設計總院翻譯科 譯

編輯：曾廣說、王忠義 設計：趙香荅、魯芝芳 責任校對：楊維琴

1957 年 7 月第一版 1957 年 7 月北京第一次印刷 1,432 冊

350×1168 • 1/32 • 333,000 字 • 印張 $12\frac{28}{32}$ • 定價 (10) 2.20 元

冶金工業出版社印刷廠印

新华書店發行

書號 0656

冶金工業出版社出版 (地址：北京灯市口甲 45 号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 号

序 言

關於黑色冶金配料計算，曾經出版了大量的參考文獻。其中有 M.A. 巴甫洛夫院士，H.A. 柯斯蒂列夫教授，И.А. 索柯洛夫教授，H.H. 杜布羅烏托夫教授，A.C. 馬特維也夫以及 B.M. 巴甫洛夫斯基等的著作。

關於更多樣化和更複雜的有色冶金配料計算的參考文獻，則出版得相當少。

1911 年 B.Я. 莫斯托維奇教授在「烏拉爾技術」雜誌上發表了一篇很有價值的文章「銅鼓風熔煉的配料計算」。在國外的冶金計算參考文獻中，只有在四十年前用英文出版的理查茲教授的著作，該書當時即已譯成俄文。有色冶金配料計算方面的這些參考文獻都已經陳舊，目前已不可能利用了。

作者編著「有色重金屬冶金計算」一書，希望彌補技術文獻中的這個重大的缺點。在編著本書時，特別是在編制各種冶金過程的熱平衡時，曾碰到很多困難。這些困難主要是歸因於缺乏有關冶金過程中各種反應的熱效應，以及各種物料和產品的熱容量的可靠數據，以及缺乏某些其他參考資料。故本冶金計算今後需要根據文獻中所載的數據加以適當的修正。

希望本書可供生產工程師，設計師作為日常工作中的實際指南，同樣可以供高等工業學校的學生在學習有色冶金學和作畢業設計時用作參考。

本書中鉛、鋅和錫的冶金計算部分由 Ф.М. 羅斯庫托夫編著，而銅和鎳的冶金計算部分由 A.A. 柴德勒編著。

本書作者將對讀者所提的一切意見表示感謝，並將根據這些意見來修正所發現的缺點。

緒 論

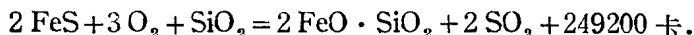
冶金計算原理

有色金屬冶金計算的目的，是为了解答在冶金过程實踐中所發生的一系列問題。这方面的主要問題有：

- 1) 熔剂、燃料和空气需要量的計算；
- 2) 得到的半产物、最終产物（爐渣、金屬）及气体的組成和数量的計算。

冶金計算基本上是根据化学計算規則〔1〕进行的，与無机化学中按化学反应求得产物数量的計算相类似^①。

冶金計算的方法很多。每一个冶金問題都可以用各种計算方法来解决，如果这些方法在邏輯上是正确的，那么它們便都是可靠的。不过，計算的結果，只有当它們与实际数据相符合时，才能認為是正确的。因为在每个冶金过程中經常有某些反应不能进行到底，为了进行計算，就要指定一系列的假設条件。例如，在銅矿石的自热熔煉和半热熔煉时以及在吹爐內吹煉銅水銅的第一阶段，主要的反应是硫化亞鐵氧化和造渣：



当吹煉銅水銅时，FeS 是液体，反应几乎进行到底，故实际上可以認為所有的 FeS 都变成 $2 \text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ 。当在鼓風爐內熔煉矿石时，矿石中的 FeS 是固体物質，氧化不完全；部分 FeS 进入水銅。这样，FeS 氧化所需的空气量，可只按参与反应的 FeS 量进行計算。为了确定空气量，必須为不同的計算方法指定某些不同的条件，例如脫硫率（除硫的百分数）和所得水銅的組成等。此外， SiO_2 是常不按反应計算，而是指定一定的爐渣組成。

实际系数。所有一系列的假設和系数必須与冶煉厂的实际数

① 方括弧內的数字是本書后面參考文献的編号。

据相符合。这样就使得每一个从事冶金计算的工程师要注意各种冶金文献，並利用下厂的时间，直接根据个人的观察，厂内技术人员的报导和从厂内技术报表中摘录对自己有用的数据。在编制任何冶金计算时，特别是在作畢業設計和编制苏联設計院重要工程（如一座新工厂）的设计时，要以各工厂得到的主要指标表作为选择计算的依据。例如，在选择爐渣的組成时，要列出各同类工厂的爐渣組成表，批判地分析各工厂平均值相異的原因和所选择的数字的根据，

同样，得出某些产物或半产物（如水銅、粗鉛、爐气）的计算結果以后，还應該証明它們的組成与实际产出的相符合，为此，同样要从参考文献和實踐中引录相应的組成表，並且遇有某种組分的誤差太大时，應該予以說明。

在本書內列有一系列各种冶金过程的产物和半产物的組成表。在利用这些表时，必須記住，冶金学与任何一門科学一样，随时都在改进和發展；今天达到的实际系数和半产物的組成，由於改进的結果，明天就可能成为陈旧的。因此，列出的組成表，不能認為一成不变和永远適合於冶金計算。必須不断把表明有色冶金中的成就的新数据补充到表內，並且在計算时一定要考虑到这些革新和改进。

原料处理流程图。在着手进行任何一种冶金計算时，首先必須确定，所处理的是一些什么物料，應該进行哪些过程，所要計算的工序將得到哪些产物和半产物。为此，必須繪制原料处理流程图，此圖是在學習了該种金屬的冶金教程的基础上选定的。換句話說，必須順次写出各道工序（焙燒、燒結、熔煉等）的名称，指明每道工序內应加入哪些物料、半产物，得到哪些产物和希望有什么样的組成（如果在此問題中指定有这样的条件的話）^①。随后再选择計算方法，按照上述方法找出实际系数，写出計算上所必需的該过程的反应並着手計算。

① 通常用箭头和綫条連接流程圖中各道工序的名称，以表示物料和半产物的流动及产物的产量。

原料处理流程图，各种反应和其他数据，在有色冶金学教程中都有详细的讲解，本书不再引述。

物料平衡和热平衡。在作任何冶金计算时，对计算的结果应该进行验算。当在工厂情况下以及进行概算时，往往省略这种验算，但在编制新工厂和车间的设计时，尤其是在作单元设计时，必须对计算书中计算的正确性进行验算。最好的验算方法就是编制过程的物料平衡，即计算进入该过程的全部物料（收入——装入）及产出的全部产物和半产物（支出——产出）的重量之总和。如果平衡不一致，那就是某地方有了错误。

为了达到最大限度的精确性和减少查找错误的困难起见，物料平衡常常是不仅要按物料类别（矿石、熔剂等），而且还按主要组分（铜、铅、铁、硫和二氧化矽等）来编制。平衡表的格式见后述（各例题中）。

编制热平衡的方法是计算该过程中全部热收入（燃料燃烧，放热反应和空气带入的热量等）和全部热支出（吸热反应，产物带走的热量等）。因为在计算时不得不作一系列以简化为目的的省略，故这些计算总是概略计算。例如，放热反应放出的热量与温度有关。为了不使计算复杂化，这种情况一般都略去不计。编制热平衡的目的，是为了验算热的支出和更深入地分析过程，以发现热量支出的主要原因和分析节省燃料的可能性。

一般计算过程。冶金计算一般系按 100 公斤或 100 吨原料进行，或者按 100 公斤或 100 吨最终产品进行，这要视题意和计算方法而定。

在计算整个流程时，就工序而言，最好不按 100 公斤或 100 吨，而自始至终按前一道工序产出的产品量进行计算。在此情况下，计算处理流程中的几道工序之后，便得出几个物料平衡（与工序的数目同）。换句话说，开始按 100 公斤或 100 吨原料进行计算，就可立即算出处理 100 单位原料所获得的全部半产品和最终金属的数量。若用「反算法」，即按 100 公斤或 100 吨金属进行计算，则得出生产 100 单位金属的全部指标（其中也包括

目 录

序言	9
緒論	10
冶金計算原理	10
矿石和精矿的物相組成	13
例 1 鉛精矿 A 的物相組成	15
例 2 鉛精矿 B 的物相組成	19
例 3 銅矿石 B 的物相組成	21
例 4 銅精矿 Γ 的物相組成	24
例 5 煉鉅厂精矿的物相組成	28
爐渣	29
爐渣簡述	29
爐渣應該是廉价的	21
爐渣的熔点	31
爐渣的粘度	32
爐渣的比重	32
主要組分的影响	32
爐渣的物理化学性質	34
合成爐渣的熔度和粘度	34
鉛渣的粘度	36
銅渣的粘度	37
鎳渣的粘度	41
錫渣的粘度	42
爐渣的熔化热和热容量	46
鉛渣的組成	48
銅渣的組成	53
自热熔煉和挪威熔煉的爐渣	53
半自热熔煉的爐渣	56
反射熔煉的爐渣	58
吹爐渣	59
火法精煉的爐渣	63

鎳渣的組成	64
錫渣的組成	65
冰銅	67
銅冰銅	67
銅鎳冰銅	69
鎳冰銅	69
二次鎳冰銅	69
二次銅鎳冰銅	69
銅鉛冰銅	70
金屬	71
銅	71
鎳	72
鉛	74
鋅	74
錫	75
鉛冶金	76
粉末焙燒	76
例 6 按冰銅中的已知銅含量計算焙燒程度和脫硫率	79
例 7 按焙燒后留在燒結塊中的硫量計算脫硫率	80
例 8 返回一段焙燒爐料中的碎燒結塊量和脫硫率的計算	80
例 9 鉛精礦的預先粉末焙燒	81
燒結焙燒	88
例 10 燒結焙燒配料計算的比例法和代數法(最簡單的例子)	88
例 11 鉛精礦燒結焙燒的配料	95
例 12 鉛精礦燒結焙燒的配料(按高鋅爐渣計算)	99
例 13 燒結焙燒的配料及物料平衡和熱平衡的編制	103
配料計算	103
焙燒的物料平衡	108
焦炭燃燒的物料平衡	110
焙燒的熱平衡	115
鉛的鼓風熔煉	119
例 14 鉛鼓風熔煉的計算	121
配料計算	121

熔煉的物料平衡	123
熔煉的熱平衡	127
膛式熔煉	130
例15 膛式熔煉計算	131
膛式熔煉的物料平衡	133
膛式熔煉的熱平衡	138
粗鉛的精煉和除銀	141
例16 粗鉛的除銅	141
例17 含銅浮渣的熔煉配料	142
例18 粗鉛的鹼性精煉	147
例19 粗鉛的除銀	148
例20 鉛的氯化除鋅	150
例21 鉛的除錒	152
鋅冶金	154
焙燒	154
例22 蒸餾廠鋅精礦的預先焙燒	155
例23 鋅蒸餾廠的燒結焙燒	165
焙燒的物料平衡	169
焙燒的熱平衡	170
例24 鋅精礦的懸浮焙燒	172
鋅的蒸餾	182
例25 鋅蒸餾的計算	184
粗鋅的精煉	188
例26 鋅的精析精煉	191
例27 鋅的精餾精煉	194
鋅的浸出和電解	198
例28 鋅的浸出	200
例29 鋅浸出渣的威爾茲法處理	206
例30 鋅的電解	210
銅冶金	213
銅的鼓風熔煉	213
自熱熔煉	213
例31 冰銅中銅的含量	215

例32 按冰銅的組成計算脫硫率	217
例33 石英量和石灰石量	218
例34 計算熔劑量的代數法	225
例35 空氣量的計算	226
例36 爐氣的計算	229
例37 吸入空氣的百分數	233
挪威熔煉	234
例38 焦炭的消耗量、爐氣的重量和組成	234
半自熱熔煉	238
例39 礦石在鼓風爐內進行半自熱熔煉的計算〔4〕	239
銅的反射熔煉	247
例40 焙燒粉的組成	247
例41 脫硫率和水銅組成的計算	252
例42 石英量和石灰石量	254
例43 計算熔劑量的代數法	259
例44 指定冰銅組成的熔煉過程	261
例45 煤的消耗量和爐氣的組成	269
例46 天然煤氣的燃燒	274
例47 生精礦的熔煉	276
例48 脫硫率的計算	282
銅冰銅的吹煉	283
例49 空氣需要量	283
例50 熔劑量	292
例51 按銅的重量計算冰銅和爐渣的數量	294
例52 風口處的空氣量	296
完整的物料平衡	298
平衡計算的基本方法	298
例53 反射熔煉流程的物料平衡	299
例54 鼓風熔煉流程的物料平衡	310
例55 按簡法編制的物料平衡	317
例56 鼓風熔煉的熱平衡	321
例57 反射熔煉的熱平衡	325
銅的精煉	327

例58 銅的火法精煉	327
例59 送去淨化的电解液的体积	329
例60 硫酸銅的結晶	331
例61 廢电解液的組成	333
例62 送入槽內的溶液量	333
銅的水冶	334
例63 送去置換的溶液量	335
例64 处理焙燒粉用的溶液量	336
鎳冶金	337
处理鎳矿石成二次鎳冰銅	337
例65 燒結塊的产率和組成	337
例66 燒結塊的产率和組成	339
硫化銅鎳矿的焙燒及其在鼓風爐、反射爐、电爐和吹爐內	
熔煉的計算的特点	340
例67 电爐冰銅的組成的計算	341
例68 按二次鎳冰銅的重量計算冰銅和爐渣的数量	343
氧化鎳矿的鼓風熔煉和初次鎳冰銅的吹煉	344
例69 燒結塊的熔煉	344
例70 初次鎳冰銅的吹煉	348
二次鎳冰銅的处理	349
例71 焙燒二次鎳冰銅所需的空气量	350
在电爐中熔煉焙燒粉成金屬	351
例72 氧化亞鎳的消耗量	352
奥尔福德法	352
例73 上層冰銅和下層冰銅的产量的計算	353
例74 分离熔煉的平衡	353
希比涅特法	356
例75 电解的平衡	356
錫冶金	361
精矿熔煉前的准备	361
例76 錫精矿的磁选	362
例77 錫精矿的焙燒	368
例78 錫精矿的浸出	375

錫熔煉	379
例79 錫精礦的反射熔煉	381
例80 浸出后精礦的熔煉	387
粗錫的精煉	401
例81 粗錫的精煉	404
附錄	406
參考文獻	409

有色重金屬冶金計算

Ф.М. 羅斯庫托夫 著

A. A. 柴 德 勒

冶金工業部有色冶金設計院翻譯科 譯

本書系根据苏联冶金科技書籍出版社出版的 Ф.М. 罗斯庫托夫和 А.А. 柴德勒所著「有色重金屬冶金計算」一書 1948 年莫斯科版譯出。

書中包括鉛、鋅、銅、鎳和錫各种冶金过程的計算例題。許多計算附有仔細編成的物料平衡和热平衡。

本書可作为有色冶金部門生产技術人員、科学工作者和設計人員的实用指南，也可供高等工業学校学生在學習有色重金屬冶金課程和作畢業設計时作参考書用。

本書由周美齡和王春林等翻譯，楊如泉作俄文校對，周惕安工程師作技術校對。

Ф.М. ЛОСКУТОВ И А.А. ЦЕИДЛЕР: РАСЧЕТЫ ПО МЕТАЛЛУРГИИ
ТЯЖЕЛЫХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ
МЕТАЛЛУРГИЗДАТ (Москва 1949)

有色重金屬冶金計算 冶金工業部有色冶金設計總院翻譯科 譯

編輯：曾廣說、王忠義 設計：趙香荅、魯芝芳 責任校對：楊維琴

1957 年 7 月第一版 1957 年 7 月北京第一次印刷 1,432 冊

350×1168 • 1/32 • 333,000 字 • 印張 $12\frac{28}{32}$ • 定價 (10) 2.20 元

冶金工業出版社印刷廠印

新华書店發行

書號 0656

冶金工業出版社出版 (地址：北京灯市口甲 45 号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 号

目 录

序言	9
緒論	10
冶金計算原理	10
矿石和精矿的物相組成	13
例 1 鉛精矿 A 的物相組成	15
例 2 鉛精矿 B 的物相組成	19
例 3 銅矿石 B 的物相組成	21
例 4 銅精矿 Γ 的物相組成	24
例 5 煉鉅厂精矿的物相組成	28
爐渣	29
爐渣簡述	29
爐渣應該是廉价的	21
爐渣的熔点	31
爐渣的粘度	32
爐渣的比重	32
主要組分的影响	32
爐渣的物理化学性質	34
合成爐渣的熔度和粘度	34
鉛渣的粘度	36
銅渣的粘度	37
鎳渣的粘度	41
錫渣的粘度	42
爐渣的熔化热和热容量	46
鉛渣的組成	48
銅渣的組成	53
自热熔煉和挪威熔煉的爐渣	53
半自热熔煉的爐渣	56
反射熔煉的爐渣	58
吹爐渣	59
火法精煉的爐渣	63

鎳渣的組成	64
錫渣的組成	65
冰銅	67
銅冰銅	67
銅鎳冰銅	69
鎳冰銅	69
二次鎳冰銅	69
二次銅鎳冰銅	69
銅鉛冰銅	70
金屬	71
銅	71
鎳	72
鉛	74
鋅	74
錫	75
鉛冶金	76
粉末焙燒	76
例 6 按冰銅中的已知銅含量計算焙燒程度和脫硫率	79
例 7 按焙燒后留在燒結塊中的硫量計算脫硫率	80
例 8 返回一段焙燒爐料中的碎燒結塊量和脫硫率的計算	80
例 9 鉛精礦的預先粉末焙燒	81
燒結焙燒	88
例 10 燒結焙燒配料計算的比例法和代數法(最簡單的例子)	88
例 11 鉛精礦燒結焙燒的配料	95
例 12 鉛精礦燒結焙燒的配料(按高鋅爐渣計算)	99
例 13 燒結焙燒的配料及物料平衡和熱平衡的編制	103
配料計算	103
焙燒的物料平衡	108
焦炭燃燒的物料平衡	110
焙燒的熱平衡	115
鉛的鼓風熔煉	119
例 14 鉛鼓風熔煉的計算	121
配料計算	121

熔煉的物料平衡	123
熔煉的熱平衡	127
膛式熔煉	130
例15 膛式熔煉計算	131
膛式熔煉的物料平衡	133
膛式熔煉的熱平衡	138
粗鉛的精煉和除銀	141
例16 粗鉛的除銅	141
例17 含銅浮渣的熔煉配料	142
例18 粗鉛的鹼性精煉	147
例19 粗鉛的除銀	148
例20 鉛的氯化除鋅	150
例21 鉛的除錫	152
鋅冶金	154
焙燒	154
例22 蒸餾廠鋅精礦的預先焙燒	155
例23 鋅蒸餾廠的燒結焙燒	165
焙燒的物料平衡	169
焙燒的熱平衡	170
例24 鋅精礦的懸浮焙燒	172
鋅的蒸餾	182
例25 鋅蒸餾的計算	184
粗鋅的精煉	188
例26 鋅的精析精煉	191
例27 鋅的精餾精煉	194
鋅的浸出和電解	198
例28 鋅的浸出	200
例29 鋅浸出渣的威爾茲法處理	206
例30 鋅的電解	210
銅冶金	213
銅的鼓風熔煉	213
自熱熔煉	213
例31 冰銅中銅的含量	215

1466148