

銅冶金设计讲义

И. Ф. 胡加科夫 著

劉 德 育 譯

冶金工业出版社

銅冶金設計講義

И. Ф. 胡加科夫 著

刘 德 育 譯



冶金工业出版社

本書系根据苏联技术科学副博士 Н. Ф. 胡加科夫 (Н. Ф. Худяков) 副教授 1955 年在东北工学院为炼铜专业研究生講課之講稿譯出。本書共五章。書中簡要地叙述了設計的要點与步驟以及工艺流程的选择, 較詳細地研討了厂內运输及主要冶炼設備的选择与計算, 並蒐集了許多寶貴的数据。

本書是高等工业学校炼铜专业学生的主要参考書, 亦可供設計院及炼铜厂工程技术人員作为参考。

本書由东北工学院刘德育同志譯校。在譯校过程中蒙姜瀾、陈世琯、叶国瑞等同志給予很多帮助, 特致謝忱。

書中的插图, 自鼓风爐部分开始大多数为譯者加入, 有些图表的名称也是譯者拟定的, 如有錯誤概由譯者負責。

本講稿原名为“炼铜学課程設計与毕业設計”为簡明起见, 譯本書名改用“銅冶金設計講义”。

銅冶金設計講义

Н. Ф. 胡加科夫 著
刘 德 育 譯

編輯: 曾广說 設計: 韓晶石 校对: 詹家秋

1959 年 5 月第一版 1959 年 5 月北京第一次印刷 3,510 册

$787 \times 1092 \times \frac{1}{16}$ · 260,000 字 · 印張 $12\frac{8}{16}$ · 插頁 2 · 定价 1.40 元

印刷厂印 新华書店发行 書号 1207

冶金工业出版社出版 (地址: 北京市灯市口甲 45 号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第 033 号

序 言

迅速发展着的中国有色冶金工业，要求高等学校培养熟练的符合现代要求的专家。毕业后的青年专家不仅应很好地了解工艺方面的问题，而且要熟悉有关单体设备及车间设计上的问题，并应充分理解对近代设计提出的主要要求。

有色冶金工厂的工艺流程极为复杂，这是一个突出的特点。这个不能避开因素是由于：处理的原料或者只含少量可提取的金属，或者除了一种主要金属外，同时还含有很多种应该提取的伴生金属。

复杂的工艺流程要求复杂的冶炼设备，这些设备往往不是单独地工作，而是彼此紧密地互相联系着的。

为了各个设备间的相互联系，设计中应当规定相应的运输设备。

正确地解决有关熔炼前熔料的制备问题，对有色冶金工厂是有着巨大意义的。

这个问题不仅从工艺观点看来是重要的，而且从繁重工作的机械化看来也是非常重要的，即现代社会主义企业应有高度的机械化。

所编写的教学参考书对培养炼铜专家是有帮助的。著者以自己在东北工学院所讲的课程作为编写本书的基础。

由于是给教研组教师及研究生讲课，故纯属教学目的，即在于改进炼铜专业学生的课程设计及毕业设计。

由于时间有限，无论在讲课中或本书中远远没有讲到所有有关设计上的问题。

本书重点放在厂内运输及主要冶炼设备的计算，并简略地讨论了某些有关工艺流程选择的问题。

作为本书中计算的基础是苏联有色冶金工厂的工作实践。

И. Ф. 胡加科夫

1956年6月

緒 論

設計的目的与任务

設計的目的是解决新建工厂或車間有关建筑、安装以及操作等所有問題。

正确地作出的設計要保證选择技术經濟上最完善的工艺流程，并能够合理地选择及配置設備，保證工厂最廉价的原料、水、电能、燃料及其他材料的供应。

决定各个問題时，只有考虑到影响正确解决这些問題的条件，并周密細致地研究，才能保證迅速而有效地利用国家在建設中的巨大投資。

有色冶金工厂的設計具有許多特点。这是由于所处理的矿石一般都是貧的原料（貧矿），其中除含主要的一种金屬外，并含有一些伴生金屬，伴生金屬的价值有时并不小，而是很有价值的。

矿产是人民的財富，應該最大限度地有效利用。因此，必需特別重視原料的綜合利用。

处理貧矿的工艺流程比处理富矿复杂得多，因为金屬起初一般都富集在半产品中，然后才得到純的产品。因此，选择合理的工艺流程确是一个相当复杂的問題。

对处理含有有色金屬的原料的现代設計提出下列要求：

1. 設計应規定綜合利用原料，即应从矿物原料中提出所有有价值的元素；
2. 应規定利用废物，例如，利用爐渣作渣棉、渣砖、爐渣混凝土；利用烟气制造硫酸，利用烟气及爐渣的废热等；
3. 設計中應該有很好的收尘設備及烟气净化系統。这从綜合利用原料、遵守工业卫生标准及获得最高的技术經濟指标来講都是必要的；
4. 設計必需在設備、构件及建筑部件合乎规范及标准化的基础上进行；
5. 为了縮減輔助和附屬車間，应当尽可能与本地区其他企业合作。例如，共同利用运输綫、排水設備、輔助車間以及其他等等；
6. 工厂厂地应当是緊湊的，因此应細致地考虑总平面布置图；
7. 生产用的、管理用的以及生活福利的房屋面积与体积不容許过大。同时企业的外貌及内部也不容許过多的裝飾；
8. 必需特別重視安全技术方面的措施；
9. 設計总是按高的劳动生产率并有机械化和自动化的条件进行的。工厂工艺流程中所有各个工艺环节应互相緊密联系。为了整个工艺流程均达到高的技术經濟指标，各个車間彼此应有很好的联系，各个設備的生产率也应協調。

設計企业的基本指导原則是：不断地提高劳动人民的生活水平及福利，在消耗最少的社会必需劳动情况下完成国家計劃，最經濟地利用矿产資源及其他資源。

設計的內容及範圍

在設計過程中，需要解決很多問題。從原則性的問題開始，如選擇工廠的生產率，選擇廠址，選擇工藝流程，直到解決工廠各個環節構造方面的問題為止。

所有這些問題是在各個設計階段中按一定的程序解決的。

根據設計對象的複雜程度及用途，設計分為兩個或三個階段進行。

按兩個階段設計時，開始作初步設計，然後繪施工圖。

按三個階段設計時為：1) 初步設計；2) 技術設計；3) 施工圖。

當有類似的企業且該企業所採用的流程很好，實踐證明該生產流程目前對類似的原料又可以作為標準流程時，則按兩個階段進行設計。

在其餘的情況下均按三個階段進行設計。

現在研究各個設計階段的實質。

初步設計

初步設計的目的是：說明在該地區建廠在技術上是可能的及經濟上是合理的，保證正確地選擇建廠地點及主要原料、燃料、水、電能等的供應來源；同時並確定設計對象的主要技術決定，確定建築的總價值和期限，以及主要的技術經濟指標。

常常作出2~3個方案進行比較，以便從其中選定一個技術上及經濟上均合理的方案。

初步設計完成的細節大致如下：

1) 建廠地點。在這一節中，敘述工廠所在地區；選擇建廠的地點，並作詳細論證；作出主要車間的總平面布置圖（考慮到將來可能擴建）。總平面圖應注明建築物及構築物的標高。在總平面圖上繪出鐵路及公路與公用運輸綫的銜接網。

以上所述是按兩個階段設計所要完成的。

按三個階段進行設計時，繪出總平面草圖以代替總平面圖。

2) 工藝部分。在考慮對金屬的需要量、礦床的儲量以及經濟等條件下選擇工廠的生產率。

確定生產率以後，再選擇工藝流程；確定所需要的電能、水及主要材料的數量，並選擇供應來源，選擇主要設備，確定幹部需要量，以及與其他工廠的聯繫等。

按三個階段設計時，主要設備的數量只作大致地確定。

3) 建築部分。為主要建築物及構築物選擇建築材料及結構。計算體積和面積，確定給水及排水系統，選擇采暖及通風系統。作出初步的逐年建築計劃，確定建築物的造價。

4) 技術經濟部分。按概略的指標確定產品的成本及主要費用：熔煉費用、單位產品所花費的基建費及其他等。

將得出的技術經濟指標和正在生產的工廠的指標進行比較。

在初步設計中，用不同的工藝流程互相比較的辦法，確定並論證一個最合理的工藝流程。

这一部分是初步設計的主要組成之一。因此，設計时应根据具体的設計条件詳細地进行分析。

技术設計

技术設計的目的是：更詳細地研究初步設計中所选定的工艺流程，确定設備的选择，作出建筑方案，确定基建投資及經營費用。

技术設計由总論、冶炼、建筑、动力、采暖及通风、技术經濟等部分组成。

技术設計包括图表部分及說明書。

图表部分。 作出主要車間及輔助車間的总平面布置图。对复杂的結構决定进行稳定計算及强度計算。并繪制帶有設備配置的車間断面图、車間平面图以及車間内部运输与厂内运输等等。

技术設計时，在初步設計确定以后并已完成了必要的图表部分时，技术設計才被批准。

技术設計批准以后，即进入第三阶段——繪制施工图。

施工图要繪出总图，总图上表明設備配置，并繪制一些对建筑与安装所必需的其他施工图纸。

在施工图里，須根据地質工作者的資料拟定基础的結構。

建厂地区（厂址）的选择与論証

在进行厂址选择及論証时，应研究下列問題：

- 1) 厂区的經濟；
- 2) 厂区的电力供应；
- 3) 厂区的供水；
- 4) 厂区与其他地区的联系；
- 5) 原料来源的分布情况；
- 6) 熔剂产地的分布情况；
- 7) 厂区的燃料供应；
- 8) 工厂所需化学藥品的供应；
- 9) 产品用户的分布情况。

1. 厂区的經濟。 厂区的經濟是指工厂所在地区的經濟情况，即該地区是农业区还是工业区，地区人口的稠密程度，劳动力是否富裕，那些設備可从最近的工厂購得，建筑材料由何处取得等等。

所有这些都是计划基建費用时所必需的。

2. 厂区的电力供应。冶炼厂多半是耗电很多的，即在金屬生产上要消耗大量电能。假如电能很貴，則它在产品成本中将占很大的百分数。最好是希望有低廉的电能。

这种情况有时迫使工厂离开原料产地，例如，在炼鋁工业中，認為电解車間靠近水电站是合理的，而工艺流程的第一部分——氧化鋁生产則宜靠近原料产地。

3. 水的供应。冶炼車間需要大量用水。特別是設計鼓风爐水碎爐渣时用水更多。

鼓风爐煉煉時，冷卻水套所消耗的水量平均為 $5 \sim 7 \text{ 米}^3/\text{噸}$ ，水碎爐渣時的耗水量為 $8 \text{ 米}^3/\text{噸}$ 爐渣。

若工廠每晝夜處理 2000 噸原料，產出 1500 噸爐渣，則每晝夜的耗水量平均為：

$$10000 + 12000 = 22000 \text{ 米}^3。$$

一部分水返回使用，但需要再補充一部分。

因此，設計時應當了解廠區的水量平衡。

4. 工廠所在地區與其他地區的联系。建廠地點最好是靠近鐵道或河運的地方，以便正常地供給工廠所必需的所有物資。

5. 當選擇廠址時，原料、熔劑、燃料的產地分布具有決定性的意義，因為現代冶煉廠每晝夜處理數萬噸原料。所有這些原料應及時運到工廠。工廠距原料產地太遠，會使原料的供應問題複雜化。蘇聯設計機構的實踐證明，工廠最好設在靠近原料產地的地方，在這個地區最好還有熔劑和燃料。

6. 廠區化學藥品的供應。有色冶金工廠經常需要消耗大量酸，主要是 H_2SO_4 。例如，濕法冶金工廠、電解車間等。

硫酸的運輸是有一定限制的。硫酸沿鐵路運輸不得超過 500 公里。因此，工廠距硫酸廠不應超過 500 公里。

7. 用戶的分布。這個問題主要對精煉工廠有關係。

銅精煉廠與粗銅冶煉廠通常分開建立。

一個精煉工廠精煉 2~3 個粗銅廠的粗銅。

選擇銅精煉工廠的廠址時應考慮到用戶，精煉工廠通常建在靠近用戶的地方。

— * — * — * —

目 录

序言

緒論

第一章 工艺流程的选择与論証	1
----------------	---

第二章 銅矿石及銅精矿的儲存与制备	9
-------------------	---

第三章 厂內运输	27
----------	----

皮带运输机	27
-------	----

斗式提升机	29
-------	----

螺旋运输机	33
-------	----

刮板运输机	33
-------	----

箕斗提升机	34
-------	----

刮斗	35
----	----

罐籠提升机	37
-------	----

用矿車搬运物料	39
---------	----

空气輸送及水力輸送	41
-----------	----

气泵	43
----	----

第四章 熔炼前矿石及礦矿制备的最后阶段	47
---------------------	----

圓筒干燥爐	52
-------	----

焙烧爐	57
-----	----

燒結机	64
-----	----

矿石的制团	72
-------	----

第五章 主要冶炼設備及其輔助設備的选择与計算	76
------------------------	----

反射爐	76
-----	----

輔助設備的选择与計算	98
------------	----

鼓风爐	106
-----	-----

鼓风机的选择	125
--------	-----

預热空气的換热器	125
----------	-----

前床的选择	125
-------	-----

鼓风爐的支架計算	128
----------	-----

轉爐	133
----	-----

輔助設備的选择	159
---------	-----

銅的电解精炼	161
--------	-----

选择計算的主要数据	163
-----------	-----

电解車間的計算	178
---------	-----

附录	188
----	-----

第一章 工艺流程的选择与论证

处理下列化学成分的硫化铜精矿：

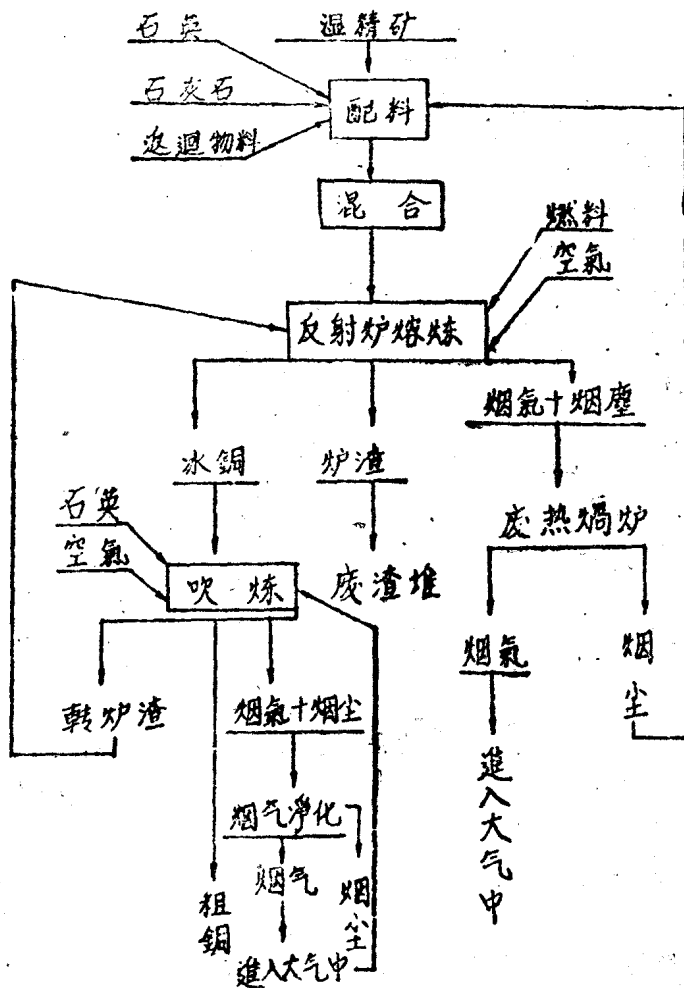
Cu—10.5%；Fe—30.0%；S—37.4%；Zn—4.3%；SiO₂—10%；CaO—1.5%；
其他—1.3%。

要求选择并论证处理这种精矿（一昼夜的生产率为1500吨精矿）的工艺流程。工厂将设在距焦性煤很远的地方，而与无焦性煤的产地相距较近。

在处理硫化铜精矿的现代实践中，采用两种原则上不相同的工艺流程：

1. 细精矿预先烧结后进行鼓风炉熔炼；
2. 反射炉熔炼。

第一 流程



大家知道，反射爐熔煉有三种不同的熔煉方式：1) 熔煉生精礦；2) 熔煉已干燥的精礦；3) 熔煉焙砂。

这三种不同的工艺流程如下:

```

graph TD
    A[生精矿] --> B[在圓筒乾燥炉中乾燥]
    C[燃料] --> B
    D[空氣] --> B
    B --> E[已乾燥的精矿]
    E --> F[配料]
    G[返回物料] --> F
    H[石英] --> F
    I[石灰石] --> F
    F --> J[混合]
    J --> K[反射炉熔炼]
    L[冰銅] --> K
    M[石英] --> K
    N[爐渣] --> K
    O[空氣] --> K
    K --> P[粗銅]
    K --> Q[煙氣+煙塵]
    K --> R[廢渣堆]
    Q --> S[廢熱鍋爐]
    S --> T[煙氣]
    S --> U[煙塵]
    T --> V[大氣中]
    U --> V
    Q --> W[電氣淨化]
    W --> X[煙氣]
    W --> Y[煙塵]
    X --> V
    Y --> V
    Q --> Z[吹煉]
    AA[冰銅] --> Z
    Z --> AB[粗銅]
    Z --> AC[煙氣+煙塵]
    AC --> AD[煙氣淨化]
    AD --> AE[煙氣]
    AD --> AF[煙塵]
    AE --> V
    AF --> V
    AC --> S
    S --> T
    S --> U
    T --> V
    U --> V
  
```

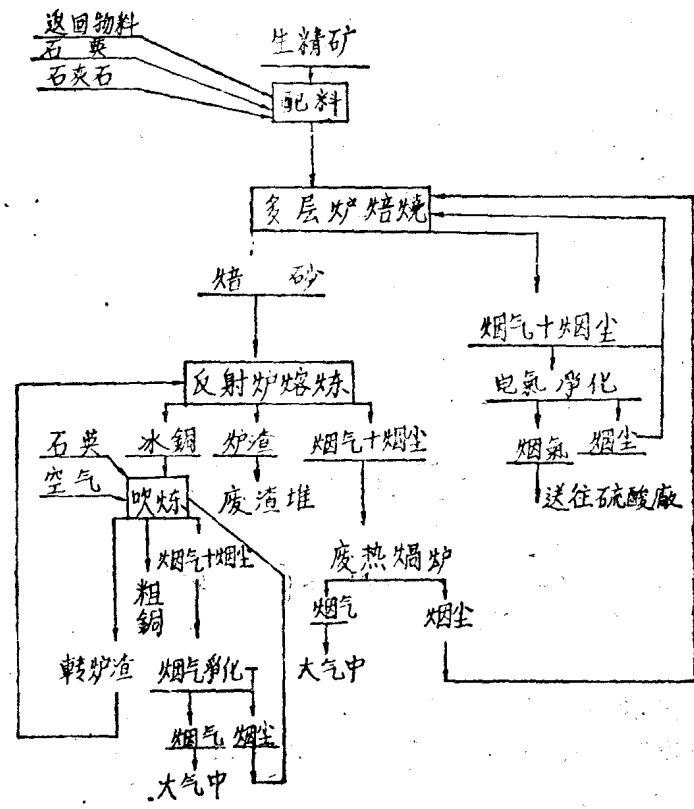
现在首先来研究一下一般的原則。

如果精矿或矿石的成分,在不预先焙烧的情况下可以得出含铜 20~25% 或更高品位的冰铜时,则焙烧可以从整个流程中删去。

若熔炼含硫高而含铜少的铜精矿，仅能得出含铜12~15%的冰铜时，则此种精矿的焙烧是非常必要的。

除了原料中銅和硫的含量外，还应考虑其他元素的含量，特别是鉛和鋅的含量，也就是說，工艺流程应在高的技术经济指标下保证原料的综合利用。

第三流程



生产规模也是解决这个问题的一个很重要的因素。熔炼生精矿是小生产率的工厂固有的特点。

具体地研究每一流程的优缺点。

第一流程的优点

1. 流程简单，不需要建筑焙烧车间和干燥车间。为了混合精矿和熔剂，可采用鼠籠混合机或圆筒混合器。
2. 运输和装料时矿尘飞扬少。
3. 熔炼时带出的烟尘较少。
4. 铜进入冰铜中的实收率高。
5. 锌可以用火法选择提取（Пиротекция）。

第一流程的缺点

1. 冬天在寒冷的地区，由于精矿冻结，使精矿的运输及混合遇到很多困难。
2. 由于爐料含水高，致使装入爐中时将耗费很多体力劳动。在装料料斗中发生爐

料堵塞现象；刮板运输机运输很湿的爐料时，由于爐料沾在刮板上而运转不良。

刮板运输机经常损坏。

3. 熔炼时消耗较多的燃料。熔炼生的硫化物料时，燃料消耗平均占固体，爐料重量的 20%。熔剂与返回物料平均占 30%，则燃料的消耗为：

$$(1500 + 1500 \times 0.3) \times 0.20 = 390 \text{ 吨粉煤。}$$

4. 熔炼生精矿时，爐子有低的生产率及低的富集度。

当单位生产率为 3 吨/米² 时，则需要爐床面积：

$$\frac{1950}{3} = 650 \text{ 米}^2。$$

取定爐床面积为 232 米²，为了保证规定的生产率，共需要 4 个爐子（三个工作，一个修理）。

当熔炼生精矿时，可根据富集度确定冰铜的产量。当富集度为 1.5 时，冰铜中的含铜量为 15.7%。那么，冰铜的产量为：

$$\frac{10.5 \times 1500 \times 0.95}{100 \times 0.157} = 950 \text{ 吨。}$$

吹炼冰铜时一昼夜的空气消耗量为：

$$950 \times 2477 = 2,340,000 \text{ 米}^3 \text{ (有色冶金手册)}$$

吹炼所消耗的二氧化硅量为：

$$950 \times 0.313 = 298 \text{ 吨。}$$

冰铜中共含铜 149 吨。当实收率为 85% 时，将得出 127 吨粗铜。含铜 15% 的冰铜，其吹风时间平均为 1.5 昼夜（65 吨的轉爐，送入熔体的风量为 343 米³/分），因此，需要轉爐：

$$\frac{127}{65} \times 1.5 = 3 \text{ 个。}$$

考虑到备品采用 4 个轉爐。

第二流程的优点

1. 已干燥的精矿容易运输，冬天实际上不冻结。
2. 当运输及装入爐中时矿尘飞扬少。
3. 熔炼时带出的烟尘也比较少。
4. 可能简单而可靠地实行机械化装料。
5. 铜进入冰铜中的实收率高。
6. 锌可以用火法选择提取。

第二流程的缺点

1. 需要相当多的资金来建设干燥车间。

若原精矿含水 12%，而最后含水 6%。那么，需要除去的水量为：

$$1500 \times 0.12 - 1500 \times 0.06 = 90 \text{ 吨。}$$

当铜精矿在圓筒廻轉爐中干燥时，实践确定，廻轉爐每米³ 体积一昼夜除去 1 米³ 水。

可設置 1.6×11.0 (标准的) 的圓筒干燥爐。圓筒的体积为:

$$v = \frac{\pi \times 1.6^2}{4} \times 11 = 22 \text{ 米}^3。$$

因此, 需要圓筒干燥爐 $\frac{90}{22} = 4。$

共取 5 个 (一个备用)。

干燥所消耗的燃料占精矿重量的 2%, 即一昼夜消耗:

$$1500 \times 0.02 = 30 \text{ 吨。}$$

当 1 仟克煤燃烧, $\alpha = 1.5$ 时, 形成烟气 $11.25 \text{H 米}^3/\text{仟克}。$

30 吨煤燃烧时形成烟气:

$$11.25 \times 30000 = 337.500 \text{H 米}^3。$$

烟气的温度约为 150° 。

$$v_1 = 337,500 \left(1 + \frac{150}{273} \right) = 525,000 \text{ 米}^3。$$

为了净化烟气, 通常装設 U—8 型电收尘器 (烟气水平地通过的板式电收尘器)。

这种电收尘器的生产率为 $40000 \text{ 米}^3/\text{小时}$ 烟气, 或一昼夜的生产率为 $960,000 \text{ 米}^3$ 。

需装設一台电收尘器。

2. 在圓筒干燥爐后裝置圓筒混合器或鼠籠混合机。

3. 熔炼所消耗的燃料比第一流程稍为少一些, 但仍然是較多的。

燃料的平均消耗量占固体爐料重量的 17%。一昼夜的消耗量为:

$$1950 \times 0.17 = 332 \text{ 吨。}$$

4. 熔炼量仍然是低的。

对熔炼已干燥的精矿, 当計算所需要的爐床面积时, 单位熔炼量可取 $4.2 \text{ 吨}/\text{米}^2$ 。

那么, 所需要的爐床面积为:

$$\frac{1950}{4.2} = 465 \text{ 米}^2。$$

取定一个爐子的爐床面积为 232 米^2 , 求出滿足规定的生产率所需要的爐子个数, 为 2 个加一个备用。共計三个。

冰銅产量与轉爐个数的計算与第一流程相似。

精矿干燥既不改变原料的化学成分, 又不改变其矿物成分。第一流程的冰銅和爐渣产量是根据干精矿与干爐料的重量算出的, 因此, 第二流程的冰銅产量也是 950 吨。吹炼 950 吨冰銅亦需要同样数量的空气及石英熔剂。所需的轉爐取 4 个。

第三流程的缺点

1. 該流程需要花費大量資金来修建焙烧車間。現代十层焙烧爐一昼夜的生产率为 $220 \sim 250$ 吨。因此, 焙烧 1950 吨爐料需要 8 个爐子的焙烧車間:

$$\frac{1950}{250} = 8 \text{ 个焙烧爐。}$$

考虑到备用需要 10 个爐子。

焙烧时的脱硫率平均为 65%。那么，烧去的硫为：

精矿中共有硫： $\frac{1500 \times 37.4}{100} = 560$ 吨。

烧去：

$$\frac{560 \times 65}{100} = 364 \text{ 吨。}$$

将获得：

$$364 \times 2 = 728 \text{ 吨 } \text{SO}_2。$$

一昼夜的烟气体积按排出烟气中 SO_2 的体积百分数 4~7% 计算，则等于：

$$\text{SO}_2 \text{ 的总体积：} \frac{728 \times 22.4}{64} = 255,000 \text{H 米}^3；$$

当烟气中 SO_2 为 5% 时，则烟气的总体积为：

$$\frac{255000 \times 100}{5} = 5,100,000 \text{H 米}^3。$$

得出的烟气体积比精矿干燥时的烟气量多 9 倍。

因此，需要花费大量资金来装置电收尘器。

2. 从焙烧爐下往反射爐运输焙砂时将遇到很多困难。到现在为止，还是用电机車带动的矿車来运输。当矿車卸料时将有大量焙砂飞扬。大量烟尘飞扬则使爐子装料台上的劳动条件变坏。

3. 反射爐熔炼焙砂时，烟尘损失比熔炼生精矿时稍多一些。

4. 由于焙砂飞扬较多，因此在气体空间内烟尘沉积在爐墙或爐頂上。

这使得爐子的工作期限约减少 1/3（与熔炼生精矿比较时）。

5. 銅进入冰銅中的实收率比前面两个流程要低。

6. 鋅的提取是有困难的，因为鋅分布在冰銅、爐渣及烟气中。而各个产物中含鋅甚低，因此，鋅的提取是不合算的。

第三流程的优点

1. 可以利用 364 吨硫（为 SO_2 ）生产硫酸。

2. 因为焙砂中硫的含量不超过 10~12%，故熔炼时可能得出較富的冰銅，因而减少冰銅的产出率。

按第三流程处理上述成分的精矿时，反射爐熔炼 时能产出含銅 25~30% 的冰銅。

3. 当熔炼焙砂时，每平方米爐床面积的熔炼量最高，在现代炼銅厂中已达到 6~7 吨。按规定的生产率决定反射爐的个数时，应知道焙烧时焙砂的产出率，取 85% 是没有多大誤差的。

因此，焙砂的重量为：

$$1950 \times 0.85 = 1660 \text{ 吨。}$$

所需的爐床面积等于：

$$\frac{1660}{6.5} = 255 \text{ 米}^2。$$

如果取 7 吨/米²，则爐床面积等于：

$$\frac{1660}{7} = 238 \text{ 米}^2。$$

即为了保証规定的生产率，需要两个爐子。一个工作，另一个备用。

4. 熔炼焙砂时，燃料消耗比第一及第二流程較少。

平均燃料消耗通常为焙砂重量的 11%。因此，一昼夜的燃料消耗为：

$$1660 \times 0.11 = 182 \text{ 吨。}$$

5. 吹炼品位較高的冰銅比吹炼品位較低的冰銅便宜得多。

当冰銅含銅 25% 时，冰銅产量为：

$$\frac{10.5 \times 1500 \times 0.92}{100 \times 0.25} = 580 \text{ 吨。}$$

吹炼所消耗的石英为：

$$580 \times 0.262 = 152 \text{ 吨。}$$

吹炼所消耗的空气为：

$$580 \times 2262 = 1,320,000 \text{ 吨。}$$

吹炼冰銅所需要的轉爐数量为：

a) 冰銅中共有銅 145 吨 (实收率为 92% 时)；

6) 进入粗銅中的銅有 136 吨 (实收率为 94% 时)；

b) 吹炼含銅 25% 的冰銅所需時間为一昼夜 (在 65 吨的轉爐中吹炼，送风量为 343 米³/分)，故所需轉爐数量为：

$$\frac{136}{65} = 2$$

考虑到备用共需要三个轉爐。

为了更确切地了解某一流程的效果，应将計算結果列于表中。

表 1

比 較 表

		第一 流 程	第 二 流 程	第 三 流 程
1	熔炼前精矿制备所消耗的燃料 (一昼夜的) ...	—	20 吨	—
2	各种设备：			
	a) 干燥爐数量.....	—	4 (工作的)	—
	6) 焙烧爐数量.....	—	—	8 (工作的)
	в) 电收尘器数量.....	—	1	10
	г) 混合器数量.....	2	2	—
	и) 反射爐数量.....	3	2	1 (工作的)
	e) 轉爐数量.....	3	3	2
3	主要的消耗系数：			
	a) 燃料消耗 (一昼夜的)	390 吨	332 吨	152 吨

續表 1

	第 一 流 程	第 二 流 程	第 三 流 程
6) 吹煉所消耗的空氣.....	2,340,000米 ³	2,340,000米 ³	1,320,000米 ³
б) 吹煉所消耗的石英量 (按一昼夜处理的精 矿量計算).....	293 吨	298 吨	152 吨
г) 利用的硫.....	—	—	36½ 吨
4 总的实收率.....	0.95×0.85 =50.5%	$0.90 \times 0.95 \times 0.85$ =79.6%	$0.99 \times 0.92 \times 0.94$ =85.5%

附注：第一及第二流程的粉煤厂设备比第三流程要多一倍。

上表指出，从设备投资看来，第三流程是最贵的。但是，设备与建筑物是以主要资金折旧费算在熔炼费用中。

在熔炼的成本中，折旧费占总熔炼费用的4~6%。

燃料消耗是一项主要费用。反射炉熔炼时燃料费用占50~55%。

前两个流程的燃料消耗比第三流程多一倍。这种情况特别影响到熔炼的费用。

吹炼时压缩空气的费用是一项主要开支。

第一及第二流程的空气消耗比第三流程多一倍。

最后，第三流程能够较完全地提取铜，并可利用大量硫来制造硫酸。

由此看来，以上所述均说明第三流程应是最合理的。