

高等学校教学用书

选矿厂设计

东北工学院选矿教研室

中南矿冶学院选矿教研室

合編

只限学校内部使用



中国工业出版社

本书就有关选矿厂设计的工作内容，流程选择和计算，设备选择和计算以及设备配置等问题，作了系统的阐述，对设计用原始资料的搜集，厂址选择，设计任务书的编制以及技术经济部分的编制等问题也作了扼要的说明。本书主要供高等冶金院校选矿专业学生作教材使用，也可供从事选矿厂设计及选矿生产的技术人员参考。

选 矿 厂 设 计

东北工学院选矿教研室 合编
中南矿冶学院选矿教研室

冶金工业部工业教育司编辑（北京猪市大街78号）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $15^{7/8}$ ·插页5·字数372,000

1962年10月北京第一版·1962年10月北京第一次印刷

印数0001—1,220·定价（10—5）2.05元

统一书号：K 15165·1751（冶金-271）

前 言

編写本书的目的主要是为了满足“选矿厂設計”課程的教学需要。为了适应初学者的特点,本书主要对設計中的一些根本性問題作了比較詳細的闡述,并将重点放在工艺流程与設備的选择和計算以及設備配置等問題上。对于同設計有关的其他問題,如原始資料的搜集、厂址选择、預算和技术經濟部分的編制等,則因受篇幅的限制,特別考虑到在实际設計中这些工作将有專門的人員担任,故只作了扼要的介紹。

建国以来,我国的选矿厂設計工作也和其他各項建設事业一样,获得了很大的发展,新設計和投入生产的选矿厂不断增加,因而在这方面积累了不少的經驗。但是,至今各高等工业学校在教学中尚沒有一部能反映我国实际情况的选矿厂設計教材;某些教学参考书多来自国外,在教学中常苦于不能結合我国选矿厂設計的实际。为了改变这种情况,东北工学院选矿教研室与中南矿冶学院选矿教研室合作,根据选矿厂設計課程的教学大綱,在参考苏联拉苏莫夫著“选矿厂設計”及其他有关书籍的基础上,吸收我国設計机关几年来积累的資料和經驗,編成了此书,借以初步滿足当前教学工作的急需。

在編写过程中,承鞍山黑色金属矿山設計院提供了丰富的資料,北京有色冶金設計总院也給予了有力的协助,在此謹致以誠懇的謝意。

由于参加編写工作的人員水平有限,书中遺漏及錯誤之处,在所难免,希广大讀者多予批評和指正。

参加本书編写工作的有东北工学院李成村(第八章、第九章)、孙玉波(第四章后五节)、馮守本(第七章)、刘俊峰(第二章、第三章)、周群声(第六章)、中南矿冶学院周忠尚(第一章、第四章前六节)、周龙廷(与孙玉波、馮守本合編第五章)。全书經李成村統一整理。

东北工学院选矿教研室

中南矿冶学院选矿教研室

1962年1月

目 录

前言

第一章 緒論 1

- § 1. 选矿厂設計的目的和要求 1
- § 2. 选矿厂的分类 1
- § 3. 选矿厂設計的内容和步骤 2

第二章 設計用的原始資料 5

- § 4. 設計用的基础資料 5
- § 5. 設計用的矿石可选性試驗的范围
和内容 6
- § 6. 对精矿质量的要求 7

第三章 选矿厂生产能力的决定 9

- § 7. 选矿厂年生产能力的决定 9
- § 8. 选矿厂及各車間日生产能力和
小时生产能力的决定 10

第四章 工艺流程的选择和計算 12

- § 9. 选择选矿流程的条件 12
- § 10. 合理方案的选择 13
- § 11. 破碎流程的选择 16
- § 12. 破碎流程的計算 25
- § 13. 磨矿流程的选择 40
- § 14. 磨矿流程的計算 45
- § 15. 有色金属矿石选别流程的选择 51
- § 16. 黑色金属矿石选别流程的选择 63
- § 17. 貴金属和含鎢、含錫矿石选别
流程的选择 73
- § 18. 选别流程的計算 82
- § 19. 矿浆流程的計算 82

第五章 工艺設備的选择和計算 98

- § 20. 設備选择和計算的一般原則 98
- § 21. 破碎設備的选择和計算 100
- § 22. 篩分設備的选择和計算 107
- § 23. 磨矿設備的选择和計算 118
- § 24. 分級設備的选择和計算 129
- § 25. 重选設備的选择和計算 136
- § 26. 浮选設備的选择和計算 146
- § 27. 磁选和电选設備的选择和計算 150
- § 28. 脱水設備的选择和計算 154
- § 29. 輔助設備的选择和計算 159

第六章 选矿厂厂址选择和总平面

布置 166

- § 30. 厂址选择 166
- § 31. 总平面布置 168
- § 32. 生产車間的布置形式 173
- § 33. 尾矿設施 175

第七章 选矿厂設備配置 180

- § 34. 設備配置的一般原則 180
- § 35. 自流運輸用流槽和管道的
坡度 180
- § 36. 破碎車間的設備配置 182
- § 37. 磨矿車間的設備配置 201
- § 38. 浮选車間的設備配置 205
- § 39. 磁选車間的設備配置 210
- § 40. 重选車間的設備配置 213
- § 41. 脱水車間的設備配置 215
- § 42. 精矿儲存和裝运 220
- § 43. 选矿厂的起重設備 222
- § 44. 选矿厂的生产排水 226
- § 45. 选矿厂的生产检查和
自动控制 226
- § 46. 选矿厂車間內的通道和操作
平台 228
- § 47. 輔助間的大小和位置的确定 228
- § 48. 选矿厂的工业卫生和安全
技术 230

第八章 选矿厂設計輔助部分

設計任务书的編制 233

- § 49. 选矿厂設計各部分間的联系 233
- § 50. 輔助部分設計任务书的范围
和内容 233

第九章 选矿厂設計預算部分和

技術經濟部分的編制 235

- § 51. 設計的預算部分的内容和編制
方法 235
- § 52. 設計的技术經濟部分的内容和
編制方法 238

附录 247

参考文献 252

第一章 緒論

§ 1. 选矿厂設計的目的和要求

設計工作是实现国家經濟建設計劃的橋梁，是基本建設工作的重要組成部分。工业生产中的先进經驗、先进技术以及科学研究中的最新成果，都要通过設計才能得到应用和推广。

选矿厂設計的目的在于解决新建和改建选矿厂的建筑、安装和进行生产所需要的原材料供应及劳动力配备等一系列問題。亦即应使新的选矿厂能够多快好省地进行建設并保証在投入生产后获得良好的生产条件，迅速地达到設計的生产能力和获得較高的技术經濟指标。

保証設計的质量具有十分重要的意义。对新設計的选矿厂，应滿足下列基本要求：

1. 設計原則和設計方案的确定，应符合党在工业建設方面的方針政策；
2. 选择的工艺流程应既先进而又可能实现，对矿产资源尽量做到綜合利用；
3. 根据国家机器制造业的生产现状，选择合适的设备，并使企业具有一定程度的机械化水平，借以节约劳动力和提高劳动生产率；
4. 生产車間应有足够的操作面积和运输設施，以保証順暢地生产；非生产性車間的面积和容积应力求节省，减少基本建設的投资；
5. 全厂水、电設施，材料供应及服务性的建筑物等，最好能与当地有关企业协作共用；
6. 采用的建筑結構应能保証生产上的需要和安全，同时又須节约材料；
7. 选矿厂的建設，应能够按計劃进行；
8. 应滿足技术安全和劳动保护方面的要求；
9. 应具有足够的设备检修能力，以保証设备正常持續地运转；
10. 应能获得較高的技术經濟指标，使国家的投资能够有效地利用，并能迅速地得到补偿。

§ 2. 选矿厂的分类

为了便于在設計时研究問題和解决問題，选矿厂可按所采用的选矿方法、被处理的矿石类型、生产規模以及用户对选矿产品的要求等划分为許多类型。

根据所采用的选矿方法不同，选矿厂可分为：浮选厂、重选厂、洗选厂、风选厂、磁选厂、电选厂、破碎筛分厂以及同时采用几种方法的联合选矿厂。

根据所处理的矿石类型不同，选矿厂可分为：黑色金属选矿厂、有色金属选矿厂、稀有金属选矿厂、贵金属选矿厂、非金属选矿厂以及选煤厂等。在这种情况下，选矿厂又可根据所处理矿石的种类（如鉄矿、錳矿、銅矿、鉛鋅矿、錫矿、鎢矿、螢石矿、磷灰石矿、石棉矿等）来命名。

根据选矿厂的生产規模，可将选矿厂分为大型的、中型的和小型的三种类型。这种

划分主要是为了在设计不同规模的选矿厂时,在确定生产方法、技术装备水平、建筑结构和基本建设投资等方面能有所遵循。但是选矿厂的生产规模,并没有固定的界限,而是依国家资源情况和矿石类型人为地划分的。表1是我国当前划分选矿厂生产规模的一般标准。

表1 不同类型选矿厂的生产规模

矿 石 类 型	选 矿 厂 的 生 产 规 模		
	大 型	中 型	小 型
黑色金属矿石(万吨/年)	> 300	50~300	< 50
有色金属矿石*(吨/日):			
浮 选 厂	>2000	500~2000	<500
重 选 厂	>1000	250~1000	<250

* 某些水力开采的砂锡选矿厂,其生产规模的划分可比表中所列的数值适当增大些。

此外,根据选矿的任务及用户对选矿产品的要求,选矿厂尚可分为粗选厂、精选厂、试验选矿厂、中央选矿厂等。

在研究选矿厂设计的问题时,比较方便的分类法是根据选矿方法来分类。在一定的范围内,这种分类法与根据矿石类型的分类法是一致的,这可从以下的例子中明显地看出。

浮选厂主要是选别有色金属矿石和稀有金属矿石,也可处理某些非金属矿石(例如硫、石墨、磷灰石、重晶石等)、黑色金属矿石(例如赤铁矿)和煤泥等。

重选厂(湿法或干法)主要是选别钨、锡矿石、贵金属矿石(金、铂等)、黑色金属矿石(如锰矿和铁矿)、非金属矿石(如石棉等)以及部分的煤。

洗选厂主要是选别有用矿物被粘土质脉石所胶结的矿石,例如有用矿物呈结核体产出的黑色金属矿石(如锰矿和铁矿)以及某些磷块岩矿等。

磁选厂主要是用于选别磁铁矿和磁化焙烧后的含铁矿石。但磁选法在精选稀有金属粗精矿和选别含铁、锰的有色金属矿石时,也得到了广泛的应用。

破碎筛分厂常是处理高炉炼铁用的富矿以及石灰石等。在水电站、运河和公路的工程建设中,需要大量的混凝土,也常建立临时的破碎筛分厂来加工混凝土用的碎石和筑路碎石。

联合选矿厂主要是处理成分复杂的多金属矿石,用不同的选矿方法综合地回收其中的有价值成分。例如在处理含有色及黑色金属矿物的钨、锡矿石时,流程中除重选作业外,还经常包括有浮选、磁选和电选等作业,用以分离不同的矿物成分。其它在处理成分复杂的有色金属和黑色金属矿石时亦常采用由不同选矿方法组成的联合流程。

§ 3. 选矿厂设计的内容和步骤

• 选矿厂设计的内容 在设计过程中要解决一系列未来选矿厂的建设 and 生产问题,其中包括: 1) 生产工艺问题; 2) 建筑问题; 3) 原料、材料、水、动力、劳动力的供应问题; 4) 成品的销售; 5) 原料及产品的运输; 6) 住宅和文化福利设施的建设及其它问题。因此,选矿厂设计通常是分成几个部分来完成的。

一、总論部分 对所設計的企业作一般的描述。包括拟建企业的地理位置，产品的規格和用戶，各种原材料、水、电等的供应来源，交通運輸，以及与本地区其它企业的联系和协作等。

二、工艺部分 这是选矿厂設計的主要部分。其中包括矿石可选性研究的結果，选矿方法和工艺流程的选择和計算，主要和輔助設備的选择、計算及其在車間中的配置等。

三、建筑部分 包括主要建筑物的建筑材料和結構，簡略的平面图和断面图。

四、总平面部分 包括有选矿厂主要建筑物、构筑物、運輸綫路的布置及其与地形标高的联系等。

五、电工部分 包括电源、供电系統、供电設備等。

六、供水和排水部分 包括水源及排水处所、供水排水系統及主要設施等。

七、机修部分 包括机修車間的建設、主要机修設備的选择和安裝等。

八、采暖和通风部分 包括采暖和通风系統及其主要設施。

九、調度和自动化部分 包括調度和自动化的措施和設備。

十、尾矿設施部分 包括尾矿的輸送和儲存、尾矿池、尾矿壩等的建設。

十一、預算部分 包括选矿厂各项工程的概算或預算以及綜合概算或綜合預算。

十二、技术經濟部分 包括单位生产能力的投資費、劳动生产率及工資、生产費用、每吨原矿和每吨精矿的車間成本，主要技术經濟指标与已設計的或已建成的类似选矿厂的指标的比較。

选矿厂設計的步骤 选矿厂設計是根据国家下达的設計任务书进行的。設計任务书由領導机关根据国民經济建設计划用书面下达給設計机构。在設計任务书中規定了对产品的要求、生产規模、建設区域或地点、建設速度等問題。

設計机构在开始設計前，必須作好充分的准备工作，組織有关人員調查了解情况，收集必要的基础資料，以作为設計的依据。

选矿厂設計可按下列步骤进行：

設計方案和設計任务书 設計机构在接到国家的設計任务通知后，应立即組織有关設計人員对拟建选矿厂的生产和建設条件进行調查研究，收集必要的基础資料，并提出設計方案。

設計方案包括：1) 生产規模和对产品的品种及质量要求；2) 生产流程；3) 主要設備的选择；4) 厂址的确定（并附图）；5) 資源、交通運輸、供水、供电及其它問題的簡要說明；6) 投資的估算；7) 建設速度的估計；8) 存在的問題。

設計方案由領導机关审批和修改后，即作为設計任务书下达給設計机构。

設計任务书是編制初步設計的依据。

初步設計 初步設計应根据批准的設計任务书进行編制，其內容基本上和設計方案相同。但由于經過了进一步的調查研究和仔細的計算，故初步設計的說明書內容比較詳細并附有一定数量的图紙。

初步設計的內容包括：

- 1) 各种产品的年产量和規格，各車間产量和運輸量的平衡；
- 2) 全厂的生产流程和車間的組成，并附有总平面布置图；

3) 每一个車間（包括輔助生产車間）的生产流程和設備配置图，車間的內部运输图及說明車間厂房結構的簡图；

4) 全厂供水、供电、供气的詳細說明，以及全厂的管路图及供电綫路图；

5) 投資概算；

6) 建設期限及建設阶段；

7) 全厂的組織机构及职工人数表；

8) 主要設備清单；

9) 材料清单。

初步設計說明书分为若干篇。由参加設計的各专业部門分工編写。其中最主要的是选矿工艺部門所編制的工艺篇，它是整个設計的主体。其詳細內容如下：

1) 矿床和矿石的特性；

2) 所处理的矿石可选性研究資料；

3) 处理同类矿石选矿厂的工作分析；

4) 选矿方法、工艺流程、主要工艺指标的选择和論証；

5) 数量流程和矿浆流程的計算；

6) 主要設備的选择和計算以及在車間中的配置；

7) 輔助設備、矿仓和矿槽的选择及計算；

8) 生产排水系統；

9) 葯剂設施；

10) 工艺过程的检查和取样；

11) 检修組織和检修用的起重設備；

12) 原料、材料、設備、备用零件的运输。

工艺篇中的附图是車間的平面图和断面图。

初步設計的說明书应力求简单、扼要和明晰。

施工图設計 施工图設計是根据初步設計的內容所作的建筑、管道綫路敷設和设备安装的施工图紙以及非标准設備的制造圖紙。其目的在于詳細地解决建筑和安装中的技术問題。施工图設計的內容不得违反初步設計所規定的各项原則和設計方案。但是如在施工图的設計阶段，发现初步設計中有錯誤和不妥之处，或因情况改变需要改变初步設計內容，則经过仔細研究和上級批准，亦可修改初步設計的內容。

在設計工作中，根据設計选矿厂的規模大小及設計內容的繁簡，可以对上述步骤进行适当地縮簡或增加，例如設計小型选矿厂时，可以作一个較詳細的初步設計，換言之即直接作施工图設計。对于旧厂的改建設計，由于其中原則的問題已經确定了，故可以不必再作設計方案，只作初步設計和施工图設計就够了。但是施工图紙必須滿足施工的需要，不能随便簡略，以免給施工时造成困难。对于大型选矿厂和处理性质特別复杂的矿石的选矿厂，在初步設計后增加一技术設計阶段，在此阶段对初步設計所确定的問題加以詳細审查，然后再作施工图設計。

通用設計 通用設計的目的旨在保証类型相同的选矿厂、車間和建筑物能够多次重复地使用現成的設計和施工图。施工单位按照通用設計即可进行建筑和安装工作。

运用通用設計可以保証建筑結構的經濟和合理，減少設計的時間和費用，加快建設

速度和节省建設費用。

編制通用設計時應該吸收過去設計中最經濟和最合理的部分，總結和运用國內外选矿廠的先進技術和先進經驗，采用最合理的工藝設備和先進的技術定額。

在运用通用設計時，應該結合新建选矿廠的特点、被選別矿石的特性以及其它具体情况加以必要的修改，应当防止机械搬用，以免給未來的建設工作和生产造成困难。

第二章 設計用的原始資料

§ 4. 設計用的基础資料

設計工作是在占有充足而又可靠的原始資料的基础上进行的。如果設計前資料收集得不足，某些問題不能得到及时解決，因而將拖延設計的完成期限；如果收集的資料不正確，則又可能作出錯誤的決定，影响設計的质量。故設計用的原始資料，一定要在广泛調查收集的基础上，加以审慎的鑑定和选取。

設計用的基础資料包括：設計審批机关批准的任务書中所規定的技術条件；厂址的地形和工程地质資料；建厂地区的經濟資料；矿山設計部分的資料；設計用的矿石可选性試驗資料；规范資料。

設計任务書中規定的技術条件 設計任务書中規定的技術条件內容应包括：按原設計的年生产能力；矿石的来源；矿石中主要有价成分和有害杂质的含量；精矿的用户及其所在地；对精矿的质量要求；水、电及主要材料的供应来源；施工程序及建筑期限等。

厂址地形和工程地质資料 为了正确的解决建厂地址、总平面布置以及与工艺生产和其它部分設計有关的一系列問題，必須要有厂址地形和工程地质方面的資料，其中包括：标明現有建筑物、构筑物 and 交通運輸綫路以及工程网路的地形图；土壤的成分，土壤的物理性质及单位容許荷重資料；地下水位、地下水成分和冻结深度的資料；水源、流量、最高洪水位、水的化学和細菌成分及机械夹杂物資料；当地的地震資料；厂区下面有无矿藏的資料等。

建厂地区的經濟資料 設計选矿廠所需要的經濟資料包括：建厂地区的工业发展特点和远景、居民密度及职工情况；燃料資源及价格、運輸条件；水、电来源情况及价格；当地建筑材料的特点及价格；当地机械制造和修理能力；有无安置工人居住的地方等。

矿山設計部分資料 矿山設計部分資料要能說明采出的矿石性质及矿石運輸情况，其中主要包括：

1. 原矿的种类及各类矿石在总开采量中的比例；
2. 采矿部門在不同时期采掘各类矿石的生产能力；
3. 各类矿石中有价成分和有害杂质的含量，在不同开采时期矿石的品质变化的可能性；
4. 采出矿石的最大块尺寸和原矿的粒度特性；

5. 原矿的物理性质, 如水分、粘土和天然碎散的粘性物质的含量、原矿的比重和堆比重等;

6. 矿山的开采方法及工作制度;

7. 每年、每季、每月、每周、每日的原矿开采工作进度表;

8. 从采矿场到选矿厂的运输方式、运输工具。

设计用的矿石可选性试验资料 在下节中将详加阐述。

规范资料 有关技术方面的规范资料包括: 设备的国家标准; 精矿的国家标准; 供水和排水的卫生规定及要求; 工业废水排到河流和水库中的卫生规定; 气体和含尘气体排到大气中的卫生规定; 天然照明和人工照明的规定; 安全技术的要求和规定; 应用和保管化学药品及毒性物品的规则等。

编制设计的预算及技术经济部分需要的规范资料, 包括有: 设备价格表; 设备安装价格表; 建筑物和构筑物的概略指标手册; 矿石、精矿、燃料及材料的价格表; 设备的铁路运输费和航运费及安装工作杂费定额; 折旧计算规定; 工资等级、工资率及附加工资的规定等。

§ 5. 设计用的矿石可选性试验的范围和内容

设计时需要可靠的矿石可选性试验资料, 以便根据它的结果进行工艺流程和主要设备的选择与计算等工作。

矿石可选性试验结果的可靠程度除取决于试验本身的质量外, 还与矿样的代表性和试验的规模有密切关系。

试样的代表性, 就是它与将来选矿厂所处理的矿石的符合程度。采样时应使矿样在化学组成、矿物组成及矿物结构等方面均具有代表性, 因此, 试样的采取应按一定的方法进行。试样采取后不要再受氧化和混入外来物质。矿石类型不同且在将来生产有可能分别处理时, 则每个类型矿石应分别采样并分别试验。如果不同类型的矿石在将来生产有可能混合处理时, 则可选性试验用的混合试样的混合比例必须与它们将来进入选矿厂中的比例大致相同。矿床取样工作通常是由地质人员进行的, 但决定采样方法时, 最好有选矿人员参加。从而使选矿人员事先熟悉矿石埋藏情况和开采条件并能考虑这些条件对选矿过程的影响。

试验的规模, 主要决定于矿石性质的复杂程度、采用的工艺方法和拟建选矿厂的生产规模。如果设计的是小型选矿厂, 而矿石性质和工艺流程均比较简单, 一般只进行小型试验即可, 只是当矿石性质特别复杂时才进行连续性试验。当所设计的选矿厂是中型的, 则依矿石性质的复杂程度可进行小型试验或连续性试验。当所设计的选矿厂是大型的, 且矿石性质和流程均比较复杂, 则应在半工业性或工业性装置上进行足够时间的试验。这样就可以在小型试验的基础上比较可靠地查明: 处理中间产物的适宜方法; 再磨某种产物的合理性, 中间脱水和分级作业的应用及阶段选别的应用等问题。还可以比较精确地确定各种计算指标, 如矿石可磨性系数, 设备的单位容积、单位面积或单位长度的容许负荷, 各作业所需要的时间等。

矿石可选性试验的报告中应包括下列内容:

原矿的特性 其中主要包括:

1. 原矿的物质组成（包括化学分析、物相分析及矿物分析的结果）；
2. 主要矿物的浸染特性、粒度、形状和相互共生的程度；
3. 因受天然风化作用而造成的原矿碎散度，粘土、原生矿泥和可溶性盐类的含量及二次矿化的发展程度；
4. 原矿的外在水分；
5. 原矿的粒度特性。

矿石可选性试验结果 主要包括：

1. 各种最有应用价值的工艺流程试验结果，确定出必要的数，以便比较这些流程并从中选出最合适的流程方案；
2. 各种合理流程方案的工艺指标间的关系，其中主要是精矿中有价成分的品位和回收率间的关系；
3. 矿石的相对可磨性系数；
4. 破碎和磨碎该矿石的各种碎矿机、磨矿机的排矿粒度特性（这种资料只有在工业性试验时方能得到，在不作工业性试验时，亦可不要这种资料，而用典型粒度特性曲线代替）；
5. 各选别作业产物中有价成分的品位；
6. 各选别作业产物中有价成分的作业回收率或总回收率；
7. 各作业最适宜的液固比亦即最适宜的矿浆浓度；
8. 各作业产物中的液固比；
9. 各作业中新鲜水的单位耗量；
10. 选别产物的比重；
11. 浮选药剂的名称、用量、溶液浓度、给药地点及各地点的给药量；
12. 机械设备的单位容许负荷；
13. 各作业所必需的处理时间。

§ 6. 对精矿质量的要求

精矿质量标准一般是由国家规定的。设计工作者在确定选矿指标时，应考虑精矿的质量标准，使金属得到最大程度的回收，生产费用得到最大程度的降低。精矿的质量依有价成分和有害杂质的含量而定。如果精矿中有价成分含量已经很高，但有害杂质的含量却超过冶炼的要求，则这种精矿仍然是不合格的。

设计时关于精矿质量的确定一般是根据矿石可选性试验及类似选矿厂的生产结果进行。精矿的质量对冶炼的收益及运输费用均有直接的影响，应当尽可能地争取获得优质的精矿，以贯彻精料方针。

使用高品位的精矿可以改善冶炼状况，提高高炉、平炉、有色金属的鼓风炉、反射炉等冶炼设备的利用系数，提高冶炼回收率。同样，降低精矿中杂质含量也可改善冶炼金属的质量。例如，炼铁用的铁精矿如果含硫在0.15%以下，使用的焦炭含硫也低，就容易炼出合格的铁来。否则，如果含硫过高，不但要增加大量石灰石脱硫，而且容易产出含硫过高的生铁，增加铁的脆性，不便于加工应用。使用优质的精矿还可大大地节省燃料、熔剂及运输力。因为冶炼含杂质多的精矿，为了熔化杂质将要消耗更多的燃料

及熔剂，而且在冶炼之后还会产出大量的废渣，这样一来，原料及废渣的运输量就会大为增加。可见，提高精矿质量虽然在选矿方面可能要增加一些操作手续，但总的收益却会是很大的。

当然，提高精矿的品位应当注意到对回收率的影响。在一定范围内，提高精矿品位可能不致降低回收率。但超过某一限度，回收率就要降低，造成金属损失。如果损失的金属量超过由于品位提高所获得的收益，就会造成国家资源的浪费。究竟多高的精矿品位是合理的、经济的，在设计时应当根据具体条件，经过计算与方案的对比来确定。

根据精矿中有价成分及有害杂质含量的不同，为了便于利用和核价，一般均将精矿分成不同的等级。等内的特级精矿有价成分含量最高，有害杂质含量最低；末级精矿的有价成分含量最低，有害杂质含量最高。下面列举几种常见精矿的有价成分和有害杂质的含量界限。

铜精矿 冶炼厂所用的铜精矿几乎完全是用浮选法选出的。由于铜精矿中的铜矿物种类和与它共生的矿物种类不同，铜的含量变化范围很大，一般为30~10%。其中所含的主要有害杂质为铅和锌，含有大量的氧化铝和氧化镁也是有害的。根据国家的规定，铜精矿分为三类：第一类（指单一铜矿）分为8级，含量界限为铜30~8%，铅和锌各不大于1%。第二类分为10级，前5级系指铜锌矿选出的铜精矿，后5级系指铜铅矿选出的铜精矿。含量界限前5级铜为20~8%，铅不大于1%，锌不大于5~8%；后5级铜为20~8%；铅不大于4~8%；锌不大于2%。第三类系指铜铅锌矿选出的铜精矿，分为8级，铜含量界限为28~12%，铅不大于1.5~10%；锌不大于5~12%。

铅精矿 铅精矿一般都用鼓风炉熔炼。供给鼓风炉熔炼的铅精矿分为7级，随着等级的不同，铅含量和有害杂质锌和铜含量应在下列界限内：铅不小于70~40%；锌不大于2.5~10%；铜不大于1~3.5%。

锌精矿 无论用火冶法（蒸馏法）还是用水冶法提取锌，锌精矿中最有害的杂质均是铁，其次是铅、铜及砷。锌精矿中所含的铁，呈单独的含铁矿物存在者主要是黄铁矿和磁黄铁矿，有时则是闪锌矿本身所含的铁（含铁较多的闪锌矿称作铁闪锌矿）。

锌精矿分为6级，锌和铁、铅、铜等杂质的含量界限是锌不小于55~40%，铁不大于4~14%，铅不大于1~2.5%，铜不大于1~2%。

钨精矿 大部分钨精矿均用作制造钨铁，部分地用于制造硬质合金的金属塑料的钨氧及电灯制造业用的钨酸。根据主要矿物种类和三氧化钨的含量钨精矿可分为两大类。

1. 黑钨矿的精矿，又分为三类七级。第一类分为三级，三氧化钨含量不小于65%；锡不大于0.1~0.2%；砷不大于0.1~0.2%；氧化锰不大于18%；氧化硅不大于5%；磷不大于0.03~0.05%；硫不大于0.6~0.8%；铜不大于0.18~0.22%。这一类钨精矿用于制造钨铁合金。第二类分为两级，三氧化钨含量不小于65%；锡不大于1.5%；砷不大于0.1%；氧化硅不大于5%；磷不大于0.1%；硫不大于0.8~3%。这一类钨精矿用于制造氧化钨和钨酸。第三类分为两级，三氧化钨含量不小于60%；锡不大于0.2~1.5%；砷不大于0.1~0.2%；氧化锰（一级品）不大于18%；氧化硅不大于5%；磷不大于0.05~0.2%；硫不大于0.8~3%；铜（一级品）不大于0.22%。这一类钨精矿用于制造三号钨铁合金及钨酸。

2. 白钨矿的精矿，又分成三级，三氧化钨含量不小于60~40%；杂质含量，锡不

大于0.08~1.5%；砷不大于0.05~0.1%；氧化錳（一級品）不大于4%；氧化硅（一級品）不大于10%；磷不大于0.04~0.2%；硫不大于0.6~3%；銅（一級品）不大于0.17%；鉬不大于0.05%（二級品和三級品）。用于制造氧化鎢。

鉬精矿 鉬精矿用作制造鉬鉄合金及鉬酸鈣。对鉬精矿的含鉬量和杂质都有严格的要求。鉬精矿中最有害杂质是磷、砷及錫，不希望有的杂质是氧化硅和銅。鉬精矿分为三級，其中含鉬量不小于50~47%；磷不大于0.07~0.15%；砷不大于0.07%；錫不大于0.07%；氧化硅不大于5~9%；銅不大于0.5~2.0%。

錫精矿 合格錫精矿有三級，等外錫精矿有二級。錫精矿中的有害杂质为氧化硅、氧化鋁、鉄、硫和銅。合格錫精矿含錫量不小于55~30%；氧化硅不大于11~19%；氧化鋁不大于3~7%；鉄不大于6~11%；硫不大于3~6%；銅不大于0.2~0.5%。等外錫精矿最低含錫量为30%，杂质含量不受限制。

鉄精矿 对鉄精矿质量的要求，取决于鉄矿物的种类。鉄精矿的平均含鉄量，对磁鉄矿、赤鉄矿、假象赤鉄矿和半假象赤鉄矿为65~55%；一般在62~57%之間；对褐鉄矿則为55~45%。

鉄精矿的有害杂质为硫、磷、砷，不溶性残渣、鋅、銅、鉛、錫、鈦。杂质的容許含量随炼出生鉄的标准而異，其界限为砷不大于0.05~0.07%；鋅不大于0.06~0.16%；鉛不大于0.1%；銅不大于0.2%；錫不大于0.08%；氧化鈦不大于15%。

鉄精矿中有一部分杂质，如鎳、錳、鈰等可以改善鋼的品质，而硷性化合物——氧化鈣和氧化鎂，則可降低熔剂用量。

硫化鉄精矿 硫化鉄精矿是在多金属矿石浮选时获得的，可用于制造硫酸。依其化学成分分为6級，硫的含量不小于47~30%。杂质鉛和鋅含量不大于1%。

第三章 选矿厂生产能力的决定

§7. 选矿厂年生产能力的决定

选矿厂生产能力是用每年所处理的原矿量表示，而与一般工业企业用每年所生产的成品量表示方法不同。这是由于选矿厂处理的原矿量虽相同，但因矿石类型不同，所得的精矿量会相差很悬殊。例如，同样都是处理原矿石5000吨/日的选矿厂，如果处理的是品位35%的鉄矿石，則精矿产量約为2500吨；如果处理的是品位0.2%的鉬矿石，則精矿产量約为20吨。前者的精矿产量为后者的125倍。可是由于处理的原矿量相同，两个选矿厂还是具有規模大致相同的主要車間和輔助車間（脫水車間除外）。所以用原矿量表示选矿厂的生产能力，是比較方便和合理的。

設計时，决定选矿厂生产能力的主要根据，是：1）国民經济对选矿产品的需要量；2）选矿厂所要处理的矿床中的矿石儲量。

有些矿床如鉄矿床，其中矿石儲量常是很大的或无限的，此时选矿厂生产能力可由国民經济的需要量来决定。但大多数矿床特别是某些有色金属矿床，其中已探明的矿石儲量是有限的，在这种情况下选矿厂生产能力应由矿石儲量来决定。当探明的矿石儲量

为R吨时，选矿厂年生产能力Q与选矿厂工作年限N（一般为10~20年）是成反比的关系：

$$Q = \frac{R}{N} \quad (1)$$

在矿石储量一定的条件下，选矿厂的生产能力不能决定得过大，过大虽能使处理每吨原矿的加工费用（亦称生产费用）相应地降低，但选矿厂的基本建设投资不免要增加，选矿厂的工作年限将缩短，固定资产费用不能在规定的年限内完全折旧回来。如果选矿厂生产能力决定得过小，基本建设投资虽能相应地减少，但加工费用却因之增加，结果使精矿成本提高。由上述可以看出，当矿石储量一定时，选矿厂生产能力决定得过大或过小均是不利的。

经济上最有利的生产能力可用下式来算出：

$$U = P - B \quad (2)$$

式中 U——绝对赢利或生产赢利；

P——产品的全部销售价值；

B——产品的全部成本。

产品的全部销售价值P是等于某一原矿量中得出的成品（精矿）产量和成品单位价格相乘的积。所以从某一原矿量中得出的成品产量愈大、成品的单位价格愈高、产品的成本B愈低，则生产的赢利将愈大。所以提高赢利的第一种方法是增加产品的全部销售价值P，即是要尽量增加成品的产量，故在设计时要利用各种条件来保证有价成分的最大回收（提高回收率）。成品单位价格是由国家规定的，在一定时期是一个不变的值。但在设计时或在选矿厂的工作过程中，这个价格是可以利用改善精矿质量的办法来提高的，按金属计算的价格随精矿品级的提高而增加。第二种方法是降低产品成本，就是说降低每吨矿石的车间成本。产品成本是由原矿费用和加工费用组成的，加工费用包括经营费用和折旧费。由于原矿费用是一个不变值，所以产品成本的高低取决于经营费用和折旧费，而经营费用和折旧费与选矿厂的生产规模有关。随着选矿厂生产能力的增加，固定资产的投资额必增加，因之折旧费也相应地增加，但每吨矿石的经营费用却相应地降低，这是因为在生产能力大的选矿厂，可采用生产效能较高的设备，修理费用便宜，耗电费用降低，劳动生产率提高等。因此，随着选矿厂生产能力的提高，两类费用向着不同的方向改变，在某一生产能力时二者的和为一最小值，这个生产能力在经济上将最为有利。

在一个冶金联合企业中，采矿、选矿和冶炼三者的生产能力都是互相联系和制约的，所以适合最小生产费用的生产能力，在这种情况下不能单由选矿厂来决定。

此外，选矿厂的生产能力还决定于国民经济对生产产品的需要程度，例如当国家迫切需要某种有色金属或稀有金属时，则处理该种有色金属或稀有金属矿石的选矿厂可以考虑适当地缩短工作年限，增大生产能力。而且有色金属及稀有金属矿床的储量常有扩大的可能，不会在短期内因矿石采尽而使选矿厂停止生产。在矿石储量很大的矿山，还可以根据国民经济对金属的需要，安排分期建厂和分批投入生产。

§8. 选矿厂及各车间日生产能力和 小时生产能力的决定

在决定选矿厂日生产能力时，可能遇到下列两种情况：

1. 选矿厂建在生产能力已知的矿山附近。在这种情况下, 如果矿山和选矿厂的工作日数相等, 选矿厂的平均日生产能力就应稍高于矿山的日生产能力。使矿山在产量增加期间的开采工作, 不致受到选矿厂生产能力的限制。选矿厂生产能力比矿山生产能力高多少, 主要由矿山各时期采矿量的不均衡程度和矿山储矿设备容量来决定。例如在用留矿法采矿和矿山能均匀地将矿石运到选矿厂的条件下, 选矿厂的生产能力就可以略高于矿山的生产能力。

当开采几种需要分别处理的矿石时, 应建设由几个分区组成的选矿厂, 分区的数目及其生产能力应适合各时期开采各种矿石的计划产量。

2. 选矿厂的生产能力应保证冶炼厂(或其它用户)的成品年产量。在这种情况下, 冶炼厂可能由几个选矿厂或单个选矿厂供应精矿。选矿厂按原矿计日生产能力, 可用下列公式求出:

$$Q_{\text{日}} = \frac{Q\beta}{\alpha \varepsilon_{\text{选}} \varepsilon_{\text{治}} n} \quad (3)$$

式中 $Q_{\text{日}}$ ——选矿厂按原矿计的日生产能力(吨);

Q ——冶炼厂的成品年产量(吨);

β ——冶炼成品中的金属含量(%);

α ——原矿中的金属含量(%);

$\varepsilon_{\text{选}}$ ——精矿中的金属回收率(%);

$\varepsilon_{\text{治}}$ ——冶炼成品中的金属回收率(%);

n ——选矿厂每年按日历计算的总日数;

η ——选矿厂的运转系数(见表2), 即选矿厂实际工作时间与按日历计算的时间之比。

如果精矿是成品, 不需要进一步加工时, 则 $\varepsilon_{\text{治}}$ 值等于1。

选矿厂日生产能力是指主厂房即磨矿选别车间的日生产能力。设计时应规定出选矿厂各车间每年的工作日数: 破碎车间工作日数与采矿运输的工作日数同, 一般为330日; 磨矿浮选(或磁选)车间工作日数为330~340日; 重选车间工作日数为310~320

日; 脱水车间工作日数与磨矿选别车间同。已知选矿厂的年生产能力, 用一年中各车间工作日数除之, 即得车间的日生产能力。

$$Q_{\text{日}} = \frac{Q_{\text{年}}}{T} \quad (4)$$

式中 $Q_{\text{日}}$ ——选矿厂日生产能力(吨);

$Q_{\text{年}}$ ——选矿厂年生产能力(吨);

T ——设计时规定的选矿厂各车间年工作日数。

用车间每日的工作小时数除车间的日生产能力, 即得车间的平均小时生产能力。对车间各设备所要求的小时生产能力可按下列公式计算:

表2 选矿厂的运转系数值

选矿厂类型	η
浮选厂和湿式磁选厂	0.85~0.90
重选厂	0.80~0.85
重选和联合选矿厂	0.80~0.85
洗选厂和洗矿重选厂	0.75~0.80
破碎筛分厂	0.75~0.80

$$Q_{\text{小时}} = \frac{kQ_{\text{日}}}{t} \quad (5)$$

式中 $Q_{\text{小时}}$ ——设备的小时生产能力(吨)；

$Q_{\text{日}}$ ——车间的日生产能力(吨)；

t ——车间的日工作小时数；

k ——原矿在数量上或质量上影响生产的不均匀系数。设计时选择破碎设备要考虑这个系数，一般取其等于1.0~1.1。

选矿厂工作制度 破碎车间工作制度一般应与采矿运输工作制度一致，如果从矿山两班来矿，破碎车间亦应两班工作，每班工作7小时，每日工作14小时；如果三班来矿，破碎车间亦应三班工作，每日工作18小时。

磨矿选别车间的工作制度为每日三班工作，每班8小时。

脱水车间的工作制度一般是与磨矿选别车间一致。在精矿产量比较小的选矿厂或者小型选矿厂，过滤工段可以考虑一班或两班工作，每日工作7小时或14小时；在精矿产量比较大的选矿厂，过滤工段可以采用三班18小时的工作制。

第四章 工艺流程的选择和计算

§9. 选择选矿流程的条件

原则流程 在详细地编制选矿厂工艺流程之前，应该先确定选别该矿石的原则流程。原则流程是选别工艺流程的“骨干”。在原则流程图上仅载明选别阶段和循环，以及各阶段和各循环进入和排出的产物，原则流程图上不记载流程的细节。

所谓选别阶段是指在某一破碎或磨碎阶段下处理该矿石所采用的各作业组合的总称。例如将矿石磨至0.2毫米后进行浮选，虽然包括几个选别循环，但选别产物的粒度没有变化——即未经任何再磨矿作业，这种流程仍称为一段流程。如果选别产物经过一次再磨，然后进行再选，这种流程即称为二段流程。

所谓选别循环是指：1) 选别某种物料(原矿或中间产物)的各种作业(粗选、精选、扫选等)的总称，在选别原矿时称为原矿选别循环、选别中间产物时称为中间产物选别循环。2) 从一定的物料中选得某一种产物的各作业的总称，例如选出铅精矿称为铅选别循环，选出锌精矿称为锌选别循环等。3) 某种工艺方法的各作业总称如重选循环、浮选循环、磁选循环等。

原则流程根据选别阶段的数目可分为一段流程、二段流程和多段流程。而每一选别阶段又可包括一个或几个选别循环。

影响流程选择的因素 在选择原则流程和进一步编制详细的工艺流程时，应注意多方面的条件和因素。这些条件和因素主要是指原矿的化学组成和矿物组成，有用矿物和脉石的物理和物理化学性质，浸染特性，围岩及其它混杂物的含量，用户对精矿质量的要求及建厂地区的经济地理条件等，兹分述如下：

1. 原矿中有用矿物及脉石的物理性质和物理化学性质以及它们的浸染粒度，对选

别方法和选矿流程的选择有着决定性的影响。例如处理粗粒浸染及矿物比重差很大的矿石，一般可采用重选法。而当各组成矿物的导磁系数相差很大时，则可采用磁选法。当处理微细浸染和矿物表面的润湿性（可浮性）差别很大的矿石时，则可采用浮选法。

2. 有用矿物和脉石的浸染特性以及它们的共生关系对选别阶段数目的选择有直接的影响。例如处理不均匀浸染矿石的选别段数，一般均多于处理均匀浸染和矿物共生关系简单的矿石的选别段数。有用矿物具有微细的浸染特性和复杂的共生关系时，采用混合浮选的流程，将比采用直接优先浮选流程更经济些。

3. 在破碎和磨矿作业中，有用矿物或脉石的泥化性能，也影响选别段数的选择。有用矿物及脉石的过粉碎或泥化将使选别的工艺指标变坏。因此，在处理易于过粉碎或泥化的矿石时，为了防止泥化，应该增加选别段数。

4. 围岩的碎散度和原矿中原生矿泥及可溶性盐类的存在，对选择选矿方法或工艺流程也都有影响。例如，在处理围岩已完全风化的黑色金属矿石时，可以采用洗矿方法处理。在这种情况下，洗矿即成为主要的选矿方法。在浮选含有大量因风化作用而生成原生矿泥和可溶性盐类的矿石时，则应采用矿砂和矿泥分别处理的流程。

5. 原矿的粘土含量和含水量，对选择选矿方法或工艺流程亦有影响。例如，原矿的外在水分很高时，细粒物料容易结块，因而在未经干燥的情况下，即不能采用干式加工过程（如风力分级、干式除尘、风力选矿、干式磁选、细粒级的干式筛分等）。原矿中含有多量粘土将促使细粒级结块。为了分散被粘土所粘结的矿块，原矿必须经过预先洗矿的过程，然后才能进行选别。

6. 原矿中有价成分的含量及其价值，对工艺流程的选择具有重大的影响。选择工艺流程的基本要求之一，就是在保证主要金属最大限度回收的条件下，使矿石中共生的而又为国家所需要的有价成分均得到回收，特别是对国民经济发展有重要意义的稀有金属和贵金属，尤应注意回收。

7. 用户对精矿质量的要求，将关系到流程中的精选次数。在某些情况下，也关系到选矿方法的选择。例如，对含有稀有金属的重选粗精矿的精选作业，即应根据精矿的质量要求和粗精矿的矿物组成，采用不同的选矿方法处理。

8. 原矿的最大粒度，主要影响到破碎流程的选择，有时也影响到选别流程的选择。

9. 选矿厂的生产能力也是选择流程时的重要影响因素之一。一般说来，大型选矿厂可以采用比较复杂的工艺流程。小型选矿厂采用复杂的流程在经济上常是不利的。在其它条件相同时，选矿厂的生产能力愈小，工艺流程应愈简单。

10. 建厂地区的技术经济条件和气候条件，也影响到选矿方法和工艺流程的选择。例如，在气候寒冷的地区和缺水的条件下，干法选矿过程的优越性就比较突出。选矿厂如果距精矿用户很远，为节省运费则应当选出质量较高的精矿，因此即需要采用比较复杂的流程。

§10. 合理方案的选择

不论是加工方法或是工艺流程，经过试验研究后，可能得出两种或三种可作比较的不同方案。例如赤铁矿的选别，可以采用：1）磁化焙烧后磁选流程；2）浮选流程；