

有色金属工业设计
总设计师手册

③

轻 金 属

《有色金属工业设计总设计师手册》

编写组 编

冶金工业出版社

有色金属工业设计 总设计师手册

第 三 册 轻 金 属

《有色金属工业设计总设计师手册》编写组 编

0856/05

冶金工业出版社



B 622073

内 容 简 介

《有色金属工业设计总设计师手册》分五册，本册系第三册轻金属部分，内容包括铝土矿、氧化铝、金属铝、金属镁、海绵钛及钛白、碳素制品和工业硅等轻金属的矿山、原材料、辅助材料和冶炼企业设计中应遵循的主要设计原则、各种生产方法和工艺流程、生产设备、主要技术经济指标等。

本书可供从事轻金属企业设计的总设计师参考，对基本建设设计管理部门的同志亦有一定的参考价值。

有色金属工业设计总设计师手册

第 三 册

轻 金 属

《有色金属工业设计总设计师手册》编写组 编

责任编辑 刁传仁

(内部发行)

冶金工业出版社 出版发行

(北京北河沿大街海润大厦11号)

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 8 字数202千字

1989年8月第一版 1989年8月第一次印刷

印数00,001~1,600册

ISBN 7-5024-0494-5

TF·108 定价6 30元

编审单位 北京有色冶金设计研究总院
长沙有色冶金设计研究院
南昌有色冶金设计研究院
昆明有色冶金设计研究院
兰州有色冶金设计研究院
沈阳铝镁设计研究院
贵阳铝镁设计研究院
洛阳有色金属加工设计研究院

编写组

组长兼主编 钟笃诚
副组长兼副主编 刘秉义 刘崇元
副主编 沈振纲 曹增富
成员 钟笃诚 刘秉义 肖传俊 刘崇元
李国元 沈振纲 韩常富 曹增富

顾问 黄 曙

本册主编 沈振纲

副主编 韩常富

编写人员 (按姓氏笔划为序)

王春光 沈振纲 金岩新
何允平 张元清 常守义
潘明和 韩常富

前 言

设计工作是工程建设的关键环节。设计工作对节约工程建设的投资和建成投产获得最佳的经济效益起着决定作用。

总设计师是工程项目的总体设计者，又是工程项目设计的组织者和领导者。为了搞好设计工作，总设计师必须具有较高的政策水平，较强的组织能力和广泛的专业理论、技术知识及丰富的实践经验，必须掌握确定设计方案的原则、方法和必要的技术经济指标。

为了总结新中国成立以来我国有色金属工业设计总设计师的工作经验，提高总设计师组织和业务工作的水平，亦为了帮助新担任总设计师工作的同志尽快地熟悉和掌握自己的工作业务，在中国有色金属工业总公司的支持和组织下，由八个直属设计院共同编写了这套《有色金属工业设计总设计师手册》。

由于总设计师工作的中心环节是组织制定正确的总体设计方案，因此，手册内容重点放在主体工艺部分，将重金属、轻金属、有色金属加工等内容单独成册，而设计基础及管理、技术经济及辅助、公用设施等内容为各院总设计师共用，内容相对集中。

这套手册共分五册：

第一册 设计管理及基础

第二册 重金属

第三册 轻金属

第四册 有色金属加工

第五册 技术经济及辅助、公用设施

书中大部分文件截至1986年12月，个别文件到1988年。书中各种指标和数据仅供参考。本书内容编排不涉及设计的具体分工。

这套手册在编写过程中，得到了中国有色金属工业总公司基

前 言

建部、各设计院以及有关厂矿领导的大力支持和关怀。除了已经列入编审名单者外，还有不少同志为本手册的编写付出了辛勤的劳动，如参加审查提纲、审查初稿、提供技术经济指标等。由于篇幅有限，未一一列入，在此一并致谢。

由于我们是第一次编写总设计师手册，敬希读者对书中不足之处予以指正。

《有色金属工业设计总设计师手册》编写组

1988年3月

总 目 录

第一册 设计管理及基础

- 第一章 工程设计管理
- 第二章 基础资料及建设条件
- 第三章 基建设计文件摘编

第二册 重 金 属

- 第一章 建设规模的确定原则
 - 第二章 产品方案的确定原则
 - 第三章 露天开采
 - 第四章 地下开采
 - 第五章 选矿工艺流程的选择
 - 第六章 选矿厂配置
 - 第七章 选矿生产检测与控制
 - 第八章 选矿厂设计参考指标
 - 第九章 尾矿设施
 - 第十章 铜冶炼
 - 第十一章 镍冶炼
 - 第十二章 铅冶炼
 - 第十三章 锌冶炼
 - 第十四章 锡冶炼
 - 第十五章 锑冶炼
 - 第十六章 汞冶炼
 - 第十七章 冶炼烟气制酸
 - 第十八章 矿山设计工程项目表
 - 第十九章 选矿厂设计工程项目表
 - 第二十章 重金属冶炼厂设计工程项目表
-

第二十一章 矿山企业的主要技术经济指标

第二十二章 冶炼厂的主要技术经济指标

第二十三章 硫酸厂的主要技术经济指标

第三册 轻 金 属

第一章 铝土矿

第二章 氧化铝

第三章 金属铝

第四章 金属镁

第五章 海绵钛及钛白

第六章 碳素制品

第七章 工业硅

第四册 有色金属加工

第一章 铝及铝合金

第二章 铜及铜合金

第五册 技术经济及辅助、公用设施

第一章 技术经济

第二章 总图运输

第三章 电力、自动化仪表及电信

第四章 给排水

第五章 热工

第六章 采暖、通风、除尘

第七章 机、汽、电修及仓库

第八章 土建

第九章 环境保护及工业卫生

本 册 目 录

第一章 铝土矿	1
第一节 铝土矿	1
一、氧化铝生产工艺对铝矿石的质量要求	1
二、铝土矿矿石类型	2
三、铝土矿石的工业（技术）品级	3
四、铝土矿床工业指标	4
五、铝土矿床的勘探要求	6
第二节 国内外铝土矿资源与开发现状	6
一、我国铝土矿资源与开发现状	6
二、国外铝土矿资源与开发现状	7
第三节 铝土矿露天开采设计	9
一、铝土矿露天开采的特点和要求	9
二、露天开采的规模	11
三、露天开采铝土矿、石灰石的产品方案	12
四、露天开采境界的确定	12
五、铝土矿生产矿量的保有期限	12
六、开拓方式的选择	12
七、露天铝土矿的组成、生产环节、装备水平	12
八、露天矿安全技术及环境保护	15
九、露天铝土矿主要技术经济指标	15
第四节 露天铝土矿的工程设计项目	17
一、地质采剥系统	17
二、破碎筛分系统	17
三、炸药加工、炸药库系统	17
四、辅修系统	18
五、供电、电力、电讯系统	18
六、供水、给排水系统	18
七、总图运输系统	18

八、行政服务系统	18
第二章 氧化铝	20
第一节 产品品种、质量标准及产量	20
一、产品品种和用途	20
二、产品性能和质量标准	21
三、国内外氧化铝生产能力	24
第二节 企业特征、建设条件和设计基础资料	24
一、企业特征和建设条件	24
二、设计基础资料	25
第三节 生产方法和工艺流程	27
一、生产方法	27
二、确定生产方法的主要因素	34
第四节 企业规模和产品方案	36
一、规模划分和建设方式	36
二、确定企业规模的因素	37
三、产品方案	38
第五节 氧化铝厂设备的确定原则、分类及单位	
产品物料处理量	38
一、主要工艺设备的确定原则	38
二、常用设备类型	40
三、单位产品的物料处理量	41
第六节 原料、燃料、辅助材料的质量要求和用量	44
一、质量要求	44
二、用量	45
第七节 环境保护和综合利用	45
一、“三废”情况及其处理措施	45
二、综合利用	46
第八节 工程设计项目	47
第九节 主要技术经济指标	49
第三章 金属铝	55
第一节 产品种类、用途和标准	55
一、产品的种类和用途	55

二、产品的质量标准	56
第二节 铝厂建设条件	59
一、企业特征和建设要求	59
二、建厂的场地要求	60
第三节 生产方法和工艺流程	61
一、铝电解法的工艺流程	61
二、铝电解法的发展和动向	65
三、制铝新方法的开发	67
第四节 企业规模和产品方案	68
一、铝电解厂规模的划分	68
二、确定铝厂规模和产品方案的有关因素	68
第五节 铝厂的装备水平和主要设备	69
一、铝电解槽的槽型和数量	70
二、打壳、加料、出铝和阳极转接设备的选择	71
三、铸造设备的选择	71
第六节 原材料用量和质量要求	72
第七节 铝电解厂的污染和环境卫生	74
一、污染情况	74
二、铝电解槽的烟气处理措施	75
三、铝厂焙烧炉的烟气净化	77
第八节 铝电解厂工程项目表	77
一、生产系统	77
二、辅助、附属生产系统	78
三、动力系统	78
四、总图运输系统	78
五、给排水系统	78
第九节 铝厂的主要技术经济指标和设备质量	79
一、主要技术经济指标	79
二、设备质量	81
第四章 金属镁	82
第一节 镁资源	82
第二节 金属镁的用途及产量	84

一、金属镁的用途	84
二、金属镁产量	87
三、金属镁的产品标准	90
第三节 生产方法及工艺流程	90
一、菱镁矿氯化-电解法	90
二、以海水和白云石为原料的电解法	96
三、以海水和石灰为原料的电解法	98
四、以水氯镁石脱水制取无水氯化镁的电解法	100
五、钾光卤石脱水电解炼镁法	105
六、氧化镁热还原法（硅热法）	107
七、炼镁技术的发展及动向	110
第四节 主要原材料、设计规模及工程项目	113
一、主要原材料	113
二、设计的规模及工程项目	115
第五节 环境保护	118
一、污染源	118
二、污染物的排放量	118
三、污染状况及其治理	120
第六节 镁冶炼的技术经济指标	121
一、镁生产的扩大指标	121
二、镁厂的生产、设计指标	121
第五章 海绵钛及钛白	128
第一节 钛资源	128
第二节 钛产品的用途及产量	131
一、金属钛的用途	131
二、钛白的用途	133
三、钛产品的质量标准	136
四、钛产品的产量及市场需求	138
第三节 钛工业的生产工艺	139
一、富钛料生产	139
二、四氯化钛生产	151
三、镁热法生产海绵钛的工艺	153

四、海绵钛工业现状	159
五、海绵钛生产技术的发展动向	160
六、钛白生产工艺	160
第四节 海绵钛厂的主要设备	165
一、高钛渣生产部分	165
二、四氯化钛生产部分	165
三、海绵钛生产部分	165
第五节 建设规模及车间组成	167
一、建设规模的划分	167
二、产品方案中应着重考虑的问题	168
三、工程项目表	168
第六节 钛厂的环保及综合利用	171
一、污染源及排放标准	171
二、综合治理及回收利用	172
第七节 钛工艺流程中的特殊问题	172
一、镁平衡及循环利用	172
二、氯气平衡及循环利用	173
第八节 钛厂设计中对辅助专业的要求	173
一、液氯库设计	173
二、总图布置及运输	175
三、土建	175
四、检测自控	178
五、采暖通风及热工	178
六、化验系统	178
第九节 主要技术经济指标	179
一、钛生产工艺扩大指标	179
二、钛工业设计的主要技术经济指标实例	180
三、钛工业生产主要技术经济指标实例	180
第六章 碳素制品	190
第一节 碳素制品的类别、用途和质量标准	190
一、碳素制品的分类和用途	190
二、产品的质量标准	190

第一节 工业硅的用途、标准和产量	220
一、用途和消费情况	220
二、质量标准	221
三、国内外工业硅的生产概况	222
第二节 工业硅企业的建设条件和要求	225
一、企业特征	225
二、企业建设要求	225
第三节 生产方法和工艺流程	227
一、生产方法简述	227
二、矿热电炉法现状	228
第四节 企业规模和产品方案	228
一、企业规模和确定规模的因素	228
二、产品方案的确定	229
第五节 生产车间组成和辅助生产设施	229
一、生产车间	229
二、辅助生产设施	230
第六节 主要设备选择	230
一、矿热电炉	230
二、其他主要生产设备的性能和特点	232
第七节 原材料和辅助材料的用量和质量要求	233
一、硅石	233
二、其他辅助材料	234
第八节 原料和产品的化验分析	235
一、原料的化验分析	235
二、产品的化验分析	235
第九节 工业硅厂的环保	236
第十节 主要技术经济指标	236
附表 年产5千吨工业硅厂	236

第一章 铝 土 矿

铝土矿是提取氧化铝的主要原料，也可用以制造高级磨料、高铝水泥、高铝耐火材料、陶瓷并作冶炼钢铁的熔剂用。

第一节 铝 土 矿

一、氧化铝生产工艺对铝矿石的质量要求

工业上生产铝是首先从铝矿石中提取氧化铝，然后经电解成为金属铝。目前均采用碱法生产氧化铝，根据生产流程不同，又分为烧结法、拜尔法及联合法。

碱法生产氧化铝，是用碱使矿石中的氧化铝和碱反应生成铝酸钠，铝酸钠溶于碱溶液成为铝酸钠溶液。矿石中的杂质铁、钛及大部分硅的化合物，仍以固体存在，成为残渣称为赤泥。铝酸钠溶液经净化分解析出氢氧化铝，将氢氧化铝焙烧即获得产品氧化铝。各种生产方法对铝土矿的质量要求见表1-1。

表 1-1 各种生产方法对铝土矿的质量要求

生产方法	铝 矿 石 自然类型	质 量 要 求		
		铝硅比	氧化铁	硫
烧结法	一水硬铝石型	4~5	7~10%	小于0.7
拜尔法	一水硬铝石型	不应低于10		小于0.7
联合法	一水硬铝石型	不应低于5		小于0.7

铝矿石中一般含氧化钛为2~4%，含氧化镁1%，对他们均暂无具体要求。矿石中氧化钠、氧化钾利于降低碱耗，含量无限。

矿石中镓的含量一般为0.005~0.01%，应注意综合回收。

矿石中铝硅比决定着氧化铝的生产方法，在定型的工厂中，它直接影响工厂的生产能力、总回收率、原料及燃料消耗及产品的直接费用。如在拜尔法中它直接影响氧化铝溶出率和碱耗；对烧结法它直接决定熟料质量和生产1吨氧化铝的熟料需要量，是评价矿石质量的一项重要指标。

矿石中氧化铁含量过低时采用烧结法熟料不易成球，操作困难；含量过高时，烧结出现大量液相，降低烧结温度及烧结温度范围，导致熟料窑结圈，操作困难，且赤泥量增大，使赤泥分离与洗涤作业复杂。

矿石含硫量高，烧结时易结圈，碱耗、煤耗增加，熟料结合比增加，氧化铝的溶出率及产能下降，增加拜尔法溶出过程中的碱耗，从而成本增加。

二、铝土矿矿石类型

1. 铝矿石自然类型

按结构构造分为：粗糙状或土状、致密状、豆状、鲕状、碎屑状、角砾状、气孔状铝土矿石；

按主要铝矿物成分分为：一水型铝土矿石（包括一水硬铝石铝土矿、一水软铝石铝土矿和一水硬铝石、一水软铝石混合铝土矿）、三水型铝土矿石、混合型铝土矿石（包括一水硬铝石、一水软铝石、三水铝石铝土矿）。

我国已知的铝土矿石，如山东、山西、河南、广西、贵州省等地均以一水硬铝石为主，仅有福建、海南岛等地由玄武岩风化形成有少量三水铝石型铝土矿。

2. 铝矿石的工业类型

按铝矿石中氧化铝含量、铝硅比值、工业用途、提取氧化铝的方法及氧化铁、硫等杂质的含量划分工业类型，则有高铝耐火材料、电熔刚玉、高铝水泥、拜尔法生产氧化铝或烧结法生产氧化铝的矿石及高铁铝矿石、低铁铝矿石、高硫铝矿石、低硫铝矿石等。

三、铝土矿石的工业（技术）品级

表 1-2 按化学成分划分的铝土矿石工业品级

项 目	化学成分		用 途	备注
	铝硅比不小于	氧化铝不小于 %		
一级品	12	73	刚玉型研磨材料、高铝水泥、氧化铝 氧化铝 氧化铝 氧化铝	一至六 级品适用 于一水硬 铝型矿 石；七级 品适用三 水铝石型 矿石
		69		
		66		
		60		
二级品	9	71	高铝水泥、氧化铝 氧化铝 氧化铝 氧化铝	
		67		
		64		
		50		
三级品	7	69	氧化铝 氧化铝 氧化铝	
		66		
		62		
四级品	5	62	氧化铝	
五级品	4	58	氧化铝	
六级品	3	54	氧化铝	
七级品	6	48	氧化铝	

表 1-3 按其他质量指标划分的铝土矿石的工业品级

铝土矿石类型	质量指标名称	质量指标，%	备 注
低铁型	Fe_2O_3	3以下	用作高铝水泥的铝土矿石，含 $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 2.5\%$, $\text{TiO}_2 < 3.5\%$, $\text{R}_2\text{O} < 1.0\%$, $\text{MgO} < 1.0\%$ ，用作 刚玉型研磨材料的铝矿石，含 $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 5.0\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2 \geq 15$, $\text{TiO}_2 < 5.0\%$, $\text{CaO} + \text{MgO} \leq 1.0\%$ ； 铝土矿石块度不得大于400毫米， 用作刚玉型研磨材料时，其块度为 20~300毫米，铝土矿石中不得混入 粘土，石灰岩等外来杂物。
含铁型		3~6	
中铁型		6~15	
高铁型		15以上	
低硫型	S	0.30以下	
中硫型		0.30~0.80	
高硫型		0.80以上	