高等学校教学用书

冶金工艺工程设计

袁熙志 编著

顶级地质论坛：http://bbs.3s001.com/

冶金工业出版社

冶金工业出版社出版的相关书目

高炉炼铁生产技术手册	周传典　主编
高炉生产知识问答	黄一诚　等编
球团理论与工艺	张一敏　编著
非高炉炼铁工艺与理论	方　觉　等著
炼钢学（上、下册）	张承武　主编
实用高炉炼铁技术	由文泉　主编
电弧炉炼钢工艺与设备（第2版）	沈才芳　等编著
钢冶金过程动力学	傅　杰　著
连续铸钢过程数学物理模拟	干　勇　等著
电磁冶金学	韩至成　著
中间包冶金学	王建均　等著
电炉炼钢原理及工艺	邱绍岐　等编
钢的成分、残留元素及其性能的定量关系	余宗森　等编著
铁合金冶金学	李春德　主编
实用连铸冶金技术	史宸兴　主编
中国铁矿石造块适用技术	潘宝巨　等主编
连铸坯质量（第2版）	卢盛意　编著
冶金物理化学研究方法（第3版）	王常珍　主编
冶金与材料物理化学	李文超　主编
钢铁冶金原理（第3版）	黄希祜　编
钢铁冶金学（炼铁部分）（第2版）	王筱留　主编
钢铁冶金概论（高职教材）	王明海　主编
相图原理与冶金相图	陈国发　等编
热能转换与利用（第2版）	汤学忠　主编

顶级地质论坛 http://bbs.350.com/

ISBN 7-5024-3208-6
9 787502 432089 >

ISBN 7-5024-3208-6
TF·611(课)定价20.00元

高等学校教学用书

冶金工艺工程设计

四川大学　袁熙志　编著

顶级地质论坛：http://bbs.3s001.com/

北　京

冶 金 工 业 出 版 社

2003

内 容 提 要

本书是高等学校冶金工程专业本科开设的专业核心课“冶金工艺工程设计”的教材。全书重点阐述冶炼工艺专业设计的基础知识、基本概念、设计思想、设计方法、设计步骤等，比较全面系统；同时综合了钢铁冶金、有色金属冶金中具有共性的工艺设计内容，取材上突出先进、规范、实用的特点。附录有规划、项目建议书，可行性研究，初步设计的基本内容和格式，设计委托任务书内容和格式，常用标准代号及设计规范，有关制图规定，常用材料、燃料性能等。

本书亦可供有关工程技术人员了解和学习冶金工程设计时参考。

图书在版编目(CIP)数据

冶金工艺工程设计/袁熙志编 .—北京:冶金工业出版社,2003.2
高等学校教学用书
ISBN 7-5024-3208-6

Ⅰ.冶… Ⅱ.袁… Ⅲ.冶金工业-工程设计-高等学校-教学参考资料 Ⅳ.TF

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2003）第000723 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)
责任编辑 宋 良 美术编辑 王耀忠 责任校对 刘 倩 责任印制 李玉山
北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销
2003 年 2 月第 1 版,2003 年 2 月第 1 次印刷
787mm×1092mm 1/16; 12.5 印张; 301 千字; 190 页; 1-2500 册
20.00 元
冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893
冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081
(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

质量论坛 http://bbs.3s001.com/

前　言

为适应教育部高校专业目录的调整，冶金工程专业涵盖了原钢铁冶金、有色金属冶金专业的全部专业内容，课程改革已势在必行。一些高校根据冶金工程专业教学计划，开设了“冶金工艺工程设计”专业核心课，总学时数为34学时，以使学生在较少的学时内，系统学习冶金工厂设计和冶炼工艺与设备设计计算的基本知识，培养学生分析和初步解决冶金工程实际问题的能力。

设计课是一种综合性质的课程，它基于工程科学，但重点是应用。因此，本书的目的是帮助学生认识和进入真实世界，树立判断问题的能力和信心。本书为高校冶金工程专业本科高年级学生的教学用书，也可供从事冶金工程工艺设计、生产、科研的人员参考。

冶金类高校的毕业生，到工作岗位后都或多或少会遇到与设计基本知识有关的各种问题。对于到设计院所工作的学生，需要学习设计基本概念这一点是不言而喻的，即使是分配到以应用、开发、研究为主的单位或工厂、政府主管部门的毕业生，熟悉设计的原理、概念、方法，也同样重要。

要使科技成果产业化，一般情况下要求科研阶段的成果应以基础设计或初步设计的方式提供。因为开发的目的是科研成果转化为生产力，开发成果应包括能满足设计所需的一切技术要点。能否做到这一点，除了研究人员自身的理论素养和是否掌握了正确的开发方法外，了解设计的原理和方法是个重要因素。

为了防止教材内容类同设计手册、内容设计方法新颖但目前尚不成熟这两种偏向，本书重点是论述冶金工厂设计的内容、程序、方法等，特别是冶炼工艺专业工程设计的基础知识、基本概念、设计思想、设计方法、设计步骤等。书中未列出具体的工艺与设备设计的计算实例，在这方面更为详细的内容可在冶金工程工艺课程设计和毕业设计中予以补充，读者在需要时可查阅相关设计手册和设计参考资料。

全书共分6章，是在参照了正式出版的有关文献资料和手册的基础上编写的，力求内容全面系统，不同点在于：1）包括了钢铁冶金和有色金属冶金具有共性的冶炼工艺设计内容；2）部分章节

内容纳入了编者多年来应用成熟的设计研究成果;3)主要内容与目前各设计研究院冶炼工艺专业要完成的设计内容相适应,针对性、实用性强。为适应课程教学的需要,各章后均配有适量的学习思考题。

在全书的编写过程中,分别得到了四川大学冶金工程学科组和化工原理学科组张昭教授和刘钟海教授的大力支持和帮助,审阅了全书的内容,提出了很多宝贵的修改意见。四川大学化工学院、化工系的领导对本书的编写给予了大力支持和关注,在此一并表示衷心的感谢!

由于冶金工程涉及的知识面非常广泛,而编者的水平有限,书中疏漏之处,恳请同行专家及读者指正。

袁熙志
2002 年 12 月于四川大学
cdhyxz @ sina.com

顶级地质论坛: http://bbs.3s001.com/

目　录

0　绪论 …… 1

0.1　冶金和冶金方法 …… 1
0.2　冶金工艺流程和冶金过程 …… 2
0.3　冶金工业在国民经济中的地位和作用 …… 5

1　冶金工厂设计概述 …… 8

1.1　冶金工厂建设程序 …… 9
1.1.1　建设程序 …… 9
1.1.2　建设中的执行者 …… 9
1.2　冶金工厂设计的基本知识 …… 10
1.2.1　基本概念 …… 10
1.2.2　设计单位的专业设置 …… 11
1.2.3　专业之间的关系 …… 13
1.3　前期设计 …… 14
1.3.1　基本概念 …… 14
1.3.2　项目建议书 …… 14
1.3.3　可行性研究 …… 15
1.3.4　规划 …… 17
1.3.5　厂址选择 …… 18
1.4　工程设计 …… 21
1.4.1　设计基础资料 …… 21
1.4.2　初步设计 …… 22
1.4.3　技术设计 …… 24
1.4.4　施工图设计 …… 24
1.4.5　施工服务 …… 26
学习思考题 …… 28

2　土建基础知识 …… 29

2.1　基本概念 …… 29
2.2　建筑的分类 …… 29
2.2.1　按主要承重结构材料分类 …… 29
2.2.2　按层数分类 …… 29
2.3　风玫瑰图 …… 30
2.4　建筑定位尺寸 …… 30
2.4.1　开间和进深 …… 30

顶级地质论坛：http://bbs.3501.com/

2.4.2 柱距与跨度 …… 31
2.5 建筑物的一般要求 …… 32
2.5.1 装置内建筑物 …… 32
2.5.2 建筑物的模数 …… 33
2.5.3 厂房高度 …… 33
2.5.4 地面通道和厂房的门 …… 33
2.5.5 吊装孔的位置 …… 34
2.6 基础 …… 34
2.6.1 地基与基础概念 …… 34
2.6.2 基础的类型和材料 …… 35
2.6.3 基础的埋置深度 …… 36
2.7 单层厂房结构 …… 37
2.7.1 砖混结构 …… 37
2.7.2 装配式钢筋混凝土结构 …… 37
学习思考题 …… 40
3 冶金工艺设计 …… 41
3.1 工艺专业的设计任务 …… 41
3.2 工艺专业的资料交接 …… 41
3.2.1 收集设计条件 …… 41
3.2.2 提出设计条件 …… 41
3.3 工艺流程的设计 …… 41
3.3.1 冶金工厂的规模 …… 42
3.3.2 工艺流程选择 …… 44
3.3.3 工艺流程方案的技术经济比较 …… 45
3.3.4 工艺流程的设计方法 …… 50
3.3.5 工艺流程图的绘制 …… 50
3.4 设计委托书的要求 …… 53
3.4.1 总图运输和水运工程 …… 55
3.4.2 建筑和结构 …… 56
3.4.3 机械设备 …… 59
3.4.4 电力 …… 59
3.4.5 自动化仪表和电讯 …… 61
3.4.6 计算机 …… 62
3.4.7 给水排水 …… 63
3.4.8 采暖通风 …… 63
3.4.9 工业炉 …… 64
3.4.10 热力和燃气 …… 64
3.4.11 机修和检验 …… 64
3.4.12 技术经济 …… 65
3.4.13 能源、环保、安全和工业卫生 …… 65
3.4.14 工程经济 …… 66

3.5 设计说明书 …… 66
3.5.1 概述 …… 66
3.5.2 主要设计决定和特点 …… 66
3.5.3 主要工艺设备的技术性能 …… 67
3.6 物料与能量衡算 …… 69
3.6.1 物料与能量衡算的意义 …… 69
3.6.2 有价成分计算 …… 70
3.6.3 能量平衡计算 …… 77
3.7 工艺设备设计 …… 83
3.7.1 设备设计的任务 …… 83
3.7.2 冶金主体设备设计 …… 84
3.7.3 冶金辅助设备的选用与设计 …… 88
3.7.4 非标准件设计 …… 90
学习思考题 …… 92

4 车间配置设计 …… 94

4.1 车间配置设计的内容和要点 …… 94
4.1.1 厂房的整体布置和厂房的轮廓设计 …… 94
4.1.2 设备配置 …… 95
4.1.3 车间辅助室和生活室的布置 …… 98
4.1.4 安全、卫生和防腐蚀问题 …… 98
4.2 车间配置设计的步骤和方法 …… 98
4.2.1 调查研究 …… 98
4.2.2 具体进行车间配置 …… 98
4.2.3 绘制车间配置图 …… 99
4.3 车间配置图的绘制 …… 99
4.3.1 视图布置 …… 99
4.3.2 绘制比例和图纸幅面 …… 99
4.3.3 绘制平面图 …… 99
4.3.4 绘制剖视图 …… 101
4.3.5 标注尺寸 …… 101
4.3.6 填写图纸标题栏和编制设备明细表 …… 102
4.3.7 图纸目录的填写 …… 103
4.3.8 其他图面规定 …… 103
4.4 设备安装图的绘制 …… 105
4.4.1 机组安装图 …… 105
4.4.2 单体设备安装图 …… 105
4.4.3 管道安装图 …… 105
4.4.4 装配图 …… 105
4.4.5 零件图 …… 105
学习思考题 …… 106

5 冶金炉砌砖设计 …… 107
5.1 砌体设计的内容 …… 107
5.2 砌体设计的基本规定 …… 108
5.3 砌砖尺寸的设计 …… 110
5.3.1 环形砌砖设计 …… 110
5.3.2 弧形拱砌砖设计 …… 113
5.3.3 球冠形拱顶砌砖设计 …… 114
5.3.4 悬链线拱顶砌砖设计 …… 114
学习思考题 …… 120
6 工艺管道设计 …… 121
6.1 管道材质、管件、阀门的选择 …… 121
6.2 管径与管壁厚度的选择计算 …… 122
6.3 流槽计算 …… 124
6.4 管道的保温及热延伸补偿 …… 124
6.5 管道配置原则 …… 125
6.6 工艺管道图的绘制 …… 126
6.6.1 湿法冶炼管道图的绘制 …… 126
6.6.2 火法冶炼管道图的绘制要点 …… 131
6.7 烟气管道和烟囱设计 …… 133
6.7.1 烟气管道结构形式及材质要求 …… 133
6.7.2 烟气管道布置要点 …… 134
6.7.3 烟气管道的设计原则 …… 134
6.7.4 烟囱设计要点 …… 136
学习思考题 …… 136
附录1 各种高阶段设计的内容与格式 …… 137
附录2 设计委托任务书内容与格式 …… 145
附录3 流程图常用设备符号及常用管道符号 …… 170
附录4 有关制图的规定 …… 174
附录5 常用材料性能 …… 179
附录6 常用燃料 …… 186
附录7 其他 …… 188

0 绪　　论

在目前已知的109种元素中，对于其中的93种金属元素（尚有一部分未在工业上应用），各国有不同的分类方法。有的分为铁金属和非铁金属两大类：铁金属系指铁和铁基合金，其中包括生铁、铁合金和钢，非铁金属则指铁及铁合金以外的金属元素；有的分为黑色金属和有色金属两大类。我国和前苏联等少数几个国家采用后一种分类方法，即将铁、铬、锰列入黑色金属，因为铬和锰的生产与铁及铁合金关系密切；将铁、铬、锰以外的金属列入有色金属。可见，我们所指的黑色金属即铁金属，有色金属即非铁金属。

众所周知，现代钢铁工业是个庞大的工业生产系统，主要生产部门包括采矿、选矿、烧结球团、炼铁、炼钢、钢材压延等；也包括大量的辅助生产部门，如焦化、耐火材料、炭素、机修、动力、运输等，而且还包括专门以钢铁工业为工作和研究对象的大专院校、科学研究、经济信息、营销机构、地质勘探、工程设计和建设施工等部门。钢铁的产量特别大，而有色金属中的铝、铜、锌、铅等次之。大量生产的金属价格较低，如铁是最便宜的金属；反之，如铂族金属，产量很少，价格却昂贵。据1996年统计资料，世界上铜、铝、铅、锌、镍、锡、金、钽等8种有色金属的产量虽仅为钢产量（7.5亿t）的6.4%，但其产值则达到钢产值的50%以上。有色金属和黑色金属相辅相成，共同构成现代金属材料体系。

0.1 冶金和冶金方法

冶金是一门研究如何经济地从矿石或精矿或其他原料中提取金属或金属化合物，并用各种加工方法制成具有一定性能的金属材料的科学。

广义的冶金包括矿石的开采、选矿、冶炼和金属加工。由于科学技术的进步和工业的发展，采矿、选矿和金属加工已各自形成独立的学科。狭义的冶金是指矿石或精矿的冶炼，即提取冶金。

从矿石或精矿提取金属（包括金属化合物）的生产过程称为提取冶金。由于这些生产过程伴有化学反应，所以称为化学冶金；它研究火法冶炼、湿法提取或电化学沉积等各种过程的原理、流程、工艺及设备，故又称过程冶金学。习惯上把过程冶金学简称为冶金学。

冶金的方法很多，可归结为以下三种方法：

（1）火法冶金　它是指在高温下矿石或精矿经熔炼与精炼反应及熔化作业，使其中的金属与脉石和杂质分开，获得较纯金属的过程。整个过程一般包括原料准备、熔炼和精炼三个工序。过程所需能源，主要靠燃料燃烧供给，也有依靠过程中的化学反应热来提供的。

（2）湿法冶金　它是在常温（或低于100℃）常压或高温（100～300℃）高压下，用溶剂处理矿石或精矿，使所要提取的金属溶解于溶液中，而其他杂质不溶解，然后再从溶液中将金属提取和分离出来的过程。由于绝大部分溶剂为水溶液，故也称水法冶金。该方法主要包括浸出、分离、富集和提取等工序。

（3）电冶金　它是利用电能提取和精炼金属的方法。按电能利用形式可分为两类：

① 电热冶金：利用电能转变成热能，在高温下提炼金属，本质上与火法冶金相同。

② 电化学冶金：用电化学反应使金属从含金属的盐类的水溶液或熔体中析出。前者称为水溶液电解，如铜的电解精炼和锌的电解沉积可归入湿法冶金；后者称为熔盐电解，如电解铝可列入火法冶金。

采用哪种方法提取金属，按怎样的顺序进行，在很大程度上取决于金属及其化合物的性质、所用的原料以及要求的产品。冶金方法基本上是火法和湿法。钢铁冶金主要用火法，而有色金属冶金则火法和湿法兼有。

冶金方法的采用，正面临着能源的节省、环境保护、矿物资源日趋贫乏和资源综合利用等紧迫问题。在一定程度上它们支配着冶炼厂的生产、设计、建厂和冶金技术的发展。节约能源依靠新技术和新方法，尤其是要改革电炉熔炼和有色金属电解生产过程的现有工艺，降低电耗。湿法冶金和无污染火法冶金能较好地满足日趋严格的环保要求，具有很大的发展前景。为了维持工业增长的需要，必须采取措施处理贫矿，一方面提高选矿技术，同时研究更有效的冶炼方法。矿物原料，尤其是多金属矿物原料的综合利用，是提取冶金降低生产成本，提高经济效益的关键问题。近年来，有色金属提取冶金企业正在努力实现多产品经营，并把金属生产和材料加工结合起来，提高冶金产品销售的附加值，借以降低主金属的冶炼成本。

从废金属和含金属的废料中回收金属对于扩大金属资源，降低金属生产能耗，减少环境污染有极其重要的意义和经济效益。常把金属废料称为二次原料以区别于矿物原料；把产出的金属产品称为再生金属以区别于矿产金属。近年来，再生金属的产量在有色金属的消费量中已占有很高的比例，例如，铜、铝、铅、锌等再生金属产量已占其金属总消费量的 30%～50%。同样，钢铁是与环境相对友好的材料，炼铁炉渣、炉尘也可收集二次利用，制造水泥和其他建筑材料，有些公司的炉渣、炉尘的利用率可达 90%；废钢可回收用于炼钢，世界钢产量中 45%是由废钢生产的，钢铁再生量占整个回收金属的 91%。再生金属工业已成为冶金工业的重要部分。

冶金和其他学科领域一样，涉及的范围很广，它与化学、物理化学、热工、化工、机械、仪表、计算机等有极其密切的关系。冶金学不断地吸收上述基础学科和相关学科的新成就，指导着生产技术向广度和深度发展，而冶金生产工艺的发展又会对冶金学的充实、更新和发展提供不尽的源泉和推动力。

0.2 冶金工艺流程和冶金过程

黑色金属矿石的冶炼，一般情况，矿石的成分比较单一，通常采用火法冶金的方法进行处理，即使有的矿石较为复杂，通过火法冶金之后，也能促使其伴生的有价金属进入渣中，再进行处理，如高炉冶炼用钒钛磁铁矿就是属于这种类型。有色金属矿石的冶炼，由于其矿石或精矿的矿物成分极其复杂，含有多种金属矿物，不仅要提取或提纯某种金属，还要考虑综合回收各种有价金属，以充分利用矿物资源和降低生产费用。因此，其冶金过程要用两种或两种以上的方法才能完成。

由矿石或精矿提取和提纯金属不是一步可以完成的，需要分为若干个阶段才能实现，但各个阶段的冶炼方法和使用的设备都不尽相同。各阶段过程间的联系及其所获得的产品(包括中间产物)间流动线路图就称为某一种金属的冶炼工艺流程图，例如钢铁冶金和镍钴铜提取的工艺流程简图(图 0-1、图 0-2)。根据表示不同的内容，工艺流程图可分为设备连接图、原则流程图和数质量流程图。设备连接图是表示冶炼厂主要设备之间联系的图；原则

流程图是表示各阶段作业间联系为主的图;数质量流程图则是表示各阶段作业所获产物的数量和质量情况的图。

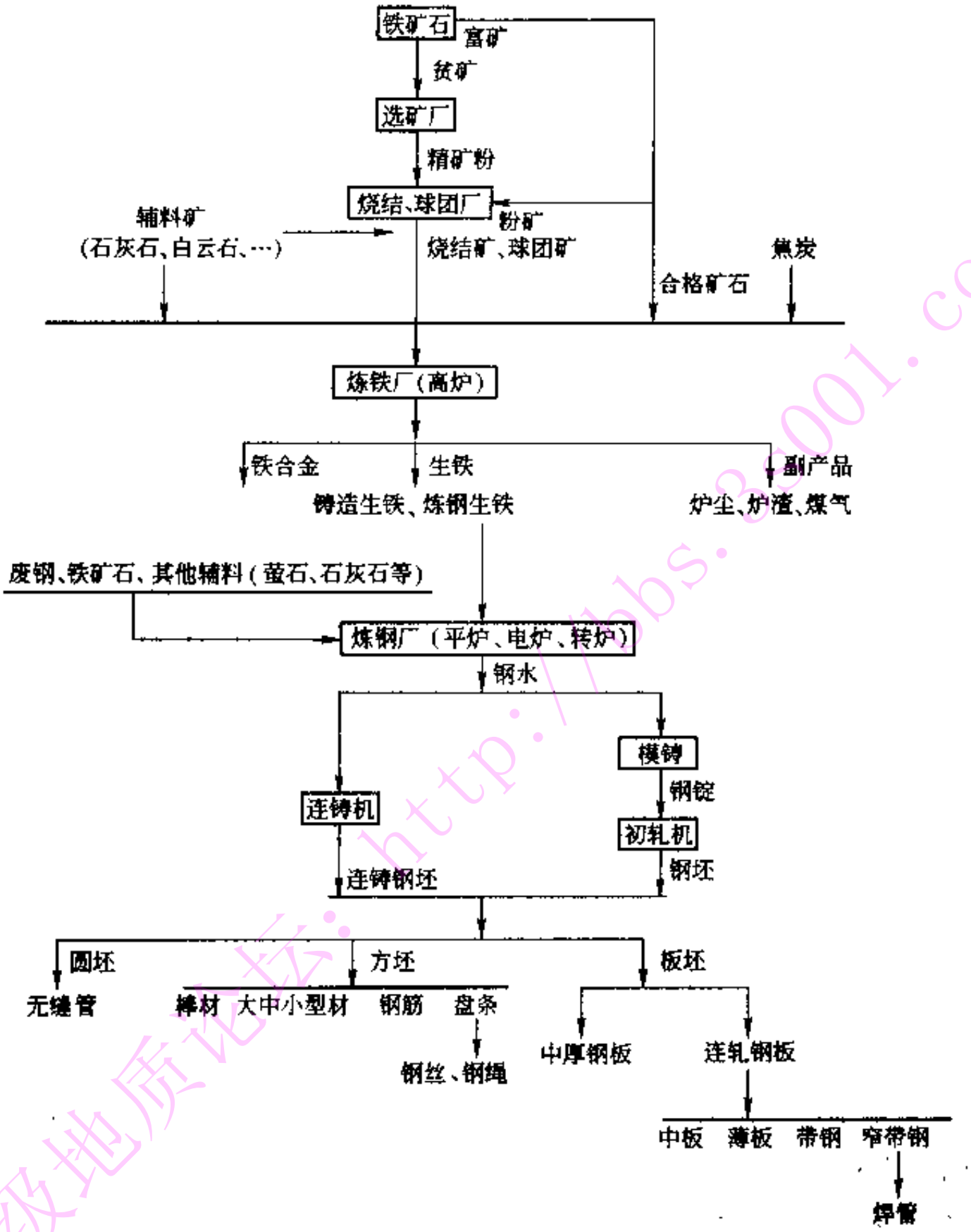


图 0-1　钢铁工业生产流程简图

从钢铁冶金和镍钴铜提取的工艺流程图可知,一种金属的冶炼工艺流程包括多个冶炼阶段,而每一个冶炼阶段可能是火法、湿法或电化学冶金的方法。所以,通常把每一个冶炼阶段称为冶金过程。如高炉炼铁是一火法冶金过程,锌焙砂浸出是一湿法冶金过程,而净化液电积则为电化学冶金过程。

冶金工艺过程包括许多单元操作和单元过程:

(1) 焙烧:是指将矿石或精矿置于适当的气氛下,加热至低于它们的熔点温度,发生氧化、还原或其他化学变化的过程。其目的是改变原料中提取对象的化学组成,满足熔炼或浸出的要求。焙烧过程按控制气氛的不同,可分为氧化焙烧、还原焙烧、硫酸化焙烧和氯化焙烧等。

顶级地质论坛: http://bbs.3001.com/

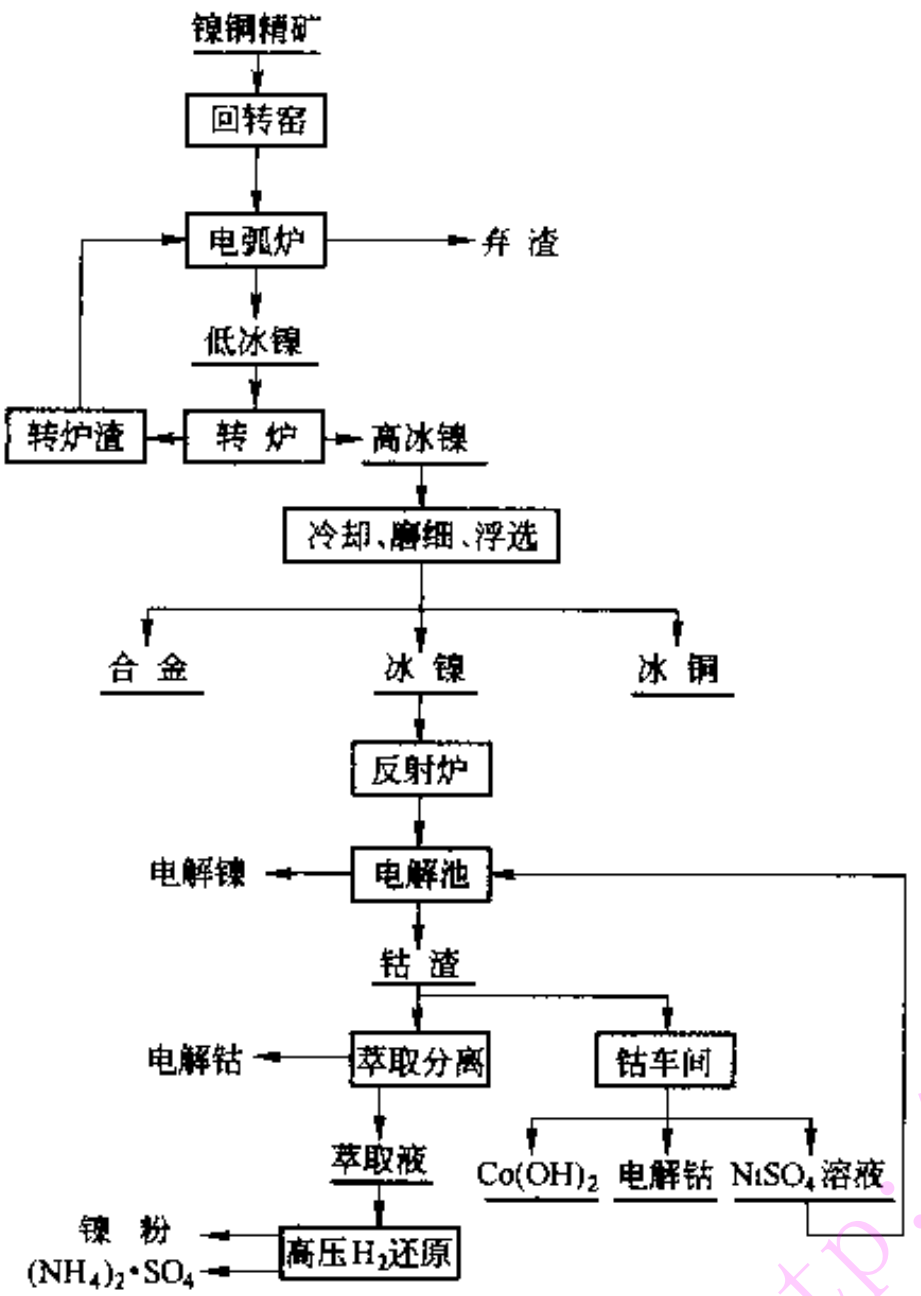


图 0-2　镍钴铜提取流程简图

(2) 煅烧：是指将碳酸盐或氢氧化物的矿物原料在空气中加热分解，除去二氧化碳或水分变成氧化物的过程，煅烧也称焙解，如石灰石煅烧成石灰，作为炼钢熔剂；氢氧化铝煅烧成氧化铝，作为电解铝原料。

(3) 烧结和球团：将粉矿或精矿经加热焙烧，固结成多孔状或球状的物料，以适应下一工序熔炼的要求。例如，烧结是铁矿粉造块的主要方法；烧结焙烧是处理铅锌硫化精矿使其脱硫并结块的鼓风炉熔炼前的原料准备过程。

(4) 熔炼：是指将处理好的矿石、精矿或其他原料，在高温下通过氧化还原反应，使矿物原料中金属组分与脉石和杂质分离为两个液相层即金属(或金属锍)液和熔渣的过程，它也叫冶炼。熔炼按作业条件可分为还原熔炼、造锍熔炼和氧化吹炼等。

(5) 火法精炼：在高温下进一步处理熔炼、吹炼所得含有少量杂质的粗金属，以提高其纯度。如高炉熔炼铁矿石得到生铁，再经氧气顶吹转炉氧化精炼成钢；火法炼锌得到粗锌，再经蒸馏精炼成纯锌。火法精炼的种类很多，如氧化精炼、硫化精炼、氯化精炼、熔析精炼、碱性精炼、区域精炼、真空冶金、蒸馏等。

(6) 浸出：用适当的浸出剂(如酸、碱、盐等水溶液)选择性地与矿石、精矿、焙砂等矿物原料中金属组分发生化学作用，并使之溶解而与其他不溶组分初步分离的过程。目前，世界上大约 15%的铜、80%以上的锌、几乎全部的铝、钨、钼，都是通过浸出而与矿物原料中的其他组分得到初步分离的。浸出又称浸取、溶出、湿法分解，如在重金属冶金中常称浸出、浸取等，在轻金属冶金中常称溶出，而在稀有金属冶金中常常将矿物原料的浸出称为湿法分解。

(7) 液固分离：该过程是将矿物原料经过酸、碱等溶液处理后的残渣与浸出液组成的悬浮液分离成液相与固相的湿法冶金单元过程。在该过程的固液之间一般很少再有化学反应发生，主要是用物理方法和机械方法进行分离，如重力沉降、离心分离、过滤等。

(8) 溶液净化：将矿物原料中与欲提取的金属一道溶解进入浸出液的杂质金属除去的湿法冶金单元过程。净液的目的是使杂质不至于危害下一工序对主金属的提取。其方法多种多样，主要有结晶、蒸馏、沉淀、置换、溶剂萃取、离子交换、电渗析和膜分离等。

(9) 水溶液电解：利用电能转化的化学能使溶液中的金属离子还原为金属而析出，或使粗金属阳极经由溶液精炼沉积于阴极。前者从浸出净化液中提取金属，故又称电解提取或电解沉积(简称电积)，也称不溶阳极电解，如铜电积、锌电积；后者以粗金属为原料进行精

炼，常称电解精炼或可溶阳极电解，如粗铜、粗铅的电解精炼。

(10) 熔盐电解：即利用电热维持熔盐所要求的高温，又利用直流电转换的化学能自熔盐中还原金属，如铝、镁、钠、钽、铌的熔盐电解生产。

在考虑某种金属的冶炼工艺流程及确定冶金单元过程时，应注意分析原料条件(包括化学组成、颗粒大小、脉石和有害杂质等)、冶炼原理、冶炼设备、冶炼技术条件、产品质量和技术经济指标等。另外，还应考虑水电供应、交通运输等辅助条件。其总的要求(或原则)是过程越少越好，工艺流程越短越好。

由于冶金原料成分的复杂性，使用的冶金设备也是多种多样的，如火法冶金中的高炉、烧结机、沸腾炉、闪速炉、转炉、回转窑、反射炉、鼓风炉、电炉、炉外精炼设备等。湿法冶金中有各种形式的电解槽和各种反应器。除此以外，还有收尘设备、液固分离设备。这些设备的使用选择，同样决定着冶金过程的效果，甚至冶金是否能取得成功的关键。

需要提及的是，冶炼金属的工艺流程，除了提取提纯金属以外，还要同时回收伴生有价金属，重视三废(废气、废渣、废液)治理和综合利用等方面的问题。因此，完整的工艺流程是很复杂的，所包含的冶金过程也是很多的。

0.3 冶金工业在国民经济中的地位和作用

冶金工业包括黑色金属和有色金属两个工业门类，是整个原材料工业体系中的重要组成部分，它与能源工业和交通运输业一样，是构成国民经济的基础产业。黑色金属工业的钢铁联合企业系指具备从采矿、炼焦、炼铁、炼钢到成品钢材全部生产过程的企业。有色金属工业门类较多，包括铜、铝、铅锌、镍钴、钛镁、钨锡钼、锑、汞、稀有金属冶金厂和半导体材料、有色金属加工、再生有色金属工厂等等。既有原料采选、金属冶炼、加工制造等专业化生产企业，又有大型采选冶联合企业。有色金属工业生产的性质是向国民经济其他部门提供劳动对象，也提供个人消费品。有色金属工业产品的产量、质量、品种对整个国民经济的技术进步有重大影响，诸如机械制造业、电力工业、汽车制造工业、电子工业、航天航空工业、火箭原子能技术、仪器仪表制造工业等部门的技术进步，都与有色金属、高纯有色金属、稀有金属及其化合物、半导体材料等的开发与应用息息相关。

有色金属又有轻、重之分：轻有色金属一般指比重在 4.5t/m^3 以下的有色金属，其中有铝、镁、钠、钾等，钛也列为轻有色金属；重有色金属一般指比重在 4.5t/m^3 以上的有色金属，其中有铜、铅、锌、钴、汞、镉、铋等(镍、锡、锑、稀有金属单列)；常用有色金属一般指铜、铅、锌、铝、镍、锑、锡、汞、镁、钛等 10 种金属。

材料是人类社会发展的物质基础和先导，没有金属材料便没有人类的物质文明。国民经济各个部门都离不开金属材料。目前，尽管陶瓷材料、高分子材料和复合材料发展很快，但是金属材料在今后很长时间内仍将是占主导地位的。由于铁在地壳中占 5%，分布比较集中，适合大量开采和大规模冶炼加工，故在所有金属产品中属于成本低、储量大、用途广和可再生利用的金属产品。人类开采并利用铁的历史可以追溯到 3000 多年以前，以铁为主要元素可以生产出各种用途和性能的铜铁产品。这些钢铁产品为人类生活提供了极大的物质财富。钢铁产品作为国民经济重要的基础原材料，是当今世界各国追求工业文明和提高经济实力的重要标志之一。

钢铁是用途最广泛的金属材料。人类使用的金属中，铁钢占 90% 以上。人们生活离不

开钢铁，人们从事生产或其他活动所用的工具和设施也都要使用钢铁。钢铁产量往往是衡量一个国家工业化水平和生产能力的重要标志，钢铁的质量和品种对国民经济的其他工业部门产品的质量，都有着极大的影响。

20 世纪 70～80 年代，受当时国际经济形势的影响，钢铁产品市场一方面趋于饱和，另一方面又面临新型替代材料的冲击，西方一些发达国家的钢铁工业曾一度处于不景气的状态，有些国家的钢铁业甚至出现了萎缩，故产生了“钢铁工业是夕阳工业”之说。然而，世界经济发展到今天的水平，钢铁作为最重要的基础材料之一的地位依然未受到根本性影响，面且，在可预见的范围内，这个地位也不会因世界新技术和新材料的进步而削弱。纵观世界主要发达国家的经济发展史，不难看出钢铁材料工业的发展在美国、前苏联、日本、英国、德国、法国等国家的经济发展中都起到了决定性的作用。亚洲“四小龙”中的韩国和中国台湾省，对钢铁工业发展也给予高度的重视，这些国家和地区钢铁工业的迅速发展和壮大对于推动其汽车、造船、机械、电器等工业的发展和经济腾飞都发挥了至关重要的作用。美国钢铁工业曾在 70～80 年代遭受来自以日本为主的国外进口材料的冲击而受到重创，钢铁产品生产能力急剧下降，但经过十几年的改造和重建，终于在 90 年代中期又恢复到 1 亿 t 的钢铁生产规模，为维持其世界强国地位继续发挥着重要的作用。

中国钢铁工业发展主要经历两个阶段：第一个阶段是 1949～1978 年，经过 30 年间的艰苦创业，钢产量增加到 3178 万 t，年均增加 108 万 t；第二个阶段是 1978 年至 90 年代中期，在改革开放政策的推动下，这个时期的我国钢铁材料工业进入了持续、快速的发展阶段，取得了举世瞩目的辉煌成就，其主要的标志就是 1995 年我国生铁产量超过 1 亿 t。1996 年我国钢产量首次突破 1 亿 t 以来，连续 6 年一直位居世界产钢国的第一位。尽管如此，中国 1996 年的人均产钢量仅为 82.7kg，人均产钢材量仅为 76.3kg，仍大大低于世界平均水平（1994 年世界人均产钢 130kg）。

世界有色金属的产量虽然只占钢产量的 7% 左右（我国目前只占 4.8%），但由于有色金属具有许多特殊的优良性能，例如它们分别具有导电、导热性好，密度小，化学性能稳定，耐热、耐酸碱和耐腐蚀，工艺性能好等特点，是电气、机械、化工、电子、通讯、轻工、仪表、航天等工业部门不可缺少的材料，也是其他材料所不能代替得了的材料。

当今国际社会公认，能源技术、信息技术和材料技术是人类现代文明的三大支柱。占元素周期表中约 70% 的有色金属及其相关元素是当今高科技发展必不可少的新材料的重要组成部分。飞机、导弹、火箭、卫星、核潜艇等尖端武器以及原子能、电视、通讯、雷达、电子计算机等尖端技术所需的构件或部件大都是由有色金属中的轻金属和稀有金属制成的。此外，没有镍、钴、钨、钼、钒、铌、稀土元素等有色金属也就没有合金钢的生产发展。有色重金属和轻金属在某些用途（如电力工业等）上使用量也是相当可观的。科技发展需要有色金属，经济发展也需要有色金属，有色金属科技的发展又离不开人类科技和经济的发展，两者相互促进。

我国发展有色金属工业具有潜在的资源优势。我国的矿产资源潜在总值仅次于独联体和美国而居世界第 3 位，是世界上矿产资源总量丰富、储量可观、品种较齐全、资源配套程度较高的少数国家之一，其中钨、锑、锡、钽、锂、铍、镁、稀土金属的储量占世界首位。

新中国成立以来，我国有色金属工业得到了持续发展，有色金属总产量从 1949 年的 1.33 万 t 增加到 1996 年的 523.10 万 t，居世界第 2 位，仅次于美国。我国有色金属产量位

列世界第一的有锌、锑、钨、锡、稀土，列第二位的有铅、镁、铝，列第三位的有汞、铋，列第四位的有铜、铝、钛、镉，另外镍列第7位，银列第8位。我国已稳居世界有色金属生产大国的行列之中。有色金属工业为国民经济创造了巨大财富，1996年我国有色金属工业总产值达736.18亿元，成为国家的优势产业。钨、锑、铅、锌、锡等有色金属是我国重要的出口产品，每年为国家换回大量的外汇。

今后，发展我国有色金属工业的目标是充分利用有色金属资源，依靠科学技术进步，高效率，低成本，节能降耗，减少污染，提高综合利用水平，生产品种齐、纯度高、质量优的更多有色金属及其材料，以满足国民经济增长的需要，把我国从有色金属大国变成有色金属的强国。

学习思考题

1. 试指出冶金工业与钢铁工业的区别与联系。
2. 冶金工业是“夕阳工业”吗，为什么？
3. 火法、湿法、电化学法三种冶金方法包括哪些基本冶金过程？这些冶金单元过程在提取冶金工艺中各起什么作用？
4. 发展我国有色金属工业的资源优势何在？我国有色金属工业目前在世界上处于什么样的地位？

顶级地质论坛：http://bbs.5s001.com/

1 冶金工厂设计概述

设计是一个古老的行业。自从人类最早制造工具、修建遮蔽风雨的洞穴和泥土屋开始，就有了某种意义的设计。工程世界的发展，无非包括量变和质变两个方面。生产主要增加产品数量，而产品本身的更新换代、研制新产品等质变飞跃，则依靠工程设计来实现。因此从根本的意义上说，设计是一种创造性劳动，它是设计师（工程师）所从事的工作中最有新意、最能使人感到满足的工作之一。当一项设计任务提出时，设计是并不存在的。设计师从接受之时开始，就要根据设计要求构思各种可能的方案，经过反复推敲、比较，选择其中最佳者。

设计工作是工程建设的关键环节，是整个工程建设的灵魂，是把科学技术转化为生产力的纽带，没有现代化的设计，就没有现代化的建设。在建设项目确定之前，它为项目决策提供科学依据；在建设项目确定之后，它又为工程建设提供设计文件。做好设计工作，对加快工程项目的建设速度，节约建设投资，保证项目投产取得好的经济效益、社会效益和环境效益都起着决定性的作用。

冶金工厂设计，是将一个系统（例如一个冶金工厂、一个生产车间或一套装置等）按照其工艺技术要求，经工程技术人员的创造，将其全部描绘成图纸、表格及必要的文字说明的过程，也就是用文件化的语言（工程语言）将工艺技术转化为图纸的全过程。

生产装置是由各种单元设备以系统的、合理的方式组合起来的整体。它根据现有的原料和公用工程条件，通过最经济和安全的途径，生产符合一定质量要求的产品。生产装置设计必须同时满足下列要求。

（1）产品的数量和质量指标。

（2）经济性：除了在个别情况下建设生产装置是从产品的社会效益出发外，其余的装置不仅应该有利润，而且其技术经济指标应该有竞争性，即要求最经济地使用资金、原材料、公用工程和人力。要达到这个目标，必须进行流程优化和参数优化的工作。

（3）安全：工业生产中大量物质是易燃、易爆或有毒性的。因此，设计必须充分考虑各种明显的和潜在的危险，保证生产人员的健康和安全。

（4）符合国家和各级地方政府制订的环境保护法规，对排放的废气、废水、废渣进行处理。

（5）整个系统必须可操作和可控制：可操作是指设计不仅能满足常规操作的要求，而且也能满足开、停车等非常规操作的要求，可控制是指能抑制外部扰动的影响，系统能适应和稳定。

由此可见，设计是一个多目标的优化问题，不同于常规的数学问题，不是只有惟一正确的答案，设计师在做出选择和判断时要考虑各种经常是相互矛盾的因素，即技术、经济和环境保护等的要求。在允许的时间范围内选择一个兼顾各方面要求的方案，这种选择或决策贯穿了整个设计过程。

1.1 冶金工厂建设程序

冶金工厂建设特指冶金工厂的建造。这不仅包括工厂所在地的施工和安装工作，还包括要建造一座冶金工厂得到产品全过程的工作组合。

1.1.1 建设程序

冶金工厂建设程序是指冶金工厂建设所包括的一系列的工作。这些工作按照规定的时间和空间排列形成一定的过程，称为冶金工厂建设程序，或者称工作程序。

1.1.1.1 建设程序的特定性

冶金工业是国民经济发展中的重要支柱产业，它涉及国家自然资源和冶金原料的合理利用，以及冶金产品在工业、农业、国防建设、环境保护等领域的供需平衡和优化配置。另一方面，冶金工厂的建设是一个较为复杂的过程，与国家或地方的许多部门、行业、单位有着紧密的联系，必须经过一个特定的程序才能建设成一个冶金工厂。

经过不断实践和总结，我国已经建立了一套比较完整、符合客观实际、系统性较强的建设程序。

1.1.1.2 建设程序

由于冶金工厂的原料、产品(以及它的规格)、规模、所在地不同，项目(冶金工厂未建成之前，往往称它为项目或工程)来源、背景、建设资金等因素的差异，都会使它的建设程序产生部分变动。

下面是适合于大中型冶金工厂，国家投资或贷款，符合现实，比较典型的建设程序：

项目建议书→批准立项→厂址选择→可行性研究→批准→总体设计→询价与报价→基础设计(初步设计)→批准→工程设计及设备材料采购→土建施工→设备管道安装→机械完工→单机试车→联运试车→原料试车(冶金投料)→试生产→工厂考核→工厂验收交付使用。

1.1.1.3 建设程序的动态变化

随着整个社会经济的发展，由计划经济向市场经济转变，资金结构和投资主体的变化，工程项目的规模大小不同，业主对设计、建设进度、周期要求各异等，建设程序将根据客观的需要而出现动态变化，具有一定的可变性。

1.1.2 建设中的执行者

1.1.2.1 主要执行者

建设过程中各项工作的主要执行者有以下单位或部门：

(1) 政府及有关部门

国务院、计委、经贸委、建设部、金融、环保、消防、交通、国土、供电、供水等部门。

(2) 建设单位(业主)

工厂(企业)法人及法人机构、建设指挥部，以及下属的各种组织。

(3) 咨询单位

经政府有关部门批准或经认定具有相应咨询资格、资质等级的企业。

(4) 设计单位

经政府有关部门批准或经认定具有相应资质等级的一个或多个设计院(所)、设计研究院(所)或其他设计机构。

(5) 施工单位

具有冶金工厂施工安装资质等级，拥有一定数量的专业技术人员和工人，备有必要的施工机具和设备的一个或多个化建公司、建安公司、安装队、施工队。

(6) 开车单位

从一个或一个以上具有同类冶金工艺流程和产品的生产厂聘请的专业技术人员和工人组成的临时机构。

(7) 工程总承包单位

能够履行建设单位、设计单位、施工单位、开车单位相应职责，对建设全过程实施全面管理的公司或企业，一般称工程公司。

工程设计建设的前期工作，一般由具有相应资质等级的咨询单位或设计单位或工程公司承担。咨询单位不能承担设计、施工、安装等工作。

1.1.2.2 设计单位与工程公司的主要区别

工程公司与设计院由于工作性质不同，主要差别有：

(1) 工程公司可以履行设计单位的全部职能，而设计单位只能履行工程公司的部分职能。

(2) 工程公司除完成工程咨询和设计工作外，还可以承担设备材料采购、施工安装管理和试车开车管理，而多数设计单位很难完成后面这部分工作。

(3) 工程公司一旦承接一个冶金工厂的建设，它可以代表建设单位全部(权)管理和执行建设程序，协调整个建设过程，对质量、工期、费用进行三大控制，最后将工厂的“钥匙”交给建设单位，而设计单位是无法做到的。

(4) 工程公司在建设中所起的作用，确定了它将与建设单位、施工单位、开车单位，甚至政府有关部门发生接口关系，而设计单位一般仅与建设单位发生关系；由于工程公司在建设过程中所起的作用、职能、工作范围等方面与设计单位不同，企业自身的管理体制、经营模式、专业设置等方面也有所不同。

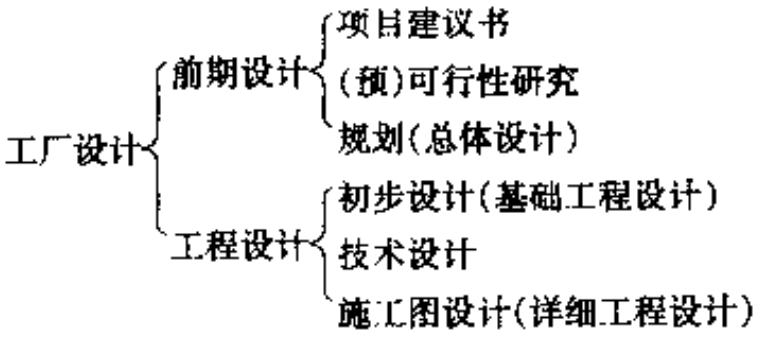
1.2 冶金工厂设计的基本知识

1.2.1 基本概念

将一种或多种冶金原料经过一个特定的过程得到另一种或多种冶金原料(或产品)，这个特定的过程称为工艺过程。

工艺过程中所包括的冶金或物理反应、反应的空间(冶金炉、设备、管线)和反应的控制等方面的技术称为工艺技术。

设计阶段是指按照建设程序的需要，将设计过程按时间顺序分为几个阶段，它们的划分及关系如下：



各个设计阶段完成工作的内容不同，所产生设计成品的内容及使用对象也不同，必然要通过不同的过程和手段才能完成，这就是所谓设计程序和方法，设计工作程序框图见图 1-1。

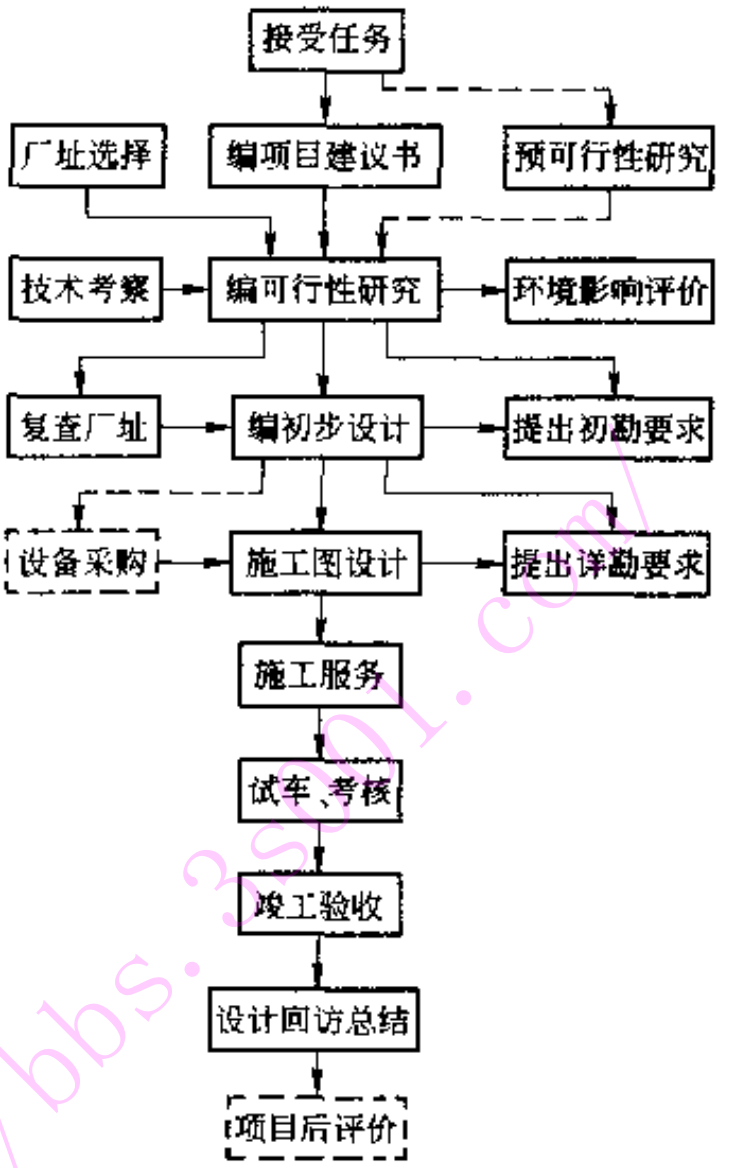


图 1-1　设计工作基本程序示意图

专业设置是指工厂设计涉及许多专门的学科，如：冶金工程、冶金机械、工程力学、自动化控制、动力工程、土木建筑、工程材料、总图规划、工程概预算、环境保护、安全卫生等等，设计单位根据工厂设计的需要将这些学科重新划分，设立为各个不同的专业。

接口与条件关系：两个不同专业衔接处（界面）称为接口；界面之间的信息（设计条件）传递称为条件关系。

1.2.2　设计单位的专业设置

1.2.2.1　专业设置

专业设置可分为主导专业和辅助专业两大类。

主导专业有：冶炼工艺（含炼铁、炼钢、铁合金、重金属、轻金属、稀有金属、贵金属、稀土等），烧结球团，贮运，压力加工，工业炉等专业。

辅助专业有●：设备、土建、电力、电讯、自动化仪表、给排水、总图运输、燃气、热力、环境保护、采暖通风、机修、检（化）验、安全和工业卫生等专业。

除主导专业之外，设计单位为向建设单位提供冶金工厂建设全过程的服务，另外还设有技术经济、工程经济等专业。

1.2.2.2　主体专业和公用工程专业的职责

（1）冶炼工艺　冶炼工艺是冶金工厂设计的龙头专业，负责冶金工厂工艺流程的选择和确定，同时进行冶金工厂的能量衡算、物料衡算和定型设备的选型及非标准设备的工艺计算。完成工艺平、断面配置图，冶金炉砌砖图，设备（含阀门）安装图，工艺非标准设备制造图，设备订货表，工艺说明书等设计成品。

（2）烧结球团　根据粉矿或精矿（如铁矿或含铁炉尘、锰矿、铬矿、铅锌矿），其他粉状冶金物料和还原剂；以及在冶炼各种合金时需要添加的各种有色金属和高纯稀有金属的性质，确定烧结、球团或压块工艺流程；负责物料衡算和定型设备的选型及非标设备的工艺计算；完成工艺流程图，工艺平、断面系统总图，设备连接图，设备安装图，设备订货表，各车间配置图，工艺说明书等设计成品。

（3）贮运　贮运或机械化运输专业负责原料准备厂（一般简称原料厂或原料车间）的贮矿场或料场、贮矿槽、破碎筛分、混匀、带式输送机系统、各种仓库等设施的设计。完成工艺流程图，工艺平、断面系统总图，设备连接图，设备安装图，设备订货表，各车间配置图，工艺

● 有的设计院还设有地质专业，负责水文地质和工程地质设计。

说明书等设计成品。

(4) 压力加工　压力加工就是把符合要求的铝合金锭、铜合金锭、钢锭或连铸坯按照规定的尺寸和形状加工成铝型材、铜材、钢材。压力加工专业负责确定工艺流程,定型设备的选型及非标设备的工艺计算。完成工艺平、断面配置图,设备安装图,设备订货表,工艺说明书等设计成品。

(5) 工业炉　工业炉专业负责对加热炉、燃烧炉炉型,燃料,装出料方式及标准设备和非标准设备进行选择确定;进行燃料燃烧计算和热平衡计算。完成车间平、断面配置图,炉体总图,设备订货表。

(6) 设备　设备专业根据主体专业的设计委托任务,进行非标准设备(主要是传动设备)的设计计算,尤其是设计单位拥有专利技术的设备设计。非标设备通常指冶金炉、机械传动类等设备。完成设备制造版图,地脚螺栓一览表,非标设备防腐要求。

(7) 土建　土建专业在总图和设备布置的基础上,根据当地气象、地质等自然条件,负责冶金工厂厂房、框架结构、操作平台、特殊结构、各类设备基础、钢结构、壳体、大直径管道的设计。并根据工艺物料的性质,对建构筑物的防腐进行设计,以及厂房的建筑设计。完成建筑施工图,建筑、结构设计说明,桩位布置图,基础布置图,建构筑物施工图,钢结构施工图,外管架结构及基础图。

(8) 电力　根据冶金工厂各个装置和设备的用电条件,电力专业进行电气设备的选择、配置、电力传动和安装设计,以及全厂的照明、防雷电设计,同时亦要负责冶金工厂危险区域的划分。完成电气系统图,设备布置图,电缆敷设图,设备安装图,设备表,危险区划分图,防雷接地系统图,装置动力配线图,照明系统平面图,原理接线图。

(9) 电讯　负责冶金工厂电话、通讯网络、报警系统和工业电缆的工程设计。电讯专业往往可以与自控专业合并,提高工厂综合控制水平。完成电讯系统图,电讯用户表,设备平面布置图,电讯配线图,安装图与接线图。

(10) 自动化仪表　在工艺控制方案的前提下,负责冶金工厂的计量、仪表、自动控制设施的设计。随着冶金工业的自控技术水平的发展,在冶金工厂中对自动控制的要求越来越高,自动控制可以达到的水平也越来越高。一个冶金工厂是否先进,是否现代化,一方面要看工艺的先进性、环保的水平,另一方面还要看自动控制的手段和方法。完成仪表数据表,控制室布置图,仪表盘及操作台布置图,仪表汇总表,回路图,供电及接地系统图,仪表安装图,仪表位置图,供气系统图或供气空视图,仪表安装材料表及电气材料表。

(11) 给排水　根据厂区的自然环境和总图要求,负责进行冶金工厂中的取消工程,净水工程,软水工程,输配水工程,排水工程,污水处理(煤气洗涤、冲渣水、酸碱废水、重金属废水、含油废水等)工程,循环冷却工程,以及消防水的设计。完成厂内外给排水平面布置图及水量平衡图,给排水管道纵断面图或空视图,管道仪表流程图,外部管道平面布置图及空视图,室内给排水管道平面布置图及空视图;给排水设备及综合材料一览表。

(12) 总图运输　根据大区的地形地貌和全年主导风向等因素,进行冶金工厂各个装置及建筑物的布置、规划;在此基础上负责厂区总图管理,铁路、公路交通运输的设计;同时要综合研究全厂外管线走向的合理性和经济性。完成地理及区域位置图,总平面布置图,竖向布置图,土方工程图,厂区道路布置图、路面结构图,管道综合图,围墙及大门施工图,厂区绿化平面图,防、排洪工程图,挡土墙施工图。

(13) 燃气　燃气专业负责煤气洗涤、煤气供应、燃油供应、氧气及氮气供应等设施的设计。完成工艺系统流程图，燃气平衡图，设备布置及安装图，非标准设备制造图，设备及材料表。

(14) 热力　热力专业负责鼓风机站、蒸汽及压缩空气供应、余热锅炉及汽化冷却系统、煤粉制备等设施的设计，进行全厂蒸汽平衡，确定全厂的供汽参数等级，并制定全厂热能综合利用的设计原则和节能措施评述。完成蒸汽、压缩空气平衡图，设备一览表，管道仪表流程图，设备布置及安装图，管道空视图，综合材料表。

(15) 环境保护　根据生产工艺过程的"三废"排放状况，综述各专业环保措施和工艺控制原理、工厂绿化、环境监测、环境保护管理机构及劳动定员、环保和综合利用投资。在可行性研究和初步设计中，完成环境保护篇章说明书的编写、主要环保设施的流程或系统图，施工图阶段一般不参与设计。

(16) 采暖通风　采暖通风专业负责采暖、通风(空调)、除尘、气力输送等设施的设计。完成采暖通风的设备一览表、设备布置图、管道空视图及综合材料表。

(17) 机修　机修专业负责备品、备件的供应和车间机修设施的设计。完成车间配置图，设备安装图，非标准设备制造图，设备材料表。

(18) 检验　检验专业负责试验室、化验室的设计。完成试验室、化验室配置图，非标准设备(化验台、架)制造图，化验设备、药品、试剂一览表。

(19) 安全和工业卫生　安全和工业卫生专业负责综述工艺设备及生产过程中可能发生的事故及应采取的安全技术措施，对生产过程中的尘、毒源、放射性、噪声、振动等危害的预防措施，安全与工业卫生的管理机构及医疗防渗设施，安全与工业卫生的预期效果。在可行性研究和初步设计中，完成安全和工业卫生篇章说明书的编写，施工图阶段一般不参与设计。

(20) 技术经济　技术经济专业负责对工程项目的费用和效益估价。进行产品成本分析，经济效果计算及评价，影响经济效果的因素分析(盈亏分析及敏感性分析)并得出评价结论。在可行性研究和初步设计中，完成技术经济篇章说明书的编写，施工图阶段一般不参与设计。

(21) 工程经济　工程经济专业负责概(预)算，提供设备单价、指标及汇总概(预)算。在可行性研究和初步设计中，完成概(预)算篇章说明书的编写，施工图阶段完成工程的总预算及单项预算的汇总，编制预算书。

当工程中采用计算机控制时，由计算机专业负责硬件的选用和应用软件的编制。

由此可见，设计研究院内部的专业分工是相当细的，优点是能充分利用各专业的特长，有利于提高设计质量；缺点是专业必须配套才能进行设计，而且专业之间的关系比较复杂，设计周期较长。

1.2.3　专业之间的关系

冶金工厂的设计是一个系统工程，设计单位是由各个不同的专业组成的一个有机整体，虽然各专业的分工不同，但相互间都有非常密切的内在联系，而且这种联系在设计过程中至关重要。各专业必须互相协调、合作，才能保证冶金工厂的设计整体往前推进，才能保证工程设计质量。

1.3 前期设计

1.3.1 基本概念

1.3.1.1 前期设计

主要是收集设计基础数据,编制项目建议书、可行性研究报告、厂址选择报告和对外的技术询价书,完成规划(总体)设计。

1.3.1.2 项目建议书

项目建议书是在对项目进行初步调查、预测、分析后,描述工程项目的建设条件、生产规模与产品方案、生产工艺技术、环境保护、投资与效益等大致设想,并用于向政府部门提出的技术报告书。

1.3.1.3 立项

指政府部门对上述项目建议书的初步决策。

1.3.1.4 厂址选择

设计单位协同建设单位和地方部门进行工厂场地踏勘,主要调查当地的水文地质、环境状况、交通运输、社会依托等自然状况。经过多个场地的技术与经济比较,形成报告,供政府部门决策参考。

1.3.1.5 可行性研究

可行性研究就是根据工程项目的要求,在对影响拟建项目的各种因素进行认真的调查研究和深入分析的基础上,提出可能采取的几种建设方案,加以比较、论证,说明其在建设条件上是否具备、技术上是否先进可靠、经济上是否真实合理有利、社会环境上是否符合标准的技术研究报告。

1.3.1.6 项目批准

政府部门对可行性研究报告的批复意见。一个项目如果得到项目批准,就意味着项目进入工程设计阶段,设计单位就可组织人员进行工程的初步设计。

1.3.2 项目建议书

1.3.2.1 项目建议书的作用

项目建议书作为基本建设程序最初阶段的工作,是对建设项目的轮廓设想和立项的先导,是为建设项目取得建设资格而提出的建议,并且作为开展可行性研究的依据。它用于上报政府部门,使之对工程项目作出初步决策。

1.3.2.2 项目建议书的要点

项目建议书是由法人单位根据国民经济和社会发展长远规划,国家的产业政策,行业、地区发展规划,以及国家的有关投资建设法规、规定编制的。初步分析建设项目的必要性,包括生产规模、产品方案、技术路线、厂址条件、投资估算和资金筹措以及经济效益初步分析。对项目进行建议综述和预评价。

1.3.2.3 项目建议书的编制程序及基本内容

(1) 项目建议书的编制程序见图 1-2。

(2) 项目建议书的基本内容:

1) 从国家、地区、部门角度论述建设项目的目的和意义,在资源利用、区域布点、经济发展,特别在市场需求方面以及人民生活改善、企业改造等方面的必要性、迫切性。

2) 从原燃料供应、生产技术、总图运输、公用工程、当地协作条件、资金筹措等方面，综合阐述建设的可能性与有利条件。

3) 当需要引进国外技术和设备时，说明该项技术的国内外概况和差距，以及引进的理由和方式。

4) 主要的技术经济指标——生产规模、原料、燃料及动力消耗、三废排放量、运输量、定员、占地、总投资、总产值、产品工厂成本、投资回收期、贷款偿还年限、投资利税率、年利税总额、年销售收入。

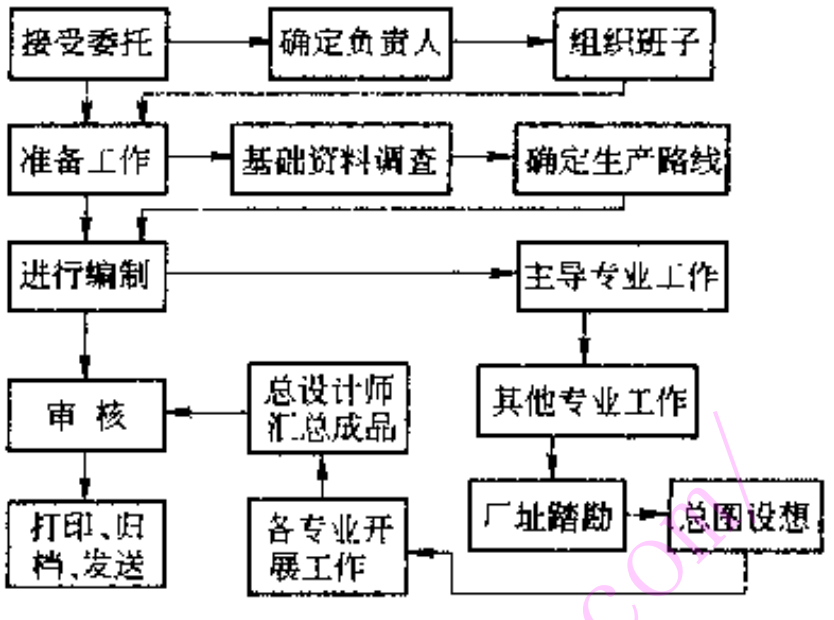


图 1-2 项目建议书编制程序示意图

5) 叙述国内外主要国家或地区近期和远期对产品的需求量，国内同类产品近几年的生产能力和产品进口情况估计，综合说明本项目产品的销路预计情况和竞争能力。

6) 原材料的供应情况，厂址概况，主要技术方案，生产路线、供排水、供电、供热、环境保护，项目的进度安排、进度安排的原则(依据)、工程建设进度安排，经济分析和效益，投资估算、资金筹措、投资计划、财务效益、社会效益、项目建议综述和预评价。

(3) 项目建议书的章节格式和内容见附录。根据工程项目大小，有的内容可适当简化，但重点应放在：

1) 项目提出的背景；

2) 市场调查，正确地确定工厂的产品方案、生产规模；

3) 选择先进可靠、符合国家产业政策的生产工艺技术。

1.3.3 可行性研究

政府部门对项目建议书批复意见之后(即立项)，设计单位即可进行可行性研究并编制可行性研究报告。

可行性报告有鉴别投资方向的机会可行性研究、初步选择项目的预可行性(初步可行性)研究和拟定项目是否成立的技术经济可行性研究(一般所称的可行性研究)，这三种研究的精确度，反映在经济上的结论分别为±30%、±20%、±10%。对于工程项目，通常要在项目建议书编制之前进行预可行性研究，设计单位通常是在得到项目建议书的批复之后(即项目立项)，才进行可行性研究。可行性研究报告要对市场预测、工厂厂址、工厂规模和工艺技术方案进行比较，说明公用工程的配置方案，提出“三废”治理的措施，并在上述基础上做出工厂组织、劳动定员、建设工期、实施进度、投资估算、资金筹措、成本效益分析及项目评价，从而得出拟建工程是否应该建设以及如何建设的基本认识。

1.3.3.1 可行性研究的作用

可行性研究既充分研究建设条件，提出建设的可能性，同时又进行经济分析评价，提出建设的合理方案，是建设项目建设前期非常重要的工作。它既是项目的起点，又是以后各阶段工作的基础。它的作用在于：

(1) 可作为政府部门和业主对工程项目批准的最终决策和保证投入的资金能发挥最大效益所提供的科学依据。

(2) 是进行初步设计、向银行或金融部门申请贷款、业主与有关部门签订合作协议的依据。

(3) 是技术开发、设备引进、安排科学研究、国家或地区编制长远规划的重要参考资料。

1.3.3.2 可行性研究报告的编制程序和基本内容

(1) 可行性研究报告的编制程序见图 1-3。

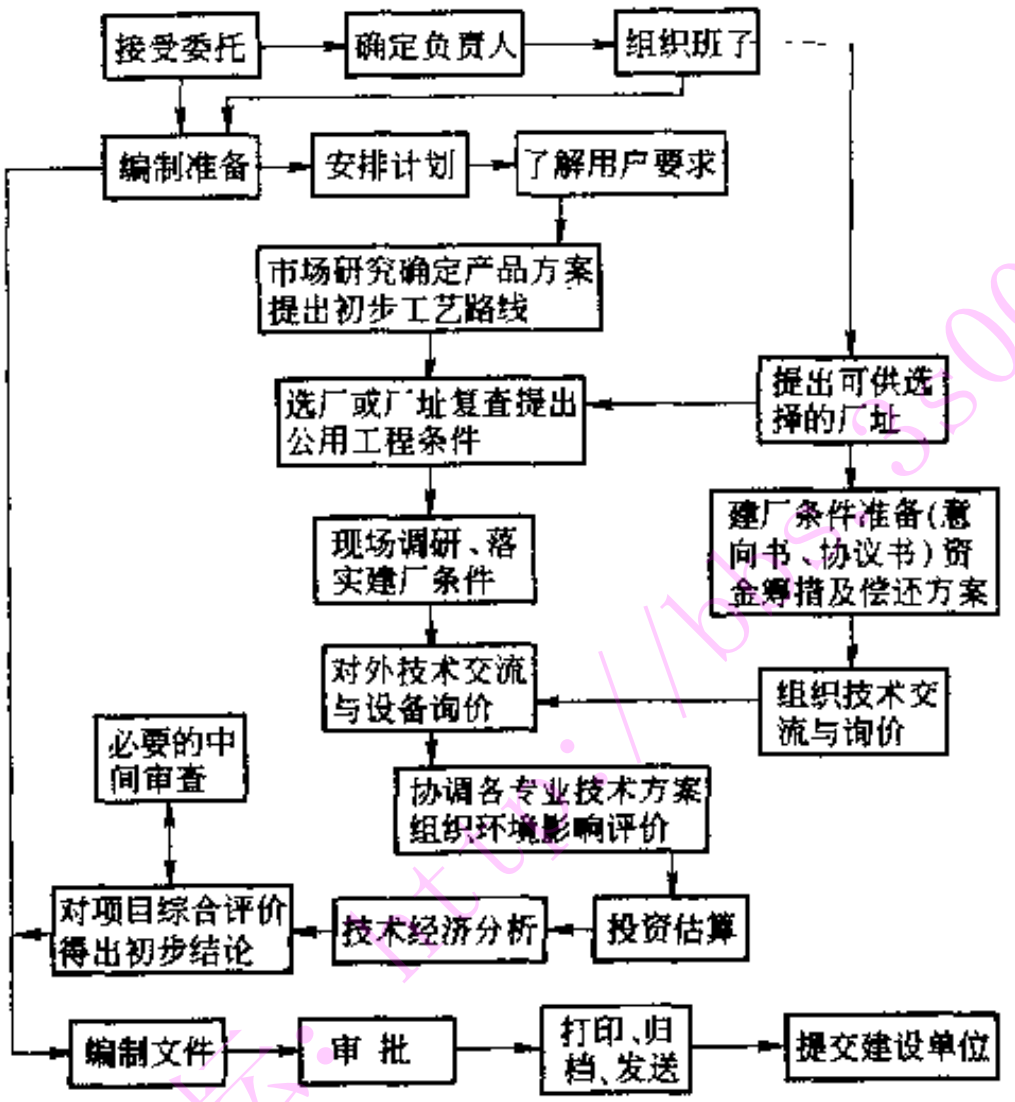


图 1-3 可行性研究编制程序示意图

(2) 可行性研究报告的基本要求:

根据国民经济发展的长远规划和地区发展规划、行业发展规划的要求,结合自然和资源条件,对建设项目在技术、工程和经济上的先进性和合理性进行全面分析论证。通过多方案比较,提出评价意见。

1) 是否符合国家的建设方针和投资优先方向;

2) 能否与现有企业的生产技术协调配合;

3) 产品是否适应市场需求,有足够的销售市场;

4) 能否得到足够的投入物;

5) 引进设备的水平,国内配套设备和操作技术水平能否与之相适应;

6) 设计方案和投资计划是否合理;

7) 贷款能否按期偿还;

8) 财务收益率和经济效益率是否高于规定折现率;

9) 项目有无较大的风险;

10) 多方案比较时是否属于最佳方案。

(3) 可行性研究的章节格式和内容见附录❶。由于建设的基础各种各样,建设的要求和条件也不尽相同,因而可行性研究的具体内容也就各不相同,但重点应放在:

1) 市场调查,正确地确定工厂的产品方案、生产规模;

2) 选择先进可靠、符合国家产业政策的生产工艺方案;

3) 搞好综合利用和"三废"治理;

4) 搞好综合平衡,落实建厂条件,制订工程建设的实施计划,控制工程工期;

5) 进行经济核算,开展分析和比较,评价工程建设的最佳经济效果。

1.3.4 规划

规划为前期设计的基本内容之一,区分为全国性规划、区域性规划和企业规划。全国性或区域性规划,也称行业规划,一般由国家计委、省市计委或主管部门主持,设计研究院参加。规划工作的任务是根据国家或地区国民经济对冶金产品的需要、资源条件和建厂条件的可能,合理地部署与安排冶金工厂的建设计划,并初步确定冶金工厂的生产规模与产品方案、建设进度、原燃料和水、电供应与产品销售等主要协作关系。规划工作的目标是使冶金工业的布局对整个国民经济产生最好的经济效果,并使冶金工业的发展同有关部门互相协调、配合,以保证国民经济有计划按比例地发展。在规划工作中,为了比较各个不同方案的优缺点,常常需要做出包括煤、电、运等各部门的综合经济比较。

企业建设规划按其内容和深度的不同,可以分为总体规划(或长远规划)和详细规划(或近期规划)。总体规划的时间期限一般都在5年以上,其主要任务是确定企业的性质、发展方向和规模,安排各项建设的总体布局,制定实施规划的步骤和措施。详细规划则是总体规划的深化和具体化,是实施总体规划的阶段规划,因此也是总体规划的组成部分,其时间期限一般均在5年以下。

企业建设规划主要根据地理环境、历史情况、资源条件、现状特点,并结合国民经济长远规划和区域规划进行编制。单独建设的矿山、选矿厂、冶炼厂、加工厂的规划应根据企业建设总体规划所制订的原则和要求进行编制。

企业建设规划报告是企业建设规划工作的重要文件和成果。企业建设规划工作的内容和深度可根据工程项目、基础资料完备程度以及规划任务要求的不同而不同。

企业建设规划报告的内容:

(1) 概况(主要叙述任务的来源和依据、企业的交通和地理位置、企业现状、规划工作的进行情况等);

(2) 矿产资源、原材料供应及水、电、交通等建设条件;

(3) 规划意见(包括规模、产品方案、厂址、工艺流程、生产和辅助设施、产品、劳动定员、基建投资、经济效益等);

(4) 建设计划安排的初步建议意见;

(5) 存在问题及建议;

(6) 必要的图件。

企业和行业规划的章节内容格式参见附录。

---

❶ 对于涉外设计项目,应按照联合国工业发展组织(UNIDO)的《工业可行性研究编制手册》(Manual for the Preparation of Industrial Feasibility Studies)执行。

1.3.5 厂址选择

1.3.5.1 厂址选择

厂址选择就是选择工厂的建设地点。厂址选择是工业基本建设的一个重要环节，冶金企业的建设都需要进行厂址选择。冶炼厂（炼铁、炼钢、铁合金、铜铅锌冶炼厂等）、轧钢厂、铝电解厂、铝加工厂、铜加工厂及其附属企业，如炭素制品厂、工业硅厂、耐火材料厂等，都要进行厂址选择，确定建设地点的工作。

厂址选择工作的好坏对工厂的建设进度、投资数量、经济效益、环境保护及社会效益等方面都会带来重大的影响。从宏观上说，它是实现国家长远规划、决定生产力布局的一个基本环节。从微观上看。厂址选择又是进行项目可行性研究和工程设计的前提。因为只有项目的建设地点选择确定后，才能比较准确地估算出项目在建设时的投资和投入生产后的产品成本，也才能对项目的各种经济效益进行分析计算，以及对项目的环境影响、社会效益等进行分析，最终得出建设项目是否可行的结论。

在项目建议书、建厂条件调查、企业规划、可行性研究，甚至初步设计阶段工作中，都不同程度地涉及到厂址选择问题。一般来讲，厂址选择安排在可行性研究阶段较为适宜。

1.3.5.2 厂址选择应遵循的基本原则

根据我国国情，选厂工作是在长远规划的指导下，在指定的一个或数个地区（开发区）内选择符合建厂要求的厂址。在选择厂址时，应遵循以下基本原则：

（1）厂址位置必须符合国家工业布局、城市或地区的规划要求，尽可能靠近城市或城镇原有企业，以便于生产上的协作，生活上的方便。

（2）厂址宜选在原料、燃料供应和产品销售便利的地区，并在贮运、机修、公用工程和生活设施等方面有良好基础和协作条件的地区。

（3）厂址应靠近水量充足、水质良好的水源地，当有城市供水，地下水和地面水三种供水条件时，应该进行经济技术比较后选用。

（4）厂址应尽可能靠近原有交通线（水运、铁路、公路），即应有便利的交通运输条件。以避免为了新建企业而修建过长的专用交通线，增加新企业的建厂费用和运营成本。在有条件的地方，要优先采用水运。对于有超重、超大或超长设备的工厂，还应注意沿途是否具备运输条件。

（5）厂址应尽可能靠近热电供应地，一般地讲，厂址应该考虑电源的可靠性，并应尽可能利用热电站的蒸汽供应，以减少新建工厂的热力和供电方面的投资。

（6）选厂应注意节约用地。不占或少占良田、好地、菜园、果园等。厂区的大小、形状和其他条件应满足工艺流程合理布置的需要，并应有发展的可能性。

（7）选厂应注意当地自然环境条件，并对工厂投产后对于环境可能造成的影响做出预评价。工厂的生产区、排渣场和居民区的建设地点应同时选定。

（8）厂址应远离低于洪水水位或在采取措施后仍不能确保不受水淹的地段；厂址的自然地形应有利于厂房和管线的布置、内外交通联系和场地的排水。

（9）厂址附近应有生产污水、生活污水排放的可靠排除地，并应保证不因新厂建设致使当地受到新的污染和危害。

（10）厂址应不妨碍（甚至破坏）农业水利工程，应尽量避免拆除民房或建构筑物、砍伐果园和拆迁大批墓穴等。

(11) 厂址应避免布置在下列地区：

地震断层带地区和基本烈度为9度以上的地震区；土层厚度较大的Ⅲ级自重湿陷性黄土地区；易受洪水、泥石流、滑坡、土崩等危害的山区；有卡斯特、流砂、游泥、古河道、地下墓穴、古井等地质不良地区；有开采价值的矿藏地区；对机场、电台等使用有影响的地区；有严重放射性物质影响的地区及爆破危险区；国家规定的历史文物，如古墓、古寺、古建筑等地区；园林风景区和森林自然保护区、风景游览地区；水土保护禁垦区和生活饮用水源第一卫生防护区；自然疫源区和地方病流行地区。

1.3.5.3 准备工作阶段的工作内容和选厂工作组织

(1) 工作班子的组织　在我国，可行性研究一般采取主管部门下达计划或建设单位向设计(咨询)单位委托任务的方式进行。根据国家规定，负责编制可行性研究报告的单位要经过资格审查并对工作成果的可靠性和准确性承担责任。因而，选厂工作应由经过批准的设计(咨询)单位负责。为了做好这一工作，对主持和参加选厂工作人员的政策和技术水平无疑应有较严格的要求。

选厂工作班子应在取得国家有关部门批准的项目建议书(或相当文件)后组建。一般由若干个主要专业——工艺、土建、给排水、供电、总图运输和技术经济等专业人员组成，并由项目总负责人主持工作。

以往，我国选厂工作大多采取由主管部门主持，设计(咨询)部门参加的组织形式。由于选厂工作涉及面很广，设计(咨询)单位承担这项工作时，必须主动争取业务主管部门、地方政府和建设单位的密切配合和支持，充分听取他们的意见并吸收其中合理的部分，才能将这项工作做好。

(2) 拟定选厂指标　选厂指标的主要内容是：

1) 拟建工厂的产品方案，产品的品种和规模，主要副产品的品种、规模等。

2) 基本的工艺流程、生产特性。

3) 工厂的项目构成，即主要项目表。

4) 所需原燃料的品种、数量、质量要求。它们的供应来源或销售去向及其适用的运输方式。

5) 全厂年运输量(输入输出量)、主要包装方式。

6) 全厂职工人数估计、最大班人数估计。

7) 水、电、汽等公用工程的耗量及其主要参数。

8) 三废排放数量、类别、性质和可能造成的污染程度。

9) 工厂(含生产区、生活区)的理想总平面布置图和它的发展要求，匡出拟建工厂的用地数量。

工厂理想总平面布置占地应在主项表建立后，由选厂组一起协力，先匡算车间(装置)、公用工程及辅助生活设施等；建筑总面积后匡算。

10) 其他特殊要求。如工厂需要的外协项目、洁净工厂的环境要求、需要一定防护距离的要求等。

(3) 编写设计基础资料收集提纲　为满足新建工程对设计基础资料的要求，现场工作阶段必须做好设计资料的收集工作。如果有条件，设计基础资料的大部分应在现场踏勘之前，由建设单位提供。这样可以使现场工作更有针对性，从而提高工作效率。

1.3.5.4 现场工作阶段的工作内容

准备工作完成后，开始现场工作。现场工作的目的是落实建厂条件。其工作主要有：

(1) 向当地政府和主管部门汇报拟建工厂的生产性质，建厂规模和工厂对厂址的基本要求，工厂建成后对当地可能的影响(好的影响和可能产生的附加影响)，听取他们对建厂方案的意见。

(2) 根据当地推荐的厂址，先行了解区域规划有关资料，确定踏勘对象，为现场踏勘作进一步准备。

(3) 按收集资料提纲的内容，向当地有关部门一一落实所需资料和进行必要的实地调查和核实。

(4) 进行现场踏勘。对每个现场来说，现场踏勘的重点是在收集资料的基础上进行实地调查和核实，并通过实地观察和了解，获得真实的和直观的形象。现场踏勘应该包括如下内容：

1) 踏勘地形图所表示的地形、地物的实际状况，看它们是否与所提地形图相符，以确定如果选用，该区是否要进行重新测量，并研究厂区自然地形的改造和利用方式以及场地原有设施加以保留或利用的可能；

2) 研究工厂在现场基本区划的几种可能方案；

3) 研究确定铁路专用线接轨点和进线方向，航道和建造码头的适宜地点，公路的连接和工厂主要出入口的位置；

4) 实地调查厂区历史上洪水淹没的情况；

5) 实地观察厂区的工程地质状况；

6) 实地踏勘工厂水源地、排水口，研究确定可能的取水方案和污水排除措施；

7) 实地调查热电厂及厂外各种管线的可能走向；

8) 现场环境污染状况的调查；

9) 周围地区工厂和居民点分担状况和协调要求；

10) 各种外协条件的了解和实地观察。

在踏勘中，应注意核对所汇集的原始资料，那些无原始资料的项目，应在现场收集，并注意随时做出详细记录。一般应踏勘两个以上厂址，经比较后择优建厂。

1.3.5.5 方案比较和选厂报告

在现场工作结束后，可开始编制选厂报告。项目总负责人应组织选厂工作小组人员在现场工作的基础上，选择几个可供比较的厂址方案，进行综合、分析，对各方面的条件进行优劣比较后得出结论性意见，推荐出较为合理的厂址，并写出报告和绘制拟选厂址方案图。厂址选择报告应包括下列内容：

(1) 选厂的根据，新建厂的工艺生产路线，选厂工作的经过。

(2) 建厂地区的基本概况。

(3) 厂址方案比较。

1) 厂址技术条件比较：

① 厂区基本情况；

② 交通运输；

③ 给排水；

④ 供气；

⑤ 供电。

2) 建设费用及经营费比较：

① 场地开拓费；

② 交通运输设施费用；

③ 取消、管道、净化设施费用；

④ 污水处理设施、管道费用；

⑤ 动力线路、设备、增容费；

⑥ 住宅及福利设施费用；

⑦ 临时住宅建设费用；

⑧ 建材、大型设备运输费用；

⑨ 基础处理费用；

⑩ 其他建设期间发生的工程费。

(4) 对各个厂址方案的综合分析和结论。

(5) 当地政府和主管部门对厂址的意见。

(6) 附件　区域位置规划图(1:10000～1:50000)，内容应包括厂区位置、工业备用地、生活区位置、水源和污水排出口位置、各类管线及厂外交通运输路线规划、码头位置、铁路专线走向方案及接轨站位置等等；企业总平面布置方案示意图(1:500～1:2000)；各项协议文件。

1.4　工程设计

根据已批准的可行性研究报告，进一步结合建厂条件，在满足安全、质量、进度以及投资控制的前提下，开展该工程的设计工作，直到将设计成品交付现场施工，这期间的设计工作称为工程设计。工程设计的基本任务是：

(1) 提出该工程设备、材料、供订货用的图纸和资料，必要时绘制供制造厂订货用的或在施工现场加工用的非定型设备施工图纸。

(2) 提出工程有关的设计规定、说明和完整的图纸资料，以满足现场施工安装的需要。

(3) 提出供工程正常开停车和事故处理的操作要点。

(4) 提出工程修正总概算。

按照国内的设计院目前通行的做法，把工程设计划分为初步设计、技术设计和施工图设计三个阶段。我国的设计院目前已按这种做法开展设计工作。

1.4.1　设计基础资料

在正式开展工程设计之前，必须收集设计基础资料，设计基础资料是进行设计工作的基础。设计资料的质量直接影响设计的质量，资料不准确、不完整、不可靠，将导致不良后果，如引起设计修改，甚至返工重做，或造成施工和生产的困难，导致建设上的失误。设计工作所必须的设计基础资料，大体包括以下各项：

(1) 建厂可行性研究有关资料；

(2) 可行性研究的批准文件；

(3) 原料资源地质报告或原料供应协议及有关技术资料；

(4) 厂址选择报告或选厂的有关技术文件；
(5) 厂区工程地质报告；
(6) 土地征用文件；
(7) 厂区及矿山地形图[1:1000 或 1:500]，区域地形图[1:10000 或 1:50000]；
(8) 水源水质资料；
(9) 供电协议书及电源资料；
(10) 厂外道路连接协议书及线路地形图；
(11) 原煤供应协议及煤质资料；
(12) 气象资料；
(13) 环境分析报告；
(14) 有关企业协作问题的协议；
(15) 建厂地区地震烈度和最高洪水水位资料；
(16) 地方材料的种类、规格和价格资料等。

建厂条件不同，设计基础资料的具体内容也有所不同。为了保质保量如期完成冶金工厂的设计任务，必须重视设计基础资料，使之正规化和完整化。对冶金工厂的设计基础资料的具体要求，应参照上列项目、结合实际情况，由建设单位和设计单位共同商定。

1.4.2 初步设计

初步设计是研究和解决工厂设计各项重大原则和方案的设计阶段。通过初步设计，要确定工厂实际规模和产品品种，确定工艺流程和主要设备，确定各种设施的主要方案，确定概算投资额。简言之，就是要做到六定：定规模、定设备、定方案、定总体、定定员、定投资额。这样的初步设计，才能满足主要设备订货、圈定征地范围、进行场地整平、安排培训工人、编制施工组织设计等施工和生产的准备工作。

初步设计的设计深度，应该达到上述“六定”的要求。这样的设计深度，不但是开展施工和生产准备工作所必需的，同时也是指导下阶段施工图设计工作所必需的。“六定”的初步设计深度是适当的。

初步设计必须遵循国家规定的基本建设程序，必须根据上级下达的设计任务书进行编制，必须贯彻执行国家和上级机关制订的有关方针政策、规程、规范和标准，必须具备设计条件和基础资料。初步设计文件的内容和编制有如下要求：

1.4.2.1 设计说明书(按专业分别编写)

(1) 综述　要说明设计依据、建设条件、设计原则、设计范围、主要设计内容、存在的主要问题以及主要技术经济指标；

(2) 总平面设计　要说明工厂的区域位置和自然条件，土地使用情况、总平面布置原则和方案、工厂的运输量和运输方式以及防洪、绿化等有关问题；

(3) 矿山设计　当设有自采矿山时，要说明矿区的交通位置和基本情况，矿区地质构造和矿床特征、矿山贮量和矿石质量，矿山开采运输方案的选择和制订；

(4) 工艺设计　要说明原、燃料的来源和质量，冶金炉炉型，产品品种，生产流程和主要工艺设备的选择与计算，物料或金属平衡表，贮存方式和贮存天数，采取的环保设施，对周围环境的影响以及生产车间的工作制度等。

(5) 土建设计　要说明建设场地的自然特征，土建设计的原则，结构选型，建筑处理，主

要材料的规格、型号或标号，拟定的施工条件以及汇总全厂定员，并据以计算有关生活设施的建筑面积等；

(6) 电气设计　要说明供电电源、负荷计算电力及照明的线路，变配电站，车间电力设备和控制、照明以及防雷接地等措施；

(7) 给排水设计　要说明水源、工厂用水量、取水方式、水质处理、供水系统和设备、排水及污水处理、管材及管线的敷设方法等；

(8) 其他如采暖通风、动力、自动化、机修等也要简要地说明设计所涉及的主要内容。

1.4.2.2　设计图纸

初步设计一般包括如下图纸：

(1) 区域位置图；

(2) 厂区总平面图(有自采矿山时还要有矿区总平面图)；

(3) 全厂生产车间平、剖面布置图；

(4) 建、构筑物特征一览表；

(5) 其他专业主要的系统、总体图等。

1.4.2.3　设备表(按专业分别填写)

在设备表中写清楚主要设备的型号、规模、技术性能、台数、重量、来源或设备图号等。附属设备由于设计深度所限，可只填出型号、台数或重量以满足编制概算的要求。详细的规格在施工图设备表中填写。初步设计各专业的设备表要集中起来，装订成册，作为构成初步设计的文件之一。

1.4.2.4　概算书(包括编制说明和概算表格两部分)

在"编制说明"中，应包括以下内容：概算表格分总概算表、综合概算表和单项工程概算表。在作为初步设计文件的概算书中，只列入总概算表和综合概算表，而单项工程概算表，只作为存查的草稿，不列入打印的概算书中。这样做法既满足要求又便于使用，还减少了编制和打印的工作量。

此外，初步设计应按可行性研究报告所确定的主要设计原则和方案，如厂址、规模、产品方案、开采方法、主要工艺流程、主要设备选型、主要建筑标准等，一般不应有较大的变动。

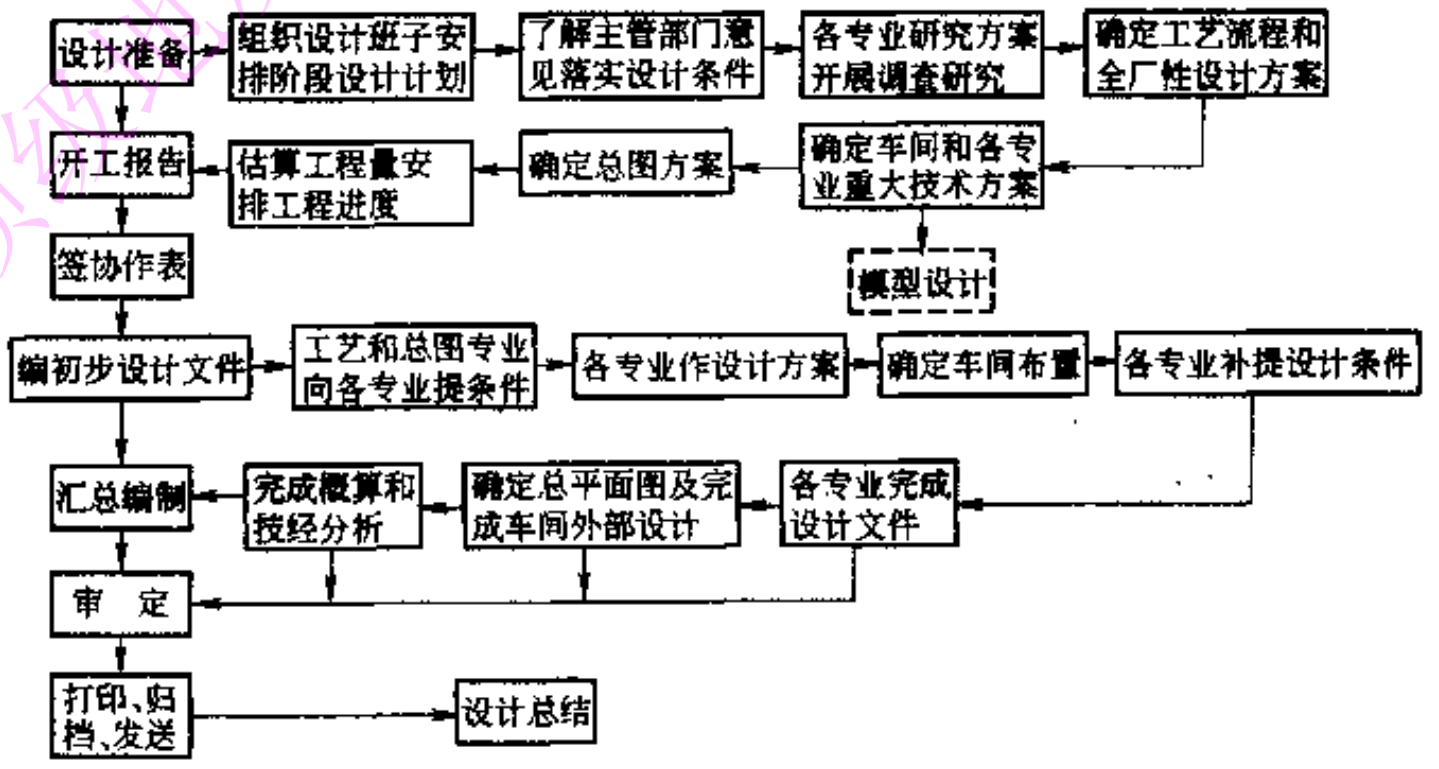


图 1-4　编制初步设计程序示意图

当设计基础资料及其他重要情况发生很大变化，致使原确定的重大工艺方案、设计原则不能继续成立，或初步设计概算突破可行性研究投资估算较大时，必须在充分的技术经济综合分析论证的基础上申明原因，并经原审批可行性研究的主管部门批准，方可修改。初步设计的章节内容及格式见附录，初步编制程序见图 1-4。

1.4.3 技术设计

根据国家基本建设程序的有关规定，对于大中型企业设计，一般采用两个阶段设计，即初步设计和施工图设计。在个别情况下，对于特大规模的工程项目，矿石性质或冶炼工艺极为复杂的工程项目，采用新工艺、新设备而且有待试验研究的新开发工程项目，某些援外的工程项目，以及极为特殊的工程项目，可以根据工程项目的具体条件，上级机关或主管部门要求，才在初步设计与施工图设计之间增加一段技术设计。一般情况下，为了缩短建设工期和设计周期，均将初步设计与技术设计合并为扩大初步设计阶段或初步设计。

技术设计的目的在于，根据批准的初步设计，对设计中比较复杂的项目、遗留问题或特殊需要，通过更为详细的设计和计算，进一步研究和阐明其可靠性和合理性，准确地决定各项主要的技术问题。技术设计的范围应与初步设计中有关范围的内容基本一致。技术设计的深度原则上与对初步设计的要求没有区别，只是在某些技术问题上的设计深度将超过初步设计，如在设备表的基础上提出设备订货表，在投资概算的基础上编制投资预算等。

1.4.4 施工图设计

施工图设计是把初步设计的内容转化成图纸的过程，是工程设计程序的最后阶段，为工厂设备的加工制造与安装、厂房基础以及其他构筑物的施工提供技术依据。一般在技术设计或初步设计批准后进行，但有时针对一些建设项目要求简化设计程序，缩短设计时间，也有在初步设计进行了大部分工作后即开始着手进行施工设计的。

1.4.4.1 设计原则

(1) 在开展施工图设计之前，必须研究和落实上级机关或主管部门对初步设计的审批意见，了解建设单位设备订货的具体情况，以及施工单位的技术和装备水平等情况，切实做好施工图设计的准备工作。

(2) 在一般情况下，施工图设计应根据批准的初步设计进行编制，不得违反初步设计的设计原则和方案。确因设备订货情况改变，或其他重要条件变化，需要修改初步设计时，必须履行手续，呈报原初步设计审批机关批准。

(3) 开展施工图设计的基本条件是：

1) 初步设计已经上级机关或主管部门审查批准；

2) 初步设计审查提出的重大问题，初步设计中的遗留问题(包括补充勘探、勘察、试验等)已经解决；

3) 供水、供电、外部运输、征地等对外协作的协议已经签订或者基本落实；

4) 施工图设计所需要的工程地质详细勘探资料以及大比例尺地形测绘资料已经提供；

5) 主要设备订货基本落实，施工图设计所需要的设备总装图、基础图以及有关资料已经收集齐全并可以满足设计要求。

不具备或不完全具备上述条件时，不宜全面开展施工图设计，可以安排施工图设计准备工作，或者局部开展施工图设计。

(4) 施工图设计的深度原则上应满足以下要求：

1）设备材料的安排；

2）非标准设备及结构件的加工制作；

3）编制施工图预算和施工预算，并作为预算包干，工程结算的依据；

4）指导施工、安装。

(5) 施工图的内容为：

1）企业施工、安装所需要的全部图纸；

2）重要施工、安装部位和生产环节的施工操作说明；

3）施工图设计说明；

4）设备、材料明细表、汇总表。

1.4.4.2　施工图会审会签

(1) 施工图质量要求：

1）施工图设计应符合经过上级机关或主管部门审批的初步设计所确定的主要设计原则、方案和审批意见，主要设备的选型以及各项技术经济指标，不得擅自修改。

2）施工图的内容和深度应能够满足施工安装、制造和生产要求，体现初步设计所确定的技术标准，贯彻执行有关规范、规定。要求图面布置合理匀称，表示清楚，字体端正美观，说明及附注简明扼要，没有原则错误，符合制图规定。

3）所需设计的项目齐全，没有遗漏，整个工程各子项的图纸完整无缺，图纸之间互相衔接，表示清楚，技术条件统一。

4）在设计中贯彻执行了因地制宜和节约的原则。

5）在采用新技术、新材料以及特殊工程的设计过程中，注意听取施工单位的合理化意见，切实解决施工中可能出现的技术问题，为保证施工质量创造条件。

6）满足编制施工图预算的要求。

(2) 施工图会审会签：

除上级机关或主管部门指定之外，一般不再单独组织对施工图设计进行审批。设计单位应对施工图设计质量负责。

根据施工图的性质和重要性，决定审签的界限和手续。一般生产工艺流程图，主要车间或厂房的设备配置图，总平面布置图，以及与总平面布置有关的图纸（如外部管网（管线）图等），设计室（组）审签后由总设计师审签。其他施工图一律由设计室（组）审签。

工程内部的单元工程或车间（厂房）的施工图完成后，由总设计师负责组织有关专业设计人员认真进行图纸的会审会签。

在施工图设计阶段，施工图纸的会审会签是总设计师的重要工作，必须切实注意抓好。

1.4.4.3　施工图修正概算与预算

在施工图设计阶段，有下列情况之一时，经过上级机关或主管部门同意，可以编制施工图修正概算：

1）施工图设计与初步设计相比有较大变化；

2）原初步设计概算的基础资料发生变化；

3）建设单位提出要求重新编制概算。

如果不存在上述问题，施工图修正概算可以不编。

根据国家有关规定，或应委托单位的要求，施工图设计完成后，应编制施工图预算。

施工图修正概算和施工图预算与初步设计阶段的概算一样，在总设计师的组织下，各专业负责提出本专业概算设计条件，由概预算专业人员完成。

此外，在初步设计工程设备明细表中未列出的辅助设备或其他设备，在施工图设计阶段尚需编制补充设备表，以供订货使用。如果施工图设计阶段有所变动，初步设计选定的设备亦应列入补充设备表中，并加以必要的说明。为了清楚、完整和方便订货，可以在施工图设计阶段重新编制工程设备明细表，列出工程所需的全部设备。施工图的设计程序框图见图1-5。

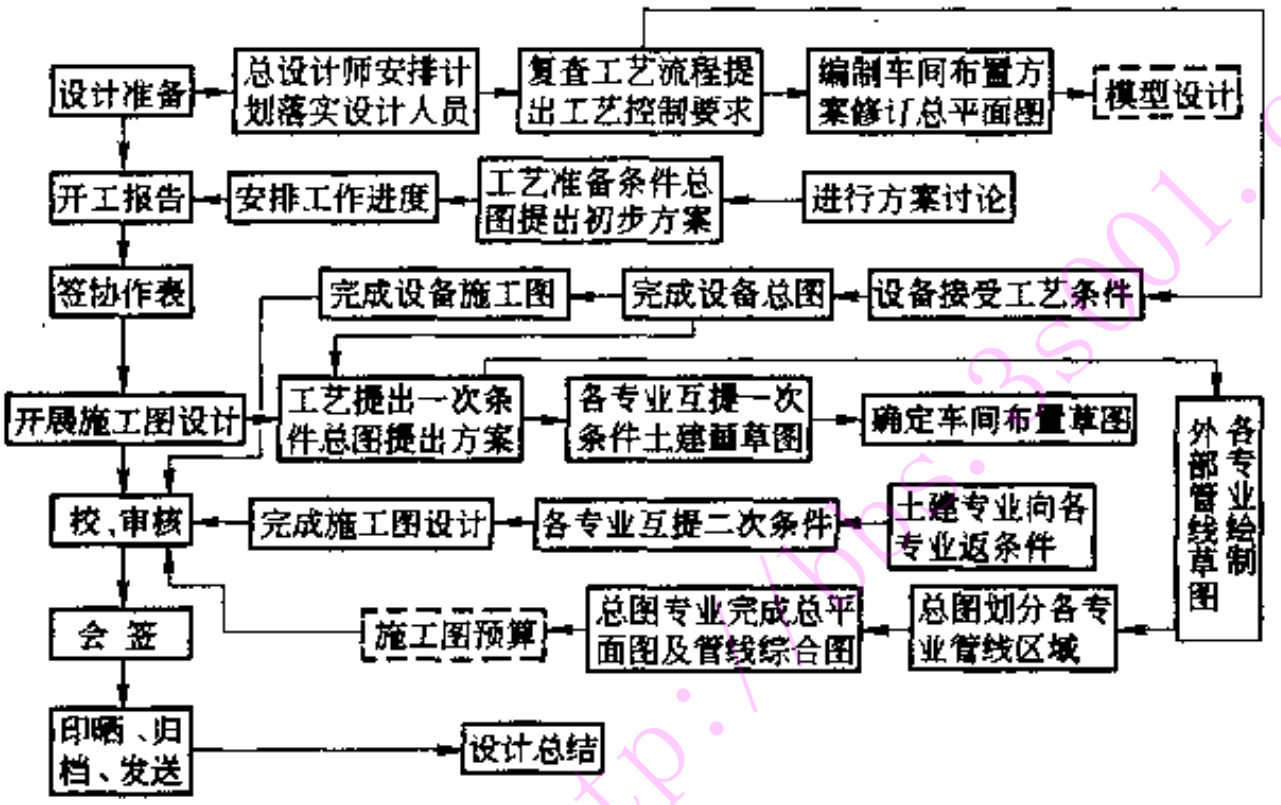


图1-5 施工图设计程序示意图

1.4.5 施工服务

1.4.5.1 工作内容

施工服务是设计完成以后，由工程项目总设计师负责，组成现场工作组，进行的一项工作。

施工服务工作的主要内容，一般有以下几项：

(1) 设计技术交底，即向工程项目的建设单位、施工单位、基建管理部门等介绍设计意图和内容，并负责解释或解决施工图纸中可能存在的不清楚或不合理的问题；

(2) 补充、修改设计中不合实际的、不全面的甚至错误的部分；

(3) 协助解决施工过程中遇到的设备或材料代用、工程质量及施工安装等方面的设计问题，并在工作中贯彻执行设计意图；

(4) 根据现场需要，在可能的条件下配合施工，参加为施工和生产服务的试验研究工作；

(5) 了解设计文件执行情况，总结设计和施工服务的经验、教训，不断提高设计工作水平；

(6) 参加试车、试生产、投产及竣工验收工作。

1.4.5.2 设计变更

由于设备和材料的订货和到货情况的变化，或由于施工图纸本身在施工中发现有这样

或那样的问题，需要设计进行变更修改，因此设计变更是一项严肃的设计工作，应当履行必要的审批手续。对于施工服务中发现的一般性设计问题，现场工作组人员应就地处理解决。对于设计基础资料动摇或其他重大原因，造成设计原则和方案修改，施工服务人员应与建设、施工单位有关人员研究提出处理意见报院审查批准后，方能发出设计变更进行修改。重大问题有：

(1) 生产规模变更；

(2) 产品方案变更；

(3) 生产方法变更；

(4) 工艺流程改变；

(5) 主要设备更换；

(6) 总平面布置、运输方式的改变；

(7) 主要生产厂房内部的重大变化；

(8) 主要生产厂房结构的改变；

(9) 工程量大、技术复杂的设计修改；

(10) 设计中存在原则性错误、质量事故以及可能造成重大经济损失的问题。

在施工服务中解决的设计问题，除以文字记载发出设计变更通知单外，均需绘制修改图纸，并应登记造册，保存设计变更通知单，以保证现场工作结束时，每项工程都有完整的工程设计变更记录以及修改设计图纸。设计变更和修改设计图纸，都属于重要的施工依据，现场工作结束后应存档保存备查。

1.4.5.3 竣工验收工作

所有建设项目和单项工程都要按照国家有关规定及时组织竣工验收，竣工验收就是填写交工验收证书，办理固定资产交付使用的转账手续，以缩短工期，提高投资效益。

竣工验收应根据上级机关或主管部门批准下达的可行性研究、初步设计、施工图设计(包含设计变更部分)、设备技术说明书、现行施工技术规范以及其他技术文件的要求进行。

工程项目竣工验收工作应组建竣工验收机构。其职责是：

(1) 制订竣工验收工作计划；

(2) 审查各种竣工技术文件；

(3) 审查试车规程，检查试车准备工作；

(4) 鉴定工程质量；

(5) 处理竣工验收工作中出现的各种问题；

(6) 签发竣工验收证书；

(7) 提出竣工验收工作报告。

单机试车合格交工、无负荷联动试车合格交工、建筑工程竣工交工等，设计院一方可由其驻现场工作组代表参加；全部工程竣工验收机构中的设计院代表，应尽可能由该工程项目的总设计师担任。

设计院一方在竣工验收工作中，主要任务是了解施工中对设计文件的执行情况、施工质量，并在交工验收文件上签署评价意见，履行必要的手续。因此，总设计师或驻现场工作组代表，应充分领会设计原则，了解设计意图，熟悉全部设计文件资料，参加施工过程中的有关技术协调会议，协助做好竣工验收工作。

1.4.5.4 设计回访与总结

工程竣工验收后，应根据工程特点，将具有参考价值的主要问题，按总体设计方面和专业设计方面，分别做出必要的设计技术总结。设计总结工作由工程项目总设计师或有关专业人员负责完成。设计总结材料根据需要情况归档或组织交流。

设计总结的主要内容是：

(1) 设计中贯彻执行党和国家方针政策情况；

(2) 设计方案的合理性；

(3) 设计的主要特点；

(4) 设计工作中的主要经验和教训。

设计回访就是设计企业投产后，设计单位应进行定期或不定期地到现场了解生产情况的工作。设计回访的主要目的是：

(1) 了解企业投产后，对原设计的看法、意见和建议；

(2) 总结企业正常生产的技术经济指标及其他技术资料，丰富设计参考资料；

(3) 协助解决原设计通过正式生产所暴露和发现的设计问题；

(4) 承揽新的设计任务。

原工程项目的总设计师应尽可能参加设计回访工作。设计回访工作应根据需要选派有关专业或其他人员参加并共同完成。设计回访应编制工作记录。

学 习 思 考 题

1. 名词解释：工厂设计　工程语言　建设程序　工程设计　项目建议书　可行性研究　初步设计　施工图设计　施工服务　竣工验收　设计回访
2. 简述我国冶金工厂建设程序。它的可变性体现在哪些方面？
3. 为什么说设计院与工程公司不一样？
4. 试比较项目建议书、可行性研究、初步设计、施工图各设计阶段工艺专业的职责异同点。
5. 设计研究院设置有哪些专业，它与高等院校的学科专业分类有什么不同？
6. 试拟出可行性研究阶段设计应收集资料的目录。
7. 试分别指出项目建议书、可行性研究、初步设计、施工图设计各设计阶段要解决什么样的工程问题。
8. 工程竣工验收后，为什么还要进行设计回访？
9. 请根据给定某项工程的可行性研究报告(软盘拷贝)，编写该项目的项目建议书，要求补充市场分析的最新资料(产品的售价、产量等)。
10. 说明一般工程项目不进行技术设计的原因，并用 AutoCAD 画出技术设计的设计程序框图，再粘贴到 Word 文档中打印出来。

2 土建基础知识

在冶金工厂的设计中，土木建筑和钢结构占很大比重。作为工艺设计者，除了做好本专业的工艺部分设计外，还应了解土建部分设计的基本知识。在小型冶金工厂的设计中，有些简单的土建工程和钢结构，往往由工艺设计人员直接做出。在大型冶金工厂的设计中，由于分工较细，土建部分，如基础、地基的处理，厂房的结构等由土建专业人员做施工设计，但土建专业设计的基础资料，如基础和构件的动、静荷载，厂房的柱距、通风和照明的要求等，则要由工艺专业设计人员提出，经协商确定设计方案。

在土建设计中，应遵循国家主管部门有关土建的统一基本规则，如模数制、制图规范、常用术语等，工艺设计人员应当而且必须了解和掌握这些规则。

2.1 基本概念

建筑——既表示建筑工程的建造活动，同时又表示这种活动的成果——建筑物。建筑也是一个通称，包括建筑物和构筑物。

建筑物——凡供人们在其中生产、生活或进行其他活动的房屋或场所都叫做“建筑物”，如住宅、学校、影院、工厂的车间等。

构筑物——人们不在其中生产、生活的建筑，则叫做“构筑物”，如水塔、电塔、烟囱、桥梁、堤坝等等。

2.2 建筑的分类

2.2.1 按主要承重结构材料分类

(1) 砖木结构建筑　如砖(石)砌墙体、木楼板、木屋顶的建筑。

(2) 砖混结构建筑　如砖、石、砌块等砌筑墙体、钢筋混凝土楼板、屋顶的多用建筑。

(3) 钢筋混凝土结构建筑　如装配式大板、大模板等工业化方法建造的建筑，钢筋混凝土结构用于高层、大跨、大空间结构的建筑。

(4) 钢、钢筋混凝土结构建筑　如钢筋混凝土柱、梁，钢屋架组成的骨架结构厂房。

(5) 钢结构建筑　如全部用钢柱，钢屋架建筑的厂房。

(6) 其他结构建筑　如生土建筑、塑料建筑、充气塑料建筑等。

2.2.2 按层数分类

(1) 住宅建筑　低层：1～3层；多层：4～6层；中高层：7～9层；高层：10～30层。

(2) 公共建筑及综合性建筑的总高度大于24m者为高层(不包括高度超过24m的单层主体建筑)。

(3) 建筑物高度大于100m时，不论住宅或公共建筑，均为超高层。

(4) 工业建筑(厂房)　如单层厂房、多层厂房、混合层数的厂房。

2.3 风玫瑰图

风向频率玫瑰图，简称风玫瑰图。所谓风向频率是统计风向频率及静风次数，在一定时间内各种风向出现的次数占所有观察总次数的百分比，用下式表示：

风向频率＝该风向出现次数/风向的总观察次数×100%

所谓内向风频率图，是将风向分为8个或16个方位，按照各个方位风的出现频率以相应的比例长度点在8个或16个轴线图的轴线上，再将各相邻方向的线端用直线连接起来形成的闭合折线，此闭合折线即风向玫瑰图。玫瑰图上所表示的吹风，是从外面吹向坐标中心。风玫瑰图最好是由所在地区的气象台站进行实测而提出的。

设计中考虑风向的影响，主要为了尽可能避免因风向而引起的火灾和尽量减少因风向而造成的污染。关于风向的提法过去习惯采用“常年主导风向”。在过去的文献或标准规范中看到的上风向、下风向或侧风向，都是以主导风向而论的，在近年来出版的标准规范中已采用频率风向。

风玫瑰图见图2-1。

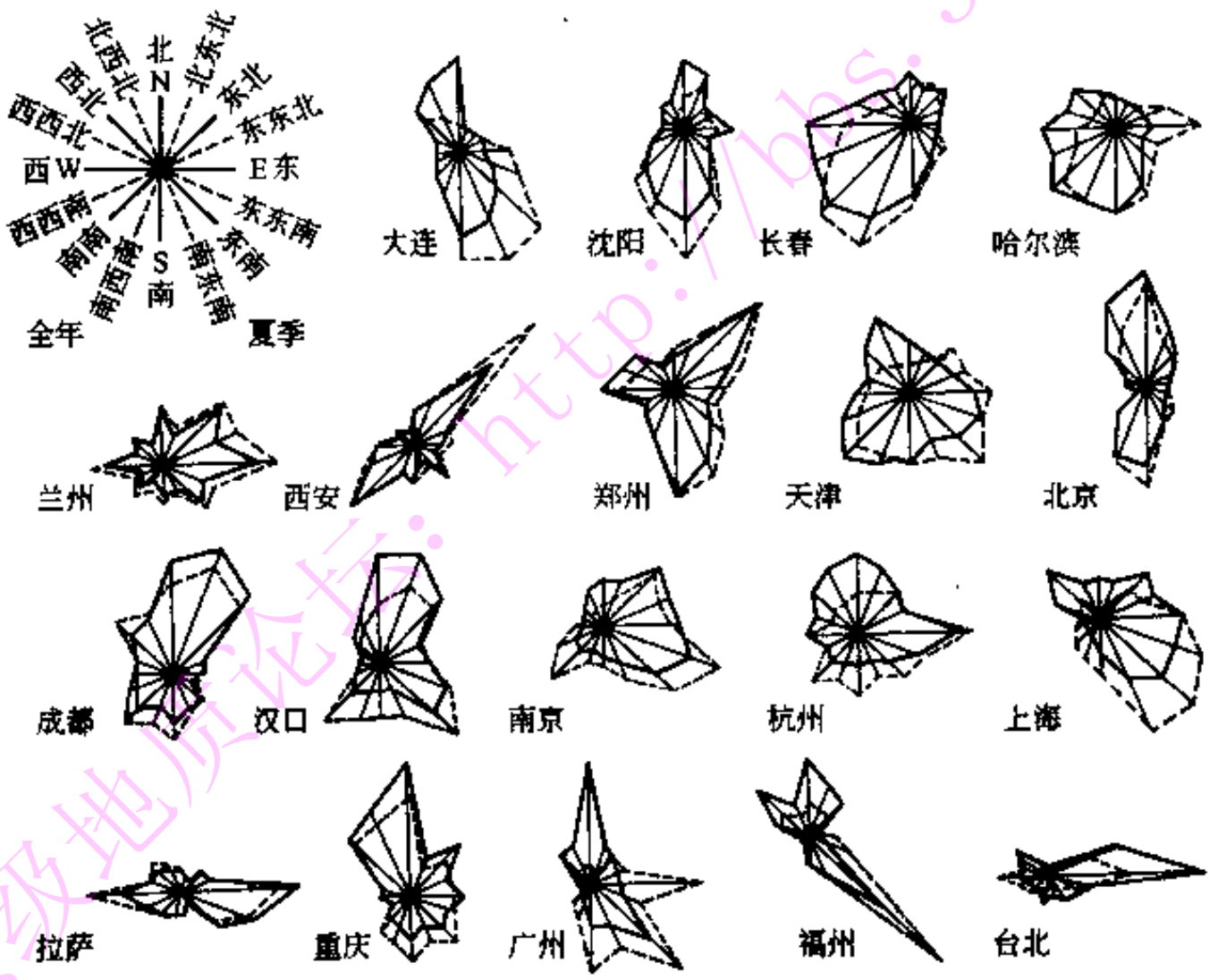


图2-1 风玫瑰图

2.4 建筑定位尺寸

2.4.1 开间和进深

在民用建筑设计中，对常用的矩形平面房间来说，房间的平面尺寸一般不用长宽来表示，而是用开间和进深来表示房间的二维尺寸。

开间也叫面阔或面宽，是指房间在建筑外立面上占的宽度；

垂直于开间的房间深度尺寸叫进深(见图2-2)。

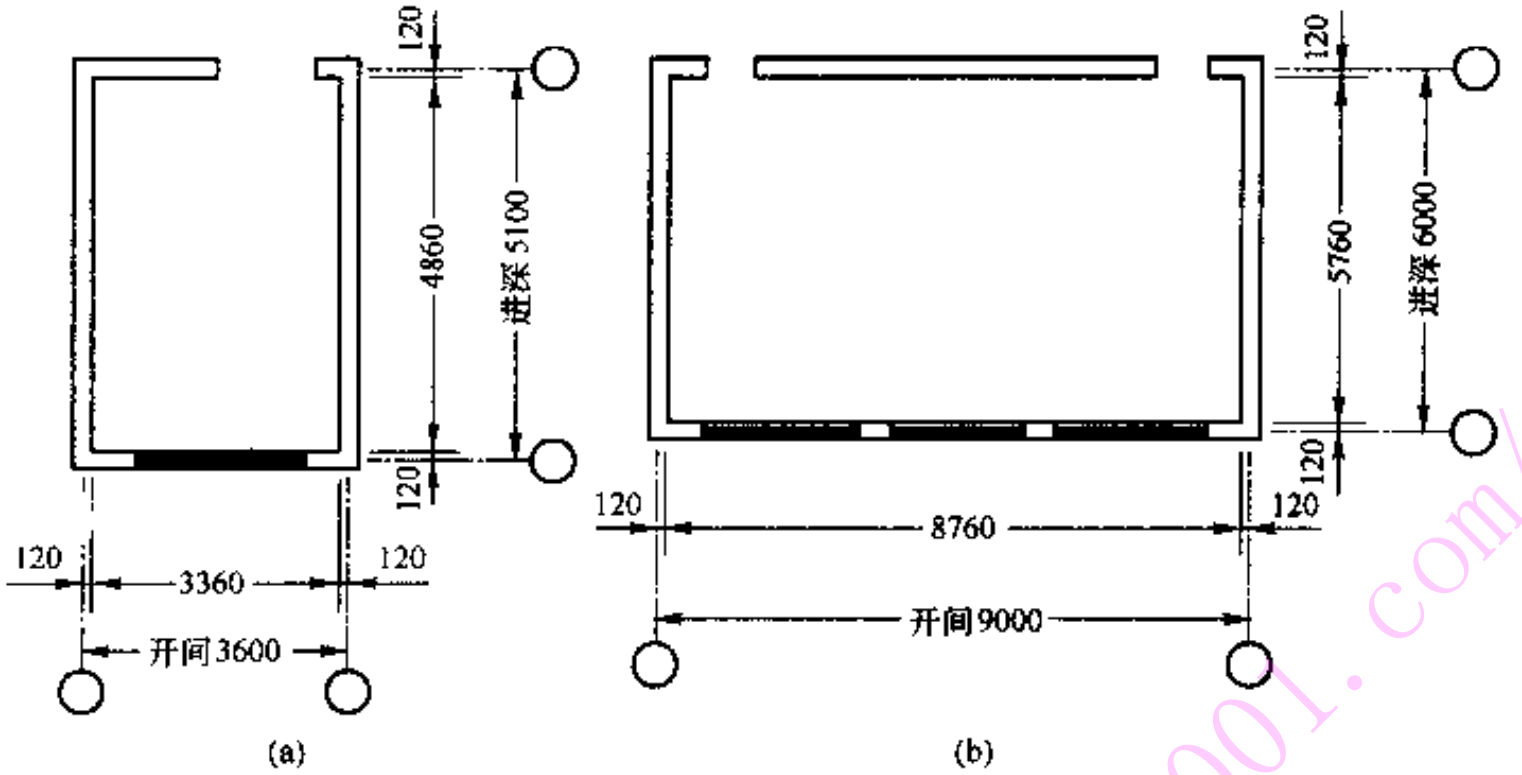


图 2-2　开间、进深示意图

这里开间进深并不是指房间净宽净深尺寸，而是指房间轴线尺寸。

房间一般是由一定厚度的墙体围合而成，这些墙体在平面上的垂直投影便形成房间的平面图。确定房屋墙体位置、构件长度和施工放线的基准线叫轴线，建筑制图中用点划线表示。对建筑设计来说，轴线是房间平面的最基本尺寸线，两条轴线间的距离便构成了房间平面的开间和进深尺寸。轴线和墙体的关系(以砖墙为例)一般是：对内墙来说，轴线多定在墙厚度方向的中心线上；对外墙来说，轴线常定在墙中靠近室内一侧墙面 120mm 处(等于半砖墙的厚度)。这样由两条轴线确定的开间进深尺寸，实际指的是房间净宽(长)再加上两条轴线所包括的墙的厚度。

2.4.2　柱距与跨度

厂房承重柱在平面中排列所形成的网格称为柱网。确定建筑物主要构件位置及标志尺寸的基准线称定位轴线，平行于厂房长度方向的定位轴线称为纵向定位轴线，垂直于厂房长度方向的定位轴线称为横向定位轴线。纵向定位轴线间距称为跨度，横向定位轴线间距称为柱距。如图2-3所示，定位轴线以细点画线画出，线端画一直径为 8mm 的圆圈，圆圈内注写定位轴线的编号，排列柱距用数字 1、2、3…编号，跨度用字母 A、B、C…编号。在工艺平、断面图及有关的详图上都应注写定位轴线的编号，厂房中的柱、墙及其他构配件都由纵横定位轴线确定其位置。

柱网尺寸的确定应根据生产工艺、建筑材料、结构形式、施工技术水平、经济效果以及提高建筑工业化的程度和建筑处理上的要求等因素来确定。

(1) 厂房跨度的确定

厂房跨度的确定包括跨度的大小和数目的选择。跨度大小主要取决于厂房内设备的大小、布置的方式与操作所需要的宽度；还取决于交通运输物料堆放以及为生产流水作业线的组织，调动设备的检修、拆换等所必不可少的安全距离；同时，应与所采用吊车跨度(用标准设计)相适应，而且还要保证设备基础和厂房结构不发生矛盾。跨度大小应按统一的模数要求确定：厂房跨度在 18m 和 18m 以下时，应采用 3m 的倍数(9、12、15、18m)，在 18m 以上时应采用 6m 的倍数(24、30、36m)；除工艺布置有明显的优越性外，一般不宜采用 21、27 和 33m 等跨度尺寸。目前，最常用的跨度有 9、12、15、18、24、30、36m 等几个尺寸。

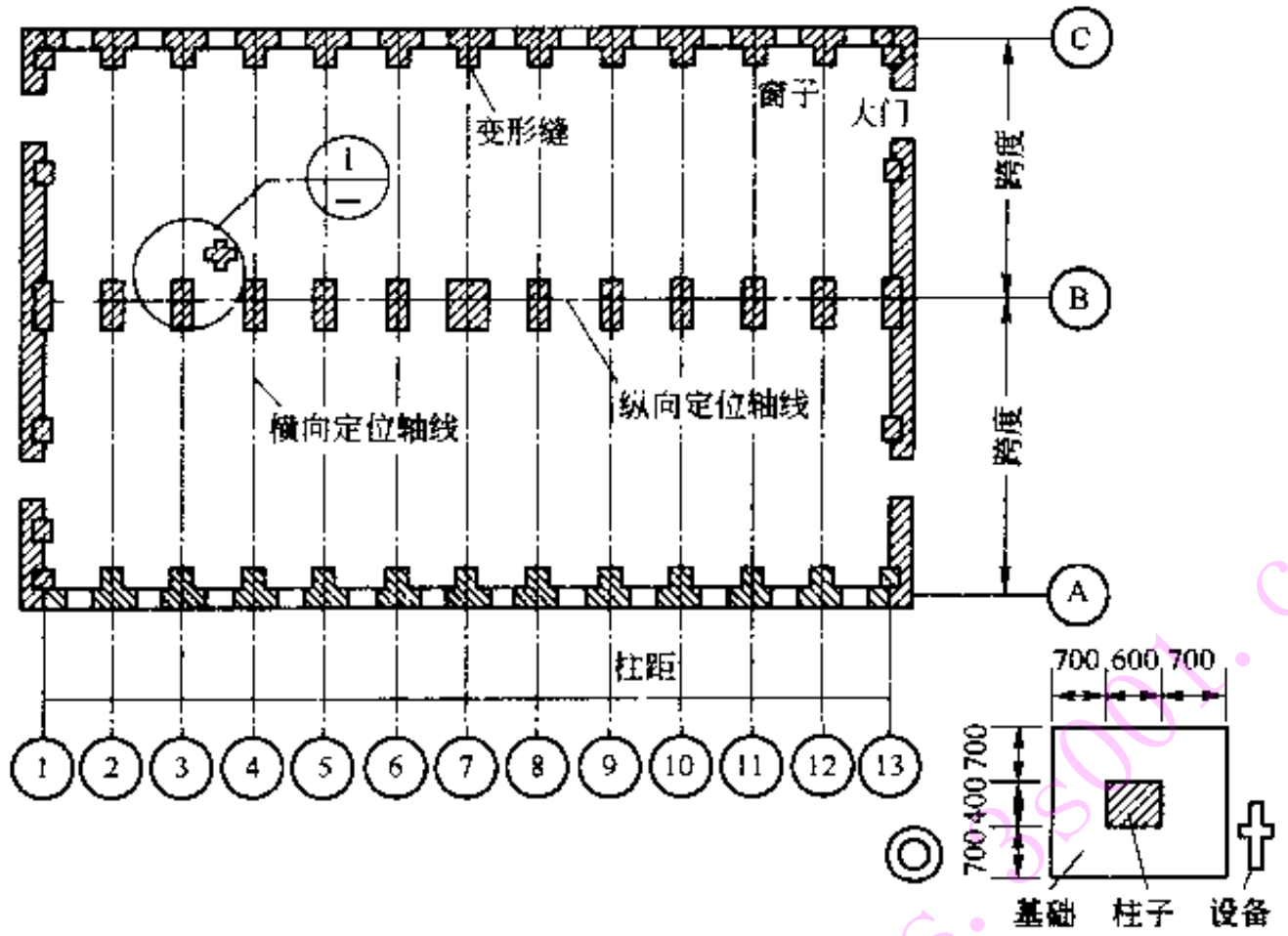


图 2-3　柱网结构图

跨度数目的确定是在确定跨度尺寸的同时就要考虑的，它是和工艺布置紧密联系着的。车间内的各工段，根据需要可以集中在一跨度内，也可分散在几跨内；可采用单跨厂房，也可采用多跨厂房（如炼钢、铁合金厂就是如此）。

(2) 厂房长度及柱距的确定

厂房长度取决于车间设备大小。数量以及排列方式，备用设备的存放所占面积，柱间距、空跨间的设置情况以及膨胀缝的宽度和数目。

就设备安装的有效空间利用而言，柱距大比柱距小要好，考虑到实际效果，我国规定装配式钢筋混凝土结构的单层厂房 6m 柱距是基本柱距，它是与屋面板、吊车板、墙板等构配件配套的。近年来冶金工厂的厂房也有采用 6m、12m、18m 的混合柱距，这有利于工艺布置和取得综合的经济技术效果，某些厂房也有采取 9m 柱距的，砖石结构厂房则采用 4m 柱距，厂房柱子多是非标准构件，当工艺有特殊要求时，也可将局部柱距扩大，如

① 铁合金和炼钢车间：当电炉横向布置时，炉子跨与浇注、铸锭跨间的侧柱，安装电炉的柱距要相应扩大到 12～18m（即中间抽掉 1～2 根柱子），并用托架梁置换。

② 车间内运输的要求也常常影响厂房的柱距，为方便铸锭周转运行，常在铸锭跨外侧铁路交叉处抽掉 3～5 根柱于，为跨间运输的需要，有时也要扩大柱距。

从另一方面看，柱距的扩大，厂房造价将提高、托架梁需加厚，在现有工业厂房中不宜采用“肥梁胖柱”结构。因此，从发展趋势看，扩大柱距有其长远的意义；适当扩大柱距有利于提高车间工艺布置的灵活性，有利于生产的发展和工艺的更新。

2.5　建筑物的一般要求

2.5.1　装置内建筑物

(1) 生产厂房　生产厂房包括各种需要在室内操作的厂房。

(2) 控制室和辅助生产厂房　辅助生产厂房包括变配电室、维修间、仓库等。

(3) 非生产厂房　如办公室、值班室、更衣室、浴室、厕所等。

2.5.2　建筑物的模数

建筑物的跨度、柱距、层高等除有特殊要求外，一般应按照建筑统一模数设计，常用模数如下。

(1) 跨度：6.0,7.5,9.0,10.5,12.0,15.0,18.0(m)。

(2) 柱距：4.0,6.0,9.0,12.0(m)。钢筋混凝土结构厂房柱距多用 6m。

(3) 进深：4.2,4.8,5.4,6.0,6.6,7.2(m)。

(4) 开间：2.7,3.0,3.3,3.6,3.9(m)。

(5) 层高：2.4+0.3 的倍数(m)。

(6) 走廊宽度：单面 1.2,1.5(m)，双面 2.4,3.0(m)。

(7) 吊车轨顶：600mm 的倍数(厂房 ±200mm)。

(8) 吊车跨度：600mm 用于电动梁式、桥式吊车：跨度 −1.5m；用于手动吊车：跨度 −1.0m。

2.5.3　厂房高度

厂房高度主要根据设备吊装所需空间和设备进出口管道标高确定。对于有固定起重设备厂房的高度 H，参照图 2-4。

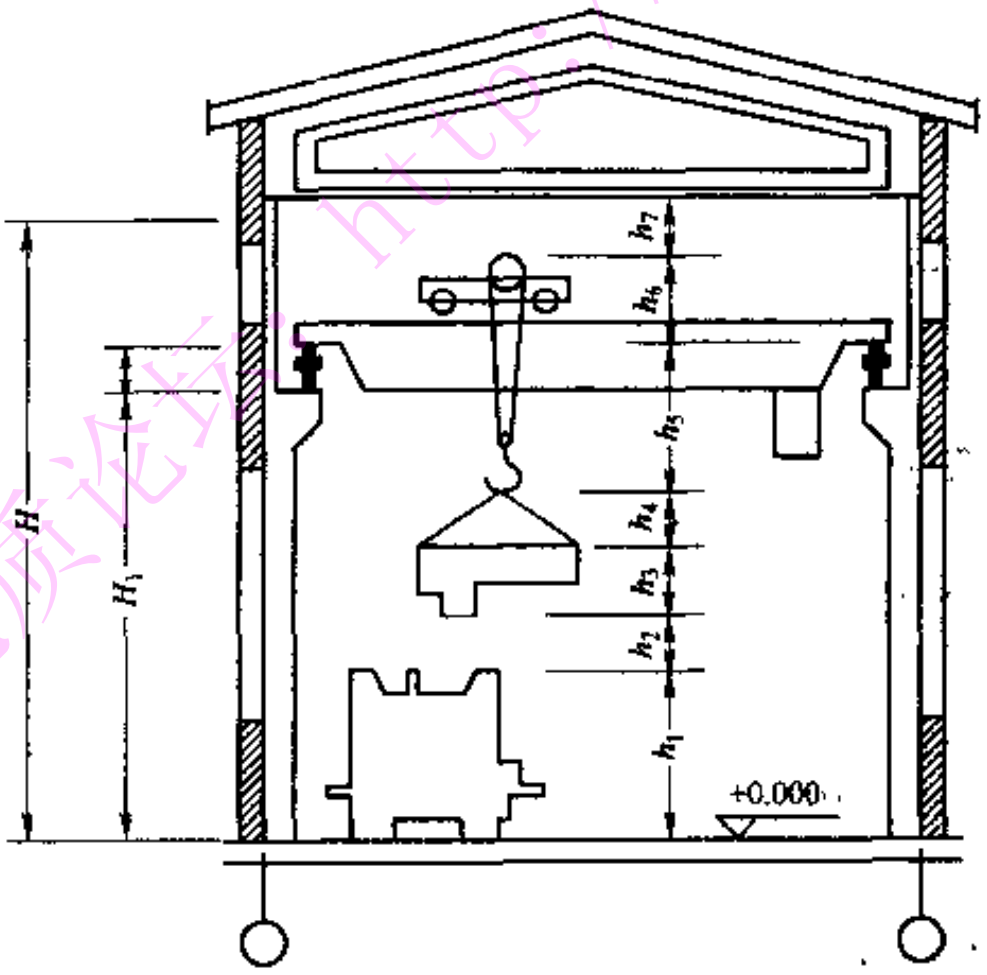


图 2-4　厂房高度示意图

2.5.4　地面通道和厂房的门

通道和门除了满足车间内的地面运输、工人往来外，还要保证在发生事故时，工人能很快地疏散出去。

车间内设一条横向通道，约 80m 宽，厂房内至少需设一条横向通道，横向通道要注意安全性。

(1) 厂房出入口应便于操作人员通行,并至少应有一个门能使厂房内设备的最大部件出入。但可不考虑安装在厂房内的大型设备如容器的进出,一般此类设备是在吊装以后再行砌墙封闭厂房的。

(2) 检修时如有车辆进入,门的宽度和高度,应能使车辆方便地通过。如通行火车的门,尺寸一般为 4200mm×5100mm,这是根据机车高度 4424mm 和拖车宽度 3070mm 的净空要求确定的。

(3) 安全疏散出口应向外开启,有可燃介质设备厂房的疏散出口不应少于两个。

2.5.5 吊装孔的位置

在两层和两层以上的生产厂房内布置设备时,应使厂房结构满足设备整体吊装要求,并应按设备检修部件的大小设置吊装孔和通道。吊装孔的位置应设在出入口附近或便于搬运的地方。

2.6 基础

地基与基础对房屋的安全和使用年限有很重要的作用。如基础设计不良,地基处理考虑不周,可使建筑物下沉过多或出现不均匀下降,致使墙身开裂,严重的导致建筑物倾斜、倒塌。若房屋建成之后才发现基础有问题,补救也较困难。因此,在设计之前,必须对地基进行钻探,充分掌握并正确地分析地质资料,在此基础上妥善设计,以免造成浪费或后患。

2.6.1 地基与基础概念

基础是房屋在地面以下的承重结构,它承受房屋上部的全部荷载并将它传递到土层。基础下面承受压力的土层称为地基。

2.6.1.1 地基

在做基础设计时,要先掌握当地的土质性质以及地下水的水质和水位。作为地基土,其单位面积能承受基础传下来的载荷的能力,叫做地基的允许承载力,也称地耐力,以 MPa 或 t/m^2、kg/cm^2 来表示。

地基土分为岩石类、碎石类、砂类、黏性土等多种。它们的允许承载力差别很大,即使是同一种土质,由于它们的物理力学性质不同,其允许承载力也不相同。硬质的岩石可达 4MPa(400t/m^2)以上,淤泥则在 0.1MPa(10t/m^2)以下。

如建筑物高大而地基较弱,基底压力与地基允许承载力不相适应时,要设法加固地基。如基础下面仅局部为松软土层时,则可将该土挖去,换以砂或低标号的块石混凝土。若土层很深,则可做桩基,一般多采用预制的钢筋混凝土桩或就地灌注的混凝土桩,以提高地基的允许承载力。

在建筑工程的地基内有地下水存在时,地下水位的变化、水的侵蚀性等,对建筑工程的稳定性、施工及正常使用都有很大的影响,必须予以重视。

2.6.1.2 基础

图 2-5 为一外墙基础剖面。基础的最底面(与地基接触部分)称为“基底”,由室外地面到基底的深度称为“基础埋置深度”。在寒冷地区的冬季冻结期,土壤冻结层的厚度称为“冻结深度”,它是根据当地多年来测定的最大冻结深度求得的平均值。例如:北京为 0.8m,哈尔滨为 2.0m,上海为 0.06m。冻结层的下边称为“冰冻线”。地下水的上表面称为“地下水位”。

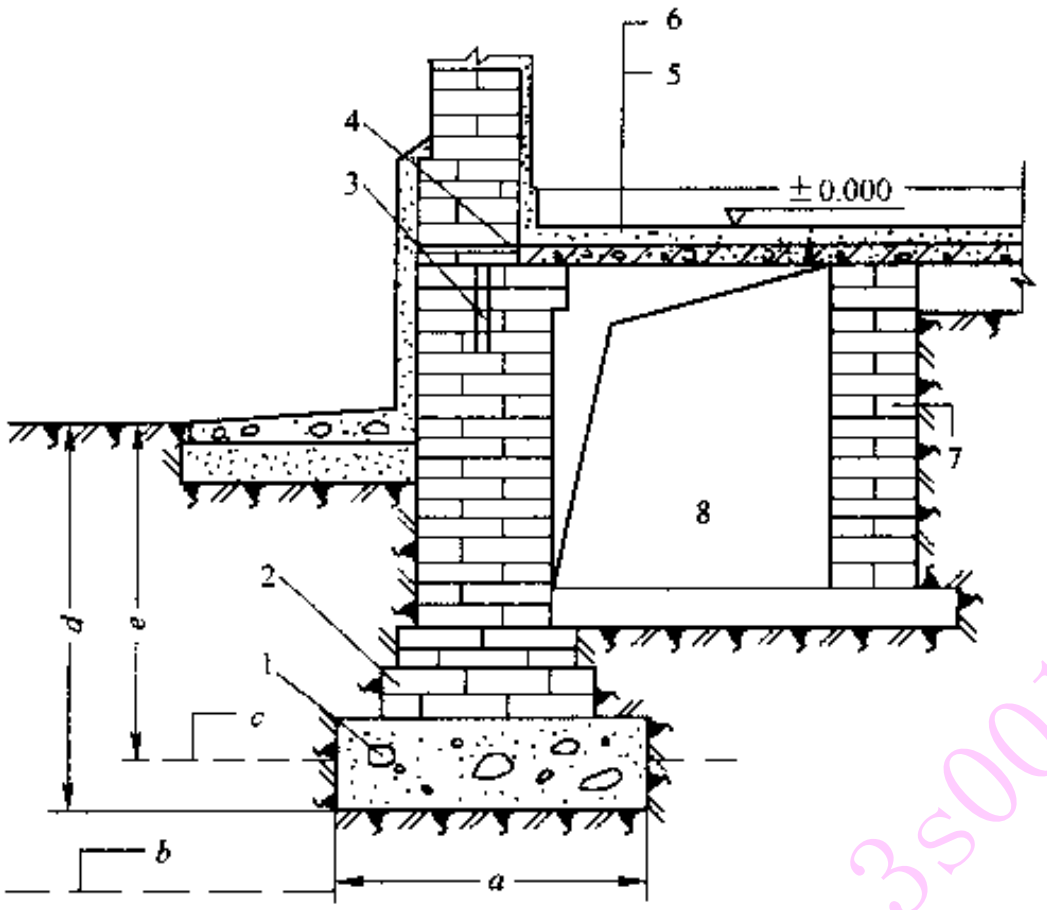


图 2-5　外墙基础剖面

1—混凝土基础；2—砖基础；3—管道通气孔；4—墙身防潮层；5—钢筋混凝土盖板；6—水泥砂浆抹面层；7—管沟小墙；8—地下管沟；a—基底宽度；b—地下水位；c—冰冻线；d—基础埋置深度；e—土壤冻结深度

基础的底宽与其底面积有关，面基底面积的大小则由基础所承受的荷载和地基的承载能力来决定，也就是：

$$P \leqslant R$$

式中　P——基础底面传给地基的平均压力，t/m^2；

R——地基允许承载力，t/m^2。

如建筑物高大或地基的允许承载力小时，为满足上述条件，基础的底面积要加大，基底的宽度也随之加大。

2.6.2　基础的类型和材料

2.6.2.1　承重墙下的基础

以砖石砌筑的承重墙多用条形基础，所用材料可以与墙身相同。即墙身用砖，基础也用砖；或墙身用砖，基础用石（如图 2-6 所示）。当地下水位较高、槽底湿软或见水时，则用混凝土或毛石混凝土，即在混凝土中掺入毛石以节约水泥用量（图 2-7）。当遇到地质较软而荷载又较大的房屋，常用抗弯性能较高的钢筋混凝土基础（图 2-8）。

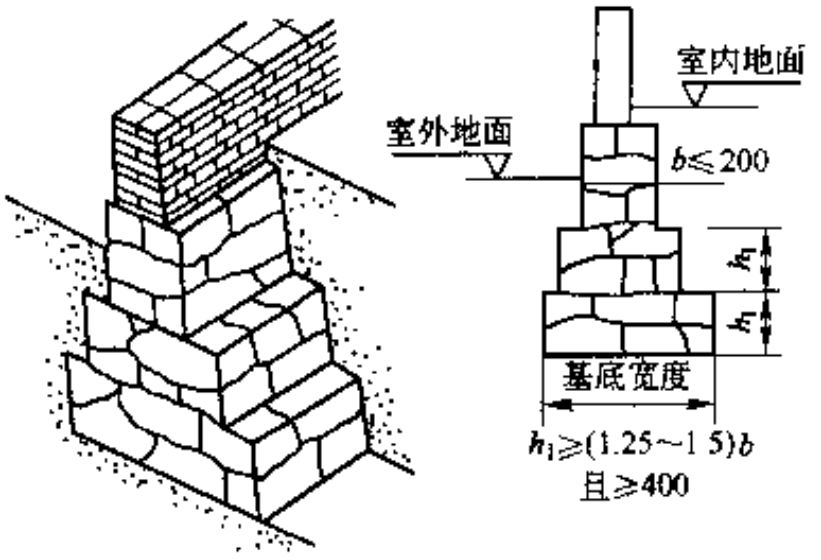


图 2-6　石砌条形基础

2.6.2.2　骨架结构的基础

由于骨架结构的垂直承重结构是柱，所以一般做成单独的基础，其材料常用钢筋混凝土（图 2-9）。

在比较软弱的地基上建造单独基础时，由于基底面积为适应地耐力而需扩展，以致相邻

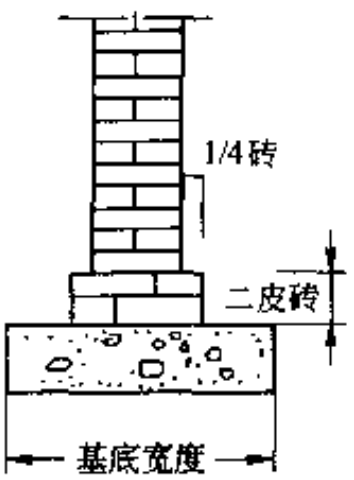
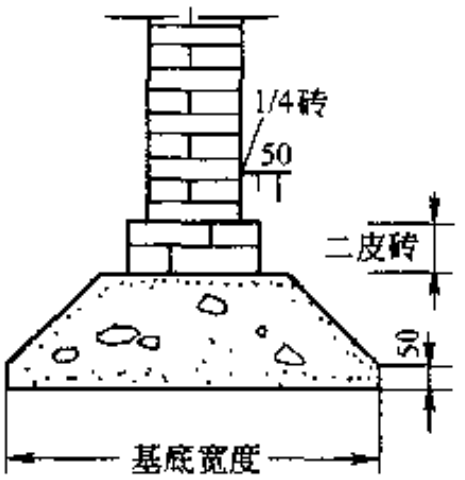


图 2-7　混凝土(或毛石混凝土)基础



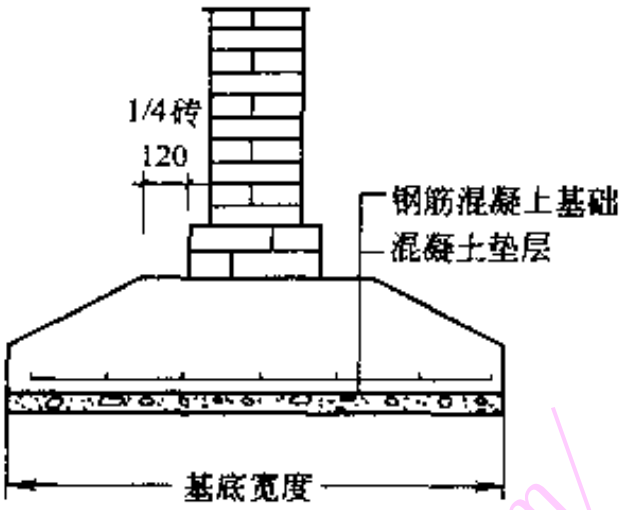


图 2-8　钢筋混凝土基础

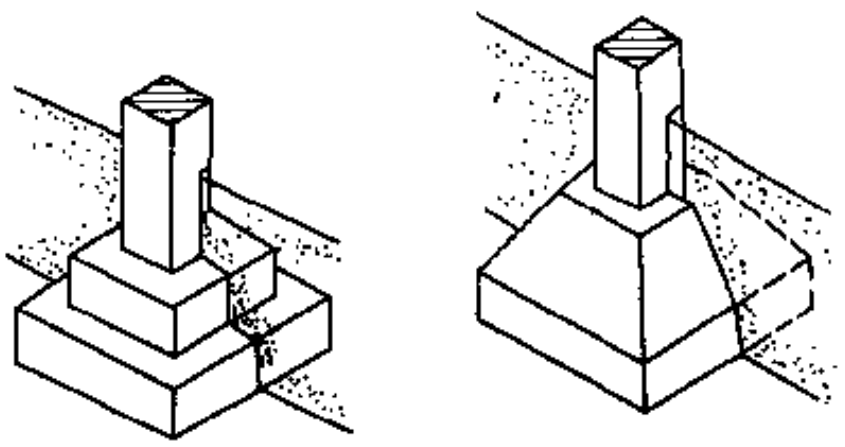


图 2-9　柱的单独基础

的基础靠得很近。这时，为施工方便和加强结构的整体性，常将这些单独基础连接起来，做成柱下的钢筋混凝土条形基础(图 2-10)。如土质更弱，单向联合也无法保证房屋的整体性时，可考虑在纵横双向采用条形基础，做成十字形相交的井柱基础。这样，不但可以进一步扩大基础的底面积，而且能够增强其刚度，有利于消除房屋的不均匀沉陷(图 2-11)。

当土质很弱而上部荷载又很大，如果采用井格基础仍不能满足要求时，可将基础做成整片的钢筋混凝土筏式基础。

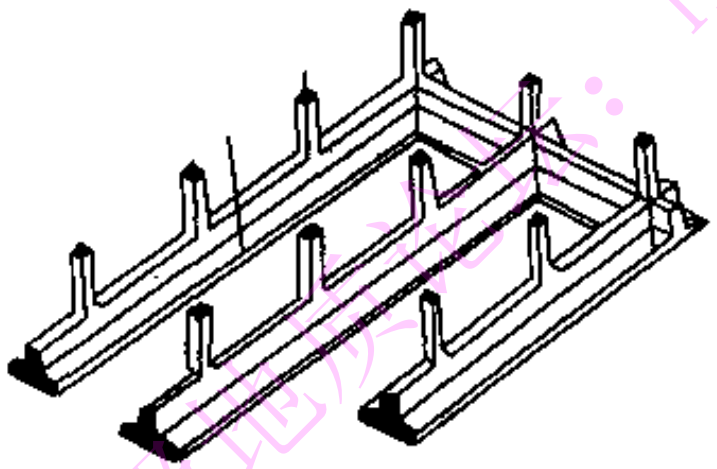


图 2-10　柱下钢筋混凝土条形基础

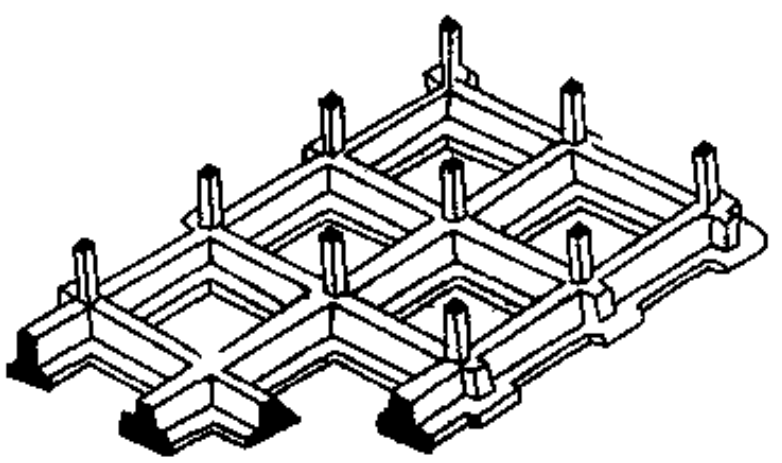


图 2-11　柱下钢筋混凝土井格形基础

2.6.3　基础的埋置深度

在保证坚固安全的前提下，从经济方面考虑基础应尽量浅埋，但地层表面有一层松软的腐殖土，不宜用做地基，故埋置深度(简称埋深)一般不得小于 0.5m。

基础埋深与建筑物的用途有关，当有地下室、地下管沟或设备基础时，基础就应埋得深些。

基础埋深还与地基土层分布的状况有关，如上层土的承载力小于下层土时，则要深埋；如上层土的承载力大于下层土时，则要浅埋，利用上层土作为地基的持力层。

冻结深度对基础埋深也有影响，一般地说在冻结深度内的土壤都要冻结，但因土的种类不同，冻结后有两种情况：1)属于粗颗粒的土(如岩石类、大块碎石类、砾砂、粗砂、中砂)在冻

结后不膨胀或膨胀很小，对基础影响不大，建造在这类土上的基础，其埋深不受冻结深度的影响。2)属于细颗粒的土(如细砂、粉砂、黏土等)，在地下水位较高的情况下(含水量很小和地下水位很低的情况除外)，冻结后其体积膨胀增大，这类土称为冻胀性土。当基础底面放在这类土的冻结深度以内时，则由于地基土冻胀而引起基础上升，解冻时基础又会下沉。若房屋各部基础下的地基土冻融情况不同，将会产生不均匀沉降，甚至使上部结构砖墙等断裂和破坏。因此，在确定这类土的基础埋深时，应仔细考虑。

2.7 单层厂房结构

单层厂房的结构形式按它所用的材料来分，有砖混结构、钢筋混凝土结构、钢—钢筋混凝土结构、钢结构等。下面重点介绍砖混结构和装配式钢筋混凝土结构。

2.7.1 砖混结构

这种结构一般是由带壁柱的砖墙和钢筋混凝土屋架(或屋面架)组成，小型高炉的出铁场常采用这种形式。如厂房没有吊车，则可在壁柱上设置吊车梁(图 2-12a)。为节约材料的用量，也可将吊车轨道铺在砖墙上，为了保证吊车行驶，砖壁柱和吊车以上的砖墙向外移(图 2-12b)。

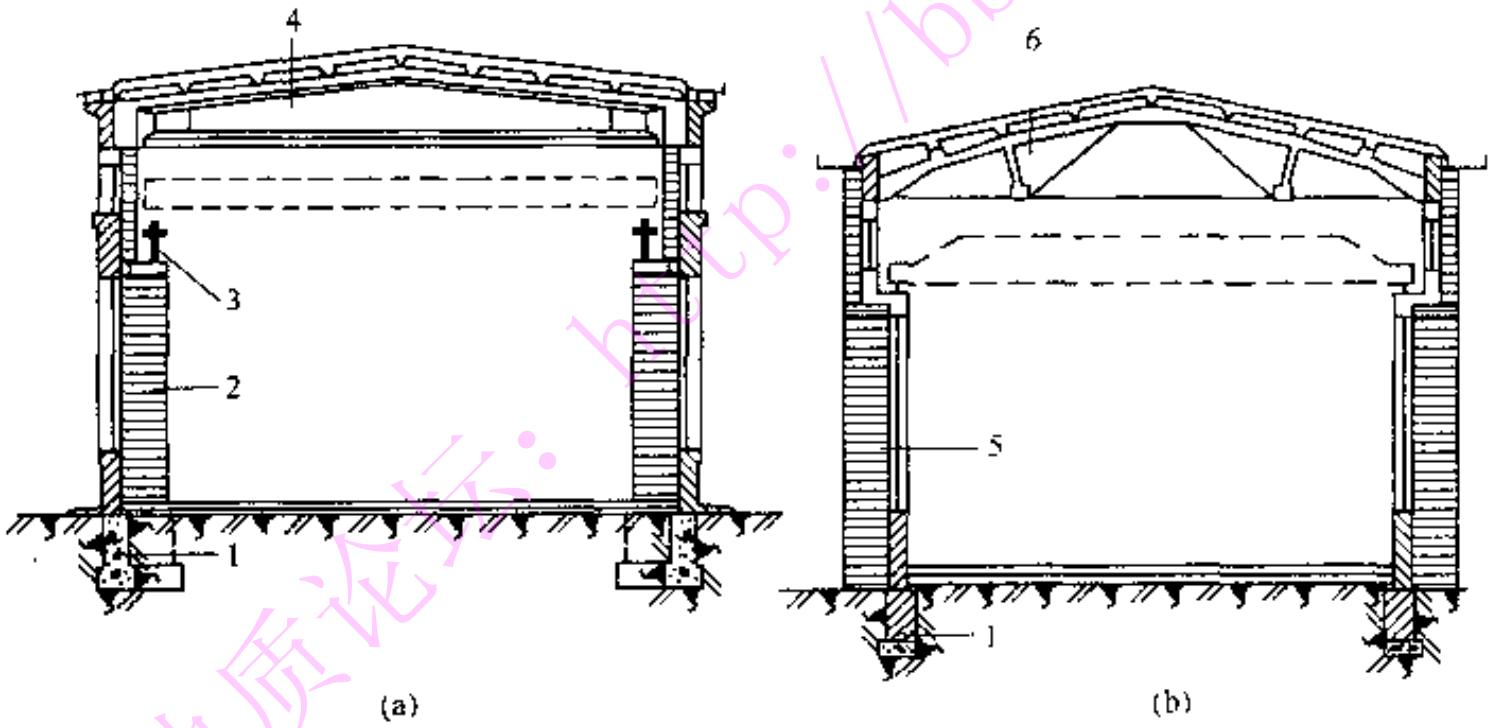


图 2-12 单层厂房砖混结构

1—带形基础；2—带内壁柱的承重砖墙；3—钢筋混凝土吊车梁；4—钢筋混凝土屋面架；5—带壁柱的承重砖墙；6—钢筋混凝土组合屋架

此种结构造价较低，节约钢材和水泥，便于就地取材，施工简便，惟因受砖的强度所限，故只适用于跨度不大于 15m，檐高在 8m 以下，吊车吨位不超过 5t 的小型厂房。

2.7.2 装配式钢筋混凝土结构

单层厂房钢筋混凝土结构是由横向骨架和纵向联系构件组成(图 2-13)。

横向骨架由屋架、柱和基础组成，它承受天窗、屋顶及墙等部分传来的荷载以及自重。有吊车的厂房，还要承受由吊车所产生的各种荷载。这些荷载由柱传至基础。

纵向联系构件由联系梁、吊车梁、屋面板(或檩)、柱间和屋架间支撑等组成。它们的作用是保证横向骨架的稳定性，并承受山墙及天窗端壁的风力以及吊车纵向水平荷载，这些荷载也通过柱传至基础。

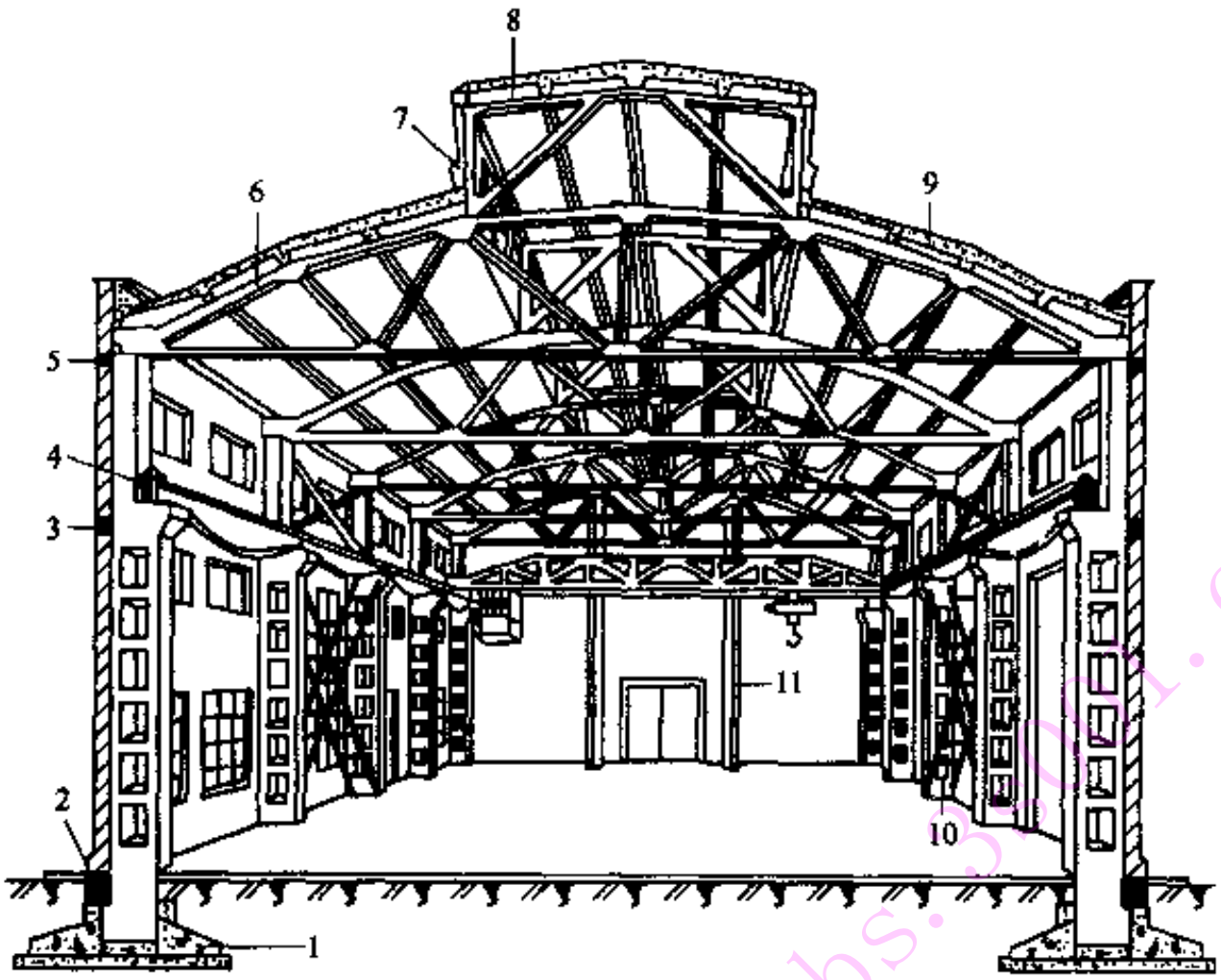


图 2-13　单层厂房骨架结构组成

1—杯形基础;2—基础梁;3—口梁;4—吊车梁;5—口梁;6—屋架;
7—天窗侧板;8—天窗架;9—屋面板;10—柱间支撑;11—抗风柱

骨架结构的外墙只起围护作用,除承受风力和自重外并不承受其他荷载。

装配式钢筋混凝土结构的柱、基础、联系梁、吊车梁及屋顶承重结构等都是采用预制构件,目前国家把各地区比较先进的、成熟的、常用的构件编制成标准图,以便设计单位选用。

2.7.2.1　柱

在无吊车的厂房中,柱的截面常采用矩形,截面尺寸不小于 300mm×300mm。

在有吊车的厂房中,一般在柱身伸出牛腿以支承吊车梁,常用的有矩形柱、工字形柱、双肢柱等(图 2-14a)。

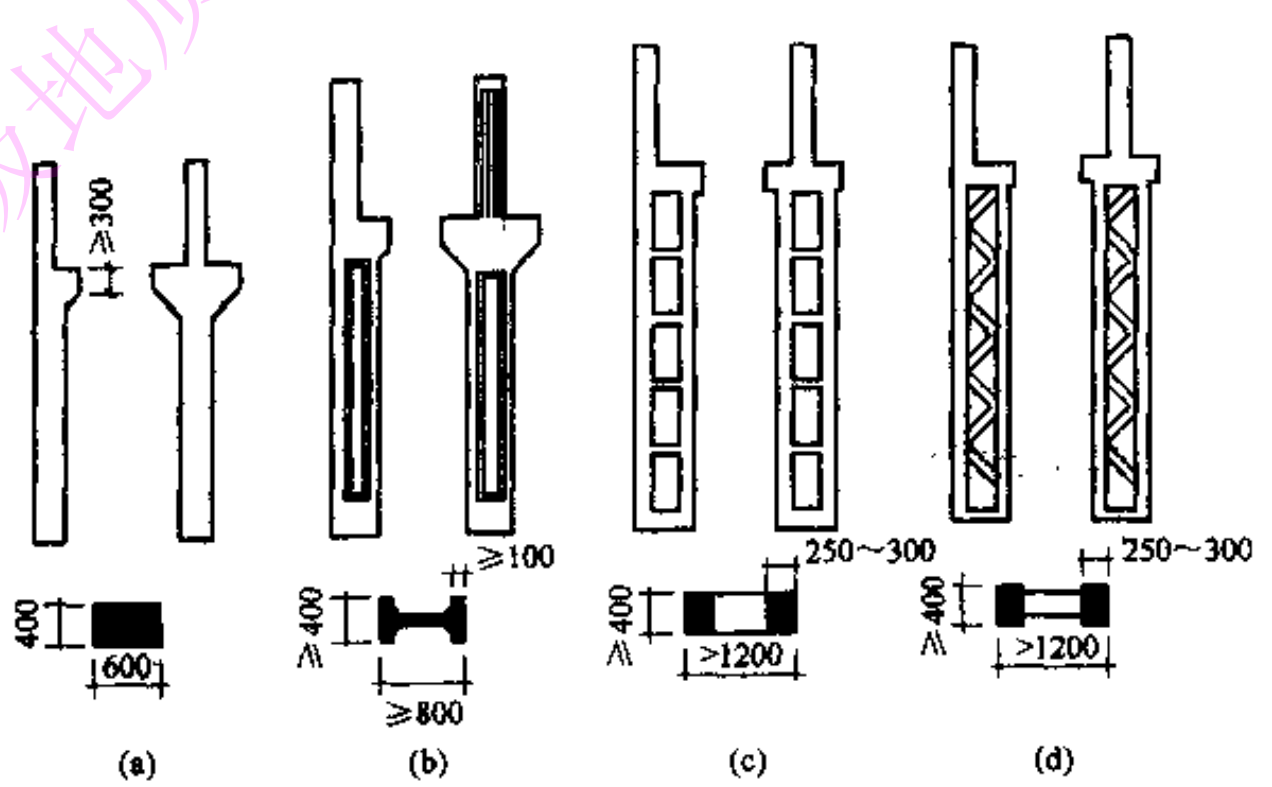


图 2-14　钢筋混凝土柱

(a)矩形柱;(b)工字形柱;(c)平腹杆双肢柱;(d)斜腹杆双肢柱

工字形柱的截面开工较矩形柱受力合理，材料较省，是目前采用较多的一种型式（图 2-14b）。

双肢柱是由两根主要承受轴向力的肢杆用腹杆联系而成（图 2-14c、d）。能充分利用混凝土的强度，材料较省，自重也轻。吊车的垂直荷载通过肢杆轴线，受力合理，不需另设牛腿，从而简化该处构造。但双肢柱的节点多，构造较复杂。当柱的高度和荷载较大时，宜采用双肢柱。

2.7.2.2 吊车梁

在有吊车的厂房中，需设置吊车梁，一般是支承在柱的牛腿上。吊车梁上有钢轨，吊车的轮子沿钢轨运行。吊车梁承受吊车的垂直及水平荷载并传给柱子，同时也增加了骨架的纵向刚度。

吊车梁的形式有梁式和桁架式，在梁式吊车梁中，又可分为等截面的和变截面的两种。

等截面吊车梁有两种形式。一种是用普通钢筋混凝土制成的，其截面形式为 T 形（图 2-15a），其上部翼缘较宽，以增加承压面积和横向刚度，薄腹板的厚度为 120～180mm，在梁的端部则要加厚。另一种是用预应力混凝土制成的，为制成的需要，在 T 形截面下增添下翼成工字形（图 2-15b）。这后一种比前一种能承受较大的吊车荷载。

变截面吊车梁也有两种形式。一种叫混凝土鱼腹式吊车梁（图 2-15c），将梁的下部设计成抛物线形，比较符合梁的受力特点，能充分利用材料强度，减轻自重，节约材料，可以承受较大的荷载，惟制作时曲模较复杂。另一种叫预应力混凝土折线式吊车梁（图 2-15d），其原理与鱼腹式的相同，但简化了模板，制作较方便。变截面吊车梁一般用于吊车吨位大、跨度大的厂房。此外还有全钢结构的吊车梁。

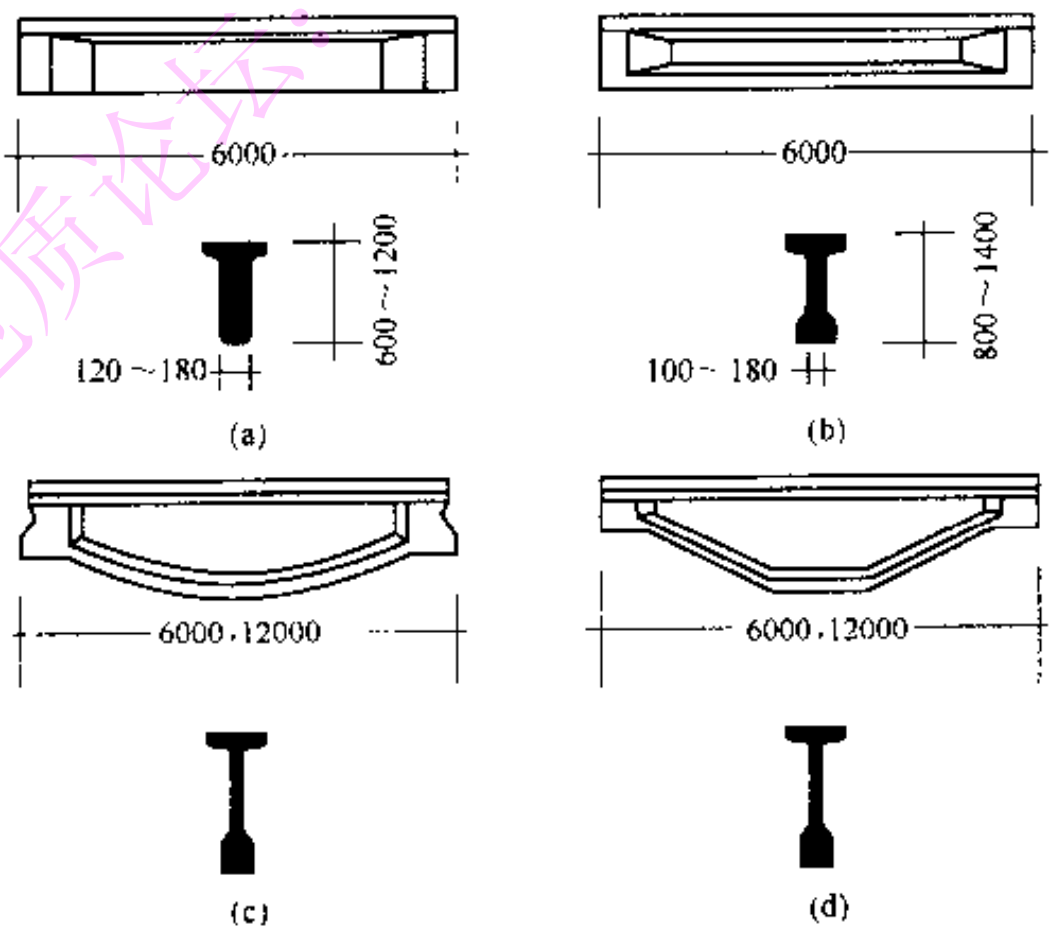


图 2-15 钢筋混凝土吊车梁

(a)钢筋混凝土等截面吊车梁；(b)预应力混凝土等截面吊车梁；(c)预应力鱼腹式吊车梁；(d)预应力混凝土折线式吊车梁

吊车梁的跨度一般为 6m，支承和焊接在柱的牛腿上。

学 习 思 考 题

1. 试述“建筑统一模数制”中基本模数和扩大模数的尺寸各是多少？
2. 用图示定位轴线的画法与编号的标注方法。
3. 什么是绝对标高、相对标高，一般工厂的相对标高零点定在哪里？
4. 什么叫跨度、柱距、变形缝、单层厂房的横向骨架和横向联系构件、平腹杆双肢柱(草图)？
5. 如何考虑基础的埋置深度和面积？
6. 何谓风玫瑰图，其表示的吹风的含义是什么，它对设备布置设计有什么作用？指出北京和成都的主导风向。

顶级地质论坛：http://bbs.3s001.com/

3 冶金工艺设计

工艺设计是整个冶金工厂设计的核心。这是由于在任何一项完整的工程设计中，绝大多数原始设计条件都是由工艺专业提出或经过工艺专业确认后提出的，所以说工艺专业在项目设计中起着灵魂和龙头的作用。

3.1 工艺专业的设计任务

(1) 接受并审查项目中有关冶金工艺设计的原始条件。
(2) 进行工艺方案比较，确定工艺流程，绘制工艺流程图、工艺平断面配置图。
(3) 进行物料、能量计算，编制物料衡算表。
(4) 确定主要设备操作条件，进行冶金设备、单元操作计算，确定设备选型。
(5) 汇总编制工艺设备表。
(6) 编写工艺说明书。
(7) 提出各专业的设计条件。
(8) 提出特殊用电要求。
(9) 提出“三废”处理的项目和技术建议。

3.2 工艺专业的资料交接

3.2.1 收集设计条件

工艺专业在设计工作开始前应具备必要的条件和资料才能进行设计，该专业应必备的基本设计条件有：

(1) 设计合同书和设计任务书；
(2) 可行性研究；
(3) 设计基础资料——由建设单位提供的当地工程地质、水文地质、气象、地形图、环保的具体要求(国家环保标准)等资料；
(4) 由用户提供的与本工程有关的协议文件，如供电、供水、供汽、运输、原燃料供应、产品销售等；
(5) 设计规定和工程标准；
(6) 从技术管理部门获得已评审的物性数据、冶金单元计算公式、数据，以及计算机程序使用说明。

3.2.2 提出设计条件

工艺专业向其他专业所提的设计条件，有些是需要经过专业间的多次往返修正才能确定的，其工艺专业工作提交的设计条件见本章设计委托任务书部分。

3.3 工艺流程的设计

由于冶金工业各生产过程的工艺流程相对比较成熟、稳定，如电解铝、高炉炼铁等。在

进行设计时，一般都有现成的工艺流程作参照。工艺流程设计主要包括确定工厂规模和工艺流程、绘制工艺流程图等内容。

3.3.1 冶金工厂的规模

世界上工业发达国家都以企业主要产品的综合生产能力作为衡量企业规模的标准。

企业规模有大、中、小型之分。一般来说，大型企业可以采用现代化的高效率设备和装置，广泛应用最新科学技术成就；便于开展科学研究工作，担负各种高级、精密、大型和尖端产品的生产，解决国民经济中的关键问题；有利于“三废”处理及综合利用，防止污染，保护环境；便于专业化协作等。大型企业能减少单位产品的基建投资，降低消耗和成本，取得较大的经济效益。因此凡是产量大、产品品种单一、生产过程连续性强、产量比较稳定的工业，如冶金、石油化工、火力发电、水泥工业等，都比较适合于大规模生产。

在冶金工业中，中、小型企业也占有相当大的比例，在国民经济中发挥了十分重要的作用。但是大多数中、小型企业目前还存在管理水平低、技术力量较为薄弱、设备陈旧、专业化水平不高、消耗大、成本高等问题，有待进一步整顿与改造。

大生产的经济效果并不是在任何部门、任何条件下都好，对于品种多、生产批量小且变化大的产品，往往在中、小型企业里生产更为经济合理。因中、小型企业在生产、技术、经济等各方面有许多大型企业所缺少的优点，即：一次基建投资少，建设时间短，投资效果发挥快；布点可以分散，就地加工，就地销售，节约运输，利于各地区特别是边远和少数民族地区的经济发展，改善工业布局；生产比较灵活，设备易于调整与更换，能更好地按需要组织生产，为大企业协作配套服务，为满足多种多样的需要服务，利于利用分散的资源、人力、物力，解决就业问题等。因此，工业企业规模结构的发展趋势仍然是：一方面，大企业产量在该部门总产量中的比重日益增加，企业的平均规模日益扩大；另一方面，在大企业的周围，又有大量的中、小企业并存。

划分大、中、小型企业的标准，依其生产技术经济特点、产品品种及生产技术发展水平的不同而不同，并会不断变化。例如，我国曾将年产 3 万 t 铝的电解厂划分为大型企业，面现在要年产 8 万 t 铝电解厂才算大型企业；又如，有的国家把年产钢 500 万 t 以上的钢铁企业划为大型企业，面我国则把年产钢 100 万 t 以上的企业划为大型企业。目前我国大中型企业划分为特大型企业，大一、大二型，中一、中二型，小型等六类，冶金企业的规模具体如下：

特大型冶金企业

钢铁工业	
钢铁联合企业	年产钢 150 万 t 及以上；生产用固定资产原值 10 亿元及以上
独立铁矿	年产铁矿石能力 600 万 t 及以上；生产用固定资产原值 8 亿元及以上
有色金属工业	
有色金属联合企业	
镍、锑、锡加工企业	年产能力 5 万 t 及以上；生产用固定资产原值 6 亿元及以上
重金属企业	年产能力 7 万 t 及以上；生产用固定资产原值 6 亿元及以上
氧化铝企业	年产氧化铝能力 60 万 t 及以上；生产用固定资产原值 6 亿元及以上
冶炼电解企业	年产电解铝能力 20 万 t 及以上；生产用固定资产原值 8 亿元及以上

大中小型冶金企业

	单　位	大一	大二	中一	中二	小型	备　注
黑色金属工业							
钢铁联合企业	万 t/a	100 及以上	60～100	30～60	10～30	10 以下	钢、铁、材一项达到均可
特殊钢企业	万 t/a	50 及以上	30～50	20～30	10～20	10 以下	
独立轧钢企业	万 t/a	—	100 及以上	30～100	20～30	20 以下	
独立炼铁企业	万 t/a	150 及以上	120～150	50～120	20～50	20 以下	
独立铁矿	万 t/a	300 及以上	200～300	100～200	60～100	60 以下	
其他黑色金属工业							
生产用固定资产原值	亿元	10 及以上	5～10	3～5	2～3	2 以下	
有色金属工业							
镍、锑、锡联合企业	万 t/a	3 及以上	1.5～3	1～1.5	0.5～1	0.5 以下	
其他重金属联合企业	万 t/a	6 及以上	3～6	2～3	0.8～2	0.8 以下	
采选企业							
砂矿	万 t/a	400 及以上	200～400	150～200	100～150	100 以下	
脉矿	万 t/a	200 及以上	100～200	50～100	20～50	20 以下	
氧化铝企业	万 t/a	40 及以上	20～40	10～20	5～10	5 以下	
常用金属冶炼、电解企业	万 t/a	8 及以上	4～8	2.5～4	1～2.5	1 以下	
常用金属加工企业							
重金属	万 t/a	6 及以上	3～6	1.5～3	0.5～1.5	0.5 以下	
轻金属	万 t/a	4 及以上	2～4	1～2	0.3～1	0.3 以下	
黄金企业							
砂矿	万 t/a	—	1000 及以上	500～1000	300～500	300 以下	
脉矿	万 t/a	—	30 及以上	25～30	10～25	10 以下	

确定企业的最优规模是一个比较复杂的课题，一方面受企业内部因素的影响，如生产技术、生产组织和管理水平等，这些因素影响着生产效率和产品成本；另一方面受企业外部因素的影响，如市场需求、原材料及水电的供应、运输条件等，这些因素影响着产品的销售费用和运输成本。在确定最优规模时，要对各种因素和条件进行分析对比，做出最优方案的选择。

最优生产规模，就是成本最低、效益最高时的生产规模。选择这种规模，是以采用先进技术设备和先进工艺，充分发挥生产潜力为基础的。如果对产品需求量很大，超过了各厂的生产能力，就应按最优规模安排几个厂点；有的产品需要量小，或者虽然需求量大，但供应距离太远、运输费用高，则应相对缩小规模。

要合理确定企业规模，除探索完善的数学计算方法外，还必须对现有企业的规模进行调查研究和分析，总结国内外确定企业规模的经验，从实践中找出企业的最优规模。

根据冶金生产的特点，在确定冶金工厂的规模时，应充分考虑以下问题：

(1) 市场供需条件，矿产资源及主要原材料、水、电等的供应，技术及资金条件。

(2) 中小型冶金工厂一般可一次建成投产，大型冶金工厂可考虑分期分批建设，分系列建成投产，在短期内形成生产能力。

(3) 冶金工厂一般具有高温、粉尘、噪声、废水排放的特点，在确定规模时，要充分考虑环保要求。

3.3.2 工艺流程选择

冶金工艺流程是指从单一的矿物原料(如铁矿、锰矿、铬矿、氧化矿、硫化矿或碳酸盐等)或复杂的矿物原料(如含氧化矿、硫化矿的混合矿或多金属的钒钛、含铁铌稀土的复合矿物)经过若干工序加工成产品(金属、化工产品、合金等)的过程，因此工艺流程的选择，实质上就是生产方法及生产工艺路线的选择。

钢铁冶金的工艺流程选择相对要简单一些，如铁矿粉烧结或球团、高炉炼铁、直接还原、转炉炼钢、电炉炼钢、高炉铁合金、电炉铁合金、连铸连轧、一火成材、棒线材轧制、钢管生产、冷轧板、型钢生产等，从生产方法大体上可以看出所采用的工艺流程。有色冶金工艺流程，由于矿物原料成分、性能及储量等的不同，各个国家技术水平和技术政策的差别，乃至同一国家不同地区自然条件、环保要求等的不同，所选择的工艺流程也不同。

所选工艺流程在技术上是否先进可靠，经济上是否合理，将直接关系到企业的投资水平和建成后的生产水平、经济效益乃至工厂的前途。总之，一座新建冶金工厂的全部设计内容，都是围绕着确定的工艺流程而展开的。因此，工艺流程的选择是一项十分重要的工作。

3.3.2.1 选择准则

(1) 对原料有较强的适应性，能使产品品种具有可变性和多样性，不致因原料成分有所变化而影响产品的产量和质量。

(2) 在确保产品符合国家及市场需求的前提下，能充分利用原料中各有价元素并获得最高的金属回收率、设备利用率；能有效地进行“三废”治理，保护环境；能简化工艺，缩短流程，降低能耗，从而节省投资，降低成本。

(3) 技术上要先进可靠，采用的装备及材料易于加工制造、检修、维护和就地解决。在资金许可的条件下，尽可能采用现代化生产手段，提高技术水平，减轻劳动强度，改善管理水平。

(4) 应能做到投资省、占地面积小、建设期短，投产后经济效益大、利润高。

3.3.2.2 工艺流程选择应考虑的基本因素

(1) 矿物原料(精矿或原矿)的物理性质、化学组成及矿相特点　在冶金生产中，同一种类的矿物原料，由于物理性质、化学组成及矿相特点的差异，以及所建厂区的自然经济条件及环保要求的不同，可以有各式各样的生产工艺流程，如：

1）不同的熔炼方法对原料的水分和粒度有不同的要求；

2）原料的化学组成不同，采用的工艺流程差别更大；

3）物料的矿相特点不同，选择的工艺流程也不同。

(2) 综合利用矿物原料，提高经济效益。

(3) 主要金属的回收率是评价流程好坏的主要标志。

(4) 生产所需的燃料和水电资源也常常左右工艺流程的选择。

(5) 深度加工问题。

(6) 基建投资费用和经营管理费用。

总的要求是所选工艺流程投资要省，经营管理费用要少。但两者往往发生矛盾，要全面衡量和比较。

影响工艺流程选择的因素很多，但在这许多影响因素中，必有少数几个是起主导作用的，要全力抓主导作用的因素，进行细致的调查研究，掌握确切的数据和资料，进行技术经济比较，选择最佳工艺流程。

3.3.3 工艺流程方案的技术经济比较

在冶金工厂设计过程中，必须坚持多种方案的技术经济比较，才能选择符合客观实际、技术上先进、经济上合理、能获得较好经济效益的方案。

设计方案可分为两种类型：一种是总体方案，一种是局部方案。总体方案涉及的问题一般是全局性或基本性的问题，例如冶金厂是否要建设，企业的规划和发展方向，企业的专业化与协作及冶炼方法的确定，厂址选择、产品品种及数量的确定等，这些都是冶金厂设计的带根本性的问题，一般在设计任务书下达前确定，相当于技术经济可行性研究。局部方案是指在初步设计过程中对某些局部问题所提出的不同设计方案，例如工艺流程方案、设备方案、配置方案等。总体方案通常由技术经济专业通过扩大指标或估算指标的计算与比较来完成；局部方案则一般由工艺专业完成。但对于一些中、小型厂的设计，工艺专业人员往往要承担全部设计方案的技术经济比较，只是依要求不同，其深度和广度有别罢了。

各种设计方案技术经济比较的程序和方法基本相同，下面主要结合工艺流程方案的技术经济比较进行讨论。

3.3.3.1 方案比较的步骤

(1) 提出方案。坚持多方案比较，杜绝未经任何分析说明的单一方案。所提出的方案应该技术上先进，工艺上成熟，生产上可靠，技术基础资料准备充分，选用的设备、材料符合国情。

(2) 对所提出的方案进行技术经济计算。

(3) 根据计算结果，评价和筛选出最佳方案。

3.3.3.2 方案的技术经济计算内容

(1) 根据工业试验结果，或类似工厂正常生产期间的有关年度平均先进指标，并参考有关文献资料，确定所选工艺流程方案的主要技术经济指标和原材料、燃料、水、电、劳动力等的单位消耗定额。如高炉的焦比、利用系数，硅铁的冶炼电耗指标等。

(2) 概略算出各方案的建筑及安装工程量，并用概略指标计算出每个方案的投资总额。

(3) 根据单位消耗定额确定冶金厂每年所需的主要原材料、燃料、水、电、劳动力等的数量，再计算出产品的生产费用或生产成本。

(4) 根据产品的市场价格,求出未来企业的总产值,由总产值和生产成本计算出企业年利润总额,再由投资总额和年利润总额计算出回收期。

(5) 列出各方案的主要技术经济指标及经济参数一览表(见表 3-1),以便对照比较。

表 3-1 主要技术经济指标一览表

项　　目	单　位	方　案		
		1	2	3
1. 年产量	t/a			
2. 主要生产设备及辅助设备情况 (规格、主要尺寸、数量、来源等)				
3. 厂房建筑情况				
3.1 全厂占地面积	m^2			
3.2 厂房建筑面积	m^2			
3.3 厂房建筑系数	%			
4. 主金属及有价元素的总回收率	%			
5. 主要原材料消耗情况	t/a			
6. 能源消耗情况(燃料、水、电、蒸汽、压缩空气、富氧等)	t/a 或 m^3/a			
7. 环境保护情况				
8. 劳动定员(生产工人、非生产工人、管理人员等)	人			
9. 基建投资费用	万元			
9.1 建筑部分投资	万元			
9.2 设备部分投资	万元			
9.3 辅助设施投资	万元			
9.4 其他有关费用(如相关投资等)	万元			
10. 技术经济核算				
10.1 主要技术经济指标				
10.2 年生产成本(经营费用)	万元/a			
10.3 企业总产值	万元/a			
10.4 企业年利润总额	万元/a			
10.5 投资回收期	a			
10.6 投资效果系数	%			
11. 其他				

在计算过程中,需按每个方案逐项进行计算;分期建设的项目,设计方案的投资和生产费用应按期分别计算;对于比较复杂或影响方案取舍的重要指标,应进行详细的计算。

3.3.3.3 方案比较的定量分析法

工艺流程方案或其他设计方案的技术经济分析,有定性分析和定量分析两种,两者是互为补充和相互结合使用的。定性分析法一般是根据经验积累及可能的客观实验对方案进行主观分析判断后,用文字将分析结果描述出来;而定量分析法则要进行具体的技术经济计算,把计算结果用数值或图表表达出来,并加以分析研究,确定最佳方案。因此,定量分析法比定性分析法更具有说服力,在工程建设中被越来越广泛地采用。

(1) 比较方案使用价值等同化　在进行方案比较时,一般要先把不同方案的使用价值等同化才能进行比较。使用价值等同化的主要指标有产量、质量、品种及时间等指标:

1) 产量不同的可比性　若两个比较方案的净产量不同,则要先把各方案的投资和经营

费用的绝对值换算成相对值，即化为单位产品（每吨产品）投资额和单位产品经营费用，再进行比较。

2）质量不同的可比性　产品质量应符合国家规定的质量标准。如有A、B两个比较方案，方案A的产品质量符合国家标准，而方案B的产品质量超过国家规定的标准，并对方案B的技术经济效果有显著影响，则应对方案B的投资和费用进行调整，然后再与方案A比较。调整时，可用使用效果系数 α 进行修正：

$$\alpha = \frac{\text{产品改进后的使用效果}}{\text{产品改进前的使用效果}} \tag{3-1}$$

产品的使用效果指标依产品不同而异，如使用寿命、可靠性、理化性能等。

调整后的经营费用　　$C_\alpha = C\dfrac{1}{\alpha}$

调整后的基建投资费用　　$K_\alpha = K\dfrac{1}{\alpha}$

式中，C、K 分别表示调整前的经营费和投资费。

3）品种不同的可比性　其调整方法与上述基本相同，使用效果可用材料的节约和工资（或工时）的节约等来表示。

4）时间因素的可比性　由于投资的时间不同和每次投资额的不同，最后的投资总额会有较大的差别，在比较不同方案的投资总额时，应把投资总额折算成同一时间的货币价值，方可比较。

例如，某项工程需3年建成，若一次性投资为500万元，贷款年利率 i 为10%，则3年后的投资总额为：

$$S = P(1+i)^n = 500(1+0.1)^3 = 665.5 \text{ 万元}$$

假如把500万元分成100万、150万、250万元，并在一、二、三年分别投入使用，则3年后的投资总额为：

$$S = P_1(1+i)^n + P_2(1+i)^{n-1} + P_3(1+i)^{n-2}$$
$$= 100(1.1)^3 + 150(1.1)^2 + 250(1.1)^1 = 589.6 \text{ 万元}$$

两者的投资差额为：665.5－589.6＝75.9万元。

可见，由于投资的安排时间与方式不同，总投资额也不同，现金就没有可比性，必须把现金都换算成未来值才有可比性的基础。如上述两种投资方案，前者比后者需多付本利75.9万元，说明后者的投资安排比前者好。

当然也可以换算成现值来比较，即3年后的投资相当于现在的资金是多少，用节约投资额来比较。仍以上例说明，前者投资现值为500万元，而后者折算如表3-2所列。

表3-2　资金折算表

项　　目	换算成第三年末未来值	折算成现值
第一年初的投资额5万元	$100(1+0.1)^3 = 133.1$ 万元	$133.1(1+0.1)^{-3} = 100$ 万元
第二年初的投资额10万元	$150(1+0.1)^2 = 181.5$ 万元	$181.5(1+0.1)^{-3} = 136.4$ 万元
第三年初的投资额15万元	$250(1+0.1)^1 = 275$ 万元	$275(1+0.1)^{-3} = 206.6$ 万元
合　　计	589.6万元	443万元

两方案投资的现值差额为 500 - 443 = 57 万元，即后者比前者节约 57 万元。若把它换算成 3 年后的未来值，则 $57\times(1+0.1)^3=75.9$ 万元，结果一致。

(2) 不同方案经营费用比较　经营费用包括原材料、燃料、水、动力等的消耗费用、工资费用，基本折旧及大修理费用，车间经费及企业管理费等。比较各方案的经营费用时，不一定要计算每个方案的全部经营费用，只需计算各比较方案有差别的项目即可。令 ΔC 为两个比较方案经营费用的总差额，ΔC_j 为经营费用中某项费用的差额，n 为两比较方案经营费用中互不相同的费用项目，则两比较方案的经营费用差额可用下式表示：

$$\Delta C=\sum_{j=1}^{n}\Delta C_j \tag{3-2}$$

(3) 不同方案投资额的比较　比较各方案的投资额时，除计算本方案的直接投资外，还应计算与方案投资项目直接有关的其他相关投资。比较时，也不一定计算每个方案的全部投资项，只计算有差别的项目即可。令 ΔK 为投资总差额，ΔK_j 为某个构成项目的投资差额，n 为各方案投资额不相同的构成项目，则同样有：

$$\Delta K=\sum_{j=1}^{n}\Delta K_j \tag{3-3}$$

(4) 计算不同方案的投资回收期

1) 当两个比较方案的年产量 Q(净产量)相同时，有两种情况：

① 方案 1 的投资 K_1 大于方案 2 的投资 K_2，方案 1 的成本 C_1 大于方案 2 的成本 C_2，即投资越大成本越高，显然方案 2 比方案 1 为好(投资小的方案好)。

② $K_1<K_2$，$C_1>C_2$，即投资小的成本高，投资大的成本低。根据追加投资回收期 τ_a 的计算公式求得：

$$\tau_a=\frac{K_2-K_1}{C_1-C_2}=\frac{\Delta K}{\Delta C} \tag{3-4}$$

τ_a 表示全部追加投资从成本节约额中收回的年限。

当 τ_a 计算值小于国家或部门规定的标准投资回收期(τ_n)时(我国冶金工业系统过去在设计中常采用 5～6 年作为标准投资回收期)，表明投资大的方案 2 是比较好的；反之则投资小的方案 1 为好。同样，由于投资回收期的倒数是投资效果系数，若计算出来的投资效果系数大于国家规定的标准值，则投资大的方案好，反之则投资小的方案好。

2) 当两个比较方案的年产量 Q 不同时，即 $Q_1\neq Q_2$ 时，若有方案 1 的单位产品成本 C_1/Q_1 大于方案 2 的单位产品成本 C_2/Q_2，方案 1 的单位产品投资 K_1/Q_1 大于方案 2 的单位产品投资 K_2/Q_2，则方案 2 肯定比方案 1 为好；但若 $\frac{C_1}{Q_1}>\frac{C_2}{Q_2}$，$\frac{K_1}{Q_1}<\frac{K_2}{Q_2}$ 时，则有：

$$\tau_a=\frac{\frac{K_2}{Q_2}-\frac{K_1}{Q_1}}{\frac{C_1}{Q_1}-\frac{C_2}{Q_2}} \tag{3-5}$$

当 $\tau_a>\tau_n$ 时，方案 1 为优；$\tau_a<\tau_n$ 时，方案 2 为优。

(5) 多方案比较　若有两个以上的比较方案时，按各可行方案的经营费用大小的次序(或投资大小的次序)由小到大依次排列，把经营费用小(或投资小)的方案排在前面，然后用

计算追加投资回收期(或投资效果系数)的方法进行一个个的淘汰,最后得出最佳方案。

例:设 K 为投资额,C 为经营费用

方案 1:$K_1 = 1000$ 万元　　$C_1 = 1200$ 万元/a

方案 2:$K_2 = 1100$ 万元　　$C_2 = 1150$ 万元/a

方案 3:$K_3 = 1400$ 万元　　$C_3 = 1050$ 万元/a

标准回收期 $\tau_n = 5$ 年,试选出最优方案。

解:第一步,方案 3 与方案 2 比较

$$\tau_a = \frac{K_3 - K_2}{C_2 - C_3} = \frac{1400 - 1100}{1150 - 1050} = 3 \text{ 年}$$

由于 3 年<5 年,故取方案 3。

第二步,方案 3 与方案 1 比较

$$\tau_a = \frac{K_3 - K_1}{C_1 - C_3} = \frac{1400 - 1000}{1200 - 1050} = 2.67 \text{ 年}$$

由于 2.67 年<5 年,所以取方案 3。

结果淘汰方案 1 与方案 2,取方案 3 为优。

由于这种比较步骤较为麻烦,方案多时容易出错,为简化起见,可采用"年计算费用法"(最小费用总额法)来选择最合理的方案:

令方案 i 的总投资额为 K_i,年经营成本费用为 C_i,标准回收期为 τ_n,则在标准偿还年限内方案 i 的总费用 Z_i 为:

$$Z_i = K_i + \tau_n C_i \tag{3-6}$$

总费用最小的方案即为最佳方案。

若将式(3-6)除以标准回收期 τ_n,令 $\tau_n = \frac{1}{E_n}$,则得:

$$y_i = C_i + E_n K_i \tag{3-7}$$

式中　y_i——方案 i 的年计算费用;

C_i——方案 i 的年经营费用;

$E_n K_i$——方案 i 由于占用了资金 K_i 而未能发挥相应的生产效益所引起的每年损失费。

同样,年计算费用 y_i 最小的为最佳方案。

在进行设计方案的技术经济比较时,除了计算与本方案直接相关的投资外,还应从国民经济角度出发,计算对设计方案影响重大、关系密切的相关部门的投资与效果,如冶金矿山的建设、有关的大型电站的建设等。在处理含多种金属矿物原料时,还要进行主、副产品投资和成本分摊的计算。

在上述比较方法中,所考虑的只是投资额、产品成本和产品价值等经济指标,由于这些经济指标不可能把所有影响方案选择的因素都包括进去,而且在概略计算时,某些条件对这些指标的影响不可能估计得准确,故方案的技术经济计算有时并不足以最后解决方案选择的问题,还需考虑其他一些影响冶金工厂建设和生产的条件,如建筑和安装的复杂程度、完工期限、工作安全程度、卫生条件、环境保护等,有时这些条件对最终方案的选择起着决定性

作用。

因此，选择最终方案的总原则是在保证满足国家需要的条件下，经济效果是决定设计方案的主要依据，同时也应考虑其他因素。当几个方案的经济效果相关很大时，应首先选择最经济的方案。如果几个方案的经济效果相关不大，而其他条件的差异较大时，则应选择其中条件较好的方案。

3.3.4 工艺流程的设计方法

工艺流程方案确定后，就要进行工艺流程的设计。

工艺流程设计的主要任务，一是确定生产流程中各个生产过程的具体内容、顺序和组合方式；二是绘制工艺流程图，即以图解的形式表示出整个生产过程的全貌，包括物料的成分、流向及变化等。工艺流程设计的步骤和方法如下：

(1) 确定生产线数目　这是流程设计的第一步。若产品品种牌号多，换产次数多，可考虑采用几条生产线同时生产，这在湿法冶金厂和化工厂的设计中较为常见。

(2) 确定主要生产过程　一般是以主体过程作为主要生产过程的核心加以研究。然后再逐个建立与之相关的生产过程，逐步勾画出流程全貌。

(3) 考虑物料及能量的充分利用：

1) 要尽量提高原料的转化率，如采用先进技术，有效的设备，合理的单元操作，适宜的工艺技术条件等。对未转化物料应设法回收，以提高总回收率。

2) 应尽量进行“三废”治理工程的设计。

3) 要认真进行余热利用的设计，改进传热方式，提高设备的传热效率，最大限度地节约能源。

4) 尽量采用物料自流，如注意设备位置的相对高低，充分利用位能输送物料；充分利用静压能进料，如高压物料进入低压设备，减压设备利用真空自动抽进物料等。

(4) 合理设计各个单元过程或车间，包括每一单元车间的流程方案、设备型式、单元操作及设备的安排顺序等。

(5) 工艺流程的完善与简化　整个流程确定后，要全面检查和分析各个过程的连接方式和操作手段，增添必要的预备设备，增补遗漏的管线、阀门、采样、排空、连通等设施，尽量简化流程管线，减少物料循环量等。

3.3.5 工艺流程图的绘制

工艺流程图的幅面可考虑采用 A_1 或 A_2，一般不按比例绘制。工艺流程图按其作用和内容，可分为工艺流程框图、设各连接图和带控制点的工艺流程图或施工流程图三种。

3.3.5.1 工艺流程框图

这是最容易绘制的一种流程图，采用方格、文字、直线、箭头等表示从原料到产品的整个生产过程中，原料、燃料、水、添加物、中间产品、或品、“三废”物质等的名称、走向、引起物料物理和化学变化的工序名称，以及重要的工艺数据。常用在初选工艺流程的方案讨论及通常的工艺概念介绍等方面，在一般书刊中尤为常见。其形式如图 3-1 所示。

在绘制工艺流程框图时，应注意以下几点：

(1) 流程图中的原料、燃料、添加物、中间产品和产出的废料，在其名称下画一条横粗实线，如块矿、烧结矿、水渣、烟尘、烟气、硅石、焦炭等；最终产品名称下加一粗实线和一细实线，如生铁、铝锭、焊管等。

(2) 主要工序名称不能单纯用设备名称表示，还要尽可能明确标出工序的特点，即把设备名称、冶炼方法、工序功能或表示程度、性质、次数等的名称明确表示出来，并加实线外框，比如：矿热炉熔炼、转炉吹炼、电解精炼、火法精炼、中性浸出、炉外二次精炼、一次洗涤、二次洗涤等。

(3) 上下工序和工序与物料之间用细实线联系，并加箭头表示物料流向；流程线应以水平或垂直绘制，线段交叉时，后绘线段在交叉处断开；若联系线段过长或交叉过多时，为了保持图面清晰，可直接在线段始端或末端用文字表示物料的来源或去向。

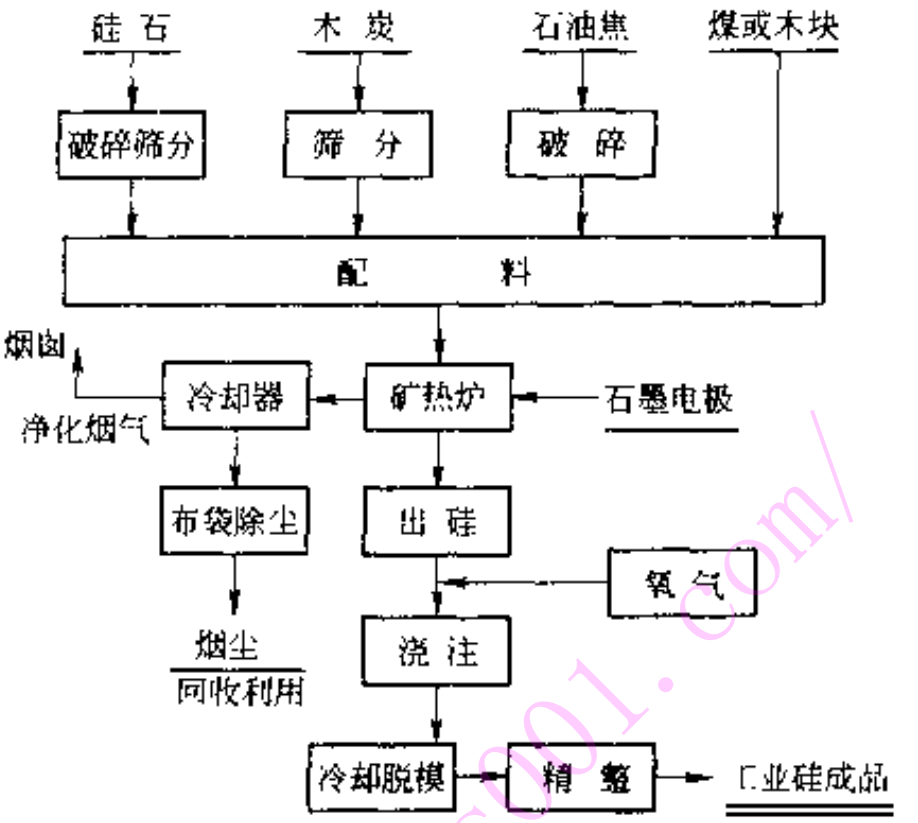


图 3-1 工业硅生产工艺流程框图

(4) 如某一过程有备用方案时，备用方案工序名称外框线和与该工序联系的线段用虚线表示。

3.3.5.2 设备连接图

设备连接图又称为装置简示流程图，如图 3-2、图 3-3 所示。其特点是画出流程中主要设备的大致轮廓和示意结构，再用流程线连接而成。有的还常标明比较关键性的操作条件，如温度、压力、流量、物料量等。

设备连接图的绘制要点如下：

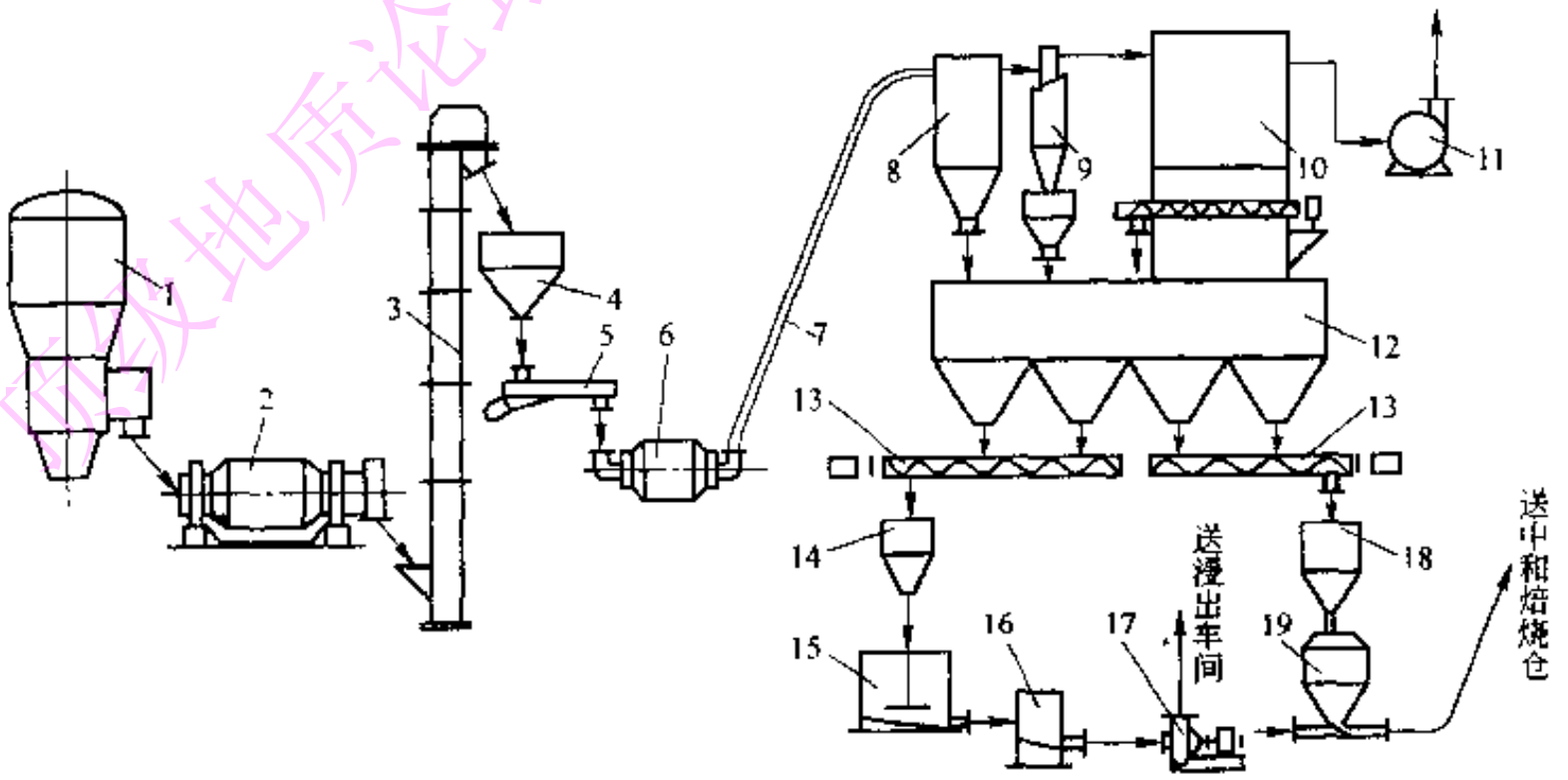


图 3-2 锌焙砂贮存及输送装置设备连接图

1—流态化焙烧炉；2—冷却圆筒；3—斗式提升机；4—料仓；5—电磁振动给料机；6—球磨机；7—输送管；8—沉降室；9—旋风收尘器；10—袋式除尘器；11—风机；12—贮砂仓；13—螺旋输送机；14—计量斗；15—浆化槽；16—中间槽；17—矿浆泵；18—计量斗；19—脉冲输送装置

有色地质论坛：http://bbs.35

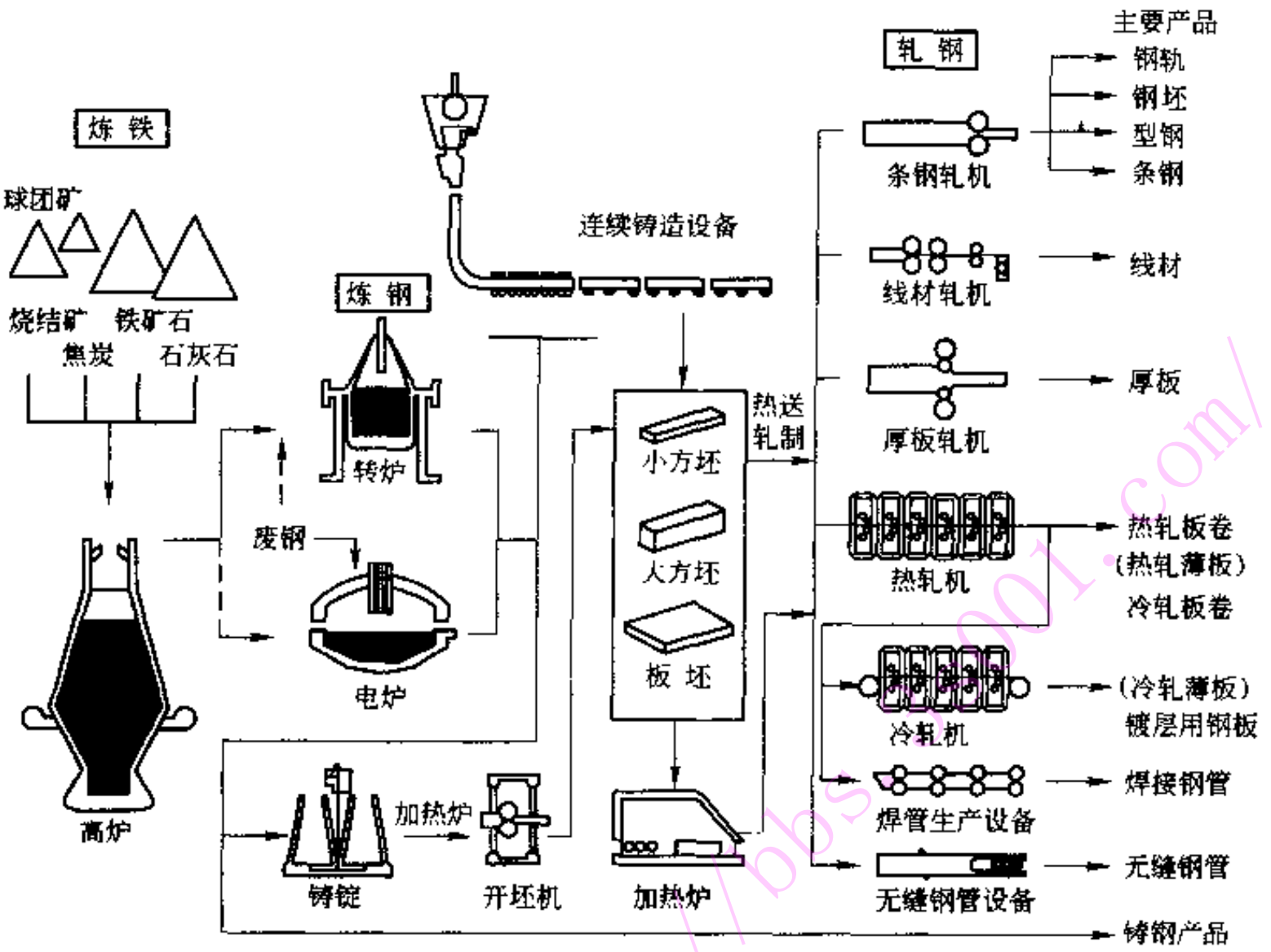


图 3-3　钢铁工业生产流程图

(1) 根据流程,从左至右按大致的高低位置和近似的外形尺寸,画出各个设备的大致轮廓和示意结构,当图纸 A_1 幅面有限时,可加长图纸或在原图纸上往下按流程再从左至右绘制;各设备示意图之间应保持适当距离,以便布置流程线;设备和设备上重要接管口的位置,一般要大致符合实际情况。

(2) 设备轮廓用中实线(线宽约 $b/2$,以下同)绘制,改建或扩建工程的原有设备用细实线绘制;某一过程有备用方案时,备用方案用中实线绘制,设备连接范围加细实线外框;设备图形可不按比例绘制,但图形大小要相称。主要物料也应形象地表示出来,并标其名称。

(3) 工艺过程中采用数台相同规格的设各时,应按工序分别绘制;同一工序的相同设备只绘一个图形,用途不同时则按用途分别表示;同一张图纸上的相同设备用同一种图形表示。

(4) 用粗实线画出主要物料的流程线,用稍粗于细实线画出一部分其他物料(如水、蒸汽、压缩空气、真空等)的流程线,在流程线上画出流向箭头,线段交叉、线段过长和交叉过多时的画法与工艺流程简图的画法相同。

(5) 设备连接图一般不列设备表或明细表,设备名称、主要规格、数量可直接标注在设备图形旁,如 IS300 水泵 6 台标注为:

$$\frac{\text{水泵-6}}{\text{IS300}}$$

外专业设备和构筑物可只标注名称、数量和专业名称,如:

料槽 8 座：$\frac{\text{料槽-8}}{\text{土建专业}}$；风机 4 台：$\frac{\text{风机-4}}{\text{热工专业}}$

对于较复杂的设备连接图，为清楚起见，一般要对设备进行编号，并在图纸下方或其他显著位置按编号顺序集中列出设备的名称，这在一般书刊中更为多见。

为了给工艺方案的讨论和施工流程图的设计提供更为详细的具体资料，还常常将工艺流程中关于物流量、温度、压力、液面以及成分等测量控制点画在上述两种图形的有关部位上，这种图样与下面介绍的工艺施工流程图较为接近。

3.3.5.3 工艺施工流程图

工艺施工流程图又称为工程流程图或带控制点的工艺流程图。这种图形应画出所有生产设备(包括备用设备)和全部管路(包括辅助管路、各种带控制点以及管件、阀门等)，是设备布置图和管道布置图的设计依据，也可用于指导施工。

图 3-4 是一种工艺施工流程图实例。由图可见，这种图样内容详尽，但仍然是一种示意性的展开图。图中设备按一定比例用细实线画出示意图形(当设备过大、过长或过小时，也可不按比例)，并按流程顺序编号和注写设备名称，设备编号一般应同时反映工艺系统的序号和设备的序号。图中一般应绘出全部的工艺设备及附件，但当有两套或两套以上相同系统(或设备)仅画出一套时，被省略部分，可用双点划线绘出矩形框表示，在框内注明设备的编号和名称，并绘出与其相连的一段支管。对于用途和规格相同的设备，可在编号后加注脚码，如试液泵 205_1、205_2、205_3，如仅画出一台时，则在编号中应注全，如 205_{1-3}是表示该种设备有 3 台。若流程简单、设备较少时，设备名称可填在设备编号标注线之下。但流程复杂时，则可在标题栏上方编制设备一览表，自下而上列出序号、设备编号、名称、规格及备注等。

流程图中工艺物料管道用粗实线，辅助管道用实线(线宽约 $b/2$)，仪表管用细实线或细虚线，流程管线除应画出流向箭头，并用文字注明其来源和走向外，一般还应标注管道编号、管材规格以及管件、阀件和各种控制点的符号或代号，并在图幅的显著位置编制图例，说明这些符号和代号的含义。管线同样应以水平或垂直绘制，尽量避免穿过设备或使管线交叉，必须交叉时，后绘线段在交叉处断开。当辅助管道系统比较简单时，可将总管绘制在流程图的上方并向下引支管至有关设备内，但比较复杂时，需另绘辅助管道系统图予以补充。

工艺施工流程图一般以车间(装置)或工段(工序)为主项进行绘制，原则上一个主项绘一张图样，如流程复杂可分为数张，但仍算一张图样，使用同一个图号。绘制比例一般为 1:100，也有 1:200 或 1:50 者，未按比例绘制时，标题栏中“比例”一栏不予注明。

表 3-4 为带控制点工艺流程图中常用参量代号及功能代号一览表，可供绘图和识图参考。

3.3.5.4 流程图常用符号

为形象地描绘流程中的设备和管件，规定了如下一些常用流程图符号，但这些符号目前尚未完全统一，不同部门所采用的符号有时差距很大，因此，在流程图中特别是工艺施工流程图中，还需对这些符号用图例加以说明，常用设备符号及常用管道符号见附录。

3.4 设计委托书的要求[1]

在工艺流程确定后，设计委托是工艺专业的又一重要工作职责。由于工艺专业是工程

[1] 有的设计院把设计委托任务书称为设计条件书

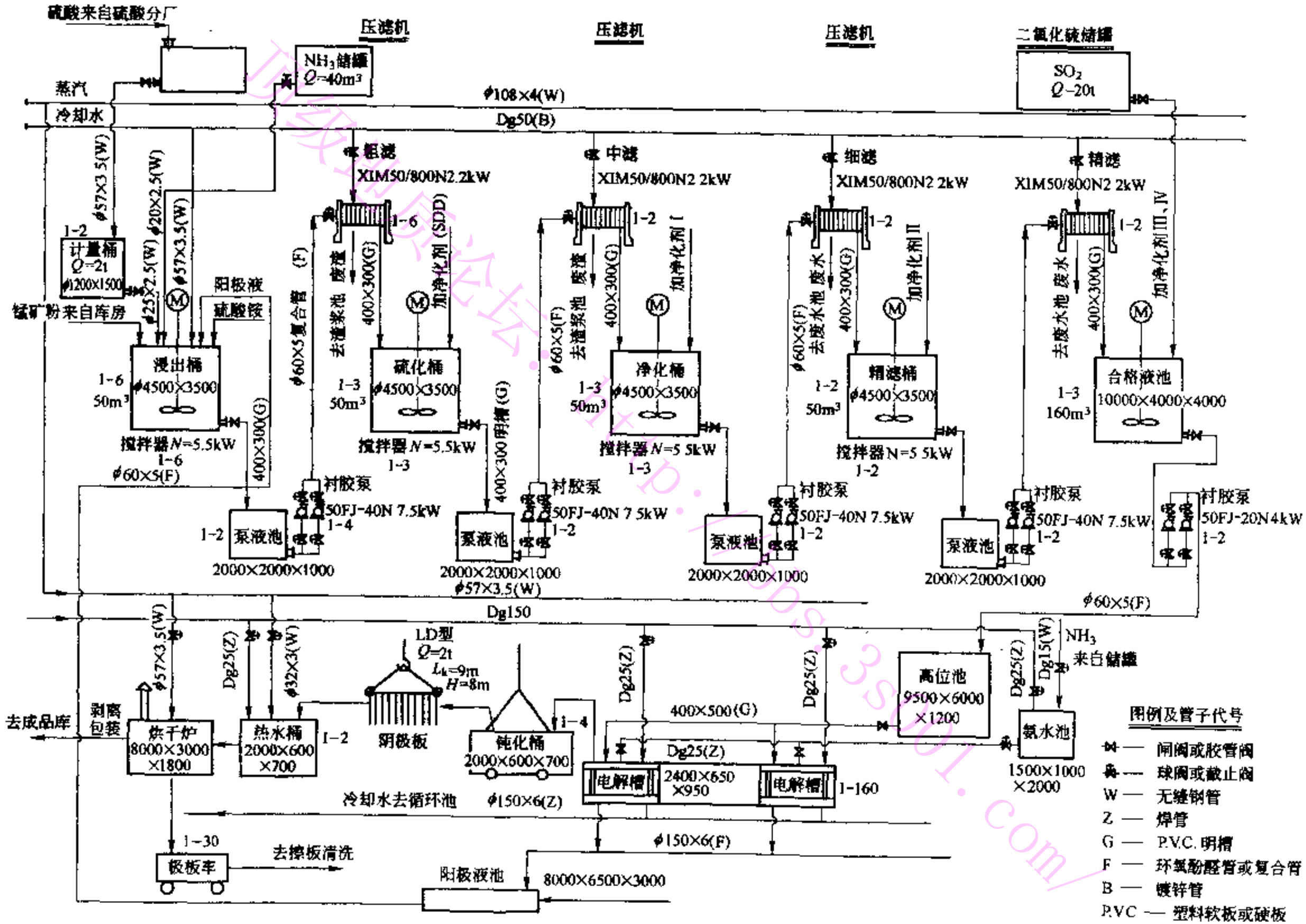


图 3-4 年产6000 t电解金属锰工艺流程图

表 3-3　常用参量代号及功能代号一览表

序　号	参量或功能	代　号	序　号	参量或功能	代　号
1	长　度	L	21	液　位	H
2	宽　度	B	22	热　量	Q
3	高　度	H	23	转　速	N
4	半　径	R或r	24	频　率	f
5	直　径	ϕ	25	分　析	A
6	直径(外径)	D	26	浓　度	c
7	直径(内径)	d	27	湿　度	Φ
8	公称直径	Dg	28	氢离子浓度	pH
9	厚　度	δ	29	指　示	Z
10	位　移	S	30	记　录	J
11	面　积	A	31	调　节	T
12	体　积	V	32	积　算	S
13	质　量	G或W	33	信　号	X
14	重　度	γ	34	手动遥控	K
15	温　度	T	35	比　例	M
16	温　差	ΔT	36	效　率	η
17	压　力	p	37	弧　度	⌒
18	压　差	Δp	38	角　度	θ
19	公称压力	Pg	39	坡　度	i
20	流　量	Q或G			

设计中的主体，其他所有专业的设计条件必须由工艺专业提出后，才能开始着手设计工作。工艺专业提出设计条件一般用委托任务书的形式提交，设计委托任务书是各专业进行设计的依据。下面概略介绍给各专业提出设计委托任务书的主要内容。

3.4.1　总图运输和水运工程

3.4.1.1　委托总图运输设计的资料项目

(1) 按原料品种和产地分别列出的运输量和进出原料车间的运输方式。

(2) 标有建、构筑物外形，标高及定位尺寸，相关铁路、公路位置和场地标高的工艺平面图。

(3) 作业班制和年作业天数。

(4) 安装检修通道的位置，必要时需提出设备最大件的重量及外形尺寸。

(5) 预留发展要求。

3.4.1.2　委托水运工程设计的资料项目

(1) 按原料品种和产地列出的运输量和特殊装卸要求。

(2) 各种水运原料的粒度、堆密度、含水率等。

(3) 作业班制和年作业天数。

(4) 标有关系尺寸及设备规格型号的设计衔接点工艺平、剖面图。

(5) 根据与水运工程设计单位的协议,需由工艺专业提供的其他设计资料。

3.4.1.3 运输量的委托

(1) 各种原料的运输量等于原料实际使用量,运输损耗和所含水分"三项之和"。通常,原料使用量由各用料专业提供,在规划和可行性研究阶段,无可靠资料进行计算时,可根据经验进行估算。

(2) 原料进厂后的全部运输损耗一般为 1.5%～3%,大厂取小值,小厂取大值。

(3) 进厂原料的含水率因地区和品种而异,一般为 1%～20%。

3.4.1.4 运输通道的委托

(1) 车间的各组成部分尽可能通达公路,理想的交通条件是,车间四周围绕公路,而从原料进厂到产品出厂都伴随着公路。对于无法通达公路的部分,应在总图布置上留有设置临时道路和检修安装场地的可能性。

(2) 车间主要建、构筑物四周应留有一定空间场地,供临时堆置设备和检修材料之用。

(3) 规划车间的预留发展要求时,应将预留通道一并考虑在内。

3.4.2 建筑和结构

3.4.2.1 委托建筑和结构设计的资料项目

(1) 工艺平、剖面图中需标出所有建、构筑物的平面外形及尺寸,初定的柱网布置。设有起重设备的建、构筑物还应标出吊车轨顶标高或工字梁底面标高;多层建、构筑物还应标出各层标高;料仓料槽还应标出容积,上下口尺寸和标高等。

(2) 对建、构筑物结构型式,防雨,防水,防腐,防磨损,采暖通风和防火等级方面的特殊要求。

(3) 主要荷载,包括重要的和多层的建、构筑物,料仓,料槽,料场地坪,大型设备和门型起重机的轨道基础等的荷载或最大轮压,室内起重设备的最大起重吨位和最大轮压节等。

(4) 作业班制、定员表、最大班人数和女工比例。

3.4.2.2 设计荷载的委托

作用于建、构筑物上的荷载分为工艺荷载和非工艺荷载两大类。工艺荷载是工艺作业设备作用于建、构筑物上的荷载,由工艺专业负责提出;非工艺荷载一般是指行人,积尘,积雪,积水和其他非工艺原因作用于建、构筑物上的荷载,由建筑和结构专业自行决定。

工艺荷载一般分为设备集中荷载和设备四周场地的均布荷载两种:

(1) 设备集中荷载　设备集中荷载包括静荷载和动荷载两部分,委托设备集中荷载时,还要考虑这两部分荷载超载的可能性。通常设备集中荷载等于设备静荷载、动力系数(1～6)和超载系数(1.2～1.5)的乘积。

1) 设备静荷载:静荷载是静止状态下,设备作用于建、构筑物上的荷载。基本的设备静荷载,多数情况下就是设备的自重,可方便地从本书有关章的设备主要性能和规格表或产品样本中查得。另一部分基本的设备静荷载需由计算确定。如带式输送机各部分作用于建、构筑物的垂直力和水平力,埋设吊环处承受的拉力和剪力等。

此外,设备上一般还有附加的静荷载,包括:

① 附属设备的重量,如连挂于主体设备上的防尘罩、漏斗、溜槽和设备底座等的重量;

② 设备上承载的物料重量;

③ 事故状态下可能增加的物料重量,如堵料时,物料可能将输送机头部漏斗充满,物料

可能溢出料仓顶面以上等。

提供委托设计的资料时，注意不要遗漏任何一项设备静荷载。

2）设备动荷载：动荷载是启动、制动或设备运转时，设备作用于建、构筑物上的荷载，一般动荷载可根据已知设备参数进行计算；绝大部分情况下，采用设备静荷载乘以动力系数的方法予以考虑。

3）设备的超载：实际的设备静荷载和动荷载都有可能超过规定值。如设备的实际重量可能超过产品样本上的重量；实际的物料堆密度超过计算数值等。设备超载的可能性，通常用设备荷载乘以超载系数的方法予以考虑。

4）设备集中荷载委托要求：

① 建筑和结构专业在考虑设备动荷载和超载条件时，可能会采用其他方法，因而在提供委托设计资料时，应将静荷载、动力系数（或动荷载）和超载系数逐项列出，一并提供给建筑和结构专业，不必算出设备集中荷载的总值；

② 在委托给建筑和结构专业的工艺平、剖面图上，应标出荷载的方向和作用点的位置；

③ 设于吊车梁或屋架上的各类起重设备，除要求提出设备自重和最大轮压外，还要求提供同一跨间的起重机台数、轮距和工作级别等资料；

④ 进出转运站的输送机为多线并列时，要提供输送机同时启动、同时运转的线路等资料；

⑤ 对于有较大振动荷载的破碎机等设备，需提供设备的振动频率、振幅等资料，供建筑和结构专业计算确定动荷载（扰力）大小；

⑥ 有条件时，对于大型工程的重要设备，最好用计算法准确地确定动荷载的大小和超载的可能程度，以便在确保建、构筑物绝对安全的条件下，尽量节省投资。

（2）设备四周场地的均布荷载　设备四周场地的均布荷载，是在设备安装或检修时，临时作用于其四周的场地、楼板、平台和走道上的荷载，俗称活荷载。包括：

1）放置或拖运设备荷载；

2）堆置材料和工具的荷载；

3）安置起吊设备或临时挂吊重物的荷载；

4）安装或检修工人负重或扛抬重物通行的荷载等。

这些荷载的性质难确定，作用点不固定，根据经验常将它们设定为均布荷载并取值。

指定用途的楼板和平台，最好根据实际需要准确计算活荷载值，以确保建、构筑物的安全和节省投资。

（3）火车和汽车荷载：

1）通行火车和汽车的铁路、公路和场地地坪荷载，一般由总图运输专业确定，需由工艺专业确定荷载的，主要是车间内部和火车受料槽上的铁路，地下式汽车受料槽附近的道路和地坪，高架式汽车受料槽的引桥和地坪，车间内部停留汽车的地坪和道路等；

2）火车荷载一般均按铁路标准荷载（俗称中华－22级）提供，它实际上是铁路机车的各轴荷载；

3）汽车荷载一般按标准荷载中的汽车－20级提供。

3.4.2.3　设备基础和埋设件的委托

设备基础和埋设件的委托要求，必须符合建筑和结构专业的有关规范，使其在技术上可

行。这些规范要求的有关部分列在下面。当满足这些规范要求有困难时，应与建筑和结构专业事先商量处置办法。

(1) 设备基础设计要求：

1) 除岩石地基外，设备基础不应与厂房基础相连，特别是破碎机和磨机的基础。当两基础处于同一标高时，其间隙不应小于 100mm；

2) 设备底座边缘至基础边缘的距离一般不应小于 100mm，对于破碎机和磨机基础，不宜小于 150mm；

3) 设备基础一般不宜与厂房结构和构件直接相连，但对次要的平台柱、梁和板等，在采取相应措施后，可自由搭放在设备基础上；

4) 二次浇灌层的厚度一般为 50mm。

(2) 地脚螺栓设计要求：

1) 地脚螺栓中心距基础边缘的距离不应小于 $4d$（d 为地脚螺栓直径），且最小不应小于 150mm；

2) 设备的地脚螺栓可采用死螺栓和活螺栓等两种形式。

死螺栓的锚固有 3 种方式：

① 一次埋入法：浇灌混凝土时，把螺栓埋入；

② 预留孔法：浇灌基础混凝土时，预先留出孔洞，放入螺栓并调整设备就位后，用无收缩细石混凝土或细石混凝土灌入孔内固定；

③ 钻孔锚固法：基础混凝土浇灌完毕并达到一定强度后，按要求钻孔，用环氧砂浆或其他胶结材料注入孔中，插入地脚螺栓，经一定养护期后再安装设备。

活螺栓的锚固：螺杆穿过埋设于基础中的套管，下端以 T 形头、固定板或螺帽固定，在套管上端 200mm 范围内，填塞浸油麻丝予以覆盖保护。

当设备固定于钢结构楼板或平台上时，一般采用活螺栓方式。

3.4.2.4 贮料场地坪及轨道基础的委托

(1) 贮料场地坪及轨道基础的设计要求要同时委托，以便建筑和结构专业统一考虑基础处理方案。

(2) 在委托建筑和结构专业的工艺平、剖面图上，需标注料堆的形状、堆高、堆积角和平面尺寸，堆积物料的最大粒度和堆密度，要求的单位面积堆存量(t/m^2)等。

(3) 贮料场堆料方式和分期堆高要求。

(4) 堆取料机和门式起重机的最大轮压、轮距、钢轨型号、端部缓冲器的中心标高、锚固器和车挡设置要求。

(5) 与贮料场地坪和轨道基础相关联的设备安装和检修基础的各部标高，备承力点的荷载、外形尺寸和定位尺寸等。

3.4.2.5 起重机械用建、构筑物的委托

(1) 设备集中荷载资料。

(2) 轨顶标高及钢轨型号，工字梁底标高及型号，操作室位置及进出操作室方向，上下操作室平台的标高及其楼梯的位置等。

(3) 起重机顶部与厂房屋架下弦的最小距离。

(4) 电动葫芦和手动单轨吊的轨道工字钢型号、轨底标高、曲率半径及定位尺寸、电动

葫芦检修平台的标高、平面尺寸和位置。

3.4.2.6 料仓和料槽的委托

(1) 料仓和料槽的几何形状及尺寸、顶面标高、锥形斗嘴倾角、位置及定位尺寸、初定的支承梁柱的位置。

(2) 要求的有效容积,贮存散状原料的粒度和粒度组成,堆密度、含水率、磨蚀性等。

(3) 仓壁防护要求,仓顶格栅的位置和格孔尺寸,人孔和爬梯位置等。

(4) 仓壁振动装置的位置,要求的开孔尺寸和定位尺寸等。

(5) 料仓结构要求。

(6) 料仓设有压力传感器时,要示出其位置和与压力传感器的相关尺寸。

3.4.3 机械设备

委托机械设备专业或设备制造厂设计的资料项目有:

(1) 设备的名称、用途和平均作业能力;

(2) 设备的结构型式和标有主要控制尺寸的简图;

(3) 作业对象的特性,包括散状原料的粒度、温度和含水率、堆密度、堆积角、磨蚀性等,整件货物的体积和外形尺寸等;

(4) 工作制度,包括年工作日、日作业班制和作业小时数、工作级别、间歇作业设备的作业周期等;

(5) 安装地点的环境条件,包括温度、湿度、风速以及防爆、防水、防尘和防噪声要求等;

(6) 表明设备性能特征的主要参数;

(7) 设备动力源及供应方式,包括电动设备的电源种类、供电电压、移动式用电设备的供电方式,液压和气动设备的动力源、接口处压力和管径等;

(8) 传动方式和要求,包括机械传动的传动类型,是否需要液力耦合器、制动器和防逆转装置等;液力传动的液力泵类型和压力级别等;

(9) 设备润滑方式和要求;

(10) 设备操作方式和装备水平,包括机上检测仪表、监视和通讯设备的设置要求,操作室防寒采暖防尘条件等;

(11) 安装要求,包括搬运时的尺寸、体积和重量限制、拼装要求,对最大件重量的限制和安装用钩环的设置等;

(12) 其他需由工艺专业决定的特殊要求,如链斗卸车机和螺旋卸车机下是否需要通过机车等。

3.4.4 电力

3.4.4.1 委托电力设计的资料项目

(1) 电力负荷和供电电压,包括用电设备装机总容量(kW)、总需要系数(%)或同时作业的最大容量。逐一列出用电设备的名称、电动机型号、容量、台数和电压等级。直流用电设备另行开列。

(2) 标有用电设备和操作室位置的工艺平、剖面图。

(3) 工作制度,包括年工作日、日作业班制和运转小时数。

(4) 设备联锁要求,设备联锁图和联动系统设备组合表。

(5) 操作方式和控制水平,包括启动、停机、紧急停机、故障、系统组合、系统转换和控制等联动运转方式与设备的联动程序和要求等。

(6) 照明要求,包括生产照明、事故照明和设备检修时的临时照明等。

(7) 设备保护和安全措施。

(8) 检修用电焊机和硫化器插座要求。

3.4.4.2 设备联锁的委托

(1) 设备联动系统中,某一设备的开停对其前后设备产生影响的,都必须联锁。非联动系统的单独作业设备,不参与联锁。

(2) 联动系统的联锁要求一般是:

启动时,自系统的终端设备开始,逆物料输送方向顺序启动。

停机时,自系统始端的供料设备开始,顺物料输送方向依次停机。

当某一设备故障停机时,其来料方向的所有设备同时停机,后面的设备继续运转,直至物料全部排空为止。

用手按动中控室或机旁的紧急停止开关,可使联动系统所有设备一齐停机。

联动系统中的破碎机和磨机,必须先于联动系统的其他设备启动,并于系统其他设备停机后延时停机。

除有特殊要求的设备外,系统中移动设备的走行机构一般不参与联锁。这类移动设备包括其他堆取料机、卸料车和梭式输送机等。

(3) 联动系统中的作业系统的名称及其组成设备的代号,应列表提供给电力专业。

(4) 委托联锁要求时,必须同时提供设备联锁系统图。

3.4.4.3 操作方式和控制要求的委托

(1) 车间的联动系统必须采用集中操作。大中型企业一般设中央控制室,小型企业一般设独立的操作室。

(2) 联动系统的操作方式有自动、半自动、手动和机旁手动等 4 种,其中机旁手动在任何条件下都是必须的,基本按一台设备一台手动操作箱设置。其他 3 种集中操作方式,应根据系统的控制与管理所定原则进行选择。

(3) 输送机线的运转方式,包括启动、停机、紧急停机、故障、系统组合、系统转换和卸料控制等 7 种功能要求,均采用联动运转方式,实行有效的联锁。启动、停机、紧急停机和故障停机是任何设备运转都必须具备的基本功能。

3.4.4.4 设备保护和操作信号的委托

(1) 带式输送机的设备保护项目:输送带跑偏、打滑、纵向撕裂、断带和头部漏斗堵料等。

(2) 移动设备的限位保护,除设有车挡外,还必须设置双程限位保护,即一程报警减速、二程报警并紧急停车;限位开关设于移动设备行程的两端,并尽量不使移动设备碰车挡。

(3) 清除金属和其他杂物:主要是检出混入原料中的金属杂质和大块非金属杂物,用以保护输送机、破碎机和其他重要设备不被损坏和堵塞。

(4) 开车信号:联锁系统开始作业前,发出声光信号并维持 20～30s,通知沿线人员离开设备,然后再启动设备;声光信号应沿系统设置在人员可能看到和听到的地方。在各类车间的所有联锁系统沿线,不管有无自动广播和生产扩音等设备,都必须设置声光开车信号。

(5) 事故开关:所有作业设备的近旁都必须设有标志明显的事故紧急停车开关,使操作

工人能方便地使用。带式输送机线的事故开关应沿线设置，每 30～50m 一个。

(6) 行走警报信号：设置警报信号，在设备移动的同时发出间断的或连续的声光信号。

3.4.4.5 照明要求的委托

(1) 各类建构筑物和设备的一般照明要求，由电力专业根据有关规范自行确定，特殊的照明要求由工艺专业委托。

(2) 贮料场和混匀场等露天作业场地，除作业设备自身需有相应的照明设备供司机观察作业情况外，一般设有场地灯塔照明。灯塔座数和位置由工艺和电力专业协商确定。

(3) 固定设置的主要工艺设备，一般需设置检修照明插座。

(4) 厂房除设置一般照明外，还需设置事故照明。

(5) 贮料槽、配料槽和容积较大的输送机头部漏斗等处，需设置安全电压的手提式照明设备。

(6) 地下构筑物的照明，需设置单独的照明开关。

3.4.5 自动化仪表和电讯

3.4.5.1 委托自动化仪表设计的资料项目

(1) 混匀配料槽定量配料装置的控制，包括混匀配料槽的槽容和槽数，连同最大料重在内的每槽最大重量；给料设备和称量设备的规格型号，电动机型号、功率和转速；称量设备上的每米料重，原料堆密度和系统精确度要求，排料能力及调整范围；仓壁振动器的规格型号，混匀配料槽支承传感器设置要求和布置位置以及联动控制要求等。

(2) 原料计量，包括电子皮带秤和其他型式电子称量设备的用途、设置地点、规格型号和台数。原料的堆密度和称量精确度要求，现场环境条件，仪表盘安装位置(包括是否需要双表头)，控制讯号的输出要求等。

(3) 料位检测和报警：料仓料槽的名称、数量，贮存原料的名称，检测点的位置，测量精确度和讯号的输出要求等。

(4) 主机设备的规格型号，测点位置，安装条件，最高测量温度、流量、压力和控制讯号的输出要求等。

(5) 标有各种控制和检测设备安装位置的工艺平、剖面图。

(6) 设有计量设备的联动系统设备联锁图。

3.4.5.2 委托电讯设计的资料项目

(1) 生产调度电话(直通电话)用户表。

(2) 对讲通讯电话用户表和关系图。

(3) 自动电话用户表。

(4) 无线通讯统计表。

(5) 有线广播或生产扩音统计表。

(6) 工业电视统计表和首(摄像机)尾(监视器)关系图。

(7) 标有建筑物和主要设备的名称和位置的工艺平、剖面图。

3.4.5.3 委托铁路讯号设计的资料项目

(1) 翻车机卸车作业线、火车地下受料仓、链斗卸车机和螺旋卸车机等铁路作业设备的作业方式及其与车场作业的联络讯号要求；讯号设置地点和环境条件等。

(2) 翻车机卸车作业线、重车作业区的轨道电路设计要求和空车铁路区段的铁路警示

讯号要求等。

(3) 翻车机卸车作业线工艺平面图。

3.4.5.4 配料控制和原料计量的委托

(1) 大、中型企业的混匀配料槽一般采用自动控制的定量给料装置。定量给料装置的系统称量精确度不低于±1%,在可能条件下,尽量选择更高的精确度,以确保混匀矿质量指标的有效性。

(2) 定量给料装置的控制设备和操作盘,应尽量设于中控室并靠近联动系统的操作台,以方便观察和操作;条件不具备时,也可在混匀配料槽附近设独立操作室。

(3) 计量电子皮带秤一般用作进出原料车间和车间内工序间的计量,大、中型企业计量秤的仪表盘设于中控室,有条件时,也可设双表头,将其中的一个仪表盘设于机旁。

(4) 控制用电子皮带秤和兼作控制用的计量电子皮带秤,主要用于控制取样机动作,贮料场取料机的取料量和带式输送机料流情况(充作料流信号)。勿需中控室观察的这类电子秤,也可将仪表设于机旁。

(5) 电子皮带秤安装的位置和其他技术要求。

3.4.5.5 料位检测要求的委托

(1) 大、中型企业的各种贮料槽、配料槽和部分受料仓设置的料位检测装置,一般至少设有高料位和低料位两个测点。需要时,尚可考虑增加1个中间测点,作为要求或允许装料的信号。有条件时,最好采用可连续显示料位的检测装置。

(2) 高料位与仓满位置间应留有足够距离,以确保从停止装料信号发出到装料停止期间装入的料不溢出槽外。

(3) 低料位与仓空位置间应有足够距离,以确保从要求装料信号发出到装料设备开始往料槽装料期间,槽内仍有一定余料,避免空槽装料时,对槽下排料设备的冲击。

(4) 自动化操作水平要求不高时,火车和汽车受料仓可只设一个低料位,并在操作室内显示仓内存料情况。此时低料位即被视为仓空信号。

3.4.5.6 各类通讯的委托

(1) 生产调度电话(直通电话):生产调度电话的总台设在中控室的操作室内,用户主要包括:

1) 各车间的调度室,工厂总调度室;

2) 主要联系单位的调度室,包括各作业区、供电车间、供水车间等单位的调度室;

3) 车间内部的主要生产岗位,各个有人值班的转运站、制样间、化验室、各电气室、污水净化站等。

(2) 对讲通讯电话:对讲通讯电话的总台设在中控室的操作室内,各分台设在分操作室和重点生产岗位的值班室内,对讲通话点的点数和设置位置,应使各生产岗位工人都能就近与总台或分台通话。

(3) 自动电话:车间的自动电话一般只设于中控室,各分操作室,行政、生产和技术管理部门的办公室等处。

3.4.6 计算机

委托计算机专业设计的资料项目,除前述电力(照明除外)、自动化仪表和电讯(铁路讯号除外)委托资料要悉数提供外,还需提供如下资料:

(1) 计算机的控制范围;

(2) 计算机控制功能项目与示意图;

(3) 输出报表和显示画面的名称和内容;

(4) 车间的计算机之间的信息交换和数据传输要求。

3.4.7 给水排水

3.4.7.1 委托给水排水设计的资料项目

(1) 各给水点的用水量、用水制度,对水温、水压和水质的要求。

(2) 需喷洒水、覆盖剂和防冻剂的用量及对有关装置设置的要求。

(3) 建、构筑物和场地排水要求。

(4) 标有给水点位置,建、构筑物和场地尺寸,用水设备接口坐标和接口管径的工艺平、剖面图。

3.4.7.2 用水量和供水要求的委托

车间的生产用水,主要是设备冷却,冲渣、清洗、洒水防尘、冲洗进出贮料场的车辆和冲洗楼板地坪等。其用水量和供水要求各不相同。

(1) 设备冷却用水的水温和水质均有较高要求,委托供水要求时,一般应以产品样本和说明书所载要求为依据。

(2) 冲渣、清洗输送带和冲洗车辆,一般均采用各自独立的循环供水和水处理系统。使用浊环水,定期补充少量新水。补充新水的用水量由给水排水专业自定。

(3) 贮料场洒水一般按喷头洒水能力确定用水量。喷洒水管设于料堆两侧,一侧喷头同时喷水或分组先后喷水,然后另一侧喷头同时或分组喷水。有多条料堆时,可按此程序逐个料堆顺次洒水。一般每日喷洒 3 次,每次 3～5min。洒水的控制可采取中控室遥控和机旁操作两种方式,根据车间总体控制水平选择。

(4) 车间冲洗地坪的场所主要是:厂房内易积尘和污泥的楼板、平台、走道和地坪。

为保证冲洗效果,地坪需有不小于 1% 的坡度,有条件时,可设有 2%～3% 的坡度。地坪不应漏水,并在孔洞和墙边设防水凸台,其高度不小于 50～100mm。

3.4.7.3 排水要求的委托

(1) 地下受料槽沟底和地下输送机通廊等地下构筑物的地面,需有 5‰～10‰的排水坡度和排水沟槽,并设置集水坑,用砂泵抽排积水。

(2) 翻车机作业线的重车铁路和空车铁路的沟和卷扬机房,摘钩平台和迁车台坑,带式输送机浅沟式通廊和重锤坑等浅沟式地下构筑物,除沟面有排水坡度及排水沟槽外,应尽量利用地形通过管沟排除积水。无地形可利用时,要设置临时抽排设备。

(3) 露天场地的雨水,需采取有效措施及时排除,防止积水。

(4) 洗矿后的含泥污水,冲洗输送带、汽车和地坪的污水,暴雨后的贮料场排水等,均需经处理后才能排出厂外,沉淀后捞出的含铁污泥应争取利用。

3.4.8 采暖通风

3.4.8.1 委托采暖通风设计的资料项目

(1) 除尘点的名称、位置和对除尘方式的特殊要求。

(2) 扬尘原料的名称、堆密度、粒度和原始含水率等。

(3) 除尘设备的作业方式,建议的安装位置。

(4) 建、构筑物和设备通风要求。

(5) 采暖建、构筑物的名称,主要尺寸和特殊采暖要求。

(6) 设备的防噪声要求。

(7) 标有建、构筑物尺寸和设备定位尺寸的工艺平、剖面图。

3.4.8.2 除尘要求的委托

(1) 车间粉尘的来源,主要是各种散状原料在装卸、转运和破碎筛分过程中产生粉料并被扬起,设备尾端排出的带尘烟气、煤气等。

(2) 原料车间的除尘多数采用洒水除尘方式,当不允许对原料洒水或洒水除尘无效时,才采用抽风除尘,如铁合金炉、高炉布袋除尘。但无论采用何种除尘方式,都应尽可能对尘源处予以密闭。

3.4.8.3 采暖要求的委托

(1) 在北方采暖地区,气温过低影响设备正常运转时,应按规定设置采暖设备。

(2) 设计需采暖的建、构筑物时,应预先留出设置采暖设备的位置。

3.4.8.4 通风要求的委托

车间的通风场所主要是密闭的地下构筑物、灰尘浓度大的车间、要求排风的密闭料槽和特种电机。

3.4.9 工业炉

设计加热、烘干机的燃烧室、风扫磨的热风炉和解冻室的燃烧炉时,委托工业炉专业设计的资料项目有:

(1) 待加热、干燥和需解冻的物料名称,初始和最终含水率,物料粒度;

(2) 燃料品种和供应条件;

(3) 干燥设备的总装图,烘干能力(t/h)和转速等;

(4) 风扫磨热风炉的尺寸要求,热风温度和供风要求,热风管的接口尺寸和接口位置等;

(5) 加热、干燥间、风扫磨间、解冻室的平、剖面图。

3.4.10 热力和燃气

3.4.10.1 委托热力设计的资料项目

(1) 冷风、蒸汽、压缩空气用气点的名称、用气量、接口压力和供气要求。

(2) 标有冷风、蒸汽、压缩空气用气点坐标位置和接口管径的工艺平、剖面图。

(3) 作业班制和年作业天数。

3.4.10.2 委托燃气设计的资料项目

(1) 煤气、氧气、氮气、液化气和燃油的用量、接口压力和供气要求。

(2) 标有煤气、氧气、氮气、液化气和燃油使用点坐标位置和接口管径的工艺平、剖面图。

(3) 作业班制和年作业天数。

3.4.11 机修和检验

3.4.11.1 委托机修设计的资料项目

(1) 车间的规模和组成。

(2) 作业班制和年作业天数。

(3) 主要设备明细表和设备总重量。有条件时,可提出主要设备的易损件名称、规格、材质、消耗定额和备品备件要求。

(4) 中小修时间、间隔和关于设立修理间及其修理内容的建议。

(5) 标有修理设施位置的工艺平面图。

3.4.11.2 委托检验设计的资料项目

(1) 各种原料的名称、进厂方式、日到达批量和年处理量等。

(2) 各种原料的基本理化性质,包括主要化学成分、粒度和粒度组成、含水率、主要成分含量的标准偏差等资料。

(3) 要求的检验化验项目。

(4) 作业班制和年作业天数。

(5) 标有取样设备位置的工艺平面图。

3.4.11.3 修理项目和修理量的委托

(1) 大、中型企业一般设有修理间,小型企业不设独立的修理间。

(2) 修理量可由机修专业根据设备总重量和车间的作业特性,自行确定。

3.4.11.4 检验化验要求的委托

(1) 工厂规模不同,对检验化验设备的要求不同。大中型企业一般设有检验室或原料试验中心。

(2) 检验化验项目根据冶炼生产的要求确定。

3.4.12 技术经济

委托技术经济专业设计的资料项目有:

(1) 车间的规模、组成和产品方案;

(2) 作业制度和年作业天数;

(3) 包括水、电、风、气消耗量在内的主要技术经济指标表;

(4) 按作业班制和生产岗位详细列出的定员表;

(5) 工厂现状,改建或扩建前后的比较,经济效益和社会效益以及计算两种效益需要的其他资料;

(6) 预留发展的初步设想或具体规划。

3.4.13 能源、环保、安全和工业卫生

3.4.13.1 委托能源设计的资料项目

(1) 电、煤气、液化气、焦炭、燃油和各类煤的消耗总量,折合标准煤的消耗总量和单位能耗(t 煤/t 料)。

(2) 节能措施和效果。

(3) 能源方面存在的问题及可能采取的解决方案。

3.4.13.2 委托环保设计的资料项目

(1) 现有环保设施及污染控制情况。

(2) 主要污染源。

(3) 采取的各项环保措施。

(4) 废弃物的综合利用和处理措施。

3.4.13.3　委托安全和工业卫生设计的资料项目

(1) 安全技术方面：

1) 预防暴雨和暴风雪等自然灾害的措施；

2) 防火措施；

3) 防止运输和装卸伤害的措施；

4) 防止机械伤害和人体坠落的措施；

5) 防止可燃气体、粉尘爆炸和气体中毒窒息的措施；

6) 防止热辐射和触电伤害的措施。

(2) 工业卫生方面：

1) 车间尘源、毒源及其控制措施；

2) 岗位噪声、振动及其防治措施；

3) 防暑降温和防寒措施。

3.4.14　工程经济

委托工程经济专业设计的资料项目有：

(1) 车间的规模和组成；

(2) 设备及安装工程概算表，包括设备名称及主要规格型号、重量，单、总价值及其依据等；

(3) 建筑工程概预算表，包括建、构筑物或工程名称，建设内容，计算单位及工程量等，委托建筑和结构专业设计，并由该专业提供此表；

(4) 概算总值一般可分子项列出。

设计委托任务书的深度可根据工程项目的大小、工程内容的复杂程度、设计阶段的不同而增减，如炼铁专业给各专业提出设计委托任务书的内容就与上述内容略有差别，可参见附录3。

3.5　设计说明书

工艺设计说明书是工艺专业阐述工艺生产原理、工艺流程、产品规格及规模、主要原材料、用水、用电、用汽等规格和数量，对生产控制及生产检验分析的要求，“三废”排放情况等的文本文件。工艺设计说明书的内容主要包括概述和设计决定与特点，设计的原燃料等条件与主要工艺设备的技术性能，产品和副产品的处理手段与措施等，各设计阶段的工艺设计说明书内容略有差别。工艺说明书一般在工艺专业给各专业提出设计委托任务书后进行编写。下面以炼铁专业初步设计阶段编写的工艺设计说明书内容和格式为例进行介绍。

3.5.1　概述

“概述”的内容是，简述设计任务书和上级下达的有关文件中有关炼铁工艺设计的要求和规定；对外协作关系和协议：原材料和能源等的供应、主要设备设计制造供应的安排、与有关单位的设计分工协作协议等；设计遗留问题和解决意见：说明设计中遗留的问题及审批设计时需要解决的问题和项目，并提出解决意见。

3.5.2　主要设计决定和特点

(1) 简述主要设计决定和主要设备结构的特点、生产操作制度、工艺改进等：

1) 工艺流程和设备布置；

2）主要设备特性：

① 简述各系统主要装备水平及采用的新技术、新设备等；

② 简述采取的环保、节能措施和自动化水平。

(2) 分期建设和远景发展。

注：如为旧厂改(扩)建需说明旧厂现状并提出利用现有设备和挖、革、改的措施。

(3) 主要设计条件

1）原料、燃料和辅助材料：

① 简述来源、供应方式、冶炼前的加工准备；

② 原料、燃料及辅助材料的主要成分和性能；

③ 原料、燃料和辅助材料的使用量和配比；

④ 特殊原料冶炼制度的论述。

2）产品：

① 生铁产量、成分；

② 炉渣产量、成分；

③ 煤气产量、发热值。

3）操作条件：

① 送风条件：高炉的透气性(包括风口前风压、炉内料柱阻损、送风系统阻损)；鼓风量、富氧量、喷吹量；

② 风温；

③ 鼓风湿度；

④ 炉顶压力。

4）动力消耗(包括水、电、风、蒸汽、压缩空气、煤气、氧气、氮气等)。

5）环保和节能设施(包括消音、除尘等)达到的标准，采取的措施。

6）安全和工业卫生措施。

7）炼铁设备的操作制度：

① 选择炼铁设备的型式、容量和座数，并做必要的方案比较(对特殊原料，在冶炼上有特殊要求时，要根据生产实践经验或科学试验结果，论证冶炼工艺的可靠性和合理性)；

② 简述冶炼操作制度及造渣制度；

③ 冶炼技术操作指标；

④ 生铁平衡表；

⑤ 炉渣和煤气等副产品的综合利用。

3.5.3 主要工艺设备的技术性能

(1) 工艺设备流程图，车间的布置、组成等，并说明原材料及燃料的运入和产品、副产品及废料的运出方式。

(2) 高炉及附属设备：

1）高炉本体(炉体结构型式及高炉内容特性等)；

2）炉体冷却设备及冷却方式；

3）高炉内衬；

4）炉顶设备；

5）高压操作设备；
6）炉体附属设备；
7）出铁场附属设备；
8）喷吹方式及设备。
(3) 热风炉及附属设备：
1）热风炉本体(热风炉结构型式及热风炉特性)；
2）燃烧系统；
3）送风系统；
4）热风炉附属设备(包括余热回收利用设施)；
5）热风炉及热风系统耐火材料。
(4) 煤气除尘设备：
1）概况；
2）除尘器及其附属设备；
3）煤气净化设备；
4）煤气净化的配管及附属设备；
5）炉顶均、排压系统及设备；
6）简述炉顶余压回收利用设施。
(5) 料仓及上料系统：
1）概况；
2）设备的主要技术特性；
3）设备能力及容积计算等。
(6) 喷吹设施(包括制粉、输煤、喷煤在内)：
1）概况(系统流程及方式、工艺参数等)；
2）主要设备及其主要技术特性。
(7) 炉渣处理设施：
1）概况；
2）设备的主要技术特性；
3）生产操作及主要技术指标。
(8) 碾泥设备：
1）概况；
2）原料种类及理化性能；
3）原料配比及消耗指标；
4）生产流程及工艺布置；
5）设备的主要技术特性；
6）生产操作及产品质量。
(9) 铸铁设备：
1）概况；
2）设备的主要技术特性；
3）生产操作及消耗指标。

(10) 铁水罐(或混铁车)修理库:

1) 概况;

2) 设备的主要技术特性;

3) 耐火材料库;

4) 主要耐火材料品种及消耗量,罐位,主要操作制度。

(11) 炼铁厂设备材料仓库。

3.6 物料与能量衡算

3.6.1 物料与能量衡算的意义

3.6.1.1 冶金过程衡算的目的

物料与能量衡算是冶金工艺设计的重要组成部分和基础,是决定设计过程中所需设备数量及其主要尺寸的依据。

通过对生产装置的物料衡算和能量衡算进行分析,还可以找出初步确定的工艺方案中的不尽完善和不尽合理之处,从而完成工艺方案优化工作,达到使设计的生产装置高效低耗、先进合理的目的。在冶金工程中,设计或改造工艺流程和设备、了解和控制生产过程、核算生产过程的经济效益、确定原材料消耗定额、确定生产过程的损耗量、对现有的工艺过程进行分析、选择最有效的工艺路线、对设备进行最佳设计以及确定最佳条件等,都要进行物料衡算。且冶金工程的开发与放大都是以物料衡算为基础的。

物料衡算是质量守恒定律的一种表现形式。凡引入某一设备的物料成分、质量或体积,必等于操作后所得产物的成分、质量或体积加上物料损失。物料衡算就是将工艺流程中全部工艺设备物料进出点的物流通过平衡计算,以确定各物料点的物流量。

工艺物料衡算用的原料、燃料的质量组成,现场自然条件等基础数据,必须是建设单位提供的正式资料。而物料衡算后得到的产品产量及质量组成、原材料的消耗定额应符合设计合同规定的要求。根据冶金过程的基本原理,用数学分析的方法从量的方面来研究冶金工艺过程,这是冶金工厂设计的必需环节。通过冶金过程衡算,不仅可以确定生产过程中各个工序物料处理量,中间产物的组成和数量,产品产量,废水、废渣和废气的排放量,以及原辅材料、燃料、水、电等的消耗量,同时还可以从量的方面来研究各个工序间的相互关系,使整个生产过程的各个环节协调一致。通过冶金过程衡算,可以为整个生产过程中设备的选型,决定设备尺寸、台数,及辅助工程和公共设施的规模,能量的提供和利用提供依据。

在现代冶金中,为了提高产品的产量和质量,降低产品成本(即实现高产、优质、低消耗),或者提高设备的利用率和延长设备的使用寿命,严格控制生产过程的技术条件等,都需要在冶金过程衡算的基础上来分析和进行。因此,冶金过程衡算是冶金过程的分析方法,是冶金工程师管理生产的重要手段,是研究冶金过程必不可少的工具;对于设计工作,而且对于生产现场工作人员来说都是不可少的。通过冶金过程衡算,找出过程的薄弱环节,挖掘生产潜力,以便采取措施提高过程的总回收率和降低生产成本。

3.6.1.2 物料与能量衡算的内容

冶金过程衡算的内容很广,它包括生产过程所必需的一切计算在内。与设计有关的内容大体上包括:物料的合理成分计算、配料计算、冶金过程中有价成分平衡计算、冶金过程中物料平衡计算、冶金过程能量(热量)平衡计算、电解过程电压平衡计算等。物料的合理成分

计算(包括原料、中间产品、产品及废料)的目的在于确定这些物料中各种化学形态物质所占的百分比,从而了解物料的形态、特征、活性和反应能力,以便生产中采取必要的措施,提高过程中有价金属的总回收率。例如在铜精矿造锍熔炼过程中,首先要根据精矿中含硫、铜、铅、锌、硅、钙等的量,计算出铜精矿的合理组成(即铜精矿中含 $CuFeS_2$、Cu_2S、$Cu(OH)_2CO_3$、PbS、ZnS 等各种形态化合物的量),同时也要根据要求计算冰铜和炉渣的组分,以便了解铜精矿在熔炼过程中的各种行为,并控制适当的工艺条件,以保证熔炼过程的正常进行和得到高质量的冰铜。在科研工作中为了考察物料的组成及化学成分时也经常用到这种计算

冶金过程的配料计算是从特定的工艺出发,根据过程所发生的化学反应及生产实际要求,计算出处理一定量的原料所需要的各种物料(反应剂、添加剂等)的数量及百分比。

3.6.2 有价成分计算

冶金过程的有价成分衡算及物料衡算是计算主要金属及全部物料在整个工艺流程中各个工序的分配和流动情况。通过有价成分衡算可以知道主要金属在各个工序中损失量大小和整个工艺过程的回收率,从而可针对具体情况改进流程的薄弱环节,提高金属总回收率物料衡算反映出流程中各工序处理物料量的多少,是设计中进行设备选型和计算的依据。例如在湿法浸出过程中,根据计算的每日处理矿浆的量就可进行浸出槽体积和台数的设计。在有价成分平衡计算的基础上,可进行各工序的物料平衡计算,也可直接进行物料平衡计算。

3.6.2.1 有价成分衡算和物料衡算的基本原则

有价成分衡算和物料衡算是以质量守恒定律和化学计量关系为基础的,其总的原则是"收支平衡"。它是指进入系统的全部物料量必定等于离开系统的全部产物量和损失掉的物料量之和。用公式表示为:

$$\Sigma G_1 = \Sigma G_2 + \Sigma G_3$$

式中 ΣG_1——所有进料量之和;

ΣG_2——全部产物量之和;

ΣG_3——所有损失物料量之和。

进入的或产出的物料可以是液相、固相或气相。

理论上的物料衡算是根据反应的平衡方程式的计量关系进行的,只要知道了反应的方程式就可以建立这种平衡。然而在实际生产过程中,要考虑到许多实际因素的影响,诸如原料和最终产品、副产品的实际组成,反应剂的过剩系数、转化率以及原料和产物在整个过程中的损失等等。这些都使冶金过程物料衡算复杂化。

物料衡算的类别,按计算范围划分有单个工序和全流程的物料衡算,也有带反应过程和非反应过程的物料衡算。但是,一般冶金过程都是化学反应过程,不论是哪种类型衡算,其基本原理都是一样的。

3.6.2.2 物料衡算步骤

有价成分衡算和物料衡算是冶金过程计算的基础,因而计算结果的准确程度至关重要为此必须掌握和采用正确的计算步骤,不走或少走弯路,争取做到计算迅速、结果准确。

(1) 资料收集 有价成分衡算和物料衡算是根据已经确定的生产流程和已选定的技术指标来进行的。在计算之前,必须获得足够的、尽量准确的(合乎实际而正确的)数据,这些

数据是整个计算的基本依据和基础。因此，要了解工艺流程和主要原料、燃料、溶(熔)剂等的物理化学性质、矿相特点，--般都要画出生产流程图，以利考虑计算步骤、避免遗漏、便于检查计算结果。故在进行计算之前，必须详细调查和掌握如下资料：

1）画出较详细的工艺流程图，将所有原始数据标在图的相应部位，未知量也同时指出；

2）工艺过程的技术条件，如回收率、分解率、浸出率、脱硫率、炉渣成分、过剩系数、液固比等；

3）各工序有价成分的损失数据(包括可返回损失和不可返回损失)；

4）原料，各种中间产品，产品的化学成分、物相特点以及它们在各个工序中的分布情况；

5）明确衡算对象，搞清已知量和未知量之间的关系，通过计算得到生产能力、纯度、收得率等，以及所设计工厂(或车间)的物料处理量或产品产量；

6）写出化学反应方程式(包括主、副反应)，由此可以知道反应前后的物料组成以及它们之间的摩尔比。

物料衡算通常是按工艺流程中的物料流向，对全部的工艺设备逐位号进行其进出设备的物流量的平衡计算，从而得出整个工艺流程中全部物料点的平衡物流量。

由于实际冶金过程是一个非常复杂的物理化学过程，反应条件经常变化，不可能确切地判断每一过程的真实情况。为使冶金计算能够进行，往往需要根据工厂实际情况假设一些条件和技术数据，但必须注意的是，这些假设条件及选取的有关数据并不是可以随心所欲的，而是来源于工厂实践并经过科学分析而得到的，只有这种科学的衡算才是可靠的。同时，物料衡算中所用到的各种物料的物相状态、化学成分及物理性质都应以代表性样品经过科学的鉴定分析所提供的专门报告作为依据。

(2) 确定计算方法　要根据工艺流程图和给定的已知条件来确定采用何种计算方法比较简便。

(3) 选择计算基准　计算基准也即计算的范围。在有价成分和物料平衡计算中，恰当地选择计算基准可以使计算简化，同时也可以缩小计算误差。计算基准一般有质量基准和时间基准两种。质量基准是选择一定量的原料或产品作为计算基准，如以 100kg 原料或以 100kg 产品为基准进行计算，然后再根据设计任务书所确定的生产规模，换算成各种原材料、中间产品的量。时间基准是以一小时或一天的物料量作为计算基础，由于在实际设计时，常常要知道单位时间(小时或昼夜)内的物料流量，故用时间基准有时还方便些，它可以直接联系到设备的设计计算。

(4) 进行有价成分和物料平衡计算。

(5) 列出物料衡算式：

$$\Sigma G_1(\text{输入的物料总量}) = \Sigma G_2(\text{输出的物料总量}) + \Sigma G_3(\text{物料损失总量})$$

列出有价成分平衡表和物料平衡表，并进行审核。

(6) 根据有价成分和物料平衡表，对整个流程进行分析。

3.6.2.3　*有价成分衡算和物料衡算流程简图和衡算式*

对一个具体的工艺过程来说，首先要根据给定条件画出流程简图，把已知数据及欲求量标在图上有关部位(如图 3-5)，然后列出衡算方程式。

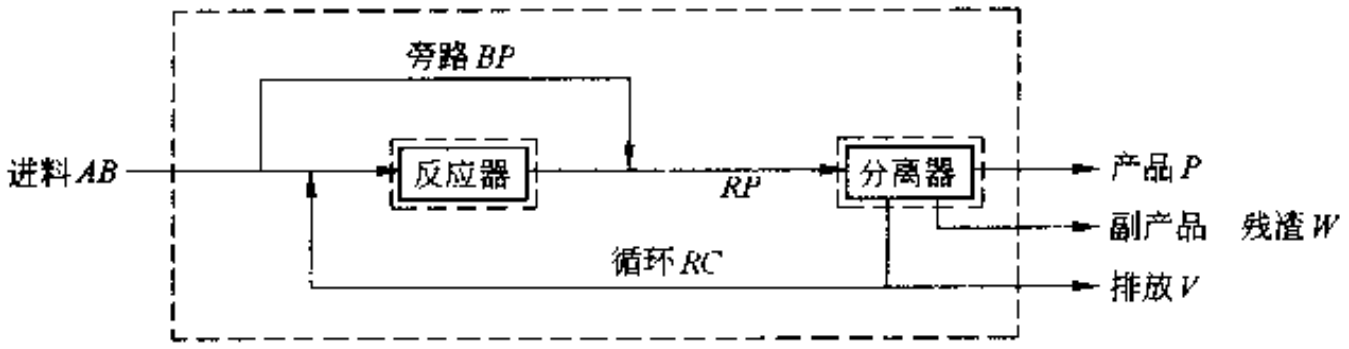


图 3-5　冶金过程流程示意图

冶金过程一般都是稳定过程，故可按质量守恒定律写出：

进入系统的物料量 = 系统输出的物料量

这是一般表达式，在具体计算时列什么样的衡算式要加以分析，要使衡算内容具体化，根据要求在图上画出计算范围，如图 3-5 所示。图中字母代表各股物流，虚线是欲衡算的范围，即系统边界。

如果对总系统进行物料衡算，其边界线就是大虚线框线，系统进出物流分别为进料 AB、产品 P、副产品与残渣 W 以及排放物流 V。那么该衡算系统的物料平衡式为：

$$\text{进料}(AB) = \text{出料}(P + W + V)$$

这样做无法求解系统内各设备单元间的物料流量，比如循环流 RC 或 BP、RP 等，为此可将有关单元过程分割出来作为衡算系统，比如把用反应器虚线框边界划分出来作为衡算系统，其物料平衡式可写成：

$$\text{进料}(AB) + \text{循环流}(RC) - \text{旁路}(BP) = \text{出料}(RP)$$

循环流 RC 作为未知量包括在方程式中，因而得以求解。同样也可把分离器划分出来作为衡算系统，相应地列出物料平衡式求解有关物流。

当涉及化学反应的问题进行计算时，必须使用化学反应方程式和化学计量关系。

3.6.2.4　有价成分衡算和物料衡算技术指标的确定

在进行有价成分和物料衡算之前，首先要选择和论证有关技术指标，所选的技术指标，应该是生产实践的平均先进指标，那些经过工业性试验或半工业性试验所取得的试验数据也可以作为设计的依据，但必须是稳定可靠的。对于每一个具体技术指标数据，应该进行充分的分析研究和论证，分析它与哪些措施和技术条件有关，有否进一步改进的措施和途径，要做到既先进，又可靠。

冶金生产领域包括几十种金属的生产，各种矿物原料的组分、含量、矿相结构又十分复杂，加之各国及国内各自然区域的经济水平不同，所采用的生产工艺方法有所不同，因此，生产工艺过程中涉及到各种各样的技术指标。如火法冶金过程中一般有脱硫率、熔解率、炉渣成分等。湿法冶金过程有浸出率、液固比等。关于这些指标的具体计算方法在冶金学课程中已经学过，现在将各种生产工艺中都要涉及到的一个重要的技术经济指标——回收率简要地加以叙述。

在生产工艺过程中，原料经过各工序的一系列物理化学变化后，都会发生一定量的损耗（废渣、废气、废液带走，或飞扬、撒失等机械损失），因此就出现了有价成分的回收程度问题。为了概括说明问题起见，根据不同情况规定了下面一套符号。

W_i——i 工序的处理量(按物料中所含有价成分的数量计算,以下同);

Q_i——i 工序的产量;

X_i——i 工序的不可返回损失量;

R_i——i 工序的可返回损失量;

x_i——i 工序的不可返回损失率(%),$x_i = \dfrac{X_i}{W_i} \times 100\%$;

r_i——i 工序的可返回损失率(%),$r_i = \dfrac{R_i}{W_i} \times 100\%$。

利用上述符号,可说明下面一些具体概念:

(1) λ_i:i 工序的直接回收率(%),它表示工序中主要产物中的有价成分的量与进入该工序被处理物料中所含有价成分的量之比的百分数,也可按 100% 与总损失率的差值计算:

$$\lambda_i = \frac{Q_i}{W_i} \times 100\% \quad 或 \quad \lambda_i = 100\% - (x_i + r_i)$$

(2) λ_i':i 工序的总回收率(%),是 i 工序主要产物和副产物(包括返回料)中的有价成分量与进入该工序被处理物料中所含有价成分之比的百分数,可用 100% 与不可返回损失率差值计算,即:

$$\lambda_i' = 100\% - x_i$$

(3) λ:生产过程的直收率,或叫做过程的实收率(%),它是最终产品中含有价成分的量与原料中含有价成分量之比的百分数。当工艺过程中没有返料时,可用各工序的直收率的乘积计算:

$$\lambda = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \cdots \lambda_i$$

(4) λ':生产过程的总回收率(%),是最终产品与副产品中有价成分量之和与原料中有价成分量之比的百分数。显然,在没有其他副产品时,$\lambda' = \lambda$;当有副产品时,过程的总回收率大于过程的直接回收率。

生产过程中主要金属的总回收率是一项很重要的技术经济指标,金属回收率高,标志着生产单位产品原料的消耗量小,这不仅有利于充分利用矿物资源,更重要的是大大降低了生产成本。据统计,许多有色金属生产的产品成本中,原料费用占有很大的比例。如由铜精矿生产电解铜时,铜精矿费用占整个生产成本的 70% 以上;由锌精矿生产电解锌时,锌精矿费用占整个生产成本的 50%～60%;由钨精矿生产仲钨酸铵时,钨精矿费用占整个生产成本的 80% 以上等。因此,在生产过程中,回收率哪怕是提高 1%,其经济效益就相当可观。

3.6.2.5 有价成分衡算和物料衡算的方法

在冶金工厂设计中,通常所给定的已知数据可以是物料处理量,也可以是最终产品产量,而且,所使用的工艺流程也各有不同。因此,在进行有价成分和物料衡算时要根据具体情况选择计算方法,也就是说,可按流程从头到尾进行,从原料求产品,也可以反过来,从产品推算所需要的原料,还可从流程的某一中间工序开始,分别向前后推算。一般说来,依下列几个不同的工艺情况而有所不同:

(1) 工艺流程中有没有返料;

(2) 所给的原始数据是生产成品量还是原料处理量。

以处理辉钼精矿生产仲钼酸铵(包括酸法处理浸出渣)流程的有价成分平衡计算为例加

以说明。该工艺流程如图 3-6 所示。各工序的金属损失率列入表 3-4 中。

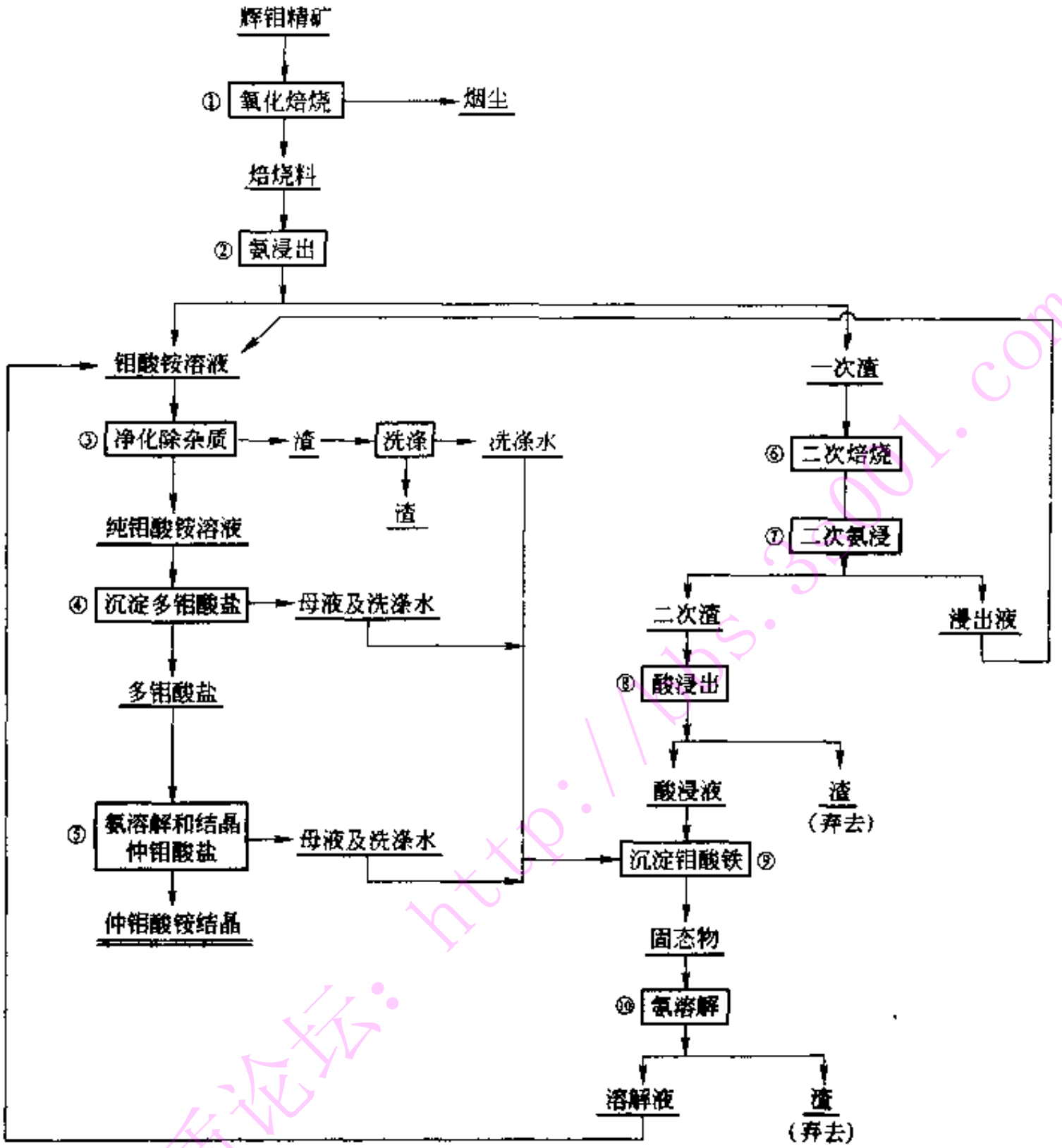


图 3-6　处理辉钼精矿生产仲钼酸铵工艺流程

表 3-4　各工序损失率

工序号	工序名称	工序不可返回损失率/%	工序可返回损失率/%	工序直接回收率/%
1	氧化焙烧	3		97
2	氨浸出	0.2	6.8	93
3	净化除杂质	0.3	1	98.7
4	沉淀多钼酸盐	0.2	1.8	98
5	氨溶解和结晶	0.5	9.5	90
6	浸出渣回收	30		70
7	母液和洗涤水回收	14.5		85.5

为计算方便，可将处理一次浸出渣的⑥、⑦、⑧、⑨、⑩工序合为浸出渣处理工序，其直收率为 70%。不可返回损失率为 30%，而将③、④、⑤工序中的母液和洗涤水经⑨、⑩工序处

理过程合为母液及洗涤水处理工序，其直收率为85.5%，不可返回损失率为14.5%。

根据上述指标，便可进行整个工艺流程金属钼的平衡计算。计算可从产品产出工序（工序⑤）开始，并以产出的仲钼酸铵中含100kg金属钼为基准，然后再根据所给定的产品产量进行换算。

工序⑤：$Q_5 = 100\text{kg}$（以下的单位都为kg）；$\lambda_5 = 90\%$；

$$W_5 = \frac{Q_5}{\lambda_5} = \frac{100}{90\%} = 111.11; X_5 = 111.11 \times 0.5\% = 0.56;$$

$$R_5 = 111.11 \times 9.5\% = 10.56$$

工序④：$\lambda_4 = 98\%; Q_4 = W_5 = 111.11;$

$$W_4 = \frac{Q_4}{\lambda_4} = \frac{111.11}{98\%} = 113.38;$$

$$X_4 = 113.38 \times 0.2\% = 0.23; R_4 = 113.38 \times 1.8\% = 2.04$$

工序③：$\lambda_3 = 98.7\%$

其余各工序可类推算出。

物料衡算可在有价成分衡算的基础上进行，也可直接进行，其基本方法是一样的，一般以工序为单位进行，可列出各工序的物料平衡表。物料平衡表中列出了进入工序的各种物料量和工序产出的各种物料量，是设备选择和计算的依据。

在设计过程中，为了概括整个工艺流程的物料流动情况，通常还要在各工序物料衡算的基础上列出全流程的物料平衡总图。从总图中可全面了解整个生产过程中消耗的各种物料的量，最终产品、副产品及废品量、流程的总损失量。同样地，流程产出量和总损失量之和等于进入流程的各种物料量之和。图3-7为锌精矿焙烧、浸出、过滤、净化年度综合物料平衡图（年产2万t电锌）。

从图中可知从锌精矿到净化后的硫酸锌溶液的各个工序中处理物料量和产出物料量，并以此为基础来进行沸腾焙烧炉、浸出槽、电解槽等设备的设计和计算。

提取冶金过程主要为化学反应过程，例如，在湿法冶金中经常用到各种酸、碱、盐去浸出金属氧化物、金属硫化物，在火法冶金中要用碳、活泼金属、一氧化碳、氢气等物质去与金属氧化物发生氧化还原反应，同时也常常要用氧（如氧气转炉炼钢）去氧化金属硫化物、碳化物和进行燃料燃烧，以及加入适当的熔剂造渣等。因此，在物料平衡计算中，通常要计算由于产生化学反应所需要各种试剂量，为了造渣所需要的熔剂量，以及为了提供热量所需要的燃料和氧气量等。在处理一定量的金属矿物原料时，需要消耗的各种化学试剂量完全可以按照发生的化学反应平衡方程式进行计算。但生产实践表明，欲使生产所要求的反应完满进行，这些参加反应的物质仅取理论量是不行的，实际用量一般要比理论用量大些，一般把实际用量与理论用量的比值叫做过量系数。因此，在实际计算中，常用理论用量乘以过量系数作为所需试剂的消耗量。例如，铁合金冶炼中碳的过剩系数为1.0～1.1，在碱分解钨精矿过程中，氢氧化钠的用量一般为理论量的1.5～2.0倍，铜精矿火法熔炼过程中，硫的氧化所需要的氧量一般为理论量的1.05倍。生产实践中也常使用经验配比来计算各种化学试剂的消耗量，如单位矿量需要加入多少试剂量。

火法熔炼过程中造渣所需的熔剂量是根据所选用的炉渣成分和炉渣数量来计算。如在铜精矿闪速熔炼中，一般加石英砂进行造渣，假设炉渣中含SiO_2 34%，渣率为42%，所用石

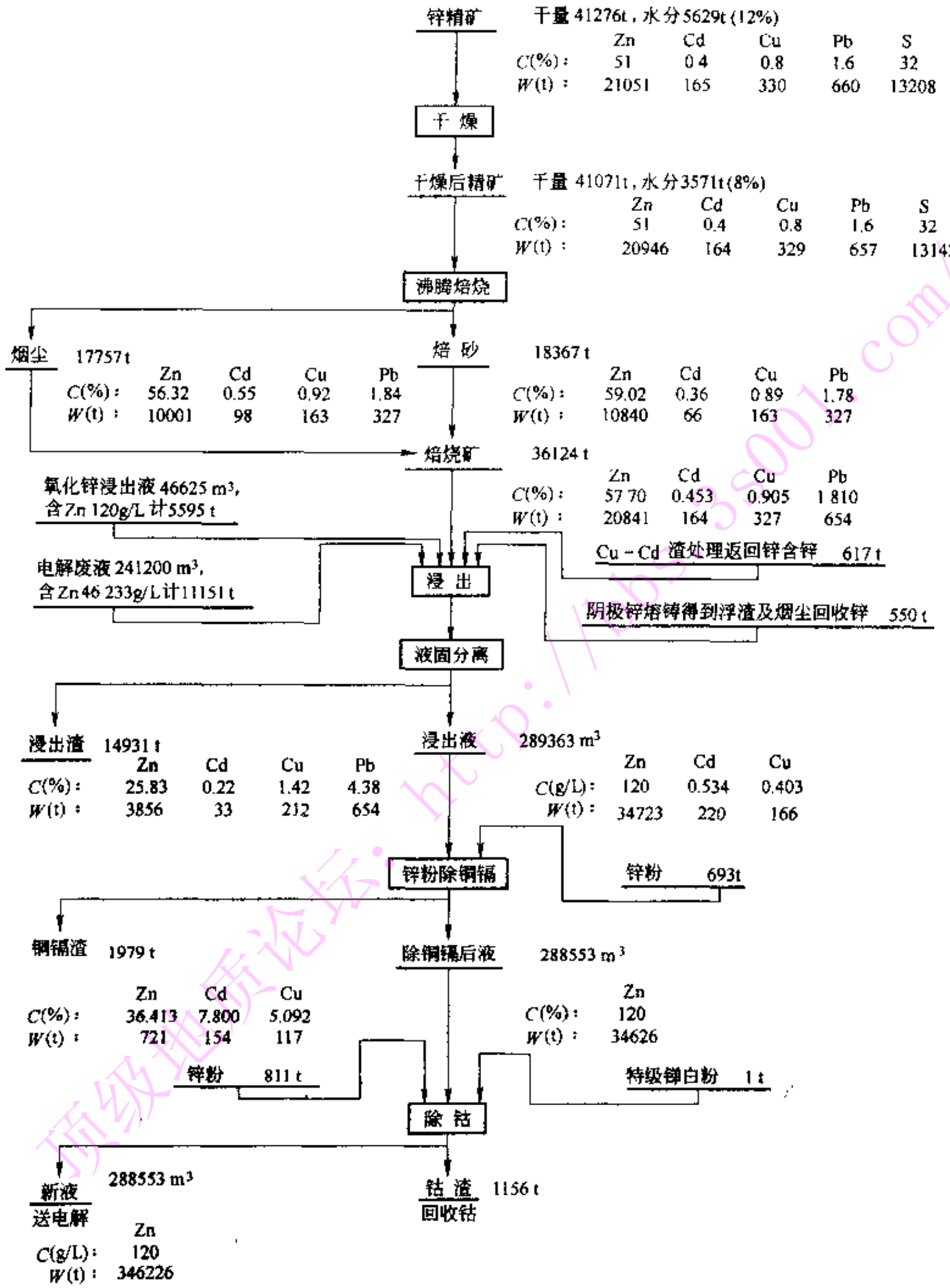


图 3-7　锌精矿焙烧、浸出过滤、净化年度综合物料平衡图

英砂中含 SiO_2 92%，铜精矿中含 SiO_2 5.56%，设熔炼 100kg 铜精矿时石英砂用量为 $x$kg，所产出渣量为 $y$kg，则可列出方程式如下：

按 SiO_2 平衡有：　　$100\times5.56\%+92\%x=34\%y$　　(1)

按渣率计算有　　$y \div (100 + x) = 0.42$　　(2)

联解方程(1)－(2)得：　$x = 11.18\text{kg}, y = 46.70\text{kg}$。

因此可得出，熔炼 100kg 铜精矿需加熔剂石英砂 11.18kg。

火法冶炼过程中燃料(加重油、煤、焦炭等)的消耗量通常是根据需要提供给过程的热量，是在热平衡计算的基础上进行的，用燃料的发热值去除过程所需热量即可得到燃料的消耗量。本书附录列有常用燃料的发热值数据，可供选用。上面只是将冶金过程中有价成分衡算和物料衡算的基本方法做一简单介绍。实际上，其计算的方法很多，不同的流程有不同的计算方法，同一流程也可以有多种计算方法，但都要以质量守恒定律和化学计量关系为原则，由已知数据求未知数据。在具体计算中，一般采用代数法，根据已知的或确定的条件建立衡算方程式，求解未知数。它是根据已知的条件和数据，编制程序，输入计算机，得出计算结果，这大大提高了工作效率，并使计算的精确度得到提高。

3.6.3　能量平衡计算

3.6.3.1　能量平衡计算的作用

能的形式有多种，但在冶金生产中常常遇到的能量衡算是热量衡算。

物料从一个体系进入另一个体系，在发生质量传递的同时也伴随着能量的消耗、释放和转化。

物料质量变化的数量关系，可以从物料衡算中求得，能量的变化则根据能量守恒定律，利用能量传递和转化的规律，通过平衡计算求得，这样的冶金计算称为能量衡算。冶金过程的能量平衡计算包括电能平衡计算和热平衡计算。能量平衡是指进入某体系的能量与从体系放出的能量之间的平衡关系，即 $A_{供} = A_{销}$。

在冶金生产中，有些过程需消耗巨大的能量，如还原、熔化、干燥、蒸馏等；而另一些过程则可释放大量能量，如燃烧、放热化学反应过程等。为了使生产保持在适宜的工艺条件下进行，必须掌握物料带入或带出体系的能量，控制能量的供给速率和放热速率。为此，需要对各生产体系进行能量衡算。

能量衡算和物料衡算一样，对于生产工艺条件的确定、设备的设计是不可缺少的一种冶金基本计算。

冶金生产的能量消耗很大，能量消耗费用是化工产品的主要成本之一。衡量冶金产品能量消耗水平的指标是能耗，即制造单位质量(或单位体积)产品的能量费用。能耗也是衡量化工生产技术水平的主要指标之一。而能量衡算可为提高能量的利用率，降低能耗提供主要依据。通过能量衡算，整个工艺系统的能耗应符合设计合同的能耗要求。

冶金过程能量平衡计算一般都是以某一过程(如还原熔炼过程、浸出过程、电解过程等)来进行，而大部分冶金过程是在加热的情况下才能实现，如高炉炼铁、转炉炼钢、铜精矿造锍熔炼过程，钨精矿的碱分解过程、铜的电解精炼过程等。有的冶金过程消耗电能(如电炉熔炼过程和电解过程)，有的冶金过程消耗燃料(如硅铁冶炼、反射炉熔炼、闪速炉熔炼等)。在这种情况下，能量衡算的目的就是要计算出需要为过程的进行提供多少能量，即电能或燃料的消耗量，或两者并有。有的冶金过程为放热反应，反应时放出的热量使过程的温度升高，这时就需要采取措施控制反应温度，有的过程反应放出的热量还可以加以利用。同时，火法冶炼过程中的烟气会带走大量的热，如何利用烟气中的这部分热量是冶金过程节能的一个重要方面。因此，通过对冶金过程能量平衡计算，要达到如下目的和要求：

(1) 用以确定外加能量的数量或需要导走的多余能量的数量,从而确定燃料或电能的消耗量及进行焦炉、加热器、散热器、电炉变压器的设计;

(2) 余热的利用;

(3) 用以分析和研究节能的可能途径。

冶金过程的能量平衡计算是在物料平衡计算的基础上进行的。

热量衡算是在物料衡算基础上进行的。进行热量衡算时,首先也要划定衡算范围,选取衡算基准。与物料衡算不同的是,衡算基准除了选取时间基准或物料基准外,还需选取物流焓的基准态。

物流焓的基准态包括物流的基准压强、基准温度、基准相状态。应注意两点:

(1) 基准压强通常取 100kPa,一般在压强不高的情况下,压强对焓的影响常可忽略。

(2) 基准温度可取 0℃。

这是因为,从手册中可以查到的有关数据如比焓、比内能、平均等压比热容等数据通常都是以 0℃ 为基准的。

采用同一基准温度,便于直接引用手册上的数据。有时也可取某一物流的实际温度作为基准温度,如果忽略压强的影响,则这一股物流的焓值为零,可使热量衡算适当简化。

3.6.3.2 能量平衡计算的步骤

冶金过程能量平衡计算的理论基础是能量守恒定律,即过程中经过各种途径吸收的能量必然等于经过各种途径放出的能量。因此,其总原则是"能量收入 = 能量支出"。这就是说,如果过程支出的能量大于收入的能量,则需从外界提供能量(燃料或电能),反之,若过程收入的能量大于支出的能量,则需从过程中导出多余的能量。

实际的冶金过程繁简不一,在进行能量平衡计算时有的比较简单,有的比较复杂。为使计算过程正确进行,通常应遵循以下步骤:

(1) 确定计算体系。计算体系是指计算对象的边界或范围。因为能量平衡计算是以某一过程来进行,因此通常是以实现该过程的主体设备内进行反应的基本组成部分作为计算体系。如铜精矿的闪速熔炼过程是以闪速炉作为计算体系,浸出过程是以浸出槽作为计算体系,炼铁以高炉本体和热风炉作为计算体系。对于预焙阳极电解槽来说,可取槽底 - 槽壳 - 壳面 - 阳极作为计算体系。体系以外和体系有联系的物质则为环境。

(2) 确定过程进行的各种工艺条件,如反应温度,压力、升温保温时间,加热方式等。

(3) 准确的过程物料衡算数据。如使用的原料量、产品和中间产品量以及它们的化学成分和物相组成。

(4) 确定过程中各种物料之间所发生的化学反应。

(5) 确定过程所使用的主体设备的形状、尺寸、材料以及所使用的保温材料的种类和炉子的构筑方法等。

(6) 选定能量衡算的基准温度。因为物质能量的绝对值不知道,必须事先选定合适的基准状态。一般冶金炉的热平衡计算多以 0℃ 或工作温度为计算的温度基础。而电解槽的能量平衡计算,则多取电解的实际温度为计算基础,也有以车间温度为基础的。不管以哪种温度为基础进行计算,其能量平衡状态不变,只是计算项目不同。

(7) 分别计算过程中进入体系的能量和体系消耗的能量,并列出平衡方程式:

$$\Sigma A_{入} = \Sigma A_{出}$$

(8) 列出整个过程能量平衡表，并进行详细分析研究，寻找节能的措施。

3.6.3.3 能量平衡方程式的建立

进行能量平衡计算，首先是正确拟定能量平衡方程式，但选定的基准温度不同时，方程式的具体项目也不同。一般情况下，多选用摄氏零度或工作温度为计算的基准温度。

(1) 以摄氏零度为计算基准。此时物料的化学反应热效应是以0℃的反应物反应生成0℃的生成物的热效应。热收入项包括进炉物料带入的物理显热 $Q_{显}$，0℃时的化学反应热效应 $Q_{反应}$(假设为放热反应)以及燃料燃烧(或电炉加热)提供的热 $Q_{外}$ 等项。热支出包括将0℃的生成物升温到高炉温度时所需要的热 $Q_{产}$、消耗在反应设备上的热量 $Q_{设备}$(对于周期性作业的设备)，以及设备向周围空气的热损失 $Q_{损失}$ 等项。其能量平衡方程式为：

$$\underset{\text{(热收入)}}{Q_{外} + Q_{反应} + Q_{显}} = \underset{\text{(热支出)}}{Q_{产} + Q_{设备} + Q_{损失}}$$

(2) 以工作温度 t_1 为计算基准计算物料的化学反应热效应，即是以工作温度 t_1 下的反应物反应生成 t_1 下的生成物的热效应。相应地热收入为工作温度 t_1 下的反应热效应 $Q_{反应}$(假设为放热反应)，燃料燃烧(或电炉加热)提供的热 $Q_{外}$，温度为 t_1 的生成物改变为离炉温度 t_2 时留下的热量 $Q_{留}$。热支出为物料由入炉温度升至工作温度 t_1 时所需的热 $Q_{料}$，消耗在反应设备上的热 $Q_{设备}$(对于周期性作业的设备)，设备向周围空气散失的热量 $Q_{损失}$，其能量平衡方程式为：

$$\underset{\text{(热收入)}}{Q_{外} + Q_{反应} + Q_{留}} = \underset{\text{(热支出)}}{Q_{料} + Q_{设备} + Q_{损失}}$$

3.6.3.4 具体计算方法

冶金过程的能量平衡计算包括能量收入和能量支出两项。能量收入一般包括：

(1) 过程参加反应物料的放热热效应 $Q_{反应}$

$$Q_{反应} = \sum_{i=1}^{n} G_i \Delta H_{iT} \times 10^3 / M_i \quad \text{(kJ)} \tag{3-8}$$

式中 G_i——参加反应的物料 i 的质量，kg；

ΔH_{iT}——参加反应的物料 i 的摩尔反应热效应，kJ/mol，

$$\Delta H_{iT} = \Delta H_{298} + \int_{298}^{T} \Delta C_p \mathrm{d}T$$

M_i——参加反应的物料 i 的摩尔质量，g/mol。

(2) 燃料燃烧热或电炉加热所供给的热 $Q_{外}$，其中燃料燃烧热为：

$$Q_{外} = GJ \quad \text{(kJ)} \tag{3-9}$$

式中 G——燃料的质量，kg；

J——燃料的燃烧发热值，kJ/kg。

如果是电炉供热，则：

$$Q_{外} = 3595 P_0 \tau \quad \text{(kJ)}$$

式中 P_0——炉子正常工作的实际功率，kW；

τ——炉子作业时间，h；

3595——换算系数（由 kW 换算成 kJ/h），1kW＝3595kJ/h。

（3）炉料的物理显热 $Q_{显}$

$$Q_{显} = GCt \quad (kJ) \tag{3-10}$$

式中 G——炉料的质量，kg；

C——预热空气的比热容，kJ/(kg·K)；

t——炉料进入设备时的温度，℃。

（4）预热空气的物理显热 $Q'_{显}$

$$Q'_{显} = VCt \quad (kJ) \tag{3-11}$$

式中 V——预热空气的体积，m^3（标准状态）；

C——预热空气的比热容，kJ/(m^3·K)（标准状态）；

t——预热空气的温度，℃。

能量支出一般包括：

（1）过程中参加反应物料的吸热反应热效应 $Q'_{反应}$，其计算方法和 $Q_{反应}$ 相同。

（2）反应生成产物（主要产品、炉渣、烟尘等）带走的热量 $Q_{产}$

$$Q_{产} = \sum_{i=1}^{n} G_i C_i t \quad (kJ) \tag{3-12}$$

式中 G_i——反应生成物 i 的质量，kg；

C_i——反应生成物 i 的比热容，kJ/(kg·K)；

t——反应生成物的离炉温度，℃。

（3）烟气带走的热量 $Q_{烟}$（烟气组分一般为 SO_2、CO_2、H_2O、O_2、N_2 等）

$$Q_{烟} = \sum_{i=1}^{n} V_i C_{pi} t \quad (kJ) \tag{3-13}$$

式中 V_i——烟气中 i 组分的体积，m^3（标准状态）；

C_{pi}——烟气中 i 组分在温度 t 时的平均比热容，kJ/(m^3·K)（标准状态）；

t——烟气离炉温度，℃。

（4）水分蒸发热 $Q_{蒸}$

$$Q_{蒸} = G(t_1 - t_0)C_1 + Gq + (t_2 C_3 - t_1 C_2)V \quad (kJ) \tag{3-14}$$

式中 G、V——分别为水的质量和水蒸气体积，kg，m^3（标准状态）；

t_0、t_1、t_2——分别为水的始温、沸点和水蒸气离炉温度；

q——水的相变热，2253 kJ/kg；

C_1——水的比热容，4.18kJ/(kg·K)；

C_2——100℃时水蒸气的比热容，1.5kJ/(m^3·K)（标准状态）；

C_3——温度为 t_2 时水蒸气的比热容，kJ/(m^3·K)（标准状态）。

（5）炉料由进炉温度加热到反应温度所需热量 $Q_{料}$

$$Q_{料} = GC(t_{反应} - t_{进炉}) \tag{3-15}$$

式中 G——炉料量，kg；

C——炉料的比热容，kJ/(kg·K)；

$t_{进炉}$——炉料进炉时的温度，℃；

$t_{反应}$——炉料进行反应时的温度，℃。

(6) 设备由室温加热到反应温度所需热量 $Q_{设备}$(对于周期性作业)

$$Q_{设备} = GC(t_{反应} - t_{室}) \tag{3-16}$$

式中 G——反应设备的质量，kg；

$t_{室}$——室温，℃；

C——反应设备的比热容，kJ/(kg·K)。

在进行能量平衡计算时，常常要用到各种物质的比热容，冶金过程几种常用物质的比热容(表 3-5)可查相关设计手册和设计参考资料。

表 3-5 冶金过程几种常用物质的比热容

物 质	比热容/kJ·(kg·K)$^{-1}$	物 质	比热容/kJ·(kg·K)$^{-1}$
铜精矿	0.55	炉渣(碱性)	1.0
锌精矿	0.84	空气(600℃)	1.36
铜焙砂	0.97	烟气中各成分(1300℃)	kJ/(m^3·K)(标准状态)
锌焙砂	0.84	SO_2	2.306
铜烟尘	0.76	CO_2	2.297
锌烟尘	0.84	H_2O	1.810
冰铜(Cu_2S-FeS)	0.6	O_2	1.516
炉渣(酸性)	1.2	N_2	1.428

(7) 设备向周围散失的热量 $Q_{损失}$

$Q_{损失}$的计算要根据炉子的结构和材料、耐火材料种类、传热方式(对流、传导、辐射)等具体情况进行，在热力学中已经学过，这里不再重复。有的在计算中取经验数据，如铜精矿闪速熔炼过程的热损失约占总热损失的 15% 左右。一般的蒸汽加热的浸出槽向周围空气的热损失可用下式计算：

$$Q_{损失} = F\alpha_T(t_w - t)\tau \quad (\text{kJ}) \tag{3-17}$$

式中 F——浸出槽的散热面积，m^2；

α_T——散热表面向周围介质的散热系数，kJ/(m^2·h·℃)；

t_w——浸出槽四壁的表面温度，℃；

t——周围空气温度，℃；

τ——过程的持续时间，h。

α_T 的计算：空气作自然对流，壁面温度 50～350℃ 时

$$\alpha_T = 8 + 0.05\ t_w$$

空气沿粗糙壁面作强制对流，当空气速度 $w \leqslant 5$m/s 时

$$\alpha_T = 5.3 + 3.6w$$

当空气速度 $w>5\text{m/s}$ 时

$$\alpha_T=6.7w^{0.78}$$

进行能量平衡计算后，列出过程能量平衡总表。例如，铜精矿反射炉熔炼过程热量平衡和铝电解槽能量平衡分别如表 3-6、表 3-7 所示。

表 3-6　铜反射炉熔炼的热平衡(以 100kg 干精矿计)

热　收　入			热　支　出		
项　　目	热量/kJ	%	项　　目	热量/kJ	%
燃料燃烧热	671532	79.38	冰铜带走热	43514	5.14
空气带入物理显热	5359	0.63	炉渣带走热	117570	13.90
炉料带入物理显热	2008	0.24	烟气带走热	467631	55.25
转炉渣物理显热	55647	6.58	烟尘带走	5941	0.70
粉煤物理显热	745	0.09	炉子散热	51463	6.07
造渣反应热	48744	5.76	吸入空气带走热	16610	1.97
离解 $S\text{-}SO_2$ 放热	61920	7.32	炉料水分带走热	31777	3.77
			吸热反应耗热	38773	4.58
			不完全燃烧	33556	3.97
			其他热损失	39120	4.65
合　　计	845955	100	合　　计	845955	100

表 3-7　62A 自焙旁插棒铝电解能量平衡

能　量　收　入			能　量　支　出		
项目名称	kW·h/h	%	项目名称	kW·h/h	%
电　　能	255.8	100.00	1. 补偿分解氧化铝的全能	104.75	40.95
			2. 加热原材料到反应温度	12.91	5.05
			3. 补偿热损失		
			(A 热耗)计：	131.10	51.25
			(1) 阳极棚表面	(9.15)	(7.0)
			(2) 阳极侧面	(25.32)	(19.3)
			(3) 阳极棒	(16.84)	(12.9)
			(4) 氧化铝料面	(17.19)	(13.10)
			(5) 打开结壳	(8.29)	(6.20)
			(6) 槽沿板	(13.36)	(10.20)
			(7) 槽壳	(28.9)	(21.10)
			(8) 阴极棒	(4.55)	(3.5)
			(9) 槽底	(7.5)	(5.7)
总　　计	255.8	100.00	—	248.76	97.25
平衡差额	—	—	—	7.04	2.75

顶级地质论坛 http://bbs.3509.com/

电解槽的能量平衡是指电解槽单位时间内由外部供给的能量(电能)与电解槽本身同周围环境进行物质交换与交换过程中所消耗的能量之间的平衡。通过电解槽能量平衡计算，可以确定保证电解过程正常进行所消耗的电能，同时也可以确定电解槽适宜的保温条件，即确定出适宜的热损失与恰当的极间距离，并为调整电解槽的热损失的分配与事先估计电能效率提供必要的资料。根据能量平衡计算，可以看出能量在电解槽上的分配与利用，找出降低电耗的途径，为改善电解槽的工作提供条件。

3.6.3.5 冶金过程节能措施分析

冶金过程中一般都要消耗大量的燃料或电能，因此，降低能耗是节约能源、降低产品成本的重要途径之一。一般说来，冶金过程节能可从以下几方面着手。

(1) 预热炉料：

根据式(3-10)和式(3-11)，炉料进入设备时温度越高，其物理显热也越大，因此将炉料进行预热和提高预热空气的温度，可增大进入体系的热量。

(2) 强化燃料燃烧过程：

采用氧或富氧鼓风，强化燃料燃烧过程，燃料中的热量可得到充分利用。同时，根据式(3-13)，采用氧气或富氧鼓风，可减少烟气中 N_2 和 H_2O 的量，使烟气中带走的热量减少。

(3) 减少热损失：

在冶金炉砌筑时，采用保温性能好的材料，防止热量损失。同时采用连续作业，可减少消耗在设备上的热量。此外，根据式(3-12)和式(3-14)，降低反应产物出炉温度，使炉料干燥入炉，可减少由产物带走的热量和由于水分蒸发带走的热量。

(4) 充分利用精矿本身的热能和烟气的余热。

如从表3-6可知，在铜精矿反射炉熔炼过程中，燃料燃烧占总热收入的79.38%，其他热收入来自加入物料的物理显热和硫化矿中硫的氧化反应。因此，反射炉热收入的主要来源是燃料燃烧，而精矿本身的热能只利用了离解后产生的元素硫的氧化及造渣热，大量的FeS未被氧化面进入冰铜，故反射炉熔炼过程能耗高。要减少燃料消耗，就必须强化反应过程，如使用闪速炉熔炼就可大大降低能耗。同时，从热支出项可知，烟气中带走的热量占总热支出的55.25%。因此，如何充分利用烟气中的余热是非常重要的。通常是将离炉后的烟气引入余热锅炉，产生蒸气发电，约可回收50%～60%的热能，再经换热室将燃烧用空气预热到200～500℃，可回收10%～15%的热能。

最后还要指出的是，在冶金过程衡算中，还有电解过程电压平衡计算的问题，例如铝、镁电解槽的电压平衡计算，金属电解精炼槽的电压平衡计算等。其目的在于了解电解过程的电压分配，寻找降低电耗的途径。

3.7 工艺设备设计

冶金工厂是由一系列定型或标准设备、非标准设备、冶金炉、工艺管道、控制系统以及公用工程设施等组成，它的核心是标准和非标准设备。

3.7.1 设备设计的任务

3.7.1.1 冶金设备的类型

冶金工厂使用的设备多种多样，按使用功能可分为如下几种：

(1) 动力设备 如蒸汽锅炉或余热锅炉(常配发电机组)等；

(2) 热能设备　如煤气发生炉、热风炉等；
(3) 起重运输设备　如皮带运输机、吊车，斗式提升机等；
(4) 备料设备　如各种破碎机、圆盘配料机、调湿与混合机、制粒机、压团机等；
(5) 流体输送设备　如各种类型的泵、空压机、通风排气设备等；
(6) 电力设备　如各种电动机、变压器、整流设备等；
(7) 冶炼设备　如鼓风炉、高炉、热风炉、转炉等各种冶金炉；
(8) 收尘设备　如旋风收尘器、袋式收尘器和电收尘器等；
(9) 湿法冶金设备　如浸出槽、高压釜等；
(10) 液固分离设备　如浓缩槽、抽滤机、压滤机等；
(11) 电冶金设备　如矿热炉、电弧炉、水溶液电解槽、熔盐电解槽等。

上述11类设备按其在冶金过程中所起的作用，前6种可称为辅助设备，后5种可称为主体设备。辅助设备并不是它们的作用是次要的，如电解车间的整流器，无论是对电解过程的顺利进行，还是节约电能，都起着极为重要的作用，设计时必须高度慎重选用。

“选用”对于具体设计工作来说，当然是处在次要的地位。有一些辅助设备如运输设备对冶金过程的作用当然是次要的。

冶金工厂使用的辅助设备，大都是定型产品，应尽量从定型产品中选用，在迫不得已的条件下，才按冶金过程的特殊要求订购。

3.7.1.2　冶金设备的设计任务

冶金工厂使用的主体设备，几乎全是非标准产品，应根据冶金过程的要求及原料特性等具体条件进行精心设计。对于某些收尘设备及液固分离设备，在有专门厂家生产时，亦可以选用为主，以减少设计投资费用。

冶金工厂设备的设计任务有：
(1) 正确选用辅助设备；
(2) 精心设计冶金主体设备；
(3) 全车间乃至全厂的设备能力平衡统计。

3.7.1.3　冶金设备设计资料

为完成冶金设备设计任务，应该掌握的资料包括：
(1) 全冶金过程的物料衡算与能量衡算数据；
(2) 厂外的供电、供水及交通条件，水文气象资料；
(3) 冶金过程的有毒气体与含尘气体的排放，热辐射等条件；
(4) 冶金过程的高温熔体、腐蚀流体的产生情况。

3.7.2　冶金主体设备设计

冶金工厂的主体设备类型繁多，形式多样，规模不一。进行冶金主体设备的设计是冶金工艺设计的重要组成部分，它是在冶金过程衡量计算的基础上，进一步具体完成冶金过程的工艺设计，将为整个冶金过程的顺利投产打下可靠的基础。因此冶金主体设备的设计，是冶金工厂设计的重要内容，也是主要内容，具体包括下面几方面：
(1) 设备的选型与主要结构的分析和研究；
(2) 主要尺寸的计算与确定；
(3) 某些结构改进的论述；

(4) 相关设备的配备；

(5) 主要结构材料的选择与消耗量的计算；

(6) 对外部特殊条件的要求等。

3.7.2.1 冶金主体设备的选型与结构的改进

在进行冶金主体设备设计时，首先应该对冶金过程的主要目的、发生的主要物理化学反应及其特点有很深入的了解，并要开展广泛的调查研究，了解完成某一冶金过程曾经采用过什么设备，发展过程如何，目前国内工厂通用哪一种设备，国外还有哪些更为先进的设备与技术等。有了这种概略的认识，便可选定某几个工厂点进行现场生产实践考察，做出较为详细、论证充分的考察报告，根据需要还可出国考察。

选择设备的基本要求是：

(1) 满足生产工艺要求；

(2) 设备的先进性；

(3) 操作的稳定性和安全性；

(4) 设备的操作弹性；

(5) 技术经济指标；

(6) 操作控制的有效性和先进性；

(7) 加工、安装和运输的可能性；

(8) 材质选择经济合理。

当设备类型选定之后，就应该详细研究这种设备的具体结构了。这种研究的特点，主要是对设备使用过程中的运转情况、生产指标及产生的问题的调查，经过充分研究之后做出改进设计的方案，必要时还要委托科研院所与有关厂矿做一些模拟试验，才能在正式设计中采纳。

3.7.2.2 冶金主体设备的尺寸及台件的确定

当设备选型已经确定，在进行施工图之前，应该确定设备的主要尺寸，一般需要经过准确的计算。冶金设备的主要尺寸的计算方法，通常以工厂实践资料为依据，由于设备的类型差别较大，故计算方法也就较多，基本上可以分为三类：

(1) 按设备主要反应带的单位面积生产率计算，几乎所有火法冶金炉都可按这种方法计算；

(2) 按设备的有效容积生产率计算，冶金厂特别是湿法冶金厂的大部分设备是以这种方式进行设计的；

(3) 按设备的负荷强度计算，如各种电解过程所用的电解槽，是以通过的电流强度来计算的。

这些计算方法是目前设计工作中常用的，下面将分别举例加以说明。

关于确定设备尺寸的理论计算法，已有一些文献资料介绍，但由于目前的研究还不够完善，只能作为辅助手段，要达到与生产实践完全吻合的程度，需要进一步开展这方面的研究工作。

(1) 按单位面积生产率计算　用冶金设备单位面积生产率来确定其主要尺寸时，如 $400m^2$ 铁矿粉烧结机、$8m^2$ 竖炉球团，一般可用下式表示：

$$F = \frac{A}{a}$$

式中　F——所需设备的有效面积，m^2；

A——冶金过程一天所需处理的物料数量，t；

a——单位面积生产率，$t/(m^2 \cdot d)$。

应用这个公式求出所需设备的有效面积，以及利用单位面积生产率这些数据时，必须明确这个面积是指主体设备的哪一部分。例如经过计算需要建一台 $80m^2$ 的沸腾炉，这个 $80m^2$ 面积系指沸腾炉空气分布板上沸腾层处的横切面，所以在计算时利用的工厂数据 a 也是指这个位置，切不能将这个面积算作炉子的扩大部分，这也是在进行单位面积生产率调查时应注意的问题。

在设计时，还必须正确选择单位面积生产率数据。例如设计一台铅鼓风炉，经过调查获得的单位面积生产率波动在 $50 \sim 80t/(m^2 \cdot d)$，在设计计算时，如果取 $50t/(m^2 \cdot d)$ 的数据，生产率要比 $80t/(m^2 \cdot d)$ 低许多，于是计算出的鼓风炉面积要扩大得多，因面大大地增加了建炉费用。如果取用 $80t/(m^2 \cdot d)$ 的生产数据，可能又是高指标，投产后达不到。这就要求设计者不仅要做详细的调查研究，同时在设计过程中还要采用一些先进工艺和设备，才能保证在投产后达到这种先进的指标。

处理量 A 是通过物料衡算决定的。

当冶金设备有效面积确定之后，再进一步确定各种具体尺寸。

(2) 按设备单位有效容积生产率计算　炼铁高炉，湿法冶金的浸出过程与溶液的净化过程，常用到各种浸出槽与净化槽。对这类设备进行计算时，一般是按设备有效容积生产率计算。下面以常压与高压两种作业条件和高炉有效容积的设备进行计算说明。

1) 常压设备的计算　精矿或经磨碎后的其他有色金属物料，大都采用搅拌浸出与溶液净化，搅拌方式常用机械搅拌或空气搅拌。这种设备的设计首先是计算确定设备的容积，其计算式如下

$$V_{总} = V_{液} \cdot t / 24\eta \quad (m^3)$$

式中　$V_{总}$——设备的总容积，m^3；

$V_{液}$——每天需处理的矿浆或溶液的总体积，m^3；

t——矿浆在槽内停留的总时间，h；

η——设备容积的利用系数。

每天需处理的矿浆或溶液的体积，是根据物料衡算来确定的，对于固体物料的浸出，在物料衡算时，往往只知道物料的处理量，需要根据该冶金生产过程的液固比及矿浆的密度来计算 $V_{液}$ 出，其计算式如下

$$V_{液} = \left(Q + \frac{L}{S}Q\right) / \gamma \quad (m^3)$$

式中　Q——日处理的固体物料量，t/d；

L/S——液体与固体物料的重量比，简称液固比；

γ——液体与固体混合浆料的密度，t/m^3。

当 $V_{总}$ 求出之后，需要计算所需槽数，计算式如下

$$N = \frac{V_{槽}}{V_0} + n = \frac{V_{液}}{24 V_0 \eta} + n \quad .$$

式中　N——所需槽数，台；

V_0——选定的单个槽的几何容积，m^3；

n——备用槽数，台；

η——槽体容积的利用系数。

2）高压湿法冶金容器的设计计算。高压湿法冶金近年来有所发展，在有色冶金中使用最普遍的是氧化铝的生产。矿浆在压煮器中用过热的新蒸汽（280～300℃）最终加热到232℃，在计算压煮器的尺寸与台数时，除了必须知道单位时间内有多少矿浆量通过压煮器之外，还需知道用新蒸汽加热矿浆时产生的冷凝水。所以计算的物料平衡数据中的矿浆量，必须再加上加热用蒸汽冷凝的水量，才是压煮器流出的矿浆总量。

3）高炉有效容积的设计计算。

高炉有效容积的计算，根据高炉有效容积的利用系数 η_v 和日产量确定，其计算式如下

$$V_{有} = \frac{P}{\eta_v} \quad (m^3)$$

式中　$V_{有}$——高炉有效容积，m^3；

P——高炉的日产量，t/d；

η_v——高炉有效容积利用系数，$t/(m^3 \cdot d)$。

高炉有效容积利用系数是衡量高炉生产强化程度的重要指标，η_v 超高，说明高炉生产率超高，每天所产生铁越多。目前我国大中型企业的平均利用系数约 1.8～2.0，高的达到2.5 甚至 3.0 以上。

（3）按设备的负荷强度来计算

有色冶金的电化冶金过程，如铜、铅的电解精炼，硫酸锌水溶液的电积，铝的熔盐电解，钢铁冶金的电解金属锰生产，这些过程所用的电解槽，都是按电流强度，即按通过电解槽的电流大小来设计计算。而电流强度是与选定的电流密度和生产规模等许多因素有关，只有通过调查研究之后才能正确地决定。下面以熔盐电解铝为例做具体说明。

盐电解设备的结构与设计计算。建设一座大型电解铝厂，一般采用大型预焙阳极铝电解槽，设电解槽的电流强度 $I = 160kA$，阳极电流密度 $D_{阳} = 0.72A/cm^2$，则需炭阳极总面积为：

$$S_{阳} = I / D_{阳} = \frac{160000}{0.72} = 222222cm^2$$

当采用长为 1400mm，宽 660mm，高 540mm 的阳极炭块时，则需要阳极炭块数为：

$$\frac{222222}{140 \times 66} = 24 \text{ 块}$$

阳极炭块采用两排配置，每排 12 块。

电解槽采用中间自动打壳下料，两排阳极之间的距离取 250mm，阳极间的距离取 40mm，阳极到槽膛纵壁的距离取 525mm，到端侧壁的距离取 600mm，则槽膛尺寸为：

$$\text{槽膛宽度} = 1400 \times 2 + 250 + 525 \times 2 = 4100mm$$

$$槽膛长度 = 660 \times 12 + 40 \times 11 + 600 \times 2 = 9560mm$$

槽膛深度综合考虑电解质和铝液高度及电解槽的操作工艺而定，取 525mm。

槽膛内衬一层 520mm × 350mm × 123mm 的侧部炭块，侧部炭块与钢壳之间的间隙取 2mm；槽底自下而上采用一层厚 65mm 的硅酸钙绝热板，一层厚 20mm 的耐火粉，两层硅藻土保温砖(65mm × 2mm)，两层黏土砖(65mm × 2mm)，一层底部炭块(3250mm × 515mm × 450mm)，侧部炭块顶部至槽沿板的距离取 40mm，底部砖与砖之间的砖缝总计为 5mm，则槽壳尺寸为：

$$槽壳宽度 = 4100 + 123 \times 2 + 2 \times 2 = 4350mm$$

$$槽长度 = 9560 + 123 \times 2 + 2 \times 2 = 9810mm$$

$$槽壳高度 = 525 + 450 + 65 \times 4 + 20 + 65 + 40 + 5 = 1365mm$$

采用摇篮式槽壳结构，槽壳外钢板与型钢加固，置于砖混凝土结构上，并和大地电绝缘。

阴极装置采用 16 块尺寸为 3250mm × 515mm × 450mm 的阴极炭块砌成，炭块间采用挤压连接或用炭糊捣固填充，炭块和侧壁之间的间隙用底糊捣固填充，在槽膛侧壁用底糊扎一斜坡形“人造伸腿”，以利于规整炉膛的形成。

阴极炭块底部面为预先车好的燕尾槽，阴极钢棒用含磷生铁浇铸其中，以便于导电。

3.7.3 冶金辅助设备的选用与设计

冶金工厂所用辅助设备大都是定型产品，在设计中主要是选用好。

3.7.3.1 选用辅助设备的基本原则

(1) 满足生产过程的要求　例如高炉、沸腾炉的鼓风机，其风压与风量必须满足物料正常沸腾的需要。若风压太小不能克服空气进入沸腾空间的阻力，就不能保证所需的风量鼓入炉内，物料便不能达到沸腾状态，也会延缓反应过程的进行。又如收尘过程的抽风机抽力不够，便不能保证收尘设备在负压下工作，造成含尘烟气外逸，从而恶化了车间的劳动条件，并污染了环境。

(2) 适应工作环境的要求　火法冶金车间多数设备往往是在高温与含尘气体下工作，而湿法冶金车间的工作环境，往往又是潮湿与含有各种酸、碱雾。所以冶金工厂选用的辅助设备，在许多情况下是需要耐高温与耐腐蚀的。

(3) 选用设备的容量应是在满负荷条件下运转　这就要求在设计计算过程中准确地提出容量数据。但是应该指出，冶金工厂的生产过程是连续运转的，必须保证设备有一定的备用量，在设备计划检修和发生临时故障时，应能及时更替，不致因此而中断生产。当然，备用量必须适当，否则大大增加建厂投资。

在计算设备容量时，还必须注意到生产条件的变化。例如根据原料来源与市场情况，需要增加产量时，设备应有一定的富余能力。又如为了节约电费，某些地区已规定晚间(0～8时)电费比日间高峰电费低许多，铁合金、工业硅生产和铝电解是耗电多的高耗能生产过程，在不影响生产正常进行的条件下，可以在晚间采用高电流密度，而在日间高峰用电时采用低电流密度操作。这样选用的变压器、整流设备应能满足这种负荷变化的要求。

(4) 必须满足节能的要求　选用的辅助设备大都是电力拖动，设备所需功率必须认真算好，绝不可用大功率电动机带动小生产率设备，应该使电动机在接近满负荷的条件下工作。同时应该充分利用工厂本身的能量。例如余热锅炉所产生的蒸汽不能充分利用来发电

时，则可用蒸汽透平来传动其他辅助设备。

由于冶金过程的复杂性，对选用设备还会有许多特殊的要求，应该根据具体条件慎重选用。

辅助设备应尽量选用定型产品，但是在许多情况下却选不到，需要重新设计。这种设计可分为两种类型。第一类可由冶金工艺设计人员提出要求，向有关厂家定做；冶金工厂特殊用途的机电产品属于这种类型。有一些辅助设备承担厂家，一时难于接受这种特殊设计，可由有关厂家与冶金工艺设计人员合作研制设计。如目前冶金工厂使用的余热锅炉，多是由锅炉厂与冶金厂合作设计制造的。另一类非定型辅助设备，如物料的干燥用具，在全厂生产过程中它只起辅助作用，往往是由冶金设计者当做主体设备自行设计。又如新研制成一种过滤设备，当然只能由冶金研制人员承担设计任务，在某种情况下也可与专门生产厂家合作。

3.7.3.2　选用设计辅助设备的基本方法

由于冶金工厂使用的辅助设备种类繁多，故只能分类叙述其选用设计方法。

(1) 机电设备　机电设备应选用定型产品，是从产品目录上选用。在设计时要计算出所需设备的容量或生产能力，然后从产品目录上选用额定容量与生产能力符合的类型设备及数量。这类设备包括有电力设备、起重运输设备、泵与风机等。但是有些设备选用好之后，设计者还应根据配置设计的要求，绘制设备安装图，如皮带运输机。

(2) 矿仓与料斗　冶炼厂一般在单位时间内处理的物料量大，同时又是连续生产，所以物料的贮备是很重要的。这类设备一般需要进行设计，考虑的主要因素是贮存时间与贮备量、物料的特性等。贮存时间的长短，对于厂外原材料应考虑供应者的地点、生产条件及运至厂内的交通情况；对于厂内的物料，则应考虑设备的生产情况和班组生产的需要量。某些工厂矿仓储存物料量和储存时间列于表 4-3，可供参考。

矿仓与料斗的设计计算是按容积来考虑的。有效容积的计算式如下：

$$V=\frac{G}{\rho}K$$

式中　V——有效容积，m^3；

G——需要储存的物料量，t；

ρ——物料的堆积密度，t/m^3；

K——有效容积的利用系数，一般取 0.8～0.9。

3.7.3.3　有特殊要求的辅助设备的设计

有许多冶金过程往往对辅助设备有特殊要求，如矿热炉的变压器、高温含尘烟气用的排风机等。这些设备本是定型产品，但是所属型号的特性不能满足冶金生产过程的要求。这样一来，在冶金工厂的设计中要对这些设备进行初步设计，提出具体要求向生产厂家定货。

例如铁合金、炼铜用电炉的变压器的选择与计算如下。

炉用变压器的总功率 P 可按下式计算：

$$P=\frac{WQ}{24K_1K_2\cos\varphi}$$

式中　W——电炉的单位(吨料或吨产品)耗电量，$kW\cdot h/t$；

Q——处理固体炉料量或产品产量，t/d；

K_1——功率利用系数，一般为0.9～1.0；

K_2——时间利用系数，一般为0.92～0.96；

$\cos\varphi$——功率因素，一般为0.9～0.98。

当选用3台单相变压器供电时，每台变压器的功率为总功率的三分之一。由于目前尚无精确的计算方法求得二次电压，故只能根据类似工厂实践经验与数据选取。电炉用变压器的二次电压常做成若干级，以适应生产中操作功率和炉渣性质的变化。某炼铜厂的电炉功率为30000kV·A，选用3台单相变压器，变压器的二次电压为201～404V，二次电流为38.31A，一般做成8～15级，级间差为20～40V。铁合金电炉变压器的电压级更多，可达5～50级，级间差要小一些，一般为3～6V。

3.7.3.4　冶金工厂专门使用的辅助设备设计

冶金工厂硫化精矿干燥所用的干燥窑，高温含尘烟气的冷却与收尘设备，湿法冶金过程所用的液固分离设备等，对于整个冶金生产过程来说，它们应该是起着辅助作用。但是这些辅助设备往往是由冶金设计者进行设计，由工厂自己生产安装，因此在设计时应绘出施工图来，与非标准冶金主体设备的设计相同。

3.7.4　非标准件设计

非标准件一般系指无固定外形和规格的、用于连接设备的焊接件，如各种钢壳体、溜槽、料斗、风管、罩子、钢烟囱、阀门、支架以及钢梯，炼铁高炉的风口、渣口、铁口、冷却壁，热风炉的炉箅子、陶瓷燃烧器等等。冶金工厂的非标准件，在设计、加工制作和安装方面的工作量也是比较大的，它与工艺流程关系十分紧密，一般都是由工艺专业完成。以往经验表明，为保证施工、安装和生产的顺利进行，给非标准件的设计以应有的重视是必要的。

非标准件的设计工作，一般应包括：外形尺寸的计算、材料结构的选择和设计制图等内容，并需结合土建施工时允许误差，在非标准件设计时应予充分考虑、留有余地。

3.7.4.1　外形尺寸的计算

非标准件的外形尺寸，要经过计算来确定。

非标准件的空间定位尺寸，在进行车间工艺布置时确定。要强调指出，必须重视下料溜槽的空间定位尺寸。因为溜槽的角度有一定的要求。角度是否合适，对生产能否正常进行关系极大。溜角过小，料流不畅，导致堵塞，给操作带来麻烦；溜角过大，就要提高建筑物的高度或加深地坑的深度，增加建设投资。同时，由于溜角过大，料流速度快，冲力大，加剧了溜子的磨损，维修量也大了。

非标准件的质量也是经常需要计算的项目之一，尤其是较大或较重的非标准件，必须认真进行计算。非标准件的重量，不仅是编制工程概预算不可缺少的数据，同时也是计算建、构筑物荷载不可缺少的数据。

3.7.4.2　材料、结构的选择

(1) 材料选择　非标准件一般为焊接件，因此，制作非标准件的材料，应选用焊接性能较好的普通碳素钢Q235-A。

(2) 结构选择　结构选择的原则：构造简单、耐磨耐用、便于加工制作、安装和维修。特别是物料溜子一类的非标准件，一般均属易磨部件，使用一定时间，就得修理或更换，必须遵循这一选型原则。

风管的连接方式，可用法兰连接，也可用焊接，为减少漏风，一般采用焊接的较多。为便于检修、清理管道，在焊接的管段上仍需设置少量的法兰连接。风管转弯半径的大小与系统阻力损失有关，一般取 $R=2.5\sim5.5D$。

3.7.4.3 设计制图

非标准件设计图纸的比例按其体形大小可选用 1:1，1:2，1:5，1:10，1:20，1:50 等。

图纸深度可按以下所列内容考虑：

(1) 一般只绘制总图，不作零件图(个别较复杂的除外)、展开图，必要时可补充局部放大图，但应注明非标准件的重量；

(2) 说明连接的设备，可在料管法兰上用引出线加注，如“上接提升机出口法兰”，也可用想像线绘出连接设备相关部分的简单轮廓；

(3) 要注明非标准件在布置图中的定位尺寸、外形尺寸和规格、法兰和螺孔大小、螺孔个数及间距等；

(4) 要表示出溜管穿越的墙壁和楼板，并注出它们的关系尺寸和标高，还要表示出靠近溜子的梁的外形和尺寸，要特别注意料管或烟囱是否碰楼板和梁的问题；

(5) 图中应列出材料表(含螺栓、螺母、垫圈的重量和个数)；

(6) 设有保温层时，要说明保温材料、厚度和做法，并绘制详图；

(7) 其他需要表示和技术说明的内容。

3.7.4.4 设计注意事项

(1) 确定管子、溜管的长度时，要考虑土建施工和设备安装的误差，图中标注的长度尺寸，可在计算长度的基础上，增加 50～150mm 的富余量，供现场安装时，按实际需要切割后进行焊接。若该非标准件分为 3 节以上，注明其中一节长度应留有富余长度，或实测丈量。

(2) 直径较大的风管，在选择壁厚时，要考虑管子的刚度以避免吊装中变形影响安装质量。较高的风筒、钢烟囱，下部壁厚应适当加厚，以增加强度承受筒体本身的自重。

(3) 在管子、溜子的适当部位，应根据需要加设捅料孔、清料门、人孔门、检修门、观察孔、取样孔等。

(4) 承受温度变化的、较长的管子、溜子，应在管上增设膨胀节头或波纹补偿器。

(5) 为便于搬运、吊装，较长的非标准件，应分节、分段制作，安装时，在现场焊接为整体。

3.7.4.5 施工误差和设计中的相应措施

施工中，土建、设备制造、设备安装、非标件加工等多方面的误差会集中在最后安装的非标件身上，为尽可能减少施工误差对安装工作的影响，可采取一些灵活变通的调整和补偿措施：

(1) 两端带法兰的溜子，可留其中一端的法兰在安装中焊接；

(2) 风管溜子分段组成时，加长量在末尾一段为宜；

(3) 风管和溜子的中间支承(如直立管道的固定支架，倾斜溜子的支承法兰)，为适应楼面标高或支承位置的变动，应留在安装时调整和焊接；

(4) 几条风管在一处汇接时，为弥补其长度偏差和中心线的偏移，可在安装时确定汇接位置后再开孔焊接；

(5) 适当加大法兰螺栓孔径，可方便螺栓的安装，有一定的补偿作用；

(6) 安装溜子之类的非标准件，一般不要采用预埋螺栓和二次浇注办法，倘若需要预埋的，可采取预埋钢板或预埋法兰的方法，不但能补偿误差，而且施工也方便；

(7) 圆形管道有中心对称性质，圆形断面溜子可绕其法兰中心相对自由转动(方形则不可)，因此具有良好的误差补偿性能；

(8) 有些两端用法兰或一端法兰另一端焊接固定的溜子，如皮带机、提升机、料仓等进出料溜槽，为方便补偿施工误差，可将两端固定改为一端固定，而另一端"浮动"而得到补偿；

(9) 有些空间位置复杂或走向别扭的管道和溜子，如估计到土建施工和设备安装的误差可能性较大，或在施工中可能会有变动，可待设备安装之后，再按实际测量的尺寸进行现场设计，这样可使非标件的布置结构更趋合理，且可避免因施工误差给安装带来的困难。

学习思考题

1. 试分析冶金工厂规模划分和工艺流程的确定依据。
2. 某年产 4000t/a 高耗能产品，总投资 1800 万元，有 A、B、C 三个厂址可供选择，分别距火车站的公路运输里程是 1km、180km，350km，单位产品原料消耗为 3000kg/t，运费为 50 元/(t·km)，C 地有 2/3 的原料可就地解决；产品单位电耗是 14000 kW·h/t，三地电价分别是 0.22 元/kW·h，0.16 元/kW·h，0.12 元/kW·h。(1)要在 5 年内收回投资，每年花钱最少，工厂应建在何地？(2)当建厂地确定后，计划一年建成投产，月贷款利息为0.75%，首次投入总投资 30%的自有资金，应当如何安排贷款的投入量和投入时间(可按季度划分)，才最经济？
3. 简述工艺流程的设计程序和带控制点的工艺流程图的绘制要点。
4. 物料平衡和热平衡计算在工艺设计中有何作用，为什么？
5. 根据锌精矿焙烧、浸出过滤、净化年度综合物料平衡，分别计算干燥、焙烧、浸出、液固分离、除铜镉、除钴等各工序的直接回收率 η_n 和总回收率 η。
6. 某弧形连铸机连铸热装工艺经过电炉炼钢、炉外精炼、连铸、连轧工序后，金属物料的投入与流失(kt/a)(不可返回损失量)情况为入炉金属料 407.1(其中外购金属料 365，直接回炉料 32，间接回炉料 10.1)经电炉冶炼后有 2%成为废钢回炉，5%熔损(其中有 30%回炉)；378.6 成为钢包钢水进入炉外精炼(其中有 0.7%事故废钢回炉)，375.9 经连铸后产生中间罐结壳 1%，连铸切头 1.2%，氧化铁皮 1.1%(93%流失)等均可回炉，得合格坯 364.7，连铸废品 0.5%回炉；经连轧后得成品材 350，并产生轧制废品 7.4，精轧切头 3.7，氧化铁皮 3.6(17%流失)等均可回炉。试计算各工序的直接回收率 η_n 和总回收率 η，并在 A_4 图纸幅面上，用 AutoCAD 绘出弧形连铸机连铸热装工艺的物料平衡图，再粘贴到 Word 文档中打印出来。
7. 试根据热平衡表，详细列出铜反射炉熔炼的热平衡方程中的各收入项和支出项数据。
8. 如何进行冶金工艺设备的选型设计，具体设计时应注意哪些问题？
9. 设计一年产炼钢生铁 350 万 t 的高炉的有效容积，选定高炉座数为两座，年作业率 η 取 0.9，高炉利用系数取 2.0t/(m^3·d)。
10. 试求某铁合金厂两台硅铁电炉(变压器额定容量为 12500kV·A)的年产量。年作业率 η 取 0.82，硅铁冶炼电耗是 8800kW·h/t。
11. 设计一个年产 8.5 万 t 粗铅的冶炼厂鼓风炉的风口区截面积。已知年工作日 330d，原料烧结块含铅 55.58%，粗铅的品位 98%Pb，鼓风炉冶炼铅的直接回收率 η 为 96%，生产率为 60t/(m^2·d)。
12. 一个年产 6 万 t 的湿法炼锌厂每天处理焙砂量 400t，中性浸出的液固比 11，浸出所需时间 1.5h，槽体

容积利用系数0.8，矿浆密度4t/m³，单槽容积100m³，备用槽数1，请确定中性浸出槽的数目。

13. 一年产炼钢生铁100万t的高炉车间，吨铁耗烧结矿1.65t/t，烧结机年作业率η取0.85，利用系数1.45t/(m²·h)，若按两台考虑，计算烧结机面积。

14. 试述非标准设备的设计内容及深度要求。

15. 非标准设备设计中必须注意哪些问题，施工中应怎样处理？

顶级地质论坛：http://bbs.3s001.com/

4 车间配置设计

在完成工艺流程设计和设备选型设计后，就要按生产工艺的要求，对组成车间的生产、辅助、生活三个部分及其设备和设施进行合理的安排和配置，这种设计，叫车间配置设计。车间布置是设计工作中很重要的一环，车间布置的好坏直接关系到车间建成后是否符合工艺要求，能否有良好的操作条件，使生产正常、安全地运行，设备的维护检修方便可行，以及对建设投资、经济效益等都有着极大的影响。所以在进行车间布置前必须充分掌握有关生产、安全、卫生等资料，在布置时要做到深思熟虑、仔细推敲，以取得一个最佳方案。

车间布置设计是以工艺为主导，并在其他专业如总图、土建、仪表自动化、设备、电力、暖通、热力等密切配合下完成的。因此，在进行车间布置设计时，要集中各方面的意见，最后由工艺人员汇总完成。

车间有大有小，基本上都由生产、辅助、生活三部分构成，如图 4-1 所示。

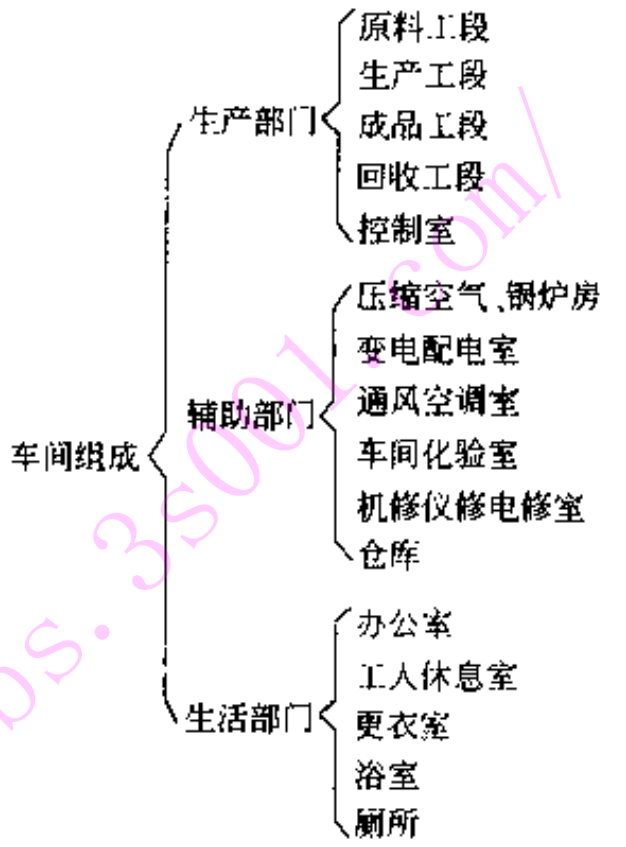


图 4-1 车间组成

4.1 车间配置设计的内容和要点

车间配置设计的内容可分为两大部分：厂房的整体布置和厂房的轮廓设计；设备的排列和配置。车间布置要考虑的问题有：

(1) 最大限度地满足工艺生产包括设备维修的要求；

(2) 有效地利用车间建筑面积(包括空间)和土地(设备能露天布置的尽量露天布置，建筑物能合并的尽量合并)；

(3) 要为车间的技术经济指标先进合理以及节能等要求创造条件；

(4) 了解其他专业对本车间布置的要求；

(5) 要考虑车间的发展和厂房的扩建；

(6) 车间中所采取的劳动保护、防腐蚀措施是否符合要求；

(7) 本车间与其他车间在总平面图上的位置，力求使它们之间输送管线最短，联系最方便；

(8) 建厂地区的气象、地质、水文等条件；

(9) 人流货流不要交错。

4.1.1 厂房的整体布置和厂房的轮廓设计

4.1.1.1 厂房安排

厂房安排主要根据生产规模、生产特点、厂区面积、厂区地形及地质条件等来全盘考虑

车间各厂房、露天场地及各建筑物间的相对位置和布局。当生产规模较小，车间中各工序联系频繁，生产特点无显著差异时，在符合建筑设计防火规范及企业卫生标准的前提下，结合建厂地点的具体情况，可将车间的生产、辅助、生活部门集中布置在一幢厂房内，辅助室和生活室安排在车间的一个区域。当生产规模较大，车间内各工序的生产特点有显著差异，如有易燃易爆、有毒气体、粉尘或有明火设备工业炉等的情况，就应采用分散的单体式厂房。

近年来，由于生产规模、自动化生产线、生产专业化程度及建筑造价等的扩大与增加，国外工业企业日趋将各种生产工艺过程尽可能集中于一幢大厂房内，往往一个工厂只有1～2幢大厂房。

4.1.1.2 *厂房平面布置*

厂房平面轮廓有长方形、L形、T形、口形等数种，多采用长方形，其长度视生产规模及工艺要求而定。厂房常用的宽度有9、12、15、18、21、24、30(m)等数种，一般单层厂房不超过30m，多层厂房不超过24m。

厂房的柱网布置，要考虑设备配置及建筑模数的要求。采用框架结构的厂房，柱网间距一般为6m，也有采用7.5m的，在一幢厂房中不宜采用多种柱距。单层厂房常为单跨，即跨度等于宽度，厂房内没有柱子；一般较经济的多层厂房跨度控制在6m左右，例如宽度为12、14.4、15、18(m)的厂房，常分别布置成6—6、6—2.4—6、6—3—6、6—6—6的形式(6—2.4—6表示三跨，跨度为6m、2.4m、6m)。近年来，国外工业建筑有扩大柱网的趋势，如把柱距从6m加大至12、18(m)，把跨度加大至24、30、36(m)，看来，加大柱距在一定条件下比加大跨度更为适宜。

4.1.1.3 *厂房层数*

工厂厂房可根据工艺流程的需要设计成单层、多层或单层与多层相结合的形式，如烧结主厂房。一般来说单层厂房利用率较高，建设费用也低，因此除了由于工艺流程的需要必须设计为多层外，工程设计中一般多采用单层。有时因受建设场地的限制或者为了节约用地，也有设计成多层的。对于为新产品工业化生产而设计的厂房，由于在生产过程中对于工艺路线还需不断地改进、完善，所以一般都设计成一个高单层厂房，利用便于移动、拆装、改建的钢操作台代替钢筋混凝土操作台或多层厂房的楼板，以适应工艺流程变化的需要。

厂房层数的设计要根据工艺流程的要求、投资、用地的条件等各种因素，进行综合的比较，然后才能最后决定。

4.1.1.4 *厂房垂直布置*

厂房层数的设计，要根据工艺流程的要求、用地的条件及投资等各种因素进行综合比较而加以确定。一般说来，单层厂房利用率较高，建设费用较低，因此除了工艺流程需要或因受建设场地限制等而需要设计为多层外，一般多采用单层。

采用多层厂房时，每层的高度取决于设备高低、安装位置、检修要求以及安全卫生等条件，一般为4～6m，且每层的高度应尽量相同。在有高温、有害气体及粉尘的厂房中，要适当加高建筑物的层高，或采取相应的通风散热措施。

4.1.2 设备配置

设备配置除要满足生产工艺的要求外，还要便于安装和维修，保证良好的操作条件，保障安全生产，符合建筑要求，节省基建投资，留有发展余地。设备配置的要点是：

(1) 按工艺流程顺序，把每个工艺过程所需要的设备布置在一起，保证工艺流程在水平

和垂直方向的连续性;操作中有联系的设备或工艺上要求靠近的设备,也要尽可能配置在一起,以便集中管理,统一操作;相同或相似的设备宜集中配置,以便相互调换使用。

(2) 充分利用位能,做到物料自流。一般把计量槽、高位槽配置在高层,主要工艺设备在中层,贮槽及重型设备或产生振动的设备在底层。

(3) 要为设备的操作、安装、检修创造条件,主体设备应有足够的操作空间,设备与墙、设备与设备之间要有一定的距离(参见表 4-1)。

表 4-1 常用设备的安全距离

序 号	项 目	净安全距离/m
1	泵与泵间的距离	不小于 0.7
2	泵离墙的距离	不小于 1.2
3	泵列与泵列间的距离(双排泵间)	不小于 2.0
4	贮槽与贮槽、计量槽与计量槽间的距离	0.4~0.6
5	换热器与换热器间的距离	至少 1.0
6	塔与塔的间距	1.0~2.0
7	离心机周围通道	不小于 1.5
8	过滤机周围通道	1.0~1.8
9	反应罐盖上传动装置离天花板距离	不小于 0.8
10	反应罐底部与人行道距离	不小于 1.8~2.0
11	起吊物与设备最高点距离	不小于 0.4
12	往复运动机械的运动部件离墙距离	不小于 1.5
13	回转机械离墙及回转机械相互间的距离	不小于 0.8~1.2
14	通廊、操作台通行部分的最小净空高度	不小于 2.0~2.5
15	操作台梯子的斜度	一般不大于 45°,最高不超过 60°
16	控制室、开关室与工业炉间的距离	15
17	产生可燃性气体的设备和炉子间的距离	不小于 8.0
18	工艺设备和道路间的距离	不小于 1.0
19	风机房和配电室	不小于 50

(4) 要充分注意操作人员的劳动卫生条件。工业炉、明火设备及产生有毒气体和粉尘的设备,应配置在下风处;对易燃易爆或毒害、噪声严重的设备,尽可能单独设置工作间,或集中在厂房某一区域,并要采取措施防止产生静电、放电及着火的可能性,使车间有害气体及粉尘的浓度不超过允许极限;有高温熔体的设备,应设置安全坑;凡产生腐蚀介质的设备,其基础、墙、柱等都要采取防护措施;尽量做到背光操作,允许露天布置的设备,尽量布置在室外。

(5) 力求车间内部运输线路合理。车间管线尽可能短,矿浆及气体等的输送尽可能利用空间,并沿墙敷设;建立固体物料运输线,运输线要与人行道分开。

4.1.2.1 生产工艺对设备布置的要求

(1) 在布置设备时一定要满足工艺流程顺序,要保证水平方向和垂直方向的连续性。对于有压差的设备,应充分利用高位差布置,以节省动力设备及费用。在不影响流程顺序的原则下,将较高设备尽量集中布置,充分利用空间,简化厂房体形。通常把计量槽、高位槽布置在最高层,主要设备如反应器等布置在中层,贮槽等布置在底层。这样既可利用位差进出物料,又可减少楼面的荷重,降低造价。但在保证垂直方向连续性的同时,应注意在多层厂房中要避免操作人员在生产过程中过多地往返于楼层之间。

(2) 凡属相同的几套设备或同类型的设备或操作性质相似的有关设备，应尽可能布置在一起，这样可以统一管理，集中操作，还可减少备用设备，即互为备用。

(3) 设备布置时，除了要考虑设备本身所占的位置外，还必须有足够的操作、通行及检修需要的位置。

(4) 要考虑相同设备或相似设备互换使用的可能性，设备排列要整齐，避免过松过紧。

(5) 要尽可能地缩短设备间管线。

(6) 车间内要留有堆放原料、成品和包装材料的空地(能堆放一批或一天的量)，以及必要的运输通道，且尽可能地避免固体物料的交叉运输。

(7) 传动设备要有安装安全防护装置的位置。

(8) 要考虑物料特性对防火、防爆、防毒及控制噪声的要求，譬如对噪声大的设备，宜采用封闭式间隔等，生产剧毒物及处理剧毒物料的场所，要与其他部分完全隔开，并单独设置自己的生活辅助用室。

(9) 根据生产发展的需要与可能，适当预留扩建余地。

(10) 设备之间或设备与墙之间的净间距大小，虽无统一规定，但设计者应结合上述布置要求及设备的大小、设备上连接管线的多少、管径的粗细、检修的频繁程度等各种因素，再根据生产经验，决定安全间距。表 4-1 介绍的一些数字系针对中小型生产而考虑的，供一般设备布置时参考。

4.1.2.2 设备安装对布置的要求

(1) 要根据设备大小及结构，考虑设备安装、检修及拆卸所需要的空间和面积。

(2) 要考虑设备能顺利进出车间。经常搬动的设备应在设备附近设置大门或安装孔，大门宽度比最大设备宽 0.5m，不经常检修的设备，可在墙上设置安装孔。

(3) 通过楼层的设备，楼面上要设置吊装孔。厂房比较短时，吊装孔设在靠山墙的一端，厂房长度超过 36m 时，则吊装孔应设在厂房中央。

多层楼面的吊装孔应在每一层相同的平面位置。在底层吊装孔附近要有大门，使需要吊装的设备由此进出。吊装孔不宜开得过大(一般控制在 2.7m 以内，对于外形尺寸特别大的设备的吊装，可采用安装墙或安装门)。

(4) 必须考虑设备检修、拆卸以及运送物料所需要的起重运输设备。起重设备的形式可根据使用要求定。如不设永久性起重运输设备，则应考虑有安装临时起重运输设备的场地及预埋吊钩，以便悬挂起重葫芦。如在厂房内设置永久性的起重运输设备，则要考虑起重运输设备本身的高度，并使设备起吊运输高度大于运输途中最高设备的高度。

4.1.2.3 厂房建筑对设备布置的要求

(1) 凡是笨重设备或运转时会产生很大振动的设备，如压缩机、振动筛、粉碎机等，应该尽可能地布置在厂房的底层，并与其他生产部分隔开，以减少厂房楼面的荷载和振动。如果由于工艺要求或者其他原因不能布置在底层时，应由土建专业在结构设计上采取有效的防震措施。

(2) 有剧烈振动的设备，其操作台和基础不得与建筑物的柱、墙连在一起，以免影响建筑物的安全。

(3) 布置设备时，要避开建筑物的柱子及主梁，如设备吊装在柱子或梁上，其荷重及吊装方式须事先告知土建专业人员，并与其商议。

(4) 厂房中操作台必须统一考虑,防止平台支柱林立重复,既有碍于整齐美观,又影响生产操作及检修。

(5) 设备不应布置在建筑物的沉降缝或伸缩缝处。

(6) 在厂房的大门或楼梯旁布置设备时,要求不影响开门和妨碍行人出入畅通。

(7) 设备应尽可能避免布置在窗前,以免影响采光和开窗,如必须布置在窗前时,设备与墙间的净距应大于 600mm。

(8) 设备布置时应考虑设备的运输线路,安装、检修方式,以决定安装孔、吊钩及设备间距等。

4.1.3 车间辅助室和生活室的布置

(1) 生产规模较小的车间,多数是将辅助室、生活室集中布置在车间中的一个区域内。

(2) 有时辅助房间也有布置在厂房中间的,譬如配电室安排在用电负荷中心,空调室布置在需要空调的房间附近,但这些房间一般都布置在厂房北面房间。

(3) 生活室中的办公室、化验室、休息室等宜布置在南面,以充分利用太阳能采暖。更衣室、厕所、浴室等可布置在厂房北面房间。

(4) 生产规模较大时,辅助室和生活室可根据需要布置在有关的单体建筑物内。

(5) 有毒的或者对卫生方面有特殊要求的工段必须设置专用的浴室。

4.1.4 安全、卫生和防腐蚀问题

(1) 要为工人操作创造良好的采光条件。布置设备时尽可能做到工人背光操作,高大设备避免靠窗布置,以免影响采光。

(2) 要最有效地利用自然对流通风,车间南北向不宜隔断。放热量大、有毒害性气体或粉尘的工段,如不能露天布置时,需要有机械送排风装置或采取其他措施,以满足卫生标准的要求。

(3) 凡火灾危险性为甲、乙类生产的厂房,除上面已提到的一些注意事项外,还需考虑:

1) 在通风上必须保证厂房中易燃气体或粉尘的浓度不超过允许极限,送排风设备不应布置在同一个通风机室内,且排风设备不应与其他房间的送排风设备布置在一起。

2) 必须采取必要的措施,防止产生静电、放电以及着火的可能性。

3) 凡产生腐蚀性介质的设备,其基础、设备周围地面、墙、梁、柱都需要采取防护措施。

4.2 车间配置设计的步骤和方法

4.2.1 调查研究

包括收集有关基础资料和去同类工厂及车间进行调查研究。

4.2.2 具体进行车间配置

(1) 根据生产流程、生产性质,各专业的要求及车间在全厂总平面图上的位置,确定厂房的整体布置(分散式或集中式),划分生产、辅助和生活区的分隔及位置。

(2) 根据设备的形状、大小及数量,确定车间厂房的结构形式、轮廓、跨度、层数、柱距、门窗开设方式及尺寸,楼梯的位置及坡度,在坐标纸上绘制厂房建筑平、立面轮廓草图(比例 1:100)。

(3) 绘制设备配置草图:把设备按比例(1:100)用塑料片或硬纸制成图案(或模型),在画有厂房建筑平、立面轮廓草图的坐标纸上配置设备,找出最佳方案,绘出车间平、立面配置草图,经讨论修改后,提交土建专业设计建筑图。

4.2.3 绘制车间配置图

工艺专业取得建筑设计图后，根据车间配置草图绘制正式的车间平、立面配置图。绘图时，要求层次分明，尽量避免不必要的重复图形及尺寸，首先考虑到看图方便，在把内容充分地表达清楚的前提下，力求制图简便，而且要把内容在图纸上布置得美观，线条分明，达到清楚易懂，内容丰富。

4.3 车间配置图的绘制

车间配置图是车间配置设计的最终产品，应根据本设计阶段的要求，表示出设备的整体布置，包括设备与有关工艺设施的位置和相互关系，设备与建(构)筑物的关系，操作与检修位置，厂房内的通道，物料堆放场地以及必要的生活和辅助设施等。施工图设计阶段配置图，对于不单独绘制安装图的设备，其深度应达到满足指导设备安装的要求。

车间配置图一般包括一组视图(平面图、剖面图和部分放大图等)，尺寸及标注，说明与附注，编制明细表与图签及标题栏等，具体绘制步骤和要求如下。

4.3.1 视图布置

车间配置图一般按车间组成分车间、工段或系统绘制。当车间范围较大，图样不能表达清楚时，则可将车间划分若干区域，分图绘制，但必须注明图号；当几个工段或车间设在同一厂房内时，也可以合并绘制。

配置图一般是每层厂房绘制一张平面图，在平面图上应绘出该平面之上至上一层平面之下的全部设备和工艺设施，各视图应尽量绘于同一图纸上，当图幅有限时，允许将平面图和剖面图分张绘制，但图表和附注专栏应列于第一张图纸上，剖视图的数量应尽量少，以表达清楚为原则。施工图设计阶段的配置图根据需要可加上必要的局部放大图、局部视图和剖面图。

为了看图方便，部件图、零件图的主视图和安装位置应尽可能与总图一致或接近，烟道口的粗管子和烟道的断面，一般应画阴影，标准实线部分的阴影画实线，细线部分的阴影画空心线，阴影的画法规定光线来自图纸的左上角。

4.3.2 绘制比例和图纸幅面

各类图纸推荐优先采用 1:20，1:50，1:100，1:200。一张图纸采用几种比例时，主要视图的比例标写在图纸标题栏中，其他视图的比例写在视图名称下方，如 $\frac{\text{A-A}}{1:100}$。

图纸幅面一般采用 A_1 图纸(594mm×841mm)，必要时允许加长 A_1～A_3 图纸的长边和宽边，加长量要符合机械制图国标 GB 4457.1—84 的规定。如需要绘制几张图，幅面规格力求统一。

4.3.3 绘制平面图

(1) 明确图线　图面线条要符合 GB 4457.4—84 的规定。设备、有关工艺设施、部件和零件等可用中实线(约 b/2)，改建和扩建工程原有的设备、建(构)筑物以及与本图相连而不在本图编号的设备用细实线，与工艺关系密切的外专业设备，如通风柜、整流器、变压器、仪表盘等用细实线绘出其简单轮廓。

(2) 画出建筑定位轴线　对于承重墙、柱子等结构，按建筑图要求用细点划线画出建筑定位轴线，在每一建筑轴线的一端画出直径 8～10mm 的细线圆，在水平方向从左向右依次用阿拉伯数字编号，在垂直方向从下向上用大写字母 A、B、C 等标注，如图 4-2 所示。

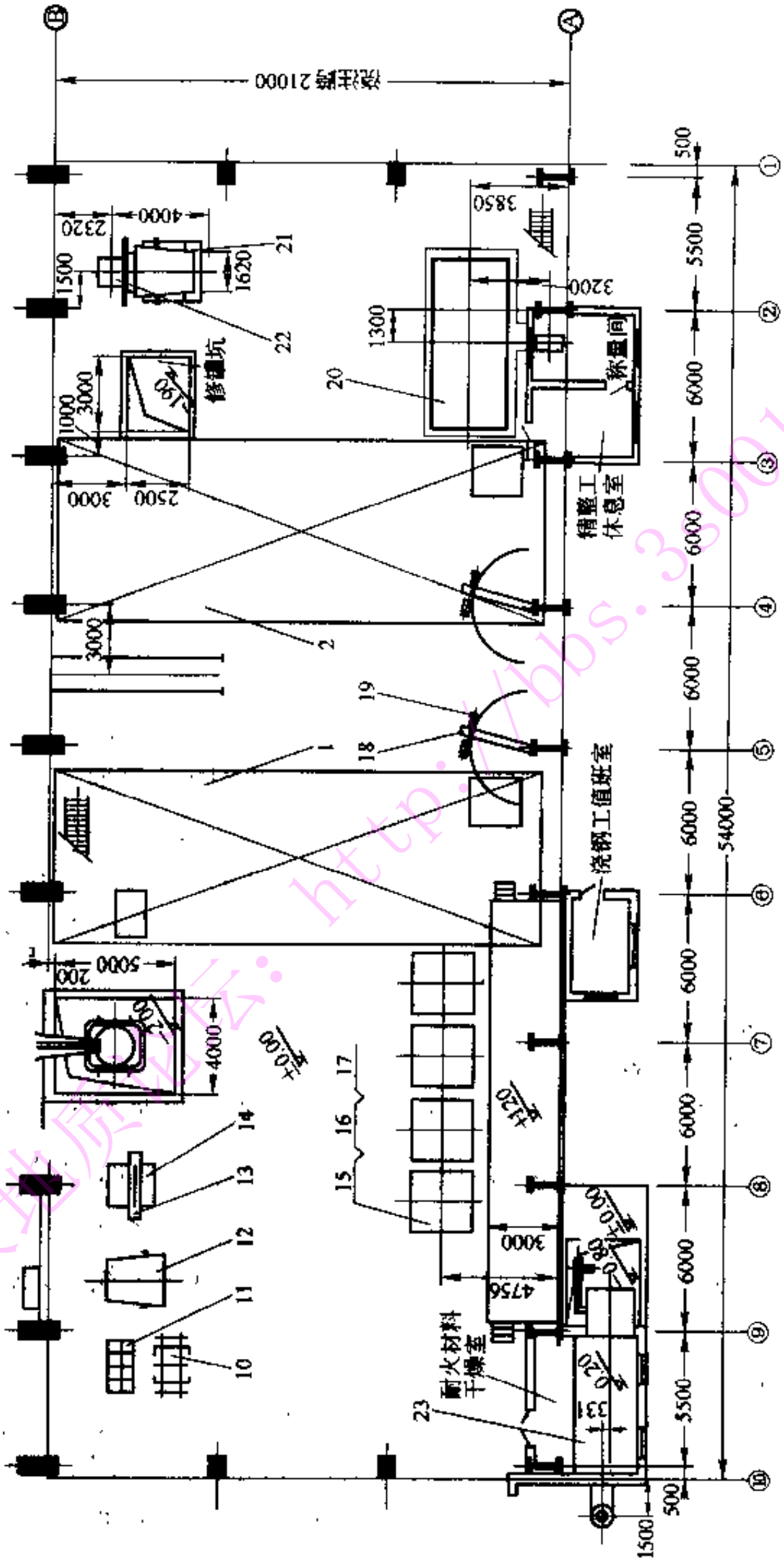


图 4-2　建筑定位轴线表示法

顶级地质论坛：http://bbs.3001.com/

(3) 画出与设备安装有关的厂房建筑基本结构　图中应按比例采用规定图例绘出墙、柱、地面，楼面、操作台、栏杆、楼梯、安装孔洞、地沟、地坑、吊车梁及设备基础等的形象，与设备安装关系不大的门窗等，一般只在平面图上画出它们的位置、门的开启方向等即可。

(4) 画出设备中心线和设备、支架、基础、操作台等的轮廓形状和安装方位。

对于非安装设备如熔体包子、车辆等，应按比例将其外部轮廓绘制在经常停放的位置或通道上，图形数量可不与设备明细表上的数量相同。

必要的辅助设备与构件的轮廓图形也应绘出，如通风柜、整流器、变压器等，如果这些设备占据专门的房间时，则只在相应的房间处写明“变压器室”、“仪表室”等字样即可。在一个视图上相邻的数台规格和安装方式相同、排列一致的设备，只要求较详细地绘出其中一台的外形，其余的则用简单轮廓线和中心线表示其位置即可。起重设备要在剖面图上标出吊钩的极限位置。

(5) 平面图的名称　以该平面的相对标高命名图号，并写于图形的上方，如“5.00 平面”。

4.3.4　绘制剖视图

剖视图的绘制步骤与平面图大致相同，须逐个绘制。

剖视图的剖切线一般在 ±0.000 平面图上，下方应注明剖视名称。剖视名称按平面图由下往上依次排列，如 A—A(剖视)，B—B(剖视)或 Ⅰ—Ⅰ(剖视)、Ⅱ—Ⅱ(剖视)等。

剖视图和平面图画在一张图上时，按剖视顺序，依从左至右，由下而上顺序排列。

4.3.5　标注尺寸

(1) 标注厂房建筑及构件尺寸　图中需标注厂房的长度、宽度等尺寸，柱、墙定位轴线的间距，地面、各楼层、操作台，尾面等的标高及安装孔、洞、沟坑等的定位尺寸。

平面尺寸：一般标于平面图中，以建筑定位轴线为标准，单位用毫米(不注)，尺寸界限一般是建筑定位轴线和设备中心线或设备支座中心线的延长线。

标高尺寸：一般标于主要剖面图上，单位用米(不注)。绝对标高用涂黑的三角形表示，取小数点后两位数字；相对标高用三角形，取小数点后三位数字；零点标高注 ±0.000，正数标高不加“+”号，负数标高要加“−”号，剖视图零点标高处需在括号内加注绝对标高(见图4-3)。

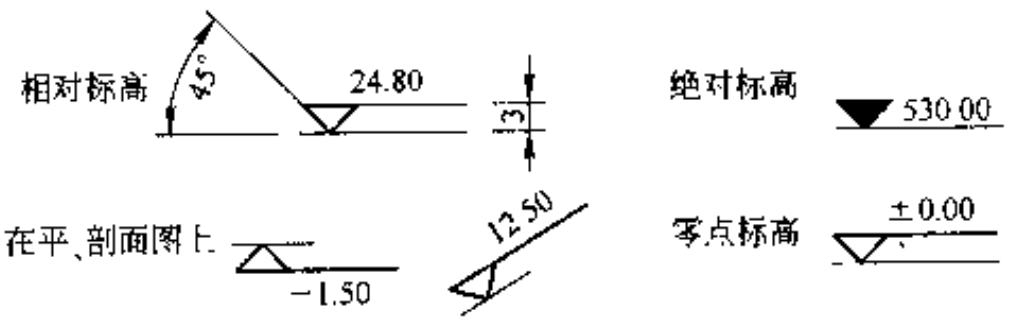


图 4-3　标高尺寸标注法

坡度：楼面、地面和管道的坡度用箭头表示，箭头指向低处，箭头上加注坡度。如表示楼面或地面坡度：$i=2\%$；表示管道坡度：$i=0.002$。

(2) 标注设备尺寸　图上一般不标注设备定形尺寸，只标注安装定位尺寸。

平面定位尺寸：平面图中应标出设备与建筑物及构件，设备与设备间的定位尺寸，一般是以建筑定位轴线为基准，标出与设备中心线或设备支座中心线的距离。当某一设备定位后，可以此设备中心线为基准，标注邻近设备的定位尺寸。

高度方向定位尺寸：一般是标注设备基础面或设备中心线的标高。

设备编号：一般标在平面图上，按设备引线顺时针方向或按工艺流界顺序排列；规格型

号相同的设备按工序和用途分别编号，例如无料钟炉顶、液压泥炮、浸出槽和置换槽，点火器、烧结机等。设备编号方法见图 4-4。

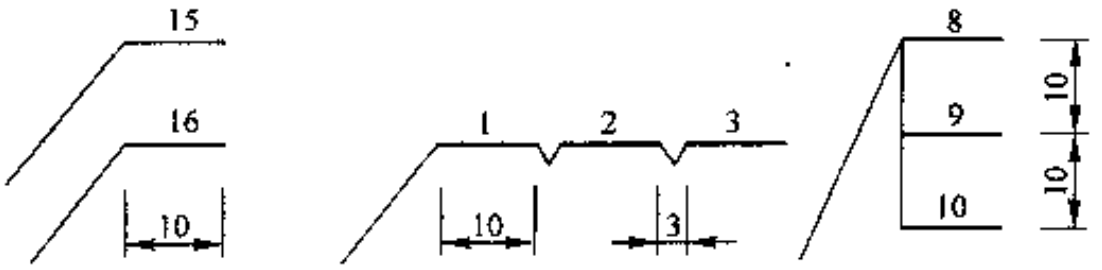


图 4-4　设备编号方法

4.3.6　填写图纸标题栏和编制设备明细表

图签及图纸标题栏采用各设计单位自行规定的格式，如某设计院的图签及标题栏格式见表 4-2。

表 4-2　图签及标题栏格式

29	12500kVA 电炉矮烟罩						图　号	CD2003-0M				9
							科　室		专　业	设　备	共3张 第1张	5
							比　例	1:1	设计阶段	施　工	总　重	5
							图　幅	A4	日　期	2001.5		5
							材　料			电子文档号		5
6	职务(职称)	姓　名	签　字	职务(职称)	姓　名	签　字	× × × × × × 设计研究总院					24
6	室 主 任			审　核								
6	总设计师			设　计								
6	主任设计师			制　图								
	15	18	17	15	18	17	80					

标题栏内设备总图上的名称在设备名称之后写“总图”字样，而不写“装配图”；部件图或设备图内某一部分装配图上的名称之后加“装配图”字样；工艺布置图或安装图在名称之后加上“布置图”或“安装图”字样；零件图只注名称，不加“图”或“零件图”字样；图面上不得使用材料代号，如槽钢不得用“⊏”代替；一品一页的零件图在图签栏内增加材料和重量两栏，不需零件明细表；在每套图总图的标题栏内必须写“厂名”、“车间或工序”。

明细表格式见表 4-3。图签与明细表之间不留空位，明细表续表位于图签右方，与图签栏并列，中间也不留空位。材料单重按零件图重量填写，材料总重 10kg 以上的小数点后标到一位数，10kg 以下的标到小数点后两位数，不足 1kg 的最多标到小数点后三位数，0.001kg 的材料重量，如一般的螺栓、螺母、垫圈可忽略不计。材料汇总重量，在部件图中一般

表 4-3　明细表格式

10	30	52	10	18	18	18	24	
3	GB5782—86	螺 栓　M16×45	8	Q235-A				8
2	CD2003-1.1.0	导向块	4	焊接件	4.71	18.84		8
1	本　图	角 钢　∠200×125×14	4	Q235-A	4.13	16.52	L=160	8
序 号	标准或图号	名 称 及 规 格	数 量	材 料	单 重	共 重	备　注	12
					重 量 (kg)			
明　细　表					总　重			12

标到小数点后一位数字，不足 1kg 的，标至小数点后两位数字。在总图中，100kg 以上的 1～4 进为 5；6 进为 10；100kg 以下的标到个位数，有小数均进 1，不足 1kg 的标到小数点后两位数字。设计必须选用又不能代用的材料，应标明其标准号，如型钢和管材等。没有标准号或虽有标准号但某厂标的外购件应在备注栏内注出“外购”字样。明细表的总重量写在表头明细表一格的右边，不写在明细表的上部。

明细表的序号按顺序自下而上编排。非标准设备应填写带电动机和减速机的规格、技术性能和数量等，电动机、减速机不单独编号，写在主设备的上方；标准设备和标准件的名称必须用产品样本或有关标准的正式名称，非标准设备、自行设计的部件零件应按其用途命名，如冷却壁、电解槽、浸出槽、矮烟罩、把持器等。“标准或代号”栏，凡属标准设备填制造厂家名称，标准件填有关标准代号，非标准设备填图纸目录号，部件、零件填图纸号。

4.3.7 图纸目录的填写

图纸目录必须与其他图纸同时完成。图纸目录首页需用带有图签而副页可带也可不带。图纸目录自上而下填写，先填写新图后填写复用图（旧图）、标准图，新图与复用图之间留 3～5 格空白，在首页的标题栏内必须写“厂名”、“车间或工序”。当图纸目录只有一页时，将图号页数序号写在标题栏规定的格中，有两页以上时，从第二页开始在右下角边框内填写图号及页号，一套图纸只有新图时，结尾处只写共计。

表 4-4 图纸目录格式

序号	图纸名称	图号	折合 (A1)	实际张数	新旧图纸	备注
1	12500kVA 电炉矮烟罩图纸目录	CD2003-0M	0.375	3	新	
2	12500kVA 电炉矮烟罩	CD2003-00	2.0	2	新	
	共计		20.875	55	新	
	10	85	30	15	10	10	20

18 = 9 + 9 + 9

4.3.8 其他图面规定

(1) 每套图纸的图面和符号等表示方法要统一。

(2) 设计文件和图纸说明中对条文执行严格程度的用词采用以下写法：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词

一般采用“必须”、“一定”、“只准”等。

反面词，一般用“严禁”；不采用“绝对禁止”、“绝对不允许”等。

2) 表示严格

一般采用“应”；不采用“应当”、“应该”、“需要”等。

反面词，一般用“不应”或“不得”；不采用“不准”、“禁止”等。

3) 对表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的用词，一般采用“宜”、“一般”；不采用“最好”、“建议”等。

反面词，一般用“不宜”；不采用“最好不”、“不要”等。

4) 对表示一般情况下均应这样做，而目前由于国家技术水平所限，硬行规定这样做有

困难的,可采用“应尽量”。

5) 条文中指明必须按标准、规范或其他有关规定执行的,其写法为“按···执行”或“符合···要求”;不采用“遵照···”、“遵守···”。

图 4-5 为电炉炼钢车间配置实例图。

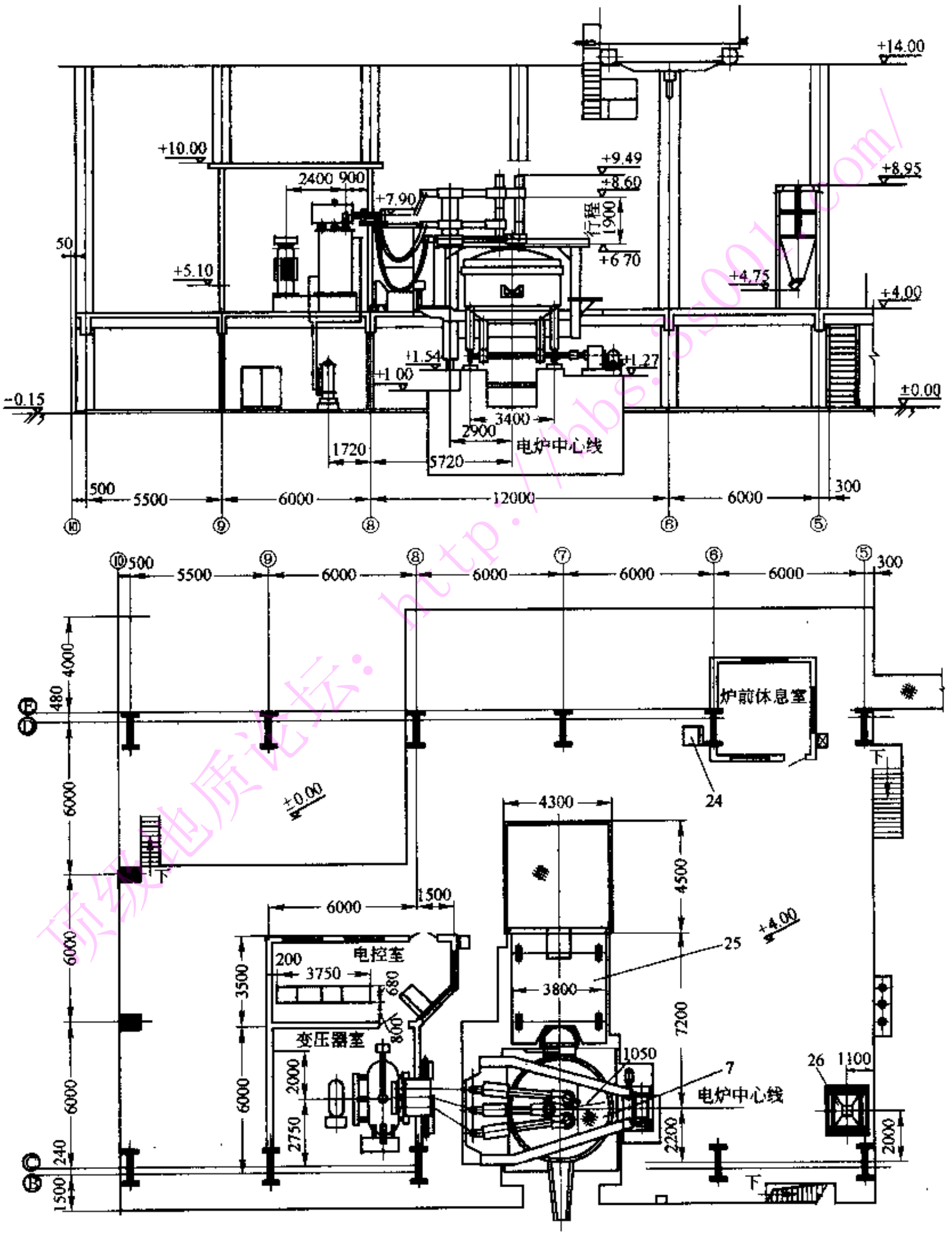


图 4-5 电炉炼钢车间配置实例

4.4 设备安装图的绘制

设备安装图分为机组安装图和单体设备安装图以及管道安装图，必须根据外专业返回的资料绘制，相连的部分必须图示出来，并用细实线表示，且标出相连部分的尺寸。绘制比例采用 1:10，1:20，1:50；图纸幅面一般采用 A_1、A_2 图纸(420mm×594mm)均可。

4.4.1 机组安装图

机组安装图是按工艺要求和设备配置图准确地表示出车间(或厂房)内部某部分设备和构(零)件安装关系的图样，一般应有足够的视图和必要的安装大样，机组安装图的内容深度：

(1) 在图中应表示出工艺设备或辅助设备和安装部件的外部轮廓、定位轴线、主要外形尺寸、固定方式等；

(2) 表示出有关建(构)筑物；

(3) 设备基础(应包括螺栓、螺母、垫圈的重量和个数)和相应的标高；

(4) 表示出设备明细表和安装部件、零件明细表；

(5) 必要的文字说明和附注。

4.4.2 单体设备安装图

单体设备安装图包括普通单体设备安装图和特殊零件制造图以及与设备有关的构件如管道、流槽、漏斗、支架、闸门等的制造图(见第 3 章非标准设备的设计)，这些图形均应绘制出安装总图及其零件图。但凡属下列情况，可不绘制零件图：

(1) 国家标准、部颁标准或产品样本中已有的产品，只需写出其规格、尺寸或其标记代号，即可购到的零件。

(2) 由型材锤击、切断或由板材制成的零件，在设备或部件总图上能清楚地看出实物形状及尺寸的零件。

4.4.3 管道安装图

管道安装图一般有矿浆管道图，冷风、蒸汽、氧气、压缩空气、真空管道图，润滑油及各种试剂管道图等。管道安装图包括管道配置图、管道及配件制造图、管道支架制造图等。

4.4.4 装配图

凡在总图中可单独分出来的部件或结构件可作装配图，深度要求要能清楚地表示出几个零件之间的装配关系的视图，包括剖面图和放大图；各相关尺寸应一一注出，如部件的外形尺寸、零件之间的装配尺寸，总图与本装配图相关连的尺寸；装配时需要检查的尺寸，极限偏差和配合特性；有关零件在装配时和装配后需加工或焊接的部位尺寸。装配图应尽可能与总图的方向一致。装配图必须图示平台的大小、高度、台级的位置，并表示出它的尺寸。也必须图示出与总图的地面标高，以及与绝对标高之间的关系。装配图中相同的尺寸，在投影的一处标注，不要出现重复的尺寸。

4.4.5 零件图

零件图应尽量与装配图的方向一致，必须在比例上小于或等于装配图的比例。一切机械加工图必须按机械制图标准画，尺寸的公差和表面粗糙度(见图 4-6)必须表示出来。零件的尺寸标注一定不要注成封闭尺寸链。尽可能将尺寸集中标注在一个投影上。

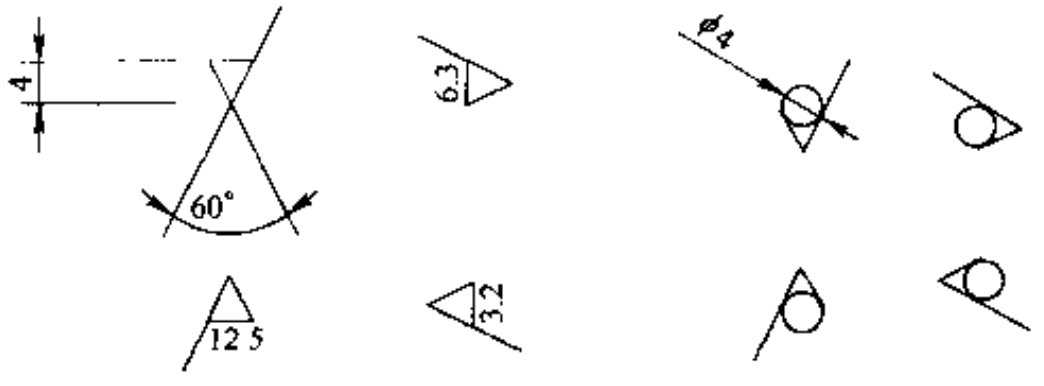


图 4-6　粗糙度表示方法

学 习 思 考 题

1. 车间一般由哪些部分组成?
2. 阐述车间布置要考虑的若干具体技术问题。
3. 用 AutoCAD 绘制 A_4 图幅按 1:1 的比例的图纸目录,并加上图签及标题栏。
4. 用 AutoCAD 绘制 A_1 图幅按 1:100 的比例的图框,并加上图签、标题栏和设备明细表,完成电炉炼钢车间配置图的设计。
5. 叙述用 AutoCAD 绘制设备安装图的绘图步骤。
6. 如何确定设备的定位尺寸?
7. 车间布置图的图面安排有哪些规则?
8. 车间配置设计的成品是什么?
9. 试归纳车间平面图和车间剖视图的内容深度。
10. 指出车间配置图与设备安装图的区别和联系。

顶级地质论坛: http://bbs.3s001.com/

5 冶金炉砌砖设计

在火法冶金过程中，有各种高温熔体（如铁水、钢液、铁合金液）对设备的侵蚀；而湿法冶金过程中，又有各种酸、碱、盐水溶液对设备的腐蚀；另外，在所有这些过程中，都会产生各种腐蚀气体（如 SO_2、Cl_2、HCl 等）及酸雾等。所以在进行冶金主体设备设计以及辅助设备选用时，必须很好地选用各种耐高温、耐腐蚀、耐磨损的构筑材料，并计算出消耗量和估计库存量。

火法冶金中所使用的各种冶金炉以及熔盐电解槽的构筑材料，主要是各种耐火材料及加固用的各种钢材。在火法冶金过程中需要加入各种熔剂造渣，这些熔剂与耐火材料会发生造渣反应。冶炼过程中产生的高温金属或其他化合物熔体具有较强的渗透能力，有时也会和构筑材料发生化合反应。

高温冶金过程是在氧化气氛或还原气氛下进行，有时气相中还含有某种腐蚀性的气体。所有这些都要求认真而正确地选用耐火材料。熔剂、金属和气氛与耐火材料的作用情况和常用耐火材料的主要特性列于本书附录，可供设计时选用。由于冶金设备形状各异，冶金过程发生的化学反应和物理运动又是千变万化，往往需要另行设计各种特殊要求的耐火材料制品。但是应该指出，避免使用各种特殊要求的材料，是降低基建投资和减少以后的维修费用的重要措施。

有关隔热材料、耐火泥浆、涂料及填料等筑炉用的材料，可参阅有关手册等文献资料。

材料选用好之后，应该计算出材料的消耗量，并应估算出一般设备维修或大修所需材料的库存。关于钢铁材料消耗量的计算，可以根据五金手册或其他手册资料的钢材型号，查到有关吨位的换算。耐火材料则可从筑炉的有关资料，从体积换算为吨位。其他材料的消耗量计算，若无手册资料可查，则应从生产实践中调查获得。从材料的订购及数量统计的角度出发，设计工作者应尽量选用标准型号的材料。

为了便于在施工过程中统一认识，设备结构材料在施工图上的表示，必须有统一的方法。最常见的冶金炉用材料的图例见本书附录。如果所列出的图例中没有某种材料的表示法，需要用特殊的表示法时，应在施工图上作出图例加以说明。关于设备维修或大修所需材料的库存，完全是根据工厂生产实践并加以分析后进行估算。

5.1 砌体设计的内容

砌体设计的主要内容如下：

(1) 正确选择耐火材料与绝热材料；

(2) 正确组成炉墙、炉底与炉顶结构；

(3) 确定砌体的系列尺寸；

(4) 按照炉子的热工要求正确设计燃烧室、排烟道及砖体的其他局部结构；

(5) 合理布置测温孔、窥视孔、排烟孔、烧嘴砖及膨胀缝的位置与数量；

(6) 选择适宜的砌筑泥浆与各种泥料，并分项计算各种耐火材料与建筑材料的用量等。

5.2 砌体设计的基本规定

选择筑炉材料的一般原则如下：

(1) 材料必须具有能满足工业炉使用要求的技术性能，其各项性能指标应符合现行国家标准规定或设计要求；

(2) 所选用的材料必须具有良好的施工性能，并能满足施工的技术要求和工程质量的要求；

(3) 所采用的材料必须符合国家有关劳动保护、环境保护的法律、法规和技术规范的规定。

根据所要求的施工精细程度，耐火砌体分为若干类，各类砌体的砖缝厚度规定如下：

特类砌体	不大于 0.5mm
Ⅰ类砌体	不大于 1mm
Ⅱ类砌体	不大于 2mm
Ⅲ类砌体	不大于 3mm
Ⅳ类砌体	允许大于 3mm
硅藻土砖砌体	5mm

红砖砌体(内有耐火砖衬)

拱顶	5～10mm
炉底和炉墙	8～10mm

筑炉用耐火泥的最大粒径不应大于砖缝厚度的 30%，而砖缝大于 4mm 时，其最大粒径亦不应大于 1.5mm。

炉于混凝土基础的标高，应符合设计的要求，其误差不得超过：$^{+0}_{-15}$mm。

一般炉墙的垂直误差每米高不应超过 3mm，同时全高不应超过 15mm。

基础砖墩的垂直误差每米高不应超过 3mm，全高不应超过 10mm。

砌体表面不应凹凸不平。朝向炉内的炉墙表面局部的不平不应超过 5mm。

拱脚砖的角度与拱的角度应一致，并紧靠拱脚梁砌筑。严禁用加厚砖缝的办法找平拱脚。如拱脚砖的后面有砌体时，则需在该砌体砌完后，再开始砌筑拱顶。拱脚砖后面不应砌强度低的硅藻土砖或轻质黏土砖等材料。

拱顶和拱的每环砖数应是奇数，锁砖准确地按拱顶和拱的中心线对称均匀分布。

跨度小于 3m 的非悬挂式拱，打入一块锁砖；跨度大于 3m 时，打入 3 块；跨度大于 6m 时，打入 5 块。锁砖打入前，砌入拱顶的深度约为砖长的 2/3。

固定在砌体内的金属埋设件，应于砌砖前或砌砖时安设。

砌体中预留膨胀缝的平均数值，可按下式计算：

$$l = \alpha_{均}(t - t_0)L \quad (m)$$

式中 l——膨胀缝尺寸，m；

$\alpha_{均}$——耐火材料在工作温度范围内的平均膨胀系数，m/(m·K)；

t——砌体最高工作温度，℃；

t_0——砌体砌筑时温度，℃；

L——留设膨胀缝的该段砌体长度，m。

膨胀缝以均匀分开留设为宜。对于熔炼炉，膨胀缝的留设应密而小。考虑到砖缝可部分地吸收砌体膨胀量，设计中可视具体情况使留设的膨胀缝小于计算值。膨胀缝的位置应避开受力部位和炉体金属骨架，以免影响强度。

工作温度低于800℃的Ⅲ类耐火黏土砖砌体、红砖砌体和硅藻土砌体可不留设膨胀缝。但过长的黏土砖和红砖砌体，应根据具体情况适当留设膨胀缝。

膨胀缝的留设办法，通常有以下几种：

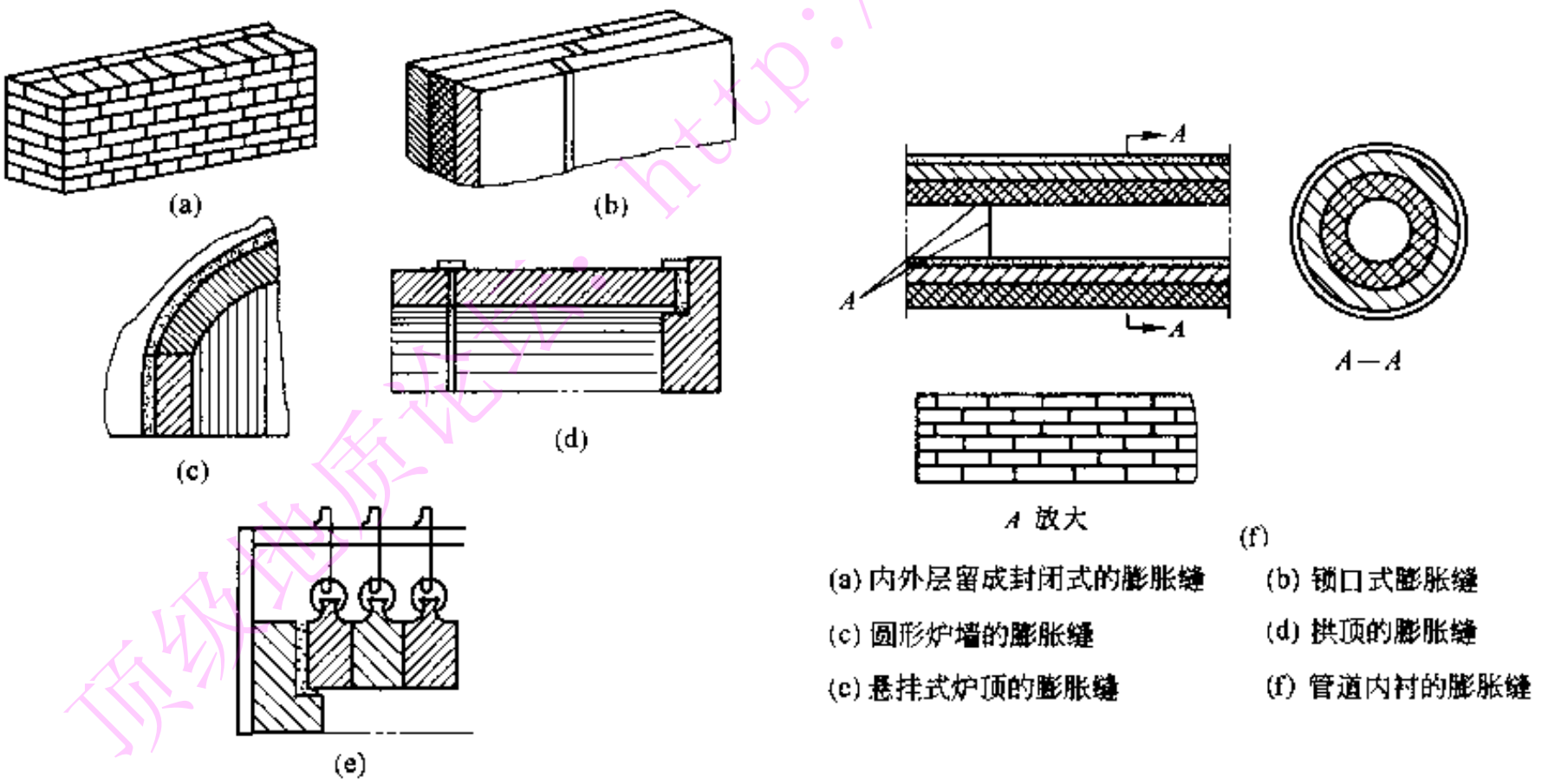
(1) 炉墙砌体的膨胀缝，其内外层间留成封闭式的，互不相通；上下砖层中留成锁口式的，互相错开，见图5-1a、b。

(2) 竖式窑炉一般在圆形墙砌体与炉壳之间留设缝隙(内置保温填料)来代替膨胀缝，见图5-1c。

(3) 拱顶一般在两端留出直通的膨胀缝。此时，除考虑拱顶的纵向伸长外，还应考虑两端炉墙向上的膨胀。拱顶的长度大于5m时，除在两端留设膨胀缝外，还根据长度分段，在拱顶的中部留设若干道膨胀缝。拱顶的膨胀缝应该用一层平砌砖层覆盖，如图5-1d所示。

(4) 用混凝土砖干砌的拱顶，一般在拱的辐射缝中，每隔3～5块砖夹入1～2mm膨胀板，以抵偿膨胀。

(5) 在悬挂式的炉顶内，沿炉顶周围留设膨胀缝，见图5-1e。



(a) 内外层留成封闭式的膨胀缝　(b) 锁口式膨胀缝

(c) 圆形炉墙的膨胀缝　(d) 拱顶的膨胀缝

(e) 悬挂式炉顶的膨胀缝　(f) 管道内衬的膨胀缝

图5-1　膨胀缝的留设

(6) 一般加热炉用镁砖砌筑炉底时，每隔3～4块砖(345～460mm)留设2～3mm的膨胀缝，并填以纸板或胶合板或膨胀板。

(7) 熔炼炉炉底反拱的膨胀缝，通常集中留设在两端和两侧。当炉底反拱较长时，也有分散均匀留设的。

(8) 砌体内有金属构件时，应在金属构件和砌体之间留设膨胀缝，使金属构件在加热时能自由膨胀。

(9) 管道内衬膨胀缝的留设方法见图 5-1f。

为了保证膨胀缝的厚度和位置正确，应采用样板作为留设膨胀缝的依据。膨胀缝内要保持干净，并根据设计规定填以石棉-耐火泥料、硅藻土粉、矿渣棉、石棉绳、纸板或木板等。

炉子砌筑安装完毕后的烘干和加热时间、升温速度，应根据炉子建筑的季节、炉子的用途和尺寸、耐火材料的性能，并根据开工生产离建筑竣工时的期限，制订出烘干和加热的升温曲线。

炉子的烘干和加热应严格按升温曲线进行。升温过程中应保证炉膛内温度均匀地上升，并详细记录实际升温情况。

炉子的砌筑施工及验收应按《工业炉砌筑工程施工及验收规范》(GBJ 211—87)和"工业炉砌筑工程质量检验评定标准(GB 50309—92)"的规定进行。

5.3 砌砖尺寸的设计

各类耐火砖、绝热砖和红砖砌体的计算尺寸，一般按下述规定采用：

(1) 带灰缝的耐火砖、轻质砖砌体的水平尺寸为 117mm 的倍数，垂直尺寸为 68mm 的倍数。

(2) 带灰缝的红砖砌体的水平尺寸按公式：$250n-10$(mm)计算，式中 n 为半砖(0.5)的倍数，垂直尺寸为 60mm 的倍数，即水平灰缝取 7mm，垂直灰缝取 10mm。

(3) 耐火砖与红砖组成的炉墙，由于红砖与耐火砖的砖层尺寸不同，在确定红砖砌体尺寸时，应统一按耐火砖砌体的尺寸计算。为了调整标高，可根据需要采用 Tz-1、Tz-2、Tz-3 等类直形砖穿插砌筑，但在施工图中应分层注出带灰缝的尺寸和所用砖号。

(4) 在进行砌体设计时，应尽量采用标准型砖，当必须采用异型砖或特异型砖时，需自行绘制施工图。砌体的红砖结构部分至少采用 100 号红砖。

(5) 圆筒炉炉墙在立面上不用留膨胀缝，而只是在分段处留出膨胀缝 10～30mm，当砌体直径不大于 5m，高度不大于 10m 时，可不必分段承担，但需在与炉顶相接处留出足够的膨胀间隙(一般为 30～50mm)；砌体直径大于 5m 或高度大于 10m 者一般应分段承重，每段 3～5m 高。高温区(自炉底向上 5m 左右)每段一般应为 1.5～3m 高。

(6) 根据不同炉温，不同绝热材料的允许工作温度和一般性质的耐火砖层的情况下，按热工计算所应选用的最大绝热层厚度。

(7) 拉砖炉墙，砖的质量全由托砖板承受，托砖板焊于钢结构，托砖板下面要留出一定量的膨胀缝，在膨胀缝处填塞石棉绳或耐火纤维；沿炉墙长度方向上也应留膨胀缝，膨胀缝的宽度应由炉墙最高操作温度、耐火砖的线膨胀系数以及膨胀缝之间炉墙的长度等计算得来，一般为 10～25mm。

因平壁墙的稳定性不够好，所以每段高度较低，一般每段 1000～1500mm 左右。高度每隔 500mm 左右设置砖拉杆，沿砖拉杆每隔 300～500mm 设置一个砖拉钩，砖拉钩与炉子钢架连接。

5.3.1 环形砌砖设计

高炉、热风炉、鼓风炉、转炉、矿热炉、电弧炉、热风等各部分环状砌体耗砖量用如下方法计算，计算时，不扣除铁口、风口、渣口及水箱等所代替的砖量。

5.3.1.1　直形砖与楔形砖配合

高炉直形砖与楔形砖一般采用 G-1 与 G-3;G-2 与 G-4;G-1 与 G-5 及 G-2 与 G-6 相配合。热风炉一般采用 R-1 与 R-3、R-5;R-2 与 R-4、R-6 相配合。通用工业炉或管道用标准砖 Tz-3 与 Tc-38、39; Tz-2 与 Tk-81、82、83 相配合。其砖型见相关筑炉或耐火材料手册。

直形砖与楔形砖配合计算如下:

$$n=\frac{\pi D}{b}$$

$$n_s=\frac{\pi(D-d)}{b-b_1}=\frac{2\pi a}{b-b_1} \tag{5-1}$$

$$n_p=n-n_s$$

式中　n——该环砌体总砖数;

n_s——楔形砖数;

n_p——直形砖数;

D——该环砌体外径,mm;

d——该环砌体内径,mm;

b——砖大头宽加砌砖砖缝,mm;

b_1——砖小头宽加砌砖砖缝,mm;

a——砖长,mm。

从公式(5-1)算出:楔形砖数与砌体直径及砖缝无关,只与砖型有关,当砖型一定时,n_s 为一常数。

当 G-1 与 G-3 相配合时:

$$n_{s3}=\frac{2\pi a}{b-b_1}=\frac{2\times\pi\times230}{150-135}=97\text{ 块}$$

当 G-2 与 G-4 相配合时:

$$n_{s4}=\frac{2\pi a}{b-b_1}=\frac{2\times\pi\times345}{150-125}=87\text{ 块}$$

同理,G-1 与 G-5 及 G-2 与 G-6 相配合时:

$$n_{s5}=\frac{2\pi a}{b-b_1}=\frac{2\times\pi\times230}{150-120}=48\text{ 块}$$

$$n_{s6}=\frac{2\pi a}{b-b_1}=\frac{2\times\pi\times230}{150-110}=54\text{ 块}$$

用 G-3、G-4、G-5 和 G-6 等楔形砖配合环砌时,所能砌的最小外径就是单独用一种楔形砖不考虑砖缝时砌筑直径;即 $n_p=0$。

使用 G-3 环砌时:　$D_3\geqslant\frac{97\times150}{\pi}\geqslant4600\text{mm}$

使用 G-4 环砌时:　$D_4\geqslant4140\text{mm}$

使用 G-5 和 G-6 环砌时:　$D_5\geqslant2300\text{mm}$

$D_6\geqslant2588\text{mm}$

5.3.1.2　两种楔形砖的配合(即 G-3 与 G-5 及 G-4 与 G-6 相配合)

当砌体直径小于 G-3、G-4、G-5 和 G-6 等楔形砖单独砌筑的最小直径时可用下式计算：

$$n=\frac{\pi D}{b}$$

$$n_2=\frac{nb'_1-\pi d}{b'_1-b''_1}$$

$$n_1=n-n_2$$

式中　D——该环砌体外径，mm；

n——该环砌体总砖数；

n_1——G-3 或 G-4 的砖数；

n_2——G-5 或 G-6 的砖数；

b——G-3、G-4、G-5 及 G-6 等砖的大头宽加砌砖砖缝，mm；

b'_1——G-3 或 G-4 砖的小头宽加砌砖砖缝，mm；

b''_1——G-5 或 G-6 砖的小头宽加砌砖砖缝，mm；

d——该环砌体内径，mm。

5.3.1.3　内外圈砌砖计算

G-1 与 G-3 配合时，G-3 块数为常数 97；G-2 与 G-4 配合时，G-4 块数为常数 87。

计算每层从内到外相邻各圈的砌砖块数，有四种情况。见图 5-2 砌砖计算简化图例。在计算时，只需算出内圈直砖块数就可简易地推算出相邻各圈的直砖块数。

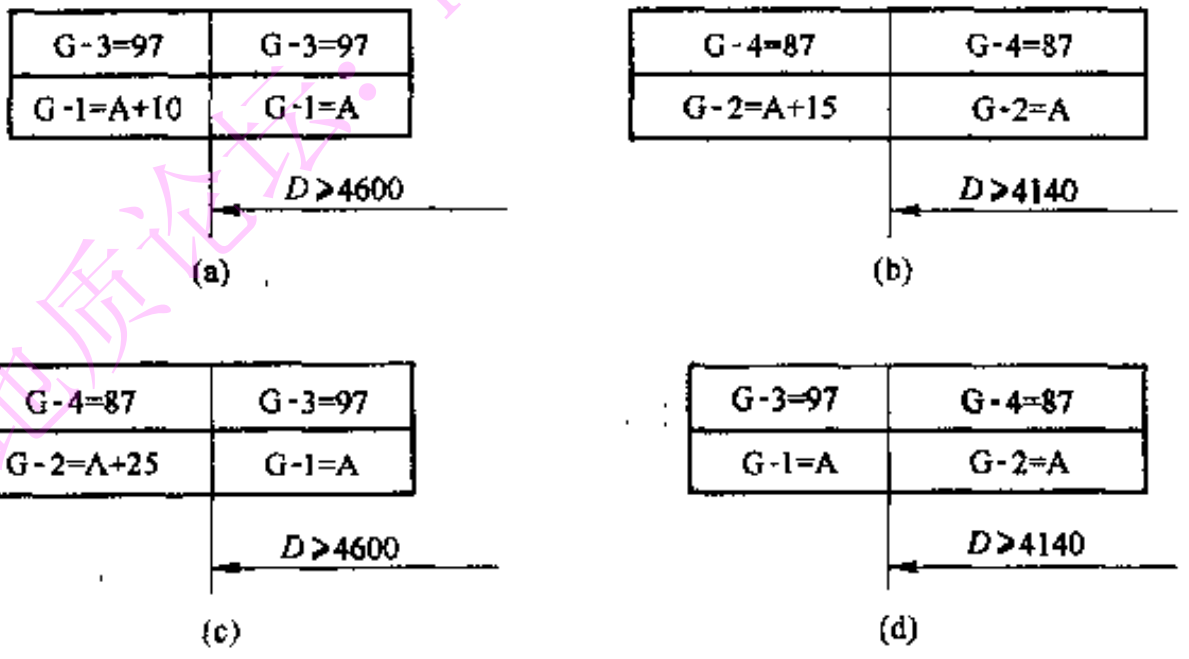


图 5-2　砌砖简化计算图例

(1) 内外圈均用 G-1 与 G-3 配合砌筑时，外圈 G-1 比内圈 G-1 增加 10 块。即：

$$\frac{\pi(D_1-D)}{150}=\frac{\pi\times 460}{150}=9.65\approx 10$$

式中　D_1——外圈砌体外径，mm；

D——内圈砌体外径，mm。

(2) 内外圈均用 G-2 与 G-4 配合砌筑时,外圈 G-2 比内圈 G-2 增加 15 块。即:

$$\frac{\pi(D_1-D)}{150}=\frac{\pi\times 690}{150}=14.5\approx 15$$

(3) 内圈和外圈分别用 G-1 与 G-3 和 G-2 与 G-4 配合砌筑时,外圈 G-2 比内圈 G-1 增加 25 块。

5.3.2 弧形拱砌砖设计

(1) 弧形拱砌砖内半径及矢高的计算

内半径的计算公式:

$$R=\frac{B}{2\sin\frac{\theta}{2}}$$

式中 R——拱顶内半径,mm;

B——拱顶的跨度,mm;

θ——中心角,一般取 $\theta=45^\circ\sim180^\circ$。对于炉门和各种小跨度的拱顶常取 $\theta=60^\circ$;对于烟道的拱顶常取 $\theta=60^\circ$或 180°。

矢高的计算公式:$h=R(1-\cos\theta/2)$

式中 h——拱顶的矢高,mm。

(2) 错砌拱顶计算

错砌拱顶示意见图 5-3。

1) 拱顶厚度为 230mm 时,拱段长度按 116mm 的倍数计算;

2) 拱顶厚度为 300mm 时,拱段长度按下式计算:

$l=464x$(x 为正偶数值)

3) 中间环拱圈数:

拱顶厚度为 230mm 时,$n=\frac{l}{116}-3$

拱顶厚度为 300mm 时,$n=\frac{l}{464}-3$

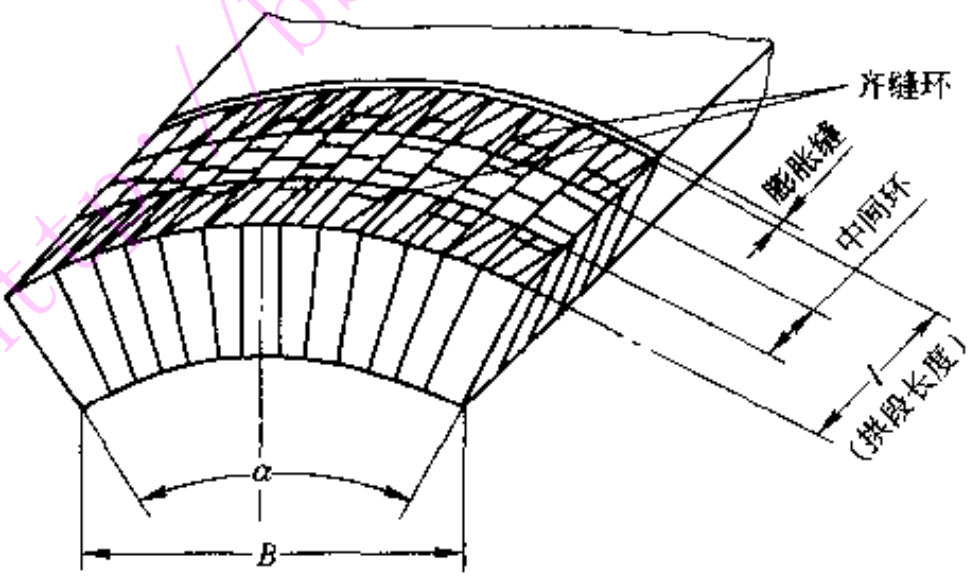


图 5-3 错砌拱顶示意

4) 拱顶每环砖数计算:

$$\text{每环砖数 } n=\frac{\pi(R+\delta)\theta}{180(b+d)}\quad(\text{块})$$

式中 R——拱顶半径,mm;

δ——拱顶厚度,mm;

θ——拱顶中心角度,(°);

b——砖的厚度(如为楔形砖,则按大端厚度),mm;

d——砖缝厚度,mm。

$$\text{拱顶总楔度 } \varphi=\frac{\pi\delta\theta}{180}\quad(\text{mm})$$

确定 φ 后，根据可采用的楔形砖选择直形砖与楔形砖的比数。

(3) 炉门尺寸的确定。炉门的宽度是根据操作要求及标准砖的尺寸来决定，并要考虑到砖缝的宽度。

炉门的高度在满足操作要求的条件下，是根据炉墙砌砖的尺寸、拱顶的矢高和拱脚砖的台阶高度来决定。

在选择砖型时亦应考虑方便砌筑、减少磨砖。如对直径较小的炉墙或管道最好不用直形砖配砌，以避免靠砖环外缘出现径向三角缝。

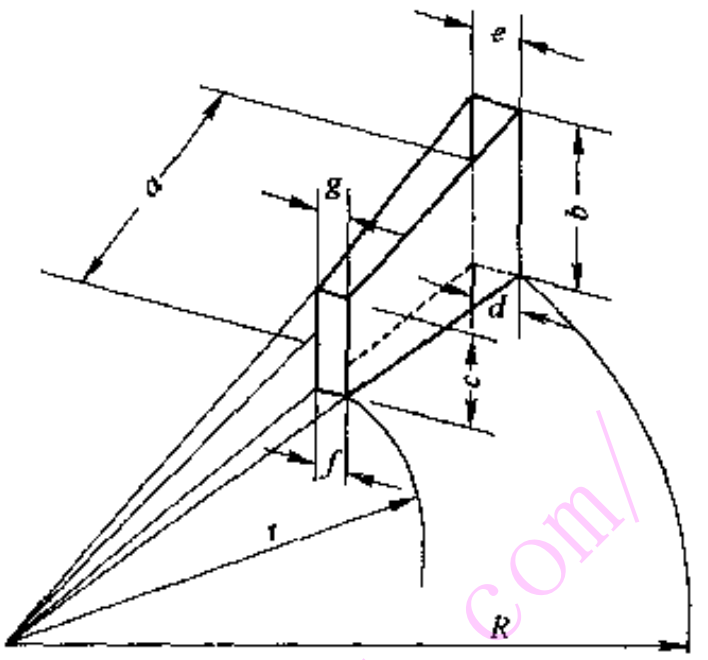


图 5-4 拱顶砖型图

5.3.3 球冠形拱顶砌砖设计

拱顶砖型选择：

新设计半球形拱顶砖砖型时，各部尺寸见图5-4，应符合下列关系：

$$\frac{b}{c}=\frac{d}{f}=\frac{e}{g}=\frac{R}{r}$$

在满足施工要求的情况下应力求减少砖型种类，以方便制造。一般常采用三种，也有部分热风炉采用多种。

第一种砖型尺寸按炉顶半径之内、外圆周确定。砖长 a（即拱顶厚度）国内常用 450、400、380mm；c 一般不小于 100mm；f 一般不小于 70mm。因为第一层砖上、下圆周之差甚小，可取 f 等于 g，d 等于 e。

第二、三种砖型比第一种砖型仅缩小了 e 和 g 尺寸，缩小的比例应符合：

$$\frac{d-e}{f-g}=\frac{R}{r}$$

一般为计算方便，可使第二种砖 d、e 之差为 10mm，第三种砖型 d、e 之差为 20mm，由此可算出 g，即

$$g=f-10\frac{r}{R}\text{，或 }g=f-20\frac{r}{R}$$

第三种砖型尺寸，亦可根据炉顶半径最后一层确定 e、g 值。对于这一层砖应注意 g 值不小于 60mm，否则施工时加工不便。如上计算出的第二、三种砖型还需核算一下是否符合拱顶中间及最后一层的圆周，若砖加工量太大需修正原算出的砖型。

拱顶砖块的重量，一般以 10～15kg 为宜（炉顶堵头除外）。炉顶砖型确定后，应对砖的各面上的四个顶点是否在同一平面进行验算，如果其中一点突出在其余三点所组成的平面外 0.5mm 之外，应进行适当调整。

5.3.4 悬链线拱顶砌砖设计

热风炉悬链线拱顶，就是指热风炉拱顶耐火砖砌体的中心线或内、外轮廓线是一条悬链线。众所周知，悬链线是由一根质量均匀，柔软面不能伸长的绳索，当两端固定，绳索在自身重力的作用下，处于平衡状态时，自然形成的一条曲线，如图5-5所示。曲线的方程为：

$$y=\frac{a}{2}\left(e^{\frac{x}{a}}+e^{-\frac{x}{a}}\right)=a\,\mathrm{ch}\,\frac{x}{a} \tag{5-2}$$

$$\overset{\frown}{AM}=\frac{a}{2}\left(e^{\frac{x}{a}}-e^{-\frac{x}{a}}\right)=a\,\mathrm{sh}\,\frac{x}{a} \tag{5-3}$$

式中，a 与 x 值应相适应，a 值的变化决定着悬链线的开度，a 值越大，悬链线的开度也越大。事实上，热风炉悬链线拱顶就是曲线绕 y 轴旋转一周而形成的壳体，如图 5-5 所示，曲面的方程为

$$y=\frac{a}{2}\left(e^{\frac{\sqrt{x^2+z^2}}{a}}+e^{-\frac{\sqrt{x^2+z^2}}{a}}\right) \tag{5-4}$$

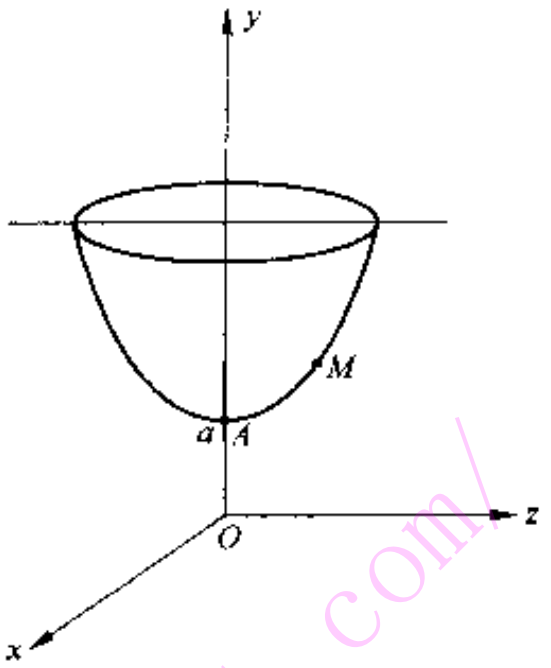


图 5-5　悬链线旋转曲面

设热风炉拱高为 H，拱顶张开度为 $2R$。据试验和工程实践，为保证拱顶砌砖不垮塌的充分必要条件是：

$H/R>8/7\sim9/8$，式(5-2)中的值即由 H 和 R 来确定。

在图 5-5 中，当 $x=R$，$y=a+H$ 时，由式(5-2)有：

$$a\,\mathrm{ch}\,\frac{R}{a}-a-H=0 \tag{5-5}$$

式(5-5)为一个关于 a 的超越方程，可用试探法，借助计算机求近似解。a 值求出后，方程(5-2)和(5-3)就完全确定了。

以往的计算大多采用牛顿迭代法，但由于牛顿迭代法在鞍点或接近重根点常失效，故下面介绍用二分法求方程(5-5)的根 a，令

$$f(x)=x\,\mathrm{ch}\,\frac{R}{x}-x-H \qquad (0<x<R) \tag{5-6}$$

式中用 x 代替 a 便于编写程序。

从某一值 $x>0$ 开始以一个步长 h 分隔。若某一步长前后的函数值 y_0 与 y_1 异号或 y_1 为零，则此小区间内必有实根。把这个小区间记为 $[a_1,b_1]$，计算 $f\left(\frac{a_1+b_1}{2}\right)$ 且与 y_0 比较，必能选出一个函数值异号的区间 $[a_2,b_2]$，计算 $f\left(\frac{a_2+b_2}{2}\right)$ 且与 y_0 比较，必能选出一个函数值异号的区间 $[a_3,b_3]$。重复上述二分区间的过程，直到区间的长度小于给定的精度 EP，则认为求得一个根。

求出一个根后继续分隔，重复上述步骤，直至求出 $(0,R)$ 全部实根为止。具体计算过程用计算机语言编制程序计算。

(1) 多圆弧拟合悬链线

对式(5-2)求导数

$$y'=\mathrm{sh}\,\frac{x}{a} \qquad y''=\frac{1}{a}\mathrm{ch}\,\frac{x}{a} \tag{5-7}$$

将式(5-7)代入曲率半径公式，可得悬链线的曲率半径 R'

$$R'=\left|\frac{(1+y'^2)^{\frac{3}{2}}}{y''}\right|=a\,\mathrm{ch}^2\,\frac{x}{a} \tag{5-8}$$

从式(5-8)可以看出，悬链线的曲率半径是 x 的函数，即随 x 值不断变化。当要保证拱顶厚度一定时，如 345 或 400mm，就不可能使拱顶砌砖内外轮廓线和中心线均为悬链线。同时，由于曲率半径的不确定性，给拱顶砖型的设计，制造以及施工砌筑带来很大困难。工程设计中，基于结构稳定的考虑，一般将砌砖的中心线作为拟合的悬链线。并把整个拱顶划分为若干个区段，比如：300m^3 高炉热风炉分为两段，750m^3 高炉热风炉分为三段，1200m^3 高炉热风炉分为四段或更多段。在每一段内采用相同的尺寸，即用圆弧最大限度地代替悬链线，使圆弧拟合的曲线与悬链线之间的误差达到最小值，如图 5-6 所示。从而减少砖型，节约投资，为砖型的设计、制作及施工提供方便。则砌砖的内、外轮廓线为圆弧拟合的曲线，即悬链线。当砌砖厚度为 n，中心拟合半径为 $R_i(i=1,2,\cdots)$，此时的外轮廓线半径为 $R_i+\frac{n}{2}$，内轮廓线半径为 $R_i-\frac{n}{2}$。

在图 5-6 中，设 $\overline{M_1O_1}=R_1$，$\overline{M_2O_2}=R_2$，$\overline{M_3O_3}=R_3$；弧长 $\overset{\frown}{AM_1}$ 对应的圆心角为 α_1，$\overset{\frown}{M_1M_2}$ 对应的圆心角为 α_2，$\overset{\frown}{M_2M_3}$ 对应的圆心角为 α_3，点 M_1、M_2、M_3 对应的坐标为 $M_1(x_1,y_1)$，$M_2(x_2,y_2)$，$M_1(x_3,y_3)$。

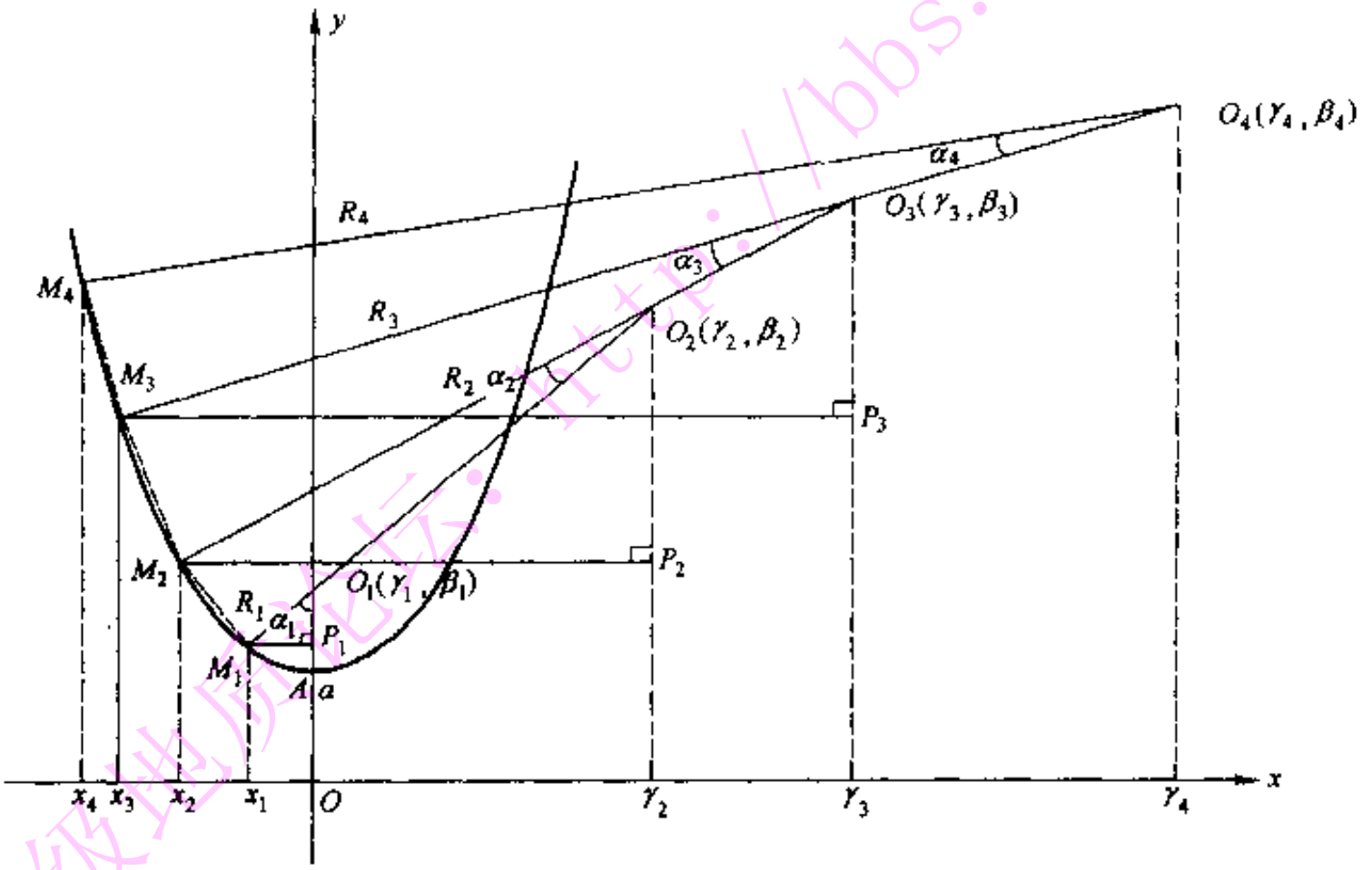


图 5-6　圆弧拟合悬链线

(2) R_1 和 α_1 的确定

在直角三角形 $\triangle O_1P_1M_1$ 中，有

$$R_1=\frac{|x_1|}{\sin\alpha_1} \tag{5-9}$$

由弧长和圆心角的关系式　　$$\overset{\frown}{AM_1}=\frac{\pi R_1\alpha_1}{180} \tag{5-10}$$

将式(5-8)代入式(5-9)得　　$$\overset{\frown}{AM_1}=\frac{|x_1|\pi\alpha_1}{180\sin\alpha_1} \tag{5-11}$$

若要使圆点为 O_1，半径为 R_1，圆心角为 α_1 的圆在弧长 $\overset{\frown}{AM_1}$ 内完全拟合悬链线的必要条件是两弧长相等。由式(5-3)和(5-11)有

$$\left| a\,\mathrm{sh}\,\frac{x_1}{a} \right| = \frac{|x_1|\pi\alpha_1}{180\sin\alpha_1} \tag{5-12}$$

整理式(5-12)后，令

$$f(x) = x - \frac{180}{|x_1|\pi} a \left| \mathrm{sh}\,\frac{x_1}{a} \right| \sin x = 0 \qquad (0 < x < 90^\circ) \tag{5-13}$$

因 a 值前述已确定，x_1 为设定值。从图 5-6 看出 α_1 的变化区间为(0,90)，式(5-13)中用 x 代替 α，便于编写程序。同理用二分法求解式(5-13)得 α 的近似值。

(3) 第一段拟合误差分析

为求得第一段圆弧拟合悬链线的意味着，需先确定圆 O_1 的方程。

在图 5-6 中，点 M_1 的纵坐标 y_1，由式(5-2)有 $y_1 = a\,\mathrm{ch}\,\frac{x_1}{a} = \overline{OP_1}$，则圆点 O_1 的纵坐标

$$\beta_1 = \overline{OO_1} = a\,\mathrm{ch}\,\frac{x_1}{a} + \sqrt{R_1^2 - x_1^2} \tag{5-14}$$

因为 $\gamma_1 = 0$

故 O_1 的方程为
$$x^2 + (y - \beta_1)^2 = R_1^2 \tag{5-15}$$

在 AM_1 拟合段，y 的变化范围为 $\alpha \sim \beta_1$，变换圆的方程式(5-14)有

$$y = \beta_1 - \sqrt{R_1^2 - x^2} \tag{5-16}$$

拟合误差 Δy_1 为式(5-2) − 式(5-15)，即：

$$\Delta y_1 = f(x) = a\,\mathrm{ch}\,\frac{x}{a} + \sqrt{R_1^2 - x^2} - \beta_1 \qquad (-x_1 < x \leqslant 0) \tag{5-17}$$

这样，求圆弧拟合悬链线的最大误差，就变成了求式(5-17)在区间 $(x_1, 0)$ 上的极值。由数学分析可知，在点存在极值的条件是

$$f'(x) = \mathrm{sh}\,\frac{x}{a} - \frac{x}{\sqrt{R_1^2 - x^2}} = 0 \tag{5-18}$$

$$f''(x) = \frac{1}{a}\mathrm{ch}\,\frac{x}{a} - \frac{R_1^2}{\sqrt{(R_1^2 - x^2)^3}} \neq 0 \tag{5-19}$$

方程(5-18)的根用二分法求解，并验算，当 $f''(x) \neq 0$ 时的根才为 $f(x)$ 的极值点，由式(5-17)计算出最大值 Δy_1。

从式(5-17)中可以看出，拟合误差的大小与 R_1 和 β_1 有关，而 R_1 和 β_1 的数值又是由预先分段时设定的 x_1 所决定的。工程设计中，都是给定不同的 x_1 值，求出一系列的 Δy_1，最后选定 Δy_1 为最小时所对应的 x_1 作为设计选用值。在本程序中，x_1 值从 0 变化到 R，求取最佳值。

(4) R_2 和 α_2 的确定

在图 5-6 中，由 $M_1(x_1, y_1)$ 和 $O_1(\gamma_1, \beta_1)$ 两点，可得半径 R_1 所在的直线方程

$$y=\frac{\beta_1-y_1}{\gamma_1-x_1}x-\frac{x_1\beta_1-\gamma_1y_1}{\gamma_1-x_1} \tag{5-20}$$

再由 M_1 和 $O_2(\gamma_2,\beta_2)$两点间的距离公式可得半径 R_2，

$$R_2=\sqrt{(x_1-\gamma_2)^2+(\beta_2-y_1)^2} \tag{5-21}$$

又由 $M_2(x_2,y_2)$和 O_2 两点间的距离公式，同理可得 R_2，

$$R_2=\sqrt{(x_2-\gamma_2)^2+(\beta_2-y_2)^2} \tag{5-22}$$

因为式(5-21)＝式(5-22)，整理后，求得

$$\beta_2=-\frac{x_2-x_1}{y_2-y_1}\gamma_2+\frac{(y_2^2-y_1^2)+(x_2^2-x_1^2)}{2(y_2-y_1)} \tag{5-23}$$

又因为点 O_2 在 R_1 所在的直线上，且 $\gamma_1=0$，代入式(5-20)有

$$\beta_2=-\frac{\beta_1-y_1}{x_1}\gamma_2+\beta_1 \tag{5-24}$$

将式(5-24)代入(5-23)，整理得：

$$\gamma_2=\frac{x_1[-(x_2^2-x_1^2)+(y_2-y_1)(-y_2-y_1+2\beta_1)]}{2[(\beta_1-y_1)(y_2-y_1)-x_1(x_2-x_1)]} \tag{5-25}$$

即由 x_1,x_2,y_1,y_2,β_1 和式(5-24)，(5-25)，(5-22)或式(5-21)分别计算出 γ_2,β_2,R_2。而 α_2 由下式确定

$$\alpha_2=\arctan\frac{-x_2+r_2}{\beta_2-y_2}-\alpha_1 \tag{5-26}$$

(5) 第二段拟合误差分析

圆 O_2 的方程为

$$(x-\gamma_2)^2+(y-\beta_2)^2=R_2^2 \tag{5-27}$$

在 M_1,M_2 拟合段，y 的变化区间是(α,β_2)，x 的变化区间是(x_2,x_1)。变换式(5-27)有

$$y=\beta_2-\sqrt{R_2^2-(x-\gamma_2)^2} \tag{5-28}$$

由式(5-2)和(5-28)相减得拟合误差

$$\Delta y_2=f(x)=a\operatorname{ch}\frac{x}{a}+\sqrt{R_2^2-(x-\gamma_2)^2}-\beta_2 \tag{5-29}$$

$f(x)$存在极值的条件是

$$f'(x)=\operatorname{sh}\frac{x}{a}-\frac{x-\gamma_2}{\sqrt{R_2^2-(x-\gamma_2)^2}}=0 \tag{5-30}$$

$$f''(x)=\frac{1}{a}\operatorname{ch}\frac{x}{a}-\frac{R_2^2}{\sqrt{[R_2^2-(x-\gamma_2)^2]^3}}\neq 0 \tag{5-31}$$

同样用二分法求方程(5-30)在(x_2,x_1)内的全部实根，并验算，当 $f''(x)\neq 0$ 时的根才

顶级地质论坛：http://bbs.3s001.com/

为 $f(x)$的极值点，由式(5-29)计算最大 Δy_2，工程中允许的最大误差一般在 20 以内。

(6) R_n 和 α_n 的确定

如上所述，在图 5-6 中，点 $M_2(x_2,\beta_2)$和 $O_2(\gamma_2,\beta_2)$确定的 R_2 所在的直线方程

$$y=\frac{\beta_2-y_2}{\gamma_2-x_2}x-\frac{x_2\beta_2-\gamma_2y_2}{\gamma_2-x_2} \tag{5-32}$$

点 M_2 与 $O_3(\gamma_3,\beta_3)$之间的距离 R_3

$$R_3=\sqrt{(x_2-\gamma_3)^2+(\beta_3-y_2)^2} \tag{5-33}$$

点 $M_3(x_3,y_3)$与 O_3 之间的距离 R_3

$$R_3=\sqrt{(x_3-\gamma_3)^2+(\beta_3-y_3)^2} \tag{5-34}$$

把式(5-33)代入式(5-34)，整理得

$$\beta_3=-\frac{x_3-x_2}{y_3-y_2}\gamma_3+\frac{(x_3^2-x_2^2)+(y_3^2-y_2^2)}{2(y_3-y_2)} \tag{5-35}$$

因为点 O_3 在 R_2 的直线上，由式(5-32)有

$$\beta_3=\frac{\beta_2-y_2}{\gamma_2-x_2}\gamma_3-\frac{x_2\beta_2-\gamma_2y_2}{\gamma_2-x_2} \tag{5-36}$$

将式(5-36)代入式(5-35)解出 γ_3

$$\gamma_3=\frac{x_2[-(x_3^2-x_2^2)+(y_3-y_2)(-y_3-y_2+2\beta_2)]+\gamma_2[(x_3^2-x_2^2)+(y_3-y_2)^2]}{2[(\beta_2-y_2)(y_3-y_2)+(x_3-x_2)(-x_2+\gamma_2)]} \tag{5-37}$$

由图 5-6 可以看出，在$\triangle M_3O_3P_3$ 中，有

$$\alpha_3=\arctan\frac{x_3+\gamma_3}{\beta_3-y_3}-(\alpha_1+\alpha_2) \tag{5-38}$$

一般地，如果用 $n(n\geqslant 2)$段圆弧来拟合悬链线，给定 x_n 后，其拟合的递推公式为

$$y_n=a\operatorname{ch}\frac{x_n}{a} \tag{5-39}$$

$$\gamma_n=\frac{x_{n-1}[-(x_n^2-x_{n-1}^2)+(y_n-y_{n-1})(-y_n-y_{n-1}+2\beta_{n-1})]+\gamma_{n-1}[(x_n^2-x_{n-1}^2)+(y_n-y_{n-1})^2]}{2[(\beta_{n-1}-y_{n-1})(y_n-y_{n-1})+(x_n-x_{n-1})(-x_{n-1}+\gamma_{n-1})]} \tag{5-40}$$

$$\beta_n=\frac{\gamma_n(\beta_{n-1}-y_{n-1})-x_{n-1}\beta_{n-1}+y_{n-1}\gamma_{n-1}}{\gamma_{n-1}-x_{n-1}} \tag{5-41}$$

$$R_n=\sqrt{(x_n-\gamma_n)^2+(\beta_n-y_n)^2} \tag{5-42}$$

$$\alpha_n=\arctan\frac{-x_n+\gamma_n}{\beta_n-y_n}-(\alpha_1+\alpha_2+\cdots+\alpha_{n-1}) \tag{5-43}$$

$$\Delta y_n=a\operatorname{ch}\frac{x}{a}+\sqrt{R_n^2-(x-\gamma_n)^2}-\beta_n(n=2,3,\cdots) \tag{5-44}$$

式(5-44)中 x 值由下式确定

$$f'(x)=\operatorname{sh}\frac{x}{a}-\frac{x-\gamma_n}{\sqrt{R_n^2-(x-\gamma_n)^2}}=0 \tag{5-45}$$

$$f'(x)=\frac{1}{a}\operatorname{ch}\frac{x}{a}-\frac{R_n^2}{\sqrt{[R_n^2-(x-\gamma_n)^2]^3}}\neq 0 \tag{5-46}$$

用二分法求方程(5-45)在区间(x_n, x_{n-1})上的所有单重实根。并验算 $f''(x)\neq 0$,由式(5-44)求出最大的 Δy_n。

显然,Δy_n 的大小直接与区段划分 n 和 x_n 的设定有关。拟合段数越多,n 越大,则拟合误差 Δy_n 就越小。给出不同的 x_n 后,算出一系列的 Δy_n,当 Δy_n 最小时对应的 x_n 作为设计选定值。

学习思考题

1. 简述砌砖设计的基本任务。
2. 已知直形砖长、宽、厚为 a、b、c,楔形砖的砖型为长 a、大头宽 b、小头宽 b_1、厚 c,以及环形砖墙砌砖的内、外径 D、d,试推导出楔形砖数 n_s 和直形砖数 n_p 的一般计算通用公式。
3. 1m 长的热风管道内径 ϕ1000mm,外径 ϕ1980mm,内外环砖缝 2mm,确定砖型并用 AutoCAD 画出砌砖图(注明砖号及数量)。
4. 试从给定 $M_1(x_1, y_1)$点坐标入手,推导多圆弧近似拟合悬链线拱顶的系列计算公式。
5. 试用计算机语言(BASIC 或 C^{++})编制牛顿迭代法求解悬链线方程的计算程序。

顶级地质论坛: http://bbs.3s001.com/

6 工艺管道设计

管道是湿法冶金厂物料输送的主要方式，是火法冶金厂各种气体（空气、烟气、热风）导出和输送的首选，也是车间与车间、设备与设备联系的纽带。

冶金工艺管道的种类繁多，按材质可分为金属管道（铸铁、钢、钢、铅、铝等）和非金属管道（玻璃、陶瓷、石墨、塑料、木、砖等）两大类；按介质可分为气管、液管、料浆管、烟尘烟气管等；按承载的压力可分为常压管和高（低）压管。所有管道都由管子、异型管连接件（如三通、弯头、异径管等）及阀门组成，有时在管道上还安装有控制测量仪表及其他设施。

管道设计的内容包括：

（1）根据介质性质、温度、压力及工艺特点，合理选择管材；

（2）根据流体黏度、浓度、压降确定流速，进而计算确定管径和管道坡度；

（3）计算确定流槽断面和坡度；

（4）确定管架型式及间距；

（5）合理选用阀门和各种管道附件；

（6）合理选用绝热材料、结构及厚度；

（7）进行管道配置，绘制管道配置图。

6.1 管道材质、管件、阀门的选择

管道材质的选择，主要是根据被输送介质的温度、压力、腐蚀性及溶液中所含固体颗粒对管道的磨损以及施工、检修、造价等因素，进行综合考虑面予以确定。常用管道材料的选用如下：

（1）水管：一般选用镀锌的水煤气或碳素钢焊接管。当工作压力大于 1.6MPa，水温小于等于 300℃时，采用无缝钢管；

（2）重油管：一般选用不镀锌的水煤气管或碳素钢焊接管；

（3）空气、煤气管：一般选用碳素钢焊接管；

（4）氧气管：当工作压力小于 3MPa，温度大于 50℃时，可选用碳素钢无缝钢管；

（5）蒸汽管：当工作压力小于 1MPa，温度大于 50℃时，可选用碳素钢焊接管；如工作压力和温度较大时，可采用无缝钢管。

根据多年的生产经验，钢铁冶金多采用钢板卷焊管，有色冶金厂常用的管道及使用情况举例如下：

（1）铜、锌电解液的主要成分是硫酸和硫酸盐溶液，多采用耐腐蚀的硬铅管和硬聚氯乙烯管。因聚氯乙烯管易于老化、变形和脆裂，使其应用受到很大限制，故在室外多采用铅管敷设。有些工厂也有用不锈钢管的，使用情况尚好。近年来采用玻璃钢管输送酸性溶液（除氧化性浓硫酸和硝酸外），效果良好。

（2）铅电解液的主要成分是硅氟酸，某些厂采用耐酸酚醛塑料管输送，但施工复杂，检修不便，价格较贵，所以多数工厂采用硬聚氯乙烯管。

(3) 酸性矿浆输送管一般采用夹布耐酸胶管或钢丝夹布胶管，每 8～12m 设一个活接头。如锌焙烧矿冲矿液送往浸出的管道及锌浓密机底流管道均属此类，但也有采用不锈钢管的。氧化铝厂通常采用无缝钢管(如高碳钢 Q235 A 管等)等输送碱性料浆及溶液。

(4) 湿法车间压缩空气压力一般为 0.2～0.7MPa，多用焊接钢管；蒸汽管一般用焊接钢管，管径大于 75mm 或工作压力大于 3MPa，温度大于 250℃时，则采用无缝钢管；在具有腐蚀性介质的设备上连接的真空管，一般采用硬铅管、不锈钢管或硬聚氯乙烯管；经气水分离器至真空泵间的管道，则常采用无缝钢管。

6.2 管径与管壁厚度的选择计算

管径和管壁厚度的选择存在经济权衡问题。对于长距离管道、高压管道、高温管道、大口径管道等一类对经费影响较大的管道，需进行投资费用和经营费用的经济比较，一般管道则采用输送介质流速的经验值进行估算，液体流速一般不超过 3m/s，气体流速一般不超过 100m/s。当流体黏度小时，允许压降大，可选取较高的流速；当管径大时，含有固体颗粒或采用合金管道也常选取较高的流速。

选定流速后可用下式计算管径：

$$d=\sqrt{\frac{4V}{3600\pi\omega}}=\frac{1}{30}\sqrt{\frac{V}{\pi\omega}} \tag{6-1}$$

式中 d——管子内径，m；

V——流体的体积流量，m^3/h；

ω——流体的平均流速，m/s。

为了简便，在工程上也经常采用图表法求管径，常用的有：液体流速、流量与管径的关系图，蒸汽管道管径求取图，低压蒸汽流量、流速与管径表，低真空管道计算表，压缩空气的流速与管径图算法等，但往往查图不太准确。

根据求得的管道内径及管道承受的压力，可用下列经验公式算得金属管壁厚度。由于是经验公式，故在计算时要按所列的单位进行计算。

(1) 受内压(压缩空气管、溶液管)的金属管壁厚度

$$\delta=\frac{pd}{(23000\sigma-p)\varphi}+C \tag{6-2}$$

式中 δ——管壁厚度，mm；

p——管内压力，MPa(表压)；

d——管内径，mm；

φ——焊缝强度系数，对无缝钢管和小直径的焊缝钢管，$\varphi=1$；对于大直径的焊接钢管，$\varphi=0.85$；

C——附加厚度，mm，若计算所得的 $\delta\leqslant 6$ 时，$C=1$；$d>6$ 时，$C=0.185\delta$；

σ——许用应力，MPa；

对钢管 $\sigma=\dfrac{\sigma_s}{n_0}$

σ_s——屈服强度，MPa；

n_0——安全系数，一般取 1.8～2.0。

对于一些有色金属管的管壁厚度(mm),还可用下列简化式估算(式中 p 单位为 MPa):

温度 120℃以下的紫铜管:　　$\delta=\dfrac{pd}{6000}+1.5$

温度 30℃以下的铅管:　　$\delta=\dfrac{pd}{1000}$

温度 30℃以下的铝管:　　$\delta=\dfrac{pd}{2000}$

(2) 受外压(真空管)的金属管壁厚度

$$\delta=\frac{pD}{4K}\left[1+\sqrt{1+\frac{10\alpha L}{p(L+D)}}\right]+0.2 \tag{6-3}$$

式中　δ——管壁厚度,mm;

D——管外径,cm;

p——管外压力,MPa(表压);

L——计算管长,即两法兰间的距离,cm;

K——允许抗压强度,碳钢管 $K=60$,铜管 $K=30$,MPa;

α——系数,与管的位置和焊缝性质有关,一般为:

水平焊制管　$\alpha=80°$;

竖立焊制管　$\alpha=50°$;

无缝管　　$\alpha=45°$。

为了简便,工程上根据计算所得的管径,选定相近(通常稍大)的公称直径 Dg,再由承受的公称压力 Pg 选择管壁厚度❶。

(3) 管子弯曲半径的确定有两种方法,现分述如下:

1) 根据管子的管径来确定　不论是无缝钢管或有缝钢管、管道外径为 d,一般采取的煨弯半径 R 如下:

① 管径在 125mm 以下时,$R=4d$;

② 管径在 125~250mm 时,$R=5d$;

③ 管径在 250mm 以上时,$R=6d$;

直径大于 100mm 管子,最好采用焊制的弯头,原因是大管径弯曲不易,弯曲半径很大,占地多。而焊制的弯头 $R=1.5d$,故无上述缺点。

2) 根据制造方法来确定　钢管制成的弯管,其曲率半径不应小于:

① 10 倍于管径——用于冷弯;

② 4 倍于管径——用于热弯;

③ 2.5 倍于管径——用于热弯褶皱;

④ 1.5 倍子管径——用于焊接;

⑤ 1 倍子管径——用于特制角弯热拉的方法制造急弯弯管。

---

❶ 公称直径 Dg 与实际管路的内径相近,但不一定相等,凡同一公称直径的管子,外径必相同,但内径则因壁厚不同而异;

公称压力 Pg,一般指管内工作介质的温度在 0~120℃范围内的最高允许工作压力,介质温度超出时,其允许的最高工作压力应适当降低。

6.3 流槽计算

矿浆或溶液自流输送时，一般采用管道和流槽两种方式。自流流槽断面尺寸可按下式计算：

$$h=\left(\frac{Q}{K\sqrt{i}}\right)^{3/8} \tag{6-4}$$

式中 h——矿浆深度，m，流槽深度为 $2h$；

Q——矿浆量，m^3/s；

i——流槽坡度，%，0.5%～6%或类似生产经验选取；

K——矿浆深度系数。当流槽宽度(B)与矿浆深度(h)之比为2时，K 可取90～100；流槽粗糙度小的取上限，反之取下限。

例 某锌厂浸出上清液用钢板衬塑料流槽输送，流槽坡度 $I=0.5\%$，流量 $240m^3/h$，流槽宽度与溶液深度比为2，求流槽深度和宽度。

解：取 $K=100$，代入式(6-4)，得：

$$h=\left(\frac{240}{3600\times100\sqrt{0.005}}\right)^{3/8}=0.17m，即\ 170mm$$

$$B=2h=2\times170=340mm$$

流槽深度 B 为 $2h$，即 340mm；

考虑到溶液量的波动，采用流槽断面为 400mm×400mm。

为了选择泵的总扬程或确定自流管的总压头，还需要计算管道、管件对流体产生的阻力，其方法有阻力系数法，当量长度及工程上采用较多的图算法等，可查阅有关书籍及手册。

6.4 管道的保温及热延伸补偿

不在常温下操作的设备和管道都需要保温(如高温设备及管道，冷设备及管道等)。对保温材料的要求为密度小、导热系数小、化学性能稳定、易于施工，并且有足够的机械强度。对保温材料及其制品的基本性能要求可参见附录(列有常用保温材料类别、特性和制品)，有关具体保温材料及制品的性能还可查阅有关手册。

管道保温层厚度，需通过经济核算来确定，由于计算较复杂，一般可按表 6-1 选择。计算求得的保温层厚度，不应超过表 6-2 所示的最大允许值，如果超过，应另选导热系数较小的保温材料。温度超过 500℃，内径大于 ϕ600mm 的管道一般采用内保温，即内砌耐火砖的方法进行保温。

表 6-1 一般保温层厚度选择表

保温材料导热系数 λ /W·(m·K)$^{-1}$	流体温度 /℃	管道直径/mm				
		50 以下	60～100	125～200	225～300	325～400
8.72×10^{-2}	100	40	50	60	70	70
9.3×10^{-2}	200	50	60	70	80	80
10.47×10^{-2}	300	60	70	80	90	90
11.63×10^{-2}	400	70	80	90	100	100

表 6-2　保温层厚度最大允许值

管外径/mm	55	110	160	215	265	325	375	425	530
最大允许厚度/mm	60	110	120	125	130	135	140	145	150

在管道设计中，还要考虑管道因温度升高而产生热延伸的问题。在管道安装固定的情况下，这种热延伸产生的热应力会作用于管架与设备或建筑物上，而引起管道及管道法兰变形与焊缝破裂等，必须设法对热延伸予以补偿。利用管道敷设时自然形成的 L 形拐弯以吸收热延伸量者，称为自然补偿(图 6-1a)，在设计时要充分利用管道的这种自然补偿能力。当自然补偿不能满足要求时，才采用补偿器补偿。补偿器有凸面式(波形、鼓形)、填料函式与回折管式三种，在湿法冶炼管道设计中，常用回折管式补偿器(亦称方形补偿器，见图6-1b)，其优点是补偿能力大，结构简单，易于现场就地制造。

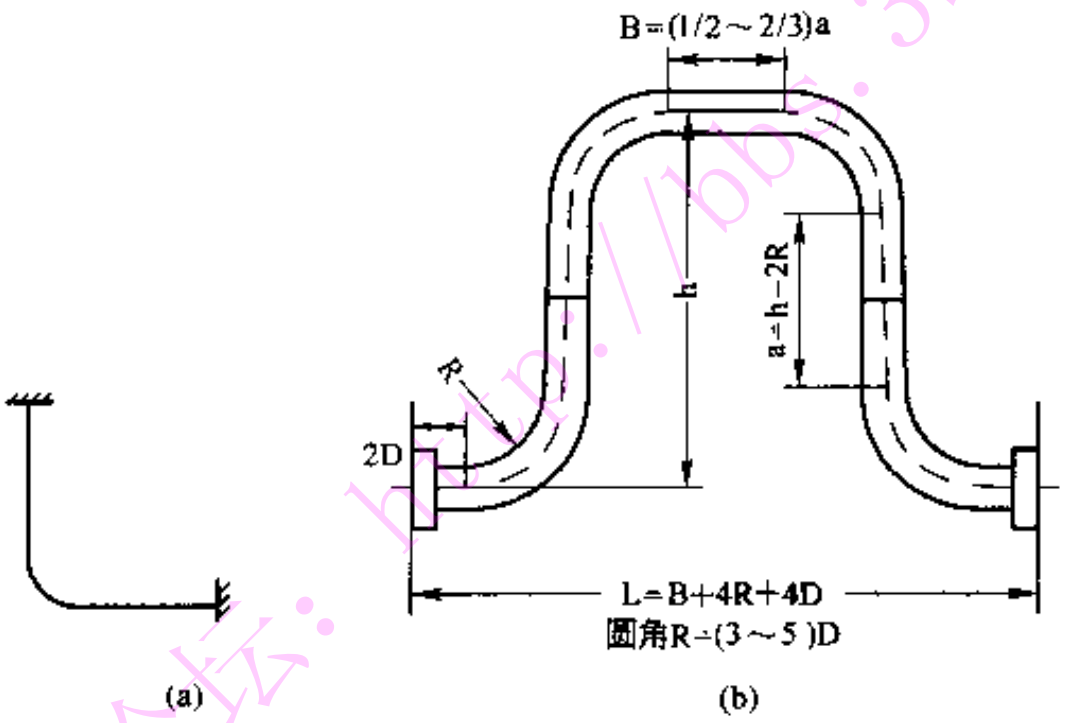


图 6-1　管道热延伸补偿法图例

6.5　管道配置原则

湿法冶炼管道种类繁多，条件复杂，有腐蚀性很强的各种酸碱及部分形成电化学腐蚀的盐类，有压缩空气、真空管路及高温、低温、易燃介质，煤气、烟气、热风，以及各种矿浆、浓泥、结晶液等，因此应对管道配置进行全盘考虑。

(1) 要考虑便于安装、检修和操作管理：

1) 管道应尽量明管敷设、集中敷设、沿墙敷设、少拐弯、少交叉、必须拐弯时应成直角。

2) 在焊接和螺纹连接的管道上，每隔适当距离应装一法兰或活接头，特别是浓度较高的矿浆、浓泥管道，更要特别考虑检修和排除堵塞的问题。

3) 室外管道要尽量集中敷设，对检修频繁的矿浆管、浓泥管、结晶液管及其他需要经常操作检修的管道，要设计管桥，并在管桥上设人行道，其他的一般管道，可不设人行道。

4) 管道离地面的高度要适当，通过人行道时，最低点一般不少于 2.2m，通过公路或工厂主要交通干线不少于 4.5～5.0m，通过铁路不少于 6m。阀门和仪表的高度也要适当，一

般阀门(如球阀、闸阀、旋塞等)为 1.2m,安全阀为 2.2m,温度计和压力计一般为 1.5~1.6m。

5) 并列管道的管件与阀门应错开排列,管与管之间,管与墙之间应保持一定的距离,一般为 110~350mm。

(2) 要考虑安全生产:

1) 输送易燃、易爆介质的管道,应装设防火、防爆等安全装置,放空管应高过屋面 2m 以上,管路不得敷设在生活间、楼梯、门和走廊等处。

2) 输送腐蚀性介质的阀件、补偿器、法兰等不得安设在通道上空,并应加保护套,若其管路与其他管道并列时应设在下方或外侧。

3) 冷、热流体的管道应相互避开,不能避开时,热管在上,冷管在下;塑料或衬胶管应避开热管。

4) 水管及废水管一般宜于地下敷设,且应设在冰点线以下;陶瓷管如埋设在地下时,应在地面 0.5m 以下;地下管道通过道路或受荷地区应加保护设施。

5) 不锈钢管不宜与碳钢管或管件直接接触,应采取胶垫隔离等措施,以防电化学腐蚀。

6) 管道安装完毕后,应在一定压力下试压,并尽量涂布防锈漆,车间管道涂色由各厂统一规定,表 6-3 所列的涂漆颜色可供参考。

表 6-3 管道涂漆颜色

介质	水	蒸汽	压缩空气	真空	废气	物料①	酸类	碱类	油类	污水
颜色	绿	白	深蓝	灰	黄	红	红白圈	粉红	棕	黑

① 物料管包括溶液管、矿浆管。

(3) 其他:

1) 管道在穿墙或穿楼板处不得有焊缝,且在穿墙或穿楼板的部位应加套管,套管与管子间应填充填料。

2) 管道焊缝与支架的距离不应小于 200mm,当采用大于 200mm 管径时,其距离不应小于管径。

3) 管道敷设应有一定坡度,常用的坡度为 1/1000~5/1000,输送黏度大的介质的管道,坡度可达 1/100,输送固体结晶介质类者,高达(5~6)/100,参见表 6-4。

表 6-4 各种介质管道的坡度

名 称	矿浆流槽	锌浓缩机底流流槽	矿浆管	电解液流 槽	压缩空气真空管	电解液管 道	蒸汽管	蒸 汽冷凝水	清 水	废 水
输 送方 式	自 流	自 流	自流或泵输送	自 流	压力输送	泵输送	压力输送			
坡度/%	不小于 3	3~6	3~5	0.5	0.3~0.4	0.3~0.5	0.3~0.5	0.3	0.3	0.4

6.6 工艺管道图的绘制

6.6.1 湿法冶炼管道图的绘制

湿法冶金管道图包括车间(或工段)内部管道图和室外管道图,由管道配置图、管道系统

图、管架及管件图以及管段材料表等组成。

管道配置图表示管道的配置、安装要求以及与相关设备、建(构)筑物之间的关系等,一般以平面图表示,只有在平面图不能清楚表达时,才采用剖视图、剖面图或局部放大图。

管道配置图的绘制是以车间(或工段)配置图为依据,图面方向应与车间配置图一致。当车间内部管道较少,走向简单时,在不影响配置图清晰的前提下,可将管道图直接绘在车间(或工段)配置图上,管段不编号,管道、管架、管件等编入车间(或工段)配置明细表中。

管道多层配置时,一般应分层绘制管道配置图,如配置图 ±0.000 平面,所画管道为上一层楼板以下至地面的所有工艺物料管道和辅助管道。

管道系统图是与管道配置图对应的立体图,按 45°斜二等轴侧投影绘制,以反映管道布置的立体概念。系统图上的设备示意图形应保持管道配置图中的大小关系和相对位置,但比例可扩大或缩小;对于复杂的管路系统,可分段绘制。图 6-2 为管道配置图与管道系统图的关系示例。

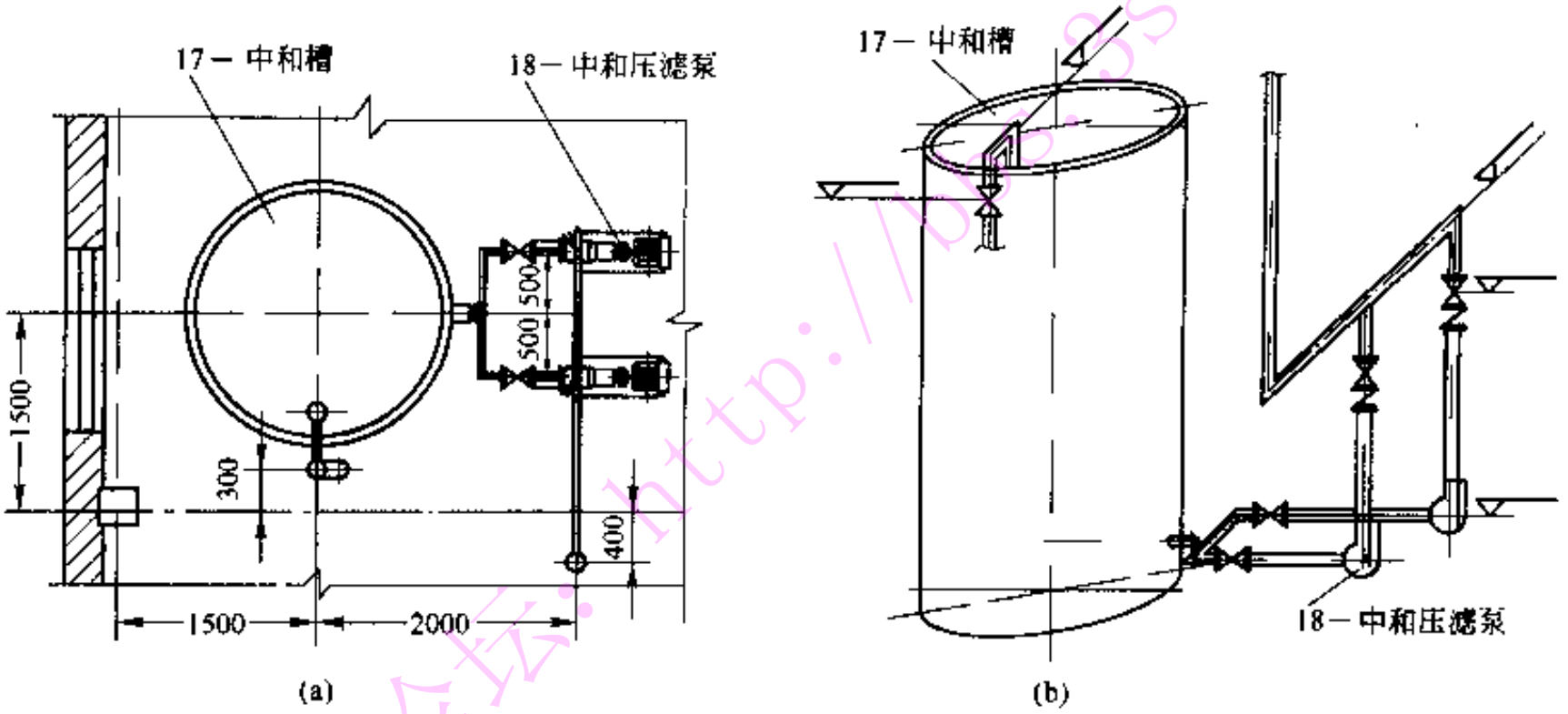


图 6-2 管道配置图与管道系统图关系示例

(a)管道配置图;(b)管道系统图

管道配置图与系统图中的管线,一律用单粗实线绘制;有关设备、建(构)筑物、管件、阀门、仪表、管架、仪表盘等采用细实线,分区界线采用双点折线或粗点划线。管架的位置应按图例全部示出,仪表盘和电气盘的所在位置应采用细实线画出简略外形。管道及管件符号见附录;管材及管道输送流体符号分别见表 6-5 和表 6-6,此两表中的符号是用该名称的汉语拼音前一个或两个字组合而成,表内未列出者可采用此法组成符号。

表 6-5 常用管道材料符号

管道材料	符 号	管道材料	符 号	管道材料	符 号
铸铁管	HT	紫铜管	ZT	搪瓷管	GC
硅铁管	GT	黄铜管	HUT	陶瓷管	TC
合金钢管	HG	铅 管	Q	石墨管	SM
铸钢管	ZG	硬铅管	YQ	玻璃管	BL
钢 管	G	铝 管	L	硬聚氯乙烯管	YL

续表 6-5

管道材料	符　号	管道材料	符　号	管道材料	符　号
软聚氯乙烯管	RL	有机玻璃管	YB	钢衬软聚氯乙烯管	G-RL
硬胶管	YJ	钢衬胶	G-J	钢衬环氧玻璃钢管	G-HB
软胶管	RJ	钢衬石棉酚醛管	G-SF	铸石管	ZS
石棉酚醛管	SF	钢衬铅管	G-Q		
环氧玻璃钢管	HB	钢衬硬聚氯乙烯管	G-YL		

表 6-6　管道输送流体符号

流体名称	符　号	流体名称	符　号	流体名称	符　号
溶液管	RY	冷冻回水管	L_2	二氧化碳管	E
矿浆管	K	软化水管	S_2	煤气管	M
洗涤液管	XY	压缩空气管	YS	蒸汽管	Z
硫酸管	LS	鼓风管	GF	风力输送管	FS
盐酸管	YA	真空管	ZK	水力输送管	SS
硝酸管	XS	废气管	FQ	油 管	Y
碱液管	JY	氧气管	YQ	取样管	QY
上水管	S	氢气管	QQ	废液管	FY
污水管	H	氯气管	LQ	有机相管	YJ
热水管	R	氮气管	DQ	萃取液管	CY
循环水管	XH	氨气管	AQ	液氯管	LY
冷凝水管	N	二氧化硫管	EL	液氨管	AY
冷冻水管	L_1	一氧化碳管	ET	氨水(含氨溶液)管	AS

管道配置图和管道系统图中都要标注：

1）输送的流体名称及流向；

2）管道的标高、坡向及坡度；

3）管道材料及规格；

4）管段编号及有关设备的名称和编号。

此外，管道配置图还要标注管道、管件和附件的定位尺寸以及管架编号和管架表等；管道系统图还要标注管段长度，并附管段编号表及管段材料表等。

（1）管道标高的标注法：

管道标高以管中心标高表示，管段的每一水平段的最高点标高为该水平段的代表标高，在系统图中代表标高必须注在最高点处。立管上有管件、附件时，必须标注其安装标高。

（2）管道的表示法：

1）在管道配置图中，管道特征一般用引线标注(图 6-3)；当管道较少且管线简单时则可直接标注(图 6-4)。但在同一张图中只能用一种标注方法。

对图 6-3 和图 6-4 的说明如下：

① 引线标注时，管道特征按柱间分区标注，管道特征符号与主引线连接，主引线应放在

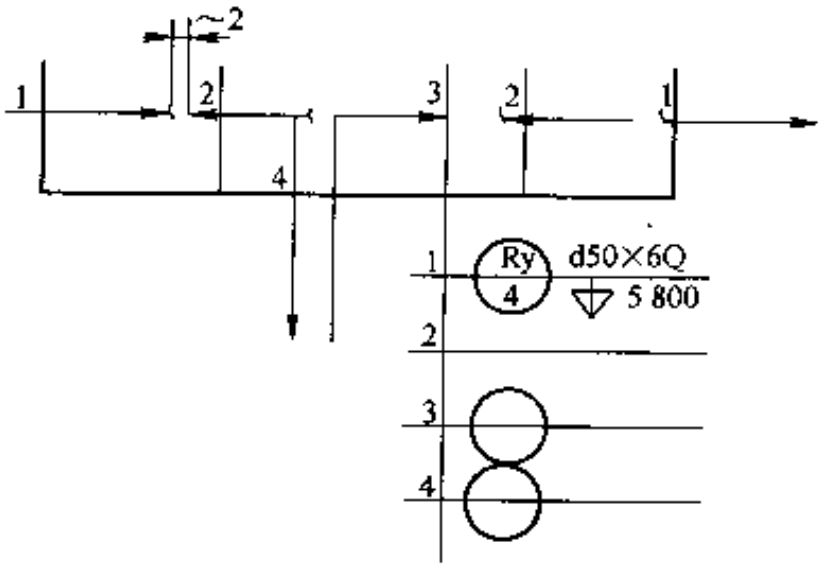


图 6-3　管道特征的引线标注法

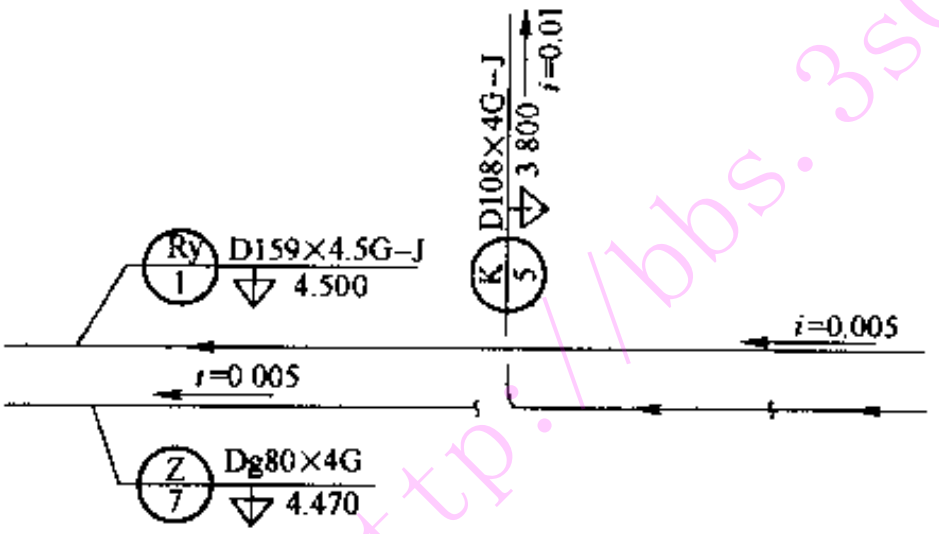


图 6-4　管道特征的直接标注法

柱间分区的明显位置上，主引线未跨越的管道，从主引线上引出支引线，在与管线交叉处标注顺序号，支引线不得超越柱间分区范围；

② 1,2,3,4……为管道标注顺序号，编排顺序原则上先远后近，先上后下。

③ 圆圈内下方 1,2,3,4……为管段编号。

④ RY、K 为流体符号，Q、G 为管道材料符号，d50×6、Dg80×4 为管道规格，▽5.800 为管段的代表标高。

2）在平面图上数根管道交叉弯曲时的表示法，如图 6-5 所示。图 6-5b 是表示将上部管

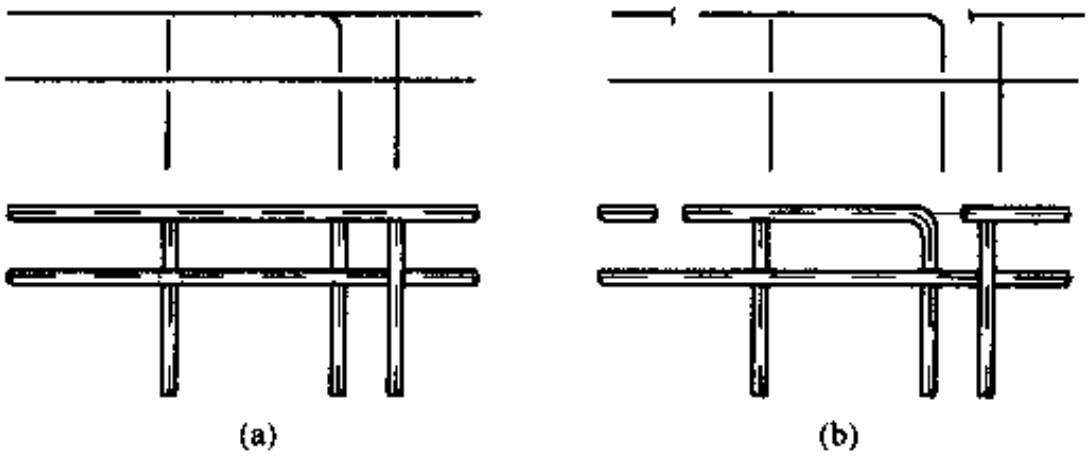


图 6-5　数根管道交叉弯曲时的表示法

道断开，看下部管道。

3）数根管道重合时，平面图上仅表示最上面一根管道的管件、附件等，如要表示下部管道的管件、附件等时，需将上管道断开，如图 6-6 所示。

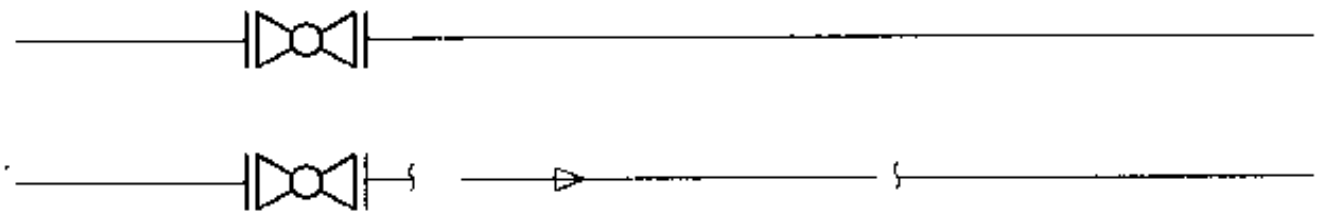


图 6-6　数根管道重合时的表示法

4）系统图中管道特征直接标注在管线上。当管道前后上下交叉时，前面和上部的管道用连续线段表示，后面和下部管道在交叉处断开，如图 6-7 所示。

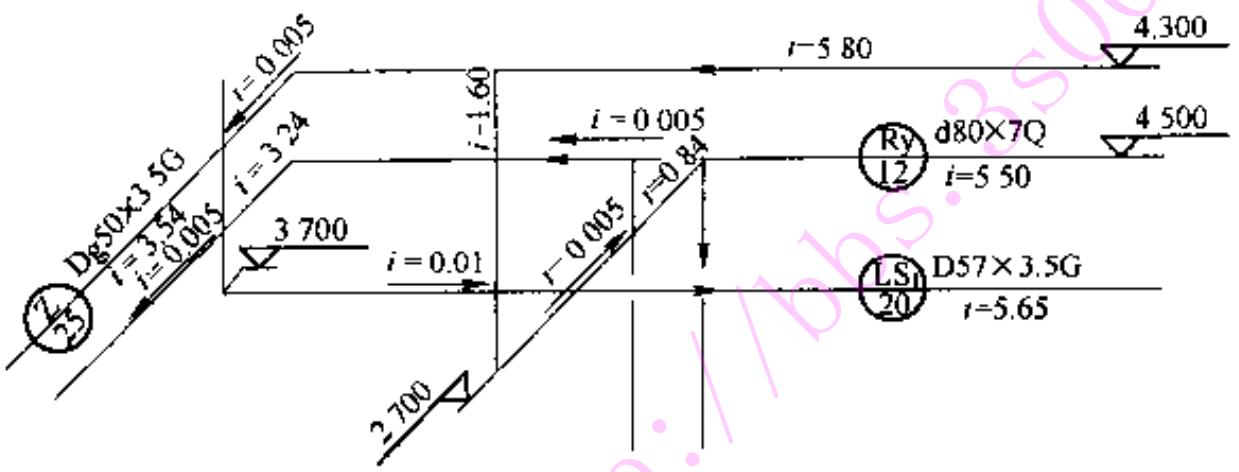


图 6-7　系统图中管道特征表示法

(3) 管道图的各种表格：

1）管段编号表　为清晰看出管道起止点，需有管段编号表。编号次序依生产流程先后顺序编排，先编工艺管道，后编辅助管道。起止点可由某一设备(或管段)到另一设备(或管段)，或由某设备(或管段)到另一管段(或设备)。分出支管时，需单独编号。此表列入管道系统图内或单独出图，表的格式如表 6-7 所示。

表 6-7　管段编号表格式

20	100	28	12	20	
3			8		8
2			4		8
1			4		8
管段编号	起　止　点	介质名称	数量	备注	12
管　段　编　号　表					12

2）管架表　包括支架名称、规格、数量，相同规格的管架可编一个号，管架号以 GJ-1、GJ-2……顺序排列。此表列入管道配置图内。

3）管段材料表　按管段编号顺序，将同一管段中规格和材料相同的管道、管件、阀门、

法兰等的标准或图号、名称、规格、材料、数量等一一列出编成表附于管道系统图内，或单独出图。

(4) 室外管道图：是用来表示有关车间(或工段)之间流体输送的关系和对管道的安装要求的图形，通常由平面图、局部放大图和剖面图组成，室外管道不绘系统图。

6.6.2 火法冶炼管道图的绘制要点

火法冶金管道主要是指粗煤气管、净煤气管、烟气管、热风管、冷风管、助燃空气管等。管道图的一般绘制原则如下：

(1) 管道按机械投影关系绘制，管道在图中用双中实线表示；

(2) 初步设计阶段的车间(或工段)配置图应表示主要管道的位置及走向，施工图设计阶段则需详细表示管道的配置和安装要求；当管道复杂时，应单独绘制管道安装图；

(3) 火法冶炼车间内的油管、压缩空气管、蒸汽管，水管等管道，原则上按湿法冶炼管道图的绘制方法绘制，当火法冶炼配置图和安装图在一个视图中出现湿法冶炼管道图时，原则上应采用双中实线表示；

(4) 管道有衬砖、保温、防腐等要求时，应绘制管道剖面图，标明材料和有关尺寸，并在附注中详细说明施工技术要求；

(5) 焊接加工的变径管、变形管，弯头、带弯头的直管、管架和其他管件等均以部件标注，两连接件之间的直管、盲板、法兰、螺栓、螺母等，以零件标注；

(6) 管道标高均以管道中心的标高表示。管道标注方法和内容见图 6-8，相应的明细表见附录。

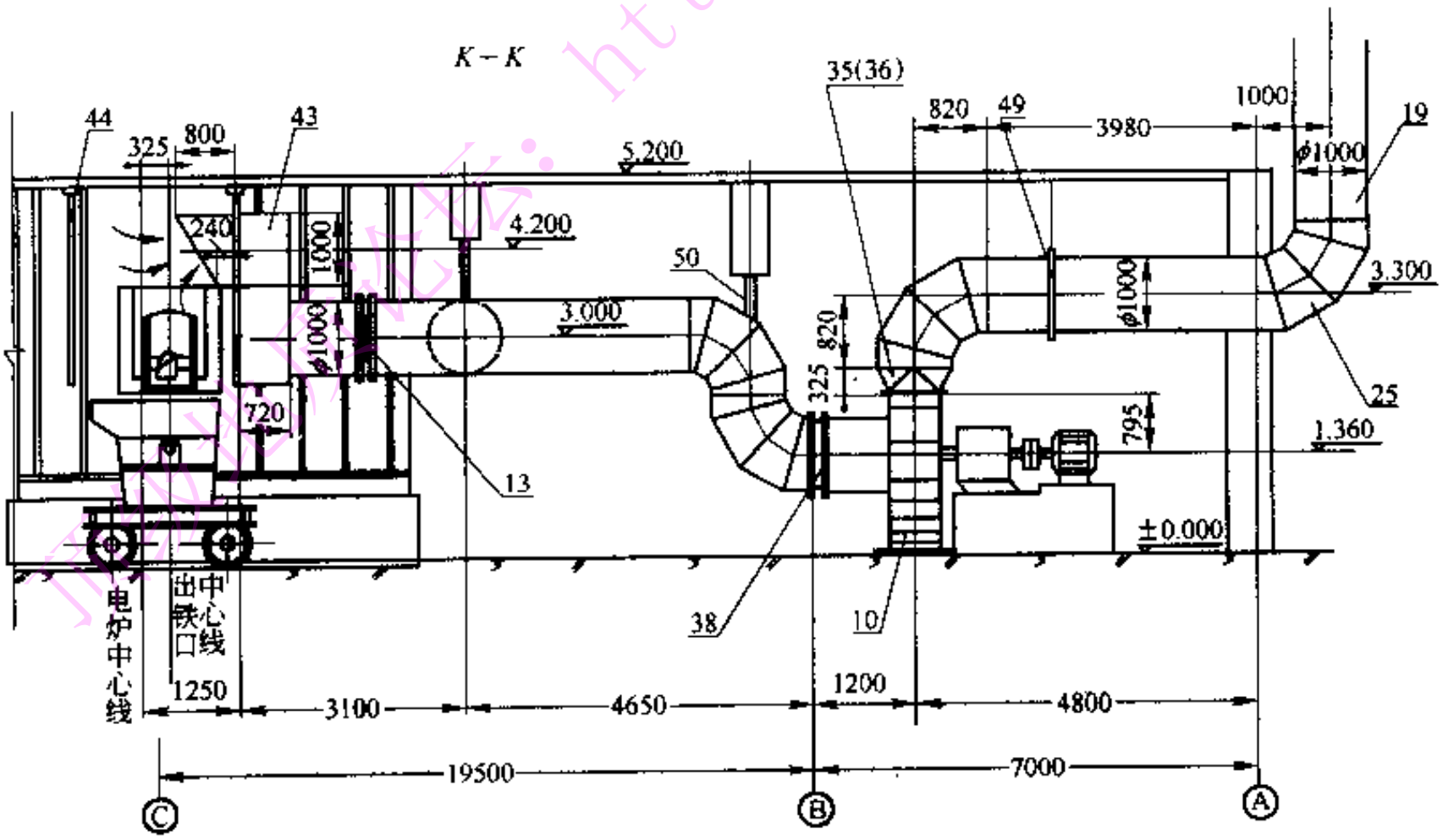


图 6-8 火法冶炼管道图的标注示例

炼铁高炉的粗煤气管道在布置煤气导出管、上升管和下降管时，应尽量使各流路系统中的液体阻损相等或接近，以保证高炉炉喉煤气分布均匀。根据经验数据，高炉炉顶导出口处的总截面积一般不应小于炉喉截面积的 40%，导出管与水平面的倾斜角不小于 50℃。粗煤

气管道内在易磨损处一般均衬铸钢衬板，其余部分砌黏土砖保护，砌砖时砌体厚度为113mm。为使砌体牢固，每隔1.5～2.0m焊接有托板。

输送1000℃以上的热风管道内一般紧贴管壁设计一层厚50mm的硅酸铝耐火纤维毡，水平管段受压的底部240°范围内贴硅钙板隔热砖，上部120°范围内填充硅酸铝耐火纤维毡；最里层与热风接触处用高铝砖，在高铝砖与硅酸铝耐火纤维毡或硅钙板砖之间考虑1～2层轻质黏土砖保温。

净煤气管、助燃空气管、冷风管等均用钢板焊接而成。不同角度的钢板管焊接弯头尺寸的图示方法如图6-9所示，任意角度的弯头及水平投影画法如图6-10所示。值得注意的是，不管用几段管子焊接成弯头，管道在转弯处的直径或管道断面积应保持不变，才不致影响流体的流动和过多地增加阻损，组成弯头段数越多，转弯越缓慢，阻损就越小。

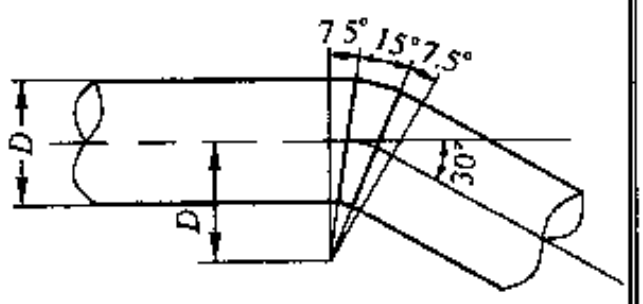
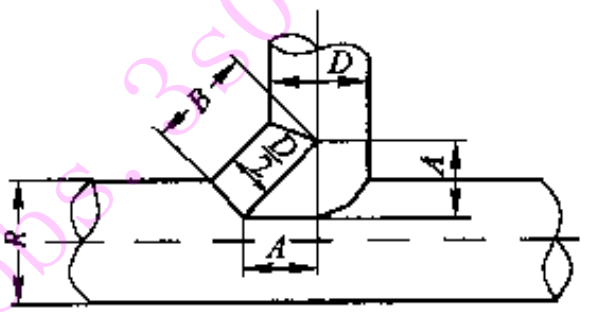
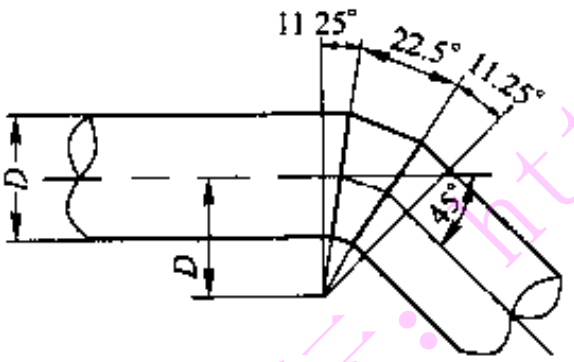
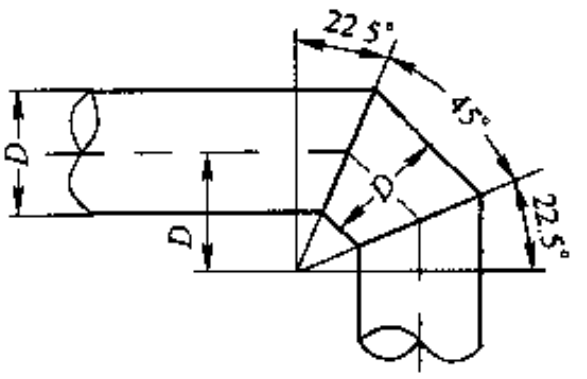
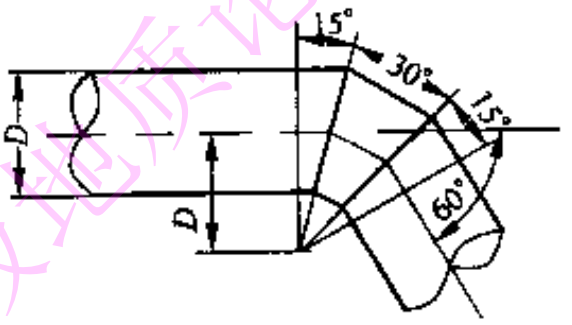
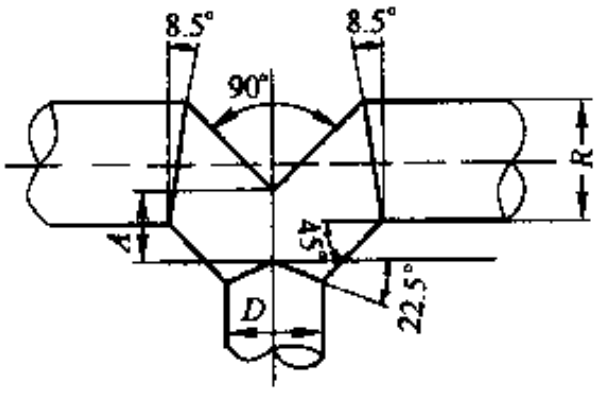
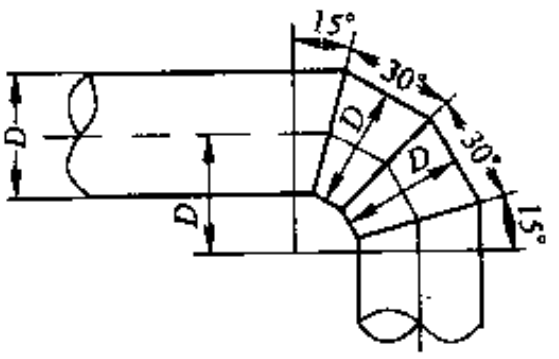
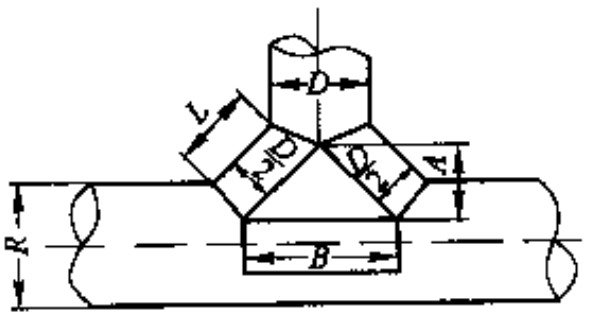
角度	尺寸的标法	角度	尺寸的标法
30°		三通 90°	
45°		四通 90°	
60°		分岔 90°	
90°		丁字形	

图6-9　钢板管焊接弯头尺寸表示法

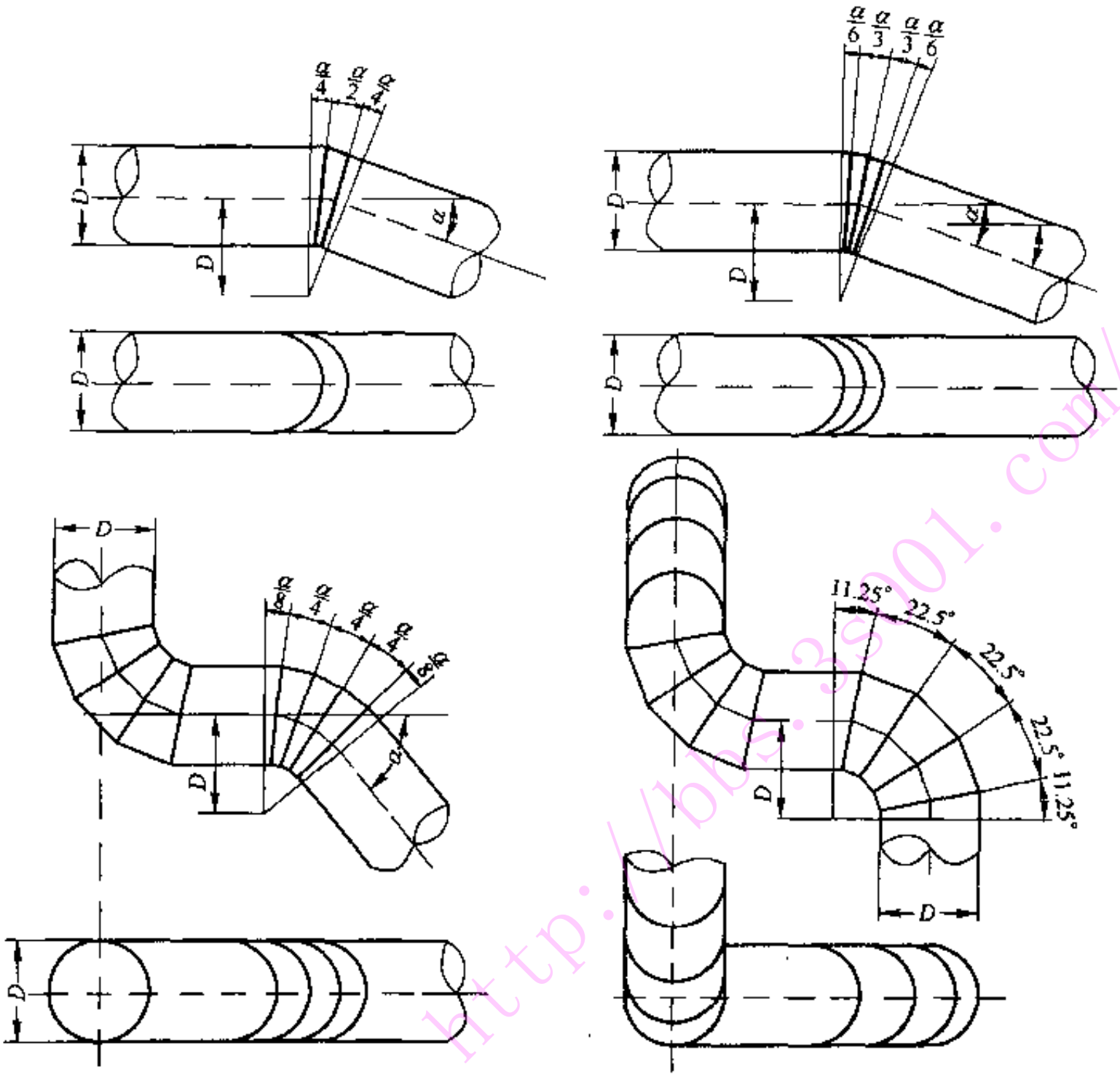


图 6-10　任意角度的弯头尺寸及水平投影表示法

6.7　烟气管道和烟囱设计

火法冶金过程中，会产生大量的烟尘和烟气，由于工艺过程及环境保护、节约能源的需要，必须进行烟气管道和烟囱的设计。

6.7.1　烟气管道结构形式及材质要求

常用的烟气管道断面有圆形、矩形、拱顶矩形等。根据烟气的性质（温度、压力、腐蚀性等），选用不同材质的管道，常用的有钢板烟道、砖烟道、混凝土烟道等。

（1）钢板烟道　钢板烟道的直径一般不应小于 300mm，常采用 4～12mm 厚钢板制作，可参考相关手册中钢板管道最小厚度选择表。

钢板管道（包括管件）的壁温一般不宜超过 400℃，当烟气温度高于 500℃时，其内应砌筑硅藻土砖或轻质黏土砖等隔热衬料；当烟气温度高于 700℃时，除采用管内隔热外，可结合烟气降温的需要，外面施以水套冷却或喷淋汽化冷却等措施；当烟气温度低于 350℃时，钢管外壁应敷设泡沫混凝土、石棉硅藻土、矿渣棉，碳酸镁石棉粉等保温材料。

（2）砖烟道　砖烟道外层常用 100 号红砖砌筑，其厚度应保证烟道结构稳定，资料载有砖烟道的有关设计数据。

(3) 混凝土烟道　采用混凝土或钢筋混凝土结构，较钢板烟道节省钢材，较砖烟道漏风小。可做成矩形或圆形断面，在高温下内衬以耐火砖或使用耐火混凝土。此种烟道属永久性构筑物，在有改建或扩建任务的工厂要慎重采用。

(4) 砖—混凝土烟道　一般为两壁用砖砌筑，顶部采用钢筋混凝土盖板。混凝土板可预制，故施工较快，但有漏风大的缺点。低温和较大断面的烟道多采用这种混合结构。

6.7.2　烟气管道布置要点

(1) 收尘管道的布置，应在保证冶金炉正常排烟、不妨碍其操作和检修的前提下，使管道内不积或少积灰，少磨损，易于检修和操作，且管路最短。

(2) 烟气流速尽可能低，以减少阻力损失和磨损。对于水平管道和小于烟尘安息角的倾斜管道、烟气流速一般为 15～20m/s，或开动风机时能吹走因停风而沉积于底部的烟尘的条件来选定；对大于烟尘安息角的倾斜管道，一般为 6～10m/s。

(3) 收尘烟道可采用架空、地面、地下敷设等方法。架空烟道维修方便，运转较安全，各种材质的管道均可用；地面烟道直接用普通砖（或耐火砖）砌筑于地面上，一般用于输送距离较长的净化后的废气（如爬山烟道），也有时用于净化前的烟气输送，但漏风大，清灰困难，故应尽量少用。

地下烟道用普通砖（或内衬以耐火砖）砌筑（也有用钢板管内砌耐火砖的）于地坪之下，一般在穿过车间、铁路、公路、高压电线时采用，通过厂区较长距离的净化后烟气输送也可采用。其缺点是清理维护困难，要有可靠的防水或排水设施，烟道顶面有人孔影响地面操作，高炉热风炉烟道属此类。

(4) 收尘系统支管应由侧面或上面接主管。

(5) 输送含尘量高的烟气时，管道应布置成人字形，与水平面交角应大于 45°。如必须敷设水平管道，其长度应尽量小，且应设有清扫孔和集灰斗，大直径管道的清扫孔一般设于烟道侧面，小直径管道则采用法兰连接的清扫短管；集灰斗设于倾斜管道的最低位置或水平管道下方，并间隔一定距离。

(6) 当架空烟道跨过铁路时，管底距轨面不得低于 6m；跨过公路和人行道时，距路面分别不低于 4.5m 和 2.2m。

(7) 高温钢管道每隔一定距离设置套筒形、波形、鼓形等补偿器，内衬隔热层或砖砌烟道要留有膨胀缝。补偿器应设在管道的两个固定支架之间，补偿器两侧还应设置活动支架以支持补偿器的重量。

(8) 检测装置应装在气流平稳段；调节阀门应设在易操作、积灰少的部位，并装有明显的开关标记；对输送非黏性烟尘的管道，如果水平管段较长，应每隔 3～7m 设置一个吹灰点，以便用 0.3～0.7MPa 的压缩空气吹扫管道。

6.7.3　烟气管道的设计原则

烟气管道的计算包括烟气量与烟气重度换算、阻力损失计算、管道直径及烟道当量直径计算等，其计算原则是：

(1) 烟气量应按冶炼设备正常生产时的最大烟气量计算，对于周期性、有规律变化的多台冶金炉（如转炉），应按交错生产时的平均最大烟气量考虑，总烟气量确定后，应附加 15%～20%作为选择风机的余量；

(2) 考虑预计不到的因素，收尘系统的总阻力损失应由计算值附加 15%～20%；

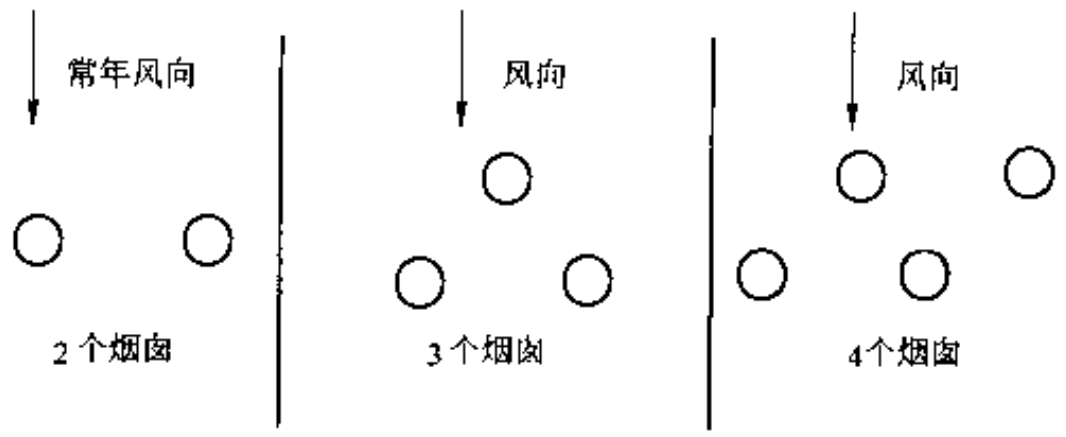
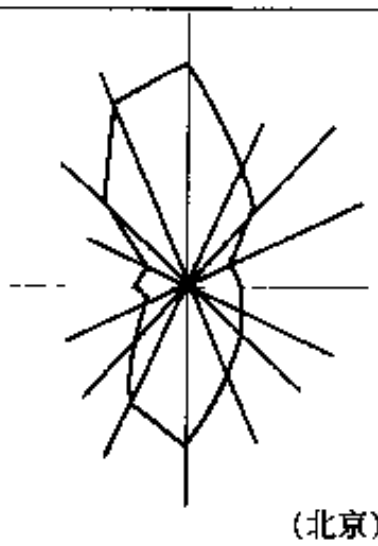
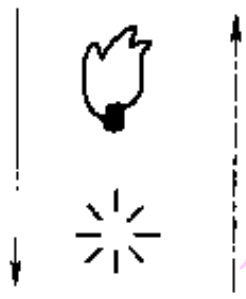
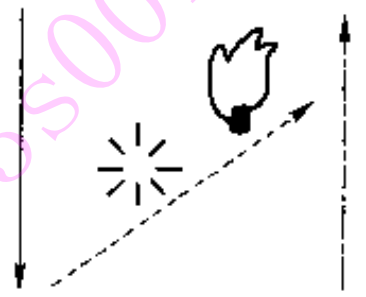
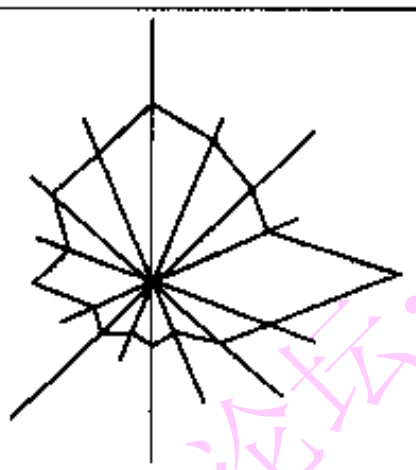
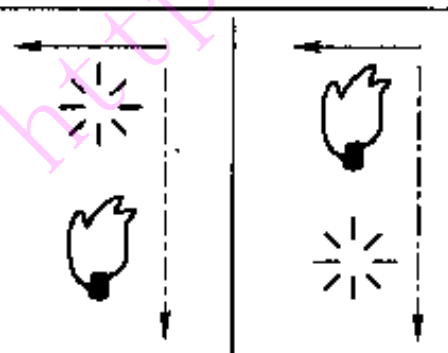
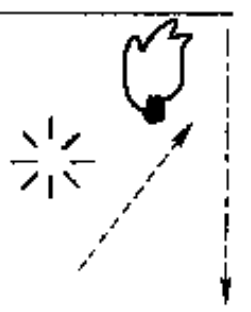
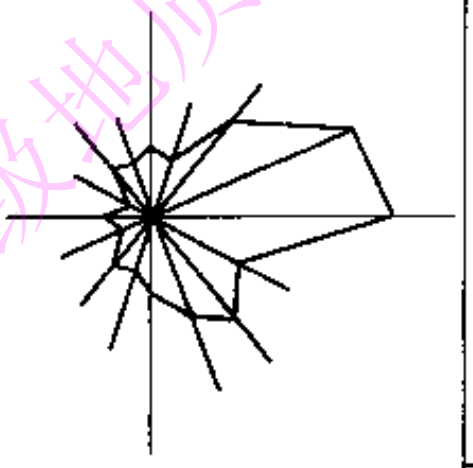
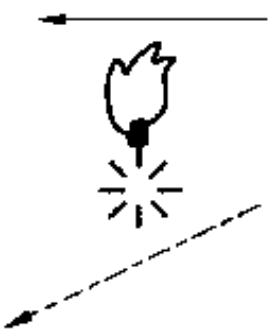
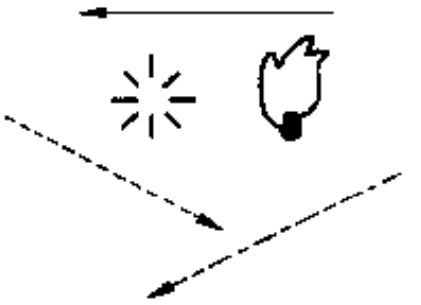


图 6-11　烟囱布置与主导风向的关系

风向风玫瑰图类型		按主导风向要求	按最小频率风向要求
主导风向与次导风向在同一轴线上	 (北京)	释放源在明火的下风方  不太合理	释放源在明火的上风方  合理
主导风向的侧风与次导风向的侧风在同一轴线上	 (杭州)	释放源在明火的侧风方  不太合理　合理	释放源在明火的上风方  合理
其他类型	 (南宁)	释放源在明火的下风方  合理	释放源在明火的上风方  合理

图例：明火，　释放源

主导风向

次导风向

最小频率风向

图 6-12　释放源与明火风向平面位置关系实例分析

质级地质论坛：http://bbs.3500.com/

(3) 收尘系统各支管的阻力应保持平衡，烟气量变化较大而难以维持平衡时，可采用阀门(蝶阀)调节。

6.7.4 烟囱设计要点

冶金炉使用烟囱的主要目的是为了高空排放有害气体和微尘，利用大气稀释，使其沉降到达地面的浓度不超过国家规定的卫生标准。常用的烟囱结构有砖砌、钢筋混凝土及钢板结构件等。通常 40m 以下可使用砖砌，60m 以上使用钢筋混凝土构筑。钢烟囱(包括绝热层和防腐衬里)常用于 35m 以下的低空排放，如矿热炉烟囱，适于高温(>400℃)烟气、强腐蚀性气体和事故排放等，对于小型或临时性工程也常采用。

烟囱布置和计算的要点如下：

(1) 排放有害气体的烟囱应布置在企业和居民区的下风侧，释放源与明火风向平面位置关系见图 6-12；当一企业有两个以上烟囱时，应按图 6-11 的方式布置。工厂的设计中考虑主导风向的影响，主要是为了尽可能避免因风向而引起的火灾和尽量减少因风向而造成的污染；主导风向将直接影响生活区、工业炉、空压机及控制室等的位置；从设备上泄漏的可燃气体或蒸汽不应吹向生活区等，故工业炉、空压机及控制室应位于上风向或侧风向；工业炉烟囱排出的烟气不应吹向空压机及控制室；

(2) 一个厂区有几个烟囱时，其排放所造成的总浓度分布，可按单个源的浓度分布迭加计算；如有 N 个排放参数(主要是烟囱高度)相同且距离相近的烟囱同时排故，则每个烟囱的排放量 M_i 应为单个烟囱所允许的排放量 M 的 $1/N$；若烟囱间距为其高度的 10 倍以上，则每个烟囱的排放量可按单个烟囱的允许排放量计算；

(3) 经烟囱排放的烟气除应符合国家颁布的《工业“三废”排放标准》和《工业企业设计卫生标准》外，还应按工厂所在地的地区排放标准执行；

(4) 烟囱计算的主要内容包括烟囱直径、高度、温度和抽力计算等，具体计算方法参见有关冶金炉的专著。

学习思考题

1. 叙述管道设计内容和管径确定原则。
2. 管道标高的标注应注意哪些问题？
3. 举例说明湿法冶金管道的表示方法。
4. 试分析湿法冶金与火法冶金管道图的区别与联系。
5. 指出大口径钢板管道任意角度的弯头的设计制图技巧。
6. 试用 AutoCAD 绘出直径 ϕ1800mm 钢板管，转弯 40°，用 3 段管子焊接成的弯头立面及水平投影图，并标注详细的尺寸，且说明相关尺寸是如何得来的。
7. 用 AutoCAD 图示外径为 ϕ50mm、ϕ80mm，壁厚为 10mm 的钢管最小弯曲半径，并说明制作弯头采用的工艺方法。
8. 一输送 1100℃ 热风(热空气)的管道，要求内径 ϕ1000mm，外径 ϕ1980mm，管道应采用什么样的材质，如何进行保温设计？
9. 为什么跨铁路的管道，管底距轨面不得低于 6m；跨过公路和人行道时，管底距路面分别不低于 4.5m 和 2.2m？
10. 叙述烟道的设计要点和烟囱的作用，并指出一般铁合金电炉烟囱是什么结构？

附录1　各种高阶段设计的内容与格式

一、企业规划的章节内容和格式

1　概述

1.1　编制依据

1.2　企业的自然状况

1.3　存在的主要问题及建议

2　市场预测分析

2.1　国际市场

2.2　国内市场

3　建设条件

3.1　资源、原燃材料供应

3.2　水、电供应

3.3　厂址与交通运输条件

4　规划目标

4.1　生产规模及产品方案

4.2　工艺流程与辅助生产设施

4.3　投资与经济效益

5　建设计划安排

6　存在问题与建议

附图:1. 全厂总平面布置图

2. 工艺流程图

3. 主要车间平面布置图

二、行业或区域规划的章节内容和格式

首先概述行业在国民经济中的地位和作用,行业规划的目的意义(无标题)。

1　行业现状

1.1　资源的开发

1.2　产品的开发

1.3　应用研究开发

1.4　差距及问题

2　市场预测分析

2.1　国际市场

2.2　国内市场

3　规划目标

3.1　发展思路(国家发展行业的政策、方针、精神,行业的发展纲领)

3.2　综合计划指标(总产品年产量与企业规模、数量)

3.3　产品方案(含物料平衡)

4　投资分析

4.1　投资需求

4.2　投资来源

地质公示：http://bbs.3s001.com/

4.3 投资效益

4.4 投资项目

5 主要对策

5.1 普法教育(必要时列入)

5.2 加大资源的勘探投入

5.3 强化科技开发

5.4 组建企业集团

5.5 合理布局

5.6 加强环境保护和资源综合利用

5.7 强化企业管理

5.8 重视信息交流和人员培训

附件:1. 产品物料平衡图

2. 投资项目一览表

三、项目建议书章节内容和格式

1 项目建设的目的和意义

1.1 编制依据

1.2 背景及建设的必要性

2 市场分析

3 厂址及建设条件

3.1 厂址选择

3.2 工程地质及水文条件

3.3 主要原材料条件

3.4 交通运输条件

3.5 供电条件

3.6 供水条件

4 建设方案

4.1 建设规模和产品方案

4.2 生产工艺

4.3 电力

4.4 给排水

4.5 自动化仪表

4.6 通风除尘

4.7 总图运输

4.8 机修、检验

4.9 土建

4.10 能源分析

5 环境保护

5.1 废气

5.2 废渣

5.3 废水

6 工程概要(简述工厂车间组成)

7 项目实施进度

质量论坛: http://bbs.3s001.com/

8　投资估算与资金筹措

9　主要技术经济

9.1　产品成本和费用估算

9.2　财务分析(投资回收期、贷款偿还年限)

10　经济评价

附图:全厂总平面布置图(必要时附)

附表:设计主要技术经济指标表

四、可行性研究章节内容和格式

1　总论

1.1　提出的背景、投资必要性和经济意义

1.2　编制的依据和原则

1.3　产品方案及生产规模

1.4　建厂条件

1.5　原料、辅助材料及燃料的供应

1.6　主要技术经济指标表

1.7　结论(简要综合结论存在的问题和建议)

2　市场预测

2.1　需求预测

2.2　产品价格分析

3　冶炼工艺

3.1　生产方法选择

3.2　主要原材料及成品

3.3　工艺流程

3.4　物料平衡

3.5　主要设备的选择

3.6　车间组成及配置说明

3.7　主要技术经济指标

4　供电

4.1　电力负荷

4.2　电源及供电方案

4.3　主要车间的电力传动及控制

4.4　其他

5　总图运输

5.1　地理位置、经济及交通

5.2　自然条件

5.3　总平面布置原则

5.4　工厂运输

5.5　竖向布置

5.6　厂区绿化、消防及警卫

6　给排水

6.1　给水系统

6.2　循环水系统

质量论坛: http://bbs.3s001.com/

6.3 排水系统
6.4 消防用水
7 自动控制
7.1 概述
7.2 各车间主要检测内容
7.3 仪表选型
7.4 控制室设置
7.5 仪表维修室
8 热力
8.1 燃气设施
8.2 锅炉房
8.3 厂区热力管网
9 机修及检验
9.1 概述
9.2 机修车间
9.3 化验车间
10 土建
10.1 设计依据
10.2 设计原则
10.3 建筑结构形式
10.4 建筑设计
11 通风除尘
11.1 气象资料
11.2 通风除尘设计
11.3 空调设计
12 环境保护
12.1 环境概况
12.2 工程概况
12.3 环境保护
12.4 职业安全卫生
13 节能与消防
13.1 能源分析
13.2 消防
14 工程总估算
14.1 概况
14.2 编制依据及原则
15 技术经济
15.1 组织机构与劳动定员
15.2 实施进度
15.3 建设工期
15.4 投资总额与资金筹措
15.5 成本费用计算
15.6 损益计算

质量论坛：http://bbs.3s001.com/

15.7　经济效益指标计算

15.8　财务状况分析

15.9　不确定性分析

15.10　国民经济评价

15.11　综合评价

附图:图纸目录(另装)

1. 区域位置图

2. 全厂总平面布置图

3. 工艺流程图

4. 主要车间工艺平、断面配置图

5. 供电系统图

6. 水量平衡图

附件:各种协议及有关文件

五、初步设计章节内容和格式

1　总论

1.1　概述(或企业现状)

1.2　设计指导思想

1.3　设计依据

1.4　设计范围与分工

1.5　主要技术经济指标

1.6　经济分析

1.7　建议

2　生产工艺

2.1　生产现状

2.2　生产规模、产品方案及工作制度

2.3　原、燃料条件

2.4　物料平衡

2.5　车间组成

2.6　生产工艺过程

2.7　工厂设计特点

2.8　车间主要技术经济指标

2.9　主要生产设备验算

3　总图运输

3.1　概述

3.2　总图布置及特点

3.3　竖向布置及场地排水

3.4　运输

3.5　绿化

3.6　消防

3.7　主要技术经济指标

3.8　须说明的问题

4　热力设施

质量论坛：http://bbs.3s001.com/

4.1 鼓风机站、锅炉房及空压站
4.2 厂区管网
5 燃气设施
5.1 概述
5.2 煤气净化
5.3 加压站
6 给排水设施
6.1 概述
6.2 水量及水质要求
6.3 水源
6.4 给排水系统
6.4.1 净循环给水系统
6.4.2 浊循环给水系统
6.4.3 安全供水系统
6.4.4 消防给水系统
6.4.5 生活给水系统
6.4.6 排水系统
6.5 主要建(构)筑物及设备
6.6 水质稳定
7 供配电设施
7.1 现状
7.2 新增负荷
7.3 供电方案
7.4 控制保护
8 自动化控制系统
8.1 概述
8.2 设计方案
8.3 设备选型
8.4 功能描述
8.5 系统构成
8.6 电气传动
8.7 自动化仪表
8.8 工厂设计
8.8.1 管线敷设
8.8.2 车间照明
8.8.3 防雷接地
9 电讯设施
9.1 行政电话
9.2 生产高度电话
9.3 煤气高度电话
9.4 工业电视
9.5 火灾自动报警系统
10 安全和工业卫生

建筑质量论坛：http://bbs.3s001.com/

10.1 安全和工业卫生
10.2 消防
11 工厂组织和劳动定员
11.1 工厂体制及组织机构
11.2 生产班制及定员
11.3 人员的来源和培训
12 通风除尘设施
12.1 设计范围及原则
12.2 设计依据及气象资料
12.3 除尘设施
12.4 通风与空调
12.5 除尘维护与管理
13 土建
13.1 概述
13.2 厂区自然条件
13.3 主要建筑设计
13.4 主要结构设计
14 环境保护
14.1 设计依据
14.2 工程概况
14.3 主要污染源、污染物及治理措施
14.4 绿化
14.5 环境保护管理机构及环境监测
14.6 环境保护设施投资估算
14.7 建议
15 职业安全卫生
15.1 设计依据
15.2 设计中采用的规程、规范、标准及法规
15.3 工程概况
15.4 工程不安全因素及职业危害分析
15.5 设计中采取的主要防范措施
15.6 生活福利设施
15.7 厂区绿化
15.8 安全卫生机构的建设
15.9 预期效果
16 消防设施
16.1 设计依据
16.2 工程概况
16.3 工程的火灾、爆炸因素分析
16.4 消防措施
16.5 预期效果
16.6 预防措施
17 投资概算

顶级图纸论坛：http://bbs.3s001.com/

17.1 概述
17.2 概算项目内容
17.3 投资分析
17.4 编制依据
17.5 环保投资
17.6 铺底流动资金
17.7 有关问题说明

18 经济分析

18.1 经济评价方法及范围
18.2 经济测算主要参数选择
18.3 投资总额与资金筹措
18.4 产品成本计算
18.5 销售收入
18.6 税金
18.7 利润及所得税
18.8 财务现金流量分析
18.9 财务资金平衡分析
18.10 不确定性分析
18.11 经济评价

附图:图纸目录(另装)

1. 区域位置图
2. 全厂总平面布置图
3. 工艺流程图
4. 各车间工艺平、断面配置图
5. 必要的新工艺、新设备总图
6. 供电系统图
7. 地区电网地理结线图
8. 锅炉房配置图
9. 压缩空气站配置图
10. 燃气设施工艺流程图
11. 烟气净化设施及处理系统图
12. 水量平衡图
13. 水泵站配置图
14. 供排水平面布置图
15. 建、构筑物特征一览表

附表:设备表(单独成册)

附件:各种协议及有关文件

顶级论坛: http://bbs.3s001.com/

附录2　设计委托任务书内容与格式

以炼铁专业给各总图、电气与土建等专业提出设计委托任务为例，其他专业（如炼钢、铁合金、重金属、稀土等）可参照执行，并根据情况适当删减有关内容，可行性研究的委托任务可在初步设计的基础上简化。本委托书仅为文字部分的格式和内容，另有附图应根据具体工程进行提交。

一、委托总图专业

（一）初步设计阶段

1．有关____炼铁车间（厂）初步设计的一般资料提供如下：

（1）____炼铁车间（厂）新建____布置的有效容积____ m^3 高炉____座。

原有____布置的有效容积____ m^3 高炉____座。将来可能增建布置的有效容积____ m^3 高炉____座（在平面图上以虚线示出）。

（2）炼铁厂的辅助车间计有____、____、____，其中，____、____、____车间是新建的。

（3）生产规模：年产炼钢生铁____万 t，除送炼钢厂外，尚有____万 t 送铸铁机铸块后作商品生铁外销。生产最终规模为年产炼钢生铁____万 t，其中____万 t 为商品生铁。

（4）车间内部原料、燃料、熔剂及产品的运输方式。要求含铁原料和熔剂按不同规格、品种分别运入车间内部。

1）烧结矿采用____车辆送至高炉烧结矿槽、每个烧结矿槽有效容积为____ m^3，每座高炉共____个。

2）球团矿采用____车辆送至球团矿槽、每个球团矿槽有效容积为____ m^3，每座高炉共____个。

3）块矿采用____车辆送至高炉块矿槽，每个块矿槽有效容积为____ m^3，每座高炉共____个。

4）石灰石采用____车辆送至高炉熔剂槽，每个熔剂槽有效容积为____ m^3，每座高炉共____个。

5）白云石采用____车辆送至高炉熔剂矿槽，每座高炉设白云石矿槽共____个。

6）焦炭采用____车辆送至高炉焦炭槽❶，每个焦炭槽有效容积____ m^3，每座高炉共____个。

7）高炉矿槽配置形式及平断面尺寸见资料图。

（5）车间内部专用铁路线的特殊要求见附表 2-1。

附表 2-1　专用铁路线的特殊要求

顺序号	专用铁路线名称	特殊要求	备　注
1	出铁场侧铁水罐停放线	要求出铁前____分钟，必须将铁水罐车送到罐位正确的位置	输送量及作业时间见附表 2-2 和附表 2-3
2	渣罐车停放线	出铁、出渣前____分钟，必须将渣罐车送到罐位正确的位置	同上，如采用水渣设施则无此项

❶ 如槽上采用皮带输送，则无此项目。

续附表 2-1

顺序号	专用铁路线名称	特 殊 要 求	备　　注
3	水渣场装车线	要求每天定期外输，如不能实现，两次外输的间隔时间不能超过一天	运输量见附表 2-3； 炉渣其他处理方法视具体情况提交任务
4	铸铁机前 铁水罐停放线	要求铸完铁水后的空罐及时拉走；此线不允许其他车辆通过	
5	重力除尘器清灰线	要求定期清灰，每____天清灰一次。除尘器日产煤气灰为____ t。清灰能力为____	如采用翻斗汽车输送，则无此项
6	碎焦输送线	碎焦仓按高炉中心线左、右分别各设置____个，每个碎焦仓的有效容积为____ m^3。每座高炉日产碎焦量为____ t。要求定期外运。每天外运一次	如采用翻斗汽车输送，则无此项。 平面布置见资料图
7	烧结矿筛下粉矿	粉矿槽按高炉中心线左、右分别设置____个，每个矿槽有效容积为____ m^3，每座高炉日产粉矿____ t，要求定期外运，每____天外运一次	如采用翻斗汽车输送，则无此项； 平面布置见资料图

(6) 对一些用量不大，而又经常使用的一些辅助材料，如炮泥、沟泥、黄沙等等，可根据具体情况，与总图专业商讨后，提出用专用车辆(汽车或其他车辆)送至出铁场一端。

(7) 出铁出渣作业时间附表见附表 2-2。

附表 2-2　出铁出渣作业时间

顺序号	炉　号 项　目	1	2	3	…
1	每昼夜出铁次数				
2	每昼夜开始出第一次铁的时间				
3	每出两次铁之间，出上渣次数				
4	出完铁后与出第一次上渣的间隔时间				
5	第一次上渣与第二次上渣的间隔时间				
6	每炉铁出铁所需时间/min				
7	每次放上渣所需时间/min				
8	_____				

注：如采用水渣设施，则无 3、4、5、7 项。

(8) 炼铁车间货物周转量见附表 2-3。

附表 2-3　车间货物周转量

顺序号	货 物 名 称	运 输 地 点	运输方式	日最大运输量 t/d		年平均运输量万 t/a	
				一期建成	全部建成	一期建成	全部建成
1	2	3	4	5	6	7	8
运出	一、产品	高炉 → 炼钢 / 铸铁机					
1	铁水						

续附表 2-3

顺序号	货物名称	运输地点	运输方式	日最大运输量 t/d		年平均运输量万 t/a	
				一期建成	全部建成	一期建成	全部建成
1	2	3	4	5	6	7	8
2	水渣	水渣场——→外地					
3	干渣	干渣场——→外地					
	二、副产品	碎焦仓——→烧结					
4	碎焦	粉矿仓——→烧结					
5	筛下粉矿	除尘器——→烧结					
6	附尘器煤气灰	出铁场——→弃渣场					
7	工业垃圾						
运入							
	一、原燃料						
1	块矿	原料场——→矿槽					
2	烧结矿	烧结厂——→矿槽					
3	球团矿	——→矿槽					
4	焦炭	焦化厂——→矿槽					
5	无烟煤(烟煤)	——→					
6	重油	——→					
	二、辅助原料及熔剂						
7	萤石	原料场——→矿槽					
8	锰矿	原料场——→矿槽					
9	石灰石	原料场——→矿槽					
10	白云石	原料场——→矿槽					
	三、辅助材料						
12	炮泥	碾泥机房——→出铁场					
13	沟泥	碾泥机房——→出铁场					
14	焦粉	碾泥机房——→出铁场					
15	碎焦	高炉碎焦仓——→碾泥机房					
16	沥青						
17	生耐火黏土	焦化厂——→碾泥机房					
18	熟耐火黏土	——→碾泥机房					
19	蒽油	——→碾泥机房					
20	石灰	焦化厂——→碾泥机房					
21	煤泥	——→铸铁机					
22	耐火砖	——→铸铁机					
23	河沙	——→修罐库					

(9) 应附委托图有：

1）炼铁车间(厂)总平断面图。

2）各辅助车间(工艺部分)或设施平面图。

2. 产品输送

(1) 铁水采用型号____、____ t 铁水罐车输送。

(2) 熔渣采用型号____、____ m^3 渣罐车输送。(如采用水渣设施则无此项内容)。

(3) 干渣采用____输送。

(4) 水渣堆场的水渣采用____输送。

(5) 除尘器煤气灰采用____输送。

(6) 筛下烧结粉矿采用____输送。

(二) 施工图设计阶段

说明：

(1) 在初步设计基础上，向总图专业进一步落实炼铁车间(厂)总平、断面的主要尺寸。

(2) 在开展施工图时，要求总图专业提供炼铁车间(厂)各主要部位的地坪绝对标高、车间(厂)内部铁公路绝对标高以及各车间、设施和构筑物的坐标。

(3) 在开展施工图时，对高炉上料系统、水力冲渣、喷吹煤粉设施尚需补提资料。

1. 上料系统

(1) 设计基本参数

高炉有效容积____ m^3 ____座

最高日产生铁量____ t/(d·座)

正常日产生铁量____ t/(d·座)

入炉矿石配比：

烧结矿____%

球团矿____%

块　矿____%

原燃料、辅助原料用量、贮存性能见附表 2-4。

附表 2-4　原燃料、辅助原料用量、贮存性能

项　目	烧结矿	球团矿	块　矿	焦　炭	石灰石	白云石	锰　矿	碎　焦	碎　矿
吨铁单耗/t									
吨焦矿单产/t									
温度/℃									
粒度/mm									
自然堆角/(°)									
动堆角/(°)									
堆比重/(t/m^3)									
料仓数/个									
总贮量/t									
贮存时间/h									

(2) 工艺流程简介

1) 该高炉矿槽、焦槽为火车送料,烧结矿从烧结厂运来,块矿、球团矿、石灰石、白云石、锰矿从原料场运来;焦炭从焦化厂运来,全为火车运输。碎焦、碎矿也用火车或汽车运出。(球团矿也有从生产车间直接运至矿槽)。

2) 焦炭从焦仓经闸门、焦炭筛入焦炭称量斗,然后卸入料车,被送往炉顶进入高炉。筛下焦用皮带机(或碎焦车)送到碎焦仓中贮存,以后由汽车或火车运出。

3) 烧结矿从烧结矿仓中,以闸门、给料机到烧结矿筛,筛上烧结矿进入称量斗,然后由皮带机转运到料坑料车中,被送到炉顶进入高炉。筛下碎烧结矿用皮带机(或碎矿车)送到矿仓中贮存,以后由汽车或火车运出。

4) 其他原料不过筛,在槽下称量后,由皮带机转运至料坑入料车,被送往炉顶进入高炉。

(3) 委托任务内容

1) 槽上原燃料、辅助材料运输机及车辆的选型,铁路的布置,运输作业的安排另见资料图。

工艺运输条件:

① 矿槽、焦槽结构几何尺寸,仓位布置,原燃料、辅助材料的品种仓位安排,另见附图。

② 高炉原燃料,辅助材料消耗量见附表 2-5。

附表 2-5 辅助材料消耗量

项目		烧结矿	球团矿	块矿	焦炭	石灰石	白云石	锰矿
日耗量	最大/t							
	正常/t							
小时耗量	最大/t							
	正常/t							

2) 碎焦、碎矿运出设备(火车或汽车)的选型与布置,运输作业的安排。

工艺运输条件:

① 碎焦仓、碎矿仓结构尺寸,以及卸料设备的型号,安装尺寸,作业尺寸,作业方式,另见资料图。

② 碎焦仓、碎矿仓贮存量见附表 2-6。

附表 2-6 碎焦仓、碎矿仓贮存量

项目	日产生量/t		小时产生量/t		仓中允许最大贮存量/t
	最大	正常	最大	正常	
碎矿					
碎焦					

③ 运输距离

碎焦仓←——→碎焦堆存处:____ m

碎矿仓←——→碎矿堆存处:____ m

3) 槽下、主卷扬机室、炉顶大型设备更换时,部件或大型设备的运输安排。

① 运输工具的选型

槽下大型部件有：

焦筛外形尺寸：____×____×____ mm，重____ t

烧结矿筛外形尺寸：____×____×____ mm，重____ t

称量车外形尺寸：____×____×____ mm，重____ t

斜桥上大型部件有：

绳轮组外形尺寸____×____×____ mm，重____ t

料车外形尺寸____×____×____ mm，重____ t

炉顶大型部件有：

大钟大料斗组合件外形尺寸：____×____×____ mm，重____ t

布料器外形尺寸：____×____×____ mm，重____ t

② 运输道路、起落点的位置决定

炉顶设备检修小车轨迹方位，料车更换位置，焦筛，矿筛进出矿槽方向，另见资料图。

4）总图布置

该系统包括的建筑物、构筑物有矿槽（包括焦槽）、料坑操作室、主卷扬机室、斜桥、称量车修理库、碎焦仓、碎矿仓、槽下除尘机室等，请按附图资料进行总图布置。

（4）应附委托图

① 矿槽、焦槽系统平断面图；

② 碎焦、碎矿系统平断面图；

③ 高炉车间平断面总图。

2. 水力冲渣设施（应附高炉水力冲渣设施平面布置图）

（1）设计任务内容

1）高炉水力冲渣设施总图位置确定；

2）水渣运出铁路接轨；

3）高炉水力冲渣设施附近需设公路。

（2）设计条件

1）每昼夜运出水渣量____ t；

2）以铁路运出水渣为主，汽车运输为辅；

3）水渣场的水渣堆场，最多可贮存____天；

4）水渣场装车线的有效长约为____ m。

3. 喷吹煤粉设施

（1）任务内容

1）确定喷吹车间总图位置及其车间地坪绝对标高；

2）安排燃料运输车辆。

（2）设计资料

1）喷吹车间由原煤场、转运站、制粉、喷煤等系统组成；

2）喷吹燃料为____煤，故为粉尘防爆车间。总体布置考虑防火、防爆、消防通道等安全距离；

3）燃料消耗量：平均每天____ t，最高____ t，每年平均____ t，最高____ t；钢球消耗量

____ t。

(3) 应附委托图:车间总平、侧面图。

4. 铸铁机车间

(1) 基本资料

1) ____厂(车间)有____座高炉(m^3)组成。年工作日____ d,高炉平均利用系数为____,全车间日产生铁____ t,最高日产为____ t,年产量为____ t。

2) 每座高炉出铁时配有____ t 铁水罐车____辆。全厂由____座高炉分成组出铁,每昼夜每座高炉出铁____次。

3) 某钢铁联合企业(独立炼铁厂)每日平均有____ t 铁水需送往铸铁机铸块。当炼钢检修时最大块量为____ t。

4) 铸铁机车间由铸铁机间、铁水罐修理库和烤罐间组成,本设计考虑这部是分开(合并在一起的)另见资料图。

5) 铸铁机间设有____台长____ m $\frac{\text{滚轮固定}}{\text{滚轮移动}}$式铸铁机,每台平均铸铁能力为____ t/昼夜,最大能力为____ t/昼夜。

6) 铁水罐采用(固定倾翻卷扬、滑轮小车翻罐卷扬、曲柱卷扬、桥吊倾翻卷扬等)进行浇铸作业。

7) 机前采用 5t 桥式吊车进行检修作业。L_k ____ m。

8) 机前采用____ t 卷扬,机后采用____ t 卷扬。

9) 铸铁机后喷水冷却扬长____ m,同时能停靠____ t 板车____辆。冷却后的铁块送往生铁仓库。

10) 铁水罐修理库采用____ t 桥式吊车作为检修吊车。L_k ____ m,全长____ m,库内有____个修罐坑位。并设有专用垃圾车停放线,详见资料图。

11) 烤罐间设有____套烤罐装置。利用高(焦)炉煤气烘烤铁水罐,烤罐间另设有备用罐停放线。

12) 铁水罐修理库,只修罐体,不承担罐车修理。

13) 铸铁机间设有办公室、小机修、工人休息室、浴室、耐火材料砖库等辅助设施。另见资料图。

14) 运量附表(见附表 2-7)。

附表 2-7 运量附表

项目	物料名称	运输起止地点	日平均运量/t		日最大运量/t
运入	铁 水	高炉——铸铁机			
	生石灰	厂外——〃—			
	煤 泥				
	沙 子				
	耐火砖	耐火厂——修罐库			
	耐火粉				
	沟 泥	碾泥机——铸铁机 修罐库			

续附表 2-7

项目	物料名称	运输起止地点	日平均运量/t	日最大运量/t
运出	铁　块	铸铁机——生铁仓库		
	小于 10mm 机前残铁	烧结厂		
	残　渣	弃渣场		
	沉淀池渣子	弃渣场		

(2) 任务

1) 确定车间施工坐标;

2) 确定车间地坪及地坪上轨面标高。

说明:如残渣能综合利用,则直接运用户。

二、工艺专业委托电气专业

(一) 初步设计阶段

提供资料如下:

1) 炼铁车间新建有效容积____ m^3 高炉____座,原有有效容积____ m^3 高炉____座,将来有可能增建有效容积____ m^3 高炉____座。

2) 车间生产规模年产生铁____万 t(其中铸铁块____万 t),其中新建的一座____ m^3 高炉年产生铁万 t(其中铸铁块____万 t),年产水渣____万 t,年产干渣____万 t。

3) 炼铁车间(厂)新建的辅助车间计有____、____、____……。

4) 高炉年平均工作日____昼夜。

5) 操作要求:

- 高炉上料系统联锁自动化;
- 碎焦、碎矿系统联锁自动化;
- 热风炉工作联锁自动化;
- 喷吹煤粉联锁自动化。

6) 附件

① 新建炼铁车间和新建辅助车间电力传动机械设备附表见附表 2-8;

附表 2-8　电力传动机械设备附表

序　号	设备名称	台　数	每台设备所需功率/kW	交流或直流	电　压/V	工作制度

说明:

(1) 车间内所需电机不论大小都要列出;

(2) 工作制度其中包括:周期性运转,长期运转备用电机台数等;

(3) 对不能停电的电气设备应该说明。

② 新建炼铁车间和新建辅助车间照明及照明地点附表见附表 2-9;

③ 炼铁车间平侧面图;

④ 卷扬机室平面布置图;

⑤ 铸铁机室平侧面布置图;

⑥ 铁水罐修理库平侧面布置图；

⑦ 水力冲渣设施的冲渣池平侧面图；

⑧ 碾泥机室图；

⑨ 喷煤车间平侧面图。

说明：卷扬机室的大小需与电气、设备、通风等专业共同协商确定。

新建炼铁车间和新建辅助车间电力传动机械设备附表见附表 2-8。

新建炼铁车间和新建辅助车间照明及照明地点附表见附表 2-9。

附表 2-9　车间照明及照明地点附表

序　号	照　明　地　点	照　明　种　类		
		工作照明	事故照明	修理照明

（二）施工图设计阶段

1. 上料系统

(1) 设计基本参数

高炉有效容积____ m^3 ____座

最高日产铁量____ t/(d·座)

正常日产铁量____ t/(d·座)

吨铁矿耗(包括烧结矿、球团矿、块矿)____ kg/t

吨铁焦耗____ kg/t

入炉矿石配比：

烧结矿____%

球团矿____%

块矿____%

料批重：

最大矿批重____t／批

正常矿批重____t／批

最大焦批重____t／批

正常焦批重____t／批

最大料车装料量____t／车

装料批数：

最大批料____t／日，每批时间____s

正常批料____t／日，每批时间____s

高炉装料制度：(按料车装料考虑)

PPKK↓

PP↓KK↓

KPPK↓，PKPK↓或 KPKP↓

KK↓PP↓

KKPP↓

KKKK↓PPPP↓

炼铁论坛：http://bbs.3s001.com/

(2) 上料系统工艺流程简介

可按实际情况组成,简单介绍高炉原燃料从矿槽、焦槽漏口出来后,经过哪些设备进入高炉炉喉。必要时附流程示意图。

(3) 上料系统配电设备

附表说明中属液压、气动的设备,应列出指挥转向阀的型号。上料系统配电设备一览表见附表 2-10。

附表 2-10 上料系统配电设备

序号	设备名称	电动机					液压或气动换向阀型号	备注
		数量	型号	交直流	容量/kW	转速/$r \cdot min^{-1}$		

(4) 装料程序

1) 装料程序的要求:高炉装料系统应按规定的装料程序进行工作,在正常装料程序时,一般用 4 车装料制,设计中一般应能满足 5 车装料制的要求,并考虑能在任何位置上附加一车矿、焦或料车空走程序的可能性。

对某些大、中型高炉,除上述装料程序要求外,还应满足由两种或三种装料程序组成的周期循环装料制,即 A+B 或 A+B+C。

选择任何装料程序时,大钟应在规定位置均能打开,但必须保证在大、小钟之间不超过 5 料车料。

2) 装料程序的控制

① 高炉值班室应设有程序转换开关,供选择或临时改变装料程序用,如附加料(焦炭或矿石);

② 高炉值班室应该有全部按 A 程序或全部按 B 程序装料的转换开关供临时改变装料制度用;

③ 在料坑操作室设一次空走开关,空走一次后自动返回,并解除空走;

④ 当一侧供焦或供矿系统发生事故不能供焦和供矿时,为了维持高炉生产,应设一侧上料,一侧空走的操作制度;

⑤ 当炉顶煤气燃烧时,为避免烧坏钢绳,应能实现料车全部空走;

⑥ 非程序空走时不改变原来的装料程序,当空走解除后仍按原装料程序进行工作。

(5) 自动装料系统各设备的操作和联锁要求

1) 称量车料斗闸门打开条件

① 按装料程序已轮到装该车矿石时;

② 称量车已位于矿石漏斗上;

③ 矿石漏斗闸门已关闭;在漏斗无闸门时,相应的料车应停在下部极限位置。

2) 矿石漏斗闸门开启条件

① 按程序已轮到装该漏斗的矿石;

② 相应的料车已经停在下部极限位置;

③ 称量车已向矿石漏斗装料。

3) 装焦机械

① 焦炭筛的操作。当相应的装焦炭料车启动离位后及称量漏斗闸门关闭后自动工作，焦炭筛停止工作按如下方式控制：

按重量控制时，称量漏斗内装入规定重量的焦炭后；

按容积控制时，称量斗内装入规定容积的焦炭之后。

② 焦炭筛与其他系统的关系：

焦炭称量漏斗闸门关闭，焦炭筛才能工作；

当焦炭筛下碎焦漏斗装满时，停止焦炭筛工作。

③ 焦炭称量斗闸门的操作：

焦炭称量斗闸门开启条件：

按程序已轮到装该称量漏斗的焦炭；

相应的料车已停在料坑极限位置；

称量漏斗内已装满焦炭，焦炭筛已停止工作；

料车不空定行。

焦炭称量漏斗关闭条件：

按重量控制时，称量漏斗内焦炭已全部卸空，延时关闭闸门；

按容积控制时，闸门开启后延时自动关闭。

焦炭称量漏斗闸门和其他系统关系：

焦炭闸门关闭后才允许启动料车卷扬机；

焦炭闸门关闭后才允许开动焦炭筛。

4）料车卷扬机

对料车卷扬机有手动与自动两种操作方式，手动操作仅在调整与发生事故时使用，卷扬机室和料坑操作室均可手动操作。

① 装料系统程序控制器未工作；

② 装焦炭时，由焦炭称量漏斗闸门关闭时启动卷扬机。

③ 料车进行程序或非程序空定行时，料车卷扬机停车后延时自动启动，也可手动操作，空走时，其他系统不工作。

料车卷扬机在下列情况下不许启动：

① 装料系统程序控制器未工作；

② 料车既不空定行，又未按程序装料，焦炭漏斗闸门或矿石漏斗闸门未关好；

③ 小钟未打开或打开后尚未完全关闭，则料车自动停止在卸料轨分岔点前。

料车卷扬机与其他系统的关系：

① 当料车卷扬机起动后立即启动小钟卷扬机；

② 料车位于料坑下部极限位置时，按程序供料的漏斗闸门才能打开；

③ 当料车卷扬机停车后延时启动布料器（马基式布料器）。

料车卷扬机的保护装置：

① 料车行程极限保护（分空车和重车极限）和超极限保护；

② 钢绳事故松弛保护；

③ 工作闸及安全闸断电保护；

④ 料车超速保护，当料车速度超过正常速度的 10%～15%时，料车卷扬机自行停车；

⑤ 料车低速保护，当料车进入卸料曲轨的速度超过规定速度时，料车卷扬机自动停车。

4) 马基式布料器

高炉布料器旋转角度为 15°、30°、60°等的倍数，这样可以转 24、12、6 个点，根据高炉大小的实际情况可以选用。

马基式布料器的工作及程序要求：

① 料车卸料完毕(停止)后延时转动布料器，转到预定角度停止；

② 马基式布料器可以规定每批料转同一角度，也可以每车料转一个角度。当每批料转一个角度时，在这批料的第一车到达炉顶前，角度控制器转变位置。

③ 程序要求

左、右料车按不同程序布料；

焦炭、矿石按不同程序布料；

取消左矿车或右焦车旋转；

取消右矿车或右焦车旋转；

取消所有左矿车或左焦车旋转；

取消所有右矿车或右焦车旋转；

取消所有左车或右车旋转。

马基式布料器与其他系统的关系：

① 布料器按程序工作后才允许开启小钟；

② 小钟开启后布料器才能进行下一次工作。

5) 大、小钟卷扬机

大、小钟卷扬机为自动操作，在调整和检修时可用手动操作。

小钟卷扬机的操作：

料车启动后开启小钟打开到位后，并延时自动关闭

小钟开启条件：

① 小钟上已装好一车料；

② 布料器已转至规定角度；

③ 大钟内无料或未装完一批料；

④ 如小钟上为一批料的第一车时，小钟开启前大钟必须开启一次并关闭。

小钟卷扬机与其他系统的关系：

① 小钟关闭发生钢绳松弛，则自动重复开启一次或数次；

② 小钟打不开或打开不能关闭以及事故停止工作时，料车自动停止在料轨分岔点前，待事故消除后料车继续按原来规定的程序工作。

大钟卷扬机的操作：

探尺已到达规定的料线，并已提升到上部极限位置时开启大钟，打开到位后，延时自动关闭。

大钟开启条件：

① 大钟内已按装料制度装完一批料；

② 小钟已关闭；

③ 探尺已提至上部极限位置。

大钟卷扬机与其他系统关系：

① 大钟关闭时发生钢绳松弛，则自动重复开启一次或数次；

② 大钟关闭后，探尺自动下降至料面；

③ 大钟不能打开或打开后不能关闭以及事故停止工作时，小钟不能打开；

④ 发出坐料信号后禁止打开大钟；

⑤ 值班室可控制(禁止)打开大钟；

大小钟卷扬的保护：

限位极限；力矩保护；关钟低速保护。

6) 高压高炉对装料系统的补充要求

高压操作的高炉装料系统操作及电气联锁，除满足上述要求外，尚应补充如下要求：

大、小钟均压放散装置：

大钟均压阀，小钟均压放散阀应自动和手动操作，手动操作仅在调整检修时使用。大、小钟均压放散阀应能满足两种工作制度：

正常工作制：

大钟均压阀、小钟均压放散阀在大、小钟关闭时是关闭的，仅在料钟开启前打开。

小钟均压放散阀开启条件：

① 在小钟开启前打开；

② 大钟全闭；

③ 大钟均压阀全闭。

小钟均压放散阀关闭条件：

① 小钟及其均压放散阀关闭；

② 大钟关闭；

③ 在大钟打开前开启大钟均压阀；

④ 大钟均压阀关闭条件：大钟开启 1/3 时关闭。

辅助工作制：

在大小钟关闭时，大钟均压阀是常开的，小钟均压放散阀是关闭的。

① 小钟均压放散阀的启闭条件：

在小钟打开前：大钟是全闭的；关闭大钟均压阀后打开小钟均压放散阀，在小钟开启1/3时关闭。

② 大钟均压阀的启闭条件：在小钟打开前关闭；在大、小钟都关闭时打开。

大、小钟卷扬机：

在正常工作制时：

小钟均压放散阀已打开；压差已达到规定值，一般为 15kPa 时，才允许开启小钟。

大钟均压阀已打开；压差已达到规定值，一般为 15kPa 时，才允许开启大钟。

在辅助工作制时：

大钟均压阀已关闭，小钟均压放散阀已打开，压差已达到规定值，才允许开启小钟。

7) 探尺

探尺的探料深度和料面测点数目，按高炉大小和操作要求而定，探尺可连续测量或点测。所谓连续工作制，即探尺随料面下降而下降。点测制就是在需要探料时探尺下降到料

面,立即上提。平时探尺均处于上部位置。

探尺卷扬机的操作要求:

① 探尺卷扬机在设计中应考虑防止探尺因下降速度过快而插入料面内,一般下降速度不得超过提升速度的80%;

② 可以连续测定料面,也可以点测料面;

③ 可以任意停止左探尺或右探尺的工作;

④ 探尺下降到规定料面即自动上提;

⑤ 探尺在大钟关闭后才允许下降。

探尺与其他系统的关系:

① 探尺提升到位后才能开大钟;

② 发出坐料信号,探尺自动上提,但上提后不打开大钟。

8) 碎焦卷扬机

碎焦卷扬机可自动也可手动操作,在料坑操作室或碎焦卷扬机室都可操作,焦炭筛下碎焦漏斗闸门的启闭和碎焦车机械联锁。在自动操作时,碎焦卷扬机主要有以下两种工作制:

① 与焦炭筛联锁控制:当焦炭筛停止工作后,碎焦卷扬机启动,碎焦车到达上部极限位置后,碎焦卷扬机停止工作。

② 按碎焦漏斗内的碎焦量控制:当碎焦漏斗内的碎焦达到一车,碎焦车下降至下部极限位置,延时10~15s启动。另一碎焦漏斗内的碎焦量少于一车时,则碎焦车停在离开极限位置的停车点上。

碎焦卷扬机应设如下保护措施:控制碎焦车超过极限,钢绳松弛。碎焦仓装满时,碎焦卷扬机自动停车并发出信号等。

9) 槽下带式供料系统设备联锁要求

10) 采用槽下带式供料系统时,对电气联锁尚需补充如下要求:

① 装料程序控制

要求有选择在矿石中附加或不附加杂矿Ⅰ和Ⅱ的程序。在矿石品种多时应增设装矿程序控制,根据每批料要求的矿石种类和数量指定给料机,称量漏斗闸门和皮带运输机的工作。

② 矿石皮带运输机

皮带机可自动操作,也可手动操作,在自动操作时,矿石称量漏斗内无料,关闭闸门再延时启动皮带运输机。矿石漏斗内装到规定重量的矿石后皮带机停止工作。

③ 矿石给料机

皮带机工作后延时启动给料机,给料机先停止工作,皮带机停止工作。Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号……给料机可自动轮换工作,也可单独自动工作。并设手动和自动操作装置。

④ 矿石漏斗闸门

矿石漏斗闸门可自动和手动操作。在自动工作时:

开启条件:相应料车(左料车或右料车)已停在料坑内极限位置;按装料程序已轮到装该漏斗的矿石;称量漏斗内已装好料;胶带机已停止工作。

关闭条件:料全部漏空自动关闭。

⑤ 杂矿给料机

杂矿漏斗闸门已关闭,漏斗内无料时,给料机自动工作。当料已到规定重量自动停止工作。

⑥ 杂矿漏斗闸门

开启条件:漏斗内无料;按装料程序已轮到装该漏斗杂矿。

关闭条件:料空后自动关闭。

杂矿系统还应保证能把杂矿先装在矿石漏斗内再装矿石,也能先装矿石再装杂矿。

11) 补充

当炉顶为空转螺旋布料器时,通常这种布料器旋转角度为一个或二个特定的角度,以保证漏斗口停点永不重合,该角度根据高炉大小和试验计算后给定,一般为 63°或 53°。每次步进一位。

空转螺旋布料器的工作及要求:

① 料车在到达炉顶前,启动布料器,转到预定角度停止。

② 空转螺旋布料器可以规定每批料转同一角度,也可以每车料转一个角度。当每批料转一个角度时,在这批料的第一车到达炉顶前,角度控制器转变位置。

③ 空转螺旋布料器可以按要求手动转到需要的角度上,完成后仍自动恢复程序。

④ 程序要求

取消左矿车或左焦车旋转;

取消右矿车或右焦车旋转;

取消所有左矿车或左焦车旋转;

取消所有右矿车或右焦车旋转;

取消所有左料车或右料车旋转。

空转螺旋布料器与其他系统的关系:

① 布料器按程序工作后才允许开启小钟。

② 小钟开启后布料器才能进行下一次工作。

③ 料车在进行到卸料曲轨之前,布料器必须完成旋转工作。

碎焦用皮带机外运时:

碎焦皮带机可自动也可手动操作,在操作室或碎焦皮带机旁都可操作。

碎焦皮带机工作制:

与焦炭筛联锁控制——当焦炭筛工作前,提前 2s 启动碎焦皮带机;当焦炭筛停止工作后,延时 2s 自动停止碎焦皮带机。

碎焦皮带运输机应设如下保护措施:碎焦仓装满时,碎焦皮带机自动停车,并发出信号。

碎矿运输设备:槽下设置矿石筛分措施后,槽下通常还应设有碎矿的运输设备,一般为皮带运输机和碎矿车卷扬两种。

碎矿皮带运输机:碎矿皮带机可以自动也可手动操作,在操作室或皮带机旁都可操作。在自动操作时,碎矿有两种工作制:

① 与矿筛联锁控制。当第一台矿石筛工作前,提前 2s 启动碎矿皮带机,当最后一台矿石筛停止工作后,延时 2s 自动停止碎矿皮带机。

② 因矿石用量大,筛子台数多时,为减少经常启动的麻烦,也可以将碎矿皮带机定为生产时长期运转的方式。

碎矿皮带机保护措施:碎矿仓装满时,碎矿皮带机自动停止工作,并发出信号。

碎矿车卷扬机:碎矿卷扬机可自动也可以手动操作,在料坑操作室或碎矿卷扬机室都可操作,矿石筛下碎矿漏斗闸门的启闭和碎矿车为机械联锁。在自动操作时,碎矿卷扬机主要有两种工作制:

① 与矿石筛联锁控制:当矿石筛停止工作后,碎矿卷扬启动,碎矿车到达上部极限位置后,碎矿卷扬机停止工作。

② 按碎矿漏斗内的碎矿量控制:当碎矿漏斗内的碎矿量到达一车,碎矿车下降至下部极限位置,延时 5~10s 启动。另一碎焦漏斗内的碎矿量少于一车时,则碎矿车停在离开极限位置的停车点上。

碎矿卷扬机应设如下保护设施:控制碎矿车超过极限,钢绳松弛。碎矿仓装满时,碎矿卷扬机自动停车并发出信号等。

(6) 装料系统工作图附表

根据前面叙述对装料系统各设备的自动化要求及工作情况,可拟出高炉上料系统工作图,该工作图各设备的运行及间歇时间应根据具体设备和工作需要考虑。

应附高炉上料系统工作程序图附表

(7) 自动装料系统信号及操作台

1) 上料系统信号

信号模拟盘

请在高炉值班室及料坑操作室分设信号盘,以灯光信号显示上料系统的工作情况,信号盘上灯光信号应显示如下内容:

① 料车及料车卷扬机:卷扬机工作;左或右料车上行、下行;左或右料车在上部;左或右料车在下部。

② 大、小钟:大钟或小钟关闭;大钟或小钟开启;大钟或小钟在开启过程中。

③ 探尺:左或右探尺在上部;探尺到达各探料面灯光指示按高炉操作要求而定,如 0.5m、0.75m、1.0m、1.25m、1.5m、1.75m、2.0m;探尺下降到 2m 以下时,2.5m、3.0m、3.5m、4.0m 也应有指示灯。

④ 大钟均压阀和小钟均压放散阀打开或关闭。

⑤ 布料器:布料器顺、逆旋转的角度,角度数按生产要求而定。

⑥ 装焦系统:左或右焦炭筛工作及焦炭称量漏斗闸门开启或关闭。左或右碎焦车上、下行或到上、下部位置;碎焦漏斗、碎焦仓已满。

⑦ 程序控制系统:程序料批数,每批一个信号;每批料上料车数,每车一个信号。左或右料车装焦、矿,空走行及附加焦、矿空走行。

⑧ 槽下如系胶带机送料,则需增设如下指示灯:各贮矿槽振动给料器工作、槽下胶带机工作;杂矿槽给料器闸门启闭;杂矿及矿石称量漏斗装好料及闸门启闭。

⑨ 在值班室信号盘下还应装设各种开关,以利值班人员操作,如探料尺工作检查开关;焦炭筛工作控制;料批程序转换控制;附加焦、矿车转换控制;音响信号切断控制;禁止大钟开启控制。

⑩ 碎焦车左或右车运行上或下。

⑪ 若为碎焦皮带机外运,应显示碎焦皮带机运行。

⑫ 碎矿车左或右运行上或下。碎矿漏斗,碎矿仓已满。

⑬ 若碎矿用皮带机外运,应显示碎焦皮带机工作。

料坑上装设信号:

在上方便于称量车司机观察的地方,应设左、右料车装矿、焦指示灯,料车到底指示灯。音响信号:

① 料车卷扬机、大小钟卷扬机、碎焦卷扬机事故断电;

② 大小钟钢绳事故松弛;

③ 碎焦仓及碎焦漏斗过满;

④ 碎矿仓及碎矿漏斗过满;

⑤ 催料信号(在坐料及值班室禁止大钟开启时,不发此信号)。

应附信号盘示意图

2) 操作台

① 卷扬机室操作台

在卷扬机室的操作台上,应设如下开关:料车卷扬机事故切断;料车卷扬机手动操作;料车卷扬机钢绳松弛复位;料车超极限复位;探尺高度检查;均压阀手动操作;压力差信号切断;大、小钟手动操作。

② 料坑操作室

在料坑操作室的操作台上应设如下开关:料车卷扬机手动操作;料车卷扬机事故切断;料车一次空行选择;焦炭料车空行;矿石料车空行;附加料开关;左和右焦筛,矿石称量闸门,焦炭称量计闸门等手动操作;装焦系统事故断电开关;碎焦卷扬机手动操作,碎焦卷扬机钢绳松弛复位,(有碎矿卷扬机时,应设碎矿卷扬机手动操作;碎矿卷扬机钢绳松弛复位,若碎焦、碎矿用皮带机外运时,应设碎焦、碎矿皮带运输机的手动操作)。

(8) 照明设计

凡是有工作人员操作出入和设备运转的地方,均应设置工作照明;由于工作照明中断可能造成误操作和容易发生危险的地方,应设置事故照明;对装有设备而又经常需要检修的地方应设置修理照明(见附表 2-11)。

附表 2-11 上料系统照明安排

照明地点	照明种类		
	工作照明	事故照明	修理照明
炉顶各层平台	有	有	有
料车卷扬机室	有	有	有
斜桥	有		有
料坑	有	有	有
料坑操作室	有	有	有
贮矿槽上、下	有	有	有
碎焦系统各平台	有		
碎焦卷扬机室	有		有
碎矿系统各平台	有		
碎矿卷扬机室	有		有
称量车修理库	有	有	有

具体位置见:炉顶总图、斜桥总图、卷扬机室总图、料坑操作室总图、矿槽总图、料坑总图、碎焦系统图、碎矿系统图所示位置,并可相互商定。

(9) 检修电源

为了方便检修时装接电焊机、小型卷扬机、临时照明,请在炉顶布料器房内、主卷扬机室、料坑操作室、槽下中心部位等处设检修电源用接点。

(10) 配电位置

高炉上料系统各配电设备的位置、方向、数量、功率,详见上面几个部分的总图,请你专业将配管图直接提供给土建专业。

(11) 工艺委托任务书附图

1) 第一批资料图

① 上料系统原燃料流程及设备示意图

② 上料系统程序工作图

③ 卷扬机室、料坑操作室模拟盘示意图

④ 料车运行图

2) 第二批资料图

① 炉顶总图

② 卷扬机室总图

③ 料坑操作室总图

④ 斜桥总图

⑤ 贮矿槽总图

⑥ 料坑总图

⑦ 碎焦、碎矿系统图

以上图主要用于配电、配管、照明等。

2. 热风炉系统

1) 设计内容如下

① 设计热风炉传动设备配电,电气联锁等半自动控制;

② 热风炉仪表室内设计配置电气控制设备及配置灯光信号;

③ 设计检修用照明及热风炉各层平台和室内照明。

2) 现将高炉热风炉工艺要求提供如下。

设备传动的基本工作程序:

在正常工作情况下,热风炉经常处于三种状态,即燃烧、焖炉(阀门全部关闭)和送风。当热风炉由燃烧状态转换为送风状态或由送风状态转换为燃烧状态时均经过焖炉过程,并严格按一定的顺序启闭阀门,其动作程序如下:

由燃烧(经过焖炉)转为送风

由燃烧转为焖炉:

① 关闭第一煤气切断阀,同时关闭第二煤气切断阀

② 燃烧器风机断电(关闭煤气切断阀后断续工作 6~7s)

③ 关闭燃烧阀同时打开放散阀

④ 关闭烟道阀(此时处于焖炉状态)

由焖炉转为送风：

① 打开冷风阀小门

② 经一定时间冷风管道与热风炉内压差小于等于 10kPa 时打开冷风阀大门。

③ 打开热风阀

由送风转为焖炉：

① 关闭冷风阀(大门、小门同时关闭)

② 关闭热风阀(此时处于焖炉状态)

由焖炉转为燃烧：

① 打开废气阀

② 经一定时间热风炉内与烟道之间的压差小于等于____ kPa 时打开烟道阀

③ 关闭煤气放散阀同时关闭废气阀

④ 打开燃烧阀

⑤ 打开第一、二煤气切断阀(同时打开)

⑥ 燃烧器风机送电

以上热风炉操作程序参见操作程序图。

热风炉各阀工作程序与配置阀门的种类、数量有关，本文内容仅是常用一种。

设备传动系统的电器操作要求：

① 集中半自动操作。采用来自一个手动操纵器的脉冲，使一座热风炉的各种机械按规定操作程序进行工作。

② 集中手动联锁操作。分别操纵各种机械的手动操纵器，同时应受电气联锁控制。

③ 机旁解除联锁操作。为了适应安装或检修、调整的需要，在各个平台处的适当位置，分别设置能够单独操纵各种设备的操纵装置，此位置应放在易看到动作处。集中操作室(计器室)内设置选择开关，值班人员允许操作时，才能在机旁操作。

④ 三座热风炉在正常情况下，按次序两烧一送或一烧二送的联锁，在特殊情况下或其中一座热风炉检修时，应解除各热风炉之间的联锁。

当二烧一送的情况下必须先将燃烧的一座热风炉转为送风后，才允许将送风的热风炉转为燃烧，当一烧二送的情况下，必须先将送风的一座热风炉转为燃烧后，才允许将燃烧的热风炉转为送风。而不允许在换炉期间三座热风炉同时停止送风或同时停止燃烧。

⑤ 打开倒流休风阀前，三座热风炉各阀和混风切断阀均处于关闭状态。倒流休风阀关闭后才允许打开热风阀和混风切断阀。

操作台上设置下列灯光信号：

① 附表示机械操作方式(周期操纵及单独操纵)的灯光信号灯。

② 附表示热风炉所处状态即“燃烧”、“焖炉”、“送风”的三个灯光信号，其中任何一个信号在得到把机械转换到某一个位置的第一脉冲的瞬间，相应的灯光熄灭或明亮。

③ 附表示每个设备所处状态的灯光信号(安装的两个灯光信号)。

④ 冷风管与热风炉之间均压的灯光信号即打开冷风阀小门(或均压阀)进行均压时信号灯明亮，均压结束时熄灭(均压接点由自动化组提供)。

⑤ 热风炉与烟道之间的均压信号灯(废气阀打开均压信号灯明亮，均压结束即熄灭)。

⑥ 燃烧器风机因发生故障停止工作时灯光信号(带音响)并且该热风炉自动焖炉。

⑦ 接到冷风低压信号(脉冲)之后,自动关闭混风切断阀及热风阀(请与仪表专业联系)。

以上各种信号需配数个音响并发往信号处,之后再发灯光信号。

三座热风炉各阀带有电气设备如附表 2-12 所示。

附表 2-12　三座热风炉阀门性能附表(带有电气设备阀门)

序　号	设　备　名　称	数　量	安装地点	电气型号及规格
1	燃烧器风机		平台	电机型号　功率 $N=$　转速 $n=$　r/min
2	ϕ __热风阀传动装置		平台	电机型号　功率 $N=$　转速 $n=$　r/min 主令控制器型号
3	ϕ __倒流休风阀传动装置		平台	同上要求
4	第二 ϕ __煤气切断阀		平台	电机型号　功率 $N=$　转速 $n=$　r/min 电磁铁型号　伏特,主令控制器型号
5	ϕ __燃烧阀		平台	电机型号　功率 $N=$　转速 $n=$　r/min 主令控制器型号
6	ϕ __烟道阀		平台	同上要求
7	第一 ϕ __煤气切断阀		平台	型号与规格要求与序号 4 相同
8	ϕ __废气阀			同上要求
9	ϕ __冷风阀			电机型号　功率 $N=$　转速 $n=$　r/min 主令控制器型号
10	ϕ __混风调节阀		平台	电机型号　功率 $N=$　转速 $n=$　r/min 主令控制器型号　电磁铁型号
11	ϕ __放散阀		平台	电机型号　功率 $N=$　转速 $n=$　r/min 电动装置型号
12	水 泵			电机型号　功率 $N=$　转速 $n=$　r/min

说明:

1. 燃烧器风机、热风阀、第一煤气切断阀、第二煤气切断阀、废气阀、放散阀、燃烧阀、烟道阀、冷风阀等设备每座热风炉均设一台。
2. 倒流休风阀、混风切断阀、混风调节阀,三座热风炉共用一台。
3. 烟道排水泵三座热风炉共用一台,不参加联锁,启动水泵的开关设在烟囱水泵附近处地面上。
4. 检修用电源和照明地点,以及热风炉附近构筑物照明以后补提。
5. ϕ ___混风调节阀,电动执行机构由仪表专业提供。
6. 关于冷风阀均压装置资料,由自动化专业提供。

三、委托土建专业

(一) 初步设计阶段

提供资料如下:

(1) 炼铁车间新建有效容积____;

原有有效容积____ m^3 高炉____座;

预留将来可能新建有效容积____ m^3 高炉____座。

(2) 炼铁车间新建之辅助车间计有:____,____,____。

(3) 炼铁厂新建有效容积____ m^3 高炉____座,劳动定员(其中包括炼铁车间及辅助车间之工作制度,炼铁厂(工艺部分)总人数和最大班人数)见附表 2-13。

附表 2-13　炼铁厂(工艺部分)劳动定员

序号	工作岗位	各班人员									
		夜班		白班		中班		替班		合计	
		一期建成	全部建成	一期建成	全部建成	一期建成	全部建成	一期建成	全部建成	一期建成	全部建成
	一、生产工人										
1	炉前工										
2	看水、配管工										
3	高炉值班室										
4	煤气取样工										
5	除尘器清灰工										
6	上料系统										
7	热风炉系统										
8	液压站										
9	喷煤车间										
10	喷油工										
11	水力冲渣										
12	干渣设施										
13	铸铁机室										
14	铁水罐修理库										
15	碾泥机室										
16	小机修车间										
17	检验										
	共计										
	二、非生产人员										
1	非生产人员按　%配备										
	三、最大班人数										

(4) 炼铁厂各种建筑物金属结构、混凝土结构和主要荷载按炼铁车间一座高炉和辅助车间分类提供资料。

(5) 应附委托图

1) 炼铁车间平侧面图;

2) 各辅助车间之平侧面图。

炼铁厂各种建筑物金属结构、混凝土结构和主要荷载按炼铁车间一座高炉和辅助车间分类提供资料如下:

钢铁地质论坛: http://bbs.3s001.com/

炼铁车间(按一座高炉)

1. 高炉炉体系统(其中包括高炉炉体,风口平台,出铁场)

(1) 高炉炉体

1) 钢结构

① 炉体外壳;

② 炉体框架(包括柱子);

③ 炉体各层平台及走梯;

④ 热风围管及围管吊挂。

2) 混凝土结构

高炉基础及耐火混凝土基墩。

3) 工艺主要荷载

① 固定在炉体外壳上设备总重____ t;

② 热风围管内衬及部分风口设备传给炉体框架荷载____ t;

③ 炉体砌砖总重____ t;

④ 炉顶装料设备部分重量加上最大料批重等作用在高炉炉壳炉顶支圈上的力,详见炉顶提荷载;

⑤ 炉料生产的荷载

正常荷载 $V\rho=$____ t;

特殊荷载 $2V\rho=$____ t。

式中 V——高炉有效容积(m^3);

ρ——高炉混合炉料的堆密度(t/m^3)。

⑥ 炉缸铁水和液体渣总重____ t;

⑦ 炉底死铁层残铁水总重____ t;

⑧ 作用在炉壳上的炉内侧压力

炉内气体压力:

正常压力____ MPa;

爆炸压力____ MPa;

炉料侧向压力____ MPa;

炉缸部分液体渣铁侧压力____ MPa。

(2) 风口平台

1) 混凝土结构(结构形式为____平台)。

2) 总荷载

① 渣沟设备每米长重量____ t/m;

(应包括液体渣重量和渣沟自重)

② 风口平台工艺荷载(安装设备处的设备荷载除外)

操作荷载____ t/m^2;

检修荷载____ t/m^2。

③ 风口平台地坪用废耐火砖砌成向外坡度 3%～5%地坪并提供起止点标高;

④ 风口平台上部应设防雨设施;

⑤ 渣沟处附近需设隔热措施。

(3) 出铁场

1) 出铁时有大量的烟尘排出,出铁场要求通风良好,烟尘能迅速排出。

2) 出铁时铁水温度为____℃,液体渣温度为____℃;

高温区处____,____等为了隔热和支承渣铁沟应在渣铁沟底面下部砌耐火砖____层,红砖____层。

3) 出铁场设有一台电动桥式起重机,初步选样本。

4) 桥式起重机不跨铁水罐车停放线时,需设铁水罐车防雨棚。

5) 出铁场的工艺荷载

操作荷载____ t/m^2;

检修荷载____ t/m^2。

6) 出铁场需铺砂子。

7) 泥炮荷载。

8) 高炉仪表室和泥炮操作室的位置和初步大小由工艺提出,而最后其大小尺寸,由仪表、电气和工艺共同商讨提交你专业。

9) 高炉风口平台的生活福利设施,如工人休息室等。

10) 主铁沟荷重为____ t/m^2,砂口重____ t。

应附委托图:

① 炉体外壳几何尺寸图;

② 风口平台渣铁沟平面布置图;

③ 出铁场平面布置图;

④ 炉体框架、平台交任务图。

2. 上料系统(其中包括贮矿槽、斜桥卷扬、炉顶)

(1) 贮矿槽(其中包括矿槽槽上、槽下、槽本体、料坑、碎焦、碎矿、称量车修理库、料坑操作室、槽上铁路、槽下称量车铁路等)

1) 矿槽本体:

① 结构形式:混凝土结构;

② 贮矿槽工艺参数见附表 2-14。

附表 2-14 贮矿槽工艺参数

序号	名称	有效容积/m^3	几何容积/m^3	个数	堆比重/$t \cdot m^{-3}$	物料荷载/t	
						主要荷载	附加荷载
1	烧结矿槽						
2	块矿槽						
3	球团槽						
4	焦炭槽						
5	熔剂槽						
6	碎焦槽						
7	碎矿槽						

备注：

① 如果贮矿槽上采用火车上矿槽供料时，所有火车头车辆等设备荷载和运行作业制由总图专业提供资料；

② 如果槽上采用胶带机供料时，所有槽设备的荷载由机械化运输专业提供资料；

③ 如果高炉投产近期，不能及时使用烧结矿时，烧结矿槽则按生矿荷载提供资料；

④ 附加荷载，如用火车运料时按两台机车在两条线同时工作考虑。

2) 槽下、料坑、碎焦、碎矿、称量车修理库，料坑操作室

结构形式：料坑为混凝土结构，槽下为混凝土地坪，如果使用称量车时设计时要防止产生地坪不均匀下沉，称量车走行时要平稳，不振动。

槽下，料坑主要荷载：

① 称量车带料时荷载：

称量车重(其中包括车自重＋最大称载重量)及其他设备性能见设备图号……。

② 料车装满几何容积料重及料车自重产生对坑壁的作用力，分别给出前后轮的水平分力和垂直力。

③ 槽下地坪工艺荷载：

操作荷载____ t/m^2；

安装荷载____ t/m^2。

(2) 斜桥卷扬

斜桥工艺荷载：

第一种：正常装矿料车上行和空料车下行时，轮压和钢绳张力的组合(仅提斜桥中部两车汇合处的情况)。

① 空料车

$$\begin{cases} H=\cdots\cdots \\ Q_{空}=___\ t,\ T=___\ t,\ K=___\ t \\ N=\cdots\cdots \end{cases}$$

$$R_1=___\ t\begin{cases} H_1=\cdots\cdots \\ N_1=\cdots\cdots \end{cases},\ R_2=___\ t\begin{cases} H_2=\cdots\cdots \\ N_2=\cdots\cdots \end{cases}$$

② 正常装矿的重车

$Q_{正}=$____ t，$T=$____ t，$R=$____ t，

$R_1=$____ t，$R_2=$____ t

第二种：正常装矿料车上行和空料车下行，重料车前轮卡住状况下的轮压，卡住为和钢绳张力的组合。

① 空料车所受各力相同于上式①项；

② 正常装矿的重车前轮卡住时各力分析如下：

$$Q_{正}=___\ t,\ T=___\ t,\ R=___\ t\begin{cases} H=\cdots\cdots \\ N=\cdots\cdots \end{cases}$$

$$R_1=___\ t\begin{cases} H_1=\cdots\cdots \\ N_1=\cdots\cdots \end{cases},\ R_2=___\ t\begin{cases} H_2=\cdots\cdots \\ N_2=\cdots\cdots \end{cases}$$

$P=$____ t

式中 $Q_{正}$——空料车自重(不包括拉杆重量)(t);

$Q_{正}=Q_{空}+\rho V_{有}$(ρ 为矿石堆密度(t/m^3));$V_{有}$ 为料车有效容积(m^3);

T——钢绳张力,t;

R——总轮压,t;

R_1——前轮总轮压,t;

R_2——后轮总轮压,t;

H——轮压水平分力,t;

N——轮压垂直分力,t;

P——前轮阻力,t。

注:卡住时各力未乘动力系数。

第三种:料车对斜桥上绳轮的作用力,根据上述两种情况分别列出绳轮受力情况见附表2-15。

附表 2-15 各绳轮受力附表

项目				
斜桥中部两车汇合处				

第四种:大小钟钢绳对斜桥上绳轮产生的力(大小钟采用强迫下降),应按大小钟在关闭、全开二点列出:大小钟上有料,大小钟无料的长期临时荷载的钢绳张力。

另外还应按钢绳松弛过快、大钟撞击料斗时钢绳不松弛和大钟全开时被炉料托住等特殊荷载求出钢绳张力。

根据钢绳张力求出大小钟绳轮对斜桥产生的作用力如下(仅给计算的作用力结果)。

以上只示出了给总图、电气及土建几个专业提供的部分内容,其他提供资料可参见相关设计手册。

顶级地质论坛:http://bbs.3s001.com/

附录 3　流程图常用设备符号及常用管道符号

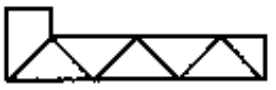
1. 固体输送机



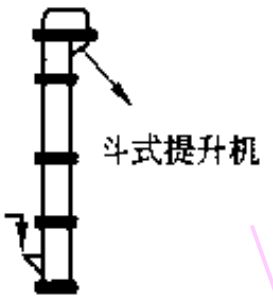
皮带运输机



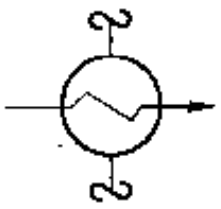
链带运输机



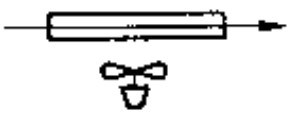
螺旋输送机



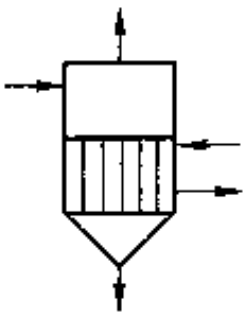
2. 热交换器等



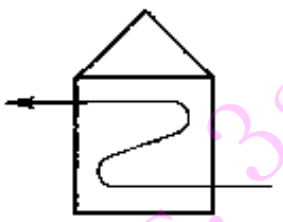
热交换器



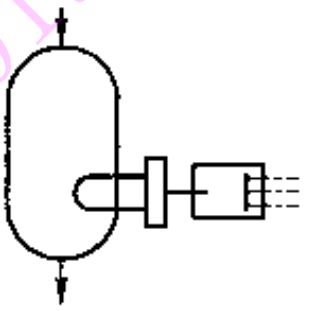
空气冷却器



蒸发罐

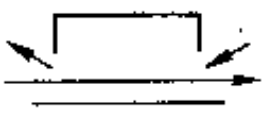


燃烧加热器

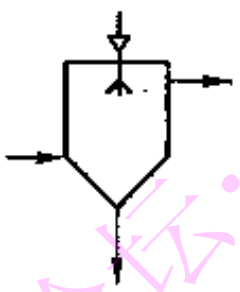


浸入式电热器

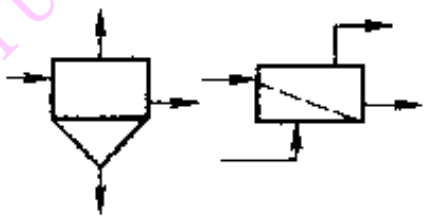
3. 干燥器



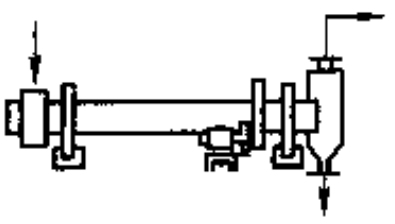
热风干燥器



喷雾干燥器



浮动床式干燥器

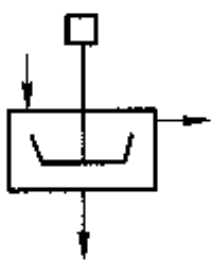


回转窑或干燥窑

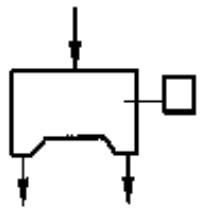
4. 分离用装置



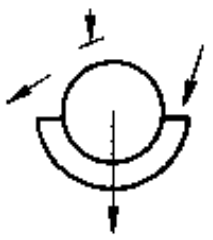
旋风器



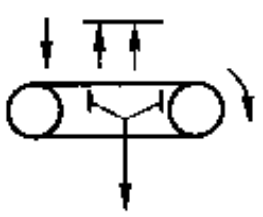
分批离心机



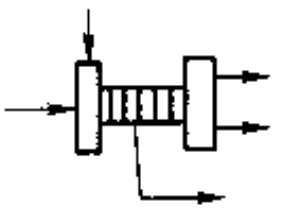
连续式离心机



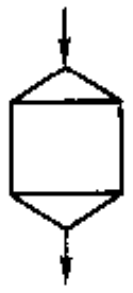
圆筒过滤机



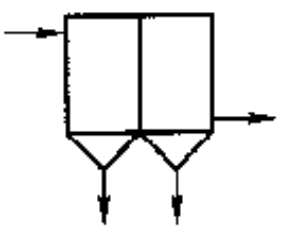
轮带式真空过滤机



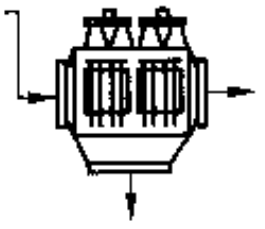
压滤机



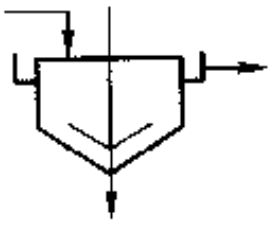
平板过滤器



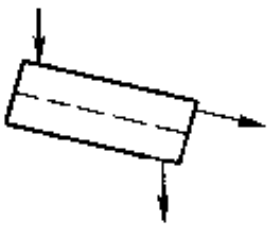
布袋收尘器



电收尘器

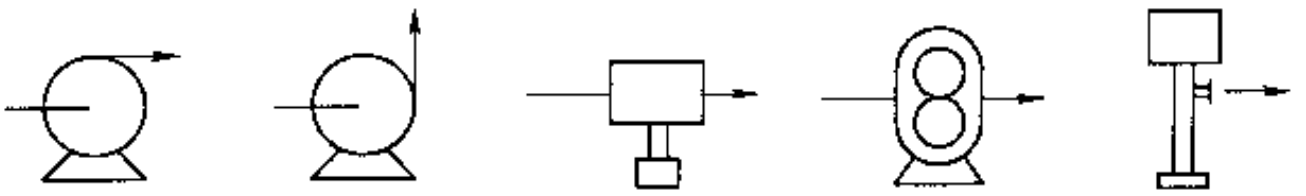


沉降槽　浓稠槽

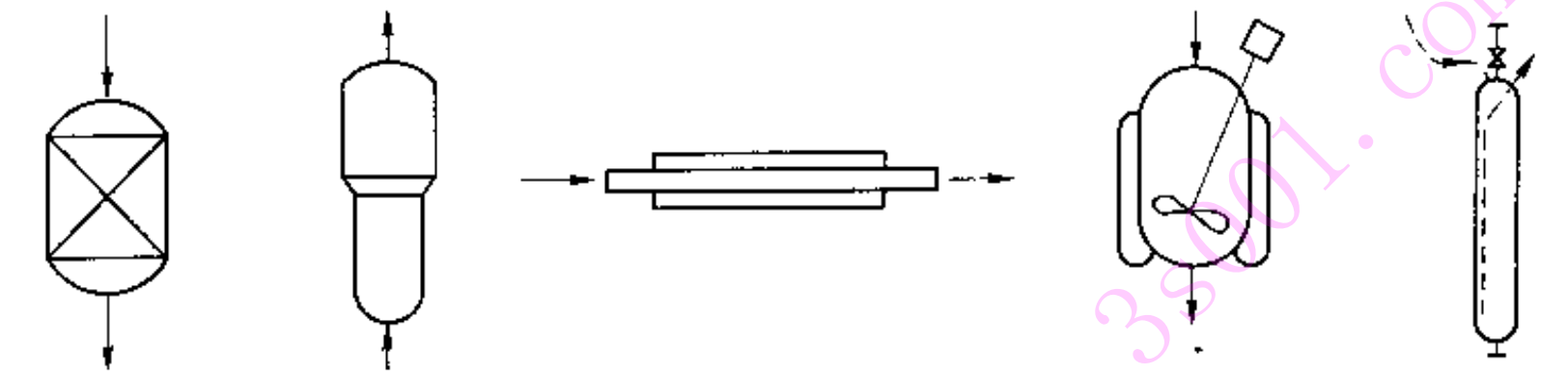


筛分机

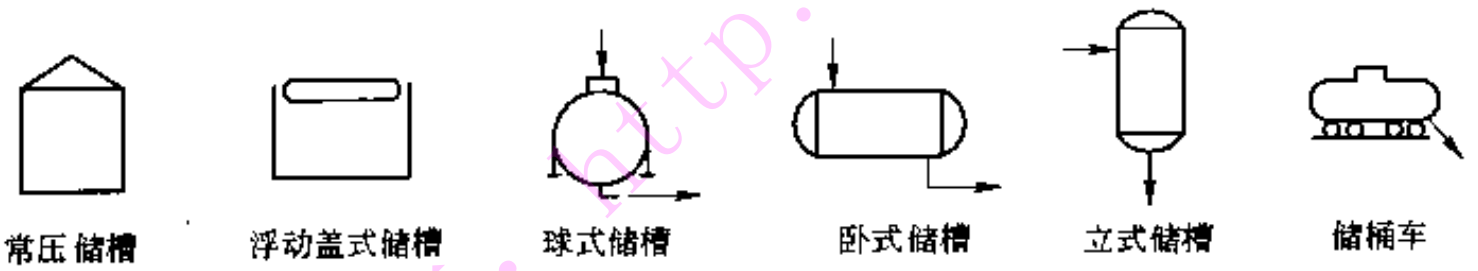
5. 泵



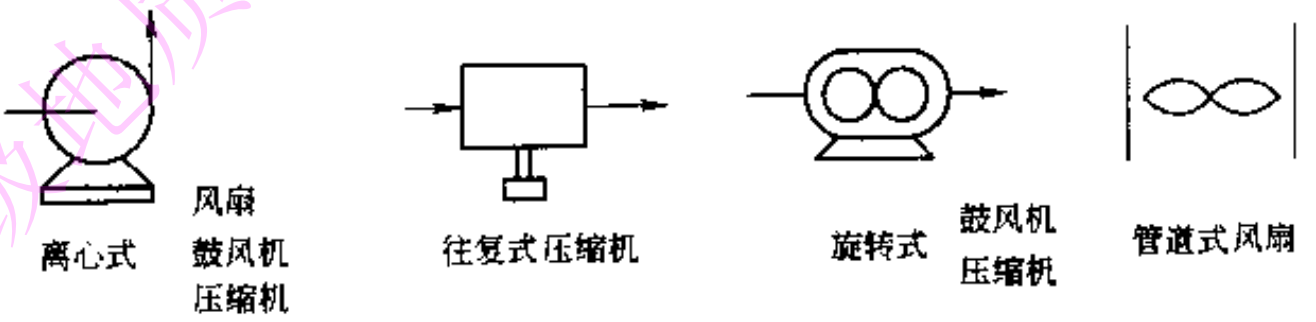
6. 反应器



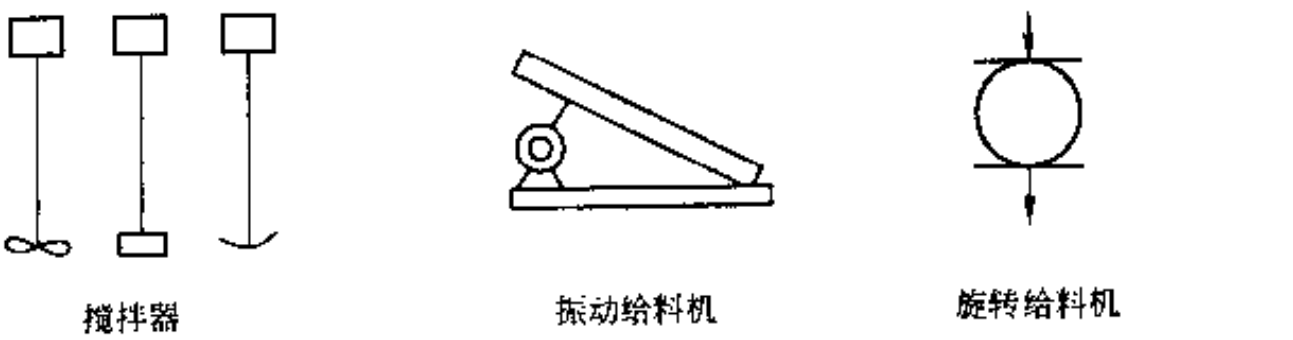
7. 各种储槽



8. 气体输送

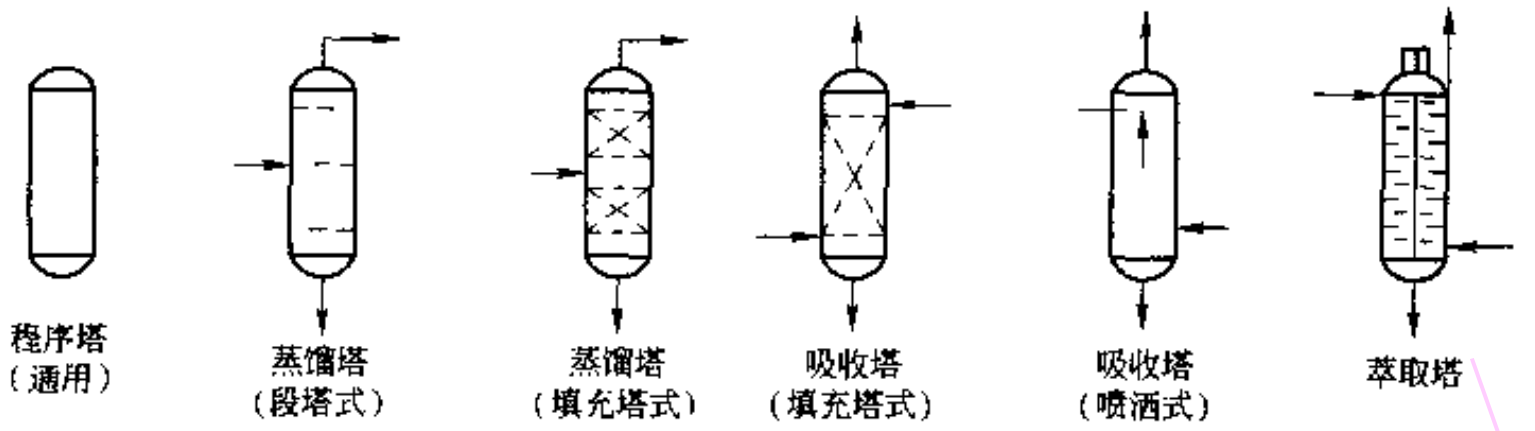


9. 搅拌器和给料机

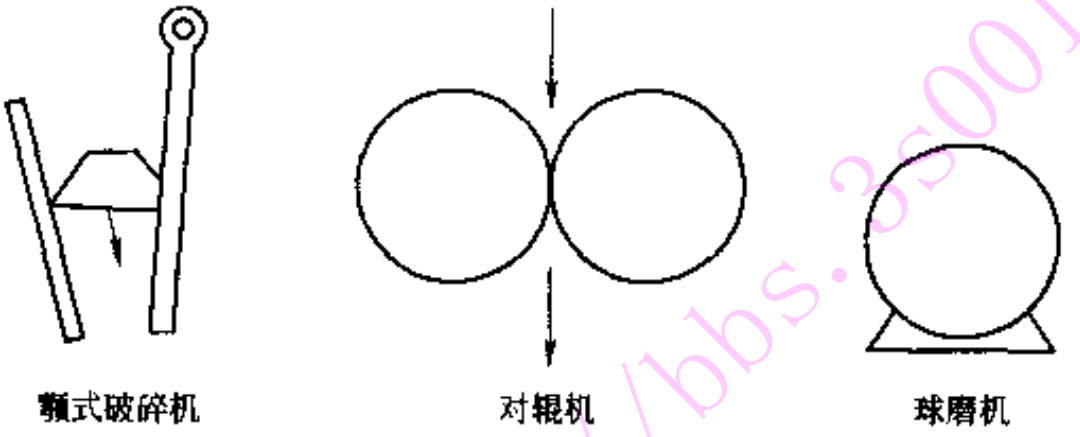


顶级地质论坛: http://bbs.3s001.com/

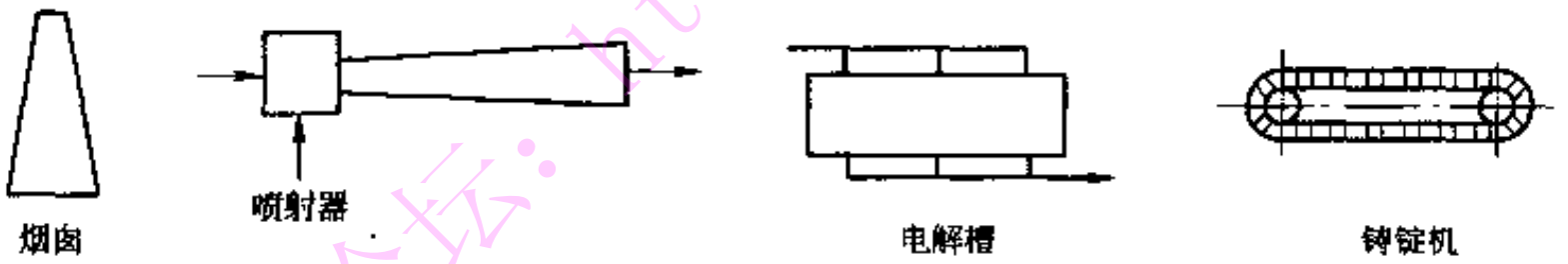
10. 程序塔



11. 破碎机



12. 其他



附表 3-1　常用管道符号

序号	规定符号	表示内容	序号	规定符号	表示内容
1		裸　管	8		管道由此向下或向里
2		保护管	9		管道由此向上或向外
3		保温管	10		管道上有向上或向外支管
4		地沟管	11		管道有向下或向里支管
5		埋地管	12		相接支管段
6		可移动胶管	13		不相接向左或向右
7		固定胶管	14		相交不相接管段

续附表 3-1

序号	规定符号	表示内容	序号	规定符号	表示内容
15		管道流体流向	36		弹簧式安全阀
16	$i=0.005$	管道坡向及坡道	37		重锤式安全阀
17		带法兰截止阀	38		压力表
18		不带法兰截止阀	39		温度计
19		带法兰闸阀	40		差压式流量计
20		不带法兰闸阀	41		转子式流量计
21		带法兰旋塞	42		孔　板
22		不带法兰旋塞	43		π形弧形伸缩节
23		三通旋塞（不带法兰）	44		波形补偿器
24		四通旋塞（不带法兰）	45		填料补偿器
25		电动闸阀（带法兰）	46		胶管夹
26		液动闸阀（带法兰）	47		油分离器
27		气动闸阀（带法兰）	48		脏物过滤器
28		角形阀（带法兰）	49		底　阀
29		蝶　阀（带法兰）	50		疏水器
30		球　阀（带法兰）	51		丝接变径管
31		隔膜阀（带法兰）	52		带法兰变径管
32		胶管阀（带法兰）	53		丝　堵
33		升降式止回阀（带法兰）	54		带法兰盲板
34		旋启式止回阀（带法兰）	55		焊接盲板
35		减压阀			

附录 4　有关制图的规定

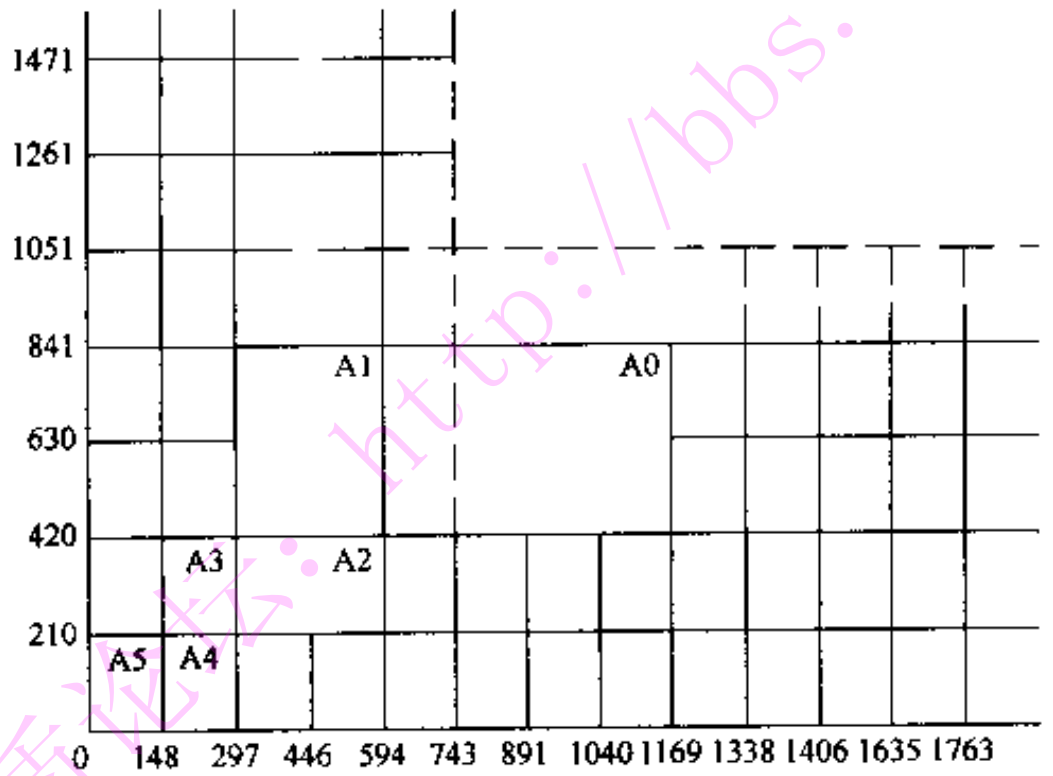
一、图纸幅面及格式(根据国标 GB 4957.1—84)

1. 图纸幅面尺寸(见附表 4-1)

附表 4-1

幅面符号	A_0	A_1	A_0	A_3	A_4	A_5
$B\times L$	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297	148×210
a	25					
b	10			5		
c	20		10			

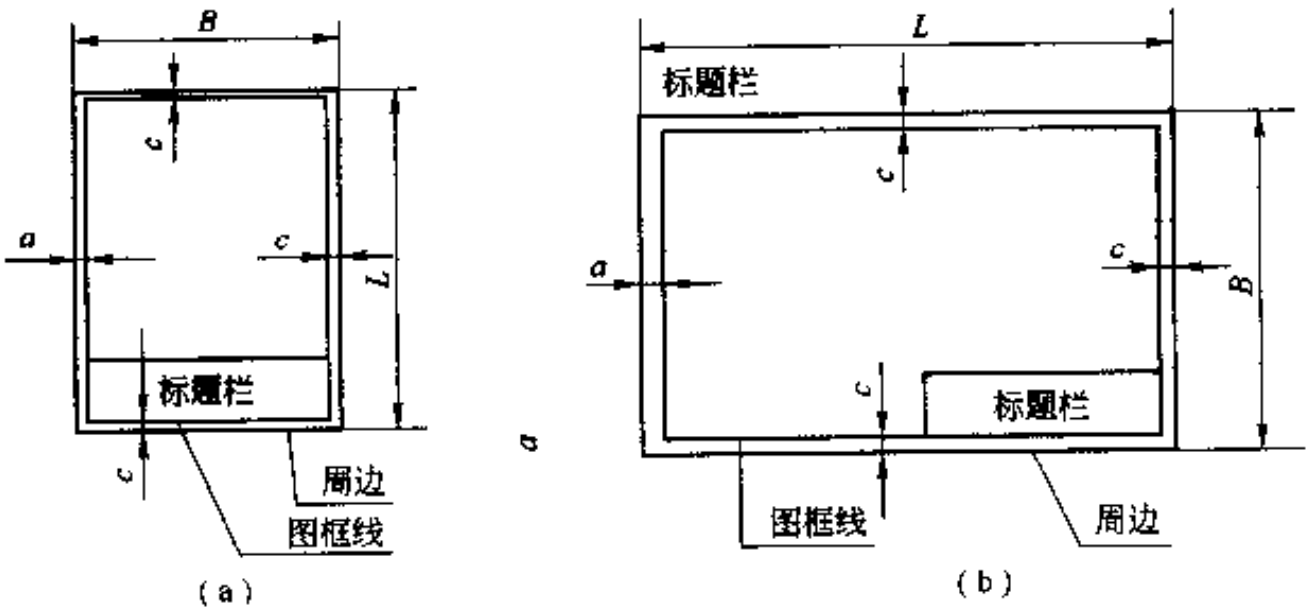
幅面加长的原则:对 A_0、A_2、A_4 三种幅面的加长量,按 A_0 幅面长边的 1/8 的倍数增加;对 A_1、A_3 两种幅面的加长量,按 A_0 幅面短边的 1/4 的倍数增加,如附图 4-1 的实线部分;A_0 及 A_1 幅面允许同时加长两边,如附图 4-1 的虚线部分。



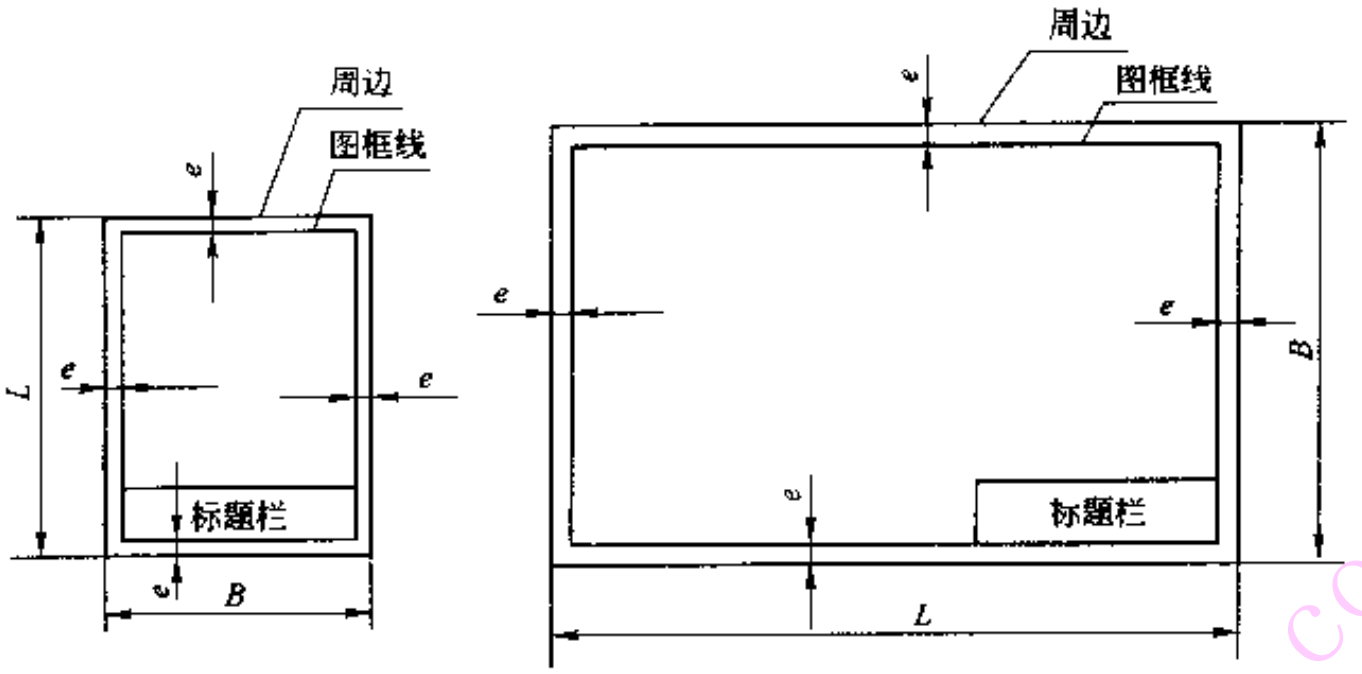
附图 4-1

2. 图框格式

如附图 4-2a、b、c、d 所示,图框线用粗实线绘制。需要装订的图纸,如附图 4-2a、b,一般



附图 4-2(1)



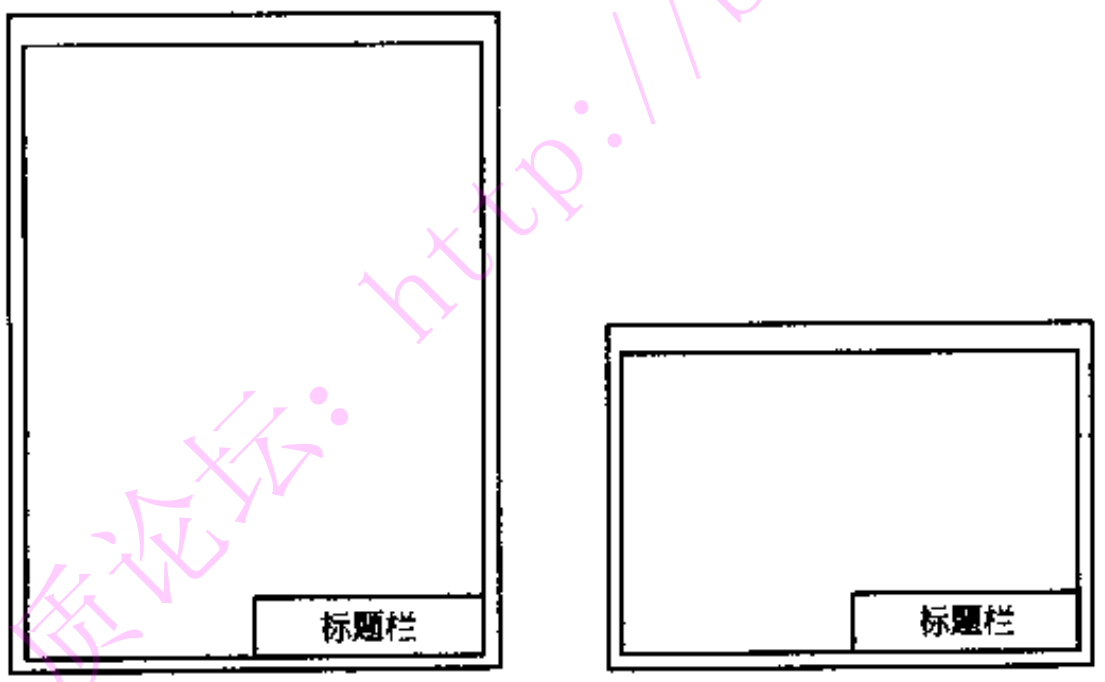
(c)　　(d)

附图 4-2(2)

采用 A_4 幅面竖装或 A_3 幅面横装;不需要装订边的图纸,如附图 4-2c、d 所示。

3. 标题栏的位置

标题栏的位置按附图 4-2 的方式配置,必要时,也可按附图 4-3 所示的方式。



(a)　　(b)

附图 4-3

二、比例(根据国标 GB 4457.2—84,见附表 4-2)

附表 4-2

与实物相同	1:1
缩小的比例	1:1.5, 1:2, 1:2.5, 1:3, 1:4, 1:5, 1:10^n 1:1.5×10^n, 1:2×10^n, 1:2.5×10^n, 1:5×10^n
放大的比例	2:1, 2.5:1, 4:1, 5:1, (10×n):1

注:n 为正整数。

三、各种图纸的应用(根据国标 GB 4457.4—84,见附表 4-3)

四、剖面符号(根据国标 GB 4457.4—84,见附表 4-4)

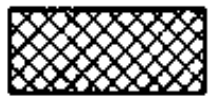
顶级地质论坛: http://bbs.3s001.com/

附表 4-3

图线名称	图线型式及代号	图线宽度	一般应用
粗实线	A	b	A1 可见轮廓线 A2 可见过渡线
细实线	B	约 $2b/3$	B1 尺寸线及尺寸界线 B2 剖面线 B3 重合剖面的轮廓线 B4 螺纹的牙底线及齿轮的齿根线 B5 引出线 B6 分界线及范围线 B7 弯折线 B8 辅助线 B9 不连续的同一表面的连线 B10 成规律分布的相同要素的连线
波浪线	C	约 $2b/3$	C1 断裂处的边界线 C2 视图和剖视的分界线
双折线	D	约 $2b/3$	D1 断裂处的边界线
虚线	F	约 $2b/3$	F1 不可见轮廓线 F2 不可见过渡线
细点划线	G	约 $2b/3$	G1 轴线 G2 对称中心线 G3 轨迹线 G4 节圆及节线
粗点划线	J	b	J1 有特殊要求的线或表面的表示线
双点划线	K	$b/3$	K1 相邻辅助零件的轮廓线 K2 极限位置的轮廓线 K3 坯料的轮廓线或毛坯图中制成品的轮廓线 K4 假想投影轮廓线 K5 试验或工艺用结构(成品上不存在)的轮廓线 K6 中断线

注：图线宽度 b 视图样大小和复杂程度，在 0.5～2mm 之间选择，新标准推荐了以下系列：0.18，0.25，0.35，0.5，0.7，1，1.4，2mm。

附表 4-4

金属材料 (已有规定剖面符号者除外)		非金属材料 (已有规定剖面符号者除外)	
线圈绕组元件		型砂、填砂、粉末冶金砂轮、 陶瓷刀片、硬质合金刀片等	
转子、电枢、变压器和 电抗器等的叠钢片		玻璃及供观察用的其他透明材料	

续附表 4-4

木　材	纵剖面		钢筋混凝土	
	横剖面		砖	
木质胶合板 （不分层数）			网　络 （筛网、过滤网）	
基础周围的泥土			液　体	
混　凝　土				

注：1. 剖面符号仅表示材料的类别，材料的名称和代号必须另行注明；

2. 叠钢片的剖面线方向，应与安装中叠钢片的方向一致；

3. 液面用细实线绘制。

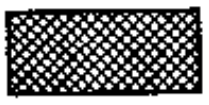
五、常用材料图例（见附表 4-5）

附表 4-5

序号	剖面图例	材料名称	序号	剖面图例	材料名称
1		自然土壤	10		金属普通砖
2		块　石	11		黏土质耐火砖
3		混凝土 耐热混凝土	12		轻质耐火黏土砖
4		钢筋混凝土 钢筋耐热混凝土	13		镁质耐火砖
5		木　材	14		铬镁质耐火砖
6		玻璃 及其他透明材料	15		铬　砖
7		橡皮或塑料 （底图背面涂红）	16		铝镁砖
8		薄金属材料 （底图背面涂红）	17		铝镁砖
9		液体水	18		硅　砖

顶级电气论坛：http://bbs.3s001.com/

续附表 4-5

序 号	剖面图例	材料名称	序 号	剖面图例	材料名称
19		碳砖、碳化硅砖	21		捣 打 料
20		硅藻土砖	22		格　　网

顶级地质论坛：http://bbs.3s001.com/

附录 5　常用材料性能

一、常用耐火制品的主要特性

附表 5-1　常用耐火制品的主要特性

名　称	耐火度/℃	荷重软化开始点(2kg/cm²)/℃	使用温度/℃	显气孔率/%	常温耐压强度/kg·cm⁻²	体积密度/g·cm⁻³	真密度/g·cm⁻³	耐急冷急热性(水冷次数)	导热系数/W·(m·K)⁻¹	比热容/kJ·(kg·K)⁻¹	重烧线收缩/%	热膨胀系数/m·(m·K)⁻¹
硅　砖	1690～1710	1620～1650	1600～1650	16～25	175～500	1.9	2.36～2.4	1～4	$1.05+0.93\frac{t}{1000}$	$0.79+2.93\frac{t}{10000}$	胀 0.8	$(11.5\sim13)\times10^{-6}$ (200～1000℃)
半硅砖	1670	1250～1320	1200～1300	22～25	150～200	2	2.5～2.6	4～15	$0.7+0.64\frac{t}{1000}$	$0.84+2.64\frac{t}{10000}$	0.5 (1400℃)	$(7\sim9)\times10^{-6}$ (200～1000℃)
高密度硅　砖	1720～1740	1660	1600	<13～14	560～1200	2.1	2.34～2.37				1.66～1.68 (700℃以下)	
黏土砖	1610～1730	1250～1400	<1400	18～26	125～550	1.8～2.2	2.6	5～25	$0.7+0.58\frac{t}{1000}$	$0.84+2.64\frac{t}{10000}$	0.5 (1350℃)	$(4.5\sim6)\times10^{-6}$ (200～1000℃)
高铝砖	1750～1790	1400～1530	1650～1670	18～23	250～600	2.3～2.75	3.8～3.9	5～6	$2.09+1.86\frac{t}{1000}$	$0.84+2.35\frac{t}{10000}$	0.5 (1550℃)	6×10^{-6} (20～1200℃)
刚玉砖	2000	1840～1850	1600～1670	18.6～22.8	1400	2.96～3.1	4		2.68(300℃) 2.09(1000℃)	$0.8+4.19\frac{t}{10000}$	0	$(8\sim8.5)\times10^{-6}$ (200～1000℃)
镁　砖	2000	1470～1520	1650～1670	20	400	2.5～2.9	3.5～3.6	2～3	$4.3+0.48\frac{t}{1000}$	$1.09+2.51\frac{t}{10000}$	稍　胀	$(14\sim15)\times10^{-6}$ (200～1000℃)
镁铬砖	1850～2000	1420～1520	1750	23～25	150～200	2.7～2.85	3.65～3.75	25	1.98	$0.71+3.89\frac{t}{10000}$		

续附表 5-1

名　称	耐火度 /℃	荷重软化开始点 ($2kg/cm^2$) /℃	使用温度 /℃	显气孔率 /%	常温耐压强度 /$kg\cdot cm^{-2}$	体　积密　度 /$g\cdot cm^{-3}$	真密度 /$g\cdot cm^{-3}$	耐急冷急热性（水冷次数）	导热系数 /$W\cdot(m\cdot K)^{-1}$	比热容 /$kJ\cdot(kg\cdot K)^{-1}$	重烧线收缩 /%	热膨胀系数 /$m\cdot(m\cdot K)^{-1}$
镁铝砖	2100	1520～1580	1650～1750	19～21	250～350	2.8～3		17～35				10.6×10^{-6}（20～1000℃）
镁硅砖	1800～2100	>1550	1600～1700	20～22	400	2.6		1～3				11×10^{-6}（20～700℃）
白云石砖	>1950	1710		7.8～10	1920	2.85～2.96	3～3.45	3～7	3.26(1000℃)		1.0（1650℃）	12.5×10^{-6}（25～1400℃）
炭　砖	3000	2000	2000	20～35	250～500	1.55～1.65		好	$23.26+3.49\frac{t}{1000}$		<0.3	3.7×10^{-6}（0～700℃）
石墨砖	3000	1800～1900	2000	20～35	250	1.42		好	$162.82-40.7\frac{t}{1000}$	0.84	<0.3	$(5.2\sim5.8)\times10^{-6}$（0～900℃）
碳化硅砖	SiC>85% 2000～2100 SiC>75%	1700 1500	1600 1400	<15 <20		2.1～2.8	3.65～3.75	50～60	16.5(400℃) 14.2(600℃) 11.98(800℃) 10.9(1000℃) 9.3(1200℃)	$0.96+1.47\frac{t}{10000}$		4.76×10^{-6}（800～900℃）

建筑地质论坛：http://bbs.a5001.com/

二、不同种类的耐火制品间的反应

附表 5-2　不同种类的耐火制品间的反应

耐火制品名　称	耐火制品反应温度/℃	黏土砖	高铝砖（$Al_2O_3$70%）	高铝砖（$Al_2O_3$90%）	硅砖	烧成镁砖
黏土砖	1500	—	不①	不	中①	严①
	1600	—	不	不	严	整①
	1650	—	不	不	严	整
	—	—	—	—	—	—
高铝砖（$Al_2O_3$70%）	1500	不	—	不	不	中
	1600	不	—	不	中	中
	1650	不	—	不	中	中
	1710	—	—	—	中	严
高铝砖（$Al_2O_3$90%）	1500	不	不	—	不	不
	1600	不	不	—	不	中
	1650	不	不	—	中	严
	1710	—	—	—	—	严
硅　砖	1500	中	不	不	—	中
	1600	严	中	不	—	中
	1650	严	中	中	—	严
	1710	—	中	—	—	—
烧成镁砖	1500	严	中	不	中	—
	1600	整	中	中	严	—
	1650	整	中	严	整	—
	1710	—	严	严	—	—

①不—不起反应；中—中等反应；严—严重反应；整—整个破坏反应。

三、熔剂、金属和气氛与耐火材料的反应

附表 5-3　熔剂、金属和气氛与耐火材料的反应

耐火制品名　称	碱性熔剂	酸性熔剂	无氧化物的熔融金属	氧化气氛	还原气氛
黏土砖	有作用。其毁损速度根据化学成分、颗粒度、气孔率而定	作用微弱	使用于 1750℃以下	不毁坏	1400℃以下抵抗较好，因砖中铁化合物的影响，CO 在 400～500℃时损坏耐火材料
半硅砖	同上	同上	使用于 1700℃以下	不毁坏	1400℃以下抵抗较好
高铝砖	抵抗较好	抵抗尚好	抵抗较好	不毁坏	1800℃以下抵抗较好
硅　砖	作用激烈	抵抗较好，与氟化合物作用较剧烈	对 Zn、Cd、Sn 抵抗较好	不毁坏	1050℃以下抵抗良好。温度至 900℃时，H_2 和 SiO_2 作用，形成 SiH_4 和 H_2O

续附表 5-3

耐火制品名　称	碱性熔剂	酸性熔剂	无氧化物的熔融金属	氧化气氛	还原气氛
碳化硅砖	与 FeO 作用剧烈，于 1300℃开始反应。与 MgO 在 1360℃、与 CaO 在 1000℃开始反应	在 1200℃开始反应，抵抗液态和气态酸类良好	渐渐毁坏	1400℃以下可用	抵抗较好
炭块(包括石墨砖)	抵抗较好	抵抗尚好，因形成 SiC 而逐渐损坏	抵抗较好，尤其对 Cu、Sb、Al 等。在 1400～1500℃熔铁逐渐使之损坏	遭受剧烈损　坏	抵抗较好
镁　　砖	抵抗很好	有作用	抵抗较好，对 Fe、Ni、Cr 的碳化物有作用	不作用	1450℃以下抵抗很好

四、各种隔热材料性能

附表 5-4　各种隔热材料性能

材料名称	体积密度 /g·cm^{-3}	允许工作温度 /℃	导热系数 /W·(m·K)$^{-1}$
硅藻土砖	0.55	900	$0.093+0.244\times10^{-3}t_{平}$
硅藻土砖	0.50	900	$0.111+0.145\times10^{-3}t_{平}$
硅藻土砖	0.60	900	$0.145+0.314\times10^{-3}t_{平}$
硅藻土砖	0.70	900	$0.198+0.268\times10^{-3}t_{平}$
泡沫硅藻土砖	0.50	900	$0.111+0.233\times10^{-3}t_{平}$
轻质黏土砖	0.40	900	$0.081+0.221\times10^{-3}t_{平}$
优级石棉绒	0.34	500	$0.087+0.233\times10^{-3}t_{平}$
石棉水泥板	0.30～0.40	500	$0.07+0.175\times10^{-3}t_{平}$
矿渣棉	0.30	750	$0.07+0.157\times10^{-3}t_{平}$
玻璃绒	0.25	600	$0.037+0.256\times10^{-3}t_{平}$
蛭石	0.25	1100	$0.072+0.256\times10^{-3}t_{平}$
石棉板	0.9～1.0	500	$0.163+0.175\times10^{-3}t_{平}$
石棉绳	0.80	300	$0.073+0.314\times10^{-3}t_{平}$
白云石石棉板	0.40～0.45	400	$0.085+0.093\times10^{-3}t_{平}$
硅藻土	0.55	900	$0.093+0.244\times10^{-3}t_{平}$
硅藻土石棉灰	0.32	800	0.085
碳酸钙石棉灰	0.31	700	0.085
浮石	0.90	700	0.254

五、常用保温材料类别、特性及制品

附表 5-5　常用保温材料类别、特性及制品

类别	名称		体积密度 /kg·m^{-3}	导热系数 /W·(m·K)$^{-1}$	使用温度 /℃	特性	制品
纤维型	玻璃棉		80～120	(4.65～9.3)×10^{-2} (0.04～0.08)	350	无毒，耐腐蚀，不燃烧，对皮肤有刺激感，密度小、导热系数小，吸水性大	保温板，保温管、壳、棉毡
	超细玻璃棉		10～20	3.26×10^{-2} (0.028) (常温)	有碱 450 无碱 60～650	纤维细而软，对皮肤无刺激感，密度小，导热系数小，吸湿性大	碱超细棉毡，无碱超细棉及棉毡，酚醛超细棉板、管
	矿渣棉		100～200	4.65×10^{-2} (0.04) (常温)	500	有较好的抗酸、碱性能、有刺激感，密度小，导热系数小，吸水率大	原棉、沥青棉毡管壳及毡半硬板，酚醛保温带，吸音板，绝热板
	岩石棉				600～800	耐腐蚀，不燃，耐高温，密度小，导热系数小，吸水性大	
	石棉板	石棉绒 石棉绳	300～400	8.14×10^{-2} (0.07) (常温)	400～480	较高的热稳定性，耐碱性强，耐酸性弱	石棉绒，石棉绳，石棉布，石棉纸板等
		石棉碳酸镁 硅藻土石棉	350～400	2.79×10^{-1} (0.24) (常温)	500 900		
	硅藻土				1280	耐火度高，机械强度高，密度大，导热系数大，吸水性大	砖、板、管壳
发泡型	泡沫混凝土		400～500	1.163×10^{-1} (0.1)		气孔率大，密度大，强度低，易破碎	
	微孔硅酸钙		180～200	(5.23～9.3)×10^{-2} (0.045～0.08)		机械强度大。抗压强度大，容重小，导热系数小，吸水率大	板、瓦
	泡沫塑料	聚氨基甲酸酯	40～60	2.33×10^{-2} (0.02)		结构强度大，能防水，耐腐蚀，隔音性能好，化学稳定性好，导热系数小，容重小，适宜冷保温	
		聚苯乙烯	15～50	4.42×10^{-1} (0.38)			
	泡沫玻璃					耐水、耐酸、耐碱、轻质不燃，导热系数较大，不耐磨，适于冷保温	

顶级地质论坛：http://bbs.95001.com/

续附表 5-5

类别	名　　称	体积密度 /kg·m^{-3}	导热系数 /W·(m·K)$^{-1}$	使用温度 /℃	特　　性	制　　品
多孔颗粒	膨胀珍珠岩	70～350	$(4.1\sim8.14)\times10^{-2}$ (0.04～0.06)	800	不腐蚀，不燃烧，不隔音，化学稳定性好，导热系数小，容重范围大	水玻璃、水泥或磷酸盐珍珠岩制品等(砖、管壳)
	膨胀蛭石	80～200	$(4.65\sim6.98)\times10^{-2}$ (0.04～0.06)	约 1000	耐火度高、不易变质、耐蚀性差，导热系数小，强度大，吸水率大，加胶结剂后的蛭石制品保温性能比膨胀蛭石差	水玻璃或水泥膨胀蛭石制品(砖、管壳等)，沥青膨胀蛭石制品(管壳、板)
	碳化软木				抗压强度高，无毒，无刺激，稳定性好，不易腐烂，防潮，易被虫蛀，鼠咬	碳化软木板、砖、管壳等

六、常用材料的导热系数和比热容

附表 5-6　常用材料的导热系数和比热容

材料名称	体积密度 /kg·m^{-3}	导热系数 λ /W·(m·K)$^{-1}$	平均比热容 /kJ·(kg·K)$^{-1}$
干　　土	1500	0.138	
湿　　土	1700	0.657	2.01
花岗石	2700	2.908	0.921
碎　　石	1900	1.279	0.837
砾　　石	1800	1.163	0.837
干　　砂	1500	0.291～0.582	0.837
湿　　砂	1650	1.128	2.093
锅炉渣	700～1000	0.209	0.754
水　　渣	500～550	0.116～0.174	0.754
煤　　渣	700～1000	0.209～0.349	0.754
普通混凝土	2000～2200	1.279～1.547	0.837
钢筋混凝土	2200～2500	1.547	0.837
泡沫混凝土	400～600	0.116～0.209	0.837
块石砌体	1800～2000	1.279	0.879
云　　母	290	0.582	0.879
石膏板	1100	0.407	0.837
石灰灰浆	1600	0.814	0.837
水泥砂子灰浆	1800	0.93	0.837

顶级地质论坛 http://bbs.oilgeology.com/

续附表 5-6

材料名称	体积密度 /kg·m^{-3}	导热系数 λ /W·(m·K)$^{-1}$	平均比热容 /kJ·(kg·K)$^{-1}$
无烟煤	1400～1700	0.233	0.909
焦炭块	1000～1200	0.965～2.5	0.850
焦炭粉	450	0.214～0.605	1.214
铁矿石		约 1.745	
石灰石		0.93	
硅酸盐水垢		0.081～0.233	
石膏水垢		0.233～2.908	
碳酸钙水垢		0.233～5.815	
水	1000	0.587	4.187

顶级地质论坛：http://bbs.3s001.com/

附录6　常用燃料

一、我国主要煤种的元素分析

附表 6-1　我国主要煤种的元素分析

煤的类别	元素组成/%					工业分析组成/%①		Q_{net}^{ar}/kJ·kg^{-1}
	C^{daf}	H^{daf}	O^{daf}	N^{daf}	S^{daf}	A^{d}	W^{ad}	
无烟煤	89.7～96	3.6～3.8	2.2～4.2	0.2～1.3	0.4	6～16	1～3	26921～32657
瘦煤	89.3～92	3.8～4.5	2.2～4.0	1.3～2.3	0.3	8～17	3～16	30145～32866
蒸汽结焦煤	88.5～90	4.1～4.6	2.4～5.3	1.2～2.2	0.4	10～15	3～16	30145～32866
结焦煤	88.5～89.3	4.6～5.0	3.5～5.3	1.2～1.7	0.5	8.5～16	3～16	31401～33411
蒸汽肥煤	81～89	5.0～5.6	3.5～9.5	0.9～1.9	0.5～3.0	7～26	3～16	27633～33076
煤气用煤	76～84	5.2～6.3	8.5～16.8	1.0～2.0	0.5～1.5	7.5～31	3～16	20097～32238
长焰煤	76～84.5	6.3～7.5	10.5～16.5	0.97～1.97	0.4～1.1	0.4～1.1	3～16	25121～26796
褐煤	72.7～78.5	4.4～5.6	15.0～21.1	1.35～1.46	0.4	11～30.5	35～50	17585

二、我国部分煤矿产煤的特性

附表 6-2　我国部分煤矿产煤的特性

产地	煤的品种	工业分析组成/%①			元素组成/%					Q_{net}^{ar} /kJ·kg^{-1}	灰分熔点 /℃
		W^{ad}	A^{d}	V^{daf}	C^{daf}	H^{daf}	O^{daf}	N^{daf}	S^{daf}		
双鸭山	烟煤	4.0	23	32.6	86.2	5.3	7.1	1.2	0.2	25121	
本溪	烟煤	3.0	27.5	20	89.7	4.8	—	1.4	—	24577	
井陉	烟煤	4.0	15	24.2	88.5	5.0	—	1.6	—	28135	
汾西	烟煤	2.5	18	32.7	86.7	5.2	4.6	1.5	2.0	27277	
潞安	烟煤	—	18	16	88.0	4.9	5.0	1.6	0.5	27214	
淮南	烟煤	7.5	20	38	80.5	4.8	4.8	1.5	1.4	23237	
萍乡	烟煤	7.0	27	34.3	85.3	5.8	6.2	2.2	—	23488	
资兴	烟煤	5.5	20	26.1	87.4	5.2	5.6	1.2	0.6	26586	
天府	烟煤	4.0	30	19.3	89.1	4.7	4.7	1.5	—	23404	
冰川	烟煤	4.0	27	32.5	84.5	5.3	8.1	1.4	0.7	23823	
阿干镇	烟煤	7.5	15	33.3	82.7	4.4	10.0	0.9	2.0	25372	
扎赉诺尔	褐煤	36.0	10	44.7	72.5	5.0	20.0	2.1	0.4	14821	
扎赉诺尔	褐煤	19.7	7.67	49.69	66.48	7.11	24.62	1.56	0.26	19850	
焦坪	气煤	8.91	12.56	37.51	80.71	5.11	11.45	0.84	1.63	24911	1160
鹤岗	气煤	2.79	19.43	35.22	82.8	5.67	9.87	1.5	0.12	25368	1393
淮南	气煤	4.6	18.6	36.1	84.1	6.24	1.42	6.5	1.37	24970	>1500
阿干镇	不黏结煤	4.28	11.6	25.66	80.2	4.5	12.0	0.74	2.31	27352	1309
抚顺	气煤	3.5	7.89	44.46	80.2	6.1	11.6	1.4	0.63	27809	1450
大同	弱黏结煤	2.28	4.69	29.59	83.38	5.24	10.21	0.64	0.53	29684	1350
焦作	无烟煤	4.32	20	5.62	92.29	2.87	3.32	1.05	0.38	25117	>1500
阳泉	无烟煤	2.44	16.61	9.57	89.78	4.37	4.37	1.02	0.38	27784	
京西城子	无烟煤(中块)	2.8	18	6.5	—	—	—	—	0.32	24983	
京西门头沟	无烟煤(中块)	2.5	22	6.4	—	—	—	—	0.24	24170	
贾汪	烟煤	6.0	18	35.5	83.6	5.4	8.9	1.5	0.6	25037	
宜洛	烟煤	4.0	21	22	88.0	6.0	3.5	1.3	2.2	26628	
开滦	肥煤(三号原煤)	5.0	28.0	32.0					1.73	23350	
开滦	肥煤(三号原煤)	5.0	31.0	34.0					1.67	22208	
铜川	瘦煤	1.62	17.18	15.58	82.93	3.30	5.51	1.13	2.83	28445	

① W^{ad}、A^{d}、V^{daf} 分别为水分、灰分、挥发分的百分含量。

三、各种气体燃料的组成及发热量

附表 6-3　各种气体燃料的组成及发热量

种类		煤气平均成分/%							低发热量 /kJ·m^{-3}
		CO_2+H_2S	O_2	CO	H_2	CH_4	C_mH_n	N_2	
高发热值煤气	天然气	0.2～2		0.02～0.13	0.05～0.14	85～97	0.5～10.5	0.2～4	33494～39356
	乙炔气	0.05～0.08			微	微	97～99		46055～58615
	半焦化煤气	12～15	0.2～0.3	7～12	6～12	45～62	5～8	2～10	22190～29308
	重油裂化气	6.9	1.5	3	36	27.4	16.7	3.5	25849
	焦炉煤气	2～3	0.7～1.2	4～8	53～60	19～25	1.6～2.3	7～13	15491～16747
中发热值煤气	双重水煤气	10～20	0.1～0.2	22～32	42～50	6～9	0.5～1.0	2～5	11304～11723
	水煤气	5～7	0.1～0.2	35～40	47～52	0.3～0.6		2～6	10048～10467
	高炉和焦炉混合煤气	7～8	0.3～0.4	17～19	21～27	9～12	0.7～1.0	33～39	8583～10300
	蒸汽-富氧煤气	16～26	0.2～0.3	27～41	34～43	2～5		1～2	9211～10258
低发热值煤气	空气发生炉煤气	0.5～1.5		32～33	0.5～0.9			64～66	4145～4312
	高炉煤气	9～15.5		25～31	2～3	0.3～0.5		55～58	3559～4606
	地下气化煤气	16～22		5～10	17～25	0.8～1.1		47～53	3098～4103
	蒸汽-空气发生炉煤气	5～7	0.1～0.3	24～30	12～15	0.5～3	0.2～0.4	46～55	4815～6490

附表 6-4　几种发生炉煤气的组成及发热量

燃料名称/kJ·kg^{-1}	$Q_{低}$ /kJ·kg^{-1}	水分 /%	煤气成分 /%							
			CO	CO_2	H_2	CH_4	C_mH_n	H_2S	O_2	N_2
发生炉煤气 1	4773	4.2	26.1	6.6	13.5	0.5		0.2	0.2	52.9
发生炉煤气 2	5368		28.4	3.4	12.9	1.0			0.2	54.1
发生炉煤气 3	5443	4.2	24.0	6.0	14.1	2.3	0.3	0.3	0.2	52.8
发生炉煤气 4	5694	4.2	25.0	7.0	13.5	2.4	0.3	1.0	0.2	50.6
发生炉煤气 5	5820	4.2	29.5	4.5	13.5	1.9	0.2	0.2	0.2	50.0
发生炉煤气 6	6176	4.2	28.6	6.5	14.0	3.0	0.4		0.2	47.9
发生炉煤气 7	6071	4.2	24.1	9.0	17.5	3.0	0.4		0.2	54.8
发生炉煤气 8	10195	4.2	37.6	6.2	50.8	0.8		0.4		4.2
大同弱黏结煤制发生炉煤气	6364		31.6	2.4	13.3	1.8	0.4		0.2	
抚顺气煤制发生炉煤气	6197		31.3	2.35	11.2	1.71	0.6		0.2	
阿干镇不黏结煤制发生炉煤气	6113		27.6	5.13	18.3	1.6	0.1	0.27	0.2	
鹤岗气煤制发生炉煤气	6029		21.1	8.05	13.9	3.01	0.43	0.05	0.1	
铜川瘦煤制发生炉煤气	5677		26.7	3.25	15.4	1.2	0.3	0.85	0.2	
阳泉无烟煤制发生炉煤气	5527		24.2	5.86	14.6	1.02			0.3	
焦作无烟煤制发生炉煤气	5234		25.9	6.83	15.3	0.8		0.04	0.1	
焦坪长焰煤制发生炉煤气	6322		29.8	4.30	15.3	1.9	0.42		0.22	48.06
萍乡烟煤制发生炉煤气	5342		21.93	8.50	19.16	1.18		0.03	0.14	48.46
淮南气煤制发生炉煤气	5736		28.5	5.80	11.3	1.7	0.3		0.20	
扎赉诺尔褐煤制发生炉煤气	6431		27.6	6.00	16.4	2.2	0.47		0.10	

附录 7　其他

一、我国主要城市的气象资料

附表 7-1　我国主要城市的气象资料

城市名称	气温/℃					年平均风速/m·s⁻¹	最大风速/m·s⁻¹	年主导风向	年最小风频	降水量/mm		最大积雪深度/cm	最大冻土深度/cm	年冰雹日数最多	年雾日数最多	年雷暴日数最多
	最热月平均	最冷月平均	年平均	极端最高	极端最低					年总量	日最大					
北京	25.1	−3.4	11.6	40.6	−27.4	2.6	21.5	S	W	584.0	222.2	18	85	20	29	48
上海	26.3	4.4	15.7	38.2	−9.1	3.2	20.0	SE	SW	1039.3	204.4	14	8	1	58	48
天津	25.5	−2.6	12.3	39.6	−22.9	2.9	25.0	SE	NNE	556.9	158.1	20	69	3	31	43
长春	21.5	−14.4	4.9	36.4	−36.5	4.4	34.2	SW	E	571.6	126.8	13	169	7	27	52
沈阳	23.3	−10.03	7.8	35.7	−30.5	3.4	25.2	S	NWW	675.2	118.9	20	139	1	27	32
鞍山	23.6	−8.4	8.7	36.5	−29.9	3.6	24.0	S	E	681.7	132.6	22	103	1	18	33
大连	22.1	−3.5	10.1	34.4	−21.1	5.4	34.0	N	NNE	371.1	149.4	37	93	1	55	34
太原	22.3	−4.9	9.4	38.4	−24.6	2.5	25.0	N	SWW	494.5	183.5	13	77	5	20	45
郑州	26.8	1.1	14.3	43.0	−15.8	3.1		NE	N	640.5	112.8	19	18	19	22	30
洛阳	27.1	1.7	14.7	44.2	−18.2	2.3	40.0	NE	SSE	615.5	110.7	17	14	2	10	34
汉口	27.6	4.3	16.2	38.7	−17.3	2.8	20.0	NNE	W	1203.1	261.7	12		1	42	53
青岛	23.7	−1.03	11.9	36.9	−17.2	3.0	18.0	SE	SW	835.8	234.1	13	42	1	9	23
徐州	26.4	1.1	14.2	39.5	−22.6	3.0	16.0	NEE	NNE	868.0	127.9	25	24	2	30	41
南京	26.9	3.3	15.4	40.5	−13.0	2.5	19.8	SE	NWW	1013.4	160.6	14			33	50
合肥	27.3	3.6	15.8	40.3	−14.1	2.2	16.5	S	SWW	899.3	115.2	19	11	0	33	49
杭州	27.0	4.7	16.2	38.9	−9.6	1.9	16.0	E、NNW	SWW	1246.6	189.3	16	5		67	63
南昌	28.2	6.2	17.7	40.6	−7.6	3.4	19.0	NNE	NWW	1483.8	188.1	16		2	22	85
广州	27.9	14.0	21.8	37.6	0.1	2.1	22.0	N、SEE	W	1622.5	253.6				11	89
福州	27.4	11.2	19.7	39.0	−1.1	2.6	28.0	SE	SW	1280.8	159.6				31	74
南宁	27.9	13.7	21.6	39.0	−1.0	1.9	16.0	E	W	1306.8	127.5	0			17	104
沅陵	26.6	5.9	16.5	39.8	−7.3	1.4		NE	NW	1488.5	173.0	19		0	76	77
长沙	28.0	6.2	17.3	39.8	−9.5	2.6	20.0	NW	W、NEE	1450.2	192.5	10	4		27	75
溆浦	27.0	6.2	17.0	40.0	−7.6	2.2		NNE	SEE、NWW	1428.8	143.1	16			27	54
成都	24.7	6.6	16.1	35.3	−4.3	1.1	16.0	NE	SEE	954.0	170.9	1		1	70	47
重庆	27.4	8.7	18.3	40.4	−0.9	1.5	22.9	N	SWW	1098.9	109.3				91	45
遵义	23.97	5.4	15.3	37.0	−6.5	1.0	10.8	E	NWW	1141.1	141.3	4			21	73
贵阳	22.9	6.03	15.2	35.4	−7.8	2.2	16.0	NE	W	1128.3	113.5	8			17	63
昆明	19.4	8.3	14.5	31.2	−5.1	2.1	18.0	SE	NW	1134.4	87.8	6			17	86
拉萨	14.8	−1.3	7.1	27.0	−16.5	1.9	14.0	SEE	S	463.3	41.6	10	26	5		80
西安	25.9	0.5	13.3	41.7	−18.7	2.1	19.1	NW	NW	584.4	69.8	12	45	3	46	32
兰州	21.03	−5.2	8.9	36.7	−21.7	0.8	10.0	NE	SWW	331.5	50.0	10	103	3	4	33
银川	22.1	−7.1	8.5	35.0	−24.3	1.7	28.0	N	SWW	205.2	64.2	71	103	6	11	28
西宁	16.3	−7.03	5.6	32.4	−21.9	2.0	15.1	NW	SWW、NEE	371.2	62.2		134	13	1	52
乌鲁木齐	24.3	−13.1	7.3	40.9	−32.0			S	E	194.6	36.3	35	162			

二、地震烈度和地震震级的关系

附表 7-2　地震烈度和地震震级的关系

烈度	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ	Ⅹ	Ⅺ	Ⅻ
震级	1.9	2.5	3.1	3.7	4.3	4.9	5.5	6.1	6.7	7.3	7.9	8.5
名称	无感震	微　震	轻　震	弱　震	次强震	强　震	损害震	破坏震	毁坏震	大毁坏震	灾　震	大灾震

顶级地质论坛：http://bbs.3s001.com/

参 考 文 献

1 蔡祺风主编.有色冶金工厂设计基础.北京:冶金工业出版社,1991

2 张树勋主编.钢铁厂设计原理(上册).北京:冶金工业出版社,1994

3 李传薪主编.钢铁厂设计原理(下册).北京:冶金工业出版社,1995

4 邹兰、阎传智主编.化工工艺工程设计.成都:成都科技大学出版社,1998

5 牛存镇、党洁修主编.化工工艺设计概论.成都:成都科技大学出版社,1996

6 倪进方主编.化工过程设计.北京:化学工业出版社,1999

7 袁康主编.轧钢车间设计基础.北京:冶金工业出版社,1986

8 赵润恩编著.炼铁工艺设计原理.北京:冶金工业出版社,1993

9 《炼铁设计参考资料》编写组编.炼铁设计参考资料.北京:冶金工业出版社,1975

10 中国冶金建设协会编.钢铁企业原料准备设计手册.北京:冶金工业出版社,1997

11 冶金工业部长沙黑色冶金矿山设计研究院编.烧结设计手册.北京:冶金工业出版社,1990

12 《有色冶金炉设计手册》编委会编.有色冶金炉设计手册.北京:冶金工业出版社,2000

13 国家医药管理局上海医药设计院编.化工工艺设计手册(上册).北京:化学工业出版社,1996

14 白礼燃主编.水泥厂工艺设计手册.北京:中国建筑工业出版社,1997

15 范光前主编.冶金单元设计.北京:冶金工业出版社,1994

16 北京有色冶金设计研究总院等编.重有色金属冶炼设计手册:铅锌铋卷.北京:冶金工业出版社,1996

17 北京有色冶金设计研究总院等编.重有色金属冶炼设计手册:铜镍卷.北京:冶金工业出版社,1996

18 张训鹏主编.冶金工程概论.长沙:中南工业大学出版社,1998

顶级地质论坛: http://bbs.geo1.com/