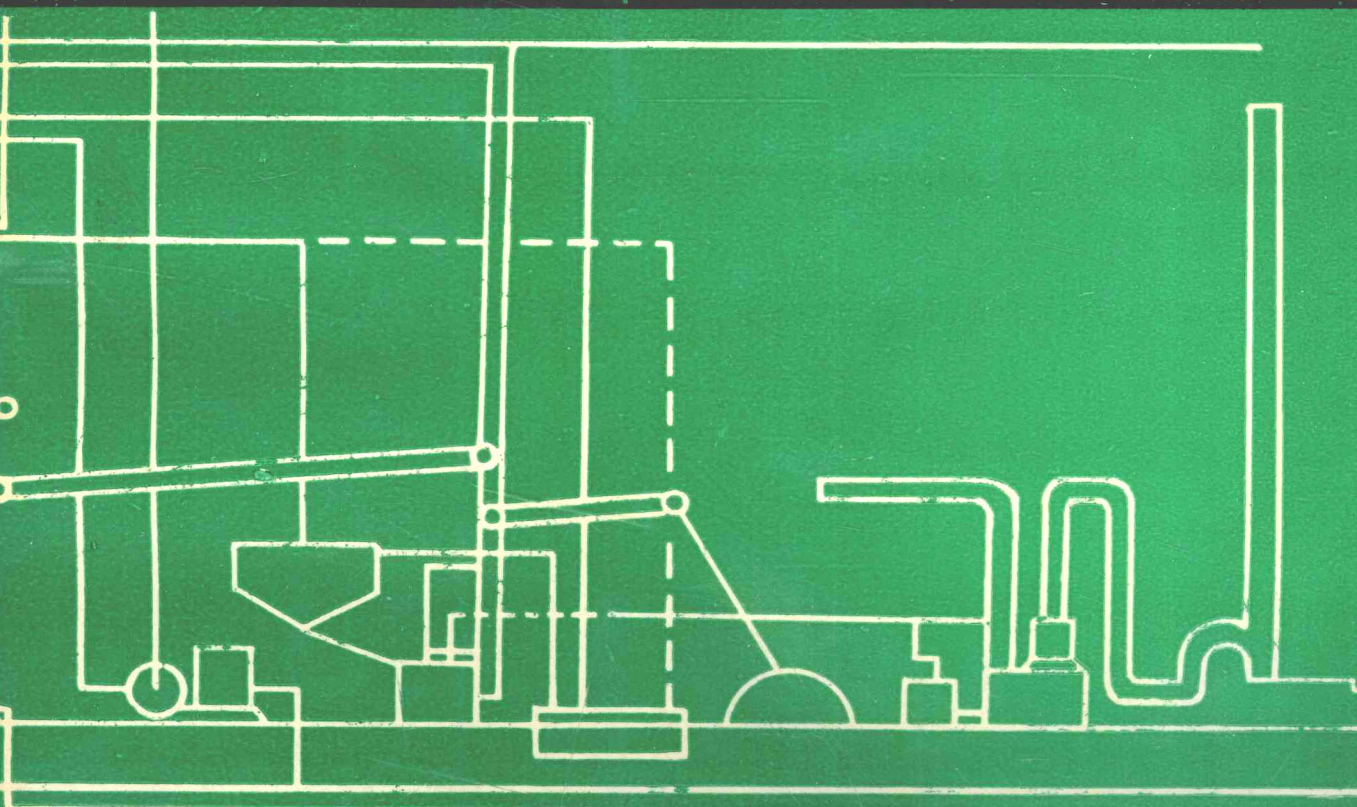


小磷铵生产技术丛书

机器与设备

化学工业部化肥司 中国磷肥工业协会 编写组



成都科技大学出版社

内 容 提 要

本书着重介绍小磷铵生产装置的主要机器设备的类型、工作原理、构造、性能、安装、维护及检修的有关知识。包括磷矿加工设备、搅拌设备、过滤机、泵、造粒干燥机、供氨及换热设备、破碎与筛分设备、提升运输设备等。内容深入浅出，图文并茂。

本书可作新建小磷铵生产单位的操作、维护、检修及设备管理人员的培训教材；亦可供从事与磷铵生产有关的科研、设计、教学人员参考。

本书由谭家骧（第六、九章，全书统稿），刘培林（第一、七、八章），文遐鼎（第二章），张宣炯（第三、四章），贾昌国（第五章）编写；施汉威主审，张永志、杨铮、吴剑雄参加审稿。

※ ※ ※

主编：林 乐 魏文彦 陈玉如

编者：谭家骧 刘培林 文遐鼎

张宣炯 贾昌国

小磷铵生产技术丛书

机 器 与 设 备

化学工业部化肥司 编写组
中国磷肥工业协会

成都科技大学出版社出版发行

四川省新华书店经销

中国科学院光电技术研究所印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 插页：4 印张：11.75

1991年7月第一版

1991年7月第一次印刷

印数1—22800

字数：285千字

ISBN7—5616—0815—2/TQ·51

定价：4.70元

前 言

复合肥料是现代化肥工业的发展方向。早在1983年1月，邓小平同志就作出了“肥料，要走复合肥料的道路，质量要好，要把大力发展复合肥料作为方针定下来”的指示。磷铵是一种适合于所有土壤和作物且深受欢迎的高浓度复合肥料，属于优先发展的品种。为了迅速发展我国的磷铵工业，“七·五”到“八·五”期间，在建设大型磷复肥装置的同时，国务院还决定拨出专款，在全国范围内改、扩建近百套规模为3~6万吨/年的小磷铵生产装置。

由于我国磷铵工业起步较晚，与之配套的技术书籍非常缺乏，为了满足全国小磷铵生产装置建设单位对其专业技术人员、管理人员和各操作工种的培训需要，化工部化肥司组织了南化公司设计院、成都科技大学、四川银山磷肥厂和上海化工研究院等单位的专家、教授和工程技术人员，围绕3万吨/年料浆法磷铵通用设计，编写了包括工艺、设备、仪表、电气、分析、生产管理等专业丛书一套，供培训使用。

本丛书集中了我国建国以来有关磷酸磷铵生产的主要科研成果和生产经验，介绍了国内外磷酸磷铵生产技术的新进展，还用相当的篇幅讲述了指导这些技术的新理论和基础知识。故本书除作生产建设单位培训教材之外，还可供有关科研、教学和经济管理部门的专业人员参考。

本丛书共分六册。第一册《磷酸磷铵的生产工艺》；第二册《机器与设备》；第三册《仪表及自动化》；第四册《电气》；第五册《磷铵生产分析》；第六册《操作与管理》。其中第一册和第五册由成都科技大学负责编写，第二册、第三册、第四册由南化公司设计院编写，第六册由四川银山磷肥厂编写。丛书由林乐、魏文彦、陈玉如主持编写，姚永发参加全套丛书的审订工作。

由于我们水平所限、时间仓促，书中可能存在错误和不妥之处，恳切希望广大读者批评指正。

编 者
1990年11月

目 录

第一章 绪 论	(1)
1.1 概述.....	(1)
1.2 磷铵生产设备的特点.....	(1)
1.2.1 要求设备连续可靠地运转.....	(2)
1.2.2 要求设备耐腐蚀与磨蚀.....	(2)
1.2.3 要求设备能防止物料的结垢与堵塞.....	(2)
1.2.4 要求对动设备精心维护保养.....	(3)
1.3 磷铵设备的腐蚀及其防护.....	(3)
1.3.1 腐蚀环境.....	(3)
1.3.2 腐蚀严重的原因.....	(3)
1.3.3 防护措施.....	(4)
1.4 常用材料.....	(5)
1.4.1 金属材料.....	(5)
1.4.2 耐腐蚀非金属材料.....	(6)
第二章 磷矿加工设备	(8)
2.1 反击式破碎机.....	(8)
2.1.1 工作原理.....	(8)
2.1.2 结构、性能及应用.....	(9)
2.1.3 技术特性.....	(10)
2.1.4 检修.....	(10)
2.1.5 试运转要求.....	(11)
2.2 颚式破碎机.....	(12)
2.2.1 工作原理.....	(12)
2.2.2 结构、性能及应用.....	(13)
2.2.3 技术特性.....	(14)
2.2.4 检修.....	(14)
2.2.5 试运转要求.....	(15)
2.3 球磨机.....	(16)
2.3.1 特点.....	(16)
2.3.2 研磨体粉碎物料的基本作用.....	(16)
2.3.3 类型及结构.....	(17)
2.3.4 磨机的安装.....	(25)

2.3.5	试运转	(29)
2.3.6	磨机的使用和维护	(30)
2.4	矿浆泵	(32)
2.4.1	结构	(32)
2.4.2	工作原理	(34)
2.4.3	隔膜泵的技术特性	(34)
2.4.4	检修	(35)
第三章	搅拌设备	(36)
3.1	概述	(36)
3.2	萃取槽的结构	(36)
3.3	搅拌器功率的计算及传动装置的确定	(39)
3.3.1	搅拌器功率的计算	(39)
3.3.2	搅拌器电动机功率的计算	(41)
3.3.3	减速装置的选择	(41)
3.3.4	搅拌机架的选择	(41)
3.4	搅拌器的强度计算	(42)
3.4.1	桨叶强度计算中的计算功率	(42)
3.4.2	平直叶桨式的强度计算	(42)
3.4.3	折叶桨式的强度计算	(44)
3.4.4	圆盘涡轮式的强度计算	(44)
3.5	搅拌轴的计算	(45)
3.5.1	按扭矩计算轴的强度和刚度	(45)
3.5.2	按扭矩与弯矩合成计算轴的强度	(46)
3.5.3	临界转速的计算	(47)
3.6	搅拌槽	(48)
3.6.1	壳体结构及强度	(48)
3.6.2	封头及顶盖的结构及强度	(49)
3.7	搅拌轴及搅拌器的制造要求	(51)
3.8	安装及试运转的基本要求	(52)
第四章	过滤设备	(54)
4.1	概述	(54)
4.2	盘式过滤机的结构	(56)
4.2.1	滤盘	(56)
4.2.2	导轨	(58)
4.2.3	转盘	(60)
4.2.4	分配头	(60)

4.2.5	传动装置	(62)
4.2.6	挡轮、托轮	(63)
4.3	盘式过滤机的安装	(64)
4.3.1	安装准备	(64)
4.3.2	安装顺序	(64)
4.3.3	安装技术要求	(64)
4.3.4	有关部件安装位置确定	(64)
4.3.5	试运转与调整	(65)
4.3.6	机器的使用和维护	(66)
4.3.7	安全须知	(66)
4.4	检修及维护	(66)
4.4.1	主要检修技术	(66)
4.4.2	润滑用油脂	(67)
4.4.3	日常重点检查	(68)
4.4.4	常见的故障及处理	(68)
4.4.5	主要部件检修内容及质量要求	(69)
4.4.6	防腐蚀要求	(70)
4.5	其它型式过滤机	(70)
4.5.1	水平胶带真空过滤机	(70)
4.5.2	转台式过滤机	(71)
第五章	泵	(74)
5.1	概述	(74)
5.2	离心泵的基本知识	(77)
5.2.1	离心泵的主要性能参数	(77)
5.2.2	液体在离心泵叶轮里的流动	(78)
5.2.3	离心泵的基本方程式	(79)
5.2.4	离心泵的能量损失	(81)
5.2.5	离心泵的性能曲线	(82)
5.2.6	离心泵的比例定律	(83)
5.2.7	离心泵的比转数 n_s	(83)
5.2.8	离心泵的操作	(85)
5.3	离心泵的一般构造	(87)
5.3.1	叶轮	(87)
5.3.2	泵体	(88)
5.3.3	轴封装置	(88)
5.4	离心泵的汽蚀	(90)
5.4.1	汽蚀产生的原因及其危害	(90)

5.4.2	吸上真空度 H_s	(91)
5.4.3	汽蚀余量 Δh	(92)
5.5	轴流泵和混流泵.....	(94)
5.6	液下泵的结构和材料.....	(94)
5.6.1	液下有滑动轴承的结构.....	(94)
5.6.2	悬臂型液下泵.....	(95)
5.7	液下泵转子临界转速的核算.....	(95)
5.7.1	等直径轴的临界转速.....	(96)
5.7.2	阶梯轴的临界转速.....	(96)
5.7.3	两支承单盘轴的临界转速.....	(96)
5.8	液下泵的安装、操作、维护与故障分析.....	(97)
5.8.1	开箱检查.....	(97)
5.8.2	安装.....	(97)
5.8.3	操作与维护.....	(97)
5.8.4	液下泵的故障、故障产生的原因及排除方法.....	(98)
5.9	液下泵的组装、拆卸与试运转.....	(98)
5.9.1	拆卸.....	(98)
5.9.2	组装.....	(99)
5.9.3	试运转.....	(99)
5.10	水环式真空泵.....	(99)
5.10.1	概述.....	(99)
5.10.2	工作原理.....	(99)
5.10.3	结构说明.....	(100)
第六章	造粒干燥回转圆筒设备	(101)
6.1	概述.....	(101)
6.2	喷浆造粒干燥机的结构.....	(102)
6.2.1	筒体.....	(102)
6.2.2	支承装置.....	(107)
6.2.3	传动装置.....	(113)
6.2.4	密封装置.....	(117)
6.2.5	喷枪.....	(118)
6.3	回转圆筒设备的润滑.....	(119)
6.3.1	选用润滑油的一般原则.....	(119)
6.3.2	润滑的方式.....	(119)
6.4	喷浆造粒干燥机的检修.....	(120)
6.4.1	检修内容.....	(120)
6.4.2	检修后需测量的部件和质量要求.....	(121)

6.4.3	检修后试运转的要求	(122)
6.4.4	检修时安全注意事项	(123)
6.4.5	常见故障的处理	(123)
6.5	氨化造粒机	(123)
第七章	供氨设备	(125)
7.1	概述	(125)
7.1.1	液氨贮槽	(125)
7.1.2	气氨缓冲罐	(125)
7.1.3	液氨蒸发器	(126)
7.1.4	氨加热器	(127)
7.2	供氨设备的特殊性	(127)
7.2.1	供氨设备均为压力容器	(127)
7.2.2	供氨设备不允许泄漏的特性	(128)
7.2.3	事故教训	(128)
7.3	供氨设备的设计	(129)
7.3.1	设计资格	(129)
7.3.2	设计必须遵循的主要标准规范	(129)
7.3.3	供氨设备的设计特点	(129)
7.4	供氨设备的制造	(131)
7.4.1	制造资格	(131)
7.4.2	制造必须遵循的主要标准规范	(131)
7.4.3	供氨设备的制造特点	(132)
7.5	安装、操作管理与检修	(133)
7.5.1	安装要点	(133)
7.5.2	操作管理与检修	(133)
第八章	换热器	(135)
8.1	概述	(135)
8.2	固定管板式换热器	(135)
8.3	固定管板式换热器的设计	(136)
8.3.1	基本定义	(136)
8.3.2	管箱	(136)
8.3.3	管板	(137)
8.4	制造、安装与检修	(140)
8.4.1	制造	(140)
8.4.2	安装	(141)
8.4.3	操作管理与检修	(141)

8.5	磷铵装置中料浆加热器	(142)
8.5.1	料浆加热器的功能	(143)
8.5.2	料浆加热器的结构特点	(143)
8.5.3	料浆加热器的材料	(144)
8.5.4	操作特点	(144)
8.6	石墨换热器简介	(144)
8.6.1	石墨管	(145)
8.6.2	石墨换热器的结构特点	(145)
8.6.3	改进措施	(146)
第九章	磷铵破碎筛分及提升机	(147)
9.1	链式破碎机	(147)
9.1.1	工作原理及性能	(147)
9.1.2	结构	(148)
9.1.3	安装和试车	(148)
9.1.4	维护与检修	(149)
9.2	振网筛	(149)
9.2.1	工作原理及性能	(149)
9.2.2	结构	(150)
9.2.3	安装与试运转	(152)
9.2.4	操作及维护	(152)
9.2.5	常见故障的处理方法	(153)
9.3	斗式提升机	(153)
9.3.1	概述	(153)
9.3.2	结构	(154)
9.3.3	安装	(155)
9.3.4	试运转	(157)
9.3.5	维护与检修	(157)
附录一	ZDC-Ⅰ型自动定量包装机	(158)
1	概述	(158)
2	工作原理及结构	(158)
3	包装机的安装	(162)
4	包装机的调试	(162)
5	操作与排除故障	(163)
6	包装机的维护保养	(164)
附录二	3万吨/年料浆法磷铵通用设计工艺设备一览表	(165)

第一章 绪 论

1.1 概 述

料浆法磷铵生产流程具有充分利用我国丰富的中低品位磷矿资源的特点。为了使主要装备能够满足料浆法生产的工艺要求和操作条件，十几年来，科研、设计、生产、制造各方面密切合作，积极消化吸收引进技术，不断改进和提高设备的技术性能与制造水平，经过不懈的努力，我国自行设计、制造的磷铵装备已基本能满足生产需要，目前，年产3万吨磷铵（小磷铵）装置的机器与设备已经全部国产化并成套供应。年产3万吨料浆法磷铵装置通用设计分为原料、磷酸、磷铵和成品四个工段，有104种型号规格的机器与设备135台（不包括主机设备所附的搅拌器、减速机、电动机等），其分类汇总见表1—1，装置的工艺设备一览表见附录（二）。

3万吨／年料浆法磷铵装置通用设计设备汇总表

表 1—1

序号	设备类型	原料工段		磷酸工段		磷铵工段		成品工段		小 计	
		种	台	种	台	种	台	种	台	种	台
1	破碎，筛分	1	1			2	2			3	3
2	搅拌，反应	1	1	6	6	6	8			13	15
3	过 滤 机			1	1					1	1
4	泵	1	2	16	27	8	14			25	43
5	回转圆筒	1	1			1	1			2	2
6	容 器	1	1	7	8	6	7	1	1	15	17
7	换 热 器			1	1	5	5			6	6
8	风机，压缩机			2	2	5	6			7	8
9	输送，起重	2	2	7	8	5	6	3	6	17	22
10	包装，称量							4	4	4	4
11	混凝土池			5	6					5	6
12	其 它			3	5	3	3			6	8
13	合 计	7	8	48	64	41	52	8	11	104	135

1.2 磷铵生产设备的特点

不论哪一种化工生产装置，对机器设备都有一些共同的要求，它们必须在满足化工工艺

操作条件的同时，能够连续、安全可靠地运转，安装维修方便，使用寿命长，设备材料来源广泛、加工制造容易，价格低廉等等。由于磷铵生产的特性，磷铵装置的机器设备还具有下述一些特点。

1.2.1. 要求设备连续可靠地运转

年产3万吨磷铵生产装置从原料加工到成品包装出厂，其主要机器设备如：球磨机、萃取槽、翻盘式过滤机、中和槽、喷浆造粒干燥机、斗提机、包装机组等，都是单线、单机生产运行，没有备机，因而生产中不允许事故停车，要求主要机器设备的全年安全运转时间至少在300天以上。

从生产工艺来看，由于萃取磷酸的生产过程主要是磷酸与二水硫酸钙 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 结晶的生产和分离过程，生产的关键是获得稳定、粗大、整齐、均匀的硫酸钙结晶，这就要求生产操作能在良好的结晶条件下连续运转。实践证明，如果开停车频繁，除严重影响硫酸钙的结晶形态外，还会导致过滤困难而造成水溶性 P_2O_5 的大量损失。

所以，磷铵生产装置的主要机器设备都必须可靠地连续运转，以保证工艺操作条件的稳定，从而保证生产的稳定。

1.2.2. 要求设备耐腐蚀与磨蚀

目前，国内磷铵装置采用的工艺方法有两种，即通常所说的“传统法”和“料浆法”，它们均属于湿法磷酸生产工艺，即采用硫酸分解磷矿萃取磷酸。在生产过程中存在硫酸、磷酸及多元酸等不同种类和浓度的酸，在温度、压力、流体速度、机械应力、电解效应等各种条件影响下，对该系统设备及部位具有严重的腐蚀作用。

除严重的腐蚀问题之外，还由于主要物料的液体中大都含有悬浮的固相颗粒，在一定的流速下，会对某些设备或部位形成强烈的冲刷磨蚀。例如，磷酸料浆中的二水硫酸钙结晶含量在25%以上，这些悬浮的固相颗粒对萃取槽的搅拌桨和料浆泵的叶轮等零部件，冲刷磨蚀就相当严重。

鉴于腐蚀和磨蚀的双重作用，因此必须在设备选型、结构设计和材质选用等方面，加以充分的考虑，以保证设备具有足够的使用寿命和安全性。

1.2.3. 要求设备能防止物料的结垢与堵塞

湿法磷酸生产过程中，由于磷矿中杂质的影响，萃取磷酸中还含有多种其它磷酸盐、氟硅酸盐、游离硫酸以及溶解在磷酸中的各种有机化合物和无机化合物，因而磷酸料浆的粘度较大；同时，这些杂质还不可避免地要形成淤渣沉淀，容易造成设备及管道的结垢与堵塞。此外，磷铵工段的喷浆造粒干燥、输送、筛分、破碎等机器设备，因为磷铵物料容易受潮也会引起结垢（结疤）和堵塞。

对于上述情况，一方面要注意按工艺条件进行稳定的操作，例如，维持适当的操作温度并保持物料的流畅，定期进行清洗或清理。另一方面要从设备结构设计上加以特别的注

意，例如要尽量避免结构上的死角，保持物流的畅通，以减少设备发生结垢及堵塞现象。

1.2.4. 要求对动设备精心维护保养

磷铵生产装置中动设备数量多。根据表 1—1 的分类汇总统计，动设备就有 8 类、72 种型号规格、共 98 台，约占设备总数的 73%（包括所有带搅拌的设备），从原料加工到成品包装，各工段的关键设备也都是动设备或带有搅拌机械的设备。因此，动设备的运转正常与否，对整个生产装置来说，至关重要，除必须严格按照操作规程进行操作外，还须注意日常的维护保养，保持所有动设备具有良好的工作状态，同时，对于所有动设备的易损件，应根据需要储有足够的备品备件，以保证生产装置的正常运转。

1.3 磷铵设备的腐蚀及其防护

1.3.1. 腐蚀环境

一般来说，造成腐蚀的原因，除生产操作不妥或机器设备选材不当外，可以说完全是由腐蚀环境造成的。所谓腐蚀环境通常是指一切造成腐蚀及加剧腐蚀的因素。直接造成腐蚀的是不同种类、不同浓度的腐蚀介质，而影响腐蚀的因素则比较复杂，较重要的有温度、压力、流体的组成与运动速度、机械应力、摩擦力、电解效应等。

在湿法磷酸制磷铵生产中，部分机器设备的腐蚀十分严重，这与它们的腐蚀环境是密切相关的，以小磷铵装置为例，其主要腐蚀介质有硫酸、磷酸、磷酸料浆、含氟尾气、磷铵料浆、含氨尾气等。这些介质的腐蚀特性不同，在不同的操作条件下，对机器设备造成的腐蚀程度也就不一样。

1.3.2. 腐蚀严重的原因

湿法磷酸制磷铵的机器设备腐蚀严重的原因：

1. 多元酸的作用

由硫酸分解磷矿所得湿法磷酸产品实际上是以正磷酸 (H_3PO_4) 为主体并含有多种杂质的多元酸混合物，其腐蚀性与其自身的组成有很大关系，它比纯磷酸的腐蚀性强得多。

2. 少量杂质的影响

湿法磷酸生产中，磷矿粉中含的少量杂质，除了对磷酸的品质、生产消耗定额影响很大外，对磷酸料浆及磷酸的腐蚀性，影响也很大。少量杂质的种类、含量取决于原料磷矿石的来源和品质。不同的磷矿，萃取磷酸中所含杂质的组成也就不同，因而其腐蚀性也有很大差别；即使是同一种磷矿，因为生产方法不同，操作温度不同，所得磷酸的浓度也不同，其腐蚀速率亦有较大差别。研究和实践证明，在湿法磷酸生产中，对机器设备腐蚀最为严重的是杂质元素 Cl^- 和 F^- ，它们是不容忽视的加快腐蚀速率的一种影响因素。

3. 磨蚀作用

湿法磷酸生产中，磷酸料浆、磷酸、磷铵料浆中含有硫酸钙和一些酸不溶性固体颗粒，因而粘度较大、流动性差。例如，磷酸料浆的液固比，通常控制在 (2.5~3.5) : 1 的范围

内，即固相颗粒总量高达22%~28%左右，这些固相颗粒对机器设备造成了严重的磨蚀，尤其对料浆泵等转动设备更是如此。泵的高速旋转叶轮及蜗壳等部位，在固相颗粒的高速冲刷作用下，磨蚀与腐蚀速率极快，即使采用钼二钛、K合金、316L等高合金材料制造的叶轮，其使用寿命最多也只有1~2个月。又如，磷铵料浆的中和度通常控制在1.1~1.15之间，酸度在 $\text{PH}=5\sim5.5$ 左右，仅呈微酸性，但因为料浆中含有大量的悬浮颗粒，同样对料浆泵、料浆加热器等造成严重磨蚀。

4. 其它影响因素

湿法磷酸生产中，机器设备的腐蚀速率还受到其它一些因素的影响：

(1) 操作温度

通常，操作介质温度的升高会降低材料的耐腐蚀性能。例如，磷铵料浆虽然仅呈微酸性，但是中和槽、料浆加热器、料浆循环泵等机器设备的腐蚀仍然相当严重。究其原因，除了悬浮的固相颗粒加剧磨蚀外，操作温度较高也是重要因素。小磷铵生产装置中，料浆中和反应温度可达到 $101\sim102^{\circ}\text{C}$ ；浓缩过程温度可达 $106\sim108^{\circ}\text{C}$ ，因而接触料浆介质的机器设备，特别是搅拌桨、泵的叶轮、加热器的列管等，必须充分考虑防腐蚀问题。

(2) 磷酸浓度

磷酸浓度的增加会加剧腐蚀，这在传统的磷酸浓缩中尤其明显。经过氨中和后的磷铵料浆呈磷酸盐类溶液，其腐蚀性比磷酸及磷酸料浆就弱一些。因而磷铵料浆浓缩比磷酸浓缩其材料选择更容易些。

(3) 操作环境

生产中机器设备的某些部位处于特殊的操作环境，其腐蚀情况与其关系甚大。例如，磷酸萃取槽内，气相与液固相的萃取料浆之交界处，由于腐蚀介质的温度与浓度变化激烈，反复作用，再加上反应过程中逸出的四氟化硅、水蒸汽和少量氟化氢气体的影响，因而其腐蚀情况特别严重。

以上说明了磷铵生产装置腐蚀严重的基本原因，当然，这些因素不是孤立作用的，还应结合介质流速、机械应力、电解效应等综合考虑。

1.3.3. 防护措施

主要的防护措施有：

1. 设计选材

在腐蚀环境中操作的机器设备，除了必须有足够的强度、合理的结构，最重要的还是设计选材要正确、恰当。由于生产条件、介质的腐蚀特性各不相同，因而在选材时，要针对其特点和特定的环境、部位做特殊处理。选择的材料必须是生产实践或试用考验过的，同时要综合考虑其来源、加工性能和经济性等。生产装置维修更换的材料、备品备件的材料，均必须符合原设计规定。材料的代用必须在可靠的前提下办有合法的手续、备案备查。

2. 制造、安装质量

机器设备的制造和安装质量、特别是非金属防腐衬里的施工质量，对其防腐寿命影响极大。因此，要严格按照有关标准规范进行制造、安装。

3. 正确操作

对于磷铵生产装置来说,因为原料磷矿的品位、杂质的种类及含量往往会在一定范围内波动,生产操作条件也必然要针对实际情况有所调整,但在调整时,要谨慎操作,特别是调节温度、浓度等操作时,要注意避免波动过大,因为正确稳定的操作也是最好的防护措施之一。

1.4. 常用材料

磷铵生产过程中,腐蚀破坏形式有均匀腐蚀、磨蚀、点蚀、晶间腐蚀和应力腐蚀等,这就需要针对机器设备的具体腐蚀环境、腐蚀特点、操作条件合理地选择材料,以保证机器设备在设计寿命期内能抵抗上述各种形式的腐蚀破坏。通常要求所选材料的腐蚀速率低于0.1毫米/年。

所谓合理选择材料,应是在对原料磷矿进行评价并确定最佳工艺操作条件的基础上,比较选择机器设备的材质,既要避免选材过低造成过早腐蚀破坏,也要避免选材过高而造成浪费。

磷铵生产装置使用的防腐蚀材料,包括金属材料和非金属材料两类。

1.4.1 金属材料

小磷铵生产装置常用的耐腐蚀金属材料主要有下述几种:

1. 普通奥氏体不锈钢

主要牌号有美国的316、317、316L、317L和国产的1Cr18Ni12Mo2Ti、1Cr18NiMo3Ti、0Cr18NiMo2Ti、0Cr18NiMo3Ti等,它们是磷铵生产设备耐腐蚀金属材料的基本用材,例如,中和槽壳体、料浆加热器、尾气洗涤塔等设备。

2. 特殊奥氏体不锈钢

主要指含钼的高镍铬和高镍的镍基合金,它比普通合金钢的耐腐蚀性能更好,还具有更好的耐孔蚀、耐缝隙腐蚀性能及耐磨蚀性能;从加工性能看,都可铸、可锻、并具有良好的可焊性,但成本较高,仅用于腐蚀条件苛刻的设备及部位,例如,萃取槽和中和槽的搅拌器,翻盘式过滤机的一些部件,磷酸及磷铵料浆输送泵、料浆循环泵等。这类合金钢常用的牌号主要有法国的UB6,美国的20号合金、哈氏合金,瑞典的SANICRO28,日本的A955、A940、A725M和国产的K合金等。

3. 双相不锈钢

典型的双相不锈钢材料是美国的CD4MCu,它是一种超低硫(无硫)钢,具有良好的拉伸塑性和冲击韧性,以及高硬度,耐腐蚀及耐磨蚀性能均好,国外推荐用于腐(磨)蚀严重的反应器、料浆泵、尾气洗涤器和文丘里洗涤器等。

4. 新材料的研制与应用

近几年,国内有关部门相互密切配合,在材料国产化的研究方面,做了大量的工作,研制出磷复肥专用的多种新材料,取得了可喜的成果,例如,RS—2、S801、新15号、新2号

A、F5、J-1 和Cr30等等。这些新材料大都结合我国的合金资源特点，具有较好的针对性和经济性，例如，F-Ni基新二号合金，即使在F⁻和Cl⁻含量较高的磷酸中，仍具有优良的耐腐蚀性能，可以代替国外的 Hastelloy-C和Sanicro28使用；Cr30是一种铁素体型高铬不锈钢，价格便宜，适于磷酸及磷铵料浆输送泵、循环泵的叶轮和蜗壳等。

5、常用的耐酸钢材料表

表1—2列出了国内外常用不锈钢材料的种类和组成，供参考。

1.4.2 耐腐蚀非金属材料

非金属耐腐蚀材料的耐腐蚀性能优良，成本较低，得到了广泛的应用。有时候，在某些设备中采用非金属衬里或衬套结构则是必须的，例如，萃取槽壳体通常用混凝土外壳内衬石墨板，若用高合金钢制造壳体价格将十分昂贵；用于萃取槽气相与液固相交界处的料浆温度测量套管，即使采用高级合金钢材料，其使用寿命也很短，一般用衬橡胶结构则较理想。磷铵生产装置中使用的非金属材料主要有：

1. 石墨

石墨材料比重小，机械性能好，具有优良的耐蚀性和导热性，热膨胀系数小，加工性能良好，能制成各种结构，缺点是较脆。

不透性石墨主要用于制造磷酸浓缩的换热器（有列管式和块孔式）。目前，能够耐热磷酸及其在浓缩中逸出含氟蒸汽的强烈腐蚀的材料，仍然是石墨。SANICRO 28不锈钢虽可用作磷酸浓缩换热器，但使用寿命尚不及石墨材料。

透性石墨，即未经树脂浸渍的石墨材料，目前主要用于磷酸萃取槽的防腐蚀衬里，这种衬里大大降低了原材料和加工费用。多年的实践，已经积累了较成功的经验。

2. 橡胶

有天然橡胶和合成橡胶两大类，目前常用的合成橡胶主要有氯丁橡胶、丁苯橡胶、丁腈橡胶和丁基橡胶等。按使用特性通常加工成硬胶与软胶。硬胶的耐蚀性、抗气体渗透性、与金属的粘结力等较好；软胶的上述性能虽差一些，但耐磨性能好，弹性好，能承受温度的变化，多用在介质温度较高或磨蚀厉害的场所。

磷铵生产装置中的贮槽，氟吸收系统的各种动、静设备均可采用橡胶衬里，特别是处理含氟尾气的设备，衬胶是既经济又可靠的防腐结构。

3. 玻璃钢及硬聚氯乙烯复合玻璃钢

主要用于温度不高的常压贮槽及酸液、料浆液体管道。

玻璃钢（FRP）是玻璃纤维增强聚酯材料的俗称，目前国内使用最广泛的有环氧玻璃钢、酚醛玻璃钢、呋喃玻璃钢等。玻璃钢具有良好的耐腐蚀性能和较高的机械强度，目前主要采用手糊法和机械缠绕法加工。

硬聚氯乙烯（PVC）耐腐蚀性很强，但耐温、抗冲击性差、强度低，用玻璃钢复合（PVC/FRP）增强之后，其性能得到很大改善。目前主要用于管道，国内以缠绕法为主，国外已有用于复合层较厚的离心浇铸法。

玻璃钢材料来源广泛，加工方便，造价低廉，使用范围越来越广，但必须设计合理，施工质量好，否则也会事与愿违。

磷酸常用不锈钢的种类和组成

表 1—2

序号	钢号或牌号	化 学 成 份								%
		C _{max}	Cr	Ni	Mo	Mn _{max}	Si _{max}	P _{max}	S _{max}	
1	316 [美]	0.06	16—18	10—14	2—3	2.0	1.0	0.045	0.03	
2	316L [美]	0.03	16—18	10—14	2—3	2.0	1.0	0.045	0.03	
3	317 [美]	0.08	18—21	11—15	3—4	2.0	1.0	0.045	0.03	
4	317L [美]	0.025	18—21	11—15	3—4	≤2	≤1.5	0.045	0.03	
5	0Cr18Ni12Mo2Ti[中]	0.08	16—18	11—14	1.8—2.5	2.0	1.0	0.035	0.03	Ti: 5×C%~0.7
6	1Cr18Ni12Mo2Ti[中]	0.12	16—18	11—14	1.8—2.5	2.0	1.0	0.035	0.03	Ti: 5(C%-0.02)~0.8
7	0Cr18Ni12Mo3Ti[中]	0.08	16—19	11—14	2.5—3.5	2.0	1.0	0.035	0.03	Ti: 5×C%~0.7
8	1Cr18Ni12Mo3Ti[中]	0.12	16—19	11—14	2.5—3.5	2.0	1.0	0.035	0.03	Ti: 5(C%-0.02)~0.8
9	UB ₆ [URANUSB ₆][法]	0.62	19—22	24—27	4—4.8	2.0	1.0	0.04	0.03	Cu1—2
10	A955 [日]	0.10	36—40	11—15	4—6	1	1.0			Fe≤5.0
11	A940 [日]	0.07	19—22	39—42	2.5—3.5	2.0	1.5			Ti: 0.6—1.2; Cu1.5—3
12	A725M [日]	0.08	23—26	24—27	4—5	2.0	1.5			Ti: 0.3~0.5
13	Sanicro 28 [瑞典]	0.02	27	31	3.5					Cu1.0
14	Alloy 20合金系:[美]									
	<1> NoB02D (即 Carpenter 20 cb3)	0.07	19—21	32—38	2.3	2.0	1.0	0.045	0.035	N ₆ 8×C—1.0; Cu3—4
	<2> Hastelloy B	0.05	≤1.0	余量	26—33	1.0	1.0	0.04	0.03	Co≤2.5; V≤0.6; Fe≤6
	<3> Hastelloy C	0.08	14.5— 16.5	余量	15—17	1.0	1.0	0.04	0.03	Co≤2.6; V≤0.35 W3—4.5
	<4> Hastelloy F	0.05	21—23	44—47	5.5~7.5	1—2	1.0	0.04	0.03	Co≤2.6; N ₆ 1.8—2.5 W≤1.0;
	<5> Hastelloy G	0.05	21—23	余量	5.5~7.5	1—2	1.0	0.04	0.03	Co≤2.5; N ₆ 1.75—2.5 W≤1.0; Cu1.5—2.5
15	K合金[1Cr24Ni20Mo2 Cu 3] [中]	0.12	23~25	19—21	2~3	0.3	1.25			
16	0Cr18Ni18Mo2Cu2Ti [中]	0.07	17—19	17—19	1.8—2.2	2.0	1.0	0.035	0.03	Ti≥7×C%: Cu1.8— 2.2
17	CD4MCu [美]	≤ 0.04	25~27	5	2	≤1	≤1	0.04	0.04	Cu2.75~3.25

第二章 磷矿加工设备

磷矿加工过程包括磷矿装卸、贮运、加工、成品输送，计量和給料系统等工序。

加工工序的主要设备是磷矿破碎和研磨机械。

常用的破碎机械有锤式破碎机、反击式破碎机、颚式破碎机和圆锥破碎机等。而中小型磷肥工厂普遍使用的破碎机械为反击式破碎机和颚式破碎机。

研磨机械的种类繁多，其分类方法亦多，如有按磨机的长度和直径之比；按研磨介质形状；按传动方式；按卸料方式等分类方法。如按操作方式分类还可分干法（包括风扫磨）和湿法磨。结合料浆法磷铵生产的特点，本章除将重点介绍湿法磨机外，还将介绍矿浆输送机。

2.1 反击式破碎机

2.1.1 工作原理

反击式破碎机的主要工作部件为带有板锤 2 的高速旋转的转子 1（图 2—1）。加入机内的矿块，在转子回转范围内受到板锤冲击，并被高速抛向反击板 3，再次受到冲击，加上矿石相互之间的碰撞，物料不断产生裂缝、松散而致粉碎。当物料粒度小于反击板与板锤之间的缝隙时即可排出。

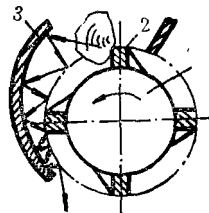


图 2—1 物料在破碎腔内运动示意图

图 2—2 所示为典型的反击式破碎机工作原理图。矿石的主要破碎过程是在 I 破碎腔内进行的，在此被反弹回来的矿石重复冲击条件最佳。当矿石经导料板 1 加入到锤击区 a 点时，会发生两种不同工况：一种是小块矿石受到板锤冲击后，将按板锤运动的切线方向沿着虚线被抛出。此时，接触角 $\phi = 90^\circ$ ，矿石所受的冲击力可以近似地认为是通过矿石重心，这就是最佳工况；另一种是大块矿石接触角 $\phi < 90^\circ$ 。由于偏心冲击而产生力矩，致使矿石呈 δ 角而明显偏斜地被抛出，并绕重心自转。为了消除偏心冲击产生的力矩，使物料更好地导入冲击区，而将加料导板 1 下端折成一定角度。同时，调整第一块反击板反击面 2，使它与抛射上去的矿石群的中心飞行方向近似于垂直。

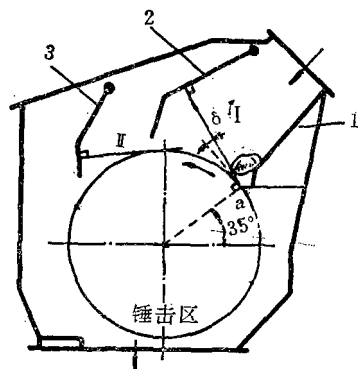


图 2—2 反击式破碎机工作原理图
1—加料导板； 2、3—反击板

矿石受到首次冲击后，在机内反复地来回抛掷，矿石不断破碎，然后进入 II 破碎腔，进一步冲击粉碎。

反击面 2 及 3 与转子间构成的缝隙大小，对排矿粒度组成有一定影响。

上述表明，反击式破碎机破碎作用，主要有三个方面：

1 自由破碎：进入破碎腔内的物料，受到高速板锤的冲击、物料之间相互的撞击、板锤与矿石、矿石之间的相互摩擦而破碎。