



化肥生产核心技术、 工艺流程与质量检测 标准实施手册

**HUAFEI SHENGCHAN
HEXIN JISHU,
GONGYI LIUCHENG YU
ZHILIANG JIANCE BIAOZHUN
SHISHI SHOUC**



**HUAFEI SHENGCHAN,
HEXIN, JISHU,
GONGYI, LIUCHENG, YU,
ZHILIANG, JIANCE, BIAOZHUN,
SHISHI, SHOUCHE**

R
70 44-62
4/3

化肥生产核心技术、工艺 流程与质量检测标准 实施手册

主编 吴 密

(第三册)

电子工业出版社



数据加载失败，请稍后重试！

目 录

第一篇 总论	(1)
第一章 化肥工业的历史回顾	(3)
第二章 化肥是促进粮食增产的基本要素	(16)
第三章 化肥生产的特殊性	(25)
第四章 新型肥料的生产及应用	(31)
第五章 化肥二次加工新技术	(37)
第六章 化肥标准实施与实施中存在的问题	(54)
第七章 国内外肥料市场态势	(59)
第八章 我国肥料工业未来发展的展望	(75)
第二篇 氮肥生产核心技术与工艺流程	(79)
第一章 概述	(81)
第一节 自然界中的氮	(81)
第二节 化学工业中的固氮方法	(84)
第二章 合成氨的生产核心技术与工艺流程	(96)
第一节 概述	(96)
第二节 合成氨原料气的制备技术与工艺流程	(138)
第三节 合成氨原料气的净化技术与工艺流程	(220)
第四节 合成氨生产过程中的气体压缩技术与工艺流程	(290)
第五节 氨的合成技术与工艺流程	(323)
第六节 合成氨生产工艺总流程	(437)
第七节 合成氨生产过程中的能量利用技术	(446)
第八节 合成氨生产过程中的自动控制技术	(482)
第九节 氨生产中的安全操作技术	(511)
第十节 液氨的贮存、运输和装卸技术	(529)
第三章 尿素的生产核心技术与工艺流程	(558)

第一节 概述	(558)
第二节 尿素的合成技术及主要影响因素	(571)
第三节 尿素生产中未反应物的分离技术与工艺流程	(600)
第四节 尿素生产中未反应物的回收技术	(615)
第五节 尿素溶液的蒸发和结晶技术与工艺流程	(633)
第六节 尿素造粒的生产核心技术与工艺流程	(663)
第七节 尿素生产中的各种副反应	(666)
第八节 造制尿素的各工工艺生产技术	(668)
第九节 尿素生产的工艺流程	(681)
第十节 尿素装置主要设备	(701)
第十一节 尿素生产中的腐蚀与防腐技术	(705)
第十二节 尿素工厂的试车技术	(710)
第十三节 尿素生产中各段的控制技术	(714)
第十四节 充分利用尿素生产中的能量	(720)
第十五节 尿素生产系统的产品能平衡	(723)
第十六节 尿素生产工艺的安全操作技术	(734)
第十七节 尿素生产的技术改进及发展	(736)
第四章 碳铵与联碱的生产核心技术与工艺流程	(741)
第一节 碳铵的生产核心技术与工艺流程	(741)
第二节 联碱的生产核心技术与工艺流程	(792)
第五章 硝酸和硝酸铵的生产核心技术与工艺流程	(808)
第一节 硝酸的生产核心技术与工艺流程	(808)
第二节 硝酸铵的生产核心技术与工艺流程	(873)
第六章 氮肥生产设备的检修、维护与保养技术	(897)
第一节 氮肥厂检修的目的及特点	(897)
第二节 氮肥设备检修的特点	(898)
第三节 氮肥检修安全技术要点	(899)
第七章 氮肥生产电气安全保障技术	(907)
第一节 电气防爆	(907)
第二节 防雷与防静电	(910)
第八章 氮肥生产过程中杀毒噪声的危害及防治技术	(917)
第一节 尘毒危害的特点与防治	(917)
第二节 噪声的危害与防治	(924)
第九章 氮肥的安全储运技术	(928)
第一节 运输通则	(928)

第二节 储存通则	(930)
第三节 氮肥生产过程中的主要化学危险物品的储存、运输安全管理技术	(931)
第十章 氮肥生产中的环保技术	(940)
第一节 氮肥生产与生态环境污染	(940)
第二节 氮肥工业废水处理技术	(943)
第三节 氮肥工业废气处理技术	(970)
第四节 氮肥工业废渣处理技术	(981)
第十一章 氮肥国家标准	(991)
 第三篇 磷肥生产核心技术与工艺流程	(1175)
第一章 概述	(1177)
第一节 磷肥的作用	(1177)
第二节 磷肥的品种	(1177)
第三节 磷肥的生产方法	(1180)
第四节 我国磷肥工业的现状	(1181)
第二章 磷矿的开采、选矿及前处理技术	(1183)
第一节 磷矿及我国的磷矿资源	(1183)
第二节 磷矿开采技术	(1185)
第三节 磷矿选矿技术	(1188)
第四节 磷矿的前处理技术	(1200)
第三章 湿法和热法磷酸的生产核心技术与工艺流程	(1202)
第一节 磷酸的性质	(1202)
第二节 湿法磷酸的生产核心技术与工艺流程	(1204)
第三节 元素磷和热法磷酸	(1295)
第四章 各种磷肥产品的生产核心技术	(1314)
第一节 酸法磷肥的生产核心技术	(1314)
第二节 热法磷肥的生产核心技术	(1339)
第五章 磷酸铵、硝酸钾和磷酸钾三类复合肥料的生产核心技术与工艺流程	(1348)
第一节 概述	(1348)
第二节 磷酸铵类复合肥的生产核心技术与工艺流程	(1351)
第三节 硝酸磷肥的生产核心技术与工艺流程	(1359)
第四节 磷的钾复合肥的生产核心技术术与工艺流程	(1385)
第六章 磷肥生产的综合利用与环保技术	(1393)

第一节 磷肥生产与生态环境污染	(1393)
第二节 现行标准主要内容摘录	(1396)
第三节 磷石膏的处理与综合利用技术	(1398)
第四节 氟硅酸溶液综合利用技术	(1404)
第七章 磷肥生产中的分析测定与注意事项	(1410)
第一节 磷肥生产中的安全动火分析测定与注意事项	(1410)
第二节 磷肥生产中的油品的分析测定与注意事项	(1413)
第三节 磷肥生产中的酚醛树脂的分析测定	(1419)
第四节 磷肥生产中环氧树脂的分析	(1422)
第八章 磷肥生产中的安全操作技术	(1431)
第一节 磷肥生产中的危险因素	(1431)
第二节 磷肥生产中的安全操作技术	(1431)
第九章 磷肥国家标准	(1435)
第十章 磷矿石国家标准	(1496)
第十一章 复合肥料国家标准	(1615)
 第四篇 钾肥的生产核心技术与工艺流程	 (1679)
第一章 概述	(1681)
第一节 钾肥生产的发展	(1681)
第二节 常用钾肥的成分和性质	(1682)
第三节 钾单位用量换算成钾肥和复合肥料单位用量	(1682)
第二章 钾矿及其开采技术	(1683)
第一节 钾肥工业生产的主要原料资源	(1683)
第二节 钾矿的开采技术	(1684)
第三章 钾肥的生产核心技术与工艺流程	(1685)
第一节 硫酸钾的生产核心技术与工艺流程	(1685)
第二节 氯化钾的生产核心技术与工艺流程	(1690)
第三节 其他原料钾肥的生产核心技术	(1703)
第四章 钾肥国家标准	(1705)
 第五篇 复混肥的生产核心技术与工艺流程	 (1729)
第一章 概述	(1731)
第一节 复混肥的发展历史	(1731)
第二节 复混肥的主要类型及品种	(1732)
第三节 复混肥料的理化特性与适用性	(1734)

第四节 复混肥在我国的发展和特点	(1742)
第二章 复混肥生产方法类型和基本生产原理	(1744)
第一节 复混肥的生产方法类型	(1744)
第二节 复混肥料的基本生产原理	(1745)
第三章 复混肥生产前的配方与选料技术	(1748)
第一节 复混肥料生产的配方设计	(1748)
第二节 复混肥料生产的选料技术	(1751)
第三节 复混肥生产的配料计算方法	(1756)
第四章 复混肥主要生产工艺技术	(1761)
第一节 掺混法生产工艺技术	(1761)
第二节 物理团粒法生产工艺技术	(1763)
第三节 料浆法生产工艺技术	(1766)
第四节 熔体造粒法生产工艺技术	(1769)
第五节 挤压法生产工艺技术	(1781)
第五章 复混肥料生产设备的规格及技术参数	(1786)
第一节 破碎设备的规格及技术参数	(1786)
第二节 混合设备的规格及技术参数	(1792)
第三节 造粒设备的规格及技术参数	(1796)
第四节 干燥设备的规格及技术参数	(1802)
第五节 冷却设备的规格及技术参数	(1804)
第六节 筛分设备的规格及技术参数	(1806)
第七节 包涂设备的规格及技术参数	(1809)
第八节 计量包装设备的规格及技术参数	(1811)
第六章 几种体系的复混肥生产工艺技术	(1813)
第一节 尿素-重过磷酸钙系复混肥的生产工艺技术	(1813)
第二节 其他二元、三元系复混肥的生产工艺技术	(1822)
第三节 高浓度硫基复肥的生产工艺技术	(1829)
第四节 硝酸钾的生产工艺技术	(1834)
第七章 功能性肥料的配制及生产核心技术	(1838)
第一节 微量元素肥料的配制及生产核心技术	(1838)
第二节 叶面肥料的配制及生产核心技术	(1851)
第三节 液体肥料的配制及生产核心技术	(1856)
第四节 缓释肥料的配制及生产核心技术	(1885)
第五节 有机-无机复混肥的配制及生产核心技术	(1891)
第八章 复混肥生产中的着色技术	(1920)

第一节	复混肥着色技术在工艺上的应用	(1920)
第二节	复混肥生产中着色剂的选用及其用量	(1922)
第三节	复混肥着色技术中应注意的问题	(1923)
第九章	复混肥的生产安全章程及设备安全防护技术	(1924)
第一节	复混肥的生产安全章程	(1924)
第二节	复混肥设备的安全防护技术	(1926)
第三节	复混肥设备的检修安全章程	(1927)
第四节	车间、化验室消防设施及操作人员的劳动防护技术	(1928)
第十章	复混肥料国家标准	(1930)
第六篇	硫酸生产核心技术与工艺流程	(2073)
第一章	概述	(2075)
第一节	硫酸工业简史	(2075)
第二节	我国硫酸工业生产技术的进展	(2077)
第三节	硫酸的性质和用途	(2080)
第四节	制造硫酸的原料	(2081)
第二章	硫铁矿的焙烧技术与工艺流程	(2086)
第一节	硫铁矿的焙烧原理	(2086)
第二节	沸腾焙烧的主要设备及工艺流程	(2090)
第三节	几种重要焙烧技术	(2101)
第三章	炉气净化与干燥的生产技术与工艺流程	(2108)
第一节	炉气净化的生产技术与工艺流程	(2108)
第二节	炉气干燥的生产技术与工艺流程	(2118)
第四章	二氧化硫转化的生产核心技术与工艺流程	(2122)
第一节	二氧化硫催化氧化的基本原理	(2122)
第二节	二氧化硫催化氧化用的钒催化剂及使用技术	(2126)
第三节	二氧化硫的转化工艺流程及主要转化设备	(2140)
第四节	二氧化硫转化的操作技术指标和正常操作调节	(2150)
第五节	二氧化硫转化过程中不正常情况的原因分析和处理	(2156)
第五章	三氧化硫吸收的生产核心技术与工艺流程	(2171)
第一节	三氧化硫吸收的基本原理	(2171)
第二节	三氧化硫吸收的工艺流程与主要生产设备	(2179)
第三节	100% SO ₃ 及高浓度发烟硫酸的制造技术与工艺流程	(2181)
第六章	其他含硫原料制取硫酸的生产核心技术与工艺流程	(2183)
第一节	硫磺制取硫酸的生产核心技术与工艺流程	(2183)

第二节 冶炼烟气制取硫酸的生产核心技术与工艺流程	(2186)
第三节 用石膏制硫酸的生产核心技术与工艺流程	(2187)
第七章 硫酸生产中的电化学保护应用技术	(2190)
第一节 电化学保护技术基本原理	(2190)
第二节 硫酸生产中的阳极保护应用技术	(2191)
第三节 硫酸生产中的阴极保护应用技术	(2191)
第八章 硫酸生产中的环境保护与综合利用技术	(2195)
第一节 硫酸工业污染物排放标准	(2195)
第二节 环境质量标准	(2198)
第三节 硫酸生产中的废气回收技术	(2199)
第四节 硫酸生产中的废水处理和稀酸利用技术	(2210)
第五节 硫酸生产中烧渣的综合利用技术	(2227)
第九章 硫酸生产中的安全操作技术	(2233)
第一节 原料工序中的安全操作技术	(2233)
第二节 焙烧工序中的安全操作技术	(2234)
第三节 净化工序中的安全操作技术	(2235)
第四节 转化工序中的安全操作技术	(2235)
第五节 干吸工序中的安全操作技术	(2235)
第六节 氨法尾气回收工序中的安全操作技术	(2237)
第七节 硫酸贮运的安全措施	(2238)
第八节 高浓度发烟硫酸和液体三氧化硫作业中的安全操作技术	(2239)
 第七篇 化学肥料相关国家标准	 (2243)
第一章 我国肥料标准化工作现状	(2245)
第二章 化肥基础标准与其他相关国家标准	(2248)
第一节 化肥基础标准与通用试验方法	(2248)
第二节 与化肥相关的国家标准	(2358)
第三节 进出口检验方法	(2414)

3. 功率 - 速度 - 尺寸模型

基本知识

湍流搅拌

搅拌器桨叶在液体中的位移产生了剪应力,使液体产生流动,即搅拌效应。如果桨叶位移很慢,那么剪切速率很小,液层之间以一种由粘滞力控制的有秩序方式互相滑移,这就是层流搅拌,也称为粘流搅拌。如果桨叶的速度以及剪切应力增加,就会达到某个临界点,此时层流被破坏并产生了无规则的旋涡运动。这种状态称为湍流搅拌。

在技术文献中,向湍流的转化通常被认为是由于惯性力超过了粘滞力的缘故。层流搅拌到湍流搅拌的转折点可以由雷诺数 N_{R_e} 来表征。

旋转搅拌器的雷诺数可计算如下:

$$N_{R_e} = \frac{\rho \times n \times D^2}{\mu} \quad (1)$$

式中 N_{R_e} ——叶轮的雷诺数;

ρ ——液体的相对密度, kg/m^3 ;

n ——转速, r/s ;

D ——叶轮直径, m ;

μ ——液体的粘度, $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ($1\text{Pa}\cdot\text{s} = 10\text{P} = 1000\text{mPa}\cdot\text{s} = 1000\text{cP}$)。

$N_{R_e} \geq 4000$ 时产生湍流搅拌条件。

磷酸反应槽中必须是湍流搅拌。在湍流搅拌的情况下,粘度的影响可以忽略;这就是研究工作可以简化之处。

30% P_2O_5 的磷酸在 $65-80^\circ\text{C}$ 时粘度约为 $0.02-0.03\text{P}$ ($2-3 \times 10^{-3} \text{Pa}\cdot\text{s}$)。当含 25% (体积) 小粒固体 (例如,磷酸反应料浆中产生的晶体) 时,粘度大约增加一倍,约为 $0.04-0.06\text{P}$ ($4-6 \times 10^{-3} \text{Pa}\cdot\text{s}$)。

即使在搅拌速度很低的磷酸反应槽中, N_{R_e} 值远远超过 4000,这可从直径 1m 的透平以 1r/s 旋转的实例看出 (对这种直径来说,这样的转速是低的)。

$$N_{R_e} = \frac{1550 \times 1 \times (1)^2}{4 \times 10^{-3}} = 387,000 \quad (2)$$

在实验室规模装置只用直径 10cm 的小透平、以 6.7r/s 旋转的情况下仍可得:

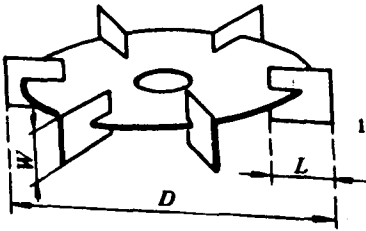
$$N_{R_e} = \frac{1550 \times 6.7 \times (0.1)^2}{4 \times 10^{-3}} = 25,900 \quad (3)$$

这点是非常重要的;它说明,在外推到所有实际使用场合时,搅拌器总是处于湍流搅拌条件下。

反应槽装置挡板

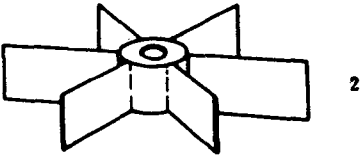
为了用相似的搅拌槽系统作计算,另一个重要的指标是涡流的形成,搅拌槽中的液体将会随搅拌器旋转,而液体的旋转会产生涡流,并且可以影响叶轮。于是,空气就能

被吸进液体中,使系统与想象的情况完全不同。为了避免发生这种情况,在所有的场合都必须考虑在反应槽内设置挡板(或相当于挡板的装置)。



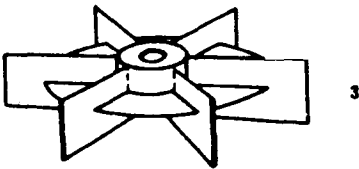
1. 圆盘上插垂直叶片的叶轮, 所谓拉什顿 (Rushton) 型

1a	$W = D/5$	$L = D/4$
1b	$W = D/8$	$L = D/4$



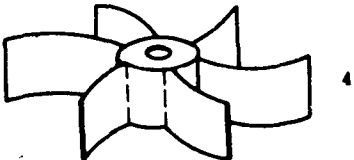
2. 轴套上插垂直叶片的叶轮

2a	$W = D/5$	$L = D/2$
2b	$W = D/8$	$L = D/2$



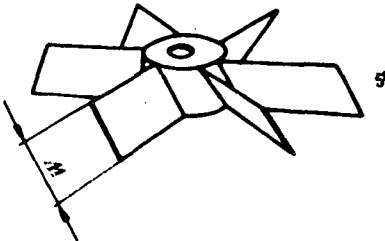
3. 圆盘上插垂直叶片的叶轮

3a	$W = D/5$	$L = D/2$
3b	$W = D/8$	$L = D/2$



4. 垂直弯曲叶片

4a	$W = D/5$	
4b	$W = D/8$	



5. 径向倾斜 (45°) 叶片

5a	$W = D/5$	$L = D/2$
5b	$W = D/8$	$L = D/2$

图 3-3-37 叶轮的型式

几何相似性

当相同型式的叶轮在相似的反应槽中满足下述相同的判据时,则两个体系(1 和 2)

之间达到几何相似性:

$$\text{叶轮: } b_1 = b_2 \quad \text{叶片数} \quad (4)$$

$$\frac{W_1}{D_1} = \frac{W_2}{D_2} \quad \text{叶片宽度/叶轮直径} \quad (5)$$

$$\frac{L_{b1}}{D_1} = \frac{L_{b2}}{D_2} \quad \text{叶片长度/叶轮直径} \quad (6)$$

$$a_1 = a_2 \quad \text{相同的叶片斜度} \quad (7)$$

$$\text{反应槽: } \frac{D_1}{T_1} = \frac{D_2}{T_2} \quad \text{叶轮直径/槽直径} \quad (8)$$

$$\frac{Z_1}{T_1} = \frac{Z_2}{T_2} \quad \text{液面高度/槽直径} \quad (9)$$

$$\frac{n_b W_b}{T_1} = \frac{n_b W_b}{T_2} \quad \frac{\text{挡板数目} \times \text{挡板宽度}}{\text{槽直径}} \quad (10)$$

$$\frac{C_1}{D_1} = \frac{C_2}{D_2} \quad \text{叶轮离底部的间距与叶轮直径之比} \quad (11)$$

$$\text{槽的形状} \quad \text{相同的槽形状} \quad (12)$$

直径:转速和功率

在工业磷酸生产工艺中,通常以每立方米搅拌料浆所用的马力或千瓦数表示单位功率消耗 W 。经验指出:当遵循一定的单位功率消耗值时,可得到较好的结晶和过滤性能。经验还指出,这些单位功率消耗值可以通过下式由一个反应槽外推到另一个尺寸不同但几何形状相似的反应槽:

$$W = Kn^3 D^2 \quad (13)$$

式中 W ——每立方米搅拌料浆所消耗的单位功率, $W^\text{①}$;

n ——每秒转数;

D ——叶轮的直径, m ;

K ——常数。

如果比较两个 $D_1 = D_2$ 的系统

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{n_1^3 D_1^2}{n_2^3 D_2^2} = \frac{n_1^3}{n_2^3} \quad \text{对于相同系统中速度变化的单位功率之比} \quad (14)$$

或者两个 $W_1 = W_2$ 的系统^③

$$\frac{W_1}{W_2} = 1 = \frac{n_1^3 \cdot D_1^2}{n_2^3 \cdot D_2^2} \quad \text{单位功率消耗 } W \text{ 恒定时要增加系统的尺寸} \quad (15)$$

搅拌反应槽的总功率消耗 P 为

① 本章中所用的功率消耗单位是瓦,但为了方便起见,并由于工业上通常以千瓦计,故如相对密度单位以每立方米的吨数表示,则功率消耗可直接用千瓦计算。这已在本章的实例研究中采用。

② 原文有误,已作修改——译者注。

③ 原文有误,已作修改——译者注。

$$P = V \times W = K_2 D^3 W \quad (16)$$

式(13)和(16)可以合并为

$$P = K_1 K_2 n^3 D^5 \quad (17)$$

和

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{n_1^3 D_1^5}{n_2^3 D_2^5} \quad (18)$$

式中 P ——搅拌器轴消耗的功率, W;
 V ——槽中搅拌液体的有效体积, m^3 ;
 K_1, K_2 ——常数。

值得注意的是,只有两个系统的几何形状相似时,这些式子才适用。例如,这些式子不能用于计算原来槽内叶轮直径的放大,因为在这种“叶轮直径改变”的情况下没有遵守几何形状相似性。式(13)和(17)中有两个常数 K_1 和 K_2 。这两个常数和料浆的相对密度($\rho, kg/m^3$)以及所考虑的搅拌器和槽系统的单位功率消耗数有关。该因子称之为功率数 N_p 。如果写为

$$K_1 K_2 = \rho \cdot N_p \quad (19)$$

那么

$$P = \rho \cdot N_p n^3 D^5 \quad (20)$$

式中 P ——搅拌器轴所消耗的功率, W;
 ρ ——相对密度, kg/m^3 ;
 N_p ——功率数。

功率数 N_p 是整个搅拌器与槽系统的特征数,系一种质量标记。在给定的槽内,搅拌器的直径和速度一定时, N_p 越高,所需要的搅拌功率越大。

在一个特定的装有挡板的槽中,每种型式的叶轮都有它自己的功率数。功率数作为雷诺数的函数而变化,但是当 Re 超过 10,000 时,功率数大体上保持不变。幸而这正是磷酸反应槽操作的范围。图 3-3-38 表示在一个标准的、充分装设挡板的圆筒型槽系统(图 3-3-37 所示)中不同型式叶轮的功率数。一个系统的功率数会受到由该系统几何形状决定的各种变量的影响。事实上,前面所指出的影响几何相似性的所有因素也影响功率数。

表 3-3-16 列出了充分装置挡板的圆筒型槽中用于搅拌的最典型叶轮的功率数。表 3-3-17 表示了某些变量对功率数的影响。

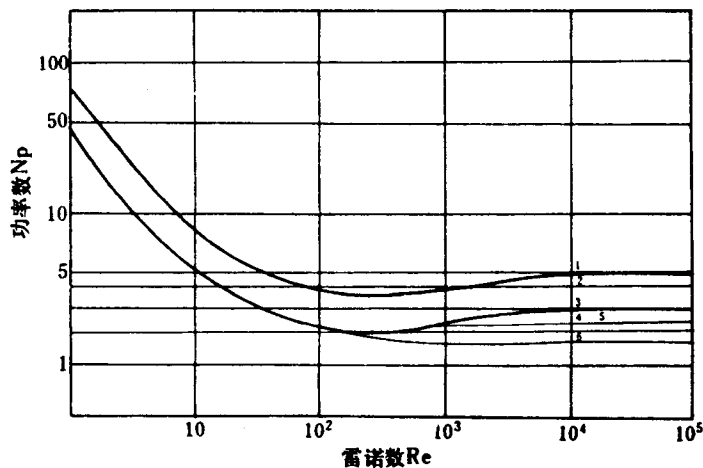


图 3-3-38 雷诺数对不同叶轮型式功率数的影响

表 3-3-16 各种叶轮型式的功率数^①

叶片的数目 与宽度	插在圆盘上 的径向叶片	插在轴套上 的叶片	倾斜的 叶片	叶片的数目 与宽度	插在圆盘上 的径向叶片	插在轴套上 的叶片	倾斜的 叶片
$W = \frac{1}{5}$				四个 $W = D/5$	4	3.2	1.6
				六个 $W = D/8$	3.1(1b)	2.5(2b)	1.5
六个 $W = D/5$	5(1a)	4(2a)	2(5)	四个 $W = D/8$	2.4	2.0	1.0

①根据充分装置挡板的圆筒型反应槽的标准条件($T = 3 - 5D$, $Z = T$, 四块挡板互成 90° , $W_b = 0.08T$, 距槽壁间距 2%, 距槽底间距为 $0.70D$), 而欲安装的相应叶轮型式所需功率数。表中括弧里的数字与字母是指图 5.8 所示叶轮型式。

资料来源:取自荷兰标准^[17]。

在大多数磷酸反应槽中,因为结构上和设备操作上有问题,不再设置挡板(提出用不规则的槽形状来代替)。因此,在这些槽中测得的功率数和充分装置挡板的试验槽不同,它们只能通过经验测定。

槽中的液位:叶轮离开底部的间距

浸没叶轮的液体高度影响一个系统的功率数 N_p 。在多数的磷酸反应槽中,液位大致相当于 $3 - 4D$ 。随着液位的增高,单级透平搅拌器在不产生旋涡时消耗相同的功率。

$$N_{P(1)Z(1)} = N_{P(2)Z(2)} \tag{21}$$

曲线(图 5.9)	1	2	3	4-5	6
叶轮见(图 5.8)	1a	2a	3a	2b 4b	5b

随着液位增高,多级透平搅拌器轴的功率数增加,在上部的叶轮接近于液位 Z 时尤其如此。这是由于涡流效应随着浸没叶轮的液位升高而减少。

表 3-3-17 在湍流条件下系统的几何尺寸对功率数的影响

变 量	功 率 数
叶轮的直径	如果没有旋涡的相互作用,以 5 次幂增加
叶轮叶片宽度, W	几乎按比例地增加
叶轮叶片长度 L	增加
叶轮叶片倾斜度, α	减少
叶片的数目, n	用六个叶片代替四个叶片时增加 1.26 倍
距槽底间距, C	若 $1.5D > C > 0.75D$, 没有改变[式(23)] ⁽¹⁸⁾
槽内挡板: n_b, W_b	增加,当 $n_b, W_b = 0.5T$ [式(22)]时达到最大值;装设足够挡板的圆筒形槽中功率数可达同样槽不装挡板时的五倍 ^(18,19) 。
液位, Z	只要叶轮完全浸没,则超出 $Z = T$ 时不会有明显的改变[式(33)]。
D/T 比	0.25—0.35;在装置挡板的圆筒形槽中没有变化;在方形槽中或挡板不足时有变化 ⁽¹⁶⁾ 。
气体存在	急剧下降
槽的形状	方形槽的 N_p 与装挡板的圆筒形槽一样,但受 D/T 比而影响;三角形和梯形槽的 N_p 较高,也受 D/T 比的影响

如果叶轮放置得离反应槽底部很近,功率数会发生变化,但是这种情况在为磷酸反应槽设计的系统中并不普遍,因为在反应槽中常常存在沉积物。在多数情况下,叶轮安装于距槽底约 $1D$ 处。稍为偏离这个数值不会使系统的功率数有很大变动。

叶轮型式和搅拌流量

从前面已经了解到搅拌流量是 ND^3 的函数,但是叶轮的型式不同,同样的能量输入或者同样的 ND^3 引起的搅拌流量也有多有少。换句话说,根据式(22):

$$Q = K_p \cdot N \cdot D^3 \tag{22}$$

每个叶轮有它自己的泵送系数 K_p 。表 5.4 列出了不同叶轮型式的泵送系数。

表 3-3-18 不同叶轮型式的泵送系数

叶 轮 型 式	六 叶 片	四 叶 片	三 叶 片
径向:垂直叶片 $W = D/5$	0.84	0.79	
轴向:倾斜叶片 $W = D/5$	0.97	0.86	
船用螺旋桨搅拌器			0.54