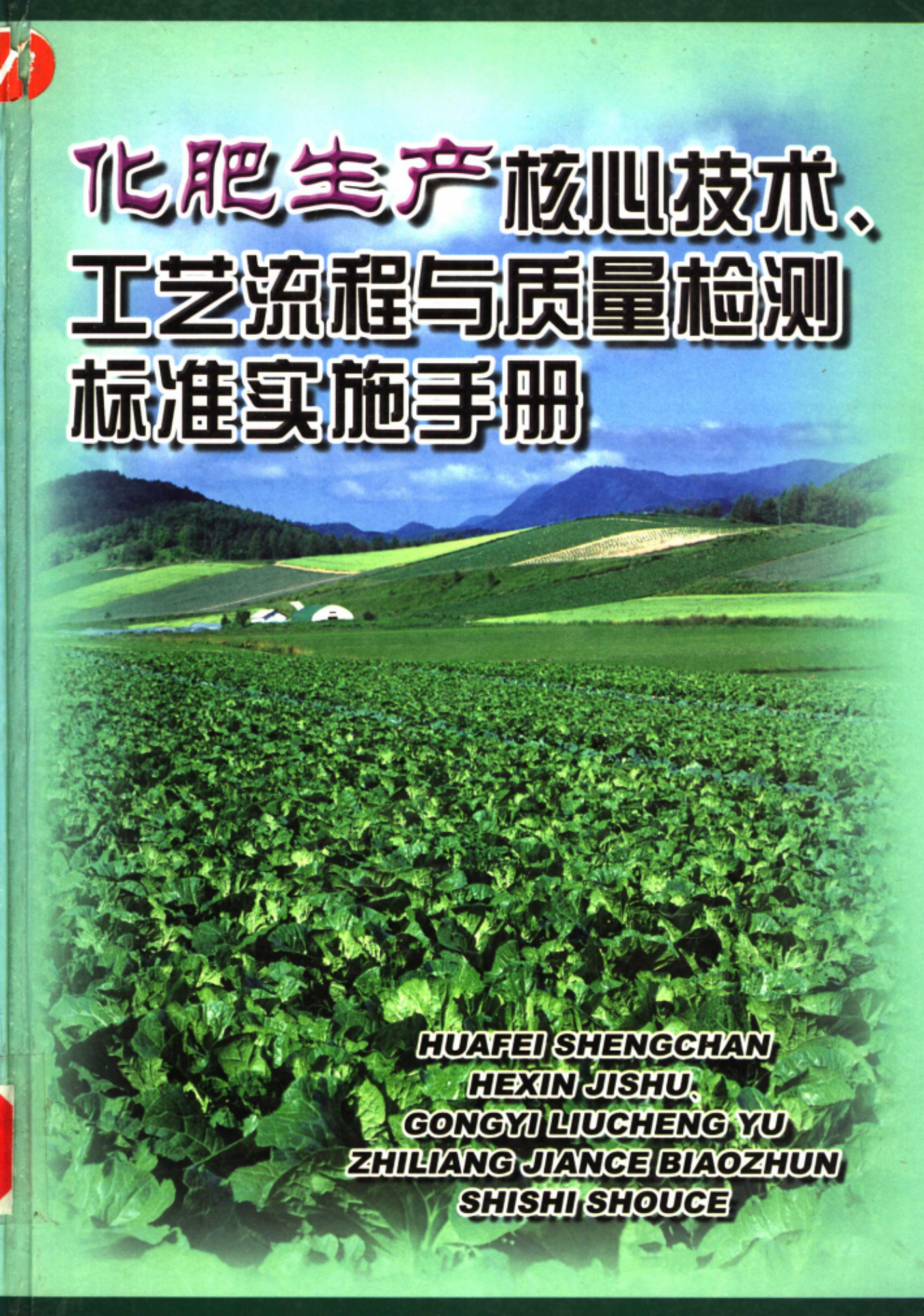




化肥生产核心技术、 工艺流程与质量检测 标准实施手册

**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
7044-62
4/1

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

(第一册)

电子工业出版社

文本名称：化肥生产核心技术、工艺流程与质量检测标准实施手册

文本主编：吴密

光盘出版发行：电子工业出版社

地址：北京市海淀区万寿路 173 信箱

邮编：100036

光盘生产：河北彩虹（集团）有限公司

出版时间：2002 年 8 月

光盘出版号：ISBN 7-900121-55-2/G00

定价：980.00 元 （1CD 赠配套资料四册）

前 言

化肥是重要的农用生产资料之一,在我国国民经济发展中占有重要的地位,它对农业生产持续稳定增产和提高国民生产总值都起着重要作用。

我国是一个农业大国,是世界上化肥生产和使用最多的国家。当前随着全球经济一体化进程的加快与 WTO 的加入,我国化肥工业必然受到来自国际同行业竞争的冲击与挑战。

化肥的生产,包括氮肥、磷肥、钾肥以及复混肥料等化学肥料的制造,是利用各种原料,在高温高压或低温负压下以及有催化剂存在等条件下,经过一系列的化学反应和净化分离等多道工序处理而得到的。化肥的生产过程具有高度的连续性,生产系统比较复杂,它的工艺流程较长,工艺参数要求严格,从而操作控制技术要求很高。

随着化肥工业的发展,我国化肥标准化工作取得了长足的进步,化肥标准体系逐步完善。在国际上,标准受到普遍重视,标准体系也极为完善,被喻为打开市场的“钥匙”。我国是农业大国,化肥是农业的“粮食”,化肥标准的制订和实施,促进了化肥产品质量的稳定和提高,为农业生产的健康发展提供了保障。《中华人民共和国标准化法》自 1988 年颁布至今,已进行了大量的修订与改进。

本书主要阐述了氮肥、磷肥、钾肥、复混肥料以及微量元素肥料等化学肥料的生产方法、基本原理、工艺条件的确定、生产工艺流程、主要设备的构造和工作原理、工艺计算、主要产品重点岗位操作控制要点和贮存、运输、装卸技术,以及生产过程中的安全操作、环境保护和综合利用技术,并对有关新工艺、新技术、新设备及发展动态作了介绍。同时,本书介绍了各种化肥分析测试方法,并收集了 2000 年和 2001 年最新颁布的化肥国家标准。

本书包括以下各篇:

第一篇:绪论;

第二篇:氮肥的生产核心技术、工艺流程与质量检测标准;

第三篇:磷肥的生产核心技术、工艺流程与质量检测标准;

第四篇:钾肥的生产核心技术、工艺流程与质量检测标准;

第五篇:复混肥的生产核心技术、工艺流程与质量检测标准;

第六篇:硫酸的生产核心技术、工艺流程与质量检测标准;

第七篇:化肥相关技术标准。

本书主要供从事化肥生产、科研、设计、施工、教学等有关部门,以及化肥使用单位的技术人员和管理干部参考阅读,也可供学习、查索化肥生产知识的人员使用。

本书编者为了保证书稿质量,请了一些专家对全书的主要篇章作了审查。全书主要篇章的内容反映了 20 世纪 90 年代的生产技术水平,为当前化肥工业生产技术的基礎理论研究与实务操作提供了可靠的参考。

由于我们的水平有限,书中难免有不足和错误之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2002 年 7 月

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)

第一篇

总 论

第一章 化肥工业的历史回顾

虽然人类施用肥料的历史可以一直追溯到远古时代,然而化肥登上舞台却是 19 世纪以后的事。当时,为推动农业生产的发展,对作物的营养和矿物的肥效进行了广泛的试验。在这些研究中,以 Justus von Liebig(利比希)的工作最为重要:1840 年他确定了几种为作物生长发育所必不可少的矿物,还建议用硫酸处理兽骨。Liebig 工作的真正含义在于他第一次提出了必须对天然物质进行化学加工,才能显示出它们的肥效。

1842 年 Murray 和 Lawes 几乎同时获得了生产普通过磷酸钙的专利。然而 Murray 的专利强调了可以用磷矿代替兽骨作为原料。随后 Lawes 用 Murray 的专利开始制造普通过磷酸钙。第一个生产普通过磷酸钙的工厂则由 Edward Packard 在 1854 年建于英国的 Ipswich,不久即推广到许多国家。不过,在丰富的磷矿资源被发现之前,生产的主要原料仍然是兽骨。大约在 1867~1868 年美国 Baltimore 厂才开始改用磷矿。普通过磷酸钙垄断磷肥工业的局面一直持续到了 20 世纪上半叶。

湿法磷酸在 1850~1852 年开始投入生产,主要用于制磷,原料也是兽骨,1870~1872 年德国首先生产肥料用酸,1900 年西欧已有 12 家公司生产磷酸供制重过磷酸钙,原料也已改用磷矿。但是由于磷酸是间歇生产的,不能与美国用高品位磷矿生产普通过磷酸钙相竞争,所以生产量不断减少。在美国 Baltimore,1880 年也开始生产磷酸制造重过磷酸钙,由于同样的理由也没有得到多大发展。电炉制磷是这个时期的重要发明之一。在此之前,磷都是使磷酸混入碳后在粘土罐中蒸馏制到的。这种制磷方式现在看来显然极不合理,然而却是当时的唯一磷源。1844 年英国元素磷年产量为 0.75 吨,1851 年便达到年产 26.5 吨。1867 年 E. Aubertin 和 L. Boblique 建议在加热密闭容器中直接用焦、砂还原磷矿制磷,开始了直接以磷矿制磷的研究。1968 年,Charles D. Abel 获得高炉制磷专利。然而,真正实现元素磷连续生产的是 James Burgess Readman。他先于 1877 年建立一个试验高炉,由于不能维持足够的熔融温度而未获成功,遂于 1888 年改用电炉。Readman 的小型电炉耗电已达 $9\text{kWh}/1\text{b}(20\text{kWh}/\text{kg})$ 的水平运转。第一个工业电炉在 1890 年建于英国 Wednesfield,紧接着法国(1891)、德国(1892)、加拿大(1893)和美国(1897)等国也陆续建厂投产,从此开始了磷肥生产中湿法和热法

两大加工路线的对峙。

钢渣磷肥的使用从另一个侧面支持了热法路线的发展,成为热法磷肥的先驱。1877年 Thomas 和 Gilchrist 为了从含磷铁矿制取优质钢,提出了从生铁中除磷的方法。其副产炉渣含有较多枸溶性磷。1882年 Wagner 发现可作为磷肥使用后,便得到了推广应用。这种炉渣后来称之为钢渣磷肥,并成为西欧的传统磷肥品种,长期以来其重要性一直仅次于普通过磷酸钙。

氮肥工业的起步大约要比磷肥晚半个世纪,那时的氮肥市场上只有智利硝石和副产硫酸铵(以下简称硫铵)供应,各种固定氮方法尚在探索之中。

智利硝石的肥效是 1809 年 Toddes Haenke 发现的,1830 年就有硝石外运,1880 年智利政府开始组织大规模开采和出口。这种硝石经过简单加工后可以获到相当纯净的硝酸钠和硝酸钾,在相当长的一段时期内成为世界各国的主要氮源。从煤干馏所到气体中回收氨的作法由来已久,然而只是在 1885 年以后,随着煤焦工业的迅速发展和回收方法的不断完善,方才使得副产硫铵不仅在数量上而且在经济上也达到可以和智利硝石相竞争的地步。

探索的固定氮途径主要有三条:电弧法、氰氨法和合成氨法。

电弧法的研究集中在 20 世纪初,看来是当时最热门的固定氮方法。各式各样的装置和五花八门的方法被提了出来,其中经过工业试验而建厂的就有 Bradley - Lovejoy 法、Birkeland - Eyde 法、Pauling 法以及 Schönherr 法等。然而,这类通过放电使空气中氮以氧化氮形态固定,最终以硝酸形态回收的方法,由于经济原因而未能存留下来。

另一方面,1895 年 Adolf Frank 和 Nikodem Caro 首倡的氰氨法问世。这种原来是使碳化钙氮化制取氰化物过程中的中间产物氰氨化钙,后经 Wagner 等人证实其肥效,终于 1907 年在意大利水电丰富的 Piano d' Orta 建厂,产品称之为石灰氮。石灰氮除作为肥料外,还兼有调理土壤和杀虫等作用,颇受农户欢迎。石灰氮用过热蒸汽处理后能释放出氨,在当时还是一个重要的氮源。

在这些探索中,作为现代氮肥工业基础的合成氨的发现当然是最为重要的。关于氨的合成,早期已有许多实验室研究,特别由于催化剂和化学平衡方面数据的积累,使得当时哈伯已经能够在实验室中建设一套 80g/h 氨合成示范装置。哈伯 1908 年获得的专利则进一步使之在工业上成为可能,它所叙述的使未反应氮氢气返回重新合成的原理至今仍为合成氨生产所遵循。1913 年 BASF 在德国 Oppau 建成并投入运转了世界上第一套合成氨示范装置。这套装置规模是产氨 30t/d,采用了一氧化碳变换,高压水洗脱除二氧化碳和铜氨液洗涤精制,并用以铁为主体的氨合成催化剂。这已完全具备了现代氨厂的主要特征,从而使氮肥工业进入了新纪元。

钾肥工业以德国 StaBfurt 钾石盐矿的开采为起点。该矿 1839 年正式开采,1860 年左右发现其肥料价值后即广为使用。从该矿采得的光卤石、钾石盐和钾盐镁矾很容易加工制得氯化钾和硫酸钾,直到现在后两者依然是钾肥中最重要的两个品种。