

The Handbook
of
Water Treatment Agents
& Formulations

严莲荷 主编

水
处
理
药
剂

及
配
方
手
册

Water

中國石化出版社

水处理药剂及配方手册

严莲荷 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书共分六章。前五章分别介绍了絮凝剂、缓蚀剂、阻垢剂、杀生剂、清洗剂五类共 200 余种工业水处理药剂的名称、分子式、结构式、物化性能、合成方法、产品质量标准、检测方法,及其在工业水处理领域中的用途、作用机理、使用方法及特点和注意事项,对药剂的安全卫生与防护、包装与储运作了详细说明,并推荐了生产厂家。同时,还介绍和推荐了国内外最新研究的并且有开发价值的新品种及对环境友好、无污染的绿色产品;第六章根据国内外水处理工作者的科研与实践经验,编排了有协同增效效应的各类水处理复合配方共 300 余条。

本书内容丰富,叙述详细,可供从事水处理科研和生产的技术、工程人员、管理人员、营销人员参考使用。也可作为大专院校有关专业师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

水处理药剂及配方手册/严莲荷主编.
—北京:中国石化出版社,2003
ISBN 7-80164-468-9

I. 水… II. 严… III. 水处理药剂—配方—手册
IV. TU991.2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 100291 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

北京大地印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 16 开本 38.25 印张 1001 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷

定价:85.00 元

京工商广临字 20030055 号

前 言

我国是世界上水资源匮乏的国家之一，由于国民经济突飞猛进的发展和环境污染日趋严重的因素，缺水现象和水质恶化问题日益突出，水处理的任务日益重要。对于原水、生活用水、生产用水和污水的处理核心问题——水处理药剂的研究和应用，一直是各国水处理工作者研究开发的热点。全面认识及用好水处理药剂，使其达到最佳的应用效果，是各工矿企业、水处理工程技术人员和科研工作者最为关注的内容。

为了促进我国水处理技术的发展，方便水处理企业和水处理工作者正确选择和安全使用水处理药剂，提高水处理药剂在实际生产中的应用效果，中国石化出版社组织南京理工大学水处理研究所及中国石油化工集团水处理药剂评定中心多年来从事水处理技术研究应用的专家、学者合作编写了《水处理药剂及配方手册》一书。围绕水处理药剂的应用，全书共分六章，前五章根据药剂的结构按无机化合物、有机化合物、高分子化合物、表面活性剂化合物等排序，根据功能和用途分类，详细介绍了絮凝剂、缓蚀剂、阻垢剂、杀生剂、清洗剂等五类共 200 余种工业水处理药剂的名称、分子式、结构式、物化性能、合成方法、产品质量标准及检测方法，还重点介绍了它们在工业水处理领域中的用途、作用机理、使用方法及特点和注意事项。对这些药剂的安全卫生与防护、包装与储运作了详细说明，并推荐了生产厂家。同时，还介绍和推荐了国内外最新研究的并且有开发价值的新品种及对环境友好、无污染的绿色产品。第六章根据国内外水处理工作者的科研与实践经验，编排了有协同增效效应的各类水处理药剂复合配方共 300 余条。针对目前国内有关清洗技术和清洗药剂的文献相对匮乏的现状，本书对清洗技术、清洗原理和清洗用药剂作了详尽的介绍。

药剂的品种基本涵盖了工业水处理过程中所必需的各种药剂和配方。内容详细可靠，实用性强。在本书的附录中，附有部分药剂的国标和行标号，并附有中石化部分水处理药剂标准。

相信本书将会对广大的从事水处理技术和水处理药剂的科研、设计、生产、

销售和监测人员有一定的帮助。

本书第一章内容由陈守文编写，第二、三章由王瑛编写，第四章由赵晓蕾编写，第五章由严莲荷编写，第六章由金栋、严莲荷、王瑛、赵晓蕾、陈守文编写。附录中石化标准由金栋提供。全书由严莲荷任主编。

在本书的编写过程中，南京理工大学水处理研究所柴明成、程媛、房翠屏、陶玉红、邵宏楠、李春玲、周申范等同志及研究生傅佳骏、沈培新、姜涛、王剑虹、潘爱琴、王伟、张建强、陈华、李燕、蒋齐光、曹云萍等参与了资料的收集整理和稿件的校对打印等工作，在此一并表示衷心的感谢。

限于编者水平和时间有限，本书虽几经修改与校对，疏漏和错误在所难免，敬请广大读者见谅并提出宝贵意见。

编 者

目 录

第1章 絮凝剂

概述	(1)
1.1 无机絮凝剂	(1)
1.1.1 结晶氯化铝	(1)
1.1.2 硫酸铝	(3)
1.1.3 氯化铁	(5)
1.1.4 硫酸铁	(7)
1.1.5 硫酸亚铁	(9)
1.1.6 硫酸铝铵	(10)
1.1.7 硫酸铝钾	(12)
1.1.8 聚合氯化铝	(14)
1.1.9 聚合硫酸铝	(16)
1.1.10 聚合氯化铁	(16)
1.1.11 聚合硫酸铁	(17)
1.1.12 改性聚合氯化铝	(20)
1.1.13 聚合氯化铝铁	(21)
1.1.14 聚合氯化硫酸铁	(23)
1.1.15 聚硅氯化铝	(24)
1.1.16 聚硅硫酸铝	(25)
1.1.17 硅藻土	(26)
1.2 有机絮凝剂	(28)
1.2.1 羧甲基淀粉钠	(28)
1.2.2 羧甲基纤维素钠	(30)
1.2.3 淀粉-丙烯酰胺接枝聚合物	(31)
1.2.4 单宁	(32)
1.2.5 壳聚糖	(34)
1.2.6 聚丙烯酰胺	(35)
1.2.7 聚氧化乙烯	(37)
1.2.8 聚二甲基二烯丙基氯化铵	(39)
1.2.9 氨-环氧氯丙烷缩聚物	(41)
1.2.10 二甲基二烯丙基氯化铵-丙烯酰胺共聚物	(42)
1.2.11 丙烯酸二甲胺乙酯氯甲烷共聚物	(43)
1.2.12 聚2-羟丙基-1,1-N-二甲基氯化铵	(44)
1.2.13 聚亚乙基亚胺	(45)
1.2.14 聚乙烯基咪唑啉	(46)

1.3 助凝剂	(47)
1.3.1 氧化钙	(47)
1.3.2 碳酸钠	(48)
1.3.3 盐酸	(49)
1.3.4 硫酸	(51)
1.3.5 液氯	(52)
1.3.6 次氯酸钙	(53)
1.3.7 次氯酸钠	(55)
1.3.8 硅酸钠	(56)
1.3.9 膨润土	(57)
1.3.10 硅藻土	(58)
1.3.11 沉淀碳酸钙	(58)
1.3.12 海藻酸钠	(60)
1.3.13 骨胶	(62)
1.3.14 黄原胶	(62)
1.3.15 聚丙烯酰胺	(64)
1.3.16 阳离子型聚丙烯酰胺	(64)
1.3.17 阴离子聚丙烯酰胺	(65)

第2章 缓蚀剂

概述	(67)
2.1 无机缓蚀剂	(68)
2.1.1 氯化锌	(68)
2.1.2 硫酸锌	(71)
2.1.3 亚硝酸钠	(74)
2.1.4 重铬酸钠	(77)
2.1.5 铬酸钠	(79)
2.1.6 硅酸钠	(81)
2.1.7 钼酸钠	(86)
2.1.8 钨酸钠	(89)
2.1.9 四硼酸钠	(91)
2.1.10 三聚磷酸钠	(94)
2.1.11 六偏磷酸钠	(98)
2.2 有机膦酸盐和有机膦酸酯类缓蚀剂	(102)
2.2.1 羟基亚乙基二膦酸	(102)
2.2.2 氨基三亚甲基膦酸	(108)
2.2.3 乙二胺四亚甲基膦酸	(111)
2.2.4 二亚乙基三胺五亚甲基膦酸	(115)
2.2.5 六亚甲基二胺四亚甲基膦酸	(118)

2.2.6	2-膦酸基-1,2,4-三羧酸丁烷·····	(120)
2.2.7	2-羟基膦基乙酸·····	(125)
2.2.8	S-羧乙基硫代琥珀酸·····	(127)
2.2.9	N,N,N-三亚甲基三膦酸-乙二 胺-N-羟丙磺酸·····	(128)
2.3	有机胺缓蚀剂·····	(129)
2.3.1	一乙醇胺·····	(129)
2.3.2	二乙醇胺·····	(132)
2.3.3	三乙醇胺·····	(134)
2.3.4	十六胺·····	(136)
2.3.5	十八胺·····	(138)
2.3.6	双十六胺·····	(140)
2.3.7	环己胺·····	(141)
2.3.8	吗啉·····	(143)
2.3.9	三乙烯二胺·····	(145)
2.3.10	甲氧基丙胺·····	(146)
2.3.11	二乙氨基乙醇·····	(148)
2.4	唑类缓蚀剂·····	(149)
2.4.1	苯并三氮唑·····	(149)
2.4.2	甲基苯并三唑·····	(152)
2.4.3	巯基苯并噻唑·····	(154)
2.5	其他缓蚀剂·····	(157)
2.5.1	单宁·····	(157)
2.5.2	葡萄糖酸钠·····	(159)
2.5.3	苯甲酸钠·····	(161)
2.5.4	水杨酸钠·····	(163)

第3章 阻垢分散剂

概述·····	(165)
3.1 有机膦酸盐和膦酸酯·····	(165)
3.1.1 氨基三亚甲基膦酸·····	(165)
3.1.2 乙二胺四亚甲基膦酸·····	(165)
3.1.3 羟基亚乙基二膦酸·····	(166)
3.1.4 二亚乙基三胺五亚甲基膦酸·····	(166)
3.1.5 六亚甲基二胺四亚甲基膦酸·····	(166)
3.1.6 2-羟基膦酰基乙酸·····	(166)
3.1.7 2-膦酸基-1,2,4-三羧酸丁烷·····	(166)
3.1.8 多元醇膦酸酯·····	(166)
3.1.9 聚醚多氨基亚甲基膦酸盐-N- 氧化物·····	(169)
3.1.10 膦酰基羧酸·····	(169)
3.1.11 多氨基多醚基亚甲基膦酸·····	(170)
3.2 聚合物·····	(171)
3.2.1 聚丙烯酸·····	(171)
3.2.2 聚丙烯酸钠·····	(174)

3.2.3 聚马来酸·····	(177)
3.2.4 聚环氧琥珀酸·····	(180)
3.2.5 聚天冬氨酸·····	(182)
3.2.6 马来酸-醋酸乙烯共聚物·····	(184)
3.2.7 马来酸酐-磺化苯乙烯共聚物·····	(185)
3.2.8 丙烯酸-丙烯酸羟丙酯共聚物·····	(187)
3.2.9 丙烯酸-丙烯酸甲酯共聚物·····	(189)
3.2.10 丙烯酸钠-甲基丙烯酸羟乙酯- 丙烯酸甲酯共聚物·····	(191)
3.2.11 丙烯酸-丙烯酸羟丙酯-次磷酸 钠调聚物·····	(193)
3.2.12 丙烯酸-2-丙烯酰胺-2-甲基 丙烷磺酸-次磷酸调聚物·····	(194)
3.2.13 马来酸-丙烯酸共聚物·····	(195)
3.2.14 丙烯酸-2-甲基-2-丙烯酰胺 基丙烷磺酸共聚物·····	(197)
3.2.15 次膦酸基聚丙烯酸·····	(201)
3.3 其他·····	(202)
3.3.1 单宁·····	(202)
3.3.2 木质素磺酸钠·····	(202)
3.3.3 腐殖酸钠·····	(205)

第4章 杀生剂

概述·····	(206)
4.1 氧化性杀生剂·····	(207)
4.1.1 氯·····	(207)
4.1.2 溴·····	(210)
4.1.3 碘·····	(212)
4.1.4 二氧化氯·····	(215)
4.1.5 次氯酸钠·····	(218)
4.1.6 亚氯酸钠·····	(220)
4.1.7 次氯酸钙·····	(222)
4.1.8 臭氧·····	(224)
4.1.9 过氧化氢·····	(226)
4.1.10 高锰酸钾·····	(229)
4.1.11 高铁酸钾·····	(231)
4.1.12 过氧乙酸·····	(233)
4.1.13 二氯异氰尿酸·····	(234)
4.1.14 二氯异氰尿酸钠·····	(236)
4.1.15 三氯异氰尿酸·····	(237)
4.1.16 溴氯海因·····	(239)
4.2 非氧化性杀生剂·····	(241)
4.2.1 季铵盐化合物·····	(241)
4.2.1.1 氯化十二烷基二甲基苄基铵·····	(241)
4.2.1.2 溴化十二烷基二甲基苄基铵·····	(244)

第5章 清洗剂

4.2.1.3 氯化十四烷基二甲基苄基铵 ... (246)	概述 (304)
4.2.1.4 氯化十六烷基二甲基苄基铵 ... (247)	5.1 粘泥剥离剂 (305)
4.2.1.5 氯化十八烷基二甲苄基铵 (248)	5.2 碱性清洗剂 (305)
4.2.1.6 氯化十二烷基三甲基铵 (250)	5.2.1 氢氧化钠 (305)
4.2.1.7 氯化十六烷基三甲基铵 (251)	5.2.2 碳酸钠 (310)
4.2.1.8 氯化十八烷基三甲基铵 (253)	5.2.3 磷酸钠 (315)
4.2.1.9 混合氯化二烷基($C_8 \sim C_{10}$) 二甲基铵 (254)	5.2.4 硅酸钠 (317)
4.2.1.10 氯化双十二烷基二甲基铵 ... (255)	5.3 酸性清洗剂 (317)
4.2.1.11 氯化双十八烷基二甲基铵 ... (256)	5.3.1 盐酸 (317)
4.2.1.12 氯化十六烷基吡啶 (258)	5.3.2 硫酸 (322)
4.2.1.13 聚季铵盐 (259)	5.3.3 硝酸 (330)
4.2.2 氯酚类化合物 (260)	5.3.4 磷酸 (335)
4.2.2.1 邻氯苯酚 (260)	5.3.5 氨基磺酸 (339)
4.2.2.2 对氯苯酚 (261)	5.3.6 氢氟酸 (346)
4.2.2.3 2,3-二氯苯酚 (263)	5.3.7 柠檬酸 (350)
4.2.2.4 2,4-二氯苯酚 (264)	5.3.8 甲酸 (358)
4.2.2.5 2,5-二氯苯酚 (266)	5.3.9 乙酸 (361)
4.2.2.6 五氯苯酚 (267)	5.3.10 羟基乙酸 (364)
4.2.2.7 五氯苯酚钠 (268)	5.3.11 羟基亚乙基二磷酸 (367)
4.2.2.8 双氯酚 (270)	5.3.12 乙二酸 (367)
4.2.3 有机硫化物 (272)	5.4 清洗缓蚀剂 (373)
4.2.3.1 二硫氨基甲烷 (272)	5.4.1 碘化钾 (373)
4.2.3.2 4-异噻唑啉-3-酮 (273)	5.4.2 硫氰酸钠 (375)
4.2.3.3 福美锌 (277)	5.4.3 三氧化二砷 (378)
4.2.3.4 乙基硫代亚磺酸乙酯 (278)	5.4.4 三氯化铋 (381)
4.2.3.5 棉隆 (280)	5.4.5 脂肪胺 (383)
4.2.4 有机锡化合物 (281)	5.4.6 苯胺(及其衍生物) (383)
4.2.4.1 双三丁基氧化锡 (282)	5.4.7 六亚甲基四胺 (387)
4.2.5 醛类化合物 (283)	5.4.8 硫脲(及其衍生物) (390)
4.2.5.1 戊二醛 (283)	5.4.9 二乙基硫脲 (394)
4.2.5.2 丙烯醛 (286)	5.4.10 N, N' -二邻甲基苯基硫脲 (396)
4.2.5.3 水杨醛 (288)	5.4.11 吡啶(及其衍生物) (398)
4.2.6 铜盐 (290)	5.4.12 喹啉(及其衍生物) (402)
4.2.6.1 硫酸铜 (290)	5.4.13 咪唑啉(及其衍生物) (406)
4.2.7 有机溴化合物 (292)	5.4.14 羟基亚乙基二磷酸 (412)
4.2.7.1 2,2-二溴-3-次氨基丙酰胺 ... (292)	5.4.15 氨基三亚甲基膦酸 (412)
4.2.7.2 溴硝基苯乙烯 (294)	5.4.16 苯并三氮唑 (412)
4.2.8 其他有机化合物 (295)	5.4.17 甲基苯并三唑 (412)
4.2.8.1 甲硝唑 (295)	5.4.18 巯基苯并噻唑 (412)
4.2.8.2 十六烷基二甲基(2-亚硫酸) 乙基铵 (297)	5.4.19 丙炔醇(及其衍生物) (412)
4.2.8.3 磷盐 (299)	5.4.20 甲醛 (416)
4.2.8.4 十四烷基三丁基氯化磷 (300)	5.5 整合清洗剂 (420)
4.2.8.5 水合肼 (301)	5.5.1 柠檬酸 (420)

5.5.2 乙二胺四乙酸	(421)	6.2.10 2-膦酰基-1,2,4-羧酸丁烷 (PBTCA)类缓蚀阻垢剂	(479)
5.5.3 次氨基三乙酸	(426)	6.2.11 羟基亚乙基二膦酸(HEDP)类阻垢、 缓蚀剂	(480)
5.5.4 羟基亚乙基二膦酸	(428)	6.2.12 聚马来酸系列阻垢缓蚀剂	(482)
5.5.5 葡萄糖酸钠	(428)	6.2.13 乙二胺四乙酸水质稳定剂	(483)
5.6 还原剂	(428)	6.2.14 氨基三亚甲基膦酸水质稳定剂	(483)
5.6.1 氯化亚锡	(428)	6.2.15 马来酸酐-丙烯酸共聚物膦酸 型水质稳定剂	(484)
5.7 铜离子掩蔽剂	(430)	6.2.16 二亚乙基三胺五亚甲基膦酸系列 水质稳定剂	(484)
5.7.1 硫脲(及其衍生物)	(430)	6.2.17 乙醇胺类水质稳定剂	(485)
5.7.2 二乙基硫脲	(430)	6.2.18 其他水质稳定剂	(485)
5.7.3 <i>N,N'</i> -二邻甲苯基硫脲	(430)	6.3 杀菌消毒灭藻剂	(488)
5.8 助溶剂	(431)	6.3.1 杀菌消毒剂	(488)
5.8.1 氟化氢铵	(431)	6.3.2 杀菌灭藻剂	(490)
5.8.2 溴酸钾	(433)	6.4 清洗剂	(493)
5.9 润湿剂(表面活性剂)	(436)	6.4.1 除油脱脂剂	(493)
5.9.1 壬基酚聚氧乙烯醚	(436)	6.4.2 中性清洗剂	(495)
5.9.2 脂肪醇聚氧乙烯醚	(439)	6.4.3 碱性清洗剂	(496)
5.9.3 烷醇酰胺	(441)	6.4.4 酸性清洗剂配方	(498)
5.9.4 琥珀酸二烷酯磺酸钠	(443)	6.4.5 漂洗剂	(510)
5.9.5 石油磺酸钠	(445)	6.4.6 钝化、防锈及预膜剂	(510)
5.10 其他助剂	(448)	6.4.7 磷化液	(512)
5.10.1 氨	(448)	6.4.8 其他水质稳定剂	(513)
5.10.2 亚硝酸钠	(450)	6.4.8.1 锅炉阻垢剂	(513)
5.10.3 苯甲酸	(450)	6.4.8.2 消泡剂配方	(514)
5.10.4 苯甲酸钠	(453)	6.4.9 国外主要品牌清洗剂配方	(514)
5.10.5 杂醇油(消泡剂)	(455)	6.4.10 国内酸洗缓蚀剂应用一览表	(516)
5.10.6 高效复合有机硅消泡剂	(456)	附录1 各种水处理药剂的质量标准号	(518)
第6章 水处理药剂配方		附录2 中石化水处理药剂质量标准	(521)
6.1 絮凝剂	(459)	羟基亚乙基二膦酸	(521)
6.1.1 以有机高分子为主的絮凝剂	(459)	乙二胺四亚甲基膦酸钠	(530)
6.1.2 以无机絮凝剂为主的配方	(460)	聚偏磷酸钠	(539)
6.1.3 废水处理用絮凝剂配方	(460)	聚丙烯酸、聚丙烯酸钠	(547)
6.1.4 新型絮凝剂	(462)	水解聚马来酸酐	(553)
6.2 复合缓蚀阻垢剂配方	(464)	丙烯酸-丙烯酸酯类共聚物	(559)
6.2.1 钼系冷却水处理剂	(464)	复合阻垢缓蚀剂	(565)
6.2.2 硅酸盐系冷却水处理剂	(466)	十二(十四)烷基二甲基苄基氯化铵	(572)
6.2.3 三聚磷酸钠水质稳定剂	(468)	异噻唑啉酮衍生物	(577)
6.2.4 六偏磷酸钠水质稳定剂	(470)	丙烯酸/2-甲基-2'-丙烯酰胺基丙烷 磺酸类聚合物	(582)
6.2.5 亚硝酸钠及铬酸盐系列水质 稳定剂	(473)	2-膦酰基-1,2,4-三羧酸丁烷	(589)
6.2.6 木质素磺酸型水处理剂	(474)	稳定性二氧化氯	(598)
6.2.7 腐殖酸系列水质稳定剂	(475)		
6.2.8 AEDP水质稳定剂	(476)		
6.2.9 聚丙烯酸(钠)系列水质稳定剂	(476)		

第 1 章 絮 凝 剂

概 述

在水处理过程中，使水中的悬浮物和胶体物质等杂质，通过聚集粘附等作用使之生成絮状物而沉淀，达到净化水质的目的，这一类药剂称为絮凝剂。一般认为，絮凝过程包括凝结和凝聚两个阶段，其基本作用机理为双电层压缩作用机理和吸附架桥作用机理。

人们将絮凝剂用于给水的处理已有上千年的历史。到 19 世纪末，美国首先将硫酸铝用于自来水的处理，20 世纪初，我国上海也将硫酸铝用于自来水处理。进入 20 世纪后，水处理行业发展很快，水处理剂新产品层出不穷。传统上，絮凝剂分为无机絮凝剂和有机絮凝剂；目前，生物絮凝剂的研究也很活跃并逐步投入应用。近三四十年来，有机高分子和无机高分子絮凝剂研究开发非常活跃，由于其性能优越、价格低廉，已经在很大程度上取代了传统的无机絮凝剂。

在絮凝过程中，通过改善絮凝环境或与絮凝剂协同作用，从而加速絮体的生成，提高絮凝效果的药剂，称为助凝剂。助凝剂的作用也是十分重要，尤其是对于某些难于絮凝的水质处理，助凝剂往往起着决定性的作用。

1.1 无机絮凝剂

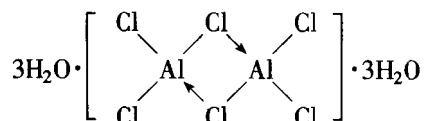
1.1.1 结晶氯化铝

名 称 结晶氯化铝 Aluminum Chloride Hexahydrate

别 名 六水氯化铝

分子式 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

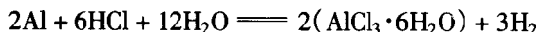
结构式



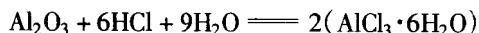
物化性质 六水氯化铝为无色结晶，工业品为浅黄色或深黄色。具有潮解性，相对密度为 2.398(25℃)，加热到 100℃ 分解而变成氧化铝。在湿空气中水解，释放白色的氯化氢烟雾；加热时放出氯化氢和水。易溶于水(15℃，41.4g/100g)，水溶液呈酸性。溶于甲醇、乙醇和乙醚，在 100g 乙醇中约溶解 50g(常温)。

合成方法

(1) 金属铝法 铝屑用热盐酸溶解，然后冷却结晶得到六水氯化铝，反应式为：



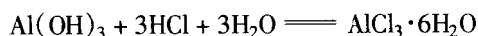
(2) 煤矸石法 煤矸石(或铝矾土)与浓盐酸反应制备六水氯化铝，反应式为：



将煤矸石破碎至粒度小于 8mm，投入沸腾炉中于(700 ± 50)℃ 下焙烧 0.5h，再细碎，加

入反应器中,与20%的盐酸反应1h,反应温度维持在110℃。反应溶液放入澄清槽。清液经蒸发、结晶、脱水即得六水氯化铝成品。

(3) 氢氧化铝法 氢氧化铝与浓盐酸进行中和反应生成六水氯化铝,经蒸发、冷却至0℃结晶、脱水即为成品。反应式为:



质量标准 国内企业执行行业标准 ZBG 77001—90(水处理剂结晶氯化铝),见表 1-1。

表 1-1 水处理剂结晶氯化铝专业标准(ZBG 77001—90)

指标名称	指 标	
	一 等 品	合 格 品
外 观	橙黄色或浅黄色晶体	
结晶氯化铝($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)含量/%	≥ 95.0	88.5
铁(Fe)含量/%	≤ 0.25	1.10
不溶物含量/%	≤ 0.10	0.10
砷(As)含量/%	≤ 0.0005	0.0005
重金属(以 Pb 计)含量/%	≤ 0.002	0.002
pH 值(1%水溶液)	≥ 2.5	2.5

检测方法 国家专业标准 ZBG 77001—90(水处理剂结晶氯化铝)中测定结晶氯化铝的方法提要:试样中的铝与过量的乙二胺四乙酸二钠(EDTA)络合,在 pH 值约为 6 时,以二甲酚橙为指示剂,用氯化锌标准滴定溶液回滴过量的 EDTA,由此计算出氯化铝的含量。

用 途 主要用于工业原水和饮用水絮凝净化处理,对高氟水降氟具有特殊作用,对低温低浊水及高浊水处理效果一般,絮凝过程 pH 值对处理效果影响较大。使用时需先调配成 5%~10% 溶液后投加,一般有效投加量为 20~60mg/L。

安全卫生与防护 大鼠经口服 10mg/kg,无异常。但三氯化铝干扰人体内的磷酸化过程。食入体内过多时,易引起急性中毒,其症状是:情绪紧张、呼吸失调、抽搐、肝内糖原减少、高血糖、血液血清中醛缩酶活性增大等。

由于三氯化铝在潮湿空气中易潮解而放出盐酸雾,故应密封存放,不使受潮。

包装与储运 采用复合塑料编织袋或内衬聚乙烯塑料袋的编织袋包装,内袋扎口或热合,外袋应牢固缝合。净重 40kg。

该产品易潮解,储运时要防雨、防潮,保持包装完整,禁止与有毒有害物混储共运。

生产厂家 黑龙江依兰净水剂厂、上海群力化工有限公司、温州电化集团公司等。

参 考 文 献

- 1 Kink - Othmer. Encyclopedis of Chemical Technology. New York (USA): John Wiley & Sons Inc., 1980, 10(3): 496
- 2 天津化工研究院等编. 无机盐工业手册. 上册. 第一版. 北京: 化学工业出版社, 1982: 379
- 3 化学工业部天津化工研究院等编. 化工产品手册. 无机化工产品. 第二版. 北京: 化学工业出版社, 1993: 230~232
- 4 何铁林主编. 水处理化学品手册. 北京: 化学工业出版社, 2000: 41~42

1.1.2 硫酸铝

名称 硫酸铝 Aluminum Sulfate

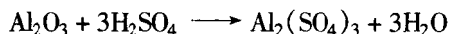
别名 铝矾

分子式 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

物化性质 无水硫酸铝为无色结晶(斜方晶系),易溶于水(溶解度 0°C , 31.3g; 100°C , 89.0g),含水硫酸铝可带有 6、10、16、18 和 27 个结晶水分子,常温下十八水合物较为稳定。 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ 是具有光泽的无色粒状或粉末(单斜晶系)晶体,在水中溶解度很大(溶解度 0°C , 86.9g; 100°C , 1104g),其水溶液 $\text{pH} \leq 2.5$ 。工业硫酸铝为白色或微带灰色的粉末或块状结晶,因可能存在少量硫酸亚铁杂质而使产品表面发黄,空气中长期存放易吸潮结块。

合成方法

(1) 硫酸分解铝土矿法 将铝土矿石粉碎后,在加压条件下与 50% ~ 60% 的硫酸反应,然后经沉降分离、中和、蒸发、结晶等过程,制得硫酸铝产品。其反应式为:



工艺流程图见图 1-1。

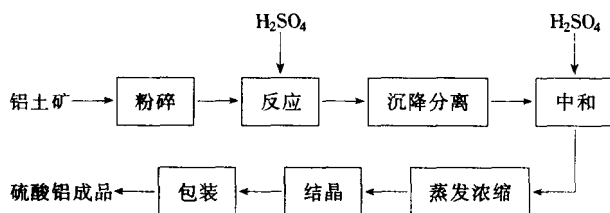
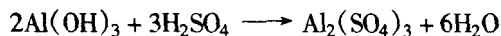


图 1-1 硫酸分解铝土矿法工艺流程图

(2) 硫酸分解氢氧化铝法(Gialini Process) 氢氧化铝与硫酸反应后,经过滤、浓缩、结晶等过程,制得产品。反应式为:



工艺流程见图 1-2。

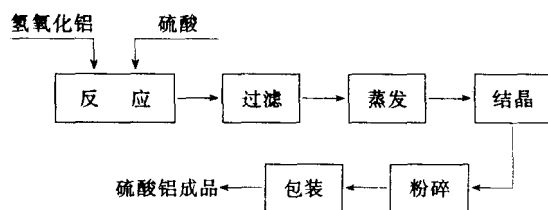


图 1-2 硫酸分解氢氧化铝法工艺流程图

质量标准

净水剂用硫酸铝国家标准(GB 3151—82)或水处理剂硫酸铝行业标准(HG 2227—91)规定的质量标准分别见表 1-2 和表 1-3。

表 1-2 净水剂用硫酸铝国家标准(GB 3151—82)

指标名称	指标	指标名称	指标
氧化铝(Al_2O_3)含量/%	$\geq$	水不溶物含量/%	$\leq$
氧化铁(Fe_2O_3)含量/%	$\leq$	砷(As)含量/%	$\leq$
游离酸(H_2SO_4)含量/%	符合检验要求	重金属(以 Pb 计)含量/%	$\leq$
			0.002

表 1-3 水处理剂硫酸铝行业标准(HG 2227—91)

指标名称	指 标			
	固 体		溶 液	
	一 等 品	合 格 品		
氧化铝(Al_2O_3)含量/%	$\geq$	15.60	15.60	7.80
铁(Fe)含量/%	$\leq$	0.52	0.70	0.25
水不溶物含量/%	$\leq$	0.15	0.15	0.15
pH 值(1%水溶液)	$\leq$	3.0	3.0	3.0
砷(As)含量/%	$\leq$	0.0005	0.0005	0.0003
重金属(以 Pb 计)含量/%	$\leq$	0.002	0.002	0.001

注：工业水处理用的产品不检验砷和重金属。

检测方法 参照国家标准 GB 3151—82 或化工部标准 HG 2227—91 执行。GB 3151—82 检测方法提要：加入过量的乙二胺四乙酸二钠溶液并煮沸，使与铝及其他金属离子络合，以二甲酚橙为指示剂，用硝酸铅溶液滴定过量的乙二胺四乙酸二钠，然后加入氟化钾溶液并煮沸，解析出与铝络合的乙二胺四乙酸二钠，再用硝酸铅溶液滴定。

用 途 硫酸铝是最早使用和使用最广的混凝剂之一。水处理行业用硫酸铝约占硫酸铝总量的 2/3。主要用于生产给水及生活给水的絮凝净化。通过溶于水后，水解生成的碱式盐和氢氧化铝具有捕集水中杂质的能力，从而凝聚水中的胶体杂质。

使用时液体产品可直接用计量泵投加，固体产品一般需配成液体后投加，配制溶液的质量分数一般为 5% ~ 20%。该产品的投加量一般为 20 ~ 100mg/L，絮凝过程 pH 控制在 6.5 ~ 7.5 效果较好；水温对絮凝效果影响较大，水温高时效果好；水温低时，效果差，投药量大，矾花细而松散，形成缓慢。

安全卫生与防护 硫酸铝加热时会分解，生成腐蚀性的三氧化硫蒸气，当溶于水时成为强酸，有腐蚀性，能与强碱反应，通过呼吸道和消化道进入体内。对眼睛和呼吸道有刺激性。吸入时引起咽痛、咳嗽、眼睛充血、疼痛；食入时引起腹痛。应注意防护。中毒后迅速离开现场，并注意休息。用大量水淋洗受害处。发现泄漏时应清扫，并用大量水冲洗干净。

本品无爆炸和燃烧危险，但该产品腐蚀性强，使用时各类投加设备应做防腐处理，操作人员应配备劳动保护措施。

包装与储运 水处理剂硫酸铝固体用内衬聚乙烯塑料袋的塑料编织袋包装或复合塑料编织袋包装。每袋净重 50kg。水处理剂硫酸铝溶液用玻璃钢槽车或塑料桶包装。桶装净重为 25kg、30kg 或 35kg。

贮运过程中严防被有毒物质污染、雨淋和受潮。

生产厂家 我国生产硫酸铝的厂家将近 170 家，分布在除西藏以外的各个省、市、自治区。如天津市塘沽化工厂、佳木斯东风化工厂、江苏苏州硫酸厂、浙江杭州硫酸厂、重庆川东化工厂等。

参 考 文 献

- 1 祁鲁梁,李永存,杨小莉主编.水处理药剂及材料应用手册.北京:中国石化出版社,2000:3~4
- 2 化工部天津化工研究院等编.化工产品手册.无机化工产品.第二版.北京:化学工业出版社,1993:766~770
- 3 何铁林主编.水处理化学品手册.北京:化学工业出版社,2000:34~37

1.1.3 氯化铁

名 称 氯化铁 Iron(III) Chloride

别 名 三氯化铁、氯化高铁

分子式 FeCl_3

物化性质 水处理用氯化铁有固体和液体两种产品。

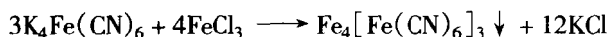
无水三氯化铁为六角形暗色片状结构。有金属光泽，在透色光下显红色，折射光下显绿色，有时呈浅褐色至黑色。熔点 304°C ，并开始升华；沸点 332°C 。相对密度 (25°C) 2.90 (2.898)。蒸气密度的测定显示，氯化铁在升至 400°C 时，其气相为二聚体；温度再高时，便开始离解，在有过量氯存在下，于 750°C 时，变为单体；当无过量氯存在时，则于 200°C 以上分解为氯化亚铁和氯。氯化铁易吸收水分，在湿空气中强烈吸湿的结晶则形成一系列水合物 ($\text{FeCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, $x = 6, 3.5, 2.5, 2$, 多数情况下为六水合物)，并吸收更多的水分而潮解。易溶于水、醇、醚、酮，微溶于二硫化碳，实际上不溶于乙酸乙酯。

市售的结晶产品是三氯化铁的六水合物 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。熔点约 37°C 。外观为黄褐色结晶，极易吸潮，且以 $[\text{FeCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 的形式存在。稍有氯化氢的刺激性味道。

氯化铁的水溶液呈强酸性。若将该溶液稀释，并以碱缓慢中和，则 $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 便脱去一个质子而生成黄色的 $[\text{Fe}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$ 和二聚体 $[\text{Fe}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_8]^{4+}$ ；若进一步中和，则生成褐色的胶态状 $\text{FeO}(\text{OH})$ ；温度升高时，便有氢氧化铁沉淀出来。

氯化铁是一种强氧化剂。许多金属(如 Fe、Cu、Ni、Pd、Pt、Mn、Pb 和 Sn)能被氯化铁溶液溶解而生成二氯化物。镁溶解于溶液中则释放出氢。碱金属碳酸盐则被分解而放出二氧化碳。氯化铁在空气中加热时，产生氧化铁(III)和氯。在 200°C 以上，氯化铁迅速被氢还原为金属铁。氯化铁的水溶液中若通入硫化氢，便被还原成二氯化铁，同时析出单体硫。

氯化铁能与亚铁氰化钾反应，生成深蓝色普鲁士蓝：



氯化铁的六水合物 ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 在水中的溶解度见表 1-4。

表 1-4 氯化铁六水合物在水中的溶解度/(g/100g H_2O)

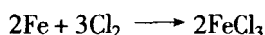
温度/ $^\circ\text{C}$	0	10	20	30	50	80	100
溶解度	74.4	81.9	91.8	106.8	315.1	525.8	535.7

合成方法

固体产品采用氯化法、低共熔混合物反应法和四氯化钛副产法，液体产品采用盐酸法和一步氯化法。

(1) 氯化法 以废铁屑和氯气为原料，在一立式反应炉内反应，生成的三氯化铁蒸气和尾气由炉的顶部排出，进入捕集器冷凝为固体结晶，即是成品。尾气中含有少量未反应的游离氯和三氯化铁。用氯化亚铁溶液吸收氯气，得到三氯化铁溶液作为副产品。生产操作中，三氯化铁蒸气与空气中水分接触后强烈发热，并放出盐酸气，因此管道和设备要密封良好。整个系统在负压下操作。

反应式如下：



该方法的工艺流程框图见图 1-3。

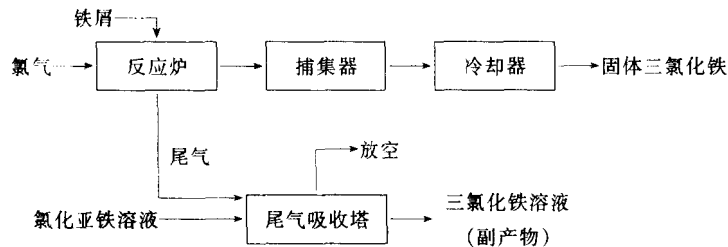


图 1-3 氯化法工艺流程图

(2) 低共熔混合物反应法(熔融法) 在一个带有耐酸衬里的反应器中，令铁屑和干燥氯气在三氯化铁与氯化钾或氯化钠的低共熔混合物(例如，70% FeCl_3 和 30% KCl)内进行反应。首先，铁屑溶解于共熔物(600℃)中，并被三氯化铁氧化成二氯化铁，后者再与氯气反应生成三氯化铁，升华后被收集在冷凝室中。该法制得的三氯化铁纯度高。

(3) 三氯化铁溶液的合成方法 将铁屑溶解于盐酸中，先生成二氯化铁，再通入氯气氧化成三氯化铁。

冷却三氯化铁浓溶液，便产生三氯化铁的六水物结晶。

质量标准 净水剂氧化铁国家标准 GB 4482—93 具体指标见表 1-5。

表 1-5 净水剂氯化铁国家标准(GB 4482—93)

指 标 名 称	指 标					
	I 型 无水氯化铁			II 型 氯化铁溶液		
	优等品	一等器	合格品	优等品	一等器	合格品
外 观	褐绿色晶体			红棕色溶液		
氯化铁(FeCl_3)含量/%	≥ 98.7	96.0	93.0	44.0	41.0	38.0
氯化亚铁(FeCl_2)含量/%	≤ 0.70	2.0	3.5	0.20	0.30	0.40
不溶物含量/%	≤ 0.50	1.50	3.0	0.40	0.50	0.50
游离酸(以 HCl 计)含量/%	$\leq$			0.25	0.40	0.50
砷(As)含量/%	$\leq$	0.0020			0.0020	
铅(Pb)含量/%	$\leq$	0.0040			0.0040	

检测方法 GB 4482—93 的第 5.1 节规定使用碘量滴定法测定水中的氯化铁含量。方法提要为：在酸性条件下，三价铁和碘化钾反应析出碘。以淀粉作指示剂，用硫代硫酸钠标准滴定溶液滴定。

用途与用法 氯化铁大量用于水处理行业。在水处理中用作絮凝剂和沉淀剂，用于处理生活用水、工业用水、市政污水和工业废水等。

利用氯化铁处理市政污水和工业废水，其效果极佳。因为它能将污水或废水中的重金属和硫化物沉淀出来；同时，所形成的氢氧化铁矾花又能将水中难于降解的油类和聚合物等杂质吸附除去。处理后的废水中磷含量也大幅度下降。

氯化铁在有机化学合成中用作脂肪烃和芳香化合物的氯化剂；用作 Friedel-Crafts 合成反应和缩聚反应的催化剂。用于金属表面处理、银铜矿石的氯化处理以及电子印刷电路板和印刷业铜版制作。还用作织物印花辊雕版的蚀刻剂、制造其他铁盐的原料及织物染色和印花的媒染剂等。

使用氯化铁和石灰调节污泥,可提高其脱水率,从而得到适于处置或焚烧的干污泥。

安全卫生与防护 本品不燃,但有腐蚀性。刺激皮肤使之发红、疼痛,并使眼结膜充血、视力模糊。消化道腐蚀后,有咽痛、腹痛、腹泻、恶心现象。操作时应戴手套、安全镜。沾染时,用大量水冲洗眼睛,脱去被沾染衣服、冲洗污染部位、清洗口腔,多喝些牛奶,送医院治疗。泄漏时,扫净漏出物,再用大量水冲洗。生产设备要密封,车间通风要良好。

包装与储运 固体产品用内衬食品用塑料袋封口的铁桶、聚乙烯塑料桶或纤维板桶包装。每桶净重 50kg。包装容器应有明显的“净水剂”字样,“腐蚀性物质”和“防潮”标志。

液体产品用专用槽车或食品级聚乙烯塑料桶包装。如用塑料桶包装,则每桶净重 50kg。包装容器应有明显的“净水剂”字样、“腐蚀性物质”标志。

应贮存在阴凉、通风、干燥的库房内。不宜露天堆放。应防止雨淋、避免碰撞和受有毒物污染。

生产厂家 固体产品:上海天原化工厂、青岛化工厂、合肥化工厂、青海黎明化工厂、云南化工厂、江苏溧阳化工厂、浙江萧山城南化工厂。液体产品:重庆天原化工厂、江苏溧阳化工厂、浙江萧山城南化工厂、沈阳化工七厂等。

参 考 文 献

- 1 天津化工研究院等编.无机盐工业手册.上册.北京:化学工业出版社,1979:424~425
- 2 Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Vol. A14. 5th ed. Weinheim (FRG): VCH Verlagsgesellschaft mbH, 1989
- 3 天津化工研究院等编.化工产品手册.无机化工产品.第二版.北京:化学工业出版社,1993
- 4 何铁林主编.水处理化学品手册.北京:化学工业出版社,2000:46~49

1.1.4 硫酸铁

名 称 硫酸铁 Ferric Sulfate

别 名 硫酸高铁

分子式 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

物化性质

硫酸铁为土白色或浅黄色粉末。相对密度 3.097(18℃)。在 480℃分解。在空气中潮解而变为棕色液体,其九水物 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 是黄色晶体,相对密度为 2.1。市售产品多含有大约 20% 的水分,并呈浅黄色。在水中溶解缓慢,但若有微量 FeSO_4 存在时,则迅速溶解,不溶于浓硫酸、丙酮和乙酸乙酯,微溶于乙醇。

合成方法

(1) 将 Fe_2O_3 溶解于浓度为 75%~80% 的沸腾硫酸中:



(2) 以硝酸氧化黄铁矿:



质量标准 尚无国家标准,美国国家和自来水厂协会标准 ANSI/AWWA B 406—87 对水处理用硫酸铁的要求见表 1-6。

表 1-6 ANSL/AWWA B 406—87 对水处理用硫酸铁的化学要求

指 标 名 称		指 标	
		固体产品	液体产品
水溶性铁离子(Fe ³⁺)含量/%	≥	18.0	9.0
水溶性亚铁离子(Fe ²⁺)含量/%	≤	3.0	1.5 ^①
水不溶物[以 Fe ₂ (SO ₄) ₃ 计]含量/%	≤	6.5	0.1
游离酸(以 H ₂ SO ₄ 计)含量/%	≤	4.5	
(液体中含量导致 pH 值变化)	≤		2
杂质含量		处理后的饮用水对人的健康无不良影响	
普通杂质			
特种杂质(以每升液体中硫酸铁含量不超过 100mg 计算), 其中(每 kg 硫酸铁中)			
As(砷)含量/(mg/kg)	≤	50	50
Cd(镉)含量/(mg/kg)	≤	10	10
Cr(铬)含量/(mg/kg)	≤	50	50
Pb(铅)含量/(mg/kg)	≤	50	50
Hg(汞)含量/(mg/kg)	≤	2	2
Se(硒)含量/(mg/kg)	≤	10	10
Ag(银)含量/(mg/kg)	≤	50	50

注: ① 液体产品以 9% 的 Fe^{3+} 为基础。

检测方法 利用常规方法测定硫酸根或三价铁离子。

用途 硫酸铁在水处理领域用作净水的混凝剂和污泥处理剂。使用硫酸铁与氯化铁的混合剂以及氢氧化钙来处理污水处理厂排出的污泥, 可减少污泥量。硫酸铁也可用作制造铁矾及其他铁盐和颜料的原料、铝质器件的蚀刻剂、毛织物染色和棉布印花的媒染剂、农业上的土壤改良剂、有机合成中的聚合过程的催化剂, 以及某些工业气体的净化剂。还可用作杀生剂。也可用于金属特别是不锈钢和铜件的酸洗处理。酸性溶液用作从矿石中提取有用组分的氧化介质。

使用时, 将适量的硫酸铁、氯化铁和氢氧化钙与污泥混匀后, 过滤处理。

硫酸铁作为混凝剂使用时, 其适用的 pH 值范围为 4.0~12.0。

安全卫生与防护 硫酸铁属低毒化合物。其酸性溶液对皮肤有刺激性。触及皮肤时, 可用清水冲洗。本品不燃, 亦无爆炸危险。

包装与储运 硫酸铁固体产品包装于多层防潮纸袋内, 或用内衬塑料薄膜袋的塑料编织袋包装, 也可装于防潮的纤维板桶内。液体产品必须用耐酸容器包装。

固体产品可以散装运输。液体产品可用槽车或罐车装运。

贮存和运输时均须防止受潮和受污染。

生产厂家 胜利油田新邦建设开发有限责任公司、重庆市玉坪化工有限责任公司、上海天和环保科技有限公司、大连热力环保设备有限公司、江苏太白集团公司、常州市清流水处理剂厂、天津市耀华化学试剂有限责任公司、大连力佳化学制品公司、上海蓝星水处理科技有限公司、上海山海工学团实验二厂、湖南邵阳市佑华净水材料有限公司等。

参 考 文 献

- 1 何铁林主编. 水处理化学品手册. 北京: 化学工业出版社, 2000: 49~51
- 2 Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Vol. A14. 5th ed. Weinheim (FRG): VCH Verlagsgesellschaft mbH, 1989