

中华人民共和国国家标准

GB/T 27569—2011

氢氟酸生产技术规范

Production technical regulation for Hydrofluoric acid

2011-12-05 发布

2012-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国石油和化学工业联合会提出。

本标准由全国化学标准化技术委员会无机化工分会(SAC/TC 63/SC 1)归口。

本标准起草单位:多氟多化工股份有限公司、浙江莹光化工有限公司、浙江三美化工股份有限公司、浙江鹰鹏化工有限公司、中海油天津化工研究设计院。

本标准主要起草人:薛旭金、郭黎明、徐一洪、谢汛友、郭凤鑫、康艳。

氢氟酸生产技术规范

1 范围

本标准规定了氢氟酸(分子式为 HF)生产企业的平面布置、工艺设计要求、基本生产技术要求、生产原理、生产过程、生产设备维护和保养、产品质量要求、安全生产、保护环境、污染物控制。

本标准适用于现有、新建(含改、扩建)的氢氟酸生产企业。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 534 工业硫酸

GB 4053.3 固定式钢梯及平台安全要求 第3部分:工业防护栏杆和钢平台

GB 7744 工业氢氟酸

GB 8978—1996 污水综合排放标准

GB 9078—1996 工业炉窑大气污染物排放标准

GB 12348—2008 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB 12349 工业企业厂界噪声测量方法

GB 13271—2001 锅炉大气污染物排放标准

GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法

GB 16297—1996 大气污染物综合排放标准

GB 18599 一般工业固体废物储存、处置场污染控制标准

GB 50016 建筑设计防火规范

GB 50489 化工企业总图运输设计规范

HG/T 2832 工业氟硅酸

YB/T 5217 萤石

3 平面布置、工艺设计要求

3.1 基本要求

氢氟酸生产装置建设,应达到科学先进、安全可靠、合理节能、优质高效、保护环境的要求。

3.2 总图布置要求

3.2.1 厂址选择

3.2.1.1 新建、改建、扩建企业厂址的选择,应避开人口稠密区,布置在人员集中场所或一般工业区的全年最小频率风向的上风侧。不宜布置在窝风地带。

3.2.1.2 厂址选择应符合 GB 50489 的规定。

3.2.2 厂区布置

3.2.2.1 厂房的布置应根据工艺流程而确定,并结合场地条件因地制宜布置,合理利用土地,合理绿化,构建筑物布置整齐且有利于通风、采光。可能散发少量大气污染物的装置应布置在厂区常年最小频率风向的上风侧的边缘地带。

3.2.2.2 厂区应按人流、物流分区布置,生活区、办公区应设在人流出入便利区。

3.2.2.3 同一性质的生产设备宜集中布置;各装置区内部的设备之间的距离应符合规定,并满足操作、检修空间和安全疏散要求。

3.2.2.4 各装置区域的布置应充分考虑各功能区、装置区之间的防火间距,合理确定通道宽度。

3.2.2.5 功能分区内各项设施的布置应紧凑合理,并充分考虑操作、检修、安全通道等的间距要求。

3.2.2.6 全厂各装置区之间应形成环形消防车道,消防车道净宽度和净空高度均不应小于4 m。

3.2.2.7 在满足安全要求和工艺条件的前提下,回转炉、烘粉炉、渣仓、煤气发生炉(或其他加热系统)布置应尽量紧凑、经济、合理,力求路线短捷通畅。

3.2.2.8 各装置之间的防火间距应符合 GB 50016 的规定。

3.2.3 厂房(库房)建筑

3.2.3.1 氢氟酸生产区的火灾危险性为丁类,生产区内厂房(库房)的防火等级应符合 GB 50016 的规定。

3.2.3.2 操作室应处于主框架的全年最小频率风向的上风侧,并与其相距15 m。

3.2.3.3 可能散发氟化氢等有害气体装置的厂房宜采用敞开式或半敞开式结构,应采用墙不承重的框架结构。

3.2.3.4 生产车间地面应平整,易于清扫。

3.2.3.5 厂房建筑应具有足够的使用高度和面积,以利于通风。

3.2.3.6 厂房各层应设置一个通往地面的楼梯,楼梯间设置安全疏散指示灯。

3.2.3.7 生产车间的平面布置上,装置布置应留有安全通道,设备间距满足检修和操作的安全要求。

3.2.3.8 高处作业点、高处平台等部位应设置符合 GB 4053.3 要求的防护围栏。

3.2.3.9 生产场所、作业点的紧急通道和出入口,应设置明显醒目的标志,并配置应急照明设施。

3.2.3.10 各装置区内部的设备之间的距离应符合规定,并满足操作、检修空间和安全疏散要求。

3.2.3.11 具有酸碱腐蚀性作业的场所,其建筑物地面、墙壁、设备基础等应进行防腐处理,工艺设备区增设导液池,防止出现工艺事故时腐蚀性液体漫流。

3.2.3.12 各种酸碱、氢氟酸的储存区应备有空的备用储罐;或设有经过防腐处理的导液槽、备用槽。其容积不小于最大罐的最大储存量。不同种类的储罐之间应设置隔堤。

3.3 工艺设计要求

3.3.1 劳动安全卫生防护措施、环境保护设施应做到与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用,凡不符合劳动安全卫生标准、环境保护标准的,不应施工和投产。

3.3.2 氢氟酸生产工艺分为直接法和无水氟化氢吸收法,直接法工艺流程包括:给料系统、反应系统、吸收系统和排渣系统;无水氟化氢吸收法工艺流程包括:给料系统、反应系统、洗涤系统、冷凝系统、精馏系统、氟化氢吸收系统、尾气吸收系统和排渣系统。

3.3.3 氢氟酸生产应采用先进的工艺、设备,宜采用 DCS 集中控制系统。

3.3.4 氢氟酸生产工艺的设计应优化工艺流程,减少中转环节,缩短运输距离。

3.4 生产线卫生设计及工作场所有害因素职业接触限值

3.4.1 工作场所设计应积极采取有效的综合防护措施,防止有害因素对工作场所的污染。

- 3.4.2 对于生产过程中尚不能完全消除的有害因素,应采取综合预防、治理措施。
- 3.4.3 对有可能散发有毒气体的场所应定期进行有毒有害物质监测,对超过国家标准规定的,应采取必要的措施降低浓度,配置适宜的气体防护设施,保证工作场所空气中有毒物质含量低于最高容许浓度。
- 3.4.4 有氟化氢存在的场所应配备洗眼器、喷淋装置,装置应采取防冻措施。

4 基本生产技术要求

4.1 工艺装置要求

新建氢氟酸项目采用的技术及设备,应是目前国内或国际的先进技术和先进设施。

4.2 装置规模要求

装置规模应符合国家和有关部门产业结构政策的相关规定。

4.3 环境保护的要求

- 4.3.1 应设置防止大气污染的除尘装置,大气污染物源排放应满足 GB 16297 的要求。
- 4.3.2 应设置固体废物综合利用设施,固体废物储存应满足 GB 18599 的要求。
- 4.3.3 应设置水循环利用系统和工业废水处理系统,工业废水达标排放。
- 4.3.4 厂界噪声应满足 GB 12348—2008 的要求。

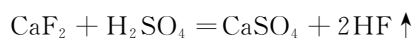
4.4 经济技术评价要求

经济技术评价指标应符合相关部门的规定。在国家没有相关规定时,企业可参见附录 B 自行评价。

5 生产原理

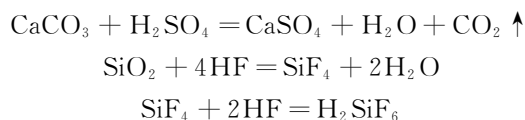
5.1 主反应

将干燥后的萤石粉和硫酸混合液按配比送入回转反应炉内进行反应,生成氟化氢气体。其反应式如下:



5.2 副反应

反应过程中,萤石中的伴生矿与原料硫酸或生成物氟化氢气体反应,其反应式如下:



6 生产过程

6.1 直接法

将干燥后的萤石粉和硫酸混合液按配比送入回转反应炉内进行反应,反应生成粗氟化氢气体。粗氟化氢气体进入焦子塔,除去大部分硫酸、水分和萤石粉,后进入吸收槽制得氢氟酸成品。

回转反应炉排出的炉渣为副产品氟石膏。

6.2 无水氟化氢吸收法

将干燥后的萤石粉和硫酸混合液按配比送入回转反应炉内进行反应,反应生产粗氟化氢气体。粗氟化氢气体进入洗涤塔,除去大部分硫酸、水分和萤石粉,再进入冷凝器进行冷凝。冷凝液进入精馏塔提纯,再经脱气塔除去轻组分,制得无水氟化氢,后经吸收槽制得氢氟酸成品。

回转反应炉排出的炉渣为副产品氟石膏。

生产过程中,未被浓硫酸吸收的气体进入水洗塔,充分反应后得到副产品氟硅酸。

6.3 生产过程控制

6.3.1 原料质量要求

6.3.1.1 萤石质量要求

萤石质量符合 YB/T 5217 的要求。

6.3.1.2 硫酸质量要求

硫酸质量应符合 GB/T 534 的要求。

6.4 工艺流程图

6.4.1 直接法工艺流程

直接法工艺流程图见图 1。

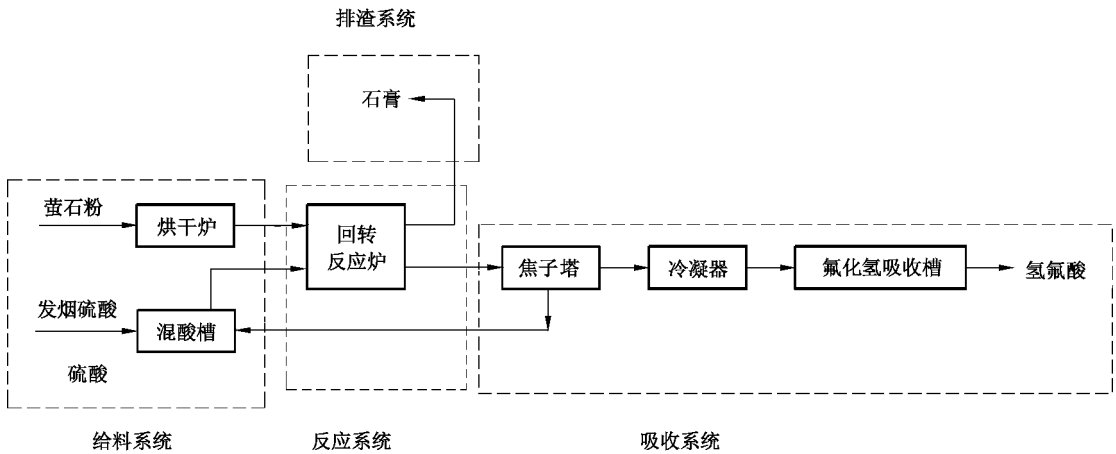


图 1 直接法工艺流程图

6.4.2 无水氟化氢吸收法工艺流程

无水氟化氢吸收法工艺流程图见图 2。

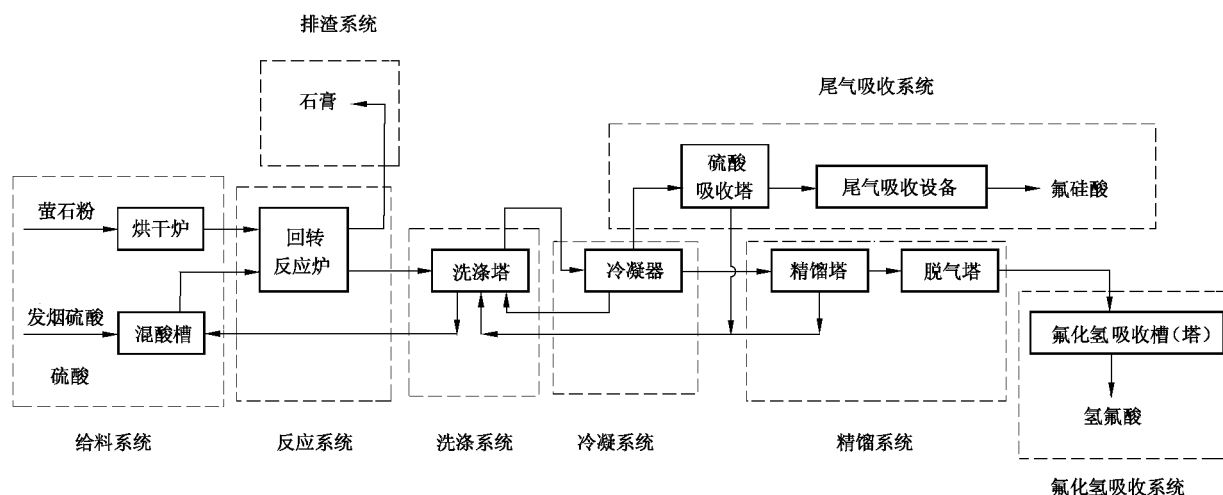


图2 无水氟化氢吸收法工艺流程图

6.5 主要设备和材质

6.5.1 混酸槽

用于混合浓硫酸和发烟硫酸的设备,材质为钢衬聚四氟乙烯。

6.5.2 烘干炉

烘干萤石粉的设备,材质为碳钢。

6.5.3 回转反应炉

回转反应炉为萤石和硫酸的主反应器,材质为碳钢。

6.5.4 焦子塔

焦子塔为洗涤、除杂设备,材质为碳钢。

6.5.5 氟化氢吸收槽(塔)

吸收氟化氢气体,制取氢氟酸的设备,由多级吸收塔组成。材质为聚丙烯或聚氯乙烯。

6.5.6 洗涤塔

洗涤塔为洗涤、除杂设备,材质为钢衬聚四氟乙烯。洗涤塔配有洗涤循环槽。

6.5.7 冷凝器

冷凝器为冷凝、液化、除杂设备,材质为碳钢。

6.5.8 精馏塔

精馏塔为除掉粗氟化氢中高沸点组分的设备,材质为碳钢。

6.5.9 脱气塔

脱气塔为脱除粗氟化氢中低沸物的设备,材质为碳钢。

6.5.10 硫酸吸收塔

用硫酸吸收不凝气中的氟化氢气体的设备,材质为钢衬聚四氟乙烯。

6.5.11 尾气吸收设备

制备副产品氟硅酸的设备,其设备和管道应选用非金属耐腐蚀材质(如聚四氟乙烯、聚氯乙烯等)。

6.5.12 其他辅助设备

接触氟化氢物料的设备、管道的法兰密封材料应选用耐氟材料,硫酸和发烟硫酸的管道密封应选用耐酸材料。

6.6 工序任务

6.6.1 萤石、硫酸混合液给料系统

为反应工序提供原料,萤石在烘干炉中干燥,硫酸和发烟硫酸经计量后进入混酸槽制备混合酸。

6.6.2 反应系统

原料经给料系统输入回转反应炉,进行反应获得粗氟化氢气体。

6.6.3 吸收系统(氟化氢吸收系统)

吸收氟化氢气体制取氢氟酸。直接吸收法中还包括焦子塔,焦子塔主要任务是除掉粗氟化氢气体中的水分、硫酸和少量粉尘。

6.6.4 洗涤系统

除掉粗氟化氢气体中水分、硫酸和少量粉尘。

6.6.5 冷凝系统

对粗氟化氢气体进行冷凝,将冷凝后的氟化氢液体收集于粗酸槽。

6.6.6 精馏系统

包括精馏塔和脱气塔,主要除掉氟化氢气体中的四氟化硅和二氧化硫杂质。

6.6.7 排渣系统

对反应回转炉产生的炉渣进行处理,制得氟石膏成品。

6.6.8 尾气吸收系统

包括硫酸吸收塔和尾气吸收设备,硫酸吸收塔主要是吸收氟化氢气体,返回洗涤塔;尾气吸收系统主要制备副产品氟硅酸。

6.7 操作程序

6.7.1 直接法

6.7.1.1 启动反应炉,热风炉,反应炉升温。

6.7.1.2 启动氟化氢吸收系统。

6.7.1.3 投料。

6.7.2 无水氟化氢吸收法

6.7.2.1 启动反应系统。

6.7.2.2 启动洗涤循环系统。

6.7.2.3 启动冷凝液化系统。

6.7.2.4 启动尾气吸收系统。

6.7.2.5 启动排渣系统。

6.7.2.6 启动精馏系统。

6.7.2.7 启动氟化氢吸收系统。

6.7.2.8 投料。

7 生产设备维护和保养

7.1 加强设备巡回检查,确保设备正常运转。

7.2 应定期对转动设备进行润滑,确保设备长周期运行。

7.3 消除设备及管道跑、冒、滴、漏及堵塞现象,发现以上问题应及时处理。

7.4 应定期地维护保养及检修设备。

7.5 积极采用新工艺、新材料、新技术替代落后的生产工艺,替换能耗大、效率低的设备和零部件。

7.6 正确使用各种电器设备和各种仪表。

7.7 保持设备、管道等的环境卫生,做到文明生产。

8 产品质量要求

8.1 氢氟酸的质量要求

氢氟酸质量应符合 GB 7744 的要求。

8.2 氟石膏的控制要求

氟石膏符合表 1 的要求,氟石膏分析方法见附录 A。

表 1 要求

项 目	指 标
硫酸钙(CaSO_4), $w/\%$	$\geq$ 90.0
硫酸, $w/\%$	$\leq$ 1.0
氟(以 CaF_2 计), $w/\%$	$\leq$ 4.0

8.3 氟硅酸的质量要求

无水氟化氢吸收法副产氟硅酸质量应符合 HG/T 2832 的要求。

9 安全生产、环境保护

9.1 操作人员在未取得上岗操作证前,不准上岗作业。

- 9.2 系统电器设备停车超过 24 h,应进行电器设备绝缘测试,合格后方可启动。
- 9.3 启动功率超过 90 kW 电器设备时,应有专业人员现场监护,方可启动。
- 9.4 不应湿手触摸电器开关或用湿布擦拭电器。
- 9.5 检查运转设备的运行状况时,应脱去手套,女工上岗应将长头发盘于帽内。
- 9.6 设备的转动部位应保持防护罩完好,不应在防护罩上坐人和堆放任何杂物。
- 9.7 大型机电设备的启动装置,应安装在金属等不可燃物体上。
- 9.8 开启式启动设备不应安装在有爆炸或火灾危险的气体或粉尘环境里。
- 9.9 设备接地应牢固可靠。
- 9.10 煤气发生炉的运行应与无水氟化氢生产装置区保持工艺联系,随时根据烘粉和反应转炉的生产能力调节煤气发生炉的发气量,防止出现煤气大量放散。
- 9.11 煤气发生炉顶应设置异常情况下的煤气放散管,放散管的高度应高于有人作业面 4 m 以上,并进行可靠接地。
- 9.12 液体管道低点排凝阀应保证严密性,可设两道排凝阀,排出液体应进入密闭系统。
- 9.13 设备管路检修前,应进行彻底清洗和置换。
- 9.14 净化后的尾气排放高度、排放速率应符合 GB 16297—1996 的二级要求。
- 9.15 应配备必要的个人防护用品,包括防毒面具、防护手套、耐酸胶鞋、护目镜、氧气呼吸器、防护衣及洗眼液、防护液等应急药品。
- 9.16 楼梯、平台、操作通道以及其他易于滑倒的地面应有防滑措施。

10 污染物控制

10.1 废水污染防治

氢氟酸生产的废水和初期雨水应输送到本企业废水处理系统进行处理。处理后排放的废水应符合 GB 8978—1996 的一级排放标准。

10.2 废气污染防治

- 10.2.1 企业应对萤石仓加料工序设置集气、除尘设施。对工艺尾气设置回收或处理装置。
- 10.2.2 处理后的反应回转炉烟气应符合 GB 9078—1996 中的二级标准的要求。
- 10.2.3 处理后锅炉烟气应符合 GB 13271—2001 II 时段中二类区标准。
- 10.2.4 处理后工艺废气应符合 GB 16297—1996 的二级要求。

10.3 固体废物污染防治

氢氟酸生产的固体废物主要为煤气发生炉等加热设备的炉渣、锅炉煤渣。企业应对生产废物进行综合利用,其贮存应符合 GB 18599 的规定。

10.4 噪声污染防治

氢氟酸生产过程中产生的噪声经处理应达到 GB 12348—2008 的 II 类要求。

11 数据采集与监测采样

11.1 生产数据采集

日常生产过程中各工段的生产记录和根据需要测定的数据,是氢氟酸生产的主要评定依据之一,数

据应存档备查。

11.2 污染物采样和监测

11.2.1 废水采样和监测按 GB 8978—1996 执行。

11.2.2 大气污染物的采样和监测按 GB/T 16157 执行。

11.2.3 噪声采样和监测按 GB 12349 执行。

附 录 A

(规范性附录)

氟石膏的测定

A.1 硫酸钙含量的测定

A.1.1 方法提要

试样中的硫酸钙经水溶解,过滤与氟化钙分离,用 EDTA 络合滴定法测定滤液中的硫酸钙含量。

A.1.2 试剂

A.1.2.1 氯化钡溶液:100 g/L;

A.1.2.2 氢氧化钠溶液:100 g/L;

A.1.2.3 三乙醇胺溶液:1+3;

A.1.2.4 乙二胺四乙酸二钠标准滴定溶液: $c(\text{EDTA}) \approx 0.05 \text{ mol/L}$;

A.1.2.5 钙试剂羧酸钠盐指示剂。

A.1.3 分析步骤

试样先经研钵研细至无颗粒感,称取 0.13 g~0.14 g 试样,精确至 0.000 2 g,置于 200 mL 烧杯中,加 150 mL 水,在不断搅拌下加热至微沸,并保持微沸约 10 min(保持溶液体积不少于 100 mL)。用慢速定量滤纸过滤,滤液收集于 500 mL 锥形瓶中。用 50 ℃左右热水洗涤不溶物至滤液中不含硫酸盐(用氯化钡溶液检验),此时滤液体积约为 200 mL。保留不溶物用于氟化钙含量的测定。

滤液中加入 5 mL 三乙醇胺溶液,摇动下滴加氢氧化钠溶液至溶液 pH 为 10(用 pH 试纸检验),加入 0.1 g 钙试剂羧酸钠盐指示剂,继续滴加氢氧化钠溶液至溶液由蓝色变为酒红色,并过量 0.5 mL。用乙二胺四乙酸二钠标准滴定溶液滴定至溶液由酒红色变为纯蓝色为终点。

A.1.4 结果计算

硫酸钙含量以硫酸钙(CaSO_4)的质量分数 w_1 计,数值以 % 表示,按式(A.1)计算:

$$w_1 = \frac{(V/1\,000)cM}{m} \times 100 \quad \dots\dots\dots(\text{A.1})$$

式中:

V_1 ——滴定所消耗的乙二胺四乙酸二钠标准滴定溶液体积的数值,单位为毫升(mL);

c ——乙二胺四乙酸二钠标准滴定溶液浓度的准确数值,单位为摩尔每升(mol/L);

m ——试料质量的数值,单位为克(g);

M ——硫酸钙(CaSO_4)摩尔质量的数值,单位为克每摩尔(g/mol)($M=136.1$)。

取平行测定结果的算术平均值为测定结果,两次平行测定结果的绝对差值不大于 0.5%。

A.2 氟化钙含量的测定

A.2.1 方法提要

试样中不溶于水的物质为氟化钙,将滤纸连同氟化钙进行煅烧,煅烧后的残渣用混合酸溶解,用

EDTA 络合滴定法测定钙含量,计算为氟化钙含量。

A.2.2 试剂

A.2.2.1 氢氧化钠溶液:400 g/L。

A.2.2.2 三乙醇胺溶液:1+3。

A.2.2.3 混合酸溶液:

称取 2.5 g 硼酸,加约 20 mL 水,缓慢加入 5 mL 浓硫酸,加热至硼酸溶解。稍冷,移入预先盛有 50 mL 盐酸和 120 mL 水的烧杯中,冷却至室温,用水稀释至 200 mL。

A.2.2.4 乙二胺四乙酸二钠标准滴定溶液: $c(\text{EDTA}) \approx 0.02 \text{ mol/L}$ 。

A.2.2.5 钙试剂羧酸钠盐指示剂。

A.2.3 设备

A.2.3.1 微量滴定管:分度值为 0.02 mL。

A.2.3.2 高温炉:能控制温度 $800^\circ\text{C} \sim 850^\circ\text{C}$ 。

A.2.4 分析步骤

将 A.1.3 条过滤、洗涤后的不溶物连同滤纸置于瓷坩埚中,置于电炉上灰化,放入高温炉中于 $800^\circ\text{C} \sim 850^\circ\text{C}$ 下灼烧 30 min,取出冷却至室温。用 10 mL 混合酸、20 mL 水将残渣转移至 250 mL 锥形瓶中,置于电炉上加热至残渣溶解。冷却至室温,用氢氧化钠溶液调节溶液 pH 为 3(用 pH 试纸检验),加入 3 mL 三乙醇胺溶液,摇动下滴加氢氧化钠溶液至溶液 pH 为 10(用 pH 试纸检验),加入 0.1 g 钙试剂羧酸钠盐指示剂,继续滴加氢氧化钠溶液至溶液由蓝色变为酒红色,并过量 0.2 mL。用乙二胺四乙酸二钠标准滴定溶液滴定至溶液由酒红色变为纯蓝色。

A.2.5 结果计算

氟化钙含量以氟化钙(CaF_2)的质量分数 w_2 计,数值以 % 表示,按式(A.2)计算:

$$w_2 = \frac{(V/1\,000)cM}{m} \times 100 \quad \dots\dots\dots(\text{A.2})$$

式中:

V_1 ——滴定所消耗的乙二胺四乙酸二钠标准滴定溶液体积的数值,单位为毫升(mL);

c ——乙二胺四乙酸二钠标准滴定溶液浓度的准确数值,单位为摩尔每升(mol/L);

m ——按 A.1.3 试料质量的数值,单位为克(g);

M ——氟化钙(CaF_2)摩尔质量的数值,单位为克每摩尔(g/mol)($M=78.07$)。

取平行测定结果的算术平均值为测定结果,两次平行测定结果的绝对差值不大于 0.6%。

A.3 游离硫酸含量的测定

A.3.1 方法提要

试样用水溶解,过滤。以甲基橙为指示剂,滤液用氢氧化钠标准滴定溶液滴定。

A.3.2 试剂

A.3.2.1 氢氧化钠标准滴定溶液: $c(\text{NaOH}) \approx 0.1 \text{ mol/L}$ 。

A.3.2.2 甲基橙指示液:1 g/L。

A.3.3 设备

微量滴定管:分度值为 0.02 mL。

A.3.4 分析步骤

称取约 1 g 试样,精确至 0.01 g,置于烧杯中,加入 20 mL 水,搅拌不溶物,用慢速定性滤纸过滤,不溶物用约 50 ℃ 的热水洗涤 5 遍,滤液收集于 250 mL 锥形瓶中,加入 2 滴~3 滴甲基橙指示液,用氢氧化钠标准滴定溶液滴定至黄色。

A.3.5 结果计算

游离酸含量以硫酸(H_2SO_4)的质量分数 w_3 计,数值以 % 表示,按式(A.3)计算:

$$w_3 = \frac{(V/1\,000)cM}{m} \times 100 \quad \dots\dots\dots (\text{A.3})$$

式中:

V ——滴定时所消耗氢氧化钠标准滴定溶液的体积的数值,单位为毫升(mL);

c ——氢氧化钠标准滴定溶液的浓度的准确数值,单位为摩尔每升(mol/L);

m ——试料质量的数值,单位为克(g);

M ——硫酸 $\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right)$ 摩尔质量的数值,单位为克每摩尔(g/mol)($M=49.04$)。

取平行测定结果的算术平均值为测定结果,两次平行测定结果的绝对差值不大于 0.05%。

附 录 B
(资料性附录)
企业自检经济技术评价指标

B.1 消耗定额

表 B.1 给出了推荐的经济技术指标,供企业参考执行。

表 B.1 单位产品原料、能量生产消耗定额要求

项 目		指 标	
		直接法	无水氟化氢吸收法
单位产品总原料消耗(萤石+硫酸)/(t/t) ^a	≤	5.00	4.95
单位产品水消耗(t/t)	≤	4.5	4.5
单位产品电耗(kW·h/t)	≤	200	550
单位产品标煤消耗(kgce/t) ^b	≤	550	500
^a 以 SiO ₂ 含量小于或等于 1.2% 为基准,大于 1.2% 的按理论值折算消耗指标。 ^b 标煤消耗为粉煤和块煤的合量。			

B.2 单位产品原料、能量消耗的计算**B.2.1 单位产品总原料消耗的计算**

单位产品总原料消耗以 S_1 计,数值以 t/t 表示,按式(B.1)计算:

$$S_1 = \frac{\frac{m_1 w_1}{97} + \frac{\sum(m_i \times w_i)}{100}}{\frac{m_0 w_2}{100}} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

- m_1 ——统计报告期内消耗萤石的质量的数值,单位为吨(t);
- w_1 ——萤石的质量分数,数值以%表示;
- m_i ——统计报告期内消耗第 i 种硫酸的质量的数值,单位为吨(t);
- w_i ——统计报告期内消耗的第 i 种硫酸的质量分数,数值以%表示;
- m_0 ——统计报告期内产出的氢氟酸合格产品质量的数值,单位为吨(t);
- w_2 ——氟化氢的质量分数,数值以%表示。

B.2.2 单位产品水消耗的计算

单位产品水消耗以 S_2 计,数值以 t/t 表示,按式(B.2)计算:

$$S_2 = \frac{m_1}{\frac{m_0 w_2}{100}} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

m_1 ——统计报告期内消耗水的质量的数值，单位为吨(t)；

m_0 ——统计报告期内产出的氢氟酸合格产品质量的数值，单位为吨(t)；

w_2 ——氟化氢的质量分数，数值以%表示。

B.2.3 单位产品电耗的计算

单位产品电耗以 Q_p 计，数值以(kW·h)/t 表示，按式(B.3)计算：

$$Q_p = \frac{Q}{\frac{m_0 w_2}{100}} \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

Q ——统计报告期内耗电量的数值，单位为千瓦时(kW·h)；

m_0 ——统计报告期内产出的氢氟酸合格产品质量的数值，单位为吨(t)；

w_2 ——氟化氢的质量分数，数值以%表示。

B.2.4 单位产品标煤消耗的计算

单位产品标煤消耗以 E 计，数值以 kgce/t 表示，按式(B.4)计算：

$$E = \frac{E_c}{\frac{m_0 w_2}{100}} \dots\dots\dots (B.4)$$

式中：

E_c ——统计报告期内消耗标准煤的数值，单位为千克标煤(kgce)；

m_0 ——统计报告期内产出的氢氟酸合格产品质量的数值，单位为吨(t)；

w_2 ——氟化氢的质量分数，数值以%表示。