ICS 31.030
CCS L 90

团　　体　　标　　准

T/CEATEC XXX-XXXX

环保型电子级硅酸酯生产技术要求

Technical requirements for environmentally friendly electronic-grade silicate production

（征求意见稿）

2026－XX－XX 发布　　2026－XX－XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会　　发 布

目　　次

前　　言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 原料要求 1
4.1 硅粉 1
4.2 甲醇 2
4.3 乙醇 3
5 工艺技术要求 3
5.1 工艺路线 3
5.2 主要工艺单元操作要求 3
5.3 工艺控制与自动化 4
6 质量控制 5
6.1 成品质量要求 5
6.2 质量不合格品处理 7
7 安全与环保要求 7
7.1 生产安全 7
7.2 环境保护 8
7.3 职业健康 9
8 生产记录与追溯 10
8.1 生产记录 10
8.2 可追溯性 10
9 检验与验收 10
9.1 检验规则 10
9.2 验收规则 11
10 标志、包装、运输和储存 11
10.1 标志 11
10.2 包装 11
10.3 运输 11
10.4 储存 11
参　考　文　献 1

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

环保型电子级硅酸酯生产技术要求

1 范围

本文件规定了环保型电子级硅酸酯生产过程中的原料要求、工艺技术要求、质量控制、安全与环保要求、生产记录与追溯、检验与验收以及标志、包装、运输和储存等要求。

本文件适用于环保型电子级硅酸酯的生产过程。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 190 危险货物包装标志

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2881—2014 工业硅

GB/T 5099（所有部分） 钢质无缝气瓶

GB/T 7144 气瓶颜色标志

GB/T 14193 液化气体气瓶充装规定

GB 15258 化学品安全标签编写规定

GB/T 16804 气瓶警示标签

GB/T 33145 大容积钢质无缝气瓶

GB/T 43965—2024 电子级正硅酸乙酯

AQ/T 3034 化工过程安全管理导则

YS/T 1109—2016 有机硅用硅粉

TSG 23 气瓶安全技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

环保型电子级硅酸酯 environmentally friendly electronic-grade silicate

一类满足电子级超高纯度、环境友好特性、低三废排放与低能耗的有机硅前驱体材料，核心用于半导体、显示、光伏等高端电子制造领域，作为二氧化硅薄膜的高纯硅源，在保障工艺性能的同时实现全生命周期绿色化。

4 原料要求

4.1 硅粉

4.1.1 牌号及化学成分

硅粉的牌号及化学成分应符合表1的规定，牌号的表示方法应符合GB/T 2881—2014附录A的规定。

表 1　牌号及化学成分

牌号	化学成分（质量分数）/%						
	名义硅含量不小于	主要杂质元素含量，≤					
		Fe	Al	Ca	Ti	Ni	Pb
Si1101	99.724	0.10	0.10	0.01	0.05	0.015	0.001
Si2202	99.514	0.20	0.20	0.02	0.05	0.015	0.001
Si3303	99.304	0.30	0.30	0.03	0.05	0.015	0.001
Si4110	99.334	0.40	0.10	0.10	0.05	0.015	0.001
Si4210	99.234	0.40	0.10	0.10	0.05	0.015	0.001
Si4305	99.184	0.40	0.05	0.05	0.05	0.015	0.001
Si4310	99.134	0.40	0.10	0.10	0.05	0.015	0.001
Si5210	99.134	0.50	0.20	0.10	0.05	0.015	0.001
Si5310	99.134	0.50	0.30	0.10	0.05	0.015	0.001
Si6210	99.034	0.60	0.20	0.10	0.05	0.015	0.001
分析结果的判定采用修约比较法，数值修约规则按GB/T 8170的规定进行，修约数位与表中所列极限值数位一致。 名义硅含量应不低于100%减去铁、铝、钙、钛、镍、铅元素含量和的值。							

4.1.2　粒度

硅粉的粒度应符合YS/T 1109-2016表2的要求。

表 2　硅粉粒度要求

项目	要求
＞355 μm粒度范围	≤1%
＜45 μm粒度范围	≤15%
平均粒径/μm	120~200

4.1.3　水分

硅粉的水分不应大于0.050%。

4.1.4　外观质量

硅粉外观应呈灰色，为金属光泽粉末。

4.2　甲醇

性状为无色透明液体，无异臭味、无可见杂质。甲醇应符合表3的技术要求。

表 3　技术要求

项目	指标
	优等品
色度，Hazen单位（铂-钴色号）	≤5
密度，ρ_{20}/（g/cm^3）	0.791~0.792
沸程*（0 ℃，101.3 kPa）/℃	≤0.8
高锰酸钾试验，min	≥50
水混溶性试验	通过附录A实验（1+3）
水，ω/%	≤0.10
酸（以HCOOH计），ω/% 或碱（以NH_3计），ω/%	≤0.0015 ≤0.0002
羰基化合物（以HCHO计），ω/%	≤0.002
蒸发残渣，ω/%	≤0.001
硫酸洗涤试验，Hazen单位（铂-钴色号）	≤50
乙醇，ω/%	≤0.01
*包括64.6 ℃±0.1 ℃。	

4.3 乙醇

乙醇应符合表4的技术要求。

表 4 技术要求

项目	99.5%乙醇	
	优等品	一等品
色度/Hazen单位（铂-钴色号）	5	
乙醇含量φ/%	99.9	99.5
水分	0.10	0.50
酸含量（以乙酸计）/（mg/L）	10	20
醛含量（以乙醛计）/（mg/L）	10	15
甲醇/（mg/L）	50	
异丙醇/（mg/L）	200	
正丙醇/（mg/L）	50	
乙酸酯[a]/（mg/L）	200	
C4+C5醇[b]/（mg/L）	20	50
高锰酸钾氧化时间/min	20	15
蒸发残渣/（mg/L）	20	25
硫酸试验色度/号	20	30
水混溶性试验	通过附录A实验（1+9）	
注1：[a]乙酸酯指乙酸乙酯、乙酸异丙酯等酯类。 注2：[b]C4+C5醇指2-丁醇、异丁醇、正丁醇、异戊醇、正戊醇等。		

5 工艺技术要求

5.1 工艺路线

硅粉+醇类→一步催化法合成→硅酸酯粗品→一次粗提纯→二次精提纯→除水塔→金属元素吸附塔→三次提纯→超滤膜过滤→成品包装→入库。

5.2 主要工艺单元操作要求

5.2.1 原料预处理

5.2.1.1 硅粉预处理

5.2.1.1.1 筛分：硅粉入库后，经密闭式振动筛分机去除粒径＞355 μm的大颗粒杂质，筛分过程配备脉冲袋式除尘器，粉尘收集效率≥99.5%，防止无组织排放。

5.2.1.1.2 干燥：筛分后的硅粉送入氮气保护的干燥仓，在120 ℃±5 ℃、常压条件下干燥2 h，干燥后水分含量≤0.050%，检测合格后转入原料缓存仓，全程避免与空气接触吸潮。

5.2.1.2 醇类预处理

5.2.1.2.1 过滤：甲醇、乙醇原料经静置沉降4 h后，通过0.5 μm精密过滤器去除悬浮机械杂质，过滤后的原料浊度≤5 NTU。

5.2.1.2.2 脱水：过滤后的醇类优先采用3A分子筛吸附脱水，辅以减压精馏脱水，确保深度除水。脱水后甲醇水分≤0.10%，99.5%乙醇水分≤0.10%，脱水后的醇类储存于氮气密封的不锈钢储罐中。

5.2.1.3 催化剂预处理

催化剂使用前应检查外观无结块、无潮解，按原料总质量的0.3%~0.5%精确称量，在氮气氛围下加入活化釜，于80 ℃±5 ℃下活化1 h，活化后立即通入反应系统，避免长时间暴露于空气中吸水失效。

5.2.2 合成反应单元

5.2.2.1 进料控制

采用计量泵精准输送硅粉与醇类原料，硅粉与醇类的摩尔比控制在1:4.2~1:4.5，进料流量波动≤±2%；催化剂经活化后通过专用管道连续注入反应釜，进料顺序为“先通醇类→再加催化剂→最后加硅粉”，避免局部反应剧烈。

5.2.2.2 反应条件

反应釜温度控制在100 ℃~120 ℃，升温速率≤5 ℃/h，压力维持在0.3 MPa~0.5 MPa，搅拌转速60 r/min~80 r/min，反应时间4 h~6 h；反应过程中持续通入微量氮气，带走生成的微量水分，抑制硅酸酯水解副反应。

5.2.2.3 反应终点判定

通过在线密度计、黏度计实时监测反应体系参数，当密度稳定在（1.01~1.03）g/cm³（25 ℃）、黏度稳定在（1.5~2.0）mPa·s（25 ℃）时，判定为反应终点，生成硅酸酯粗品。

5.2.3 提纯单元

5.2.3.1 一次粗提纯

硅酸酯粗品送入常压精馏塔，塔顶温度控制在64 ℃~68 ℃（甲醇体系）或78 ℃~82 ℃（乙醇体系），塔底温度130 ℃~140 ℃，回流比3:1~5:1，去除未反应的醇类及低沸点杂质，粗提纯后产品纯度≥95%。

5.2.3.2 二次精提纯

将一次粗提纯产物送入高效减压精馏塔。正硅酸甲酯：操作压力1.1 atm，塔顶温度123 ℃～124 ℃，回流比8:1～10:1，进一步去除中等沸点杂质，产品纯度提升至≥99.5%。正硅酸乙酯：操作压力0.5 atm，塔顶温度138 ℃～139 ℃，回流比8:1～10:1，进一步去除中等沸点杂质，产品纯度提升至≥99.5%。

5.2.3.3 除水

二次精提纯产物进入填充3A分子筛的除水塔，操作温度40 ℃~50 ℃、压力0.1 MPa~0.2 MPa，物料停留时间≥30 min，确保成品正硅酸甲酯中水含量≤100 mg/kg，成品正硅酸乙酯中水含量≤50 mg/kg。

5.2.3.4 除金属

除水后的产物送入金属元素吸附塔，吸附剂选用改性活性炭与离子交换树脂复合填料，操作空速1 h^{-1}~2h^{-1}，吸附去除铁、铝、钙等金属离子，成品正硅酸甲酯中单一金属离子含量≤50 μg/kg，成品正硅酸乙酯中金属离子含量符合表6的要求。

5.2.3.5 三次提纯与超滤

经除水、除金属后的产物送入精密减压精馏塔，塔顶压力-0.095 MPa，塔顶温度95 ℃~105 ℃，回流比12:1~15:1，产品纯度达到电子级要求；最后通过0.1 μm超滤膜过滤，操作压力0.2 MPa~0.3 MPa，去除微小颗粒杂质，确保≥0.2 μm的颗粒数量≤100 pcs/ml。

5.3 工艺控制与自动化

5.3.1 检测层

应包括下列内容：

a) 成分分析：在线气相色谱、在线水分仪、近红外光谱仪；
b) 物理参数：温度变送器、压力变送器、电磁流量计、质量流量计、pH计、电导率仪、液位检测仪、密度计、黏度计；
c) 安全监测：可燃气体探测器、有毒气体探测器、液位开关。

5.3.2 控制层

集散控制系统（DCS）：是核心控制平台，集成所有检测信号，实现参数显示、趋势记录、手动/自动切换及远程操作。通过PID回路控制实现温度、压力、流量、液位的自动调节。

5.3.3 安全联锁层

根据AQ/T 3034的要求，设置独立的安全仪表系统（SIS），实现“超限即停”的硬联锁，避免安全事故。

6 质量控制

6.1 成品质量要求

6.1.1 电子级正硅酸甲酯应符合表 5 的技术要求。

表 5 电子级正硅酸甲酯技术要求

项目		指标
正硅酸甲酯（$Si(OCH_3)_4$）纯度/%		≥99.90
氯离子（Cl^-）含量/（μg/kg）		≤500
色度/Hazen		≤10
密度/（25 ℃，g/cm^3）		1.018~1.028
水（H_2O）含量/（mg/kg）		≤100
金属离子含量	铝（Al）含量/（μg/kg）	≤50
	锑（Sb）含量/（μg/kg）	≤50
	砷（As）含量/（μg/kg）	≤50
	钡（Ba）含量/（μg/kg）	≤50
	钙（Ca）含量/（μg/kg）	≤50
	铬（Cr）含量/（μg/kg）	≤50
	钴（Co）含量/（μg/kg）	≤50
	铜（Cu）含量/（μg/kg）	≤50
	铁（Fe）含量/（μg/kg）	≤50
	铅（Pb）含量/（μg/kg）	≤50
	锂（Li）含量/（μg/kg）	≤50
	镁（Mg）含量/（μg/kg）	≤50
	锰（Mn）含量/（μg/kg）	≤50
	钼（Mo）含量/（μg/kg）	≤50
	镍（Ni）含量/（μg/kg）	≤50
	铂（Pt）含量/（μg/kg）	≤50
	钾（K）含量/（μg/kg）	≤50
	钠（Na）含量/（μg/kg）	≤50
	锡（Sn）含量/（μg/kg）	≤50
	钛（Ti）含量/（μg/kg）	≤50
	钨（W）含量/（μg/kg）	≤50
	钒（V）含量/（μg/kg）	≤50
	锌（Zn）含量/（μg/kg）	≤50
	锆（Zr）含量/（μg/kg）	≤50
	金属离子总含量/（μg/kg）	≤1000
以金属离子计纯度/%		99.9999

6.1.2 电子级正硅酸乙酯应符合 GB/T 43965—2024 关于电子级硅酸乙酯技术要求的规定。

表 6　电子级硅酸乙酯技术要求

项目		纯度		
		6N （光伏用）	8N （平板显示用）	9N （集成电路用）
正硅酸乙酯纯度[Si（OC_2H_5）$_4$]/10^{-2}		≥99.90%	≥99.95%	≥99.99%
阳离子含量	硼（B）含量/（μg/kg）	-	≤10	≤0.5
	铝（Al）含量/（μg/kg）	≤50	≤5	≤0.1
	锑（Sb）含量/（μg/kg）	-	≤1	≤0.1
	砷（As）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	钡（Ba）含量/（μg/kg）	≤50	≤5	≤0.1
	铍（Be）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	铋（Bi）含量/（μg/kg）	-	≤1	≤0.1
	镉（Cd）含量/（μg/kg）	≤50	≤5	≤0.1
	钙（Ca）含量/（μg/kg）	≤50	≤5	≤0.1
	铈（Ce）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	铬（Cr）含量/（μg/kg）	≤100	≤5	≤0.1
	钴（Co）含量/（μg/kg）	≤50	≤5	≤0.1
	铜（Cu）含量/（μg/kg）	≤50	≤5	≤0.1
	镓（Ga）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	锗（Ge）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	金（Au）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	铪（Hf）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	铟（In）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	铱（Ir）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	铁（Fe）含量/（μg/kg）	≤100	≤5	≤0.1
	铅（Pb）含量/（μg/kg）	≤10	≤5	≤0.1
	锂（Li）含量/（μg/kg）	≤10	≤5	≤0.1
	镁（Mg）含量/（μg/kg）	≤10	≤5	≤0.1
	锰（Mn）含量/（μg/kg）	≤10	≤5	≤0.1
	汞（Hg）含量/（μg/kg）	≤10	≤5	≤0.1
	钼（Mo）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	镍（Ni）含量/（μg/kg）	≤50	≤5	≤0.1
	铌（Nb）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	钯（Pd）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	铂（Pt）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	钾（K）含量/（μg/kg）	≤100	≤5	≤0.1
	铼（Re）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	铑（Rh）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	铷（Rb）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	银（Ag）含量/（μg/kg）	≤10	≤5	≤0.1
	钠（Na）含量/（μg/kg）	≤100	≤5	≤0.1

表 6（续）

项目		纯度		
		6N（光伏用）	8N（平板显示用）	9N（集成电路用）
	锶（Sr）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	钽（Ta）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	铊（Tl）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	钍（Th）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	锡（Sn）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	钛（Ti）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	钨（W）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	铀（U）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	钒（V）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	锌（Zn）含量/（μg/kg）	≤50	≤5	≤0.1
	锆（Zr）含量/（μg/kg）	-	≤5	≤0.1
	阳离子总含量/（μg/kg）	≤1000	≤10	≤1
	以阳离子计纯度/%	≥99.9999	≥99.999999	≥99.9999999
氯离子（Cl^-）含量/（μg/kg）		≤500	≤500	≤50
色度/Hazen		5~10	5~10	5~10
水分（H_2O）含量/（mg/kg）		≤50	≤50	≤5
颗粒数量（pcs/ml）	0.3 μm≥颗粒尺寸≥0.2 μm	≤100	≤50	≤20
	0.5 μm≥颗粒尺寸≥0.3 μm	≤50	≤30	≤10
	1.0 μm≥颗粒尺寸≥0.5 μm	≤30	≤20	≤5
	颗粒尺寸≥1 μm	≤20	≤5	≤2

6.2 质量不合格品处理

根据不合格品杂质含量以及是否被污染判断有无回收利用的价值，无法回收则可充当工业级销售或进入危废处理程序。

7 安全与环保要求

7.1 生产安全

7.1.1 本质安全设计

7.1.1.1 温和工艺：优先选择反应条件（温度、压力）相对温和、副反应少的工艺路线，从根本上降低风险。

7.1.1.2 连续化生产：采用连续流程替代间歇操作，减少人为操作失误和过程波动风险。

7.1.1.3 物料减量/替代：优化设计，尽量减少危险物料。

7.1.1.4 设备可靠性：针对强腐蚀介质选用高级耐腐蚀材料。

7.1.1.5 高完整性密封：转动设备（泵、压缩机）采用双端面机械密封等可靠密封形式，防止泄漏。

7.1.2 风险控制与防护

7.1.2.1 防火防爆

应符合下列要求：

a) 严格划分爆炸危险区域（0区、1区、2区）；

b) 区域内所有电气设备、仪表应符合相应防爆等级；

c) 设备管道可靠接地，控制流速，防止静电积聚；
d) 安装多点可燃/有毒气体探测器，连接中央报警系统；
e) 配备完善的消防系统（水喷淋、泡沫、火灾自动报警系统等）。

7.1.2.2 防泄漏与中毒

应符合下列要求：
a) 最大限度减少法兰连接，推广焊接，实现系统密闭化；
b) 安装有毒气体探测器，设置报警和联动通风；
c) 厂房设计保证良好通风，重点区域（地坑、泵区）设置强制排风；
d) 配备应急洗眼器、淋浴器和专业堵漏工具包。

7.1.2.3 泄压与排放安全

应符合下列要求：
a) 压力容器和关键管道设置安全阀/爆破片，泄放至专用处理设施（严禁直排大气）；
b) 设计可靠焚烧系统，确保废气安全燃烧处理。

7.1.3 工艺控制与联锁

7.1.3.1 对关键反应参数（温度、压力、液位、流量、配比）实施精确自动控制。
7.1.3.2 设置完善的安全仪表系统：在参数超限时自动触发联锁（如切断进料、启动紧急冷却、紧急停车），定期进行 HAZOP（危险与可操作性分析）、LOPA（保护层分析）等风险评估。

7.1.4 运行管理

7.1.4.1 严格操作规程：制定并执行详细的工艺操作、开停车、设备操作和应急处置规程。
7.1.4.2 人员培训与资质：对全员进行深度安全培训（工艺危害、操作规程、设备、应急等），确保熟练掌握技能。特种作业持证上岗。
7.1.4.3 高风险作业许可：严格执行动火、受限空间、高处作业等许可制度（作业前 JSA 分析、气体检测、隔离、监护）。
7.1.4.4 预防性维护：建立基于风险的设备维护计划（RBI），定期检查、测试关键设备、安全仪表、消防和应急设施。
7.1.4.5 变更管理：任何工艺、设备、材料的变更必须经过严格的变更管理程序评估安全影响。
7.1.4.6 应急准备：制定针对性的应急预案（泄漏、火灾、爆炸、中毒、环保），配备充足 PPE（A 级防化服、SCBA 等），定期演练，并与外部救援力量联动。

7.2 环境保护

7.2.1 源头减量

7.2.1.1 优化工艺，提高原子经济性，减少副产物和废物生成量。
7.2.1.2 选用环保型催化剂和溶剂，降低后续处理难度。
7.2.1.3 实施泄漏检测与修复计划，减少无组织排放。

7.2.2 “三废”安全处理与资源化

7.2.2.1 废水

应符合下列要求：
a) 分类收集与预处理：高盐废水（含NaCl等）、高浓度有机废水（含氯有机物、甘油等）与低浓度废水分流；
b) 核心难点处理：对含氯有机物（如二氯丙醇、ECH）废水，必须采用焚烧、湿式氧化或高级氧化等破坏性技术进行彻底预处理，确保可生化性并防止生成毒性更大的副产物（如二噁英）。高盐废水需蒸发结晶回收盐或安全处置；
c) 深度处理：预处理后的废水进入生化系统进一步处理，确保达标排放。

7.2.2.2 废气

应符合下列要求：

a) 优先收集处理：工艺废气、储罐呼吸气、设备泄漏气等应尽可能收集；
b) 核心处理技术：焚烧是处理可燃有毒废气的主要手段，确保完全燃烧（高温、足够停留时间、良好混合），消除黑烟和带液。非可燃废气采用碱洗（除HCl、Cl_2）、活性炭吸附或催化氧化等技术。

7.2.2.3 固废

应符合下列要求：

a) 分类与鉴别：废催化剂、废盐（可能含有机物）、精馏残渣、污泥等需按危险废物进行鉴别；
b) 合规处置：委托有资质的危险废物处理单位进行安全焚烧或安全填埋。探索废催化剂的回收利用途径；
c) 资源化：研究副产盐（如NaCl）的精制和资源化利用可能性。

7.2.3 环境风险防控

7.2.3.1 设计防渗、防漏、围堰、事故应急池等设施，防止泄漏物料污染土壤和地下水。
7.2.3.2 建立环境监测体系，定期监测厂界及周边环境质量（大气、水体、土壤）。
7.2.3.3 制定突发环境事件应急预案，并定期进行演练。

7.3 职业健康

7.3.1 危害识别与控制

7.3.1.1 化学危害

包含下列内容：

a) 有毒物质：ECH本身具有有毒性、致癌性、致敏性。氯化氢具有强刺激性和窒息性。需严格控制系统密闭性，防止泄漏和人员接触。
b) 工程控制优先：通过密闭化生产、局部排风罩、全面通风等手段，将工作场所空气中有害物质浓度控制在职业接触限值（如ECH的PC-TWA：＜1×10^{-6}，PC-STEL：＜2×10^{-6}）。

7.3.1.2 物理危害

噪声（泵、压缩机、火炬）、高温（反应器、换热器附近）、潜在机械伤害等。采取隔声降噪、隔热、机械防护等措施。

7.3.2 暴露监测与健康监护

7.3.2.1 工作场所监测：定期定点或个体采样监测空气中 ECH、氯化氢、有机溶剂等有害物质的浓度。
7.3.2.2 岗前体检：筛查职业禁忌症。
7.3.2.3 在岗定期体检：针对接触的有害物质进行专项检查（如肝功能、肾功能、呼吸道、皮肤检查、特定生物标志物监测等），早期发现健康损害。
7.3.2.4 离岗体检：评估离职时的健康状况。
7.3.2.5 建立健康档案：完整记录员工的职业史、接触史和体检结果。

7.3.3 个体防护

7.3.3.1 呼吸防护：根据危害等级选用防毒面具（滤毒盒）、供气式呼吸器或 SCBA。
7.3.3.2 身体防护：防化服（耐酸碱、防渗透）、围裙、手套（耐化学品）、安全鞋。
7.3.3.3 眼面部防护：化学防溅护目镜、全面罩。
7.3.3.4 听力防护：耳塞、耳罩。
7.3.3.5 健康促进与培训：对员工进行职业健康知识培训，使其了解工作中接触的危害、健康影响、防护措施和应急处理。
7.3.3.6 提供卫生设施（洗手、淋浴）。

7.3.3.7　倡导健康生活方式，增强员工自身抵抗力。

8　生产记录与追溯

8.1　生产记录

8.1.1　原料与辅料记录

供应商及批次信息：记录甲醇、乙醇、催化剂等原料的供应商名称、资质证明、采购批次号、入厂日期。

8.1.2　入厂检验记录

每批次原料的检验项目、检验方法、检验人员、检验结果及判定。

8.1.3　储存与领用记录

原料储存位置（储罐编号）、入库量、领用时间、领用批次、领用人。

8.1.4　生产过程关键参数记录

应按工序细分记录，重点覆盖公用工程、罐区、氯醇化、环化、精制、蒸发盐水等工序核心设备关键参数。

8.1.5　设备与仪表记录

8.1.5.1　设备运行状态：反应器、储罐、泵、阀门等关键设备的编号、运行时间、启停记录、异常情况及处理措施。
8.1.5.2　仪表校准记录：温度表、压力表、流量计等计量仪表的校准日期、校准值、偏差范围、校准人员，确保参数测量的准确性。
8.1.5.3　维护与检修记录：设备定期维护、故障维修的内容、时间、负责人、更换部件型号及批次。

8.1.6　异常与偏差记录

生产过程中出现的超温、超压、原料不合格、设备故障等异常情况，需记录异常发生时间、现象描述、原因分析、处理措施、处理结果及负责人。

8.1.7　人员与环境记录

8.1.7.1　操作人员信息：各工序当班人员姓名、交接班时间及交接内容。
8.1.7.2　环境监测记录：厂区内有毒气体浓度、废气/废水排放指标的监测数据。

8.2　可追溯性

8.2.1　为确保记录的有效性和可追溯性，应明确记录的填写、存储、保管规则。
8.2.2　标准化格式：制定统一的记录表单，明确必填项，避免信息遗漏。
8.2.3　及时性与真实性：记录需“实时填写”，禁止事后补填或涂改；若需修改，需在原数据旁标注修改原因、修改人及时间。
8.2.4　存储与备份：纸质记录存放于干燥、防火、防虫的专用档案室，按“年份-月份-批次”分类归档，保存期限至少 5 年。电子记录需加密存储、定期备份，防止数据丢失或篡改。

9　检验与验收

9.1　检验规则

9.1.1　抽样规则

以同一条产品生产线、同一工艺连续稳定生产，装入同一成品罐的产品构成一个检验批。

9.1.2　检验项目

每个检验批应对电子级正硅酸酯表中的各个指标进行检测。

9.2 验收规则

当检测结果有任何一项不符合第6章要求时，应对该批产品重新加倍取样检测，若仍有任何一项指标不符合要求，则该批产品为不合格。同一批次接收罐进行连续分装的钢瓶应对首、尾分装钢瓶进行检测。当检测结果有任何一项不符合第6章要求时，应对全部分装钢瓶进行取样检测，若仍有任何一项指标不符合要求，则该批产品为不合格。

10 标志、包装、运输和储存

10.1 标志

10.1.1 正硅酸酯出厂时应有产品质量合格证，其内容至少应包括：

——电子级正硅酸酯的中英文产品名称；

——生产厂名称，危险化学品生产许可证编号；

——生产日期或批号，以及安全使用期或失效日期；

——充装质量（kg）；

——本文件号及正硅酸酯的纯度。

10.1.2 正硅酸酯的包装标志应符合 GB 190 和 GB/T 191 的相关规定，颜色标志应符合 GB/T 7144 的规定，标签应符合 GB 15258、GB/T 16804 规定的要求。

10.2 包装

10.2.1 包装电子级正硅酸酯的气瓶应符合 GB/T 5099（所有部分）、GB/T 33145 的规定。

10.2.2 电子级正硅酸酯的充装及贮运应符合 GB/T 14193 和 TSG 23 的规定，充装及贮运的安全管理要求见《特种设备安全监察条例》。

10.2.3 电子级正硅酸酯的钢瓶应对内表面进行处理，钢瓶内表面应满足本文件对于水分及颗粒度的要求。

10.2.4 在充装前需要对钢瓶内部进行清洗，使用正硅酸酯原液进行钢瓶内壁的润洗，并检测颗粒度指标。

10.2.5 当指标合格后，方可进行电子级正硅酸酯的充装。电子级正硅酸酯的钢瓶的接口连接方式宜使用 1/4 英寸 Gland 接头，采用公进母出的方式连接。公头与母头上应具有防尘保护塞，瓶阀外围应具有防止外部污染的保护材料对 2 个瓶阀进行密封保护。

10.2.6 充装时，宜采用常压或不高于 0.6 MPa 的压力进行充装。充装量应不大于钢瓶容积的 90%，保持上部至少留有 3-5%的气相空间。

10.2.7 钢瓶内部应充有一定量的保护气，保护气压力应处于 0.2 MPa~1 MPa 之间。以防止空气进入及正硅酸酯水解等反应发生。保护气可选纯度不低于 5N 的高纯氮气或高纯氦气，具体品种及充装压力由供需双方商定。

10.3 运输

充装了电子级正硅酸酯的钢瓶在运输过程中，要轻提轻放，严禁日光暴晒与猛烈撞击，严禁与氧化剂与有毒有害物质混运，防止污染。搬运钢瓶时需小心谨慎，避免撞击，轻拿轻放，防止容器破损。

10.4 储存

10.4.1 产品应存放在阴凉、干燥、通风的库房内，避免暴晒，并远离热源。电子级正硅酸酯存储温度应在（0~40）℃范围，应与氧化剂、酸类、碱类分开存放，不应混储。

10.4.2 存储区域应采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备和合适的收容材料。

10.4.3 生产企业应为顾客提供安全技术说明书。

参 考 文 献

[1] GB 338—2011 工业用甲醇
[2] GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划
[3] GB/T 6680 液体化工产品采样通则
[4] GB/T 6820—2016 工业用乙醇

附 录 A
（资料性）
水混溶性实验

A.1 甲醇、乙醇产品水混溶性试验

A.1.1 根据不同产品的样品所含的难溶于水的杂质及产品规格的要求，选择合适的样品与水混溶的比例。按确定的比例，量取一定体积的样品注入清洁、干燥的比色管中，缓缓加水至100 mL刻度，盖紧塞子，充分摇匀，静置至所有气泡消失。将比色管置于(20±1)℃的恒温装置中（当使用恒温水浴时，应使水面高于比色管中试验溶液液面）30 min。

A.1.2 加100 mL水到另一支材质相同的100 mL比色管中作为空白试液。30 min后将比色管从恒温装置中取出，擦干比色管外壁，在黑色背景下轴向比较样品-水混合溶液与空白试液。如使用人工光源，应使光线横向通过比色管。

A.1.3 乙醇：选择试样与水混溶的比例为：1＋9。

A.1.4 甲醇：选择试样与水混溶的比例为：1＋3。