



中华人民共和国国家标准

GB 29447—2026

代替 GB 29447—2022

硅多晶和锗单位产品能源消耗限额

Norm of energy consumption per unit products of polysilicon and germanium

2026-06-27 发布

2027-01-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

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。

本文件代替 GB 29447—2022《多晶硅和锗单位产品能源消耗限额》，与 GB 29447—2022 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了范围(见第 1 章,2022 年版的第 1 章)；
- b) 增加了规范性引用文件 GB 17167(见第 3 章)；
- c) 增加了三氯氢硅法和硅烷流化床法的术语和定义(见 3.1、3.2)；
- d) 更改了能耗限额等级值(见 4.1、4.2,2022 年版的 4.1、4.2)；
- e) 更改了硅多晶的能耗统计范围(见 6.1.1.1,2022 年版的 6.1.1.1)；
- f) 增加了硅多晶主要生产工序能源消耗统计范围(见 6.1.1.4)；
- g) 更改了产品产量内容(见 6.2,2022 年版的 6.2.1)；
- h) 更改了外购的原辅材料及中间产品对应的单位产品能耗基准(见 6.3.3,2022 年版的 6.2.4)。

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。

本文件由国家标准化管理委员会提出并归口。

本文件于 2012 年首次发布,2022 年第一次修订时并入了 GB 29413—2012《锗单位产品能源消耗限额》的内容,本次为第二次修订。

硅多晶和锗单位产品能源消耗限额

1 范围

本文件规定了硅多晶和锗单位产品能源消耗(以下简称“能耗”)限额等级、技术要求、统计范围和计算方法。

本文件适用于以三氯氢硅法或硅烷流化床法生产光伏用硅多晶(以下简称“硅多晶”)的企业,以锗精矿、再生锗原料为原料生产高纯四氯化锗、高纯二氧化锗、区熔锗锭、锗单晶的企业进行能耗的计算、考核,以及对新建、改建和扩建项目的能耗控制。

本文件不适用于生产半导体用电子级硅多晶、区熔级硅多晶的企业的能耗控制。

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/T 2589 综合能耗计算通则
- GB/T 5238 锗单晶和锗单晶片
- GB/T 11069 高纯二氧化锗
- GB/T 11071 区熔锗锭
- GB/T 12723 单位产品能源消耗限额编制通则
- GB/T 14264 半导体材料术语
- GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则
- GB/T 25074 太阳能级硅多晶
- GB/T 35307 流化床法颗粒硅
- YS/T 13 高纯四氯化锗

3 术语和定义

GB/T 2589、GB/T 12723、GB/T 14264 和 GB 17167 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

三氯氢硅法 trichlorosilane hydrogen process

一种生产硅多晶的工艺,将高纯三氯氢硅与高纯氢气按比例通入还原炉,三氯氢硅在硅芯表面发生还原或热分解反应,气相沉积生成棒状硅多晶。

3.2

硅烷流化床法 silane fluidized bed process

一种生产硅多晶的工艺,将高纯硅烷与高纯氢气按比例通入流化床反应器,硅烷在硅籽晶表面发生分解反应,气相沉积生成颗粒硅多晶。

4 能耗限额等级

4.1 硅多晶

硅多晶单位产品能耗限额等级见表 1,其中 1 级能耗最低。

表 1 硅多晶单位产品能耗限额等级

产品	单位产品综合能耗 kgce/kg		
	1 级	2 级	3 级
硅多晶(三氯氢硅法)	≤5.0	≤5.5	≤6.3
硅多晶(硅烷流化床法)	≤3.6	≤4.0	≤4.6

4.2 锗

锗单位产品能耗限额等级见表 2,其中 1 级能耗最低。

表 2 锗单位产品能耗限额等级

产品	单位产品综合能耗 kgce/kg		
	1 级	2 级	3 级
高纯四氯化锗	≤5.2	≤5.5	≤9.3
高纯二氧化锗	≤0.9	≤1.1	≤1.7
区熔锗锭	≤7.8	≤9.5	≤18.9
锗单晶	≤6.0	≤6.5	≤10.0

注 1: 锗单位产品能耗限额均以该产品折算成对应的锗金属量进行计算。

注 2: 高纯四氯化锗以锗精矿、再生锗原料经氯化蒸馏、精馏工序生产,高纯二氧化锗以高纯四氯化锗为原料经水解、烘干、焙烧工序生产,区熔锗锭以高纯二氧化锗为原料经氢气还原、区熔提纯工艺生产,锗单晶以区熔锗锭为原料经直拉法单晶生长工艺生产。

5 技术要求

5.1 硅多晶及锗单位产品能耗限定值

5.1.1 现有硅多晶生产企业的硅多晶单位产品综合能耗限定值应符合表 1 中 3 级的规定。

5.1.2 现有锗生产企业的锗单位产品综合能耗限定值应符合表 2 中 3 级的规定。

5.2 硅多晶及锗单位产品能耗准入值

5.2.1 新建或改扩建硅多晶生产企业的硅多晶单位产品综合能耗准入值应符合表 1 中 2 级的规定。

5.2.2 新建或改扩建锗生产企业的锗单位产品综合能耗准入值应符合表 2 中 2 级的规定。

6 统计范围和计算方法

6.1 统计范围

6.1.1 硅多晶单位产品综合能耗统计范围

6.1.1.1 硅多晶的能耗,包括从原材料进入生产厂区开始,直至产品进入成品仓库或出厂的整个过程,统计报告期内主要生产系统、辅助生产系统和附属生产系统所消耗的各种一次能源、二次能源以及耗能工质;包括事故损耗、设备维修、开停车和年度大修过程的能耗,不包括停产维保、建设、改造过程的能耗。主要生产系统包括三氯氢硅合成、反应精馏/精馏、四氯化硅氢化、硅多晶制备、尾气回收、产品处理包装、硅芯/籽晶制备、氢气制备、“三废”处理等工序。辅助生产系统包括纯水、循环水、脱盐水、氮气、压缩空气等制备及蒸汽锅炉、空调、机修、库房、运输、供配电等。附属生产系统包括生产调度指挥系统、办公室、检测分析、休息室、更衣室、职工宿舍、食堂、澡堂等。

6.1.1.2 设备大修的能耗,按检修后设备的运行周期逐月平均分摊。

6.1.1.3 硅多晶生产中存在工序缺省、工序产量不足而外购或产量富余而外售原辅材料、中间产品时,综合能耗值应增加或减少相应的能耗值。

6.1.1.4 应纳入硅多晶能耗统计范围的主要生产工序如下,各工序含其所用边界外的公辅设施能耗分摊。

- a) 三氯氢硅合成工序:从氯化氢制备开始,直至分离得到三氯氢硅(质量分数 $\geq 99\%$)为止。具体包括备料、配料、进料、合成、分离提纯、排废气、排废液、排废渣、供排风、物料输送、收尘、供排水、辅助设备及照明等所有能耗。
- b) 反应精馏/精馏工序:从粗三氯氢硅开始,直至产出精三氯氢硅或精硅烷为止。具体包括备料、进料、反应精馏/精馏、蒸发、冷凝、排废气、排废液、制冷、供排风、物料输送、供排水、辅助设备及照明等所有能耗。
- c) 四氯化硅氢化工序:从四氯化硅开始,直至产出三氯氢硅(质量分数 $\geq 99\%$)为止。具体包括备料、配料、进料、四氯化硅汽化、氢化、氢气循环、尾气回收、氢化料分离提纯、排废气、排废液、排废渣、制冷、供排风、物料输送、供排水、辅助设备及照明等所有能耗。
- d) 硅多晶制备工序:三氯氢硅法从精馏后合格的三氯氢硅开始,直至产出棒状硅多晶为止。具体包括石墨件煅烧等备件处理、备料、进料、预热、还原、停炉取棒、供排风、物料输送、供排水、辅助设备及照明等所有能耗。硅烷流化床法从精馏后合格的硅烷开始,直至产出颗粒硅多晶为止。具体包括备料、进料、预热、分解、出料、尾气除尘、氢气加压、供排风、物料输送、供排水、辅助设备及照明等所有能耗。
- e) 尾气回收工序:从反应器排出尾气开始,直至回收、分离得到合格氢气、氯化氢和氯硅烷为止。具体包括尾气缓冲、进料、淋洗、混合气体压缩、氯硅烷分离、氯化氢吸收解析、制冷、氢气回收纯化、储存、供排风、物料输送、供排水、辅助设备及照明等所有能耗。
- f) 硅多晶产品处理、包装工序:三氯氢硅法从棒状硅多晶开始,直至产出免清洗、洁净包装的硅多晶为止。具体包括硅多晶破碎、酸腐蚀、纯水清洗、烘干、包装、废液中和排放、废气处理、制冷、供排风、物料输送、供排水、辅助设备及照明等所有能耗。硅烷流化床法从颗粒硅开始,直至产出洁净包装的硅多晶为止。具体包括颗粒硅除尘、除氢、抛光、分级、包装、废气处理、制冷、供排风、物料输送、供排水、辅助设备及照明等所有能耗。
- g) 硅芯/籽晶制备工序:三氯氢硅法从硅多晶原料开始,直至产出洁净包装的硅芯为止。具体包括硅棒(圆硅芯)拉制、硅芯切割及磨锥加工、酸腐蚀、纯水清洗、烘干、包装等工艺过程中的物料输送、加工、供排风、供排水、辅助设备及照明等所有能耗。硅烷法是从颗粒硅产品开始,直

至产出符合要求的硅籽晶为止。具体包括直接将颗粒硅产品分选工序获得的一定粒径范围的硅颗粒作为硅籽晶,或采用研磨或破碎等工艺方法,将颗粒硅产品分选工序获得的较大粒径的硅颗粒进行处理后获得硅籽晶,在此过程中的物料输送、加工、供排风、供排水、辅助设备及照明等所有能耗。

- h) 氢气制备工序:包括电解液配制、电解、氢气纯化等过程,或其他氢气制备方法的物料输送、制氢、供排风、辅助设备及照明等所有能耗。
- i) “三废”处理工序:包括硅多晶生产过程中工艺废气收集、淋洗(或燃烧、水解)、污水收集、污水处理、固渣处理等系统的物料输送、供排风、供排水、辅助设备及照明等所有能耗。

6.1.2 锗单位产品综合能耗统计范围

6.1.2.1 锗产品的能耗,包括从原材料进入生产厂区开始,直至产品进入成品仓库或出厂的整个过程,存在多个产品(工序)时,能耗需要进行累加计算。

6.1.2.2 高纯四氯化锗产品能耗的统计范围包括生产过程的原料破碎、输送、盐酸浸出、氯化蒸馏、复蒸、萃取、精馏、二次精馏等工序环节的能耗。

6.1.2.3 高纯二氧化锗产品的能耗统计范围包括水解反应过程的搅拌、冷却、产品的过滤(或压滤)、洗涤、烘干、焙烧等工序环节的能耗。

6.1.2.4 区熔锗锭产品的能耗统计范围包括还原炉还原及铸锭系统、制氢及纯化系统、区熔炉区熔提纯系统、冷却水循环系统的能耗。

6.1.2.5 锗单晶能耗包括单晶炉加热系统、单晶炉水冷却系统、冷却水循环系统、制氮及纯化系统、真空系统的能耗。

6.1.2.6 此外还包括产品检测和包装、机修车间、“三废”处理车间、办公区分摊的能耗,以及厂区内空气净化、通风、尾气吸收净化等系统分摊的能耗。

6.2 产品产量

产品产量以报告期内企业生产的合格产品的总产量计,单位为千克(kg)。

- a) 三氯氢硅法硅多晶合格产品应符合 GB/T 25074 的规定,硅烷流化床法硅多晶合格产品应符合 GB/T 35307 的规定。
- b) 高纯四氯化锗合格产品应符合 YS/T 13 的规定,高纯二氧化锗合格产品应符合 GB/T 11069 的规定,区熔锗锭合格产品应符合 GB/T 11071 的规定,红外锗单晶合格产品应符合 GB/T 5238 的规定。

6.3 计算方法

6.3.1 硅多晶的综合能耗按公式(1)计算:

$$E = \sum_{i=1}^n (e_i \times \rho_i) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

E ——报告期内的产品综合能耗,单位为千克标准煤(kgce);

n ——消耗的能源种类数;

e_i ——报告期内产品消耗的第 i 种能源量(含耗能工质消耗的能源量),单位为千克(kg)或立方米(m^3);

ρ_i ——第 i 种能源的折标准煤系数(见附录 A)。

6.3.2 硅多晶的单位产品综合能耗按公式(2)计算:

$$E_g = \frac{E}{P} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

E_g ——报告期内产品的单位产品综合能耗，单位为千克标准煤每千克(kgce/kg)；

P ——报告期内合格产品的产量，单位为千克(kg)。

6.3.3 硅多晶生产中存在工序缺省、工序产量不足而外购或产量富余而外售原辅材料、中间产品时，相应的能耗值按公式(3)计算：

$$E_x = E_m \times Q_m - E_s \times Q_s \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

E_x ——外购或外售原辅材料及中间产品产生的能耗值，单位为千克标准煤(kgce)；

E_m ——外购的原辅材料及中间产品对应的单位产品能耗基准，三氯氢硅的单位产品能耗基准为 0.40 kgce/kg(质量分数 $\geq 99\%$)，四氯化硅的单位产品能耗基准为 0.40 kgce/kg(质量分数 $\geq 99\%$)、硅烷的单位产品能耗基准为 2.0 kgce/kg、氢气的单位产品能耗基准为 0.60 kgce/m³、硅芯的单位产品能耗基准为 2.8 kgce/kg；本文件中氢气的单位产品能耗基准以水电解制氢工艺为依据，若采用其他工艺制氢，其单位产品能耗可按照实际值执行；本文件中硅芯单位产品能耗是委外加工过程中的单位产品能耗，若硅芯为外购，硅芯单位产品能耗需额外计入硅多晶单位产品能耗限额等级的 3 级值；

Q_m ——外购的原辅材料及中间产品的量，三氯氢硅、四氯化硅、硅烷、氢气、硅芯的单位分别为千克(kg)、千克(kg)、千克(kg)、立方米(m³)、千克(kg)；

E_s ——外售的原辅材料及中间产品对应的实际单位产品能耗值，单位为千克标准煤每千克(kgce/kg)或千克标准煤每立方米(kgce/m³)；

Q_s ——外售的原辅材料或中间产品的量，其中三氯氢硅、四氯化硅、硅烷、氢气、硅芯的数量单位分别为千克(kg)、千克(kg)、千克(kg)、立方米(m³)、千克(kg)。

注：公式中的氢气的体积均为 0℃、1 个标准大气压时的体积。

6.3.4 硅多晶生产中存在工序缺省、工序产量不足而外购或产量富余而外售原辅材料、中间产品时，硅多晶单位产品综合能耗按公式(4)计算：

$$E_g = \frac{E + E_x}{P} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

E_g ——报告期内产品的单位产品综合能耗，单位为千克标准煤每千克(kgce/kg)；

E_x ——报告期内外购或外售原辅材料、中间产品而产生的能耗值，单位为千克标准煤(kgce)；

P ——报告期内合格产品产量，单位为千克(kg)。

6.3.5 锆的综合能耗按公式(5)计算：

$$E = \sum_{i=1}^n (e_i \times \rho_i) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

E ——报告期内的产品综合能耗，单位为千克标准煤(kgce)；

n ——消耗的能源种类数；

e_i ——报告期内产品消耗的第 i 种能源量(含耗能工质消耗的能源量)，单位为千克(kg)或立方米(m³)；

ρ_i ——第 i 种能源的折标准煤系数(见附录 A)。

6.3.6 锆的单位产品综合能耗按公式(6)计算：

$$E_{\text{Ge}} = \frac{E}{P_{\text{Ge}}} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

E_{Ge} ——报告期内锺产品的单位产品综合能耗,单位为千克标准煤每千克(kgce/kg)；

P_{Ge} ——报告期内锺产品含有的锺金属量,单位为千克(kg)。

6.3.7 折标准煤系数

能源的低位发热量和耗能工质耗能量,应按实测值或供应单位提供的数据折标准煤。无法获得实测值的,其折标准煤系数可参照国家统计局公布的数据或附录 A 给出的数据。

附 录 A

(资料性)

常用能源和耗能工质折标准煤系数(参考值)

A.1 常用能源折标准煤系数(参考值)见表 A.1。

表 A.1 常用能源折标准煤系数(参考值)

能源名称	平均低位发热量	折标准煤系数
原煤	20 934 kJ/kg	0.714 3 kgce/kg
洗精煤	26 377 kJ/kg	0.900 0 kgce/kg
电力(当量值)	3 600 kJ/(kW·h)	0.122 9 kgce/(kW·h)
热力(蒸汽)	—	0.034 12 kgce/MJ
天然气	32 238 kJ/m ³ ~38 979 kJ/m ³	1.100 0 kgce/m ³ ~1.330 0 kgce/m ³
注 1: 蒸汽折标准煤系数按热力当量值计。		
注 2: 折标准煤系数如遇国家统计局规定发生变化,能耗等级指标则另行规定。		

A.2 常用耗能工质折标准煤系数(参考值)见表 A.2。

表 A.2 常用耗能工质折标准煤系数(参考值)

耗能工质名称	单位耗能工质耗能量	折标准煤系数
新水	7.54 MJ/t(1 800 kcal/t)	0.257 1 kgce/t
软化水	14.24 MJ/t(3 400 kcal/t)	0.485 7 kgce/t
压缩空气	1.17 MJ/m ³ (280 kcal/m ³)	0.040 0 kgce/m ³
氮气(做主产品时)	19.68 MJ/m ³ (4 700 kcal/m ³)	0.671 4 kgce/m ³
氮气(做副产品时)	11.72 MJ/m ³ (2 800 kcal/m ³)	0.400 0 kgce/m ³
注: 单位耗能工质耗能量和折标准煤系数是按照电厂发电标准煤耗为 0.404 kgce/(kW·h)计算的折标准煤系数。实际计算时,考虑上年电厂发电标准煤耗和制备耗能工质设备效率等影响因素,对折标准煤系数进行修正。		