

3825 光伏设备与元器件制造行业系数手册

1.适用范围

本手册仅用于《国民经济行业分类》（GB/T 4754-2017）中 3825 光伏设备与元器件制造行业使用系数法核算工业污染物产生量和排放量的工业企业。

利用本手册进行产排污核算得出的污染物产生量与排放量仅代表了特定行业、工艺、产品、原料在正常工况下污染物产生与排放的一般规律。

本行业废水指标包括：化学需氧量、氨氮、总氮、总磷；废气指标包括：颗粒物、氮氧化物。

2.注意事项

2.1 多种生产工艺或多类产品企业的产排污核算

废水中化学需氧量、氨氮、总氮、总磷，除组件生产外其他工段废气中颗粒物、氮氧化物：污染物产生量与产品产量有关；组件生产工段废气中颗粒物：污染物产生量与原料用料有关；根据不同工段计算产污量后，再根据企业末端治理设施和运行情况计算各污染物的排污量。

企业某污染物指标的产生量、排放量为各工段产生量、排放量之和。

在企业实际排放量计算过程中，如果存在废水回用的情况，需要在利用产排污核算公式的基础上扣除废水回用的部分。公式如下：

$$\text{实际排放量}=\text{计算排放量}\times(1-\text{废水回用率})$$

2.2 采用多种废气治理设施组合处理企业的排污量核算

在排污量计算选择末端治理技术时，若没有对应的组合治理技术，以主要治理技术为准。

2.3 系数表中未涉及的产污系数及污染治理效率

光伏设备及元器件制造业中，逆变器等设备生产参照机械行业相关工段的系数手册。

2.4 其他需要说明的问题

由于不同企业工业废气量与废水量差异较大，本手册所提供的工业废水量、工业废气量系数仅供参考。

为体现相同产污水平条件下，采用相同环保治理设施的不同企业对同一污染物去除效果的差异，引入末端治理设施实际运行率（ k ）对污染治理技术的实际去除率进行修正。 k 值反映的是污染治理设施运行的状态，越稳定运行， k 值越高；在取值上，若定义连续稳定运行的理想状态为 1，则 k 取值在 0-1 之间。

本手册给出本行业的 k 计算公式仅供参考，使用时，可根据 k 值定义，选取更适合企业实际情况的表达方式。

3.污染物排放量核算方法

针对企业实际生产情况，本行业在系数制定过程中将企业全生产流程划分或拆分为若干工段（核算环节），在核算企业污染物排放量时，可灵活选择本企业对应的工段进行核算。

3.1 计算工段污染物产生量

（1）根据产品、原料、污染物产生的主导生产工艺、企业规模（生产产能）这一组合查找和确定所对应的某一污染物的产污系数。

（2）根据该污染物的产污系数计量单位：单位产品产量或单位原料用量，获取企业实际产品产量或原料用量。

例如某组合内化学需氧量的产污系数单位为：千克/吨-产品，则计算产生量时需要获取企业实际产品产量。如果产污系数单位为：千克/吨-原料，则计算产生量时需要获取企业原料实际消耗量。

（3）污染物产生量按以下公式进行计算：

污染物产生量=污染物对应的产污系数×产品产量（原料用量）

$$G_{产i} = P_{产i} \times M_i$$

其中，

$G_{产i}$ ：工段 i 某污染物的平均产生量；

$P_{产i}$ ：工段某污染物对应的产污系数；

M_i ：工段 i 的产品产量/原料用量。

3.2 计算工段污染物去除量

(1) 根据企业对某一污染物所采用的治理技术查找和选择相应的治理技术平均去除效率;

(2) 根据污染治理设施实际运行率参数及其计算公式得出该企业某一污染物的治理设施实际运行率 (k 值)。

(3) 利用污染物去除量计算公式 (如下) 进行计算:

$$\begin{aligned} \text{污染物去除量} &= \text{污染物产生量} \times \text{污染物去除率} \\ &= \text{污染物产生量} \times \text{治理技术平均去除效率} \times \text{治理设施实际运行率} \end{aligned}$$

$$R_{\text{减}i} = G_{\text{产}i} \times \eta_{Ti} \times k_{Ti}$$

其中,

$R_{\text{减}i}$: 工段 i 某污染物的去除量;

η_{Ti} : 工段 i 某污染物采用的末端治理技术的平均去除效率;

k_{Ti} : 工段 i 某污染物采用的末端治理设施的实际运行率。

3.3 计算工段污染物排放量

$$\text{污染物排放量} = \text{污染物产生量} - \text{污染物去除量}$$

$$\begin{aligned} &= \text{污染物对应的产污系数} \times \text{产品产量 (原料用量)} - \\ &\text{污染物产生量} \times \text{治理技术平均去除效率} \times \text{治理设施实际运行率} \end{aligned}$$

3.4 计算企业污染物排放量

同一企业某污染物全年的污染物产生 (排放) 总量为该企业在同一年实际生产的全部工段、产品、原料、规模污染物产生 (排放) 量之和。

$$E_{\#} = G_{\text{产}} - R_{\text{减}} = \sum (G_{\text{产}i} - R_{\text{减}i})$$

$$= \sum [P_{\text{产}} \times M_i (1 - \eta_T \times k_T)]$$

4. 污染物排放量核算案例

某光伏企业主要从事单晶硅电池片、组件的生产。该企业涉及的主要产排污工段为：电池片和组件两个工段。其中电池片工段主要污染物为：化学需氧量、氨氮、氟化物、总磷、总氮、氮氧化物，组件工段主要污染物为：化学需氧量、颗粒物。以化学需氧量为例说明排放量计算过程。

该企业基本信息如表 1 所示。

4.1 工段 1 的排放量计算

(1) 化学需氧量产生量计算

① 查找产污系数及其计量单位

根据企业基本信息，查找本手册中主要产品为：单晶电池片，主要原料为：单晶硅片，主要工艺为：碱制绒+湿法刻蚀，生产规模为：所有规模的组合中化学需氧量的产污系数为 41.46，单位为千克/兆瓦-产品。

表 1 某光伏企业基本信息

| | 工段 1: 电池片 | | 工段 2: 组件 | |
|--------|-----------|----------|----------|---------|
| | 名称 | 数量 | 名称 | 数量 |
| 产品及产量 | 单晶电池片 | 2725 兆瓦 | 电池组件 | 3760 兆瓦 |
| 原料及用量 | 单晶硅片 | 54470 万片 | 单晶电池片 | 3800 兆瓦 |
| 工艺 | 碱制绒+湿法刻蚀 | - | 焊接层压装框 | - |
| 规模(产能) | 2756 兆瓦 | | 3992 兆瓦 | |
| 污染治理设施 | A/O 工艺 | | A/O 工艺 | |

| | | | | |
|---------|------------|----------|------------|----------|
| 实际运行率参数 | 污水处理设施运行时间 | 16000 小时 | 污水处理设施运行时间 | 14800 小时 |
| | 正常生产时间 | 16704 小时 | 正常生产时间 | 14784 小时 |

②获取企业产品产量

该企业实际情况为：该工段主要产品单晶电池片 2017 年产量为 2725 兆瓦。

③计算化学需氧量产生量

由于查询到的组合中，化学需氧量产生量产污系数的单位为千克/兆瓦-产品，因此在核算化学需氧量产生量产生量时需获取产品产量。

化学需氧量产生量=化学需氧量产污系数×产品(单晶电池片)产量

$$=41.46 \text{ 千克/兆瓦} \times 2725 \text{ 兆瓦} = 112978.5 \text{ 千克}$$

(2) 化学需氧量去除量计算

①查找治理技术平均去除效率

由于该企业化学需氧量治理技术采用 A/O 工艺，查询相应组合内 A/O 工艺的平均去除效率为 89%。

②计算污染治理技术实际运行率

根据产污系数组合查询结果，该组合中化学需氧量法对应的污染治理设施实际运行率计算公式为：

$$k = \text{污水处理设施运行时间} / \text{正常生产时间} = 16000 / 16704 = 0.957$$

③计算化学需氧量去除量：

化学需氧量去除量=化学需氧量产生量 × 治理技术平均去除效率 × 污染治理技术实际运行率

$$=112978.5 \text{ 千克} \times 89\% \times 0.957 = 96616.4 \text{ 千克}$$

(3) 化学需氧量排放量计算

化学需氧量排放量=化学需氧量产生量-化学需氧量去除量

$$=112978.5 \text{ 千克} - 96616.4 \text{ 千克} = 16362.1 \text{ 千克}$$

4.2 工段 2 的排放量计算

(1) 化学需氧量产生量计算

①查找产污系数及其计量单位

根据企业基本信息，查找本手册中主要产品为：电池组件，主要原料为：单晶电池片，主要工艺为：焊接层压装框，生产规模为：所有的组合中化学需氧量的产污系数为 0.06，单位为千克/兆瓦-产品。

②获取企业产品产量

该企业实际情况为：该工段主要产品单晶电池片 2017 年产量为 3760 兆瓦。

③计算化学需氧量产生量

由于查询到的组合中，化学需氧量产污系数的单位为千克/兆瓦-产品，因此在核算产生量时需获取产品产量。

化学需氧量产生量=化学需氧量产污系数×产品（单晶电池片）
产量=0.06 千克/兆瓦×3760 兆瓦=225.6 千克

(2) 化学需氧量去除量计算

①查找治理技术平均去除效率

由于该企业化学需氧量治理技术采用 A/O 工艺，查询相应组合内 A/O 工艺的平均去除效率为 90%。

②计算污染治理技术实际运行率

根据产污系数组合查询结果，该组合中化学需氧量对应的污染治理设施实际运行率计算公式为：

$k = \text{污水处理设施运行时间} / \text{正常生产时间} = 14800 / 14784 = 1.001 = 1$ （大于 1 取值 1）

③计算化学需氧量去除量：

化学需氧量去除量 = 化学需氧量产生量 × 治理技术平均去除效率 × 污染治理技术实际运行率 = 225.6 千克 × 90% × 1 = 203.04 千克

（3）化学需氧量排放量计算

化学需氧量排放量 = 化学需氧量产生量 - 化学需氧量去除量
= 225.6 千克 - 203.04 千克 = 22.56 千克

4.3 化学需氧量总排放量计算

化学需氧量总排放量 = 工段 1 排放量 + 工段 2 排放量 = 16362.1 千克 + 22.56 千克 = 16384.66 千克

5.系数表

3825 光伏设备与元器件制造行业系数表

| 工段名称 | 产品名称 | 原料名称 | 工艺名称 | 规模等级 | 污染物指标 | 单位 | 产污系数 | 末端治理技术名称 | 末端治理技术平均去除效率 (%) | 参考 k 值计算公式 ¹ | |
|---------|---------|------|--------|------|-------|--|---------|----------|------------------|-------------------------|--|
| 高纯多晶硅生产 | 高纯多晶硅 | 冶金级硅 | 改良西门子法 | 所有规模 | 废水 | 化学需氧量 | 千克/吨-产品 | 37.44 | 化学混凝法 | 56 | k=污水处理设施运行时间（小时/年）/正常生产时间（小时/年） |
| | | | | | | 氨氮 | 千克/吨-产品 | 0.013 | A/O 工艺 | 81 | |
| | | | | | | 总氮 | 千克/吨-产品 | 0.15 | A/O 工艺 | 60 | |
| | | | | | 工业废水量 | 吨/吨-产品 | 239.84 | / | / | / | |
| | | | | | 废气 | 颗粒物 | 千克/吨-产品 | 8.46 | 旋风+布袋除尘 | 96 | k=除尘设备耗电量（千瓦时/年）/[除尘设备额定功率（千瓦）×除尘设备运行时间（小时/年）] |
| 氮氧化物 | 千克/吨-产品 | 5.12 | 喷淋塔 | 83 | | k=工艺废气净化装置耗电量（千瓦时/年）/[工艺废气净化装置额定功率（千瓦）×工艺废气净化装置运行时间（小时/年）] | | | | | |

¹: 该公式仅供参考, 使用时, 可根据 k 值定义, 选取更适合企业实际情况的表达方式。

| 工段名称 | 产品名称 | 原料名称 | 工艺名称 | 规模等级 | 污染物指标 | 单位 | 产污系数 | 末端治理技术名称 | 末端治理技术平均去除效率 (%) | 参考 k 值计算公式 ¹ |
|------|------|------|------|------|-------|-----------|-------|----------|------------------|-------------------------|
| | | | | | 工业废气量 | 标立方米/吨-产品 | 33516 | / | / | / |

3825 光伏设备与元器件制造行业（续 1）

| 工段名称 | 产品名称 | 原料名称 | 工艺名称 | 规模等级 | 污染物指标 | 单位 | 产污系数 | 末端治理技术名称 | 末端治理技术平均去除率 (%) | 参考 k 值计算公式 | |
|------------|-----------|-------|------|------|-------|-------|-----------|----------|-----------------|------------|---|
| 硅片生产（硅料清洗） | 洁净高纯多晶硅原料 | 高纯多晶硅 | 酸洗 | 所有规模 | 废气 | 颗粒物 | 千克/吨-产品 | 0.274 | 袋式除尘 | 99 | $k = \text{除尘设备耗电量 (千瓦时/年)} / [\text{除尘设备额定功率 (千瓦)} \times \text{除尘设备运行时间 (小时/年)}]$ |
| | | | | | | 氮氧化物 | 千克/吨-产品 | 15.5 | 喷淋塔 | 86 | $k = \text{工艺废气净化装置耗电量 (千瓦时/年)} / [\text{工艺废气净化装置额定功率 (千瓦)} \times \text{工艺废气净化装置运行时间 (小时/年)}]$ |
| | | | | | | 工业废气量 | 标立方米/吨-产品 | 75007 | / | / | / |
| | | | | | | 工业废水量 | 吨/吨-产品 | 25.5 | / | / | / |
| | | | 碱洗 | | 废气 | 颗粒物 | 千克/吨-产品 | 0.118 | 袋式除尘 | 99 | $k = \text{除尘设备耗电量 (千瓦时/年)} / [\text{除尘设备额定功率 (千瓦)} \times \text{除尘设备运行时间 (小时/年)}]$ |
| | | | | | | 工业废气量 | 标立方米/吨-产品 | 393 | / | / | / |

3825 光伏设备与元器件制造行业（续 2）

| 工段名称 | 产品名称 | 原料名称 | 工艺名称 | 规模等级 | 污染物指标 | | 单位 | 产污系数 | 末端治理技术名称 | 末端治理技术平均去除率 (%) | 参考 k 值计算公式 |
|------------|------|-----------|------------|------|-------|-------|----------|-------|--------------|-----------------|---|
| | | | | | 废水 | 化学需氧量 | | | | | |
| 硅片生产（硅片制备） | 单晶硅片 | 洁净高纯多晶硅原料 | 拉棒+多线切割+清洗 | 所有规模 | 废水 | 化学需氧量 | 千克/万片-产品 | 20.83 | 厌氧水解+耗氧生物处理法 | 86 | $k = \frac{\text{污水处理设施运行时间（小时/年）}}{\text{正常生产时间（小时/年）}}$ |
| | | | | | | 工业废水量 | 吨/万片-产品 | 41.40 | / | / | / |
| | 多晶硅片 | | 铸锭+多线切割+清洗 | | 废水 | 化学需氧量 | 千克/万片-产品 | 86.5 | 厌氧水解+耗氧生物处理法 | 87 | $k = \frac{\text{污水处理设施运行时间（小时/年）}}{\text{正常生产时间（小时/年）}}$ |
| | | | | | | 工业废水量 | 吨/万片-产品 | 41.4 | / | / | / |

3825 光伏设备与元器件制造行业（续 3）

| 工段名称 | 产品名称 | 原料名称 | 工艺名称 | 规模等级 | 污染物指标 | 单位 | 产污系数 | 末端治理技术名称 | 末端治理技术平均去除率 (%) | 参考 k 值计算公式 | |
|-------|------------|----------------------|----------|------|-------|---------|----------|----------|-----------------|------------|--|
| 电池片生产 | 单晶电池片 | 单晶硅片 | 碱制绒+湿法刻蚀 | 所有规模 | 废水 | 化学需氧量 | 千克/兆瓦-产品 | 41.5 | A/O 工艺 | 77 | k=污水处理设施运行时间（小时/年）/正常生产时间（小时/年） |
| | | | | | | 氨氮 | 千克/兆瓦-产品 | 6.21 | A/O 工艺 | 91 | |
| | | | | | | | | | 生物膜法 | 96 | |
| | | | | | | 总磷 | 千克/兆瓦-产品 | 1.23 | 化学混凝法 | 93 | |
| | | | | | | | | | A/O 工艺 | 97 | |
| | | | | | | | | | 生物膜法 | 99 | |
| | | | | | | 总氮 | 千克/兆瓦-产品 | 125 | A/O 工艺 | 90 | |
| | | | | | 生物膜法 | | | | 95 | | |
| | | | | | 工业废水量 | 吨/兆瓦-产品 | 308 | / | / | / | |
| | | | | | 废气 | 氮氧化物 | 千克/兆瓦-产品 | 1138 | 喷淋塔 | 95 | k=工艺废气净化装置耗电量（千瓦时/年）/[工艺废气净化装置额定功率（千瓦）×工艺废气净化装置运行时间（小时/年）] |
| 工业废气量 | 标立方米/兆瓦-产品 | 2.12×10 ⁶ | / | / | | / | | | | | |

3825 光伏设备与元器件制造行业（续 4）

| 工段名称 | 产品名称 | 原料名称 | 工艺名称 | 规模等级 | 污染物指标 | 单位 | 产污系数 | 末端治理技术名称 | 末端治理技术平均去除率 (%) | 参考 k 值计算公式 | |
|-------|-------|------|-----------------|------|-------|---------|----------|----------|-----------------|------------|--|
| 电池片生产 | 多晶电池片 | 多晶硅片 | 酸制绒+湿法刻蚀（含黑硅制绒） | 所有规模 | 废水 | 氨氮 | 千克/兆瓦-产品 | 120 | A/O 工艺 | 92 | k=污水处理设施运行时间（小时/年）/正常生产时间（小时/年） |
| | | | | | | | | | 生物膜法 | 95 | |
| | | | | | | 总磷 | 千克/兆瓦-产品 | 9.00 | 化学混凝法 | 96 | |
| | | | | | | | | | A/O 工艺 | 95 | |
| | | | | | | | | | 生物膜法 | 98 | |
| | | | | | | 总氮 | 千克/兆瓦-产品 | 264 | A/O 工艺 | 95 | |
| | | | | | 生物膜法 | | | | 97 | | |
| | | | | | 工业废水量 | 吨/兆瓦-产品 | 770 | / | / | / | |
| | | | | | 废气 | 氮氧化物 | 千克/兆瓦-产品 | 383 | 喷淋塔 | 92 | k=除尘设备耗电量（千瓦时/年）/[除尘设备额定功率（千瓦）×除尘设备运行时间（小时/年）] |
| | | | | | | | | | | | |

3825 光伏设备与元器件制造行业（续 4）

| 工段名称 | 产品名称 | 原料名称 | 工艺名称 | 规模等级 | 污染物指标 | | 单位 | 产污系数 | 末端治理技术名称 | 末端治理技术平均去除率 (%) | 参考 k 值计算公式 |
|------|------|-------------|--------|------|-------|--------|----------|------|----------|-----------------|--|
| | | | | | | | | | | | |
| 组件生产 | 电池组件 | 单晶电池片/多晶电池片 | 焊接层压装框 | 所有规模 | 废水 | 化学需氧量 | 千克/兆瓦-产品 | 0.06 | 化学混凝法 | 52 | k=污水处理设施运行时间（小时/年）/正常生产时间（小时/年） |
| | | | | | | A/O 工艺 | 78 | | | | |
| | | | | | | 工业废水量 | 吨/兆瓦-产品 | 0.80 | / | / | / |
| | | 含铅焊料+助焊剂 | | | 废气 | 颗粒物 | 克/千克-焊料 | 0.30 | 袋式除尘 | 86 | k=除尘设备耗电量（千瓦时/年）/[除尘设备额定功率（千瓦）×除尘设备运行时间（小时/年）] |
| | | | | | | | | | 喷淋塔 | 89 | |
| | | | | | | | | | 其他（吸附法） | 57 | k=设备年耗电量（千瓦时）/2203（千瓦时） |
| | | 不含铅焊料+助焊剂 | | | 废气 | 颗粒物 | 克/千克-焊料 | 0.40 | 袋式除尘 | 86 | k=除尘设备耗电量（千瓦时/年）/[除尘设备额定功率（千瓦）×除尘设备运行时间（小时/年）] |
| | | | | | | | | | 袋式除尘 | 86 | k=除尘设备耗电量（千瓦时/年）/[除尘设备额定功率（千瓦）×除尘设备运行时间（小时/年）] |
| | | 含铅焊料，无助焊剂 | | | 废气 | 颗粒物 | 克/千克-焊料 | 0.31 | 袋式除尘 | 86 | |
| | | | | | | | | | 喷淋塔 | 89 | |
| | | 颗粒物 | | 0.41 | 袋式除尘 | 86 | /年）] | | | | |

| 工段名称 | 产品名称 | 原料名称 | 工艺名称 | 规模等级 | 污染物指标 | | 单位 | 产污系数 | 末端治理技术名称 | 末端治理技术平均去除率 (%) | 参考 k 值计算公式 |
|------|------|------------|------|------|-------|--|---------|------|----------|-----------------|------------|
| | | 不含铅焊料，无助焊剂 | | | | | 克/千克-焊料 | | 喷淋塔 | 89 | |