

3221 金冶炼业系数手册

1.适用范围

本手册仅用于《国民经济行业分类》（GB/T 4754-2017）中 3221 金冶炼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、氰化物等；废气指标包括：颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等。

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

本手册适用于以金精矿、金矿石、阳极泥、高含金物料为原料的提炼黄金的生产活动，涵盖了氰化冶炼、金精炼环节。

结合行业特点，设置组合如下：氧化焙烧-氰化、生物氧化-氰化、直接氰化、堆浸、全泥氰化、单独金精炼、阳极泥提金、循环焙烧-硫脲提金，各企业可针对自己的实际情况选取对应组合使用系数。

金精炼产排污量核算：污染物产生量与产品产量有关，根据手册中金精炼环节产污系数计算产污量后，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；

除金精炼外的产排污量核算：污染物产生量与原料耗量有关，先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总量、排放总量为各工段产生量、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

以阳极泥为原料提炼金、银或稀有稀贵金属产品的企业，可参照对应行业的系数进行核算，注意避免重复统计；

若某些企业采用的末端治理技术在系数手册中没有对应的，则选择处理原理或处理效率最相近的治理技术。

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，在核算企业污染物产排量时，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耗量，获取企业实际产品产量或原料耗量。

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

(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×原料耗量（产品产量）

$$G_{产i} = P_{产} \times M_i$$

其中：

$G_{产i}$ ：工段 i 某污染物的平均产生量；

$P_{产}$ ：工段某污染物对应的产污系数；

M_i ：工段 i 的原料耗量/产品产量。

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) 根据企业的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:

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

$$R_{\text{减}i} = G_{\text{产}i} \times \eta_T \times k_T$$

其中,

$R_{\text{减}i}$: 工段 i 某污染物的去除量;

η_T : 工段 i 某污染物采用的末端治理技术的平均去除效率;

k_T : 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

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

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) 总量为该企业同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

某黄金冶炼企业，以金精矿为原料提炼黄金，采用“氰化-金精炼”工艺，该企业涉及的主要产排污工段为：氰化和精炼两个工段。其中氰化工段主要污染物为废水污染物：化学需氧量、氨氮、氰化物、铅、砷，精炼工段主要污染物为废气污染物：颗粒物、氮氧化物、二氧化硫。

该企业基本信息如表 1 所示。

表 1 某黄金冶炼企业基本信息

项目	工段 1：氰化		工段 2：精炼	
	名称	数量	名称	数量
产品及产量	金泥	——	金锭	26 吨/年
原料及用量	金精矿	490000 吨/年	金泥	——
工艺	直接氰化		精炼	
污染治理设施	含氰废水采用“电化学+亚硫酸钠破氰”，其它生产废水采用“电化学+物理化学法		布袋除尘、高浓度酸雾净化塔喷淋	
废水回用率	90%			
实际运行率参数	污水处理设施运行时间	7920 小时	废气治理设施运行时间	1600 小时
	正产品生产时间	7920 小时	正产品生产时间	1600 小时

4.1 工段 1 的排放量计算

(1) 废水污染物产生量计算

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：金泥，主要原料为：金精矿，主要工艺为：氰化，生产规模为：所有规模的组合中，废水污染物的产污系数见表 2:

表 2 组合对应的废水污染物产污系数

污染物指标	单位	产污系数
工业废水量	吨/吨-原料	6.85
化学需氧量	千克/吨-原料	2.16
氨氮	千克/吨-原料	0.030
氰化物	千克/吨-原料	0.38
铅	克/吨-原料	0.16
砷	克/吨-原料	0.090

②获取企业原料耗量

该企业实际情况为：该工段主要原料金精矿 2017 年耗量为 490000 吨。

③计算废水污染物的产生量

工业废水产生量=6.85×490000/10000 = 335.65 万吨/年；

化学需氧量产生量=2.16×490000/1000=1058.4 吨/年；

氨氮产生量=0.030×490000/1000=14.7 吨/年；

氰化物产生量=0.38×490000/1000=186.2 吨/年；

铅产生量=0.16×490000/1000000=0.078 吨/年；

砷产生量=0.090×490000/1000000=0.044 吨/年；

(2) 废水污染物排放量计算

①查找治理技术平均去除效率

根据该工艺组合对应的主要污染物治理措施，查询对应污染物的平均去除效率见表 3:

表 3 组合对应的废水污染物治理措施去除效率

污染物指标	末端治理设施去除效率 (%)
化学需氧量	90
氨氮	90
氰化物	99.5
铅	90
砷	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，该组合废水污染治理设施实际运行率计算公式为：

$$k = \text{污水处理设施运行时间} / \text{正常生产时间} = 7920 / 7920 = 1;$$

③计算废水污染物的排放量：

根据末端治理技术去除效率、治理设施运行率、回水率（全厂废水回用率 90%）计算废水污染物的排放量

$$\text{工业废水排放量} = \text{废水产生量} \times (1 - \text{废水回用率}) = 335.65 \times (1 - 90\%) = 33.565 \text{ 万吨/年};$$

$$\begin{aligned} \text{化学需氧量排放量} &= \text{化学需氧量产生量} \times (1 - \text{末端治理设施运行率} \times \text{去除效率}) \times (1 - \text{废水回用率}) \\ &= 1058.4 \times (1 - 90\% \times 1) \times (1 - 90\%) = 10.6 \text{ 吨/年}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{氨氮排放量} &= \text{氨氮产生量} \times (1 - \text{末端治理设施运行率} \times \text{去除效率}) \times (1 - \text{废水回用率}) \\ &= 14.7 \times (1 - 90\% \times 1) \times (1 - 90\%) = 0.147 \text{ 吨/年}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{氰化物排放量} &= \text{氰化物产生量} \times (1 - \text{末端治理设施运行率} \times \text{去除效率}) \times (1 - \text{废水回用率}) \\ &= 186.2 \times (1 - 99.5\% \times 1) \times (1 - 90\%) \\ &= 0.093 \text{ 吨/年} \end{aligned}$$

铅排放量=铅产生量×(1-末端治理设施运行率×去除效率)×
 (1-废水回用率)=0.078×(1-90%×1)×(1-90%)=0.00078 吨/
 年

砷排放量=砷产生量×(1-末端治理设施运行率×去除效率)×
 (1-废水回用率)=0.044×(1-90%×1)×(1-90%)=0.00044 吨/
 年

4.2 工段 2 的排放量计算

(1) 废气污染物产生量计算

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：金锭，主要原料为：高含金物料（金泥），主要工艺为：精炼，生产规模为：所有规模的组合中，废气污染物的产污系数见表 4:

表 4 组合对应的废气污染物产污系数

污染物指标	单位	产污系数
工业废气量	标立/千克-产品	1968
颗粒物	千克/千克-产品	0.26
氮氧化物	千克/千克-产品	0.55
二氧化硫	千克/千克-产品	0.39

②获取企业产品产量

该企业实际情况为：该工段主要产品金锭 2017 年产量为 26000 千克。

③计算废气污染物产生量

工业废气产生量=1968×26000/10000 = 5116.8 万立/年;

颗粒物产生量=0.26×26000/1000= 6.76 吨/年;

氮氧化物产生量=0.55×26000/1000=14.3 吨/年；

二氧化硫产生量=0.39×26000/1000=10.14 吨/年；

(2) 废气污染物排放量计算

①查找治理技术平均去除效率

根据该工艺组合对应的主要污染物治理措施，查询对应污染物的平均去除效率见表 5:

表 5 组合对应的废气污染物治理措施去除效率

污染物指标	末端治理技术去除效率 (%)
颗粒物	99
氮氧化物	90
二氧化硫	90

②计算污染治理技术实际运行率

该组合废气污染治理设施实际运行率计算公式为:

$k = \text{废气治理设施运行时间} / \text{正常生产时间} = 1600 / 1600 = 1$;

③计算废气污染物的排放量:

根据末端治理技术去除效率、治理设施运行率计算废气污染物的排放量:

工业废气排放量=工业废气产生量=5116.8 万立方米/年;

颗粒物排放量=颗粒物产生量×(1-末端治理设施运行率×去除效率)=6.76×(1-99%×1)=0.0676 吨/年;

氮氧化物排放量=氮氧化物产生量×(1-末端治理设施运行率×去除效率)=14.3×(1-90%×1)=1.43 吨/年;

二氧化硫排放量=二氧化硫产生量×(1-末端治理设施运行率×去除效率)=10.14×(1-90%×1)=1.014 吨/年;

4.3 全厂污染物总排放量计算

工段 1 和工段 2 的污染物排放总量之和，即为全厂污染物排放总量。

5.系数表

3221 金冶炼业系数表

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	
预处理-氰化	金泥或载金炭	金精矿	氧化焙烧-氰化	所有规模	废水	工业废水量	吨/吨-原料	1.96	/	/	k=废水治理设施年正常运行时间(小时)/企业年正常生产时间(小时)
						化学需氧量	千克/吨-原料	0.26	物理化学处理	70	
						氨氮	千克/吨-原料	0.0022	物理化学处理	10	
						氰化物	千克/吨-原料	0.031	化学混凝法	97	
						镉	克/吨-原料	0.36	物理化学处理	95	
						铅	克/吨-原料	0.50	物理化学处理	95	
						砷	克/吨-原料	0.0060	物理化学处理	95	
						汞	克/吨-原料	0.00020	物理化学处理	95	
					废气	工业废气量	标立方米/吨-原料	2797	/	/	k=废气治理设施年正常运行时间(小时)/企业年正常生产时间(小时)
						颗粒物	千克/吨-原料	3.91	袋式除尘+静电除尘+湿式除尘	99	
						二氧化硫	千克/吨-原料	2.28	双氧水、碱液吸收	90	
						氮氧化物	千克/吨-原料	1.51	双氧水、碱液吸收	85	

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。

3221 金冶炼业系数表（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	末端治理效率 (%)	参考 k 值计算公式*1	
预处理-氰化	金泥或载金炭	金精矿	生物氧化-氰化	所有规模	废水	工业废水量	吨/吨-原料	12	/	/	k=废水治理设施年正常运行时间(小时)/企业年正常生产时间(小时)
						化学需氧量	千克/吨-原料	8.40	物理化学法+沉降分离	90	
						氨氮	千克/吨-原料	0.72	物理化学法+沉降分离	90	
						氰化物	千克/吨-原料	0.0030	物理化学法+沉降分离	95	
						镉	克/吨-原料	0.24	物理化学法+沉降分离	70	
						铅	克/吨-原料	2.64	物理化学法+沉降分离	70	
						砷	克/吨-原料	3.99	物理化学法+沉降分离	70	

3221 金冶炼业系数表（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	末端治理效率 (%)	参考 k 值计算公式*1	
氰化	金泥或载金炭	金精矿	直接氰化	所有规模	废水	工业废水量	吨/吨-原料	6.85	/	/	k=废水治理设施年正常运行时间（小时）/企业年正常生产时间（小时）
						化学需氧量	千克/吨-原料	2.16	电化学+物理化学+生化法	90	
						氨氮	千克/吨-原料	0.030	生化法	90	
						氰化物	千克/吨-原料	0.38	电化学+物理化学	99.5	
						铅	克/吨-原料	0.16	电化学+物理化学	90	
						砷	克/吨-原料	0.090	电化学+物理化学	90	

3221 金冶炼业系数表（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	末端治理效率 (%)	参考 k 值计算公式*1	
氰化	金泥或载金炭	金矿石	堆浸	所有规模	废水	工业废水量	吨/吨-原料	0.51	/	/	k=废水治理设施年正常运行时间（小时）/企业年正常生产时间（小时）
						化学需氧量	千克/吨-原料	0.93	物理化学法	95	
						氰化物	千克/吨-原料	0.0042	化学混凝法	99	
						铅	克/吨-原料	2.40	物理化学法	95	
						砷	克/吨-原料	0.44	物理化学法	95	

3221 金冶炼业系数表（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	末端治理效率 (%)	参考 k 值计算公式*1	
氰化	金泥或载金炭	金矿石	全泥氰化	所有规模	废水	工业废水量	吨/吨-原料	0.40	/	/	k=废水治理设施年正常运行时间（小时）/企业年正常生产时间（小时）
						化学需氧量	千克/吨-原料	0.74	物理化学法	50	
						氰化物	千克/吨-原料	0.46	化学混凝法	99	
						铅	克/吨-原料	0.016	物理化学法	95	
						砷	克/吨-原料	0.016	物理化学法	95	

3221 金冶炼业系数表（续 5）

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	末端治理效率 (%)	参考 k 值计算公式*1	
精炼	金	高含金物料*2	金精炼	所有规模	废气	工业废气量	标立方米/千克-产品	1968	/	/	k=废气治理设施年正常运行时间（小时）/企业年正常生产时间（小时）
						颗粒物	千克/千克-产品	0.26	布袋除尘	99	
						二氧化硫	千克/千克-产品	0.39	碱吸收	90	
						氮氧化物	千克/千克-产品	0.55	酸吸收+碱吸收	90	

2: 高含金物料包括载金炭、金泥和合质金等;

3221 金冶炼业系数表（续 6）

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	末端治理效率 (%)	参考 k 值计算公式*1	
/	金	阳极泥	阳极泥提金（火法+湿法）	所有规模	废气	工业废气量	标立方米/吨-原料	61339	/	/	k=废气治理设施年正常运行时间（小时）/企业年正常生产时间（小时）
						颗粒物	千克/吨-原料	85.87	布袋除尘、文丘里+电除雾	99	
						二氧化硫	千克/吨-原料	98.13	碱吸收	90	
						氮氧化物	千克/吨-原料	7.05	碱吸收	30	

3221 金冶炼业系数表（续7）

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	末端治理效率 (%)	参考 k 值计算公式*1	
/	金泥或载金炭	金精矿	循环焙烧+硫脲浸金	所有规模	废水	工业废水量	吨/吨-原料	2	/	/	k=废水治理设施年正常运行时间(小时)/企业年正常生产时间(小时)
						化学需氧量	千克/吨-原料	0.13	中和法	30	
						镉	克/吨-原料	0.40	中和法	30	
						铅	克/吨-原料	1.80	中和法	30	
						砷	克/吨-原料	1.14	中和法	30	
						汞	克/吨-原料	0.0014	中和法	30	
					废气	工业废气量	标立方米/吨-原料	17653	/	/	k=废气治理设施年正常运行时间(小时)/企业年正常生产时间(小时)
						颗粒物	千克/吨-原料	26.48	沉降室+旋风除尘器+袋式除尘	99	
						二氧化硫	千克/吨-原料	21.18	双氧水+三级喘动塔石灰乳洗涤	95	
						氮氧化物	千克/吨-原料	1.33			