



中华人民共和国国家标准

GB XXXX—XXXX

代替 GB 21248-2014、GB 21249-2014、GB 21250-2014、GB 21251-2014、GB 21348-2014、GB 21349-2014、
GB 25323-2010、YS/T 1412-2021

有色重金属冶炼企业单位产品 能源消耗限额

The norm of energy consumption per unit products
of nonferrous heavy metals metallurgical enterprises

(送审稿)

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 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。

本文件代替了 GB 21248-2014《铜冶炼企业单位产品能源消耗限额》、GB 21249-2014《锌冶炼企业单位产品能源消耗限额》、GB 21250-2014《铅冶炼企业单位产品能源消耗限额》、GB 21251-2014《镍冶炼企业单位产品能源消耗限额》、GB 21348-2014《锡冶炼企业单位产品能源消耗限额》、GB 21349-2014《锑冶炼企业单位产品能源消耗限额》、GB 25323-2010《再生铅单位产品能源消耗限额》，增加了《钴冶炼企业单位产品能源消耗限额》和《铋冶炼企业单位产品能源消耗限额》部分，与 GB 21248-2014、GB 21249-2014、GB 21250-2014、GB 21251-2014、GB 21348-2014、GB 21349-2014、GB 25323-2010 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 删除了原标准中部分术语及定义，增加了“直接能耗”、“辅助能耗”和“附属能耗”定义（见第3章，见2014版的第3章）；
- b) 更改了“4 要求”，将“4 要求”更改为“4 技术要求”，并将该章内容进行整合（见第4章，见2014版的第4章）；
- c) 铜冶炼企业单位产品
 - 将“先进值”、“准入值”、“限定值”更改为“1级”、“2级”、“3级”（见表1、表2，GB 21248-2014版的第4章）；
 - 更改了铜精矿冶炼工艺中“铜冶炼工艺”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表1，GB 21248-2014版的第4章）；
 - 更改了铜精矿冶炼工艺中“粗铜工艺”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表1，GB 21248-2014版的第4章）；
 - 更改了铜精矿冶炼工艺中“阳极铜工艺”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表1，GB 21248-2014版的第4章）；
 - 更改了铜精矿冶炼工艺中“电解工序”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表1，GB 21248-2014版的第4章）；
 - 更改了粗、杂铜冶炼工艺中“粗铜工艺”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表2，GB 21248-2014版的第4章）；
 - 更改了粗、杂铜冶炼工艺中“阳极铜工艺”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表2，GB 21248-2014版的第4章）；
 - 更改了粗、杂铜冶炼工艺中“铜精炼工艺”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表2，GB 21248-2014版的第4章）；
- d) 锌冶炼企业单位产品
 - 将“先进值”、“准入值”、“限定值”更改为“1级”、“2级”、“3级”（见表3、表4，GB 21249-2014版的第4章）；
 - 更改了锌精矿冶炼工艺中“火法炼锌工艺”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表3，GB 21249-2014版的第4章）；
 - 更改了锌精矿冶炼工艺中“湿法炼锌工艺”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表3，GB 21249-2014版的第4章）；

——增加了含锌二次资源锌冶炼工艺中“含锌二次资源火法富集工序”、“湿法炼锌工序（含渣处理工艺）”和“火法炼锌工序”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表4）；

e) 铅冶炼企业单位产品

——将“先进值”、“准入值”、“限定值”更改为“1级”、“2级”、“3级”（见表5，GB 21250-2014版的第4章）；

——更改了“粗铅工艺”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表5，GB 21250-2014版的第4章）；

——更改了“铅电解精炼工序”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表5，GB 21250-2014版的第4章）；

——更改了“铅冶炼工艺”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表5，GB 21250-2014版的第4章）；

f) 镍冶炼企业单位产品

——将“先进值”、“准入值”、“限定值”更改为“1级”、“2级”、“3级”（见表6，GB 21251-2014版的第4章）；

——更改了“高镍铈工艺”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表6，GB 21251-2014版的第4章）；

——更改了“电解工序”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表6，GB 21251-2014版的第4章）；

——更改了“镍精炼工艺”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表6，GB 21251-2014版的第4章）；

——更改了“镍冶炼工艺”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表6，GB 21251-2014版的第4章）；

g) 锡冶炼企业单位产品

——将“先进值”、“准入值”、“限定值”更改为“1级”、“2级”、“3级”（见表7，GB 21348-2014版的第4章）；

——更改了“炼前工序”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求，将“炼前工序”分为“适用于单一沸腾炉生产”、“适用于混合工艺生产”和“适用于单一回转窑生产”三种类型并规定指标要求（见表7，GB 21348-2014版的第4章）；

——更改了“还原熔炼工序”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表7，GB 21348-2014版的第4章）；

——更改了“炼渣工序”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表7，GB 21348-2014版的第4章）；

——更改了“精炼工序”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表7，GB 21348-2014版的第4章）；

——更改了“锡冶炼工艺”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表7，GB 21348-2014版的第4章）；

h) 锑冶炼企业单位产品

——将“先进值”、“准入值”、“限定值”更改为“1级”、“2级”、“3级”（见表8、表9，GB 21349-2014版的第4章）；

——更改了以硫化锑、硫氧混合锑精矿为原料的“粗炼工序”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表8，GB 21349-2014版的第4章）；

——更改了以硫化锑、硫氧混合锑精矿为原料的“精炼工序”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表8，GB 21349-2014版的第4章）；

- 更改了以硫化锑、硫氧混合锑精矿为原料的“锑冶炼工艺”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表8，GB 21349-2014版的第4章）；
- 更改了以脆硫铅锑精矿为原料的“粗炼、吹炼工序”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表9，GB 21349-2014版的第4章）；
- 更改了以脆硫铅锑精矿为原料的“炼渣工序”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表9，GB 21349-2014版的第4章）；
- 更改了以脆硫铅锑精矿为原料的“精炼工序”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表9，GB 21349-2014版的第4章）；
- 更改了以脆硫铅锑精矿为原料的“脆硫铅锑矿冶炼工艺”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表9，GB 21349-2014版的第4章）；
- i) 再生铅冶炼企业单位产品
 - 将“先进值”、“准入值”、“限定值”更改为“1级”、“2级”、“3级”（见表10，GB 25323-2010版的第4章）；
 - 更改了“废电池-再生铅工艺”、“铅膏冶炼工序”、“铅屑冶炼工序”和“金属态铅废料-再生铅工艺”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表10，GB 25323-2010版的第4章）；
 - 删除了“铅膏脱硫工序”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见GB 25323-2010版的第4章）；
 - 增加了“火法精炼工艺”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表10）；
- j) 钴冶炼企业单位产品
 - 增加了“钴冶炼工艺”、“氯化钴工艺”、“电积钴工艺”和“四氧化三钴工艺”的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表11）；
- k) 铋冶炼企业单位产品
 - 增加了以硫化铋精矿和氧化铋为原料的铋冶炼单位产品能耗的“1级”、“2级”、“3级”指标要求（见表12）；
- e) 删除了“统计范围、计算范围及计算方法”，并以附录的形式编写（见附录，见2007版及2014版的第5章）。

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。

本文件由国家发展和改革委员会、国家标准化管理委员会、工业和信息化部和中国有色金属工业协会提出。

本文件由全国能源基础管理标准化技术委员会（SAC/TC20）和全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC243）归口。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2007年首次发布为GB 21248-2007、GB 21249-2007、GB 21250-2007、GB 21251-2007，2008年首次发布为GB 21348-2008、GB 21349-2008，2014年第一次修订；
- 2010年首次发布为GB 25323-2010，2021年首次发布为YS/T 1412—2021；
- 本次为整合修订。

有色重金属冶炼企业单位产品能源消耗限额

1 范围

本文件规定了有色重金属冶炼企业单位产品能源消耗（以下简称能耗）限额的技术要求。

本文件适用于有色重金属铜、锌、铅、镍、锡、锑、再生铅、钴及铋冶炼企业能耗考核以及对新建项目的能耗控制和用能评估。其中：

铜冶炼部分适用于以铜精矿、粗铜、废杂铜为原料的铜冶炼企业，不适用于处理含铜电子废料的粗铜冶炼工艺及含铜矿石直接堆浸工艺，及企业内部含铜废料的综合回收。

锌冶炼部分适用于以锌精矿、铅锌混合精矿、含锌二次资源为原料生产锌锭的锌冶炼企业。

铅冶炼部分适用于以铅精矿、粗铅为原料的铅冶炼企业，及以粗铅为原料的铅电解精炼企业，不适用于以冶炼废渣为主要原料的回收铅的生产企业。

镍冶炼部分适用于处理硫化镍精矿的镍熔炼、镍精炼企业，不适用于以氧化镍矿为原料的镍冶炼企业。

锡冶炼部分适用于以锡精矿（占比 $\geq 55\%$ ）和含锡二次物料（占比 $\geq 46\%$ ）为主要原料的锡冶炼企业。

锑冶炼部分适用于以硫化锑精矿、硫氧混合锑精矿和脆硫铅锑精矿为原料的锑冶炼企业。

再生铅冶炼部分适用于以废铅酸蓄电池、金属态铅废料为原料的火法再生铅冶炼企业。

钴冶炼部分适用于以硫化钴铜矿、粗碳酸钴、粗氢氧化钴、白合金、电池废料以及镍冶炼钴渣等为原料的钴冶炼企业。

铋冶炼部分适用于以硫化铋精矿、氧化铋精矿为原料的铋冶炼火法、湿法冶炼企业。

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 12723 单位产品能源消耗限额编制通则

GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

3 术语和定义

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

3.1

综合能源单耗 unit consumption of integrate energy

即单位产品综合能耗，是指生产单位合格产品所消耗的全部能源量（包括直接能耗、辅助能耗和附属能耗）。

3.2

直接能耗 direct energy consumption

冶炼生产过程中直接消耗的全部能源量。

3.3

辅助能耗 assistant energy consumption

辅助生产系统用于冶炼生产的能源消耗。例如：车间照明、内部运输、环保设施等能源消耗。

3.4

附属能耗 indirect energy consumption

不是直接或辅助生产，但是间接为生产或辅助系统提供必要条件所消耗的能源。包括厂区照明、办公、理化检测等能源消耗。

3.5

工序能源单耗 unit energy consumption in working procedure

单一工序生产过程中生产该工序单位合格产品直接消耗的全部能源量。

4 技术要求

4.1 铜冶炼企业单位产品能耗限额

4.1.1 铜冶炼企业单位产品综合能耗限额（铜精矿冶炼工艺）

铜冶炼企业单位产品综合能耗限额（铜精矿冶炼工艺）应符合表 1 要求。

表 1 铜冶炼企业单位产品综合能耗限额(铜精矿冶炼工艺)

工序、工艺	1 级 kgce/t		2 级 kgce/t		3 级 kgce/t	
	工艺能耗	综合能耗	工艺能耗	综合能耗	工艺能耗	综合能耗
铜冶炼工艺（铜精矿-阴极铜）	≤200	≤210	≤250	≤260	≤370	≤380
粗铜工艺（铜精矿-粗铜）	≤100	≤110	≤130	≤140	≤250	≤260
阳极铜工艺（铜精矿-阳极铜）	≤125	≤130	≤170	≤180	≤280	≤290
电解工序（阳极铜-阴极铜）	≤70	≤75	≤80	≤85	≤105	≤110

4.1.2 铜冶炼企业单位产品综合能耗限额（粗、杂铜冶炼工艺）

铜冶炼企业单位产品综合能耗限额（粗、杂铜冶炼工艺）应符合表 2 要求。

表 2 铜冶炼企业单位产品综合能耗限额（粗、杂铜冶炼工艺）

工序、工艺		一级值/(kgce/t)	二级值/(kgce/t)	三级值/(kgce/t)
		综合能耗	综合能耗	综合能耗
阳极铜工艺	（粗、杂铜-阳极铜）	≤160	≤250	≤280
铜精炼工艺	（粗、杂铜-阴极铜）	≤250	≤330	≤355

4.2 锌冶炼企业单位产品能耗限额

4.2.1 现有锌冶炼企业单位产品能耗限额（锌精矿冶炼工艺）

锌冶炼企业单位产品能耗限额（锌精矿冶炼工艺）应达到表 3 的要求。

表3 锌冶炼企业单位产品综合能耗限额（锌精矿冶炼工艺）

工艺	其中	1级 kgce/t	2级 kgce/t	3级 kgce/t
火法炼 锌工艺	粗锌锭（精矿—粗锌锭）	≤1250	≤1400	≤1470
	精馏锌锭（粗锌锭—精锌锭）	≤290	≤300	≤420
	精馏锌锭（精矿—精锌锭）	≤1540	≤1700	≤1890
湿法炼 锌工艺	电锌锌锭（含渣处理工艺）（精矿—电锌锌锭）	≤1020	≤1100	≤1260
	电锌锌锭（无渣处理工艺）（精矿—电锌锌锭）	≤560	≤660	≤820

4.2.2 锌冶炼企业单位产品综合能耗限额（含锌二次资源锌冶炼工艺）

锌冶炼企业单位产品综合能耗限额（含锌二次资源锌冶炼工艺）应符合表4要求。

表4 锌冶炼企业单位产品综合能耗限额（含锌二次资源锌冶炼工艺）

工序	其中	1级 kgce/t	2级 kgce/t	3级 kgce/t
含锌二 次资源 火法富 集工序	富集氧化锌（含锌二次资源—富集氧化锌）	≤900	≤2000	≤2700
	富集锌焙砂（富集氧化锌—富集锌焙砂）（进一步富集并脱除氟、氯）	≤300	≤330	≤350
	富集锌焙砂（含锌二次资源—富集锌焙砂）	≤1200	≤2330	≤3050
湿法炼 锌工序 （含渣 处理工 艺）	电锌锌锭（富集氧化锌—电锌锌锭）	≤1100	≤1200	≤1400
	电锌锌锭（富集锌焙砂—电锌锌锭）	≤1050	≤1150	≤1350
火法炼 锌工序	粗锌锌锭（富集锌焙砂—粗锌锌锭）	≤1300	≤1450	≤1520
	精馏锌锭（富集锌焙砂—精馏锌锭）	≤1600	≤1770	≤1950

4.3 铅冶炼企业单位产品能耗限额

铅冶炼企业单位产品能耗限额应符合表5的要求。

表 5 现有铅冶炼企业单位产品综合能耗限额

工序、工艺	综合能耗 kgce/t		
	1 级	2 级	3 级
粗铅工艺	≤220	≤260	≤350
铅电解精炼工序	≤82	≤100	≤120
铅冶炼工艺	≤308	≤370	≤480

4.4 镍冶炼企业单位产品能耗限额

镍冶炼企业单位产品能耗限额应符合表 6 的要求。

表 6 镍冶炼企业单位产品能耗限额

工序、工艺	1 级 kgce/t		2 级 kgce/t		3 级 kgce/t	
	工艺能耗	综合能耗	工艺能耗	综合能耗	工艺能耗	综合能耗
高镍铈工艺（镍精矿-高镍铈）	≤490	≤540	≤600	≤630	≤1230	≤1400
电解工序（阳极镍-电解镍）	≤1050	≤1060	≤1100	≤1155	≤1250	≤1350
镍精炼工艺（高镍铈-电解镍）	≤1300	≤1400	≤1400	≤1500	≤1900	≤2000
镍冶炼工艺（镍精矿-电解镍）	≤3250	≤3450	≤3600	≤3800	≤4900	≤5200

4.5 锡冶炼企业单位产品能耗限额

锡冶炼企业单位产品能耗限额应符合表 7 的要求。

表 7 锡冶炼企业单位产品能耗限额

工序名称	物料名称	1 级 kgce/t	2 级 kgce/t	3 级 kgce/t	说明
炼前工序	锡精矿	≤25	≤30	≤35	适用于单一沸腾炉生产
	锡精矿	≤45	≤50	≤60	适用于混合工艺生产
	锡精矿	≤60	≤80	≤100	适用于单一回转窑生产
	锡二次物料	≤45	≤50	≤55	
还原熔炼工序	锡精矿、锡二次物料	≤750	≤800	≤1050	适用两类物料生产
炼渣工序	锡精矿、锡二次物料	≤2500	≤2800	≤3200（富渣冷料≥40%）	适用于处理物料平均含锡≤6%、富渣冷料≥40%等
	锡精矿	≤2200	≤2400	≤2600	适用于处理物料平均含锡>6%
精炼工序	锡精矿	≤120	≤140	≤200	
	锡二次物料	≤200	≤220	≤300	
锡冶炼工艺	锡精矿	≤1700	≤1900	≤2400	
	锡二次物料	≤3000	≤3600	≤4200	

4.6 锑冶炼企业单位产品能耗限额

锑冶炼企业单位产品能耗限额应符合表 8 和表 9 的要求。

表 8 以硫化锑、硫氧混合锑精矿为原料的锑冶炼企业单位产品能耗限额

工艺、工序	1 级 kgce/t		2 级 kgce/t		3 级 kgce/t	
	硫化锑矿	硫氧混合 锑矿	硫化锑矿	硫氧混合 锑矿	硫化锑矿	硫氧混合 锑矿
粗炼工序（锑精矿—锑氧）	≤560	≤760	≤620	≤900	≤700	≤950
精炼工序（锑氧—锑锭）	≤370	≤370	≤410	≤390	≤440	≤440
锑冶炼工艺（锑精矿锑锭）	≤950	≤1040	≤1100	≤1250	≤1250	≤1400

表 9 以脆硫铅锑精矿为原料的锑冶炼企业单位产品能耗限额

工艺、工序	1 级 kgce/t	2 级 kgce/t	3 级 kgce/t
粗炼、吹炼工序（脆硫铅锑精矿—锑氧、底铅）	≤836	≤890	≤950
炼渣工序（鼓风炉渣—粗锑氧、铅锑粗合金）	≤500	≤540	≤600
精炼工序（底铅、锑氧—铅锭、锑锭、高铅锑锭）	≤390	≤440	≤500
脆硫铅锑矿冶炼工艺（脆硫铅锑精矿—锑锭、铅锭、高铅 锑锭）	≤1710	≤1820	≤2100

4.7 再生铅冶炼企业单位产品能耗限额

再生铅冶炼企业单位产品能耗限额应符合表 10 的要求。

表 10 再生铅冶炼企业单位产品能耗限额

工序、工艺		综合能耗等级指标值		
		1 级 kgce/t	2 级 kgce/t	3 级 kgce/t
废电池-再生铅	废电池-再生粗铅工艺	≤130	≤160	≤250
	废电池预处理工序（废电池-铅屑/铅膏）	≤3	≤3.5	≤4
	铅膏冶炼工序（铅膏-再生铅）	≤155	≤180	≤260
	铅屑冶炼工序（铅屑-再生铅）	≤15	≤22	≤25
	火法精炼工艺	≤20	≤22	≤25
金属态铅废料-再生铅工艺		≤15	≤18	≤20

4.8 钴冶炼企业单位产品能耗限额

钴冶炼企业单位产品能耗限额应符合表 11 的要求。

表 11 钴冶炼企业单位产品能耗限额

工序、工艺	1 级 kgce/t		2 级 kgce/t		3 级 kgce/t	
	工艺能耗	综合能耗	工艺能耗	综合能耗	工艺能耗	综合能耗
钴冶炼工艺（钴原料-电积钴）	≤3250	≤3400	≤3350	≤3500	≤3450	≤3600
氯化钴工艺（钴原料-氯化钴溶液）	≤1200	≤1300	≤1900	≤2000	≤1950	≤2050
电积钴工艺（氯化钴溶液-电积钴）	≤1250	≤1380	≤1410	≤1510	≤1440	≤1540
四氧化三钴工艺（氯化钴溶液或硝酸钴溶液或硫酸钴溶液-四氧化三钴）	≤1100	≤1150	≤1750	≤1900	≤1800	≤2000
氯化钴工艺（钴原料-氯化钴晶体）	≤1900	≤2100	≤2200	≤2400	≤2300	≤2500
硫酸钴工艺（钴原料-硫酸钴晶体）	≤2500	≤2700	≤2600	≤2800	≤2700	≤2900

4.9 铋冶炼企业单位产品能耗限额

铋冶炼企业单位产品能耗限额应符合表 12 的要求。

表 12 铋冶炼企业单位产品能耗限额

指标名称	原料	1 级 kgce/t	2 级 kgce/t	3 级 kgce/t
单位产品综合能耗	硫化铋精矿	≤2700	≤3000	≤3500
	氧化铋原料	≤2200	≤2500	≤3000

5 总体原则

5.1 余热利用装置用能计入能耗。回收能源自用部分，计入自用工序；回收的能源外供或用于其他非生产用途的应予以扣除。

5.2 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算标准煤。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参考附录 J 和附录 K。自产的二次能源，其折标准煤系数应根据实际投入产出计算确定。

5.3 企业具备完整工艺流程时，应按单位产品综合能耗进行考核；企业不具备完整工艺流程时，应按所具备的工序综合能耗指标进行考核。

6 节能管理与措施

6.1 节能基础管理

6.1.1 企业应建立节能考核制度，定期对冶炼企业的各生产工序能耗情况进行考核，并把考核指标分解落实到各基层单位。

6.1.2 企业应按要求建立能耗统计体系，建立能耗计算和统计结果的文件档案，并对文件进行受控管理。

6.1.3 企业应根据 GB 17167 的要求配备相应的能源计量器具并建立能源计量管理制度。

6.2 节能技术管理

6.2.1 企业应配备余热回收等节能设备，最大限度地对生产过程中可回收的能源进行利

用。

6.2.2 企业应进行技术改造，研发或推广应用冶炼先进工艺，以提高生产效率和能源利用率

6.2.3 企业应合理组织生产，减少中间环节，提高生产能力，延长生产周期。

6.2.4 企业应大力发展循环经济，合理利用现有冶炼工艺处理再生资源及充分采用余热回收技术。

附 录 A

(规范性)

铜冶炼企业单位产品能耗的统计范围、计算方法及计算范围

A.1 统计范围

A.1.1 统计方法

A.1.1.1 单位产品能耗的产品产量

所有月产量，取之本企业计划统计部门统计每月上报的数据，年产量为各月产量之和。

A.1.1.2 各能源消耗量

能源实物月消耗量，取之本企业能源购进、消费与库存动态月报表消费的数据，能源实物年耗量为各月能源实物耗量之和；

各月能源消耗量则以实物月消耗量，按规定的折算系数计算能源月消耗量，总能源消耗量为各月能源消耗量之和。

A.1.1.3 铜冶炼企业单位产品能源消耗

铜冶炼企业单位产品能源消耗年数据是以各月能源消耗量之和除以各月产量的加权平均计算而得。

A.1.2 企业生产实际消耗的各种能源

企业实际消耗的各种能源，系指用于生产活动的各种能源。它包括：一次能源（包括：原煤、原油、天然气、水力、风力、太阳能、生物质能等）、二次能源（包括：洗精煤、其他煤基、洗煤、型煤、焦炭、焦炉煤气、其他煤气、汽油、煤油、柴油、燃料油、液化石油气、炼厂干气、其他石油制品、热力、电力等）和生产使用的耗能工质（包括新水、软化水、压缩空气、氧气、氮气、氩气、乙炔、电石等）所消耗的能源。其主要用于生产系统、辅助生产系统和附属生产系统；不包括生活用能和批准的基建项目用能。在企业实际消耗的能源中，用做原料的能源也必需包括在内。

二次能源或耗能工质所消耗的各种能源应按能量的等价值原则折算成一次能源的能量。

生活用能指企业系统内的宿舍、学校、文化娱乐、医疗保健、商业服务和托儿幼教等方面用能。

A.1.3 企业计划统计期内的能源或燃料能源实物消耗量和能源消耗量

企业计划统计期内的某种能源或燃料能源实物消耗量的计算，应符合公式（A.1）：

$$e_h = e_1 + e_2 - e_3 - e_4 - e_5 \dots\dots\dots (A.1)$$

式中： e_h ——企业的能源实物消耗量；

e_1 ——企业购入能源实物量；

e_2 ——期初、末库存能源增减实物量；

e_3 ——外销能源实物量；

e_4 ——生活用能源实物量；

e_5 ——企业工程建设用能源量。

企业计划统计期内的能源消耗量的计算，应符合公式（A.2）：

$$E = E_1 + E_2 - E_3 - E_4 - E_5 \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：E——企业计划统计期内能源消耗量；

E_1 ——购入能源量；

E_2 ——期初、末库存能源增减量；

E_3 ——外销能源量；

E_4 ——生活用能源量；

E_5 ——企业工程建设用能源量。

所消耗的各种能源不得重计或漏计。存在供需关系时，输入、输出双方在计算中量值上应保持一致。设备停炉大修的能源消耗也应计算在内，且按检修后设备的运行周期逐月平均分摊。

企业综合能耗的计算按 GB/T 2589 的规定进行。

A.1.4 能源实物量及能耗量的计量

- 煤、焦炭、重油的单位：kg 或 t、 10^4 t（千克或吨、万吨）；
- 电的单位：kW·h 或 10^4 kW·h（千瓦小时或万千瓦小时）；
- 蒸汽的单位：kg、t 或 MJ、GJ（千克、吨或兆焦、吉焦）；
- 煤气、压缩空气、氧气的单位： m^3 或 $10^4 m^3$ （立方米或万立方米）；
- 水的单位为：t 或 10^4 t（吨或万吨）；
- 企业生产能耗量的单位为：kgce 或 tce（千克标煤或吨标煤）。
- 产品工艺能耗量(或称产品直接综合能耗)、产品综合能耗量的单位均为：kgce/t 或 tce/t（千克标煤/吨或吨标煤/吨）；

A.1.5 各种能源(包括生产耗能工质消耗的能源)折算标煤量方法

A.1.5.1 企业实际消耗的燃料能源应以其低（位）发热量为计算基础折算为标准煤量。低（位）发热量等于 29307.6 千焦（KJ）的燃料，统称为 1 千克标准煤（1 kgce）。29307.6 千焦（kJ）=1 千克标准煤（1 kgce）。

A.1.5.2 外购燃料能源可取实测的低（位）发热量或供货单位提供的实测值为计算基础，或用国家统计局部门的折算系数折算，参见附录 A。除了电按当量值折算外，其他二次能源及耗能工质均按相应能源等价值折算。企业能源转换自产时，按实际投入的能源实物量折算标煤量；由集中生产单位外销供应时，其能源等价值须经主管部门规定；外购外销时，其能源等价值必须相同；当未提供能源等价值时，可按国家统计局部门的折算系数折算，参见附录 B。余热发电统一按电力的折算系数。

A.1.6 单位产品能耗的产品产量的规定

A.1.6.1 计算熔炼、吹炼工序单位产品能耗，应采用同一计划统计期内产出的合格粗铜产量；

A.1.6.2 计算火法精炼工序单位产品能耗，应采用同一计划统计期内产出的合格阳极铜产量；

A.1.6.3 计算电解精炼工序单位产品能耗，应采用同一计划统计期内产出的合格阴极铜产量。

A.1.6.4 所有产品产量，均以企业计划统计部门正式上报的数据为准。

A.1.7 余热利用能耗的计算原则

企业回收的余热，属于节约能源循环利用，不属于外购能源，在计算能耗时，应避免和外购能源重复计算。余热利用装置用能计入能耗。各工艺中余热回收的热量和发电量，若输出本工艺时应予以扣除。不得重复计算扣除的余热回收量；转供其他工序时，在所用工序以正常消耗计入；回收的能源折标煤后应在回收余热的工序、工艺中扣除。如未扣除回收余热的能耗指标，应标明“含余热发电”。

A.1.8 其他

间接的辅助、附属生产系统的能源消耗量和能源及耗能工质在企业内部贮存、转换与分配供应及外销中的损耗，即间接综合能耗，应根据各产品工艺能耗占企业生产工艺能耗量的比例，分摊给各个产品。

A.2 计算方法

A.2.1 工序(工艺)实物单耗的计算

工序(工艺)实物单耗按式（A.3）计算

$$E_s = \frac{M_s}{P_z} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中： E_s ——某工序(工艺)的实物单耗，单位为千克每吨(kg/t)、千瓦时每吨(kW·h/t)、立方米每吨(m³/t)；

M_s ——某工序(工艺)直接消耗的某种能源实物总量，单位为千克(kg)、千瓦时(kW·h)、立方米(m³)；

P_z ——某工序(工艺)产出的合格产品(粗铜、阳极铜、阴极铜)总量，单位为吨(t)。

A.2.2 工序(工艺)能源单耗的计算

工序(工艺)能源单耗按式(A.4)计算：

$$E_1 = \frac{E_H}{P_z} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中： E_1 ——某工序(工艺)能源单耗，单位为千克标煤每吨(kgce/t)；

E_H ——某工序(工艺)直接消耗的各种能源实物量折标煤之和，单位为千克标煤(kgce)；

P_z ——某工序(工艺)产出的合格产品(粗铜、阳极铜、阴极铜)总量，单位为吨(t)

注：该工序直接消耗的各种能源实物量折标煤量之和为代数和，当含回收余热时，按第5.1.7条处理。以免回收余热和外购能源重复计算。

A.2.3 辅助能耗及损耗分摊量的计算

辅助能耗及损耗分摊量：指辅助、附属部门消耗的能源量和损耗能源量之和分摊到各产品的量，按式(A.5)计算：

$$E_F = \frac{E_{ZF} \times E_I}{E_{ZG}} \dots\dots\dots (A.5)$$

式中： E_F ——某产品间接辅助能耗及损耗分摊量，千克标煤/吨(kgce/t)；

E_{ZF} ——间接辅助生产部门用能源量及损耗，千克标煤(kgce)；

E_I ——某工序(工艺)能源单耗，千克标煤/吨(kgce/t)；

E_{ZG} ——诸产品工艺能源消耗量，千克标煤(kgce)。

A.2.4 工序(工艺)综合能源单耗的计算

工序(工艺)综合能源单耗按式(A.6)计算：

$$E_z = E_1 + E_F \dots\dots\dots (A.6)$$

式中： E_z ——某产品综合能源单耗，单位为千克标煤每吨(kgce/t)；

E_1 ——某产品工艺(工序)能源单耗，单位为千克标煤每吨(kgce/t)；

E_F ——某产品间接辅助能耗及损耗分摊量，单位为千克标煤每吨(kgce/t)。

A.3 计算范围

A.3.1 粗铜能耗

A.3.1.1 熔炼工序

A.3.1.1.1 熔炼工序产品能耗计算范围

从精矿仓开始到产出冰铜为止，包括备料(干燥、烧结、制团、物料运输)、制氧、熔炼炉、贫化炉及相关配套系统(风机、收尘、余热回收、循环水……)等消耗的各种能源量。

在工序中作为开路的渣等含铜物料所消耗的能源，不计入铜冶炼综合能耗。

A.3.1.1.2 熔炼工序实物单耗、熔炼工序能源单耗计算

熔炼工序实物单耗参照式(A.3)计算，熔炼工序能源单耗参照式(A.4)计算。

该工序能耗计算中：当含回收余热时，按第 5.1.7 条处理。其他工序、工艺能耗计算也按此原则处理。

铜、金混合熔炼的实物单耗按式（A.7）计算：

$$E_{HR} = \frac{E_{RZ} - \frac{m_1}{m_2} \cdot E_{RZ}}{P_C} \dots\dots\dots (A.7)$$

式中：E_{HR}——铜、金混合熔炼工序中铜的实物单耗，单位为千克每吨（kg/t）、千瓦小时
每吨（kW·h/t）、

立方米每吨（m³/t）

E_{RZ}——该工序直接消耗的某能源实物总量，单位为千克（kg）、千瓦小时（kW·h）、
立方米（m³）

m₁——金精矿入炉量，单位为吨（t）；

m₂——总入炉精矿量，单位为吨（t）；

P_C——合格粗铜产量，单位为吨（t）。

总入炉精矿量，包括铜精矿、金精矿（含金块矿）、含金银物料、冰铜等，不包括熔剂及本系统的返回品。金精矿入炉量：包括投入熔炼炉的金精矿、金块矿、含金银物料的总量。

A.3.1.2 吹炼工序

A.3.1.2.1 吹炼工序产品能耗计算范围

从冰铜开始到产出粗铜为止。包括：包子吊、转炉或其他吹炼炉及相关配套系统（风机、加料机、吹炼炉附属设备、铸渣机、余热回收、收尘……）等消耗的各种能源量。

在工序中作为开路的渣等含铜物料所消耗的能源，不计入铜冶炼综合能耗。

A.3.1.2.2 吹炼工序实物单耗、吹炼工序能源单耗计算

吹炼工序实物单耗按式（A.3）计算，吹炼工序能源单耗按式（A.4）计算。该工序能耗计算中，当有余热利用时，按第 5.1.7 条处理。

A.3.1.3 熔炼吹炼连续工序

A.3.1.3.1 熔炼吹炼连续工序产品能耗计算范围

从精矿仓开始到产出粗铜为止。包括：备料、制氧、熔炼、吹炼炉及相关配套系统等消耗的各种能源量。在工序中作为开路的渣等含铜物料所消耗的能源，不计入铜冶炼综合能耗。

A.3.1.3.2 熔炼吹炼连续工序实物单耗、工序能源单耗计算

熔炼吹炼连续工序实物单耗按式（A.3）计算，熔炼吹炼连续工序能源单耗按式（A.4）计算。

该工序能耗计算中，当有余热利用时，按第 5.1.7 条处理。

A.3.1.4 粗铜工艺（铜精矿-粗铜）能耗

A.3.1.4.1 粗铜工艺产品能耗计算范围

粗铜工艺产品能耗包括熔炼工序、吹炼工序或熔炼吹炼连续工序和车间、分厂内部的直接辅助能耗分摊量。在工序中作为开路的渣等含铜物料所消耗的能源，不计入铜冶炼综合能耗。

A.3.1.4.2 粗铜工艺实物单耗按式（A.3）计算；粗铜工艺能耗按式（A.4）计算。

该工序能耗计算中，当有余热利用时，按第 A.1.7 条处理。

A.3.1.4.3 粗铜综合能源单耗按式（A.6）计算。

A.3.2 阳极铜能耗

A.3.2.1 火法精炼工序

A.3.2.1.1 火法精炼工序产品能耗的计算范围

火法精炼工序产品能耗的计算范围包括：精炼炉，浇铸机及相关配套系统（风机、收尘、余热回收）等消耗的各种能源量。

A.3.2.1.2 火法精炼工序实物单耗、工序能源单耗（或称阳极铜工序实物单耗、工序能源单耗）

计算火法精炼工序实物单耗按式（A.3）计算，火法精炼工序能源单耗按式（A.4）计算。

该工序能耗计算中，当有余热利用时，按第 5.1.7 条处理。

A.3.2.1.3 火法精炼工序综合能源单耗按式（A.6）计算。**A.3.2.2 阳极铜工艺（铜精矿—阳极铜）能耗****A.3.2.2.1 阳极铜工艺产品能耗计算范围**

包括熔炼工序、吹炼工序或熔炼吹炼连续工序、火法精炼工序和车间、分厂内部的直接辅助能耗分摊量。

在工序中作为开路的渣等含铜物料所消耗的能源，不计入铜冶炼综合能耗。

A.3.2.2.2 阳极铜工艺实物单耗按式（A.3）计算。阳极铜工艺能源单耗按式（A.4）计算。阳极铜综合能源单耗按式（A.6）计算。

该工序能耗计算中，当有余热利用时，按第 5.1.7 条处理。

A.3.3 阴极铜能耗**A.3.3.1 电解精炼工序****A.3.3.1.1 电解精炼工序产品能耗计算范围**

电解精炼工序产品能耗计算范围包括：电解、净液及相关配套系统（变压整流、吊车、电解专用机组、电解液循环加温、保温、种板制作、风机、空调）等消耗的各种能源量。

净液开路生产产品所需要的能源消耗，不计入电解精炼工序。

A.3.3.1.2 电解工序可比蒸汽单耗，根据不同地区的气温和海拔高度，按式（A.8）进行修正：

$$E_Q = \frac{E_{SQ}}{K \cdot H} \dots\dots\dots (A.8)$$

式中： E_Q ——电解工序可比蒸汽单耗，单位为千克每吨（kg/t）；

E_{SQ} ——电解工序蒸汽单耗，单位为千克每吨（kg/t）；

K ——地区气温修正系数：长江以南取 1.0，长江以北、山海关以南取 1.03，山海关以北取 1.09；

H ——高度修正系数：海拔 1500m 以上取 1.03。

A.3.3.1.3 电解工序能耗（或称阴极铜工序能耗）按式（4）计算；电解工序综合能源单耗按式（5）计算。

A.3.3.2 阴极铜冶炼（铜精矿—阴极铜）能耗。**A.3.3.2.1 阴极铜冶炼工艺产品能耗计算范围**

包括熔炼工序、吹炼工序或熔炼吹炼连续工序、火法精炼工序、电解精炼工序和车间、分厂内部的直接辅助能耗分摊量之和。

在工序中作为开路的渣等含铜物料所消耗的能源，不计入铜冶炼综合能耗。

净液开路生产产品（硫酸盐产品）所需要的能源消耗，不计入电解精炼工序。

A.3.3.2.2 铜冶炼工艺能源单耗参照式（A.4）计算。

该工序能耗计算中，当有余热利用时，按第 A.1.7 条处理。

A.3.3.2.3 铜冶炼可比工艺能源单耗按式（A.9）计算：

$$E_K = E_C \cdot \frac{C_J}{C_C \cdot R_J} + E_J \cdot \frac{C_Y}{C_J \cdot R_Y} + E_D \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

式中：E_K——铜冶炼可比工艺能耗，单位为千克标煤每吨（kgce/t）；

E_C——粗铜工艺能源单耗，单位为千克标煤每吨（kgce/t）；

C_J——阳极铜品位；

C_C——粗铜品位；

R_J——火法精炼工序回收率；

E_J——火法精炼工序能源单耗，单位为千克标煤每吨（kgce/t）；

C_Y——阴极铜品位；

R_Y——阴极铜直收率；

E_D——电解工序能源单耗，单位为千克标煤每吨（kgce/t）

A.3.3.2.4 铜冶炼综合能源单耗按式（A.6）计算。

A.3.4 铜精炼（粗、杂铜—阴极铜）能耗

在本工艺能耗计算中，当有余热利用时，按第5.1.7条处理。

净液开路生产产品（硫酸盐产品）所需要的能源消耗，不计入电解精炼工序。

A.3.4.1 粗铜工艺（杂铜—粗铜）能耗

杂铜产粗铜的工艺实物单耗、工艺能源单耗、综合能源单耗分别参照粗铜（铜精矿—粗铜）能耗的同类指标计算。

A.3.4.2 阳极铜工艺（杂铜、粗铜—阳极铜）能耗

粗、杂铜产阳极铜工艺实物单耗、工艺能耗、综合能耗分别参照阳极铜（铜精矿—阳极铜）能耗的同类指标计算。

A.3.4.3 阴极铜精炼工艺（杂铜、粗铜—阴极铜）能耗

A.3.4.3.1 阴极铜精炼工艺能耗按式（A.4）计算；阴极铜精炼综合能源单耗按式（A.6）计算。

净液开路生产产品（硫酸盐产品）所需要的能源消耗，不计入电解精炼工序。

A.3.4.3.2 阴极铜精炼工艺可比能耗按式（A.10）计算：

$$E_{KJ} = E_{YJ} \cdot \frac{C_Y}{C_J \cdot R_Y} + E_D \quad \dots\dots\dots (A.10)$$

式中：E_{KJ}——铜精炼工艺可比能耗，单位为千克标煤每吨（kgce/t）

E_{YJ}——粗、杂铜产阳极铜工艺能源单耗，单位为千克标煤每吨（kgce/t）；

E_D——电解工序能源单耗，单位为千克标煤每吨（kgce/t）

C_Y——阴极铜品位；

C_J——阳极铜品位；

R_Y——阴极铜直收率。

附 录 D

(规范性)

镍冶炼企业单位产品能耗的统计范围、计算方法及计算范围

D.1 统计范围

D.1.1 企业实际(生产)消耗的各种能源

企业实际消耗的各种能源,系指用于生产活动的各种能源,它包括:一次能源(原煤、原油、天然气等)、二次能源(电力、热力、石油制品、焦炭、煤气等)和生产使用的耗能工质(水、氧气、压缩空气等)所消耗的能源。其用于生产系统、辅助生产系统和附属生产系统,不包括生活用能和基建项目用能。在企业实际消耗的能源中,用做原料的能源也必须包括在内。

二次能源或耗能工质加工转换所消耗的各种能源应按能量等价值原则折算成一次能源的能量。

D.1.2 企业计划统计期内的能源或燃料能源实物消耗量和能源消耗量

企业计划统计期内的某种能源或燃料能源实物消耗量的计算,应符合式(D.1):

$$e_h = e_1 + e_2 - e_3 - e_4 - e_5 \cdots \cdots \cdots (D.1)$$

式中:

e_h ——企业的能源实物消耗量;

e_1 ——企业购入能源实物量;

e_2 ——期初、末库存能源增减实物量;

e_3 ——外销能源实物量;

e_4 ——生活用能源实物量;

e_5 ——企业工程建设用能源实物量。

企业计划统计期内的能源消耗量,应符合公式(D.2):

$$E = E_1 + E_2 - E_3 - E_4 - E_5 \cdots \cdots \cdots (D.2)$$

式中:

E ——企业计划统计期内能源消耗量;

E_1 ——购入能源量;

E_2 ——库存能源增减量;

E_3 ——外销能源量;

E_4 ——生活用能源量;

E_5 ——企业工程建设用能源量。

企业计划统计期内的能源消耗量和诸产品能源消耗的关系,应符合公式(3):

$$E = E_{ZG} + E_{ZF} = E_{ZZ} \cdots \cdots \cdots (3)$$

式中:

E ——企业计划统计期内能源消耗量;

E_{ZG} ——诸产品工艺能源消耗总量;

E_{ZF} ——间接辅助生产部门用能源量及损耗;

E_{ZZ} ——诸产品综合能源消耗总量。

所消耗的各种能源不得重计或漏计。存在供需关系时,能源输入、输出双方在计算时量值上应保持一致。设备年度大修的能量消耗量,应计入产品工艺能耗,按检修后设

备的运行周期逐月平均分摊。企业综合能耗的计算按 GB/T 2589 的规定进行。

D.1.3 能源实物量及能耗量的计量单位

——企业生产能耗量、产品工序能耗量、产品工艺能耗量（或称产品直接综合能耗）

以及产品综合能耗量的单位：kgce、tce（千克标煤、吨标煤）；

——煤、焦炭、重油的单位：kg、t、 10^4 t（千克、吨、万吨）；

——电的单位：kW·h、 10^4 kW·h（千瓦小时、万千瓦小时）；

——蒸汽的单位：kg、t 或 kJ、GJ（千克、吨或千焦、吉焦）；

——煤气、压缩空气、氧气的单位： m^3 、 $10^4 m^3$ （立方米、万立方米）；

——水的单位：t、 10^4 t（吨、万吨）；

——企业生产能耗量的单位为：kgce 或 tce（千克标煤或吨标煤）；

——产品工艺能耗量（或称产品直接综合能耗）、产品综合能耗量的单位均为：

kgce/t 或 tce/t（千克标煤/吨或吨标煤/吨）。

D.1.4 各种能源（包括生产耗能工质消耗的能源）折算标煤量的方法

D.1.4.1 企业实际消耗的燃料能源以其低（位）发热量为计算基础折算为标准煤量。低（位）发热量等于 29307.6 千焦（KJ）的燃料，统称为 1 千克标准煤（1kgce）。 29307.6 千焦（KJ）=1 千克标准煤（1kgce）。

5.1.4.2 外购燃料能源可取实测的低（位）发热量或供货单位提供的实测值为计算基础，或用国家统计局部门的折算系数折算，参见附录 J。除了电按当量值折算外，其他二次能源及耗能工质均按相应能源等价值折算。企业能源转换自产时，按实际投入的能源实物量折算标煤量；由集中生产单位外销供应时，其能源等价值应经主管部门规定；外购外销时，其能源等价值应相同，当未提供能源等价值时，可按国家统计局部门的折算系数折算，参见附录 K。余热发电统一按电力的折算系数。

D.1.5 单位产品能耗的产品产量的规定

计算备料工序单位产品能耗，应采用同一计划统计期内产出的合格焙砂（干精矿）产量。

计算熔炼、吹炼工序单位产品能耗，应采用同一计划统计期内产出的合格高镍硫产量。

计算高镍硫磨浮工序单位产品能耗，应采用同一计划统计期内产出的合格镍精矿产量。

计算熔铸工序单位产品能耗，应采用同一计划统计期内产出的合格高镍阳极板产量。

计算电解精炼工序单位产品能耗，应采用同一计划统计期内产出的合格电解镍产量。

合格产品产量指同一计划统计期内，该工序产出的合格产品产量、中间产品产量或物料处理量，如：焙砂、高镍硫、电解镍等。所有产品产量，均以企业计划部门上报的数据为准。

D.1.6 企业回收的余热，属于节约能源循环利用，不属于外购能源，在计算能耗时，应避免和外购能源重复计算。余热回收装置用能计入该工序或工艺能耗。各工序或工艺中余热回收的热量或发电量，若输出本工序或工艺时应予以扣除；若回收的热量或发电量在本工序或工艺中消耗或使用，则在本工序或工艺中无扣减能源消费量。不得重复计算扣除的余热回收量；转供其他工序时，在所用工序以正常能源消耗计入；回收的能源折

标煤后应在回收余热的工序、工艺中扣除。如未扣除回收余热的能耗指标，应标明“未扣除余热回收能源”。

D.1.7 辅助、附属生产系统的能源消耗量和能源及耗能工质在企业内部贮存、转换与分配供应（包括外销）中的损耗，即间接综合能耗，应根据各产品工艺能耗占企业生产工艺能耗量的比例，分摊给各个产品，参照 5.2.3 计算。

D.2 计算方法

D.2.1 工序（工艺）实物单耗计算公式

工序（工艺）实物单耗按公式（D.4）计算：

$$E_s = M_s / P_z \cdots \cdots (D.4)$$

式中：

E_s ——某工序（工艺）的实物单耗，单位为千克每吨（kg/t）、千瓦时每吨（kW·h/t）、立方米每吨（m³/t）；

M_s ——某工序（工艺）直接消耗的某种能源实物总量，单位为千克（kg）、千瓦时（kW·h）、立方米（m³）；

P_z ——某工序（工艺）产出的合格产品产量，单位为吨（t）。

D.2.2 工序（工艺）能源单耗计算公式

工序（工艺）能源单耗按公式（5）计算：

$$E_I = E_H / P_z \cdots \cdots (5)$$

式中：

E_I ——某工序（工艺）的能源单耗，单位为千克标煤每吨（kgce/t）；

E_H ——某工序（工艺）直接消耗的各种能源实物量折标煤之和，单位为千克标煤（kgce）；

P_z ——某工序（工艺）产出的合格产品产量，单位为吨（t）。

注：该工序直接消耗的各种能源实物量折标煤之和，当含回收余热时，按第 5.1.7 条处理。以免回收余热和外购能源重复计算。

D.2.3 工序（工艺）综合能耗计算公式

工序（工艺）综合能耗按公式（D.6）计算：

$$E_z = E_I + E_F \cdots \cdots (D.6)$$

式中：

E_z ——某产品综合能源单耗，单位为千克标煤每吨（kgce/t）；

E_I ——某产品工艺（工序）能源单耗，单位为千克标煤每吨（kgce/t）；

E_F ——某产品辅助能耗及损耗分摊量，单位为千克标煤每吨（kgce/t）。

D.3 计算范围

D.3.1 高镍硫工艺能耗

D.3.1.1 备料工序

D.3.1.1.1 备料工序产品能耗的计算范围

指从精矿仓开始到产出镍铜混合焙砂或镍铜干精矿为止的用能量。如精矿干燥、物料输送、熔剂制备、燃料加热以及相关配套系统（风机、收尘、设备冷却、余热回收等）等消耗的各种能源量。

D.3.1.1.2 备料工序实物单耗、备料工序能耗计算

备料工序实物单耗按式 (D.4) 计算, 备料工序能源单耗按式 (D.5) 计算。

D.3.1.2 熔炼、吹炼工序

D.3.1.2.1 熔炼、吹炼工序产品能耗的计算范围

指从镍铜焙砂或镍铜干精矿入炉熔炼开始到产出高镍铈为止的用能量。如闪速炉、矿热电炉、贫化电炉、转炉以及相关配套系统 (制氧、风机、余热回收、循环水……) 等消耗的各种能源量。

D.3.1.2.2 熔炼、吹炼工序实物单耗, 熔炼、吹炼工序能耗计算

熔炼、吹炼工序实物单耗按式 (D.4) 计算, 熔炼、吹炼工序能源单耗按式 (D.5) 计算。

D.3.1.3 高镍铈工艺 (镍精矿-高镍铈) 能耗

D.3.1.3.1 高镍铈工艺产品能耗的计算范围

包括备料工序、熔炼工序、吹炼工序和厂内辅助能耗分摊量。

D.3.1.3.2 高镍铈工艺实物单耗按式 (D.4) 计算; 高镍铈工艺能源单耗按式 (D.5) 计算; 高镍铈工艺综合能耗按式 (D.6) 计算。

D.3.2 镍精炼工艺能耗

D.3.2.1 高镍铈磨浮工序

D.3.2.1.1 高镍铈磨浮工序产品能耗的计算范围

高镍铈磨浮工序能源消耗总量指从高镍铈破碎开始到选别出镍精矿、铜精矿和镍铜合金为止的用能量。包括破碎、球磨、浮选、磁选、脱水、回水以及相关配套系统 (物料输送、吊车……) 等消耗的各种能源量。

高镍铈磨浮工序有三种产品: 即镍精矿、铜精矿和镍铜合金。镍精矿某种能源消耗量按产品产量分摊, 按式 (D.7) 计算:

$$M_{SN}=P_N/(P_C+P_N+P_H) \cdot M_{SF} \cdots \cdots \cdots (D.7)$$

式中:

M_{SN} ——磨浮工序镍精矿消耗某种能源量, 单位为千克每吨 (kg/t)、千瓦时每吨 (kW·h/t)、立方米每吨 (m³/t);

P_N ——镍精矿产量, 单位为吨 (t);

P_C ——铜精矿产量, 单位为吨 (t);

P_H ——镍铜合金产量, 单位为吨 (t);

M_{SF} ——磨浮工序某种能源消耗量, 单位为千克每吨 (kg/t)、千瓦时每吨 (kW·h/t)、立方米每吨 (m³/t)。

D.3.2.1.2 高镍铈磨浮工序实物单耗、高镍铈磨浮工序能耗计算

高镍铈磨浮工序实物单耗按式 (4) 计算, 高镍铈磨浮工序能源单耗按式 (5) 计算。

D.3.2.2 熔铸工序

D.3.2.2.1 熔铸工序产品能耗的计算范围

指从二次镍精矿入炉开始到产出高铈阳极板为止的用能量。包括反射炉、浇铸机及相关配套系统 (物料输送、加热燃料、收尘、余热回收……) 等消耗的各种能源量。

D.3.2.2.2 熔铸工序实物单耗、熔铸工序能耗计算

熔铸工序实物单耗按式 (D.4) 计算, 熔铸工序能源单耗按式 (D.5) 计算。

D.3.2.3 电解工序

D.3.2.3.1 电解工序产品能耗的计算范围

电解工序产品能耗的计算范围包括: 生产槽、种板槽、造液槽以及相关配套系统 (物

料输送、溶液净化、始极片加工、洗渣……)等消耗的各种能源。

D.3.2.3.2 电解工序电单耗计算

电解工序电单耗按式 (D.4) 计算。

D.3.2.3.3 电解工序蒸汽单耗计算

电解工序蒸汽单耗按式 (D.4) 计算。

电解工序可比蒸汽单耗,按不同地区的气温和海拔高度,按式 (D.8) 进行修正:

$$E_q = E_{sq} / K \cdot H \cdots \cdots (D.8)$$

式中:

E_q ——电解工序可比蒸汽单耗,单位为千克每吨 (kg/t);

E_{sq} ——电解工序蒸汽单耗,单位为千克每吨 (kg/t);

K ——地区气温修正系数:长江以南取 1.0,长江以北、山海关以南取 1.03,山海关以北取 1.09;

H ——高度修正系数:海拔 1500m 以上取 1.03。

注:蒸汽热焓按 98.1kpa 饱和蒸汽计算。

D.3.2.3.4 电解工序能耗计算

电解工序能源单耗按式 (D.5) 计算。

D.3.2.4 镍精炼工艺(高镍铈磨浮——电解精炼)能耗

D.3.2.4.1 镍精炼工艺产品能耗的计算范围

包括高镍铈磨浮工序、熔铸工序、电解工序和厂内辅助能耗分摊量。

D.3.2.4.2 镍精炼工艺实物单耗、能源单耗的计算

镍精炼工艺实物单耗按式 (D.4) 计算;镍精炼工艺能源单耗按式 (D.5) 计算;镍精炼工艺综合能耗按式 (D.7) 计算。

D.3.3 镍冶炼能耗

D.3.3.1 镍冶炼工艺产品能耗的计算范围

包括镍熔炼、吹炼工艺、镍精炼工艺及直接辅助生产所消耗的各种能源量之和。

D.3.3.2 镍冶炼工艺能源单耗按公式 (D.9) 计算:

$$E_k = E_R C_D / C_G R_J + E_J \cdots \cdots (D.9)$$

式中:

E_k ——镍冶炼工艺能源单耗,单位为千克标煤每吨 (kgce/t);

E_R ——镍熔炼工艺能源单耗,单位为千克标煤每吨 (kgce/t);

C_D ——电解镍品位;

C_G ——高镍铈品位;

R_J ——镍精炼工艺直收率;

E_J ——镍精炼工艺能源单耗,单位为千克标煤每吨 (kgce/t)。

D.3.3.3 镍冶炼工艺综合能耗

镍冶炼工艺综合能耗按式 (D.6) 计算。

附 录 E

(规范性)

锡冶炼企业单位产品能耗的统计范围、计算方法及计算范围

E.1 统计范围

E.1.1 企业实际消耗的各种能源

企业实际消耗的各种能源包括：一次能源（原煤、原油、天然气等），二次能源（电力、热力、石油制品、焦炭、煤气等）和生产使用的耗能工质（水、氧气、压缩空气等）所消耗的能源。

企业实际消耗的各种能源是指用于生产活动的各种能源。其包括主要生产系统、辅助生产系统和附属生产系统用能，不包括生活用能和批准的基建项目用能。

生活用能是指企业系统内的宿舍、学校、文化娱乐、医疗保健、商业服务等直接用于生活方面的能耗。

E.1.2 企业计划统计期内的能源实物消耗量和能源消耗量

企业计划统计期内的某种能源实物消耗量的计算，应符合公式(E.1)：

$$e_h = e_1 + e_2 - e_3 - e_4 - e_5 - e_6 \dots\dots\dots (E.1)$$

式中：

- e_h ——企业的能源实物消耗量
- e_1 ——企业购入能源实物量
- e_2 ——期初库存能源实物量
- e_3 ——期末库存能源实物量
- e_4 ——外销能源实物量
- e_5 ——生活用能源实物量
- e_6 ——企业工程建设用能源量

企业计划统计期内的能源消耗量的计算，应符合公式(E.2)：

$$E_h = E_1 + E_2 - E_3 - E_4 - E_5 = E_{ZG} + E_{ZF} = E_{ZZ} \dots\dots\dots (E.2)$$

式中：

- E_h ——企业计划统计期内能源消耗量；
- E_1 ——购入能源量；
- E_2 ——库存能源增减量；
- E_3 ——外销能源量；
- E_4 ——生活用能源量；
- E_5 ——企业工程建设用能源量；
- E_{ZG} ——诸产品工艺能源消耗量；
- E_{ZF} ——辅助附属生产部门用能源量及损耗；
- E_{ZZ} ——诸产品综合能源消耗量。

所消耗的各种能源不得重计或漏计。存在供需关系时，输入、输出双方在计算中量值上应保持一致。设备大修的能量消耗也应计算在内，且按设备检修后的运行周期逐月分摊。企业综合能耗计算按 GB/T 2589 的规定进行。

E.1.3 各种能源的计量单位

企业工序能耗量、产品综合能耗量的单位：千克标准煤/吨（kgce/t）、吨标准煤/吨（tce/t）；

电力：单位为千瓦小时（kW·h）、万千瓦小时（10⁴kW·h）；

蒸汽：单位为千焦（kJ）、兆焦（MJ）、百万千焦（GJ）；

煤炭、焦炭、重油、汽油、柴油的实物单位：千克（kg）、吨（t）；

煤气、压缩空气、氧气、天然气实物单位：立方米、万立方米（m³、10⁴m³）；

水实物单位：吨、万吨（t、10⁴t）。

E.1.4 各种能源（包括生产耗能工质消耗的能源）折算标煤量方法

应用基低（位）发热量等于 29.3076MJ（兆焦）的燃料，即 1kgce（千克标煤）。

各种能源及耗能工质消耗量应折算为标煤量计算。外购的燃料能源可取实测的低（位）发热量或供货单位提供的实测值为计算基础，或用国家统计部门的折算系数折算，参见附录 J。二次能源及耗能工质均按相应能源等价值折算；企业能源转换自产时，按实际投入的能源实物量折算标煤量；由集中生产单位外销供应时，其能源等价值须主管部门规定；外购外销时，其能源等价值必须相同；当未提供能源等价值时，可按国家统计部门的折算系数折算，参见附录 K。企业回收的余热按热力的折算系数，余热发电统一按电力的折算系数折算。

E.1.5 其他

企业的辅助、附属生产系统的能源消耗量和能源及耗能工质在企业内部贮存、转换与分配供应及外销中的损耗，应根据各产品工艺能耗占企业生产工艺能耗量的比例，分摊给各个产品。

E.2 计算方法

E.2.1 工序实物单耗的计算

工序实物单耗按式（E.3）计算：

$$E_s = \frac{M_s}{P_z} \dots\dots\dots (E.3)$$

式中：

E_s ——某工序的实物单耗，单位为千克每吨（kg/t）、千瓦小时每吨（kW·h/t）、立方米每吨（m³/t）；

M_s ——某工序直接消耗的某种能源实物总量，千克（kg）、千瓦小时（kW·h）、立方米（m³）；

P_z ——某工序产出的产品实物量单位为吨（t）。

E.2.2 工序能源单耗的计算

工序能源单耗按式（E.4）计算：

$$E_l = \frac{E_H}{P_z} \dots\dots\dots (E.4)$$

式中：

E_l ——某工序能源单耗，单位为千克标煤每吨，（kgce/t）；

E_H ——某工序直接消耗的各种能源实物量折标煤之和，单位为千克标煤（kgce）；

P_z ——某工序产出的产品实物量单位为吨（t）。

E.2.3 企业综合能耗的计算

综合能耗的计算应符合公式（E.5）：

$$E_z = E_1 + E_F \cdots \cdots \cdots (E.5)$$

式中：

E_z ——综合能耗，单位千克标准煤/吨（kgce/t）；

E_1 ——工艺能耗，单位千克标准煤/吨（kgce/t）；

E_F ——辅助能耗和损耗分摊量，单位千克标准煤/吨（kgce/t）。

E.3 计算范围

E.3.1 锡冶炼单位产品能耗的计算原则

E.3.1.1 锡冶炼各工序单位产品能耗的计算，按各工序同一计划统计期内产出的产品实物量计算工序单位产品能耗。所有产品产量均以吨（t）为计量单位，以企业计划统计部门正式上报的数据为准。

- (1)炼前工序按焙砂、焙烧渣及其他焙烧产物重量统计；
- (2)还原熔炼工序按粗锡量（包括甲锡、乙锡、硬头）重量统计；
- (3)炼渣工序按烟尘重量统计；
- (4)精炼工序按合格锡产品（精锡、焊锡、锡基合金）重量统计；
- (5)企业综合能耗按合格锡产品（精锡、焊锡、锡基合金）重量统计。

E.3.1.2 能耗考核以综合能耗考核优先

同时有四个工序的锡冶炼企业，只考核单位产品综合能耗，只要单位产品综合能耗指标符合标准要求，即便出现炼前处理工序或炼渣工序能耗指标不符合标准要求的状况，也判定该企业的能源消耗达到标准要求；不同时四个工序的锡冶炼企业，只按工序综合能耗指标进行考核，所有工序综合能耗指标达到要求时，才判定为符合标准的指标要求。...

E.3.1.3 有价金属综合回收的产品能耗计算原则

E.3.1.3.1 经过精炼的合金锡、精锡、焊锡产品的能耗，按实际产品的产量分摊。

E.3.1.3.2 其它有价金属综合回收产品，指除精锡、焊锡、锡基合金以外的产品，如：银、铟、铜、锑、铅、锌、砷及其化工产品等。所在工序能耗可以单独计量的，则单独分摊该工序的能耗，不计入锡冶炼产品能源消耗。

E.3.2 锡冶炼单位产品能耗的计算范围

E.3.2.1 炼前处理工序产品能耗计算范围

从含锡物料（主要为锡精矿、二次物料）进入炼前工序开始到处理后的含锡产物（焙砂、焙烧渣及其他焙烧产物）离开炼前工序止。包括（沸腾炉、回转窑）从配料、进料、焙烧、排料、供排风、物料输送、收尘、酸吸收、供排水、辅助设备及照明等所有能源量。

E.3.2.2 还原熔炼工序产品能耗计算范围

从含锡物料（主要为锡焙砂）进入还原熔炼工序开始到粗锡（包括甲锡、乙锡、硬头）离开还原熔炼工序止。包括（反射炉、电炉、顶吹炉、艾萨炉）从配料、进料、熔炼、供排风、收尘、供水、粉煤制备、煤气制造、余热装置、酸吸收、照明等所有消耗的能源量。

E.3.2.3 精炼工序产品能耗计算范围

E.3.2.3.1 火法精炼：从粗锡开始到产出合格锡产品（锡锭、焊锡、锡基合金）为止。包

括从氧化锅、高温锅、结晶机、精炼锅、浇铸、熔析炉、离心机、真空炉等工序的加热、熔化除杂、供排水、供排风、收尘、煤气制造、车间运输、及照明等所有消耗的能源量。

E.3.2.3.2 湿法电解精炼：从粗锡或粗焊锡开始到产出锡锭或电焊锡为止。包括从精锡电解、焊锡电解、电解辅助设施及供排水、通风、车间运输、照明等所有消耗的能源量。

E.3.2.4 炼渣工序产品能耗计算范围

从富渣、锡中矿及其他含锡渣料进入炼渣工序开始到产出含锡烟尘为止。包括（烟化炉、电炉、艾萨炉）从备料、进料、硫化挥发、供排水、收尘、供排风、粉煤制备、辅助设备及照明等所有消耗的能源量。

E.3.2.5 各工序实物单耗、能耗计算

E.3.2.5.1 炼前处理工序、还原熔炼工序、精炼工序及炼渣工序实物单耗参照 5.2.1 式 (E.3) 计算，炼前处理工序、还原熔炼工序、精炼工序及炼渣工序能源单耗参照 5.2.2 式 (E.4) 计算。

E.3.2.5.2 企业回收的余热，属于节约能源循环利用，不属于外购能源，在计算时，应避免和外购能源重复计算。余热利用装置用能计入能耗。回收能源自用部分，计入自用工序；转供其它工序时，在所用工序以正常消耗计入；回收的能源折标煤后应在回收余热的工序扣除或在产品综合能源消耗中扣除。

附录 F (规范性)

锡冶炼企业单位产品能耗的统计范围、计算方法及计算范围

F.1 统计范围

F.1.1 企业实际（生产）消耗的各种能源

企业实际消耗的各种能源，系指用于生产活动的各种能源。它包括：一次能源（原煤、原油、天然气等）、二次能源（如电力、热力、石油制品、焦炭、煤气等）和生产使用的耗能工质（水、氧气、压缩空气等）所消耗的能源。其主要用于生产系统、辅助生产系统和附属生产系统；不包括生活用能和批准的基建项目用能。在企业实际消耗的能源中，用做原料的能源也必需包括在内。

生活用能是指企业系统内的宿舍、学校、文化娱乐、医疗保健、商业服务等直接用于生活方面的能耗。

F.1.2 企业计划统计期内的能源实物消耗量和能源消耗量

企业计划报告期内的某种能源实物消耗量的计算，应符合公式(F.1)：

$$e_h = e_1 + e_2 - e_3 - e_4 - e_5 \dots\dots\dots (F.1)$$

式中：

- e_h ——企业的能源实物消耗量；
- e_1 ——企业购入能源实物量；
- e_2 ——期初库存能源实物量；
- e_3 ——期末库存能源实物量；
- e_4 ——外销能源实物量；
- e_5 ——生活用能源实物量；
- e_6 ——企业工程建设用能源量。

企业计划报告期内的能源消耗量的计算，应符合公式(F.2)：

$$\begin{aligned} E &= E_1 + E_2 - E_3 - E_4 - E_5 \dots\dots\dots (F.2) \\ &= E_{ZG} + E_{ZF} \\ &= E_{ZZ} \end{aligned}$$

式中：

- E ——企业计划报告期内能源消耗量；
- E_1 ——购入能源量；
- E_2 ——库存能源增减量；
- E_3 ——外销能源量；
- E_4 ——生活用能源量；
- E_5 ——企业工程建设用能源量；
- E_{ZG} ——诸产品工艺能源消耗量；
- E_{ZF} ——辅助附属生产部门用能源量及损耗；
- E_{ZZ} ——诸产品综合能源消耗量。

所消耗的各种能源不得重计或漏计。存在供需关系时，输入、输出双方在计算中量值上应保持一致。设备停炉大修的能源消耗也应计算在内，且按检修后设备的运行周期逐月平均分摊。企业综合能耗的计算按 GB/T 2589 的规定进行。

F.1.3 能源实物量的计量

能源实物量的计量必须符合 GB/ 17167 的规定。

F.1.4 各种能源的计量单位

企业生产能耗量、产品工艺能耗量(或称产品直接综合能耗)、产品综合能耗量的单位：千克标准煤(kgce)、吨标准煤(tce)；

煤、焦炭、重油的单位：吨(t)、万吨(10^4 t)；

电的单位：千瓦小时(kW·h)、万千瓦小时(10^4 kW·h)；

蒸汽的单位：千克(kg)、吨(t)或千焦(kJ)、吉焦(GJ)；

煤气、压缩空气、氧气的单位：立方米(m^3)、万立方米($10^4 m^3$)

水的单位：吨(t)、万吨(10^4 t)。

F.1.5 各种能源(包括生产耗能工质消耗的能源)折算标准煤量方法

应用基低(位)发热量等于29.3076MJ(兆焦)的能源，称为1千克标煤。

外购能源可取实测的低(位)发热量或供货单位提供的实测值为计算基础，或用国家统计部门的折算系数折算，参见附录J。二次能源及耗能工质均按相应能源等价值折算：企业能源转换自产时，按实际投入的能源实物量折算标准煤量；由集中生产单位外销供应时，其能源等价值须经主管部门规定；外购外销时，其能源等价值必须相同；当未提供能源等价值时，可按国家统计部门的折算系数折算，参见附录K。企业回收的余热按热力的折算系数，余热发电统一按电力的折算系数。

F.1.6 合格产品产量的确定

F.1.6.1 以硫化锑精矿、硫氧混合锑精矿为原料的锑冶炼企业合格产品产量的确定

锑冶炼粗炼工序合格产品产量，应采用同一计划报告期内产出的合格锑氧和贵锑的产量。

锑冶炼精炼工序合格产品产量，应采用同一计划报告期内产出的合格锑锭产量。

F.1.6.2 以脆硫铅锑精矿为原料的锑冶炼企业合格产品产量的确定

锑铅冶炼粗炼工序合格产品产量，应采用同一计划报告期内产出的合格锑氧和粗铅的产量。

锑铅冶炼炼渣工序合格产品产量，应采用同一计划报告期内产出的合格最终产品产量。

锑铅冶炼精炼工序合格产品产量，应采用同一计划报告期内产出的合格锑锭、铅锭、高铅锑的产量。

F.1.7 余热利用能耗的计算原则

企业回收的余热，属于节约能源循环利用，不属于外购能源，在计算能耗时，应避免和外购能源重复计算。余热利用装置用能计入能耗。回收能源自用部分，计入自用工序；转供其它工序时，在所用工序以正常消耗计入；回收的能源折标准煤后应在回收余热的工序、工艺中扣除。

F.1.8 其他

间接的辅助、附属生产系统的能源消耗量和能源及耗能工质在企业内部贮存、转换与分配供应及外销中的损耗，即间接综合能耗，应根据各产品工艺能耗占企业生产工艺能耗量的比例，分摊给各个产品。

F.2 计算方法

F.2.1 工序(工艺)实物单耗的计算

工序(工艺)实物单耗按式(F.3)计算：

$$E_s = \frac{M_s}{P_z} \dots\dots\dots (F.3)$$

式中：

E_s ——某工序(工艺)的实物单耗，单位为千克每吨(kg/t)、千瓦小时每吨(kW·h/t)、立方米每吨(m^3/t)；

M_s ——某工序(工艺)直接消耗的某种能源实物量，千克(kg)、千瓦小时(kW·h)、

立方米(m³);

P_Z ——某工序(工艺)产出的合格产品(锑氧、粗铅、锑锭、铅锭、高铅锑)产量,单位为吨(t)。

F.2.2 工序(工艺)能源单耗的计算

工序(工艺)能源单耗按式(F.4)计算:

$$E_1 = \frac{E_H}{P_Z} \dots\dots\dots (F.4)$$

式中:

E_1 ——某工序(工艺)能源单耗,单位为千克标准煤每吨,(kgce/t);

E_H ——某工序(工艺)直接消耗的各种能源实物量折标准煤之和,单位为千克标准煤(kgce);

P_Z ——某工序(工艺)产出的合格产品(锑氧、粗铅、锑锭、铅锭、高铅锑)总量,单位为吨(t)。

注:该工序直接消耗的各种能源实物量折标准煤量之和为代数之和,当含回收余热时,按第5.1.7条处理。以免回收余热和外购能源重复计算。

F.2.3 工序(工艺)综合能源单耗的计算

工序(工艺)综合能耗按式(F.5)计算:

$$E_Z = E_1 + E_F \dots\dots\dots (F.5)$$

式中:

E_Z ——某产品综合能源单耗,单位为千克标准煤每吨,(kgce/t);

E_1 ——某产品工艺(工序)能源单耗,单位为千克标准煤每吨,(kgce/t);

E_F ——某产品间接辅助能耗及损耗分摊量,单位为千克标准煤每吨,(kgce/t)。

F.3 计算范围

F.3.1 以硫化锑精矿、硫氧混合锑精矿为原料的锑冶炼企业产品能耗的计算范围

F.3.1.1 粗炼工序

粗炼工序产品能耗计算范围,包括从精矿备料开始到锑氧产出的整个生产过程所消耗的各种能源量,其中包括余热回收。

F.3.1.2 精炼工序

精炼工序产品能耗计算范围包括还原熔炼、浮渣分离、脱砷、脱铅、铸锭等工艺过程及相关配套系统所消耗的各种能源,其中包括余热回收。

F.3.1.3 粗炼工序和精炼工序实物单耗、粗炼工序和精炼工序能耗计算

粗炼工序和精炼工序实物单耗参照式(F.3)计算,能源单耗参照式(F.4)计算。

F.3.2 以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业产品能耗计算范围

F.3.2.1 粗炼、吹炼工序

粗炼、吹炼工序包括氧化焙烧、烧结、熔炼、吹炼四个冶炼过程。铅锑工序能耗计算范围,包括从精矿备料开始到锑氧(底铅),整个生产过程所消耗的各种能源,其中包括余热回收。

F.3.2.2 炼渣工序

炼渣工序包括鼓风炉炼渣和反射炉炼渣两个过程,炼渣工序能耗计算范围,包括从水渣或各种渣熔炼开始到铅锑粗合金或锑氧,整个生产过程所消耗的各种能源,其中包括余热回收。

F.3.2.3 精炼工序

精炼工序的产品为锑锭、高铅锑锭和铅锭。

当精炼工序的产品为精锑时，产品能耗计算范围包括还原熔炼、浮渣分离、脱砷、脱铅、铸锭等工序所消耗的各种能源，其中包括余热回收。

当锑精炼工序的产品为高铅锑时，产品能耗计算范围包括还原熔炼、浮渣分离、脱砷、铸锭等工序所消耗的各种能源，其中包括余热回收。

当锑精炼工序的产品为铅锭时，产品能耗计算范围包括粗铅脱铜、铅阳极板浇铸、铅阴极板浇铸、铅电解、阴极铅脱砷、阴极铅铸锭等工序所消耗的各种能源，其中包括余热回收。

F.3.2.4 各工序实物单耗电、能耗计算

粗炼、吹炼工序、炼渣工序、精炼工序实物单耗参照式（F.3）计算，粗炼、吹炼工序、炼渣工序、精炼工序能源单耗参照式（F.4）计算。

附 录 H

(规范性)

钴冶炼企业单位产品能耗的统计范围、计算方法及计算范围

H.1 统计范围

H.1.1 统计方法

H.1.1.1 单位产品能耗的产品产量

所有产品产量，取自本企业计划统计部门按月统计上报的数据，年产品产量为各月产量之和统计。

H.1.1.2 各能源消耗量

能源实物月消耗量，取自本企业能源购进、消费与库存动态月报表消费的数据，能源实物年耗量为各月能源实物耗量之和统计。

各月能源消耗量则以实物月消耗量，按规定的折算系数计算能源月消耗量，总能源消耗量为各月能源消耗量之和。

H.1.1.3 钴冶炼企业单位产品能源消耗

钴冶炼企业单位产品能源消耗年数据是以各月能源消耗量之和除以各月产量的加权平均计算而得。

H.1.2 企业生产实际消耗的各种能源

企业实际消耗的各种能源，系指用于生产活动的各种能源。它包括：一次能源（原煤、原油、天然气等）、二次能源（电力、热力、石油制品、焦炭、煤气等）和生产使用的耗能工质（新水、软化水、氧气、压缩空气、氮气等）所消耗的能源。其主要用于生产系统、辅助生产系统和附属生产系统；不包括生活用能和基建项目用能。在企业实际消耗的能源中，用作原料的能源也应包括在内。

二次能源或耗能工质所消耗的各种能源应按能量的等价值原则折算成一次能源的能量。

H.1.3 企业计划统计期内的能源或燃料能源实物消耗量和能源消耗量

企业计划统计期内的某种能源或燃料能源实物消耗量的计算，应符合式(H.1)：

$$e_h = e_1 + e_2 - e_3 - e_4 - e_5 \cdots \cdots \cdots (H.1)$$

式中：

e_h ——企业的能源实物消耗量；

e_1 ——企业购入能源实物量；

e_2 ——期初、末库存能源增减实物量；

e_3 ——外销能源实物量；

e_4 ——生活用能源实物量；

e_5 ——企业工程建设用能源实物量。

企业计划统计期内的能源消耗量的计算，应符合式(H.2)：

$$E = E_1 + E_2 - E_3 - E_4 - E_5 \cdots \cdots \cdots (H.2)$$

式中：

E ——企业计划统计期内能源消耗量；

E_1 ——购入能源量；

E_2 ——期初、末库存能源增减量；

E_3 ——外销能源量；

E_4 ——生活用能源量；

E_5 ——企业工程建设用能源量。

所消耗的各种能源不得重计或漏计。存在供需关系时，输入、输出双方在计算中量值上应保持一致。设备停炉大修的能源消耗也应计算在内，且按检修后设备的运行周期逐月平均分摊。

企业综合能耗的计算按 GB/T 2589 的规定进行。

H.1.4 能源实物量及能耗量的计量单位

能源实物量及能耗量的计量单位如下：

——煤、焦炭、重油的单位为：kg 或 t、 10^4 t（千克或吨、万吨）；

——电的单位为：kW·h 或 10^4 kW·h（千瓦小时或万千瓦小时）；

——蒸汽的单位为：kg、t 或 MJ、GJ（千克、吨或兆焦、吉焦）；

——煤气、压缩空气、氧气的单位为： m^3 或 $10^4 m^3$ （立方米或万立方米）；

——水的单位为：t 或 10^4 t（吨或万吨）；

——企业生产能耗量的单位为：kgce 或 tce（千克标煤或吨标煤）；

——产品工艺能耗量（或称产品直接综合能耗）、产品综合能耗量的单位均为：

kgce/t 或 tce/t（千克标煤/吨或吨标煤/吨）。

H.1.5 各种能源（包括生产耗能工质消耗的能源）折算标煤量方法

H.1.5.1 企业实际消耗的燃料能源以其低（位）发热量为计算基础折算为标准煤量。低（位）发热量等于 29307.6 千焦（KJ）的燃料，统称为 1 千克标准煤（1kgce）。29307.6 千焦（KJ）=1 千克标准煤（1kgce）。

H.1.5.2 外购燃料能源可取实测的低（位）发热量或供货单位提供的实测值为计算基础，或用国家统计局部门的折算系数折算，参见附录 A。除了电按当量值折算外，其他二次能源及耗能工质均按相应能源等价值折算。企业能源转换自产时，按实际投入的能源实物量折算标煤量；由集中生产单位外销供应时，其能源等价值应经主管部门规定；外购外销时，其能源等价值应相同，当未提供能源等价值时，可按国家统计局部门的折算系数折算，参见附录 B。余热发电统一按电力的折算系数。

H.1.6 单位产品能耗的产品产量的规定

H.1.6.1 计算钴冶炼工艺单位产品能耗，应采用统一计划统计期内产出的合格电积钴产量。

H.1.6.2 计算氯化钴冶炼工艺单位产品能耗，应采用统一计划统计期内产出的合格氯化钴含钴金属产量。

H.1.6.3 计算四氧化三钴工艺单位产品能耗，应采用统一计划统计期内产出的合格四氧化三钴含钴金属产量。

H.1.6.4 所有产品产量，均以企业计划统计部门正式上报的数据为准。

H.1.7 余热利用能耗的计算原则

企业回收的余热，属于节约能源循环利用，不属于外购能源，在计算能耗时，应避免和外购能源重复计算。余热回收装置用能计入该工序或工艺能耗。各工序或工艺中余热回收的热量或发电量，若输出本工序或工艺时应予以扣除；若回收的热量或发电量在本工序或工艺中消耗或使用，则在本工序或工艺中无扣减能源消费量。不得重复计算扣除的余热回收量；转供其他工序时，在所用工序以正常能源消耗计入；回收的能源折标煤后应在回收余热的工序、工艺中扣除。如未扣除回收余热的能耗指标，应标明“未扣除余热回收能源”。

H.1.8 其他

间接的辅助、附属生产系统的能源消耗量和能源及耗能工质在企业内部贮存、转换与分配供应及外销中的损耗，即间接综合能耗，应根据各产品工艺能耗占企业生产工艺能耗量的比例，分摊给各个产品，参照 5.2.3 计算。

H.2 计算方法

H.2.1 工艺实物单耗的计算

工艺实物单耗按式 (H.3) 计算。

$$E_s = \frac{M_s}{P_z} \dots\dots\dots (H.3)$$

式中：

E_s ——某工艺的实物单耗，单位为千克每吨 (kg/t)、千瓦时每吨 (kW·h/t)、立方米每吨 (m³/t)；

M_s ——某工艺直接消耗的某种能源实物总量，单位为千克 (kg)、千瓦时 (kW·h)、立方米 (m³)；

P_z ——某工艺产出的合格产品总量，单位为吨 (t)。

H.2.2 工艺能源单耗的计算

工艺能源单耗按式 (H.4) 计算。

$$E_1 = \frac{E_H}{P_z} \dots\dots\dots (H.4)$$

式中：

E_1 ——工艺能源单耗，单位为千克标煤每吨，(kgce/t)；

E_H ——工艺直接消耗的各种能源实物量折标煤之和，单位为千克标煤（kgce）；

P_Z ——工艺产出的合格产品（电积钴、四氧化三钴）总量，单位为吨（t）。

注：该工艺直接消耗的各种能源实物量折标煤量之和为代数和，当含回收余热时，按第 5.1.7 处理。以免回收余热和外购能源重复计算。

H.2.3 辅助能耗及损耗分摊量的计算

辅助能耗及损耗分摊量：指辅助、附属部门消耗的能源量和损耗能源量之和分摊到各产品的量，按式（H.5）计算。

$$E_F = \frac{E_{ZF} \times E_I}{E_{ZG}} \dots\dots\dots (H.5)$$

式中：

E_F ——某产品间接辅助能耗及损耗分摊量，单位为千克标煤每吨（kgce/t）；

E_{ZF} ——间接辅助生产部门用能源量及损耗，单位为千克标煤（kgce）；

E_I ——某工艺能源单耗，单位为千克标煤每吨（kgce/t）；

E_{ZG} ——诸产品工艺能源消耗量，单位为千克标煤（kgce）。

H.2.4 工艺综合能源单耗的计算

工艺综合能源单耗按式（H.6）计算。

$$E_Z = E_I + E_F \dots\dots\dots (H.6)$$

式中：

E_Z ——某产品综合能源单耗，单位为千克标煤每吨，（kgce/t）；

E_I ——某产品工艺能源单耗，单位为千克标煤每吨，（kgce/t）；

E_F ——某产品间接辅助能耗及损耗分摊量，单位为千克标煤每吨，（kgce/t）。

H.3 计算范围

H.3.1 钴冶炼能耗

H.3.1.1 氯化钴工艺

H.3.1.1.1 氯化钴工艺产品能耗计算范围

从钴原料仓开始到产出氯化钴溶液为止，包括浆化、溶解、净化、萃取等所消耗的各种能源量。

H.3.1.1.2 氯化钴工艺实物单耗、氯化钴工艺能耗计算

氯化钴工艺实物单耗参照式（H.3）计算，氯化钴工艺能耗参照式（H.4）计算。

H.3.1.2 电积钴工艺

H.3.1.2.1 电积钴工艺产品能耗计算范围

从氯化钴开始到产出电积钴为止，包括净化、电积等所消耗的各种能源量。

H.3.1.2.2 电积钴工艺实物单耗、电积钴工艺能耗计算

电积钴工艺实物单耗参照式（H.3）计算，电积钴工艺能耗参照式（H.4）计算。

H.3.1.3 钴冶炼工艺（钴原料-电积钴）能耗

H.3.1.3.1 钴冶炼工艺产品能耗计算范围

钴冶炼工艺产品能耗包括氯化钴工艺、电积钴工艺和车间、分厂内部直接辅助能耗分摊量。

H.3.1.3.2 钴冶炼工艺实物单耗按式（H.3）计算，钴冶炼工艺能耗按式（H.4）计算。

H.3.1.3.3 钴冶炼工艺综合能源单耗按式（H.6）计算。

H.3.2 四氧化三钴冶炼能耗

H.3.2.1 四氧化三钴工艺产品能耗计算范围

从硝酸钴溶液或氯化钴溶液或硫酸钴溶液开始到产出四氧化三钴为止，包括溶液浓缩、焙烧或合成煅烧、后处理、环保等消耗的各种能源量。

H.3.2.2 四氧化三钴工艺实物单耗、工艺能耗计算

四氧化三钴工艺实物单耗参照式（H.3）计算，四氧化三钴工艺能耗参照式（H.4）计算。

H.3.2.3 四氧化三钴冶炼工艺综合能耗

H.3.2.3.1 四氧化三钴冶炼工艺产品综合能耗计算范围

四氧化三钴冶炼工艺产品综合能耗包括溶液浓缩、焙烧或合成煅烧、后处理、环保等消耗的各种能源量和车间、分厂内部直接辅助能耗分摊量。

H.3.2.3.2 四氧化三钴冶炼工艺综合能源单耗按式（H.6）计算。

H.3.3 氯化钴或硫酸钴冶炼能耗

H.3.3.1 氯化钴或硫酸钴工艺产品能耗计算范围

从钴原料开始到产出氯化钴或硫酸钴晶体，包括配料、溶解、浸出、萃取、蒸发结晶、环保等消耗的各种能源量。

H.3.3.2 氯化钴或硫酸钴工艺实物单耗、工艺能耗和综合能耗计算

氯化钴或硫酸钴工艺实物单耗按照公式（H.3）计算，氯化钴或硫酸钴工艺能耗按照公式（H.4）计算，氯化钴或硫酸钴综合能耗按照公式（H.6）计算。

附 录 I

(规范性)

铋冶炼企业单位产品能耗的统计范围、计算方法及计算范围

I.1 统计范围

I.1.1 统计方法

I.1.1.1 产品产量

所有产品产量，取自本企业计划统计部门按月统计上报的数据，年产品产量为各月产量之和统计。

I.1.1.2 各能源消耗量

能源实物月消耗量，取自本企业能源购进、消耗与库存动态月报表消耗的数据，能源实物年耗量为各月能源实物耗量之和统计。

各月能源消耗量则以实物月消耗量，按规定的折算系数计算能源月消耗量，总能源消耗量为各月能源消耗量之和。

I.1.1.3 铋冶炼企业单位产品能源消耗

铋冶炼企业单位产品能源消耗年数据是以各月能源消耗量之和除以各月产量的加权平均计算而得。

I.1.2 企业生产实际消耗的各种能源

企业实际消耗的各种能源，系指用于生产活动的各种能源。它包括：一次能源（包括：原煤、原油、天然气、水力、风力、太阳能、生物质能等）、二次能源（包括：洗精煤、其他煤基、洗煤、型煤、焦炭、焦炉煤气、其他煤气、汽油、煤油、柴油、燃料油、液化石油气、炼厂干气、其他石油制品、热力、电力等）和生产使用的耗能工质（包括：新水、软化水、压缩空气、氧气、氮气、氩气、乙炔、电石等）所消耗的能源。其主要用于生产系统、辅助生产系统和附属生产系统；不包括生活用能和批准的基建项目用能。在企业实际消耗的能源中，用作原料的能源也应包括在内。

二次能源或耗能工质所消耗的各种能源应按能量的等价值原则折算成一次能源的能量。

生活用能指企业系统内的宿舍、学校、文化娱乐、医疗保健、商业服务和托儿幼教等方面用能。

I.1.3 企业计划统计期内的能源或燃料能源实物消耗量和能源消耗量

企业计划统计期内的某种能源或燃料能源实物消耗量的计算，应符合式（I.1）：

$$e_h = e_1 + e_2 - e_3 - e_4 - e_5 \cdots \cdots \quad (\text{I.1})$$

式中：

e_h ——企业的能源实物消耗量；

e_1 ——企业购入能源实物量；

e_2 ——期初、末库存能源增减实物量；

e_3 ——外销能源实物量；

e_4 ——生活用能源实物量；

e_5 ——企业工程建设用能源量。

企业回收的余热，属于节约能源循环利用，不属于外购能源，在计算能耗时，应避免和外购能源重复计算。余热回收装置用能应计入该工序或工艺能耗。各工序或工艺中余热回收的热量和发电量，若输出本工序或工艺时应予以扣除；若回收的热量或发电量在本工序或工艺中消耗或使用，则在本工序或工艺中无扣减能源消耗量。不得重复计算扣除的余热回收量；提供其他工序时，在所用工序以正常能源消耗计入；回收的能源折标煤后应在

回收余热的工序、工艺中扣除。如未扣除回收余热的能耗指标、应标明“未扣除余热回收能源”。

1.1.8 其他

间接的辅助、附属生产系统的能源消耗量和能源及耗能工质在企业内部贮存、转换与分配供应及外销中的损耗，及间接综合能耗，应根据各产品工艺能耗占企业生产工艺能耗量的比例，分摊给各个产品。

1.2 计算方法

1.2.1 工序（工艺）实物单耗的计算

工序（工艺）实物单耗按式（I.3）计算。

$$E_s = \frac{M_s}{P_z} \dots\dots\dots (I.3)$$

式中：

E_s ——铋冶炼工序（工艺）的实物单耗，单位为千克每千克（kg/kg）、千瓦时每千克（kW·h/kg）立方米每千克（m³/千克）；

M_s ——铋冶炼工序（工艺）直接消耗的某种能源实物总量，单位为千克（kg）、千瓦时（kW·h）、立方米（m³）；

P_z ——铋冶炼工序（工艺）产出的合格产品总量，单位为千克（kg）。

1.2.2 工序（工艺）能源单耗的计算

工序（工艺）能源单耗按式（I.4）计算。

$$E_1 = \frac{M_s}{P_z} \dots\dots\dots (I.4)$$

式中：

E_1 ——铋冶炼工序（工艺）能源单耗，单位为千克标煤每千克（kgce/kg）；

E_H ——铋冶炼工序（工艺）直接消耗的各种能源实物量折标煤之和，单位为千克标煤（kgce）；

P_z ——铋冶炼工序（工艺）产出的合格产品总量，单位为千克（kg）。

注：该工序直接消耗的各种能源实物量折标煤量之和为代数和，当含回收余热时，按 I.1.7 处理，以免回收余热和外购能源重复计算。

1.2.3 工序（工艺）综合能源单耗的计算

工序（工艺）综合能源单耗按式（I.5）计算。

$$E_z = E_1 + E_F \dots\dots\dots (I.5)$$

式中：

E_z ——铋产品综合能源单耗，单位为千克标煤每千克（kgce/kg）；

E_1 ——铋产品工艺（工序）能源单耗，单位为千克标煤每千克（kgce/kg）；

E_F ——铋产品间接辅助能耗及损耗分摊量，单位为千克标煤每千克（kgce/kg）。

1.3 计算范围

1.3.1 铋冶炼生产工艺按照原料划分

铋冶炼生产工艺按照生产原料不同分为以硫化铋精矿为原料生产工艺和以氧化铋原料的生产工艺。

1.3.2 硫化铋精矿生产工艺能耗

1.3.2.1 硫化铋精矿生产工艺能耗计算范围

以硫化铋精矿为原料通过熔炼，产出渣、冰铜与粗铋，粗铋经各种除杂工序后制备出精铋，后续经过浇铸得到铋锭产品过程中各生产环节所实际消耗的有直接和间接相关的能源。

1.3.2.2 硫化铋精矿生产工艺实物单耗、能源单耗计算

硫化铋精矿生产工艺综合能耗参照式（I.3）计算，能源单耗参照式（I.4）计算。

1.3.2.3 硫化铋精矿生产工艺综合能耗计算

硫化铋精矿生产工艺综合能耗参照式（I.5）计算。当含回收余热时，按 I.1.7 处理。其他工序、工艺能耗计算也按此原则处理。

1.3.3 氧化铋原料生产工艺能耗

1.3.3.1 氧化铋原料生产工艺能耗计算范围

以氧化铋物料为原料通过火法精炼除杂，富集产出粗铋合金，通过电解精炼或者氯化除铅方式除铅后并经过一系列除杂工序进一步精炼，最后浇铸得到铋锭产品过程中各生产环节所实际消耗的有直接和间接相关的能源。

1.3.3.2 氧化铋原料生产工艺实物单耗、能源单耗计算

氧化铋原料生产工艺综合能耗参照式（I.3）计算，能源单耗参照式（I.4）计算。

1.3.3.3 氧化铋原料生产工艺综合能耗计算

氧化铋原料生产工艺综合能耗参照式（I.5）计算。当含回收余热时，按 I.1.7 处理。其他工序、工艺能耗计算也按此原则处理。

1.3.4 环保系统/设施的计算范围

环保系统/设施能耗的计算范围，应包含破碎系统、酸雾收集、铋冶炼过程各炉窑进出料口、烟气排放口等的收尘、净化、脱硫、废水排放处理等环保处理系统所消耗的各种能源。

冶炼烟气进入布袋收尘、电收尘等除尘系统的能源消耗，应计入主工艺产品综合能耗，将电除尘等除尘系统之后的净化、转化、吸收、脱硝等烟气处理工序的能源消耗，计入硫酸产品综合能耗。冶炼过程中采用碱法、氨法等脱硫剂脱硫的能源消耗应计入冶炼主产品综合能耗。

附 录 J
(资料性)
常用能源品种现行参考折标煤系数

常用能源品种现行折标煤系数见表 J. 1。

表 J. 1 常用能源品种现行折标煤系数

能源名称	平均低位发热量	折标准煤系数及单位
原煤	20 908 kJ/kg (5 000 kcal/kg)	0.714 3 kgce/kg
焦炭	28 435 kJ/kg (6 800 kcal/kg)	0.971 4 kgce/kg
原油	41 816 kJ/kg (10 000 kcal/kg)	1.428 6 kgce/kg
燃料油	41 816 kJ/kg (10 000 kcal/kg)	1.428 6 kgce/kg
汽油	43 070 kJ/kg (10 300 kcal/kg)	1.471 4 kgce/kg
煤油	43 070 kJ/kg (10 300 kcal/kg)	1.471 4 kgce/kg
柴油	42 652 kJ/kg (10 200 kcal/kg)	1.457 1 kgce/kg
重油	41 816 KJ/kg (10 000 kcal/kg)	1.428 6 Kgce/kg
洗精煤	26 344 KJ/kg (6 300 kcal/kg)	0.900 0 Kgce/kg
煤气	$1250 \times 4.1868 \text{ kJ/m}^3$	$1.786 \text{ Tce}/10^4 \text{ m}^3$
天然气	$38931 \text{ kJ/m}^3 (9310 \text{ kcal/m}^3)$	$1.3300 \text{ Tce}/10^3 \text{ m}^3$
液化石油气	50 179 kJ/kg (12 000 kcal/kg)	1.714 3 kgce/kg
发生炉煤气	5 227 kJ/kg (1 250 kcal/ m ³)	0.178 6 kgce/ m ³
电力 (当量值)	3 600 kJ/(kW · h) [860 kcal/(kW · h)]	0.122 9 kgce/ (kW · h)
注：本附录中折标煤系数随国家统计局部门规定发生变化，能耗等级指标则应另行设定。		

附 录 K
(资料性)
耗能工质能源等价参考值

常用耗能工质能源等价值见表 K. 1。

表 K. 1 常用耗能工质能源等价值

品 种	单位耗能工质耗能量	折标准煤系数及单位	
新水	2.51 MJ/t (600 kcal/t)	0.085 7 kgce/t	指尚未使用过的自来水，按平均耗电计算。
软水	14.23 MJ/t (3 400 kcal/t)	0.485 7 kgce/t	
除氧水	28.45 MJ/t (6 800 kcal/t)	0.971 4 kgce/t	
压缩空气	1.17 MJ/m ³ (280 kcal/ m ³)	0.040 0 kgce/ m ³	
鼓风	0.88 MJ/m ³ (210 kcal/ m ³)	0.030 0 kgce/ m ³	
氧气	11.72 MJ/m ³ (2 800 kcal/ m ³)	0.400 0 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	
氮气 (做主产品时)	19.66 MJ/m ³ (4 700 kcal/ m ³)	0.671 4 kgce/ m ³	
二氧化碳气	6.28 MJ/m ³ (1 500 kcal/t)	0.214 3 kgce/ m ³	
乙炔	243.67 MJ/ m ³	8.314 3 kgce/ m ³	按耗电石计算
电石	60.92 MJ/kg	2.078 6 kgce/kg	按平均耗焦炭、电等计算
注：本附录中的能源等价值如有变动，以国家统计局部门最新公布的数据为准。			

说明：当无法获得各种燃料能源的低（位）发热量实测值和单位耗能工质的耗能量时，可参照附录 J 和附录 K。

国家标准《有色重金属冶炼企业单位产品能源消耗限额》

（送审稿）编制说明

一、工作简况

1.1 任务来源

根据国标委《关于印发强制性标准整合精简结论的通知》（国标委综合函[2017]4号）的文件要求，原修订计划项目 20141762-Q-469《再生铅单位产品能源消耗限额》需与 GB 21248-2014《铜冶炼企业单位产品能源消耗限额》、GB 21249-2014《锌冶炼企业单位产品能源消耗限额》、GB 21250-2014《铅冶炼企业单位产品能源消耗限额》、GB 21251-2014《镍冶炼企业单位产品能源消耗限额》、GB 21348-2014《锡冶炼企业单位产品能源消耗限额》、GB 21349-2014《锑冶炼企业单位产品能源消耗限额》、GB 25323-2010《再生铅单位产品能源消耗限额》进行合并修订，并增加《钴冶炼企业单位产品能源消耗限额》及《铋冶炼企业单位产品能源消耗限额》部分，整合后的强制性标准名称为《有色重金属冶炼企业单位产品能源消耗限额》。其中再生铅冶炼部分由湖北金洋冶金股份有限公司负责起草，铜冶炼部分由江西铜业股份有限公司负责起草，锌冶炼部分由葫芦岛锌业股份有限公司负责起草，铅冶炼部分由河南豫光金铅股份有限公司负责起草，镍冶炼部分由金川集团股份有限公司负责起草，锡冶炼部分由云南锡业股份有限公司负责起草，锑冶炼部分由锡矿山闪星锑业有限责任公司负责起草，钴冶炼部分由金川集团股份有限公司负责起草，铋冶炼部分由阳谷祥光铜业有限公司负责起草；9个部分的整合修订工作由中国有色金属工业标准计量质量研究所完成。项目的完成年限为 2021 年 12 月。

1.2 目的和意义

现行的《铜冶炼企业单位产品能源消耗限额》等几项重金属冶炼产品能耗国家标准基本为2014年发布实施的，距今已7年。随着冶炼行业在十三五期间的快速发展，新工艺、新装备也加快得到应用，环保等新理念也在迅速普及，因此，企业生产的能源消耗水平也在不断提升。为使能耗标准切实反映现阶段企业生产实际情况，满足《有色金属工业“十四五”发展规划》的要求，为企业未来发展提供思路，并为环保等监管部门提供监督和核查依据，有必要对九种主要重金属冶炼产品能耗进行修订和制定，并借此引导企业全面开展固废综合回收利用和加大环保投入，对于提升产品质量水平、推动有色金属节能技术发展具有十分重要的积极作用。

1.3 项目编制组成员及其所作工作

本项目涉及修订的标准部分数量较多，在任务下达后，立即成立了标准编制组，并对起草任务进行了落实，确定了标准总体合稿人，以及各部分内容的起草单位及起草人，拟定了该标准的工作计划。具体分工为：

（一）合稿单位：中国有色金属工业标准质量计量研究所；

（二）铜冶炼部分起草单位：江西铜业股份有限公司、云南铜业股份有限公司、阳谷祥光铜业有限公司、大冶有色金属集团有限公司、铜陵有色金属集团控股有限公司、金川

集团铜业有限公司、中条山有色金属集团有限公司、紫金矿业集团股份有限公司、浙江富冶集团有限公司、白银有色集团股份有限公司、南京海关工业产品检测中心；

（三）锌冶炼部分起草单位：葫芦岛锌业股份有限公司、河南豫光锌业有限公司、云南驰宏锌锗股份有限公司、株洲冶炼集团股份有限公司、紫金矿业集团股份有限公司、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司丹霞冶炼厂、南丹县南方有色金属有限责任公司、江西铜业铅锌金属有限公司、南京海关工业产品检测中心、白银有色集团股份有限公司、陕西东岭冶炼有限公司、安徽铜冠有色金属（池州）有限责任公司、鑫联环保科技股份有限公司、广西梧州市永鑫环保科技有限公司；

（四）铅冶炼部分起草单位：河南豫光金铅股份有限公司、济源市万洋冶炼（集团）有限公司、岷山环能高科股份公司、云南驰宏锌锗股份有限公司、湖南水口山有色金属集团有限公司、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司；

（五）镍冶炼部分起草单位：金川集团股份有限公司、新疆有色金属工业（集团）有限责任公司、吉林吉恩镍业股份有限公司、天津茂联科技有限公司、中合镍业有限公司、中国恩菲工程技术有限公司；

（六）锡冶炼部分起草单位：云南锡业股份有限公司、广西华锡集团股份有限公司、云南锡业股份有限公司锡业分公司、郴州云湘矿冶炼有限责任公司；

（七）锑冶炼部分起草单位：锡矿山闪星锑业有限责任公司、广西华锡集团股份有限公司、云南木利锑业有限公司；

（八）再生铅冶炼部分起草单位：湖北金洋冶金股份有限公司、河南豫光金铅股份有限公司、江苏新春兴再生资源有限责任公司、安徽省华鑫铝业集团有限公司、安徽华铂再生资源科技有限公司、云南驰宏锌锗股份有限公司、浙江天能资源循环科技有限公司；

（九）钴冶炼部分起草单位：金川集团股份有限公司、浙江华友钴业股份有限公司、新疆新鑫矿业股份有限公司阜康冶炼厂、广东邦普循环科技有限公司、衢州华友钴新材料有限公司、格林美股份有限公司；

（十）铋冶炼部分起草单位：阳谷祥光铜业有限公司、湖南柿竹园有色金属有限公司。

1.3.1 合稿单位及各部分牵头单位的技术基础

中国有色金属工业标准质量计量研究所是我国有色金属标准归口单位，业务工作隶属国家市场监管总局（国家标准化管理委员会）和工业和信息化部以及中国人民解放军总装备部，同时是国际标准化组织ISO/TC 79/SC 5和ISO/TC26秘书处挂靠单位。主要负责我国有色金属（含稀土）国家标准、行业标准及国家军用标准的项目计划、制修订和复审工作等。

江西铜业股份有限公司成立于1979年，为目前中国最大的阴极铜生产商之一，阴极铜产能达到120万吨/年，在铜以及相关有色金属领域，拥有勘探、采矿、冶炼、加工为一体的完整产业链，并通过对贸易、金融、物流等相关资源的有效整合，构成领先于国内同行的发展优势；为国内铜精矿自给率最高的公司，是国内最大、最现代化的铜生产和加工基地，黄金、白银、硒、碲、铼等稀贵金属和硫化工的重要生产基地；拥有八家矿山（含权益），五家冶炼厂，六家铜加工企业，三家稀散金属生产单位，一家稀土公司，以及财务公司、金瑞期货公司、国际贸易公司、物流公司等增值服务体系。公司坚持落实科学发展

观，以先进企业文化为依托，走建设“资源节约型、环境友好型”企业道路，使企业成为全面、协调、可持续发展的典范。2016年2月21日公司荣获国家环保最高奖“第三届中华环境奖——2005年绿色东方企业环保奖”。2020年1月8日德兴铜矿、银山矿业、武山铜矿纳入自然资源部发的绿色矿山名录，2021年1月11日城门山铜矿、七宝山铅锌矿纳入2020年度国家级绿色矿山名录（自然资源部2021年第2号）。

葫芦岛锌业股份有限公司

河南豫光金铅股份有限公司是河南豫光金铅集团公司控股的一家子公司，成立于2000年，是中国大型电解铅和白银生产企业。2002年“豫光金铅”股票在上海交易所挂牌交易。公司主要从事电解铅、白银、黄金等产品的冶炼及进出口贸易。主要产品产能为：铅40万吨、黄金7000公斤、白银1000吨。主导产品“豫光”牌电解铅和白银分别在伦敦金属交易所和伦敦贵金属协会注册，产品畅销10多个国家和地区。“豫光”牌白银被用做2008年北京奥运会奖牌专用银。多年来，公司始终致力于环保发展，不断加大节能减排力度，发展低碳经济，建设绿色环保和谐企业。2011年公司“铅高效清洁冶金及资源循环利用关键技术与产业化”获国家科技进步二等奖。2020年被工信部评为铅冶炼行业能效“领跑者”。公司建成了三条废旧铅酸蓄电池预处理生产线，年回收处理废铅酸蓄电池54万吨，年产再生铅20万吨。公司先后主持和参与了100余项国家、行业及团体标准的制修订工作。近几年主持起草了《铅冶炼企业单位产品能源消耗限额》、《铅冶炼行业绿色工厂评价要求》、《绿色设计产品评价技术规范 铅锭》、《铅膏》、《铅阳极泥》《取水定额 第19部分：铅冶炼生产》等6项国家、行业及团体标准。

金川集团股份有限公司是甘肃省人民政府控股的以矿业和金属为核心的垂直一体化、相关多元化的大型矿业集团，是国内最大的镍钴铂族金属生产企业，也是中国北方最大的铜生产企业，主要生产镍、铜、钴、铂族贵金属、有色金属压延加工产品、化工产品、有色金属化学品等，被誉为中国的“镍都”。金川集团股份有限公司的发展战略是：构筑资源优势、深化科技创新、加强资本运作、实施跨国经营。具体为：实施矿业和金属为核心的垂直一体化和相关多元化发展的企业定位战略；扩大资源拥有量和不断提高资源利用水平的资源控制战略；金融资本助力产业资本、推动资源拓展和结构优化的资本运营战略；市场为导向、效益为中心的营销战略；增强自主研发能力和强化知识产权保护的技术创新战略；资源节约和环境友好发展的循环经济战略；提高运营效率和实现卓越绩效的企业管战略；发挥员工潜能和培育优秀人才的人力资源战略；把党的政治优势转化为企业核心竞争力的党建创新战略；以责任、人本、创新、共赢为核心价值观的企业文化战略。

云南锡业股份有限公司于1998年11月由云南锡业公司作为主要发起人设立，于2000年2月21日获准在深圳证券交易所上市挂牌交易，是国内锡行业唯一的上市公司。经过十多年的发展，公司由单一的生产锡金属产品发展到了锡金属加工、锡化工以及多种金属冶炼加工的大型冶炼企业，生产规模、产品种类和资产规模不断扩大，现有年产8万吨锡、10万吨铜、10万吨锌（锌精矿含锌）、2.4万吨锡化工、2.9万吨锡材深加工生产能力是我国最大的锡生产、加工、出口基地。2000年以来先后主持或参与制、修订了122个国家标准，36个行业标准27个标准达到国际先进水平，87个标准达到国内先进水平，有多个标准填补了国内空白。

锡矿山闪星锡业有限责任公司隶属于中国五矿集团公司。作为世界最大的锡品生产商和供应商，经过120多年的不断发展，一直以锡资源之丰富、品质之优、产量之大、技术之强享誉全球，产品遍及美国、日本、欧洲等50多个国家和地区，素有“世界锡都”之美称。公司先后荣获“中国名牌产品”、“中国驰名商标”、“出口免验产品”、“中国质量诚信AAA企业”、“全国自主创新能力行业十强企业”、“中国出口质量安全示范企业”以及“国家重金属污染防治工程技术研究中心产业化示范基地”等多项国家级荣誉。公司总资产216621万元，精锡的生产能力达2万t/a；氧化锡系列产品生产能力3万t/a，拥有2座锡矿山、1个锡冶炼厂、1个锡深加工厂、1个国家企业技术中心（包括1个国家认可实验室和1个乙级设计研究院）。公司拥有国家级企业技术中心、国家认可实验室等科技平台，是我国锡行业唯一的国家认可实验室和“国家级技术中心”。公司自主研发的4.5平方米富氧挥发鼓风炉工艺是世界最先进的炼锡初炼工艺，自主研发了粗锡精炼除铅、砷等除杂技术和空气离液顶吹生产三氧化二锡法。公司是有关锡的国家、行业标准的主要负责起草单位，负责起草了国家锡品产品标准、锡品理化检测方法标准、能源消耗标准等43项；参与了锡行业清洁生产评价指标体系和锡行业准入条件的起草，为中国锡行业发展提供了有力保障和支撑。

湖北金洋冶金股份有限公司成立于1985年，是国家级经济循环试点示范单位、湖北谷城国家“城市矿产”示范基地龙头企业、全国循环经济工作先进单位、全国有色金属行业先进集体、湖北省优秀民营企业。公司致力于发展循环经济，专业从事再生资源回收、废铅酸蓄电池处理及铅基合金的研制与生产。目前已形成年处理废铅酸蓄电池20万吨、年产铅及铅合金15万吨的能力，成为中国再生有色金属行业骨干企业。“金洋”商标被国家工商行政管理局认定为中国驰名商标。公司坚持自主创新，致力于品牌建设，是有色金属行业首批工程研究中心、武汉城市圈废弃电池集中收集网络承建单位。建有湖北省企业技术中心、湖北省有色金属资源化利用工程技术研究中心、湖北省再生金属产品质量监督检验中心、湖北省博士后产业基地，与高校共建废铅酸蓄电池资源化研究中心。湖北金洋冶金股份有限公司主持参与完成制定GB/T 40662-2021《废铅蓄电池再生处理技术规范》、GB/T 21181-2017《再生铅及铅合金锭》等7项国家标准及YS/T 1091-2015《铅膏》、YS/T 915-2013《蓄电池板栅用铅锡合金锭》2项行业标准。

阳谷祥光铜业有限公司凭借技术、环保、节能优势，先后被国家发改委列入符合《铜冶炼行业规范条件》的七家企业之一，被环境保护部评为十家“国家环境友好工程”之一，被工信部、科技部、财政部联合评定为第一批“资源节约型和环境友好型试点企业”等称号，并成功入选工信部首批绿色工厂。荣获中国企业社会责任绿色环保奖及优秀能源管理案例等，是国内同行业中最早获得质量管理体系、环境管理体系、职业健康安全管理体系、能源管理体系四标一体认证的企业之一。阳谷祥光铜业是国家高新技术企业，建设有国家级企业技术中心、山东省示范工程技术研究中心、国家认可实验室等创新平台。祥光铜业长期专注于铜冶炼技术与装备的研究、开发与制造，通过自主创新，形成了一套完整的铜冶炼及稀散稀贵金属清洁高效提取的工艺体系，多项科技成果通过国家科技成果鉴定，达到国际领先水平。拥有国家授权专利160余项，制修订国家行业标准80余项，获国家科技进步二等奖1项，中国专利金奖1项，省部级一等奖8项。

1.3.2 编制单位及起草人分工情况

1.4 主要工作过程

1.4.1 标准起草阶段

任务下达后，全国有色金属标准化技术委员会于2020年7月20日以网络会议的形式召开《有色重金属冶炼产品能源消耗限额》强制性国家标准整合任务落实会议。来自中国有色金属工业标准计量质量研究所、江西铜业股份有限公司、葫芦岛锌业股份有限公司、河南豫光金铅股份有限公司、金川集团股份有限公司、云南锡业股份有限公司、锡矿山闪星锑业有限责任公司、湖北金洋冶金股份有限公司、阳谷祥光铜业有限公司等37个单位59位代表参加了会议。会上确定了本次修订的几项基本原则如下：

（一）标准适用范围应覆盖单独冶炼生产的全部有色金属元素，增加《钴冶炼企业单位产品能源消耗限额》和《铋冶炼企业单位产品能源消耗限额》部分，与原有七个部分进行整合修订；

（二）能耗指标应全面覆盖所有重金属冶炼企业；根据原料（如原生矿、二次资源等）和生产工艺流程（如火法冶炼、湿法冶炼）的不同，给出相应的能耗指标；应明确指标的计算原则，统计范围和计算方法；

（三）本次修订应重点关注和解决生产企业因在资源综合回收和环保设施等方面的投入所造成的能耗增加问题，在计算原则以及统计范围中，单独考虑资源综合回收和环保设施等对能耗指标的影响，引导企业全面开展固废综合回收利用和加大环保投入；

（四）原标准中除强制性指标以外的推荐性条款（如统计范围、计算方法等）分每个品种单独以附录形式进行编写。

同时，会议确定成立九个工作组分别开展各部分修订工作。

会议结束后，接到任务的各冶炼部分的牵头单位迅速成立标准修订专项工作组，根据修订原则组织开展各部分的数据收集、文本编写等工作，经过各标准编制组及有关人员的共同努力，通过对国内外现状及发展趋势的分析，并结合国内的实际情况，形成了各部分的《讨论稿》及其编制说明。

2020年11月2日～4日由全国有色金属标准化技术委员会组织在浙江省桐乡市召开该标准的讨论会。编制组根据标准讨论会会议精神和各专家意见，对9个部分的标准进行修改，于2021年1月形成了各部分的第一次《征求意见稿》。各编制组根据反馈意见，对征求意见稿进行修改和完善，形成了9个部分的《预审稿》及《编制说明》。

2021年4月20日～22日由全国有色金属标准化技术委员会组织在贵州省贵阳市召开该标准预审会，对各部分预审稿进行了预审。

1.4.2 标准征求意见阶段

为确保征集数据的客观性，以及标准制定的科学性，进一步确定本次整合修订的原则及标准编写的内容结构，明确指标设置依据及实际统计情况，全国有色金属标准化技术委员会分别于2021年6月21日～24日、7月20日～23日以及9月1日以现场会议及网络会议的形式对铜镍钴、铅锌再生铅、锡锑铋部分进行了研讨，会后各编制组根据会上专家的意见和建议对各部分预审稿进行了修改，并对统计数据进行了补充和完善。9月上旬，中国有色金属工业标准质量计量研究所对9个部分的预审稿进行汇总及整合，根据本次修

订标准的基本原则撰写并形成第二次《征求意见稿（整合版）》及《编制说明》，并广泛征求意见。

鉴于能耗指标将作为确定高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平，以及加快重金属重点领域阶梯电价政策落地实施的重要依据，为确保有色重金属冶炼产品能耗限额数值修订的科学性和客观性，使标准符合有色重金属冶炼企业实际生产情况，有效推动行业节能降耗工作的开展，2022年4月27日-29日，全国有色金属标准化技术委员会以网络会议的形式召开强制性国家标准《有色重金属冶炼产品能源消耗限额》讨论会议。会议分组对“铜、镍、钴”、“铅、锌、再生铅”、“锡、锑、铋”部分进行讨论，会后根据建议继续开展对部分企业征集数据的工作，并根据修改意见形成《送审稿》及《编制说明》。

二、标准编制原则

本标准基于《铜冶炼企业单位产品能源消耗限额》（GB 21248-2014）等现行的7项重金属冶炼产品能耗限额标准，根据国内几种主要重金属的生产能力及冶炼能耗情况，并结合冶炼行业的发展水平趋势进行的修订。标准的编制原则和编制依据如下：

- 1) 本标准按照 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；
- 2) 查阅相关标准和国内外冶炼企业的实际生产情况；
- 3) 根据国内重金属冶炼行业的特点及实际用能情况，力求做到标准的合理与实用；
- 4) 完全按照 GB/T 1.1 和冶炼产品能耗标准和国家标准编写示例的要求进行格式和结构编写。

三、本标准与 GB 21248-2014、GB 21249-2014、GB 21250-2014、GB 21251-2014、GB 21348-2014、GB 21349-2014、GB 25323-2010 标准的比较

本标准整合修订标准，与原标准相比，主要变化如下：

3.1 标准名称

整合修订后的标准名称修改为《有色重金属冶炼企业单位产品能源消耗限额》。

3.2 范围

对标准所适用的铜、锌、铅等9类冶炼企业进行了统一描述。

3.3 术语和定义

仅保留“综合能源单耗”以及“工序能源单耗”的具体定义，删除了其他名词的定义。

3.4 技术要求

（一）原标准中的“限定值”、“准入值”及“先进值”更改为“3级值”、“2级值”及“1级值”；

（二）保留工艺能耗限值，为部分非全流程的冶炼企业提供评价依据；

（三）能耗限额的数值调整（其中表格中括号内的数值为原标准所规定的数值）：

a. 铜冶炼部分

铜精矿冶炼工艺：

工序、工艺	一级值/(kgce/t)	二级值/(kgce/t)	三级值/(kgce/t)
-------	--------------	--------------	--------------

	工艺能耗	综合能耗	工艺能耗	综合能耗	工艺能耗	综合能耗
铜冶炼工艺 （铜精矿-阴极铜）	≤200（原260）	≤210（原280）	≤260（原300）	≤270（原320）	≤360（原400）	≤380（原420）
粗铜工艺（铜精矿-粗铜）	≤100（原140）	≤110（原150）	≤160（原170）	≤170（原180）	≤250（原280）	≤260（原300）
阳极铜工艺 （铜精矿-阳极铜）	≤125（原180）	≤130（原190）	≤170（原210）	≤180（原220）	≤260（原320）	≤270（原340）
电解工序（阳极铜-阴极铜）	≤70（原80）	≤75（原90）	≤90（原90）	≤100（原100）	≤110（原110）	≤140（原140）

d. 镍冶炼部分

工 序、 工 艺	一级值（kgce/t）		二级值（kgce/t）		三级值（kgce/t）	
	工 艺 能 耗	综 合 能 耗	工 艺 能 耗	综 合 能 耗	工 艺 能 耗	综 合 能耗
高镍硫工 艺（镍精 矿-高镍 硫）	≤490（原500）	≤540（原550）	≤600（原650）	≤630（原680）	≤1230（原920）	≤1400（原980）
电解工序 （阳极镍-电解镍）	≤1050（原1050）	1060-	≤1100（原1100）	1155-	≤1250（原1250）	1350-
镍精炼工 艺（高镍 硫-电解 镍）	≤1300（原1350）	≤1400（原1450）	≤1400（原1480）	≤1500（原1550）	≤1900（原1900）	≤2000（原2000）
镍冶炼工 艺（镍精 矿-电解 镍）	≤3250（原3490）	≤3450（原3580）	≤3600（原3700）	≤3800（原3920）	≤4900（原4900）	≤5200（原5200）

e. 锡冶炼部分

工序名称	物料名称	一级值 (kgce/t)	二级值 (kgce/t)	三 级 值 (kgce/t)	说明
炼前工序	锡精矿	≤25 (原 40)	≤30 (原 45)	≤35 (原 50)	适用于单一沸腾炉生产
	锡精矿	≤45 (原-)	≤50 (原-)	≤60 (原-)	适用于混合工艺生产
	锡精矿	≤60 (原-)	≤80 (原-)	≤100 (原-)	适用于单一回转窑生产
	锡二次物料	≤45 (原-)	≤50 (原-)	≤55 (原-)	
还原熔炼工序	锡精矿、锡二次物料	≤750 (原 750)	≤800 (原 850)	≤1050 (原 1050)	适用两类物料生产
炼渣工序	锡精矿、锡二次物料	≤2500 (原 2500)	≤2800 (原 2800)	≤3200 (富渣冷料 ≥40%)	适用于处理物料平均含锡≤6%
	锡精矿	≤2200 (原 2200)	≤2400 (原 2400)	≤2600 (原 2600)	适用于处理物料平均含锡>6%
精炼工序	锡精矿	≤120 (原 120)	≤140 (原 160)	≤200 (原 200)	
	锡二次物料	≤200 (原-)	≤220 (原-)	≤300 (原-)	
单位产品	锡精矿	≤1700 (原 1700)	≤1900 (原 2000)	≤2400 (原 2400)	
	锡二次物料	≤3000 (原-)	≤3600 (原-)	≤4200 (原-)	

f. 铈冶炼部分

以硫化铈、硫氧混合铈精矿为原料：

工艺、工序	一级值/ (kgce/t)		二级值/ (kgce/t)		三级值/ (kgce/t)	
	硫化铈矿	硫氧混合铈矿	硫化铈矿	硫氧混合铈矿	硫化铈矿	硫氧混合铈矿
粗炼工序(铈精矿—铈氧)	≤ 560 (原 590)	≤760 (原 800)	≤ 620 (原 640)	≤900 (原 890)	≤ 700 (原 700)	≤950 (原 950)
精炼工序(铈氧—铈锭)	≤ 370 (原 380)	≤370 (原 380)	≤ 410 (原 420)	≤390 (原 400)	≤ 440 (原 440)	≤440 (原 440)
铈冶炼工艺(铈精矿—铈锭)	≤ 950 (原 1000)	≤ 1040 (原 1100)	≤ 1100 (原 1150)	≤ 1250 (原 1300)	≤ 1250 (原 1250)	≤ 1400 (原 1400)

以脆硫铅铈精矿为原料：

工艺、工序	一 级 值 / (kgce/t)	二 级 值 / (kgce/t)	三 级 值 / (kgce/t)
粗炼、吹炼工序（脆硫铅铈精矿—铈氧、底铅）	≤836 (原 880)	≤890 (原 900)	≤950 (原 950)

工艺、工序	一 级 值 / (kgce/t)	二 级 值 / (kgce/t)	三 级 值 / (kgce/t)
炼渣工序（鼓风炉渣—粗铈氧、铅铈粗合金）	≤500（原 500）	≤540（原 540）	≤600（原 600）
精炼工序（底铅、铈氧—铅锭、铈锭、高铅铈锭）	≤390（原 400）	≤440（原 450）	≤500（原 500）
脆硫铅铈矿冶炼工艺（脆硫铅铈精矿—铈锭、铅锭、高铅铈锭）	≤1710（原 1800）	≤1820（原 1900）	≤2100（原 2100）

h. 钴冶炼部分
钴冶炼单位产品能耗新增氯化钴晶体工艺及硫酸钴工艺。

工序、工艺	一级值/（kgce/t）		二级值/（kgce/t）		三级值/（kgce/t）	
	工艺能 耗	综 合 能耗	工艺能 耗	综 合 能耗	工 艺 能耗	综 合 能耗
钴冶炼工艺（钴原料-电积钴）	≤3250	≤3350 （ 原 3400）	≤3350	≤3500	≤3450	≤3600
氯化钴工艺（钴原料-氯化钴溶液）	≤1200 （ 原 1700）	≤1300 （ 原 1800）	≤1900	≤2000	≤1950	≤2050
电积钴工艺（氯化钴溶液-电积钴）	≤1250	≤1380	≤1410	≤1510	≤1440	≤1540
四氧化三钴工艺（氯化钴溶液或硝酸钴溶液或硫酸钴溶液-四氧化三钴）	≤1100 （ 原 1150）	≤1150 （ 原 1200）	≤1750	≤1900	≤1800	≤2000
氯化钴工艺（钴原料-氯化钴晶体）	≤1900	≤2100	≤2200	≤2400	≤2300	≤2500
硫酸钴工艺（钴原料-硫酸钴晶体）	≤2500	≤2700	≤2600	≤2800	≤2700	≤2900

i. 铋冶炼部分

铋冶炼单位产品能耗为本标准新增内容。

工序、工艺	一级值 (kgce/kg)	二级值 (kgce/t)	三级值 (kgce/t)
硫化铋精矿-铋锭	≤2700	≤3000	≤3500
氧化铋原料-铋锭	≤2200	≤2500	≤3000

四、标准主要内容的确定依据

4.1 铜冶炼部分

目前世界上生产电解铜的冶炼方法主分为两大类：火法冶炼和湿法冶炼。由于目前精炼铜产量的 80% 以上是用火法冶炼生产的，湿法冶炼生产的精炼铜仅占 20% 左右，本文件规定的能耗值暂不包含湿法炼铜工艺。

火法炼铜是当今生产铜的主要方法，占铜产量的 80% 左右，主要是处理硫化矿。火法炼铜的优点是原料适应性强，能耗低，效率高，金属回收率高。火法炼铜可分两类：一是传统工艺：如鼓风炉熔炼、反射炉熔炼、电炉熔炼。二是现代强化工艺：如闪速炉熔炼、熔池熔炼。由于 20 世纪中叶以来全球性的能源和环境问题突出，能源日趋紧张，环境保护法规日益严格，劳动成本逐步上涨，促使铜冶炼技术从 20 世纪 80 年代起获得飞速发展，迫使传统的方法不得不被新的强化方法来代替，传统冶炼方法逐渐被淘汰。随之兴起的是以闪速熔炼和熔池熔炼为代表的强化冶炼先进技术，其中最重要的突破是氧气或富氧的广泛应用。经过几十年的努力，闪速熔炼与熔池熔炼已基本取代传统火法冶炼工艺。

闪速熔炼 (flash smelting) 包括国际镍公司因科 (Inco) 闪速炉、奥托昆普 (Outokumpu) 闪速炉和旋涡顶吹熔炼 (ConTop) 3 种。闪速熔炼在 20 世纪 50 年代末开始生产，已在四十多家企业推广应用，因为不断改进在节能环保方面有着显著成绩。该工艺技术具有生产能力大、能耗低、污染少等优点，被称之为标准的清洁炼铜工艺。

熔池熔炼包括特尼恩特炼铜法、三菱法、奥斯麦特法、瓦纽柯夫炼铜法、艾萨熔炼法、诺兰达法、顶吹旋转转炉法 (TBRC)、白银炼铜法、水口山炼铜法和东营底吹富氧熔炼法等。熔池熔炼是 20 世纪 70 年代开始在工业上应用。由于熔池熔炼过程中的传热与传质效果好，可大大强化冶金过程，达到了提高设备生产率和降低冶炼过程能耗的目的。而且对炉料的要求不高，各种类型的精矿，干的、湿的、大粒的、粉状的都适用，炉子容积小，热损失小，节能环保都比较好，特别是烟尘率明显低于闪速熔炼。

再生铜冶炼也是火法冶炼的一种，铜本身是可再生资源，再生铜是炼铜的重要原料，再生铜处理工艺取决于原料，约 2/3 的高品位铜废料不需要熔炼处理而直接用于铜产品生产，1/3 的废杂铜需要熔炼处理。目前国内外回收利用废杂铜的方法很多，主要可分为两大类：第一类是将高质量的废杂铜直接冶炼成紫精铜或铜合金后供用户使用，称作直接利用；第二类是将废杂铜冶炼成阳极板后经电解精炼成电解铜后供用户使用，称为间接利用。其中，第

二类方法根据原料分为高品位和低品位，从冶炼工艺上分为一段、二段和三段法冶炼。再生铜的冶炼一般采用两段法与三段法相结合的工艺流程，此法有利于降低能耗并提高有价金属的综合回收利用。

本次调研的企业除一家采用湿法工艺，其余均采用上火法冶炼工艺。

4.1.1 适用范围说明

本部分规定了铜冶炼企业单位产品的能源消耗（以下简称能耗）限额的要求、统计范围、计算方法、计算范围和节能管理与措施、。

本部分适用于以铜精矿、粗铜、废杂铜为原料的铜冶炼企业产品能耗的计算、考核，以及新建项目准入评价的依据。

本部分不适用于处理含铜电子废料的粗铜冶炼工艺及含铜矿石直接堆浸工艺，能耗指标不适用于企业内部含铜废料的综合回收。

4.1.2 能耗指标的确定依据

（一）所调研企业近三年产量占全国铜产量的比例

表1 所调研企业近三年产量占比

年产量 调研企业	2019 年产量（万吨）	2020 年产量（万吨）	2021 年产量（万吨）
企业 A	13.8	1.3	12.8
企业 B	36.2	37.6	36.4
企业 C	40.3	41.6	46.4
企业 D	46.1	46.5	44.5
企业 E	41.4	42.6	41.8
企业 F	10	17	23.8
企业 G	30.5	29.1	34.5
企业 H	13.9	12.6	11.1
企业 I	12.2	13.2	15.5
企业 J	52.6	53.7	50.3
企业 K	32.1	35.4	41.5
企业 L	26.8	41.8	42.9
企业 M	/	/	/
企业 N	/	/	/
企业 O	/	/	/
企业 P	52.7	50.2	46.2
企业 Q	100	100	100
企业 R	32.7	33.5	39.9
企业 S	12	18.3	18.6
企业 T	11	9.6	9.7
企业 U	40.3	41	40.9
企业 V	29.2	25.1	28.1
企业 W	9.7	10.7	11.5
企业 X	43.1	47.3	40.8
企业 Y	10.3	10.8	9

合 计	696.9	718.9	746.2
全国总产量	978.4	1002.5	1048.7
调研占比	71.2%	71.7%	71.2%

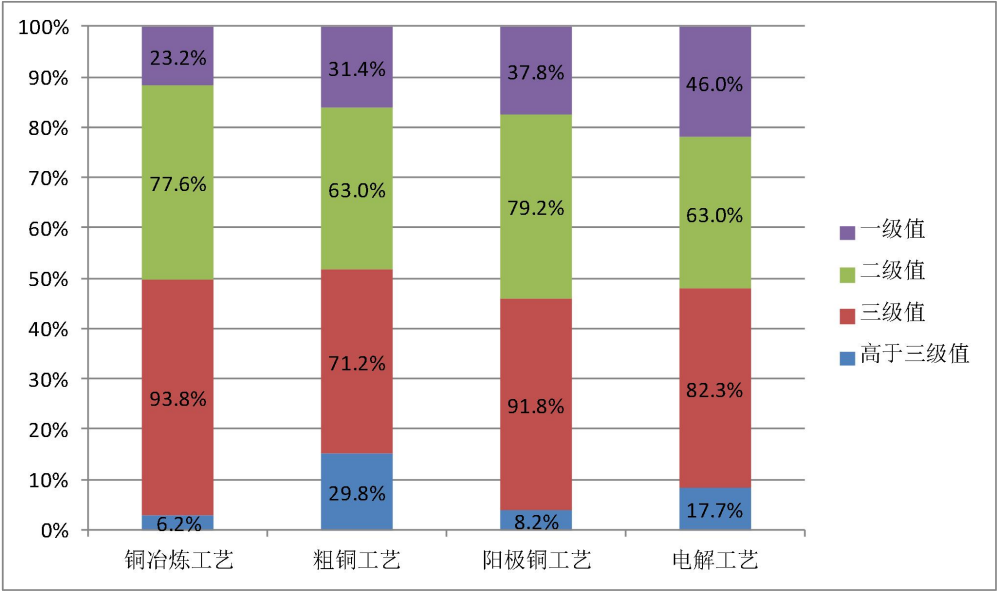
由表 1 可见，所调研企业近三年产量均达到全国铜产量 70%以上，企业年产量几乎均在 10 万吨以上，能够代表我国铜冶炼企业总体水平。

（二）分段工艺能耗及综合能耗值一级值、二级值、三级值的确定

综合考虑有色金属综合回收、地域差异、工艺差异、有无渣处理工艺、二次能耗以及环保设施的应用对能耗指标的影响，结合调研数据及企业的意见和建议，同时参照《有色金属工业十三五发展规划》、《铜行业规范条件》等国家相关政策及文件精神，工作组根据一级值（先进值）企业占比 20%，二级值（准入值）和三级值（限定值）分别采用《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平(2021 年版)》中的标杆值和基准值的要求，对分段工艺能耗及综合能耗值进行如下确认：

能耗取值在行业中的水平测算。目前调研的铜冶炼企业都为国内大型冶炼企业，从管理和技术工艺等方面都是处于国内领先，其中一级值取值为行业的前 20%，铜冶炼工艺（铜精矿-阴极铜）能耗一级值为 210kgce/t，优于《2021 年重点用能行业能效“领跑者”企业》中铜冶炼工艺（铜精矿-阴极铜）能耗一级值为 215kgce/t，由此说明一级值按前 20%能代表我国企业先进水平。二级值（准入值）和三级值（限定值）分别直接采用或优于《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平(2021 年版)》中的标杆值和基准值，与原本铜冶炼能耗标准相比，能耗水平直接跳档，二级值为原标准先进值；三级值为原标准准入值，也体现了行业整体水平的提升。

图 1 铜冶炼综合能耗分级取值占比图



被调研企业共 25 家，产量总和约占全国总产量的 71%，具体分级取值数据如下：

① 铜冶炼工艺（铜精矿-阴极铜）工艺能耗及综合能耗

表 2 铜冶炼工艺（铜精矿-阴极铜）能耗取值占比

能耗限额 累计产量	工艺能耗区间/（kgce/t）			综合能耗区间/（kgce/t）		
	≤200	≤250	≤370	≤210	≤260	≤380
产量总和	348.4	1028.3	1308.2	502.1	1678.1	2027.3
累计产量占比	16.1%	47.6%	60.5%	23.2%	77.6%	93.5%

② 粗铜工艺（铜精矿-粗铜）工艺能耗及综合能耗

表 3 粗铜工艺（铜精矿-粗铜）能耗取值占比

能耗限额 累计产量	工艺能耗区间/（kgce/t）			综合能耗区间/（kgce/t）		
	≤100	≤130	≤250	≤110	≤140	≤260
产量总和	429.7	986.6	1050.3	678.2	1361.9	1539.8
累计产量占比	19.9%	45.6%	48.6%	31.4%	63%	71.2%

③ 阳极铜工艺（铜精矿-阳极铜）工艺能耗及综合能耗

表 4 阳极铜工艺（铜精矿-阳极铜）能耗取值占比

能耗限额 累计产量	工艺能耗区间/（kgce/t）			综合能耗区间/（kgce/t）		
	≤125	≤170	≤280	≤130	≤180	≤290
产量总和	450.9	1256.3	1349.8	817.9	1712	1984.4
累计产量占比	20.9%	58.1%	62.4%	37.8%	79.2%	91.8%

④ 电解工序（阳极铜-阴极铜）工艺能耗及综合能耗

表 5 电解工序（阳极铜-阴极铜）能耗取值占比

能耗限额 累计产量	工艺能耗区间/（kgce/t）			综合能耗区间/（kgce/t）		
	≤70	≤80	≤105	≤75	≤85	≤110
产量总和	388.1	919.7	1287.2	993.7	1361.1	1779.8
累计产量占比	18%	42.5%	59.5%	46%	63%	82.3%

⑤ 铜冶炼企业单位产品综合能耗（粗、杂铜冶炼工艺）

表 6 铜冶炼企业单位产品综合能耗限额（粗、杂铜冶炼工艺）

工序、工艺	一级值/(kgce/t)	二级值 /(kgce/t)	三级值 /(kgce/t)
	综合能耗	综合能耗	综合能耗

阳极铜工艺	(粗、杂铜-阳极铜)	≤160	≤250	≤280
铜精炼工艺	(粗、杂铜-阴极铜)	≤250	≤330	≤355

各级值在该七家企业产量总和中的占比图如下：

能耗限额 累计产量	工艺能耗区间/（kgce/t）-阳极铜工艺			综合能耗区间/（kgce/t）-铜精炼工艺		
	≤160	≤250	≤280	≤250	≤330	≤355
产量总和（万吨）	31	74	74	50	74	74
累计产量占比	41.8%	100%	100%	67.6%	100%	100%

目前，提供调研数据都国内大型冶炼企业，相对能耗水平较好，故统计数据中企业都能到达二级值，大部分能达到一级值。

4.1.3 指标影响因素分析

在原料品位下降、环保设施增加、自动化水平提升的情况下，能耗指标均有所下降，分析原因，对铜精矿不同工艺的产量进行了统计，具体如下：

年产量 铜精矿工艺	熔池工艺	闪速工艺	顶吹工艺
2019 年产量（万吨）	171.1	396.8	62.7
2020 年产量（万吨）	162.6	411.4	67.2
2021 年产量（万吨）	177.5	418.7	70
合 计	511.2	1226.9	199.9
产量占比	26.4%	63.3%	10.3%

同时，小组对铜精矿平均入炉品位及平均铜硫比进行汇总分析，由下表可以看出，铜精矿平均入炉品位及平均铜硫比逐年下降：

表 7 铜精矿平均入炉品位及平均铜硫比

调研单位	铜精矿平均入炉品位(%)			平均铜硫比		
	2019 年	2020 年	2021 年	2019 年	2020 年	2021 年
企业 A	25.31	24.75	25.27	/	/	/
企业 C	21.47	21.31	21.05	1.41	1.4	1.36
企业 D	26.79	26.13	25.89	1.08	1.1	1.09
企业 E	26	25.64	24.87	0.81	0.81	0.79
企业 G	25.21	24.81	24.71	0.78	0.77	0.76
企业 H	20.36	21.83	19.47	0.76	0.69	0.77
企业 J	22.45	21.87	21.89	0.84	0.84	0.84
企业 K	25.95	25.11	/	0.87	0.89	0.82
企业 L	23.79	23.57	23.78	0.89	0.94	0.88

企业 M	21.7	21.38	20.44	0.93	0.93	0.91
企业 N	19.51	19.78	19.02	0.8	0.84	0.85
企业 O	22.24	20.59	20.36	0.91	0.85	0.83
企业 Q	/	21.28	21.35	/	0.83	0.83
企业 R	23.81	23.49	22.2	0.79	0.8	0.78
企业 S	20.58	20.01	19.81	0.83	0.83	0.8
企业 T	15.26	13.33	12.9	0.61	0.53	0.52

由上表可以看出，铜精矿平均入炉品位及平均铜硫比逐年下降。

在原料品位下降、环保设施增加的情况下，能耗下降的原因包括：

企业	能耗下降原因
企业 A	2021 年能耗下降较大原因是煤炭和天然气消耗量降幅较大，熔炼余热回收蒸汽使用量增加，能源下降较明显。
企业 G	2020 年进行 40 万吨产能技改，其中原有能源重油和液化石油气由天然气替代，所以 2021 年开始无重油和液化石油气能源消耗。
企业 N	2021 年使用清洁能源天然气代替柴油作为底吹炉、转炉日常保温，提高了能源利用效率，较柴油相比，全年能源消耗减少 103tce；近三年综合能源消耗逐年增加一方面是由于产量增加，另外一方面是由于铜精矿中含硫逐年下降，补入的粉煤逐年增加；近几年通过系统工艺控制优化、设备变频改造等项目，也一定程度上降低了粗铜产品综合能耗指标。
企业 P	节能改造、优化工艺、规范操作。

4.1.4 与国外水平对比分析

2019 年，部分具有代表性的国外冶炼厂能耗指标如下：

国 家	冶炼厂	火法综合能耗 (kgce/t. cu)
日 本	玉野冶炼厂	168.5351464
日 本	东予冶炼厂	175.7006164
西班牙	韦尔瓦冶炼厂	177.1325974
韩 国	温山冶炼厂	190.938429
赞比亚	穆富利拉冶炼厂	193.6885791
日 本	佐贺关冶炼厂	197.486212
德 国	汉堡冶炼厂	215.4609364
波 兰	格沃古夫冶炼厂	224.0345445
波 兰	利格尼兹冶炼厂	236.8646309
秘 鲁	伊洛冶炼厂	242.2237008
日 本	直岛/香川冶炼厂	247.4343138
平 均		206.32

本次文件修订后，通过新标准的实施，铜冶炼产品能源消耗限额的火法段二级值能够达到 200 kgce/t. cu，优于上述国外厂家的平均水平。

随着环保政策的严厉和生产成本的增加，从世界范围看，成本高、技术落后小型冶炼厂将陆续关闭，大中型冶炼厂将进一步扩大生产规模，降低成本。而通过技术升级改造，进一步提高原料利用率，最大限度在冶炼过程中回收废渣、废水、废气中有价元素将是降低成本最重要的手段。

4.1.5 标准实施带来的节能效益测算

本部分指标的确定是以大量调研数据为基础，结合国家相关政策确定的，具有较强的实用性、指导性和可操作性。同时有利于规范行业投资行为，促进行业转型升级和持续健康发展；有利于促进公平竞争，保护企业和社会利益；有利于有效、合理利用和保护国家能源、推广科技成果、提高经济效益，与 2014 年版标准相比，能耗下降达 60 kgce/t. cu，按 2020 年全国电解铜产能计算，一年能节约 50 多万吨标准煤。

同时，本文件的实施能够推动企业不断进行技术创新，积极采用新技术、新装备，积极调整产品结构，推动产品节能降耗，同时大力发展循环经济，合理利用再生资源，加强有色金属行业的宏观调控，淘汰落后工艺，大力推动以节能降耗为重点的设备更新和技术改造提供依据。

4.4 镍冶炼部分

自 2014 年以来，镍冶炼无论从工艺水平、生产规模还是市场拓展都发生了较大的变化，以氧化镍矿为原料进行镍冶炼的产能不断增加；工艺技术不断创新，富氧侧吹炉、全湿法工艺应用于镍冶炼行业；镍铁占领市场份额不断增加；年产万吨镍生产企业不断涌现。进入 2016 年后，主要矿产品和冶炼产品价格普遍上涨，大部分大宗商品价格已恢复到 2012 年的水平，矿业领域的投资活动趋于活跃。有色金属行业总体预期继续向好，“中国制造 2025”和新能源汽车产业的发展带动有色金属市场需求增长，镍、铜、钴等产品价格运行中枢继续上移，未来有望继续升高。

《镍冶炼企业单位产品能源消耗限额》国家标准发布于 2014 年，执行时间较长，随着镍冶炼技术的发展，新技术和新设备不断应用，镍冶炼能耗指标得到了进一步优化。但随着矿山资源的减少、开采难度的加大，造成矿石贫化率加大、原料品位下降、杂质成份上升、生产规模无法扩大以及环保设施投运，又造成镍产品能耗上升。同时行业面临调整产业结构、淘汰落后产能的挑战和机遇。为此，现有《镍冶炼企业单位产品能源消耗限额》国家标准能耗限额值，需要增强其先进性和科学性，提高现实指导意义，满足有色金属工业转型升级、供给侧结构改革和创新发展的需要，与当前的经济增长模式相适应，有效地指导镍冶炼生产企业节能降耗工作的深入开展，修订《镍冶炼企业单位产品能源消耗限额》国家标准势在必行。

4.4.1 适用范围说明

本部分适用于处理硫化镍精矿的镍熔炼、镍精炼企业产品能源消耗的计算、考核，以及对新建项目的能耗控制。

本部分不适用于以氧化镍矿为原料的镍冶炼企业。主要是因为：国内氧化镍矿储量较少，

氧化镍矿的冶炼工序绝大多数在所在国，因此，未对氧化镍矿冶炼能耗进行调研，亦未补充氧化镍冶炼内容。

4.4.2 计算范围

根据镍冶炼实际生产工艺的不同，分为以下几种主要工艺并进行计算：

1、高镍铈工艺（镍精矿→高镍铈），电解工序（镍阳极板→电解镍），镍精炼工艺（高镍铈→电解镍），镍冶炼工艺（镍精矿→电解镍）。

2、高镍铈工艺（镍精矿→高镍铈）→电积工序（酸浸→电积镍），该流程虽然没有高镍铈磨浮和阳极板生产工序，但是电积工序的原料镍品位与传统的电解工序的原料镍品位相当，可以将电积工序与现行标准的电解工序相对应，与现行标准的统计范围一致。

3、高镍铈工艺（混合精矿、特富矿、镍精矿→高镍铈（水淬金属化高冰镍））→电积工序（酸浸→电积镍），该流程虽然没有高镍铈磨浮和阳极板生产工序，但是电积工序的原料镍品位与传统的电解工序的原料镍品位相当，可以将电积工序与现行标准的电解工序相对应，与现行标准的统计范围一致。

4、高镍铈工艺（镍精矿→镍阳极板）→电解工序（镍阳极板→电解镍）。与现行标准的统计范围相比，该工艺的镍精炼工艺能耗中缺少熔铸能耗，转而进入高镍铈工艺中，只能将该工艺全流程能耗与现行标准的镍冶炼工艺的能耗相对应。

4.4.3 能耗指标的确定依据

①国内产量情况

国内电镍产量从2016年以来基本稳定在每年17万吨左右，从2016年到2018年，中国镍消费量年均增速由过去的20%下降至8%左右。目前全国精炼镍的产能约为27万吨，但是精炼镍与硫酸镍之间的转化成为常态，2019年实际生产电镍仅为16.5万吨。为满足国家节能减排和调整产业结构的需要，重点淘汰能耗高和污染大的高镍铈火法冶炼生产工艺，比较落后的鼓风炉和电炉工艺将被淘汰，基本达到国家节能减排政策要求。国内7家主要企业的产量合计如表8所示。

表8 全国电镍产量统计数据（单位：万吨/年）

企业名称	2017 年	2018 年	2019 年
合计	19	15.2	16.5451

②标准值修改情况

表9 现有镍冶炼企业单位产品能耗限额限定值

工序、工艺	能耗限额限定值（kgce/t，≤）					
	工艺能耗			综合能耗		
	修订值	原值	降（-）或增（+）幅	修订值	原值	降（-）或增（+）幅
高镍铈工艺（镍精矿-高镍铈）	1230	920	310	1400	980	420
电解工序（阳极镍-电解镍）	1250	1250	0	1350	-	-
镍精炼工艺（高镍铈-电解镍）	1900	1900	0	2000	2000	0
镍冶炼工艺（镍精矿-电解镍）	4900	4900	0	5200	5200	0

表10 新建镍冶炼企业单位产品能耗限额准入值

工序、工艺	能耗限额准入值（kgce/t，≤）					
	工艺能耗			综合能耗		
	修订值	原值	降（-）或增（+）幅	修订值	原值	降（-）或增（+）幅

高镍铈工艺（镍精矿-高镍铈）	600	650	-50	630	680	-50
电解工序（阳极镍-电解镍）	1100	1100	0	1155	-	-
镍精炼工艺（高镍铈-电解镍）	1400	1480	-80	1500	1550	-50
镍冶炼工艺（镍精矿-电解镍）	3600	3700	-100	3800	3920	-120

表11 镍冶炼企业单位产品能耗限额先进值

工序、工艺	能耗限额先进值（kgce/t，≤）					
	工艺能耗			综合能耗		
	修订值	原值	降（-）或增（+）幅	修订值	原值	降（-）或增（+）幅
高镍铈工艺（镍精矿-高镍铈）	490	500	-10	540	550	-10
电解工序（阳极镍-电解镍）	1050	1050	0	1060	-	-
镍精炼工艺（高镍铈-电解镍）	1300	1350	-50	1400	1450	-50
镍冶炼工艺（镍精矿-电解镍）	3250	3490	-240	3450	3580	-130

高镍铈三级值确定为 1400kg，是根据三家主要高镍铈生产企业的能耗数据，以中游水平企业的最优值为标准值，以下游水平企业用能效率提升 15%为目标确定，具体见表 5。

表 12 高镍铈生产企业能耗指标优化核算表

指标名称	调查项目	计量单位	下游企业	中游企业	上游企业
			2019 年	2019 年	2019 年
高镍铈工艺能耗（镍精矿-高镍铈）	工艺单耗	标煤/产量	1673	1398	424
优化幅度			-15%		
优化后的指标			≈1400		

从调查过程中发现，国内主要电镍生产企业包括规模最大的企业其镍精炼工艺能耗近三年未实现明显的优化，主要原因是镍精炼工艺技术的发展较为缓慢，仍然执行建厂初期设计的工艺路线，节能潜力较小。

先进值中高镍铈工艺（镍精矿-高镍铈）的降幅比较高，主要原因是：先进企业的镍冶炼火法的工艺技术进步很大，富氧顶吹熔炼、闪速熔炼普遍应用，造成高镍铈能耗下降。根据国家对企业能耗指标年降幅 0.5%的要求，从上一版标准修订到本次标准修订即 2014 年-2020 年为六年时间，镍冶炼和镍精炼能耗指标应当下降 3-3.5%；考虑高镍铈能耗受硫化镍矿贫化加剧影响，设置指标值为全流程降幅的二分之一即 1.5-1.75%。

由于新、改、扩建项目既是根据已实现的先进水平进行设计建设，也是对先进企业管理水平的摸索，所以准入值的设置以先进值为标杆，考虑冶炼规模、贫矿开发和工艺进步等因素，按先进值的 1.1 倍确定镍冶炼准入值；按先进值的 1.07 倍确定镍精炼准入值；按先进值的 1.04 倍确定电解工序准入值；按先进值的 1.15 倍确定高镍铈准入值。

为了进一步促进企业控制辅助工序能耗，本次修订对原标准中缺省的电解工序（阳极镍-电解镍）综合能耗进行了补充，经调查，主要镍冶炼企业辅助能耗占比分为：上游水平企业 1%，中游水平企业 6%，下游企业 9%。因此，如表 13 所示，该工序的综合能耗一级值为工艺能耗的 1.01 倍，二级值为工艺能耗的 1.05 倍，三级值为 1.08 倍。

表 13 电解工序（阳极镍-电解镍）综合能耗核算表

项目	先进值	准入值	限定值
工艺能耗	1050	1100	1250
辅助能耗占比	1%	5%	8%
综合能耗标准值	1060	1155	1350

4.4.4 指标影响因素分析

我国是贫镍国，同时也是镍的消费大国，从产量口径来统计，2021 年我国镍资源对外依存度为 84.6%，2015 年以来我国镍对外依存度也均在 80%以上，从消费的口径来计算，我国原生镍对外依存度在 93.5%以上。随着我国新能源汽车的快速发展以及原生镍产品的结构变化，未来无论是从产量口径还是消费口径，我国镍资源的对外依存度都将呈现增长趋势。

现行标准高镍铈工艺能耗限定值自 2015 年实施后，各个未达标企业通过节能技术改造和加强节能管理，能耗指标下降明显，高镍铈生产新鑫矿业和吉恩镍业的高镍铈工艺能耗 2019 年较 2017 年分别下降 5.81%和 24.47%。但是仍然较标准有很大距离。国内三家高镍铈主要生产企业中，两家企业均未能达到现行标准的限定值，并且差距较大：与标准现值相比，新鑫矿业高镍铈工艺能耗实际值超额 52.65%，吉恩镍业高镍铈工艺能耗实际值超额 54.29%。如按照现行标准，新鑫矿业和吉恩镍业的高镍铈生产单元只能关停。

国内目前以硫化镍精矿为原料生产高镍铈的企业只有甘肃金川集团、新疆新鑫矿业和吉恩镍业，三家企业的产量规模（实物量）分别为 32 万吨、2.9 万吨 2.3 万吨，其中金川集团占 86%，新鑫矿业和吉恩镍业分别占 7.80%和 6.18%，规模差异是造成各企业之间能耗水平差异的重要原因。

规模差异也体现在熔炼工艺的差异，闪速熔炼工艺及富氧顶吹熔池熔炼工艺适合大规模生产，富氧侧吹熔池熔炼工艺适合小规模生产。

入炉精矿因矿石性质原料品位各生产企业差距较大，同时，存在物料和燃料含水量较大、周边无高品质燃煤、冬季生产周期长、氧化镁含量偏高，且物料（混合精矿）含硫量偏低的影响，加之部分企业近年来受市场环境和硫酸销售的影响，未能满负荷生产，生产波动较大，远未得到设计床能力，从而造成企业水淬高冰镍能耗水平较先进企业高，对硫酸的生产也造成了较大的影响。种种原因也造成目前高镍铈工序的能耗较原版本有所上升。

4.4.5 与国外水平对比分析

由于缺少国外同类企业的能源消耗数据和统计口径，无法进行对比分析。

4.4.6 标准实施带来的节能效益测算

以国内三大全流程镍冶炼企业 2019 年实际完成的能耗指标与修订后的能耗标准进行对比，如全部达到限定值，每年将节约 1.35 万吨标准煤；如全部达到准入值，每年将节约 2.79 万吨标准煤；如全部达到先进值，每年将节约 3.24 万吨标准煤。

4.5 锡冶炼部分

从含锡物料进入生产流程到合格锡产品的产出，通常要经过四个工序处理，这四个工序分别是炼前工序、还原熔炼工序、炼渣工序、精炼工序，即“炼前处理——还原熔炼——火法精炼或湿法精炼——烟化炼渣”是锡冶炼工艺的基本流程。

还原熔炼工序是锡冶炼企业的核心工序，任何一个锡冶炼企业都不能缺少还原熔炼工序。部分的小型锡冶炼企业，其生产流程会缺少其它的一个或多个工序，如不产精锡的企业缺少精炼工序，不处理渣的企业缺少炼渣工序，精矿质量很好的企业缺少炼前工序。

长期以来，锡冶炼工艺的基本流程没有发生原则上的变化，但在各个过程的技术应用上取得了不断发展。在二十世纪后期，炼前处理工序出现了流化态沸腾焙烧炉，炼渣工序出现了烟化炼渣炉，火法精炼工序出现了电热连续机械结晶机，焊锡处理采用真空蒸馏电阻炉，还原熔炼工序电炉、反射炉替代鼓风机。进入二十一世纪，顶吹炉成为还原熔炼设备在锡冶炼企业成功运用，此外，相应的配套设施，如粉煤制备、煤气生产、余热回收、蒸汽发电、富氧制取、物料计量及有价金属的综合回收等都取得了长足进步，这也极大地推进了锡冶炼应用技术的发展，使得锡冶炼的生产成本和能源消耗得到了较大幅度的降低。

在锡冶炼生产流程中，还原熔炼工序是核心工序，还原熔炼工序采用的技术，决定了整个锡冶炼企业的生产特征和技术指标。经过几十年的生产实践和市场的优胜劣汰，目前的还原熔炼技术主要是顶吹炉、电炉两种还原熔炼技术并存的格局，其代表性的工艺流程简图分别见图 1、图 2。在调研的锡冶炼企业，没有使用其它的生产工艺，通过网上查阅和电话沟通，没有发现国内锡冶炼企业使用其它的生产工艺。

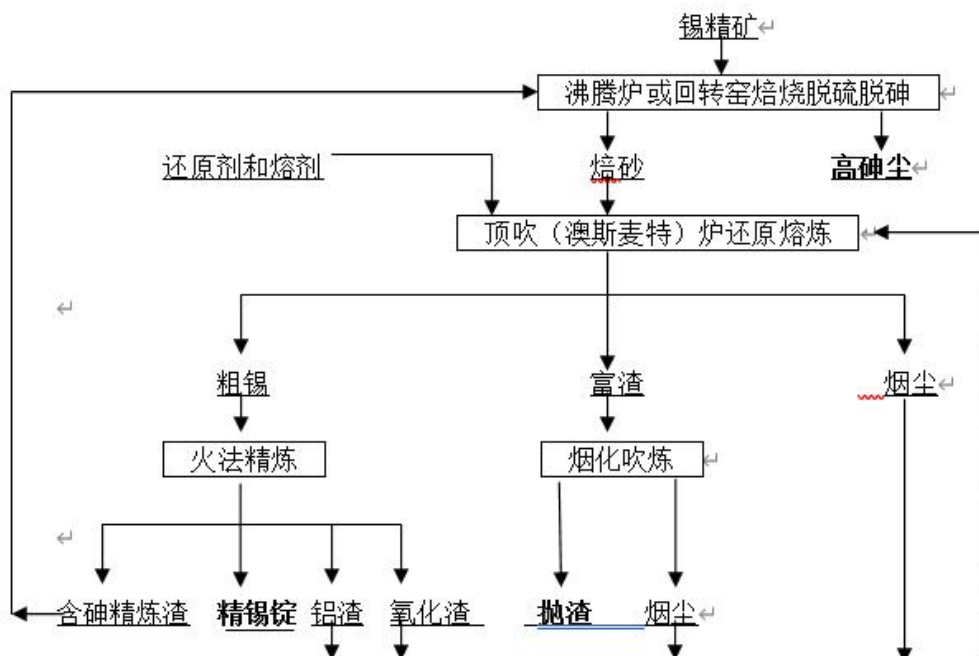


图 1 顶吹（澳斯麦特）炉还原熔炼的锡冶炼工艺流程简图

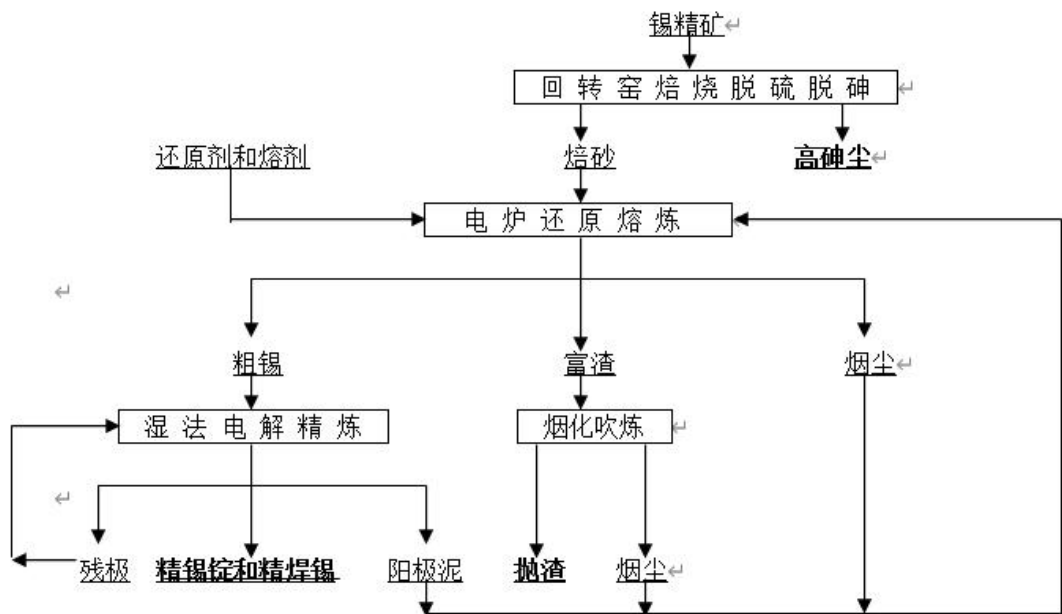


图 2 电炉还原熔炼的锡冶炼工艺流程简图

在顶吹炉、电炉还原熔炼技术中，顶吹炉还原熔炼技术集动态熔炼、熔池熔炼、过程自动化控制、高温余热回收四项现代技术于一体，并有可能结合富氧熔炼、低温余热回收等现代技术，具有传质传热快，热利用率高，设备效率大，生产运行稳定，现场环境好等优点，是锡冶炼行业技术发展方向，代表了锡冶炼企业的国际领先水平，特别适用于生产规模较大的锡冶炼企业。电炉还原熔炼技术，具有原料适应能力强，热能利用率高，渣锡分离好，过程能够实现自动化等优点，锡金属冶炼回收率、产品综合能源消耗指标达到国际领先水平，生产作业环境、生产成本消耗为行业一般水平，总体技术水平为国内先进水平，适用于中等规模的锡冶炼企业或以处理二次资源比重较大的锡冶炼企业。

4.5.1 适用范围说明

本部分规定了锡冶炼企业单位产品能源消耗（以下简称能耗）限额的技术要求、统计范围、计算方法及计算范围和节能管理与措施。

标准适用于锡精矿（占比 $\geq 55\%$ ）和含锡二次物料（占比 $\geq 46\%$ ）为主要原料的锡冶炼企业。与 GB21348—2014《锡冶炼企业单位产品能源消耗限额》标准不同，适用范围是以“本标准适用于以锡精矿（占比 55%以上）为主要原料的所有锡冶炼企业的单位产品能耗的计算、考核，以及新建锡冶炼项目的能耗控制”，修订后的标准，对适用范围进行了更明确的限制，即“以锡精矿（占比 $\geq 55\%$ 以上）、含锡二次物料（占比 $\geq 46\%$ 以上）为主要原料的锡冶炼企业”。将以含锡废料、锡渣、锡泥、锡烟尘等综合回收含锡二次物料为主要原料的锡冶炼企业，纳入本标准应用范围，分别以物料 1、物料 2 区分生产的主要原料类别。客观考虑了锡精矿原料的供应不足，锡冶炼的二次原料的供给变化，因此，修订后的标准更具有适应性。

4.5.2 计算范围

1) 炼前处理工序产品能耗计算范围

从含锡物料（以锡精矿及二次物料为主）进入炼前工序开始到处理后的含锡产物（焙砂）

离开炼前工序止。

2)还原熔炼工序产品能耗计算范围

从含锡物料（以锡焙砂、锡焙烧渣、锡精矿为主）进入还原熔炼工序开始到粗锡离开还原熔炼工序止。

3)精炼工序产品能耗计算范围

火法精炼：从粗锡开始到产出合格锡产品（锡锭、焊锡、锡基合金）为止。

湿法电解精炼：从粗锡开始到产出精锡（锡锭）为止。

4)炼渣工序产品能耗计算范围

从富渣、锡富中矿、含锡二次物料进入炼渣工序开始到产出含锡烟尘为止。包括从备料、进料、硫化挥发、供排水、收尘、供排风、粉煤制备、辅助设备、环保设施及照明等所有消耗的能源量。

5)各工序实物单耗、能耗计算

各工序能耗计算中，当含回收余热时，按“企业的辅助、附属生产系统的能源消耗量和能源及耗能工质在企业内部贮存、转换与分配供应及外销中的损耗，应根据各产品工艺能耗占企业生产工艺能耗量的比例，分摊给各个产品”的规定执行。

根据条款的描述规定，锡冶炼企业单位产品能源消耗，就是在冶炼过程中的消耗的与锡产品有直接和间接相关的能源。这些能源消耗仅限于与锡冶炼直接相关或间接相关的能源，简称生产能源，不包括建设用能，也不包括生活用能。

此外，综合回收有价金属消耗的能源可以进行扣除，不计入锡冶炼企业单位产品能源消耗中。在锡冶炼过程中，产出的二次能源，如蒸汽等，转到其它锡冶炼以外的工序使用的，也可以进行扣除，不计入锡冶炼企业单位产品能源消耗中。

4.5.3 能耗指标的确定依据

根据国内锡冶炼企业处理的物料情况，结合锡冶炼企业的现有技术，合理评估各工序的技术状况和最基本节能措施，经过讨论，考虑二次锡原料占比增加。原生锡精矿产品锡品位以及锡冶炼入炉品位逐渐下降，提高锡冶炼综合回收利用率等因素，分别统计确定以锡精矿（占比≥55%为物料1）、锡二次物料（占比≥46%为物料2）为主要原料的冶炼综合能耗，工序能耗指标。

表 14 综合能耗修订值

能耗指标等级	3 级		2 级		1 级	
	物料 1	2400	物料 1	1900	物料 1	1700
锡冶炼企业综合能耗指标(kgce/t)	物料 2	4200	物料 2	3600	物料 2	3000

表 15 指标设定区间值统计

调研企业共 14 家， 产量总和 18.435 万	能耗区间值/(kgce/t)
------------------------------	----------------

吨,有能耗数据的 8 家	≤ 1700 或 ≤ 3000	$>1700 \sim \leq 1900$ 或 $>3000 \sim \leq 3600$	$>1900 \sim \leq 2400$ 或 $>3600 \sim \leq 4200$	>2400 或 >4200 及未提供能耗数据的企业
企业数量	1	1	2	10
产量综合	5.85	1.96	1.76	8.865
数量占比	9.09	9.09	14.29	71.42
累计数量占比	9.09	18.18	32.47	100
产量占比	31.76	10.68	9.55	48.08
累计产量占比	31.76	42.44	51.99	100

被调研企业共计 14 家,近几年产量总和 18.435 万吨,约占全国总产量的 85%以上;

为确保三级值设定的准确性和合理性,以累计产量比例为 30%、40%、50%作为限值区间。按实际数据统计满足一级值企业 1 家,占比 9.09%,产量占比约为 31%,以此类推,所设定的限值基本可满足各区间的企业分布。

4.5.3.1 三级指标

(1) 综合能耗指标确定

以锡精矿为主要原料的企业。与原标准 GB 21348-2014 限定值指标一致: ≤ 2400 公斤标准煤/吨产品。在确定标准的三级指标时,以调研的 3 家都配置四个工序的企业能源消耗数据为基础,对这 3 家企业 2017 年~2021 年最大值的综合能源消耗进行计算,平均值为 $(1776+2208+2205)/3=2063$ 公斤标准煤/吨产品。确定锡冶炼工艺综合能耗三级指标(限定值)保持不变。

处理锡二次物料为主要原料的企业提供数据 1 家,其配置了四个锡冶炼工序,该企业 2017 年~2021 年最大值的综合能源消耗为 4375 公斤标准煤/吨产品,确定锡冶炼工艺综合能耗三级指标(限定值)为 4200 公斤标准煤/吨产品。表(3)。

(2) 炼前处理工序能耗指标确定

以锡精矿为主要原料的企业。以调研单位提供的炼前处理工序各工艺情况下的能耗最大值,确定炼前处理工序能耗三级指标(限定值)分别为表 5 所示,依据如下:

- A、采用回转窑工艺 2017 年~2021 年最大值的能源消耗进行计算,平均值为 $(143.97+101+48.2)/3=97.7$ 公斤标准煤/吨产品,确定指标 ≤ 100 公斤标准煤/吨产品;
- B、采用沸腾炉工艺 2017 年~2021 年最大值的能源消耗进行计算,平均值为 28.55 公斤标准煤/吨产品,确定指标 ≤ 35 公斤标准煤/吨产品;
- C、采用沸腾炉、回转窑进行混合处理的工艺 2017 年~2021 年最大值的能源消耗进行计算,平均值为 $(46.904+63)/2=54.95$ 公斤标准煤/吨产品,确定指标 ≤ 60 公斤标准煤/吨产品。

处理锡二次物料为主要原料的企业,提供数据 2 家。

A、采用回转窑工艺 2017 年~2021 年最大值的能源消耗进行计算,平均值为 56.11 公斤标准煤/吨产品,确定指标 ≤ 55 公斤标准煤/吨产品;

B、采用沸腾炉、回转窑进行混合处理的工艺 2017 年~2021 年最大值的能源消耗进行计算，平均值为 86.8 公斤标准煤/吨产品，确定指标 ≤ 85 公斤标准煤/吨产品。

(3) 还原熔炼工序能耗指标确定

以锡精矿为主要原料的企业。与原标准 GB 21348-2014 限定值指标一致： ≤ 1050 公斤标准煤/吨产品。计算企业 2017 年~2021 年最大值的能源消耗数据，平均值为 $(848+354.111+1105.446+650+1038.54)/5=799.21$ 公斤标准煤/吨产品。考虑到锡原料为买方市场，高锡精矿比例逐年下降，杂质成分增高，入炉品位高低对冶炼能耗的影响，确定现有企业还原熔炼工序能耗三级指标（限定值）保持不变。

处理锡二次物料为主要原料的企业。提供数据 2 家，计算企业 2017 年~2021 年还原熔炼工序最大值的能源消耗为 $(247+988.73)/2=617.86$ 公斤标准煤/吨产品，确定还原熔炼工序能耗三级指标（限定值）为 1050 公斤标准煤/吨产品。

(4) 炼渣工序（烟化炉）能耗指标确定

以锡精矿为主要原料的企业。炼渣（烟化炉）工序的能耗三级指标（限定值）修订原定值 $\leq 3100\text{kgce/t}$ 放宽到 $\leq 3200\text{ kgce/t}$ ，增加适用条件“适用于处理物料平均含锡 $\leq 6\%$ 、富渣冷料占比 40%以上等”。锡冶炼生产过程中，存在处理冷富渣 40%以上时，其工艺能耗远超 3100kgce/t 的限定值的实际情况，增加适用条件“富渣冷料 40%以下等”。

以锡二次物料为主要原料的企业。提供数据 2 家，计算企业 2017 年~2021 年炼渣（烟化炉）工序最大值的能源消耗为 $(2069.1+3388.91)/2=2729$ 公斤标准煤/吨产品，确定炼渣（烟化炉）工序能耗三级指标（限定值）为 3200 公斤标准煤/吨产品。

(5) 精炼工序能耗指标确定

以锡精矿为主要原料的企业。与原标准 GB 21348-2014 限定值指标一致： ≤ 200 公斤标准煤/吨产品。以 4 家企业能源消耗数据为基础，计算 2017 年~2021 年最大值的能源消耗，平均值为 $(134.134+342.977+287.965+185+198.66)/5=229.747$ 公斤标准煤/吨产品。确定熔炼工序能耗三级指标（限定值）保持不变。

以锡二次物料为主要原料的企业。提供数据 2 家，计算企业 2017 年~2021 年精炼工序最大值的能源消耗为 $(364.7+176.99)/2=270.845$ 公斤标准煤/吨产品，确定熔炼工序能耗三级指标（限定值）为 300 公斤标准煤/吨产品。

(6) 各工序及产品能源消耗具体指标见表 15。

根据标准确定的指标在提供锡冶炼综合能耗指标调查数据的 6 家企业中，有 4 家达到，分别为企业 1、企业 2、企业 3、企业 4、企业 5。这 5 家企业近年来年锡产品产量占提供能源消耗 6 家企业总产量的 91%以上。有 1 家企业达不到，该企业锡产品年产量占提供能源消耗 6 家企业总产量 9%，该企业主要是以回收二次锡物料为主要原料，可通过家装余热回收装置、采取节能降耗措施，逐步达到标准要求。

表 15 现有锡冶炼企业单位产品能耗三级指标

序号	工序名称	综合能耗不大于 (kgce/t)	说明
1	炼前工序	35	适用于单一沸腾炉生产 ^{物料 1}
		60 ^{物料 1}	适用于混合工艺生产
		100 ^{物料 1}	适用于单一回转窑生产

		55	物料 2
2	还原熔炼工序	1050	物料 1、物料 2
3	炼渣工序	3200	适用于处理物料平均含锡≤6%、富渣冷料≥40%等物料 1、物料 2
		2600	适用于处理物料平均含锡>6%物料 1
4	精炼工序	200	物料 1
		300	物料 2
5	单位产品综合	2400	物料 1
		4200	物料 2
注：1、锡冶炼企业同时有四个工序的，单位产品综合能耗分别不超过 2400 kgce/t、4200 kgce/t 时，即符合三级指标要求；锡冶炼企业不同时四个工序的，按工序综合能耗指标进行考核，所有工序综合能耗指标达到要求时，为符合三级指标要求。			
2、物料 1：锡精矿为主要原料。			
3、物料 2：锡二次物料为主要原料。			

4.5.3.2 二级指标

在确定标准的二级指标时，以使用电炉、顶吹炉还原熔炼技术回收高温余热等企业能源消耗为基础，结合锡冶炼企业的现有技术，合理评估各工序的基本节能措施及节能潜力，经过分析，确定修订后的标准能耗二级指标，具体指标见表（5）。

（1）综合能耗指标确定

以锡精矿为主要原料的企业。比原标准 GB 21348-2014 准入值指标提升 5%:≤1900 公斤标准煤/吨产品。在确定标准的二级指标时，以调研的 3 家都配置四个工序的企业能源消耗数据为基础，对这 3 家企业 2017 年~2021 年平均值的综合能源消耗进行计算，平均值为 (1460.66+1996.588+1964.089)/3=1807.11 公斤标准煤/吨产品。目前全球锡资源储量有限，近年来新增储量不明显，为了行业的可持续发展，引导现有锡冶炼企业通过技改不断降低能耗水平，确定锡冶炼工艺综合能耗二级指标（准入值）。

以二次物料为主要原料的企业。提供数据 1 家，企业 2017 年~2021 年综合能耗平均值为 3789.8 公斤标准煤/吨产品，确定综合能耗二级指标（准入值）为 3600 公斤标准煤/吨产品。

（2）炼前工序能耗指标确定

结合锡冶炼企业的现有技术，合理评估各工序的技术状况和最基本节能措施，经过讨论，考虑到锡二次资源的占比逐年增加，原生锡精矿产品锡品位以及锡冶炼入炉品位逐渐下降，提高锡冶炼综合回收利用率等因素，考虑设定指标。

以锡精矿为主要原料的企业。调研单位提供的炼前处理工序各工艺情况下的能耗平均值，确定炼前处理工序能耗二级指标（准入值）分别为表 16 所示，依据如下：

A、采用回转窑工艺时，2017 年~2021 年平均值的能源消耗进行计算，平均值 (115.962+68.127+48.055)/3=77.38 公斤标准煤/吨产品，确定指标≤80 公斤标准煤/吨产品；

B、采用沸腾炉工艺时，2017 年~2021 年平均值的能源消耗进行计算，平均值为 23.631 公斤标准煤/吨产品，确定指标 ≤ 30 公斤标准煤/吨产品；

C、采用沸腾炉、回转窑进行混合处理的工艺 2017 年~2021 年平均值的能源消耗进行计算，平均值为 $(44.891+63)/2=53.94$ 公斤标准煤/吨产品，确定指标 ≤ 50 公斤标准煤/吨产品。

处理锡二次物料为主要原料的企业，提供数据 2 家。

A、采用回转窑工艺 2017 年~2021 年平均值的能源消耗进行计算，平均值为 53.508 公斤标准煤/吨产品，确定指标 ≤ 50 公斤标准煤/吨产品；

B、采用沸腾炉、回转窑进行混合处理的工艺 2017 年~2021 年平均值的能源消耗进行计算，平均值为 75.875 公斤标准煤/吨产品，确定指标 ≤ 80 公斤标准煤/吨产品。

(3) 还原熔炼工序能耗指标确定

以锡精矿为主要原料的企业。比原标准 GB 21348-2014 准入值指标提升 6%： ≤ 800 公斤标准煤/吨产品。以企业能源消耗数据为基础，计算 2017 年~2021 年平均值的能源消耗进行计算，平均值为 $(673.204+904.368+491.091+1000.6)/4=767.31$ 公斤标准煤/吨产品。为了引导现有锡冶炼企业通过技改不断降低能耗水平，确定熔炼工序能耗二级指标（准入值） ≤ 800 公斤标准煤/吨产品。

处理锡二次物料为主要原料的企业。提供数据 2 家，计算企业 2017 年~2021 年还原熔炼工序平均值的能源消耗为 $(243.025+956.648)/2=599.836$ 公斤标准煤/吨产品，确定还原熔炼工序能耗二级指标（准入值）为 800 公斤标准煤/吨产品。

(4) 炼渣（烟化炉）工序能耗指标确定

以锡精矿为主要原料的企业。与原标准 GB 21348-2014 准入值指标一致： ≤ 2800 （适用于处理物料平均含锡 $\leq 6\%$ ）； ≤ 2400 （适用于处理物料平均含锡 $> 6\%$ ）。3 家企业能源消耗数据为基础，计算 2017 年~2021 年平均值的能源消耗进行计算，平均值为 $(2693.378+3501.078+2685.726)/3=2960.06$ 公斤标准煤/吨产品。考虑到锡原料为买方市场，杂质成分持续增高，该工序对提高低品位锡原料含锡品级具有重大作用，确定现有企业烟化炉工序能耗二级指标（准入值）保持不变。

处理锡二次物料为主要原料的企业。提供数据 2 家，计算企业 2017 年~2021 年炼渣（烟化炉）工序平均值的能源消耗为 $(1904.7+3085.284)/2=2494.992$ 公斤标准煤/吨产品，确定炼渣（烟化炉）工序能耗二级指标（准入值）为 ≤ 2800 （适用于处理物料平均含锡 $\leq 6\%$ ）、 ≤ 2400 （适用于处理物料平均含锡 $> 6\%$ ）公斤标准煤/吨产品。

(5) 精炼工序能耗指标确定

以锡精矿为主要原料的企业。较原标准 GB 21348-2014 准入值指标提升 12.5%： ≤ 140 公斤标准煤/吨产品。以企业能源消耗数据为基础，计算 2017 年~2021 年平均值的能源消耗进行计算，平均值为 $(112.046+228.127+215.191+199.948+181.54)/5=187.37$ 公斤标准煤/吨产品。根据调研企业实际能耗逐年呈下降趋势，确定熔炼工序能耗二级指标（准入值） ≤ 140 公斤标准煤/吨产品。

处理锡二次物料为主要原料的企业。提供数据 2 家，计算企业 2017 年~2021 年精炼工序平均值的能源消耗为 $(298.375+150.8)/2=224.587$ 公斤标准煤/吨产品，确定精炼工序能耗二级指标（准入值）为 220 公斤标准煤/吨产品。

表 16 新建（改扩建）锡冶炼企业单位产品综合能耗二级指标

序号	工序名称	综合能耗不大于 (kgce/t)	说明
1	炼前工序	30	适用于单一沸腾炉生产 ^{物料 1}
		50 ^{物料 1}	适用于混合工艺生产
		80 ^{物料 1}	适用于单一回转窑生产
		50 ^{物料 2}	
2	还原熔炼工序	800	物料 1、物料 2
3	炼渣工序	2800	适用于处理物料平均含锡≤6% ^{物料 1、物料 2}
		2400	适用于处理物料平均含锡>6% ^{物料 1、物料 2}
4	精炼工序	140	物料 1
		220	物料 2
5	单位产品综合	1900	物料 1
		3600	物料 2
注：1、锡冶炼企业同时有四个工序的，单位产品综合能耗不超过 1900 kgce/t、3600 kgce/t 时，即符合二级指标要求；锡冶炼企业不同时有四个工序的，按工序综合能耗指标进行考核，所有工序综合能耗指标达到要求时，为符合二级指标要求。			
2、物料 1：锡精矿为主要原料。			
3、物料 2：锡二次物料为主要原料。			

根据标准确定的指标，在提供综合能耗指标调查数据的 5 家企业中，有 4 家达到，即企业 1、企业 2 和企业 5、企业 6。这 4 家企业年锡产品产量占提供能源消耗数据 5 家企业总产量的 90%。

4.5.3.3 一级指标

在确定标准的一级指标时，以使用国际领先水平的顶吹炉顶吹熔池熔炼技术并成功应用于生产多年的云南锡业股份有限公司能源消耗为基础，并结合有色行业其它领域的现有技术，合理评估各工序存在的节能潜力，经分析，确定修订后的标准能耗一级指标，具体指标见表 17。

（1）综合能耗指标确定

以锡精矿为主要原料的企业。与原标准 GB 21348-2014 先进值指标一致： ≤ 1700 公斤标准煤/吨产品。在确定标准的一级指标时，以调研的 3 家都配置四个工序的企业能源消耗数据为基础，对这 3 家企业 2017 年~2021 年最小值的综合能源消耗进行计算，平均值为 $(1379+1586.766+1218.3)/3=1394.68$ 公斤标准煤/吨产品。目前全球锡资源储量有限，近年来新增储量不明显，为了行业的可持续发展，引导现有锡冶炼企业通过技改不断降低能耗水平，确定锡冶炼工艺综合能耗一级指标（先进值）。

以二次物料为主要原料的企业。提供数据 1 家，企业 2017 年~2021 年综合能耗最小值为 3388.6 公斤标准煤/吨产品，确定综合能耗一级指标（先进值）为 3000 公斤标准煤/吨产品。

（2）炼前工序能耗指标确定

以锡精矿为主要原料的企业。结合锡冶炼企业的现有技术，合理评估各工序的技术状况和最基本节能措施，经过讨论，考虑到锡二次资源的占比逐年增加，原生锡精矿产品锡品位以及锡冶炼入炉品位逐渐下降，提高锡冶炼综合回收利用率等因素。以调研单位提供的炼前处理工序各工艺情况下的能耗最小值，确定炼前处理工序能耗一级指标（先进值）分别为表（6）所示，依据如下：

- A、采用回转窑工艺时，2017 年~2021 年最小值的能源消耗进行计算，平均值
 $(91.508+52+47.91)/3=63.806$ 公斤标准煤/吨产品，确定指标 ≤ 65 公斤标准煤/吨产品；
- B、采用沸腾炉工艺时，2017 年~2021 年最小值的能源消耗进行计算，平均值 21.002 公斤标准煤/吨产品，确定指标 ≤ 25 公斤标准煤/吨产品；
- C、采用沸腾炉、回转窑进行混合处理的工艺 2017 年~2021 年最小值的能源消耗进行计算，平均值 $(34+63)/2=48.5$ 公斤标准煤/吨产品，确定指标 ≤ 45 公斤标准煤/吨产品。

处理锡二次物料为主要原料的企业，提供数据 2 家。

- A、采用回转窑工艺 2017 年~2021 年最小值的能源消耗进行计算，为 52.14 公斤标准煤/吨产品，确定指标 ≤ 45 公斤标准煤/吨产品；
- B、采用沸腾炉、回转窑进行混合处理的工艺 2017 年~2021 年最小值的能源消耗进行计算，为 61.5 公斤标准煤/吨产品，确定指标 ≤ 45 公斤标准煤/吨产品。

（3）熔炼工序能耗指标确定

以锡精矿为主要原料的企业。与原标准 GB 21348-2014 先进值指标一致： ≤ 750 公斤标准煤/吨产品。以企业能源消耗数据为基础，计算 2017 年~2021 年最小值的能源消耗进行计算，平均值为 $(572.1+228.777+667.382+375.362+962.66)/5=561.256$ 公斤标准煤/吨产品。考虑到锡原料为买方市场，高锡精矿比例逐年下降，杂质成分增高，入炉品位高低对冶炼能耗的影响，确定现有企业熔炼工序能耗一级指标（先进值）保持不变 ≤ 750 公斤标准煤/吨产品。

处理锡二次物料为主要原料的企业。提供数据 2 家，计算企业 2017 年~2021 年熔炼工序最小值的能源消耗为 $(238.2+920.12)/2=579.16$ 公斤标准煤/吨产品，确定熔炼工序能耗一级指标（准入值）为 750 公斤标准煤/吨产品。

（4）炼渣（烟化炉）工序能耗指标确定

以锡精矿为主要原料的企业。与原标准 GB 21348-2014 先进值指标一致： ≤ 2500 （适用于处理物料平均含锡 $\leq 6\%$ ）、 ≤ 2200 （适用于处理物料平均含锡 $> 6\%$ ）公斤标准煤/吨产品。企业能源消耗数据为基础，计算 2017 年~2021 年最小值的能源消耗，平均值为 $(2006.067+2414.868+2411+2411)/4=2310.73$ 公斤标准煤/吨产品。考虑到锡原料为买方市场，杂质成分持续增高，能源消耗波动较大，该工序对提高低品位锡原料含锡品级具有重大作用，确定炼渣（烟化炉）工序能耗一级指标（先进值）保持不变 ≤ 2500 （适用于处理物料平均含锡 $\leq 6\%$ ）、 ≤ 2200 （适用于处理物料平均含锡 $> 6\%$ ）。

处理锡二次物料为主要原料的企业。提供数据 2 家，计算企业 2017 年~2021 年炼渣（烟化炉）工序最小值的能源消耗为 $(1785.7+2949.51)/2=2376.605$ 公斤标准煤/吨产品，确

定炼渣（烟化炉）工序能耗一级指标（准入值）分别为 ≤ 2500 （适用于处理物料平均含锡 $\leq 6\%$ ）； ≤ 2200 （适用于处理物料平均含锡 $> 6\%$ ）公斤标准煤/吨产品。

（5）精炼工序能耗指标确定

以锡精矿为主要原料的企业。与原标准 GB 21348-2014 先进值指标一致： ≤ 120 公斤标准煤/吨产品。企业能源消耗数据为基础，计算 2017 年~2021 年最小值的能源消耗，平均值为 $(112.44+179.26+129.532+132.793+164.42)/5=143.689$ 公斤标准煤/吨产品。根据调研企业实际能耗情况，确定精炼工序能耗一级指标（先进值）保持不变 ≤ 120 公斤标准煤/吨产品。

处理锡二次物料为主要原料的企业。提供数据 2 家，计算企业 2017 年~2021 年精炼工序最小值的能源消耗为 $(266.4+137.24)/2=201.82$ 公斤标准煤/吨产品，确定精炼工序能耗一级指标（准入值）为 200 公斤标准煤/吨产品。

表 17 锡冶炼企业单位产品综合能耗一级指标

序号	工序名称	综 合 能 耗 不 大 于 (kgce/t)	说明
1	炼前工序	25	适用于单一沸腾炉生产 ^{物料 1}
		45 ^{物料 1}	适用于混合工艺生产
		65 ^{物料 1}	适用于单一回转窑生产
		45 ^{物料 2}	
2	还原熔炼工序	750	物料 1、物料 2
3	炼渣工序	2500	适用于处理物料 平均含锡≤6% ^{物料 1、物料 2}
		2200	适用于处理物料 平均含锡>6% ^{物料 1、物料 2}
4	精炼工序	120	物料 1
		200	物料 2
5	单位产品	1700	物料 1
		3000	物料 2
注：1、锡冶炼企业同时有四个工序的，单位产品综合能耗不超过 1700 kgce/t 时，即符合一级指标指标要求；锡冶炼企业不同时具有四个工序的，按工序综合能耗指标进行考核，所有工序综合能耗指标达到要求时，为符合一级指标要求。 2、物料 1：锡精矿为主要原料。 3、物料 2：锡二次物料为主要原料。			

4.5.4 指标影响因素分析

对于锡冶炼企业单位产品能源消耗，影响因素较多且复杂，不可能全部在标准中区分开。重要的影响有：生产工艺、生产规模、所处理物料的含锡品位、所处理物料的结构及比例、能源消耗种类、余热回收情况、有价金属回收、环境治理等。

生产工艺。生产工艺越先进，能源消耗越低，反之，生产工艺越落后，能源消耗越高。采用澳斯麦特技术炼锡，并结合富氧熔炼，为目前世界锡冶炼行业的领先技术，能源消耗是最低的；电炉熔炼具有热能利用率高的优点，但余热无法回收利用，其能源消耗总体代

表锡冶炼行业的一般水平。

生产规模。生产规模较大的锡冶炼企业，其生产设备也规模化，设备效率高，能源浪费小，停开机也少，因此能源消耗相对较低。

所处理的物料含锡品位。物料含锡品位越高，所需要处理的物料越少，能耗消耗越低；反之，品位越低，需要处理的物料越多，能源消耗越高。冶炼锡精矿的企业，单位产品能源消耗低于冶炼锡中矿的企业。回收处理高品位杂锡的企业，单位产品能源消耗低于处理富渣为原料的企业。同样是用烟化炉处理冷、热富渣，处理含锡 15%的富渣，其能源消耗与处理含锡 3%的富渣是有较大区别的，为此，针对烟化炉炼渣工序，作了处理含锡大于 6%和小于 6%及冷富渣含量占比大于 40%两种情况描述。炼前工序、还原熔炼、精炼工序入炉品位对能耗的影响以降低锡含量 1%计算，约 3%~24%，平均 17%，烟化炉工序入炉品位对能耗的影响平均为 21%，最大达到 29%。

能源消耗种类。按等热值计算，电能的利用效率高于煤和煤气的利用率，原因很简单，电能使用过程中，基本上不产出废气，带走热量少，而燃烧煤和燃烧煤气时，产出大量的烟气，烟气带走了很大一部分热量。

余热回收。由于回收和余热能源可以二次使用，也可以进行扣除，因此，能够降低能源消耗。余热回收，也是锡冶炼企业降低能源消耗的有效途径。

有价金属回收。有价金属回收，不仅可以为企业增加经济效益，也可以在能源消耗计算时，进行合理扣除。因此，进行有价金属回收，可以降低能源消耗，在一般情况下，降低的幅度较小。

环境治理。环境治理是企业生存与发展的基本义务，也是企业的责任，环境治理是需要消耗能源，因此，环境治理越全面，越完善，消耗的能源越高。因此，标准的修订，考虑了环境治理留存一定的合理能耗指标。提供数据的企业，环保设施对锡冶炼综合能耗的影响最大占比 5.53%，最小占比 4.9%，平均 4.8%。标准编制过程中参照《无机酸和有机酸行业单位产品能源消耗限额 工业硫酸》对其他有色金属冶炼企业制酸系统能耗指标值，规定锡冶炼企业环保设施耗能应不超过 100 kgce/t。锡冶炼企业配置了硫酸生产系统的，从冶炼烟气进入制酸工序（混气室）到产出硫酸为止全过程（包括净化洗涤、吸收、解析、转化、干吸，不包含脱硝系统）的耗能，不列入环保设施耗能统计。

4.5.5 与国外水平对比分析

经查询，国外无相应标准。

本标准在修订过程中，广泛征集了同行业的意见，同时考虑行业实际情况，该标准客观反应了目前锡冶炼企业的能耗水平，具有适用性、指导性。

本标准为国家强制性标准，对现有锡冶炼企业的能耗有强制限定作用，对新建锡冶炼企业的能耗有强制准入作用，有效避免低水平重复建设和行业内的无序竞争，同时起到鼓励先进、淘汰落后的作用。

本标准给出的能耗二级指标为 1900kgce/t，比 GB21348—2014《锡冶炼企业单位产品能耗限额》标准的 2000kgce/t 降低了 5%，为行业建立节能型、环保型锡冶炼企业提供了能耗指南，具有明显的先进性和前瞻性，符合国家产业政策要求。

4.5.6 标准实施带来的节能效益测算

以锡精矿为主要原料生产的锡冶炼综合能耗二级指标（准入值）较上一版标准提升了5%。以现有企业生产能力及综合能耗情况，参考 2020 年度锡产品计算，预计综合能耗减少 17907 吨标准煤/年。

表 18 标准修订版与原版（2014 版）综合能耗比较表

综合能耗 (kgce/t) 标准版本	类 别		类 别		类 别	
	限定值（三级）		准入值（二级）		先进值（一级）	
标准修订版	物料 1	2400	物料 1	1900	物料 1	1700
	物料 2	4200	物料 2	3600	物料 2	3000
下降率%	—		↓ 5		—	
GB 21348-2014	2400		2000		1700	

4.5.7 其他予以说明的事项

无。

4.6 锑冶炼部分

我国锑资源主要由二类矿床构成，一是单一的硫化锑矿（辉锑矿），如我国湖南锡矿山矿田，广西南丹茶山锑矿等。二是与其它金属共生的复合矿，如广西大厂矿田 100#、105#矿体的锡锌锑铅多金属复合矿，经选矿后得的脆硫铅锑矿（ $Pb_4FeSb_6S_{14}$ 或 $4PbS \cdot FeS \cdot 3Sb_2S_3$ ）。

以硫化锑精矿、硫氧混合锑精矿为原料的锑冶炼企业，工艺包括粗炼工序和精炼工序（包括鼓风机、反射炉），工艺流程为锑精矿—锑氧—锑锭。

以脆硫铅锑矿生产的锑为原料的锑冶炼企业，包括粗精炼工序（包括沸腾炉、烧结炉、鼓风机、反射炉），工艺流程为脆硫铅锑精矿—铅锑粗合金—锑氧—锑锭和炼渣工序（包括烟化炉、反射炉），鼓风机渣—粗锑氧—锑锭。

长期以来，锑冶炼工艺的基本流程没有发生原则上的变化，进入二十一世纪，富氧鼓风机成为粗炼熔炼设备在锑冶炼企业成功运用，此外，相应的配套设施，如余热回收、蒸汽发电、富氧制取、物料计量及有价金属的综合回收等都取得了长足进步，这也极大地推进了锑冶炼应用技术的发展，使得锑冶炼的生产成本和能源消耗得到了较大幅度的降低。

锑鼓风机富氧熔炼工艺具有传质传热快，热利用率高，设备效率大，生产运行稳定，现场环境好等优点，是锑冶炼行业技术发展方向，代表了锑冶炼企业的国际领先水平，特别适用于生产规模较大的锑冶炼企业。

与传统锑鼓风机工艺相比，锑鼓风机富氧熔炼工艺具有能耗低、锑及贵金属回收率高、生产效率高、环保效益好、自动化程度高等优点，是一个国际先进水平的新型技术。

在锑冶炼生产流程中，粗炼工序是核心工序，粗炼工序采用的技术，决定了整个锑冶炼企业的生产特征和技术指标。

以硫化锑精矿、硫氧混合锑精矿为原料的锑冶炼企业，工艺包括粗炼工序和精炼工序（包括鼓风机、反射炉），工艺流程为锑精矿—锑氧—锑锭。

以脆硫铅锑矿生产的锑为原料的锑冶炼企业，包括粗精炼工序（包括沸腾炉、烧结炉、鼓风机、反射炉），工艺流程为脆硫铅锑精矿—铅锑粗合金—锑氧—锑锭和炼渣工序（包括烟化炉、反射炉），鼓风机渣—粗锑氧—锑锭。

4.6.1 适用范围说明

本部分适用于以锑精矿为主要原料的所有锑冶炼企业。与 GB21348—2014《锑冶炼企业单位产品能源消耗限额》标准不同，适用范围是以“本标准适用于以硫化锑精矿、硫氧混合锑精矿和脆硫铅锑精矿为主要原料的所有锑冶炼企业的单位产品能耗的计算、考核，以及新建锑冶炼项目的能耗控制”，修订后的标准，对适用范围进行了更明确的限制，即“以锑精矿为主要原料的所有锑冶炼企业”以外的以锑中矿、含锑废料、锑渣等含锑物料为原料的锑冶炼企业，不适用本标准。客观考虑了锑精矿原料的供应不足，锑冶炼的二次原料的供给变化，因此，修订后的标准更具有适应性。

4.6.2 计算范围

1、以硫化锑精矿、硫氧混合锑精矿为原料的锑冶炼企业产品能耗的计算范围

①粗炼工序

粗炼工序产品能耗计算范围，包括从精矿备料开始到锑氧产出的整个生产过程所消耗的各种能源量，其中包括余热回收。

②精炼工序

精炼工序产品能耗计算范围包括还原熔炼、浮渣分离、脱砷、脱铅、铸锭等工艺过程及相关配套系统所消耗的各种能源，其中包括余热回收。

2、以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业产品能耗计算范围

①粗炼、吹炼工序

粗炼、吹炼工序包括氧化焙烧、烧结、熔炼、吹炼四个冶炼过程。铅锑工序能耗计算范围，包括从精矿备料开始到锑氧（底铅），整个生产过程所消耗的各种能源，其中包括余热回收。

②炼渣工序

炼渣工序包括鼓风机炼渣和反射炉炼渣两个过程，炼渣工序能耗计算范围，包括从水渣或各种渣熔炼开始到铅锑粗合金或锑氧，整个生产过程所消耗的各种能源，其中包括余热回收。

③精炼工序

精炼工序的产品为锑锭、高铅锑锭和铅锭。

当精炼工序的产品为精锑时，产品能耗计算范围包括还原熔炼、浮渣分离、脱砷、脱铅、铸锭等工序所消耗的各种能源，其中包括余热回收。

当锑精炼工序的产品为高铅锑时，产品能耗计算范围包括还原熔炼、浮渣分离、脱砷、铸锭等工序所消耗的各种能源，其中包括余热回收。

当锑精炼工序的产品为铅锭时，产品能耗计算范围包括粗铅脱铜、铅阳极板浇铸、铅阴极板浇铸、铅电解、阴极铅脱砷、阴极铅铸锭等工序所消耗的各种能源，其中包括余热回收。

4.6.3 能耗指标的确定依据

在二十世纪中后期的锑冶炼企业，所处理的原料均以锑精矿为主。进入二十一世纪后，由于锑金属价格的走高，及锑冶炼企业产能的扩张，导致锑精矿供不应求，部分锑冶炼企业对锑中矿、杂锑物料、锑渣等原料资源进行了开发，以弥补锑精矿原料的不足。由于锑中矿、杂锑物料、锑渣原料价格便宜，因此，尽管处理锑中矿、杂锑物料、锑渣消耗的冶炼成本高，企业最终还是可以获得一定的经济效益。伴随着一次资源的不断开发与消耗，锑精矿作为锑冶炼企业的原料比重会逐步降低，而锑中矿、杂锑物料、锑渣等二次资源的比重会逐步上升。

以下是调研的部分锑产能情况。

表 19 调研的企业锑产能情况表

产量 (T) / 单位	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
企业 1	16511	12593	19220	15650
企业 2	15017	15391	16714	16426
企业 3	2679	2655	2577	2484
企业 4	4589	3464	4458	4376
企业 5	1685	1824	2358	2297
企业 6	2658	2515	2184	2653
企业 7	1495	1706	1560	1392
企业 8	5400	5680	6331	6310
合计	50034 吨	45828 吨	55402 吨	51588 吨
占全国锑产量比例, %	约 60	约 55	约 65	约 61
提供数据单位占全国锑产量比例, %	约 52	约 51	约 60	约 56

本次能源消耗数据来源于所调查的 17 家锑冶炼企业，基本覆盖了国内有规模的锑冶炼企业，其中有部分企业未反馈数据，反馈意见是保持原版冶炼工艺能耗值不变；另有 8 家企业提供了 2017 年到 2021 年 6 月的本企业能源消耗情况。

所调研的 17 家企业冶炼工艺分别包括了以硫化锑精矿、硫氧混合锑精矿为原料的锑冶炼企业，以脆硫铅锑矿生产的锑为原料的锑冶炼企业，这 8 家提供产量数据的企业，产能 5~8 万吨，约占全国锑产品产量的 60%，约占世界锑产品产量的 55%，因此，本次调查具有广泛性和代表性，所取得的数据可以作为标准修订的依据之一。

4.6.3.1 三级指标

(1) 综合能耗指标确定

与原标准 GB 21348-2014 限定值指标一致：以硫化锑为原料的冶炼企业单位产品综合能耗 1250kgce/t 产品；以硫氧混合锑精矿为原料的冶炼企业单位产品综合能耗 1400kgce/t 产品；以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业单位产品综合能耗 2100kgce/t 产品。在确定标准的三级指标时，以调研的 5 家处理硫氧混合锑和硫化锑精矿并配置相应工序的企业能源消耗数据为基础，对这 5 家企业 2017 年~2021 年最大值的综合能源消耗进行分析，平均值为 $(1080+1186+1747+1720+1852)/5=1463\text{kgce/t}$ 产品；以调研的 1 家处理脆硫铅锑精矿并配置相应工序的企业能源消耗数据为基础，对这家企业 2017 年~2021 年最大值的综合能源消耗进行分析，1563kgce/t 产品。确定锑冶炼工艺综合能耗三级指标保持不变。

(2) 粗炼工序能耗指标确定

与原标准 GB 21348-2014 限定值指标一致：以硫化锑为原料的冶炼企业单位产品粗炼工序能耗指标 700kgce/t 产品；以硫氧混合锑精矿为原料的冶炼企业单位产品粗炼工序能耗指标 950kgce/t 产品；以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业单位产品粗炼工序能耗指标 950kgce/t 产品。从表 20 看，采用处理硫氧混合锑精矿工艺粗炼工序 2017 年~2021 年最大值的能源消耗进行计算，平均值为 892.5 公斤标准煤/吨产品，确定指标 ≤ 950 公斤标准煤/吨产品。考虑到锑原料为买方市场，高锑锑矿比例逐年下降，杂质成分增高，入炉品位高低对冶炼能耗的影响，确定现有企业熔炼工序能耗三级指标保持不变。

表 20 调研企业粗炼工序能耗统计表

综合能耗 (kgce/t) 年份 单位	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年 1~4 月
企业 1	688	693	601	690	679
企业 2	1175	1186	1055	1044	1209
企业 3	809	879	764	716	671
企业 4	1170	1270	990	1150	1160
企业 5					
企业 6		2503	2255	2658	
企业 7	2225	2213	2158	2075	
企业 8	1240	1000	1030	1000	1060

(3) 精炼工序能耗指标确定

与原标准 GB 21348-2014 限定值指标一致：以硫化锑为原料的冶炼企业单位产品精炼工序能耗指标 400kgce/t 产品；以硫氧混合锑精矿为原料的冶炼企业单位产品精炼工序能耗指标 400kgce/t 产品；以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业单位产品精炼工序能耗指标 450kgce/t 产品。从表 21 看，采用处理硫氧混合锑精矿工艺 2017 年~2021 年最大值的能源消耗进行计算，平均值为 430 公斤标准煤/吨产品，确定指标 ≤ 440 公斤标准煤/吨产品。考

考虑到锑原料为买方市场，高锑锑矿比例逐年下降，杂质成分增高，入炉品位高低对冶炼能耗的影响，确定现有企业熔炼工序能耗三级指标保持不变。

表 21 调研企业精炼工序能耗统计表

综合能耗 (kgce/t) 年份 单位	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年 1~4 月
企业 1	269	318	304	320	340
企业 2	393.027(不含水电压风)	380.124(不含水电压风)	325.568(不含水电压风)	349.871(不含水电压风)	393.027(不含水电压风)
企业 3	369	389	386	417	383
企业 4	490	540	520	480	510
企业 5	—	—	—	—	—
企业 6	—	420	405	430	—
企业 7	380	483	422	410	420
企业 8	410	410	410	460	440

(4) 各工序及产品能源消耗具体指标见表 22、表 23。

根据标准确定的指标在提供锑冶炼综合能耗指标调查数据的 8 家企业中，有 5 家达到，分别为企业 1、企业 2、企业 3、企业 4、企业 5。这 5 家企业近年来年锑产品产量占提供能源消耗 8 家企业总产量的 81%以上。有 3 家企业达不到，2 家企业年锑产品产量占提供能源消耗 8 家企业总产量 8%，这两家企业主要是以处理中锑物料为主要原料，不在本标准覆盖范围内；另一家企业年锑产品产量占提供能源消耗 8 家企业总产量 11%，可通过强化熔炼及回收余热等技术改造后，达到标准要求。

表 22 现有以硫化锑、硫氧混合锑精矿为原料的锑冶炼企业单位产品能耗三级指标

工艺、工序	综合能耗限额限定值 / (kgce/t)	
	硫化锑矿	硫氧混合锑矿
粗炼工序 (锑精矿——锑氧)	≤700	≤950
精炼工序 (锑氧——锑锭)	≤440	≤440
锑冶炼工艺 (锑精矿—锑锭)	≤1250	≤1400

表 23 现有以脆硫铅锑精矿为原料的锑冶炼企业单位产品能耗三级指标

工艺、工序	综合能耗限额限定值 / (kgce/t)
粗炼、吹炼工序 (脆硫铅锑精矿—锑氧、底铅)	≤950

炼渣工序 （鼓风炉渣—粗锑氧、铅锑粗合金）	≤ 600
精炼工序 （底铅、锑氧——铅锑、锑锭、高铅锑锭）	≤ 500
脆硫铅锑矿冶炼工艺 （脆硫铅锑精矿—铅锑、锑锭、高铅锑锭）	≤ 2100

4.6.3.2 二级指标

在确定标准的二级指标时，以使用鼓风炉技术回收高温余热的企业能源消耗为基础，并结合锑冶炼企业的现有技术，合理评估各工序的基本节能措施及节能潜力，经过分析，确定修订后的标准能耗二级指标，具体指标见表 13、表 14。

（1）综合能耗指标确定

比原标准 GB 21348-2014 限定值升高 5%：以硫化锑为原料的冶炼企业单位产品综合能耗 1150kgce/t 升高到 1100kgce/t 产品；以硫氧混合锑精矿为原料的冶炼企业单位产品综合能耗 1300kgce/t 升高到 1250kgce/t 产品；以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业单位产品综合能耗 1900kgce/t 升高到 1820kgce/t 产品。在确定标准的二级指标时，从表 7 看，以调研的 5 家处理硫氧混合锑和硫化锑精矿并配置相应工序的企业能源消耗数据为基础，对这 5 家企业 2017 年~2021 年 4 年平均值的综合能源消耗进行分析，平均值为 $(1460+1498+1379+1405)/4=1435\text{kgce/t}$ 产品；以调研的 1 家处理脆硫铅锑精矿并配置相应工序的企业能源消耗数据为基础，对这家企业 2017 年~2021 年 4 年平均值的综合能源消耗进行分析，1238kgce/t 产品。确定锑冶炼工艺综合能耗二级指标比原标准 GB 21348-2014 限定值升高 5%。

（2）粗炼工序能耗指标确定

比原标准 GB 21348-2014 限定值升高 5%：以硫化锑为原料的冶炼企业单位产品粗炼工序能耗指标从 640kgce/t 升高到 620kgce/t 产品；以硫氧混合锑精矿为原料的冶炼企业单位产品粗炼工序能耗指标从 890kgce/t 升高到 846kgce/t 产品；以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业单位产品粗炼工序能耗指标从 900kgce/t 升高到 855kgce/t 产品。从表 9 看，采用处理硫氧混合锑精矿工艺粗炼工序能耗指标 2017 年~2021 年 4 年平均值的能源消耗进行计算，平均值为 $(784+862+839+753)/4=817$ 公斤标准煤/吨产品，确定指标 ≤ 846 公斤标准煤/吨产品。考虑到锑原料为买方市场，高锑锑矿比例逐年下降，杂质成分增高，入炉品位高低对冶炼能耗的影响，确定现有企业熔炼工序能耗二级指标升高 5%。

（3）精炼工序能耗指标确定

与原标准 GB 21348-2014 限定值指标略有升高：以硫化锑为原料的冶炼企业单位产品精炼工序能耗指标从 420kgce/t 升高到 410kgce/t 产品；以硫氧混合锑精矿为原料的冶炼企业单位产品精炼工序能耗指标从 400kgce/t 升高到 390kgce/t 产品；以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业单位产品精炼工序能耗指标从 450kgce/t 升高到 440kgce/t 产品。从表 10 看，采用处理硫氧混合锑精矿工艺精炼工序能耗指标 2017 年~2021 年 4 年平均值的能源消耗进行计算，平均值为 $(389+407+389+405)/4=397$ 公斤标准煤/吨产品，确定指标 ≤ 390 公斤标准煤/吨产品。考虑到锑原料为买方市场，高锑锑矿比例逐年下降，杂质成分增高，入炉品位高低对冶炼能耗的影响，确定现有企业熔炼工序能耗二级指标（限定值）略有升高。

(4) 各工序及产品能源消耗具体指标见表 24、表 25。

根据标准确定的指标在提供锑冶炼综合能耗指标调查数据的 8 家企业中,有 3 家达到,分别为企业 1、企业 2、企业 5。这 3 家企业近年来年锑产品产量占提供能源消耗 8 家企业总产量的 64%以上。有 5 家企业达不到,2 家企业年锑产品产量占提供能源消耗 8 家企业总产量 8%,这两家企业主要是以处理中锑物料为主要原料,不在本标准覆盖范围内;另 3 家企业年锑产品产量占提供能源消耗 8 家企业总产量 28%,可通过强化熔炼及回收余热等技术改造后,达到标准要求。

表 24 新建硫化锑、硫氧混合锑精矿为原料的锑冶炼企业单位产品能耗二级指标

工艺、工序	综合能耗限额准入值 / (kgce/t)	
	硫化锑矿	硫氧混合锑矿
粗炼工序 (锑精矿——锑氧)	≤620	≤900
精炼工序 (锑氧——锑锭)	≤410	≤390
锑冶炼工艺 (锑精矿—锑锭)	≤1100	≤1250

表 25 以脆硫铅锑精矿为原料的锑冶炼企业单位产品能耗二级指标

工艺、工序	综合能耗限额准入值 / (kgce/t)
粗炼、吹炼工序 (脆硫铅锑精矿——锑氧、底铅)	≤890
炼渣工序 (鼓风炉渣—粗锑氧、铅锑粗合金)	≤540
精炼工序 (底铅、锑氧——铅锭、锑锭、高铅锑锭)	≤440
脆硫铅锑矿冶炼工艺 (脆硫铅锑精矿—锑锭、铅锭、高铅锑锭)	≤1820

4.6.3.3 一级指标

在确定标准的一级指标时,以使用国际领先水平的富氧鼓风炉技术并成功应用于生产多年的锡矿山闪星锑业有限责任公司能源消耗为基础,并结合有色行业其它领域的现有技术,合理评估各工序存在的节能潜力,经分析,确定修订后的标准能耗一级指标,具体指标见表 26、表 27。

(1) 综合能耗指标确定

比原标准 GB 21348-2014 限定值升高 5%:以硫化锑为原料的冶炼企业单位产品综合能耗 1000kgce/t 升高到 950kgce/t 产品;以硫氧混合锑精矿为原料的冶炼企业单位产品综合能耗 1100kgce/t 升高到 1040kgce/t 产品;以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业单位产品综合能耗 1800kgce/t 升高到 1710kgce/t 产品。在确定标准的一级指标时,从表 7 看,以调研的 2 家处理硫氧混合锑和硫化锑精矿并配置相应工序的企业能源消耗数据为基础,对这 2 家企业 2017 年~2021 年最小值的综合能源消耗进行分析,平均值为 $(967+1044)/2=1005\text{kgce/t}$ 产品;以调研的 1 家处理脆硫铅锑精矿并配置相应工序的企业能源消耗数据为基础,对这家企业 2017 年~2021 年 4 年平均值的综合能源消耗进行分析,1187kgce/t 产品。确定锑冶炼工艺综合能耗一级指标比原标准 GB 21348-2014 限定值升高 5%。

(2) 粗炼工序能耗指标确定

比原标准 GB 21348-2014 限定值升高 5%：以硫化锑为原料的冶炼企业单位产品粗炼工序能耗指标从 590kgce/t 升高到 560kgce/t 产品；以硫氧混合锑精矿为原料的冶炼企业单位产品粗炼工序能耗指标从 800kgce/t 升高到 760kgce/t 产品；以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业单位产品粗炼工序能耗指标从 880kgce/t 升高到 836kgce/t 产品。从表 9 看，以调研的 3 家处理硫氧混合锑和硫化锑精矿并配置相应工序的企业能源消耗数据为基础，对这 3 家企业 2017 年~2021 年最小值的综合能源消耗进行分析，平均值为 $(601+351+671)/3=541$ 公斤标准煤/吨产品，确定指标 ≤ 760 公斤标准煤/吨产品。考虑到锑原料为买方市场，高锑锑矿比例逐年下降，杂质成分增高，入炉品位高低对冶炼能耗的影响，确定现有企业粗炼工序能耗一级指标升高 5%。

（3）精炼工序能耗指标确定

与原标准 GB 21348-2014 限定值指标略有升高：以硫化锑为原料的冶炼企业单位产品精炼工序能耗指标从 380kgce/t 升高到 370kgce/t 产品；以硫氧混合锑精矿为原料的冶炼企业单位产品精炼工序能耗指标从 380kgce/t 升高到 370kgce/t 产品；以脆硫铅锑精矿为原料的冶炼企业单位产品精炼工序能耗指标从 400kgce/t 升高到 390kgce/t 产品。从表 10 看，采用处理硫氧混合锑精矿工艺精炼工序能耗指标 2017 年~2021 年 4 年最小值的能源消耗进行计算，平均值为 $(269+325+369+480+410)/5=397$ 公斤标准煤/吨产品，确定指标 ≤ 370 公斤标准煤/吨产品。考虑到锑原料为买方市场，高锑锑矿比例逐年下降，杂质成分增高，入炉品位高低对冶炼能耗的影响，确定现有企业精炼工序能耗一级指标略有升高。

（4）各工序及产品能源消耗具体指标见表 15、表 16。

根据标准确定的指标在提供锑冶炼综合能耗指标调查数据的 8 家企业中，有 3 家达到，分别为企业 1、企业 2、企业 5。这 3 家企业近年来年锑产品产量占提供能源消耗 8 家企业总产量的 64%以上。有 5 家企业达不到，2 家企业年锑产品产量占提供能源消耗 8 家企业总产量 8%，这两家企业主要是以处理中锑物料为主要原料，不在本标准覆盖范围内；另 3 家企业年锑产品产量占提供能源消耗 8 家企业总产量 28%，可通过强化熔炼及回收余热等技术改造后，达到标准要求。

表 26 以硫化锑、硫氧混合锑精矿为原料的锑冶炼企业单位产品能耗一级指标

工艺、工序	综合能耗限额先进值 / (kgce/t)	
	硫化锑矿	硫氧混合锑矿
粗炼工序（锑精矿——锑氧）	≤ 560	≤ 760
精炼工序（锑氧——锑锭）	≤ 370	≤ 370
锑冶炼工艺（锑精矿—锑锭）	≤ 950	≤ 1040

表 27 以脆硫铅锑精矿为原料的锑冶炼企业单位产品能耗一级指标

工艺、工序	综合能耗限额先进值 / (kgce/t)
粗炼、吹炼工序（脆硫铅锑精矿——锑氧、底铅）	≤ 836
炼渣工序（鼓风炉渣——粗锑氧、铅锑粗合金）	≤ 500
精炼工序（底铅、锑氧——铅锭、锑锭、高铅锑锭）	≤ 390

4.6.4 指标影响因素分析

对于锑冶炼企业单位产品能源消耗，影响因素较多且复杂，不可能全部在标准中区分开。重要的影响有：生产工艺、生产规模、所处理物料的含锑品位、所处理物料的结构及比例、能源消耗种类、余热回收情况、有价金属回收、环境治理等。

生产工艺。生产工艺越先进，能源消耗越低，反之，生产工艺越落后，能源消耗越高。采用富氧鼓风炉挥发熔炼工艺，为目前世界锑冶炼行业的领先技术，能源消耗是最低的；鼓风炉挥发熔炼工艺具有热能利用率高的优点，其能源消耗总体代表锑冶炼行业的一般水平。

生产规模。生产规模较大的锑冶炼企业，其生产设备也规模化，设备效率高，能源浪费小，停开机也少，因此能源消耗相对较低。

所处理的物料含锑品位。物料含锑品位越高，所需要处理的物料越少，能耗消耗越低；反之，品位越低，需要处理的物料越多，能源消耗越高。冶炼锑精矿的企业，单位产品能源消耗低于冶炼锑中矿的企业。回收处理高品位杂锑的企业，单位产品能源消耗低于处理富渣为原料的企业。

能源消耗种类。按等热值计算，电能的利用效率高于煤和煤气的利用率，原因很简单，电能使用过程中，基本上不产出废气，带走热量少，而燃烧煤和燃烧煤气时，产出大量的烟气，烟气带走了很大一部分热量。

余热回收。由于回收和余热能源可以二次使用，也可以进行扣除，因此，能够降低能源消耗。余热回收，也是锑冶炼企业降低能源消耗的有效途径。

有价金属回收。有价金属回收，不仅可以为企业增加经济效益，也可以在能源消耗计算时，进行合理扣除；应根据各产品工艺能耗占企业生产工艺能耗量的比例，分摊给各个产品。因此，进行有价金属回收，可以降低能源消耗。

环境治理。环境治理是企业生存与发展的基本义务，也是企业的责任，环境治理是需要消耗能源，因此，环境治理越全面，越完善，消耗的能源越高。因此，标准的修订，应为企业环境治理留存一定的合理能耗指标。

尽管影响锑冶炼企业单位产品能源消耗的因素很多，也很重要，但从总体上看，一个有相当规模的企业，全年所处理的物料变化不可能很大，也不会带来系统性的影响，因此，对各种因素的影响不进行具体折算。另外，对于以处理低品位的含锑物料如锑中矿、锑渣为主要原料的综合回收企业，其生产工艺和能源消耗情况与常规的以锑精矿为主要原料的锑冶炼企业存在着本质区别，已经明确规定不适用本标准。

4.6.5 与国外水平对比分析

经查询，国外无相应标准。截止 2020 年全球锑冶炼产能 20 万 t/a，我国锑冶炼产能 18 万 t/a，占世界总产能的 90%；东南亚锑冶炼产能 1 万 t/a，占世界总产能的 5%；南美锑冶炼产能 0.6 万 t/a，占世界总产能的 3%；土耳其锑冶炼产能 0.5 万 t/a，占全球总产能的 2%；可以说我国锑冶炼产能和技术在世界上处主导地位。

本标准在修订过程中，广泛征集了同行业的意见，同时考虑行业实际情况，该标准客

观反应了目前锑冶炼企业的能耗水平，具有适用性、指导性。

本标准为国家强制性标准，对现有锑冶炼企业的能耗有强制限定作用，对新建锑冶炼企业的能耗有强制准入作用，有效避免低水平重复建设和行业内的无序竞争，同时起到鼓励先进、淘汰落后的作用。

本标准比 GB21348—2014《锑冶炼企业单位产品能耗限额》标准降低了 5%，为国际领先水平，为行业建立节能型、环保型锑冶炼企业提供了能耗指南，具有明显的先进性和前瞻性，符合国家产业政策要求，修订后的标准达到国际领先水平。

4.6.6 标准实施带来的节能效益测算

锑冶炼综合能耗二级指标（准入值）较上一版标准提升了 5%。以现有企业生产能力及综合能耗情况，参考 2020 年度锑产品计算，预计综合能耗减少 6750 吨标准煤/年。

4.6.7 其他予以说明的事项

无。

4.8 钴冶炼部分

2015 年，我国已探明钴资源储量为 8 万吨，占全球总储量的 1.13%。目前已知的钴矿产地有 170 余处，分布于 24 个省（区），主要分布在甘肃、山东、云南、湖北、河北、青海、山西等 7 省，以甘肃省储量最多，约占全国的 30%，以上 7 省储量之和约占全国总储量的 70%，其余 30%的储量分布在新疆、四川、西藏、海南、安徽等省（自治区）。我国钴矿分布地区较广，但钴资源仍相对匮乏，具体表现为储量小、矿石品位低、贫矿多、伴生成矿多，钴资源主要依赖于进口。

在过去的 20 多年里，世界精炼钴的主要产地由欧洲转向了中国。上世纪 90 年代末，芬兰为全球最大的精炼钴生产国，2001 年芬兰精炼钴产量占到全球总产量的 21.27%，其次为俄罗斯占 12.08%和挪威占 8.71%；近年来，国内钴行业由于下游锂电池及合金行业的带动，同时还受到冶炼、深加工产能向中国集中的影响，钴产品的消费量呈快速上升的态势，中国成为钴的主要生产国，已经连续 10 余年成为第一大精炼钴供应国，根据 CDI（钴发展协会）资料显示，2015 年中国精炼钴产量 4.87 万吨，占全球总产量的 49.66%。但由于中国钴矿资源相对贫乏，钴原材料主要依赖从刚果（金）进口。

钴矿物多伴生于其他矿物之中，常以砷化物、硫化物和氧化物存在。主要钴矿有四种类型：镍钴硫化矿和氧化矿、铜钴矿、砷钴矿、含钴黄铁矿；再生资源主要是指废旧的硬质合金、废旧电池等含钴废料。钴冶炼的特点是原料品位低，提取流程长，方法多。主要的冶炼方法有以下四种：高温熔炼富集后湿法提取钴，硫酸化焙烧后浸出提炼钴，还原焙烧氨浸法和加压浸出法。主要步骤有四部，先由钴矿石或者再生资源冶炼得到普通的化工中间产品，如氯化钴、硫酸钴等，该步骤技术含量较低，基本所有的钴行业公司均能生产；以中间产品为原料合成制备得到氧化钴、碳酸钴、草酸钴等化合物；进一步生产制备四氧化三钴材料，最终得到金属钴粉、钴酸锂等材料。

钴矿物的赋存状态复杂，矿石品位低，所以提取方法很多而且工艺复杂，回收率较低。钴矿的选矿一般是将钴矿石通过手选、重选、泡沫浮选可提取到含钴 15-25%的钴精矿。钴的冶炼一般先用法将钴精矿、砷钴精矿、含钴硫化镍精矿、铜钴矿、钴硫精矿中的钴富集

或转化为可溶性状态，然后再用湿法冶炼方法制成氯化钴溶液或硫酸钴溶液，再用化学沉淀和萃取等方法进一步使钴富集和提纯，最后得到钴化合物或金属钴。

钴矿主要是伴生矿，目前国内外产钴矿山主要有铜钴矿、镍钴矿和红土矿。目前这些矿山钴的产出形式主要有粗制氢氧化钴、碳酸钴等钴的湿法中间品、火法冶炼钴或含钴冶炼富集矿渣。

不同于铜和镍的提取以火法为主，钴的提取工艺大都采用湿法工艺，然而因矿石来源不同，各生产厂家采用的工艺流程有较大差异。国外提钴主要流程可分为：

(1) 从铜—钴硫化矿中提钴

硫化矿硫酸化焙烧后和氧化矿一起进行硫酸浸出，浸出液除铁后电解提铜，电解母液除铁、铝后沉钴，钴渣重落后电解提钴。

(2) 从镍铜硫化矿湿法过程的副产品中提钴

镍系统中以混合硫化物、氢氧化物或碳酸盐形式沉淀的含钴副产品，经酸浸或加压酸浸获得含钴溶液，净化除杂，电解提钴；或用于生产其他钴产品。

(3) 从砷钴矿中提钴

鼓风炉熔炼→加压碱浸除砷→硫酸浸出→提钴：加压酸浸→净化→电解。

(4) 从黄铁矿中提钴

硫酸化焙烧→浸出→净化除杂→氧化水解沉钴→还原熔炼→电解。

(5) 从氧化矿（红土矿）中提钴

红土矿加压酸浸液硫化沉淀得到镍钴混合硫化物→氨浸→镍钴分离→硫酸钴渣高压氢还原→钴粉。

(6) 从转炉渣中回收钴

电炉贫化熔炼→钴冰铜转炉吹炼→富钴锍水淬→加压氧化酸浸→除铁→溶剂萃取分离→沉钴→煅烧生产氧化钴。

根据我国钴生产的实际情况，主要生产工艺为：

(1) 以镍系统钴渣为原料，采用还原溶解→除铁→沉钴→煅烧→还原熔炼→钴阳极电解精炼生产电钴的工艺；

采用还原溶解→除铁→萃取除杂→镍钴分离→草酸沉钴→煅烧生产氧化钴的工艺；

采用还原溶解→除铁→萃取→电积生产电钴的工艺。

(2) 以钴硫精矿为原料，采用硫酸化焙烧→浸出→萃取→电积或氧化钴生产工艺。

(3) 以砷钴矿为原料，采用焙烧脱砷→浸出→萃钴→草酸沉钴→煅烧生产氧化钴的工艺。

(4) 以水淬富钴锍为原料，采用氧气加压浸出→除铁→萃取除杂→镍钴分离→草酸沉钴→煅烧生产氧化钴的工艺。

(5) 以钴土矿为原料，采用电炉熔炼→转炉吹炼→水淬→盐酸浸出→除杂→沉钴→煅烧生产氧化钴的工艺；

采用细磨→亚硫酸钠酸浸→硫化沉淀→硫化钴氧化浸出→除铁→萃取除杂、镍钴分离→氯化钴液草酸沉淀→煅烧生产精制氧化钴的工艺。

(6) 含钴原料→破碎浆化→浸出→除铁→萃取→蒸发结晶生产氯化钴或硫酸钴晶体。

在国内外金属钴高端市场，主要供应商有金川、华友、住友等，产品主要应用于动力电池、高温合金领域。

4.8.1 适用范围说明

通过调查，国内钴冶炼生产企业原料主要来自于国外进口硫化钴铜矿、粗碳酸钴、粗氢氧化钴、白合金、电池材料以及国内镍冶炼钴渣。本标准仅适用于以硫化钴铜矿、粗碳酸钴、粗氢氧化钴、粗制铜钴原料、电池材料以及镍冶炼钴渣为原料的钴冶炼生产企业。

4.8.2 能耗指标的确定依据

4.8.2.1 钴冶炼生产工艺

国内钴冶炼生产企业主要有金川集团股份有限公司、华友钴业股份有限公司、新疆新鑫矿业股份有限公司阜康冶炼厂、江苏雄风科技有限公司、格林美股份有限公司、广东邦普循环科技有限公司、浙江新时代中能循环科技有限公司、广东佳纳能源科技有限公司以及江西江钨钴业有限公司等，其中，金川集团股份有限公司、华友钴业股份有限公司、格林美股份有限公司和新疆新鑫矿业股份有限公司阜康冶炼厂生产电积钴和四氧化三钴，华友钴业股份有限公司、江苏雄风科技有限公司、格林美股份有限公司、浙江新时代中能循环科技有限公司、广东邦普循环科技有限公司、江西江钨钴业有限公司以及广东佳纳能源科技有限公司生产硫酸钴或氯化钴。本次调研单位为金川集团股份有限公司、浙江华友钴业股份有限公司、新疆新鑫矿业股份有限公司阜康冶炼厂、格林美股份有限公司、江苏雄风科技有限公司、广东邦普循环科技有限公司、浙江新时代中能循环科技有限公司、江西江钨钴业有限公司以及广东佳纳能源科技有限公司、中伟新材料股份有限公司、天津市茂联科技有限公司以及北方矿业有限责任公司，被调研的十二家单位，年产钴产品占国内钴产量的99%以上，年产四氧化三钴占国内四氧化三钴产量的98%以上，年产氯化钴晶体占国内氯化钴晶体产量的98%以上，年产硫酸钴晶体占国内硫酸钴晶体产量的98.5%以上。

(1) 钴的提取工艺大都采用湿法冶炼工艺，在被调研的四家单位中，三家单位钴原料主要来自外购，原料成份主要为硫化钴铜、粗碳酸钴、粗氢氧化钴以及白合金等，一家单位钴原料来自镍冶炼钴渣，其生产工艺流程基本相同，主要为：

钴矿原料→浆化→净化→萃取→氯化钴溶液→深度净化→电解→电积钴

(2) 国内四氧化三钴产品分喷雾系四氧化三钴和硝酸系四氧化三钴，喷雾系四氧化三钴主要以外购钴盐为原料生产氯化钴溶液，氯化钴溶液经过浓缩、焙烧产出最终产品喷雾四氧化三钴。硝酸系四氧化三钴主要以外购钴原料生产硝酸钴溶液，硝酸钴溶液经合成、洗涤、干燥产出氢氧化钴，氢氧化钴经煅烧，产出最终产品硝酸系四氧化三钴。

(3) 国内氯化钴和硫酸钴生产主要以外购钴盐为原料，经过浆化、净化、萃取、分离提纯、浓缩蒸发，产出最终产品氯化钴和硫酸钴晶体。

2、钴冶炼能耗指标的规定

①生产工序划分

氯化钴溶液工艺按生产过程和特征分为下列工序。即：浆化、溶解、净化、萃取等工序。

电积钴工艺按生产过程和特征分为下列工序。即：净化、电积等工序。

②生产工艺能耗计算

为比较不同企业产品能耗的高低，氯化钴各工序能耗均按每吨氯化钴含金属钴耗能量计算，电积钴各工序均按每吨电积钴的耗能量计算。

根据本标准规定计算工艺能耗，当氯化钴、电积钴工序划分与本标准不一致时，可按实际工序组成计算工艺能耗。

3、四氧化三钴冶炼能耗指标的规定

①生产工序划分

喷雾系四氧化三钴工艺按生产过程和特征分为下列工序。即：浆化、溶解、净化、萃取、浓缩、焙烧、后处理等工序。

硝酸系四氧化三钴工艺按生产过程和特征分为下列工序。即：浆化、溶解、净化、萃取、合成、溶解、净化、干燥、煅烧等工序。

②生产工艺能耗计算

为比较不同企业产品能耗的高低，四氧化三钴各工序能耗均按每吨四氧化三钴含金属钴耗能量计算。

根据本标准规定计算工艺能耗，当四氧化三钴工序划分与本标准不一致时，可按实际工序组成计算工艺能耗。

4、氯化钴或硫酸钴能耗指标的规定

①生产工序划分

氯化钴或硫酸钴晶体工艺按生产过程和特征分为下列工序。即：浆化、溶解、净化、萃取、蒸发结晶等工序。

②生产工艺能耗计算

为比较不同企业产品能耗的高低，氯化钴或硫酸钴各工序能耗均按每吨氯化钴或硫酸钴含金属钴耗能量计算。

根据本标准规定计算工艺能耗，当氯化钴或硫酸钴工序划分与本标准不一致时，可按实际工序组成计算工艺能耗。

4.8.2.2 指标确定依据

《钴冶炼企业单位产品能源消耗限额》中限额指标的制定，主要遵循的原则为：一是要符合国家能源方针政策；二是要结合国内大多数钴冶炼企业现状；三是要起到鼓励先进淘汰落后的原则，要有 20%高能耗的钴冶炼落后企业被淘汰，四是要推动钴冶炼生产企业整体进步。根据这些原则，结合钴冶炼生产企业能源消耗的调研结果，对《钴冶炼企业单位产品能源消耗限额》中的能源消耗限额限定值、能源消耗限额准入值和能源消耗限额先进值进行制定。

（1）能源消耗限额限定值

即现有钴冶炼企业单位产品能源消耗限额限定值，要求现有钴冶炼生产企业单位产品能耗不得高于此值，高者或将被淘汰，其值来源主要参考了全国现有钴冶炼企业平均水平。根据历年来收集到的钴冶炼生产能耗数据，以及国内主要钴冶炼企业四年的能耗数据确定的。

从各钴冶炼生产企业收集的能耗数据统计范围和计算方法都是一致的，其中，氯化钴溶液工艺综合能耗统计范围包括浆化、溶解、净化、萃取和车间、厂内部直接辅助能耗分

摊量，产品产量均按氯化钴含钴量计算；电积钴工艺综合能耗统计范围包括净化、电积和车间、厂内部直接辅助能耗分摊量，产品产量均按电积钴量计算。钴冶炼工艺产品综合能耗包括浆化、溶解、净化、萃取、净化、电积和车间、厂内部直接辅助能耗分摊量，产品产量按电积钴量计算。

表 28 企业一 钴冶炼产品能源消耗统计表

年 份	产量（吨）		单位产品能耗（千克标煤/吨）		
	氯 化 钴	电 积 钴	氯化钴工艺 综合能耗（钴原料—氯化钴溶液）	电积钴工 艺 综 合 能 耗 （氯化钴溶液—电积钴）	钴冶炼工 艺 综 合 能 耗 （钴原料—电积钴）
2018	5073	4564	1839	1669	3711
2019	4768	4531	1924	1770	3795
2020	4905	4221	1744	1686	3713
2021	4694	4501	1736	1589	3390

表 29 企业二 钴冶炼产品能源消耗统计表

年 份	产量（万吨）		单位产品能耗（千克标煤/吨）		
	氯 化 钴	电 积 钴	氯化钴工艺 综合能耗（钴原料—氯化钴溶液）	电积钴工 艺 综 合 能 耗 （氯化钴溶液—电积钴）	钴冶炼工 艺 综 合 能 耗 （钴原料—电积钴）
2018	6796	1316	1321.81	1493.52	3365.56
2019	12077	2002	1291.57	1620.71	3495.84
2020	15036	2052	1529.91	1537.22	3564.33
2021	14067	62	1686.02	1601.11	3675.01

表 30 企业三 钴冶炼产品能源消耗统计表

年 份	产量（吨）		单位产品能耗（千克标煤/吨）		
	氯 化 钴	电 积 钴	氯化钴工艺 综合能耗（钴原料—氯化钴溶液）	电积钴工 艺 综 合 能 耗 （氯化钴溶液—电积钴）	钴冶炼工 艺 综 合 能 耗 （钴原料—电积钴）
2019	176.49	105.2	1947.53	1955.32	3984.66
2020	179.05	110.48	1863.7	1852.67	3877.22
2021	117.11	156.91	1985.3	2057.43	3941.69

表 31 企业四 氯化钴产品能源消耗统计表

年份	氯化钴产量（吨）	氯化钴单位产品工艺综合能耗（钴原料—氯化钴溶液）（千克标煤/吨）
2018	920	1853
2019	950	1755
2020	4100	1429
2021	5200	1327

表 32 企业五 氯化钴产品能源消耗统计表

年份	氯化钴产量（吨）	氯化钴单位产品工艺综合能耗（钴原料—氯化钴溶液）（千克标煤/吨）
2018	577.46	1117.86
2019	963.74	1054.21
2020	1320.09	1327.89
2021	925.95	1012.78

表 33 企业六 四氧化三钴产品能源消耗统计表

年份	四氧化三钴产量（吨）	四氧化三钴单位产品工艺综合能耗（硫酸钴溶液—四氧化三钴）（千克标煤/吨）
2018	6495	1811.38
2019	5578	1900.96
2020	8030	2210.93
2021	12031	2193.05

表 34 企业七 四氧化三钴产品能源消耗统计表

年份	四氧化三钴产量（吨）	四氧化三钴单位产品工艺综合能耗（氯化钴溶液—四氧化三钴）（千克标煤/吨）
2018	3946	1545.54
2019	4537	1313.18
2020	5583	2120.98
2021	6795	2015.16

表 35 企业八 四氧化三钴产品能源消耗统计表

年份	四氧化三钴产量（吨）	四氧化三钴单位产品工艺综合能耗（硝酸钴溶液—四氧化三钴）（千克标煤/吨）
2018	3896.17	2107.55
2019	6594.02	2099.32
2020	10898.64	1142.27
2021	8204.82	1399.46

表 36 企业九 氯化钴产品能源消耗统计表

年份	氯化钴产量（吨）	氯化钴单位产品工艺综合能耗（钴原料—氯化钴晶体）（千克标煤/吨）
2018	900	2828.31
2019	900	2515.91
2020	4000	2442.46
2021	5000	2402.35

表 37 企业十 氯化钴产品能源消耗统计表

年份	氯化钴产量（吨）	氯化钴单位产品工艺综合能耗（钴原料—氯化钴晶体）（千克标煤/吨）
2018	577.416	3031.77
2019	963.735	2427.83
2020	1320.09	2469.81
2021	925.959	2333.09

表 38 企业十一 氯化钴产品能源消耗统计表

年份	氯化钴产量（吨）	氯化钴单位产品工艺综合能耗（钴原料—氯化钴晶体）（千克标煤/吨）
2018	123	2397.27
2019	4784	2091.48
2020	6640	2213.15
2021	6703	2294.62

表 39 企业十二 硫酸钴产品能源消耗统计表

年份	硫酸钴产量（吨）	硫酸钴单位产品工艺综合能耗（钴原料—硫酸钴晶体）（千克标煤/吨）
2018	537.584	3004.61
2019	364.265	2937.07
2020	121.908	2871.59
2021	484.041	2722.45

表 40 企业十三 硫酸钴产品能源消耗统计表

年份	硫酸钴产量（吨）	硫酸钴单位产品工艺综合能耗（钴原料—硫酸钴晶体）（千克标煤/吨）
2018	900	2958
2019	900	2910
2020	4000	2832
2021	5000	2795

表 41 企业十四 硫酸钴产品能源消耗统计表

年份	硫酸钴产量（吨）	硫酸钴单位产品工艺综合能耗（钴原料—硫酸钴晶体）（千克标煤/吨）
2018	4210	3166
2019	4050	3162
2020	4325	2785
2021	4482	3187

在调查的四家钴冶炼生产企业中，在生产规模方面，年产钴产品 4500 吨以上的企业二家，年产钴产品 1300 吨以上的企业一家，年产钴产品 100 吨左右的企业一家；在生产工艺方面，三家均采用浆化、溶解、净化、萃取、电积等主要工序生产电积钴，即四家钴冶炼企业生产工艺基本相同。

在调查的四家四氧化三钴生产企业中，在生产规模方面，一家年产四氧化三钴 11000 吨以上，三家年产四氧化三钴产品 7500 吨以上；在生产工艺方面，喷雾系四氧化三钴生产工艺较硝酸系四氧化三钴生产工艺复杂，能耗较高。

因此，所调查的钴冶炼生产企业，具有合理的代表性。通过数据计算，四家钴冶炼生产企业四年的钴冶炼工艺能源单耗平均值为 3683.03kgce/t，据此初步确定，全国主要钴冶炼生产企业钴冶炼工艺综合能耗的一般水平约为 3683.03kgce/t，经与另外三家钴冶炼生产企业沟通，将 3600kgce/t 作为现有钴冶炼企业单位产品综合能源消耗限定值，在调研的四家钴冶炼生产企业中，现有三家企业的单位产品综合能源消耗达到了该要求，有一家企业达不到能源消耗限额值，必须通过对供热系统进行节能技术改造和优化生产工艺，才有可能达到能源消耗限额值。因此，将现有钴冶炼生产企业钴冶炼工艺单位产品综合能耗限额限定值确定为 3600kgce/t 是合理的。

在四氧化三钴生产工艺上，所调查的四家企业，四年四氧化三钴工艺能源单耗平均值为 1979.98kgce/t，据此初步确定，全国主要四氧化三钴生产企业四氧化三钴工艺综合能源消耗一般水平约为 1979.98kgce/t，经与另外两家四氧化三钴生产企业沟通，将 2000 kgce/t 作为现有四氧化三钴生产企业四氧化三钴单位产品综合能源消耗限定值。在调研的四家四氧化三钴冶炼生产企业中，现有三家企业的单位产品综合能源消耗达到了该要求，有一家企业达不到能源消耗限额值，必须通过优化生产工艺，才有可能达到能源消耗限额值。因此，将现有四氧化三钴冶炼生产企业四氧化三钴工艺单位产品综合能耗限额限定值确定为 2000kgce/t 是合理的。

在氯化钴晶体生产工艺上，所调查的四家企业，四年氯化钴晶体工艺能源单耗平均值为 2454 kgce/t，据此初步确定，全国主要氯化钴晶体生产企业氯化钴晶体工艺综合能源消耗一般水平约为 2454kgce/t，经与四家四氯化钴晶体生产企业沟通，并将 2500kgce/t 作为现有氯化钴生产企业氯化钴单位产品综合能源消耗限定值。

在硫酸钴晶体生产工艺上，所调查的三家企业，四年硫酸钴晶体工艺能源单耗平均值为 2944.23 kgce/t，据此初步确定，全国主要硫酸钴晶体生产企业硫酸钴晶体工艺综合能源消耗一般水平约为 2944.23kgce/t，经与三家硫酸钴晶体生产企业沟通，并将 2900kgce/t 作为现有硫酸钴生产企业硫酸钴单位产品综合能源消耗限定值。

（2）能源消耗限额准入值

新建钴冶炼生产企业单位产品能源消耗限额准入值，即要求新建钴冶炼生产企业单位产品能源消耗应达到行业的先进水平，总体来说，就是在现有钴冶炼生产企业单位产品能源消耗的基础上下降 1~5%。由于钴行业在十种主要有色金属生产行业中，规模偏小，且生产工艺基本定型，能源消耗下降的难度偏大，因此新建准入值的能源下降幅度取值分别为：钴冶炼工艺综合能源消耗下降 2.5%，四氧化三钴冶炼工艺能源消耗下降幅度为 5%，氯化钴或硫酸钴晶体工艺能源消耗下降幅度均为 2.5%。现有钴冶炼生产企业钴冶炼工艺单位产品综合能源消耗限额限定值为 3600kgce/t，下降 2.5%后为 3510kgce/t，通过适当调整后初步确定，将 3500kgce/t 作为新建钴冶炼生产企业单位产品综合能源消耗的限额准入值。现有四氧化三钴生产企业四氧化三钴单位产品综合能源消耗限定值为 2000 kgce/t，下降 5%后为 1900 kgce/t，通过适当调整后初步确定，将 1900kgce/t 作为新建四氧化三钴生产企业

单位产品综合能源消耗限额准入值。

现有氯化钴生产企业氯化钴晶体单位产品综合能源消耗限定值为 2500kgce/t，下降 2.5%后为 2437kgce/t，通过适当调整后初步确定，将 2400kgce/t 作为新建氯化钴晶体生产企业单位产品综合能源消耗限额准入值。

现有硫酸钴晶体生产企业硫酸钴晶体单位产品综合能源消耗限定值为 2900kgce/t，下降 2.5%后为 2827.5kgce/t，通过适当调整后初步确定，将 2800kgce/t 作为新建硫酸钴晶体生产企业单位产品综合能源消耗限额准入值。

（3）能源消耗限额先进值

钴冶炼生产企业单位产品能源消耗限额先进值，要求钴冶炼生产企业通过加强内部管理，推进技术进步，引进和消化新工艺、新技术、新设备和新材料，使企业单位产品能源消耗达到行业的世界先进水平。

在调研的四家钴冶炼生产企业中，一家钴冶炼企业钴冶炼单位产品综合能耗最低值为 3365.56kgce/t，经与另三家钴冶炼生产企业沟通，将 3350kgce/t 作为钴冶炼工艺单位产品综合能源消耗先进值。

在调研的四家四氧化三钴冶炼生产企业中，一家四氧化三钴冶炼单位产品综合能耗最低值为 1142.27kgce/t，经与另三家四氧化三钴冶炼生产企业沟通，将 1150kgce/t 作为四氧化三钴冶炼工艺单位产品综合能源消耗先进值。

在调研的四家氯化钴晶体生产企业中，一家氯化钴晶体单位产品综合能耗最低值为 2091.48kgce/t，经与另三家氯化钴晶体冶炼生产企业沟通，将 2100kgce/t 作为氯化钴晶体工艺单位产品综合能源消耗先进值。

在调研的三家硫酸钴晶体生产企业中，一家硫酸钴晶体单位产品综合能耗最低值为 2722.45kgce/t，经与另二家硫酸钴晶体冶炼生产企业沟通，将 2700kgce/t 作为硫酸钴晶体工艺单位产品综合能源消耗先进值。

4.8.3 指标影响因素分析

1、影响因素分析：

对于钴冶炼企业单位产品能源消耗，影响因素较多且复杂，不可能全部在标准中区分开。主要影响因素有：生产工艺、生产规模、处理物料含钴品位、物料成分及比例、能源消耗种类、余热回收、金属回收率以及环境治理等。

生产工艺。生产工艺越先进，能源消耗越低，反之，生产工艺落后，能源消耗高。目前国内钴的提取工艺大都采用湿法冶炼工艺，氯化钴溶液经过浓缩、焙烧产出最终产品喷雾四氧化三钴，焙烧产生的烟气余热可进行回收，生产工艺先进，能耗低。

生产规模。生产规模较大的钴冶炼生产企业，其生产设备也规模化，设备效率高，自动化程度高，能源利用效率高，产品能耗低。

所处理的物料含钴品位。物料含钴品位越高，所需要处理的物料越少，能耗越低；反之，品位越低，需要处理的物料越多，能耗越高。

能源消耗各类。按等热值计算，电能的利用效率高于蒸汽的利用率，原因很简单，电能属于高级能，而蒸汽属于中级能，电能使用过程中，基本上不产生废气，带走热量少，而蒸汽在使用过程中，凝结水带走很大一部分热量。

余热回收。由于回收的余热可以二次使用，可以扣减余热产生的工序能耗，因此，充分回收三氧化二钴生产过程中的余热，是钴冶炼生产企业降低能源消耗的有效途径。

环境治理。环境治理是企业生存与发展的基本义务，也是企业的责任，环境治理需要消耗能源，且治理越全面，消耗的能源越多。因此，在本标准的制订过程中，考虑了环境治理所消耗的能源。

2、折算系数确定

尽管影响钴冶炼企业单位产品能源消耗的因素很多，对能耗指标有一定影响，但从总体上看，一个有相当规模的生产企业，其原料一般都有稳定的来源，全年所处理的物料变化不可能很大，也不会带来系统性的影响，产品能耗指标相对稳定，因此，对各种因素的影响不进行具体折算。

4.9 铋冶炼部分

据不完全统计，2018 年以前中国铋生产企业约有 50 余家，主要集中在湖南、江西、云南等省份，其中中小规模民营生产企业占据了一半以上（图 1 中为 2014 年至 2020 年期间，全球铋冶炼产量的分布情况；表 42 为主要的铋冶炼生产企业和产能情况）。

中国铋冶炼厂的主要原料分为两种，一种是铋原矿及钨、锡、铜、钼等与铋共生矿经选矿富集的铋精矿，大约占整个铋冶炼原料的 40%，近几年，该部分铋精矿量已大幅度减少；另外一种是通过火法、湿法冶炼铜、铅、锌、镍等金属过程产生的含铋物料经化学富集后形成的氧化铋原料，物料形式主要为冶炼过程中产生含铋的渣、灰等物料，这种原料来源广，含量复杂，品位高低不等，是当前中国铋冶炼厂的主要原料。

2018 年以来，中国铋市在近十年来从未有过的消极情绪下度过。供应方面，在 2018 上半年环保督查及价格低迷的影响下，中国铋锭年产总量约 14000 吨，全年月度开工率基本维持在 20%-30%之间，全年预计铋产量金属量为 14146 金属吨。其中主要产区中湖南地区产量约为 9680 金属吨，江西约为 2680 金属吨，其他地区约为 1786 金属吨。据智研咨询发布的数据，2020 年中国铋产量基本与 2018 年持平，约为 14000 吨，较 2019 年减少了 2000 吨。



图 1 2014—2020 年全球铋产量统计

表 42 中国铋矿主要生产企业及产能情况

铋锭年产量/吨	主要生产公司及产地
1000~2000	江西稀有稀土金属钨业集团公司、江钨集团赣州有色金属冶炼有限公司、江西铜业集团（贵溪）新材料有限公司、 阳谷祥光铜业有限公司、云南铜业集团昆明云铜稀贵铋业有限公司、湖南柿竹园有色金属有限责任公司、湖南柏林铋业（集团）有限公司等
2000~3000	湖南铋业有限责任公司、郴州雄风稀贵金属材料股份有限公司、湖南金旺铋业有限责任公司、郴州市金贵银业股份有限公司、湖南昭山冶金化工有限公司等

传统铋冶炼生产企业在生产技术相差不大，其主要生产工艺流程大致可分为粗炼和精炼两个阶段。粗炼的方法因原料而异，以硫化铋精矿、氧化铋原料和铋的混合矿、氧化铋渣以及氯化铋等作为炼铋原料时，采用混合熔炼法，配入适量的铁屑、纯碱、萤石粉、煤粉等，在反射炉中进行混合熔炼，得到粗铋，送去精炼；以铅的火法精炼过程中产生的钙镁铋浮渣为原料的炼制方法是：先将浮渣加热，使其中所含的铅下沉取出。继续加热熔渣，熔化后，加入氯化铅或通入氯气，以除去钙和镁，得到富含铋的铅铋合金，再送精炼。精炼过程一般包括氧化除砷锑碲、加锌除银、氯化除铅锌、高温除氯四个步骤。

根据查阅资料及调研相关企业得知，当前我国的铋冶炼企业生产用原料主要有两种：硫化铋精矿和氧化铋原料（铜、铅、锌等冶炼过程中产生的渣、灰）。铋冶炼过程中主要生产原理基本一致，影响铋冶炼生产企业发展水平的主要为冶炼炉窑设备不同，根据主要生产设备的不同，基本可分为两种：

一种为传统冶炼炉窑为生产基础的冶炼技术，其中以湖南某生产企业为例：铋精矿与还原剂煤粉、置换剂铁屑、熔剂纯碱等配料混合后，进行熔炼，产出渣、冰铜与粗铋，粗铋经各种除杂工序后，制备出精铋（生产工艺流程如图 2 所示）。其生产过程中的主要特点为：生产过程复杂、难操作；污染高、不易控制；生产成本低，在当前高压环保压力下，

生产企业难以生存和持续发展。该冶炼生产过程所用生产原料包含硫化铋精矿和氧化铋原料两种，其中根据调研发现，两种生产原料生产过程能耗情况各不相同，其中，以氧化铋为原料的生产过程能源消耗较以硫化铋精矿为原料的生产过程更低。

另外一种主要是以利用先进生产设备的铋冶炼生产方式，其生产设备主要为以卡尔多炉生产设备为代表的生产工艺过程，该生产工艺应用在以铜、铅、锌等冶炼企业中铋作为伴生金属的冶炼过程，所用原料全部为铜、铅、锌等冶炼过程中产生的渣、灰等。由于铜、铅、锌电解精炼后产生的阳极泥经火法处理后的熔炼渣含有大量的有价金属，特别是金、银、铅、铋等，熔炼渣还原熔炼制备出粗铅铋合金，铋含量在 20%以上，然后经火法精炼后，制备出铅铋合金阳极板，经电解精炼制备精铅得到的阳极泥（如图 3 所示）。此阶段为铋富集的过程，最终形成富含铋物料，铋金属含量在 70%左右，按照铋精矿冶炼工艺路线制备出精铋锭。该冶炼过程相对传统冶炼设备生产，具有操作过程简单；生产过程产生的烟气、废水容易收集和处理，环境污染小；能耗指标低等特点。然而，应用该种生产设备进行精铋冶炼生产的企业较少。

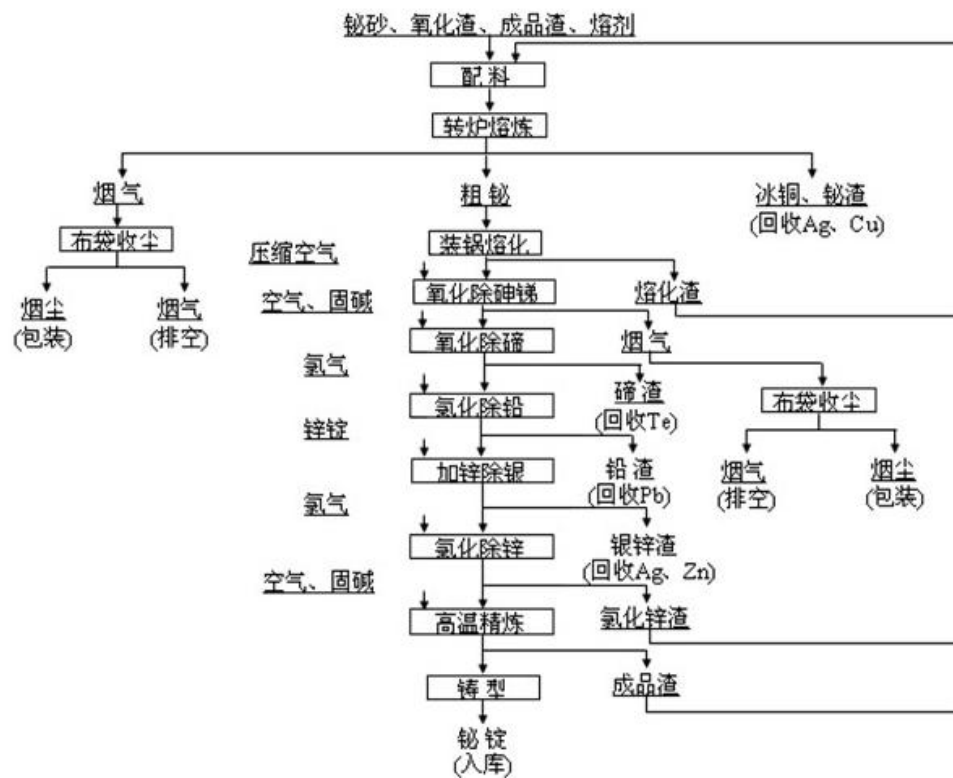


图 2 传统冶炼炉窑为生产基础的冶炼技术

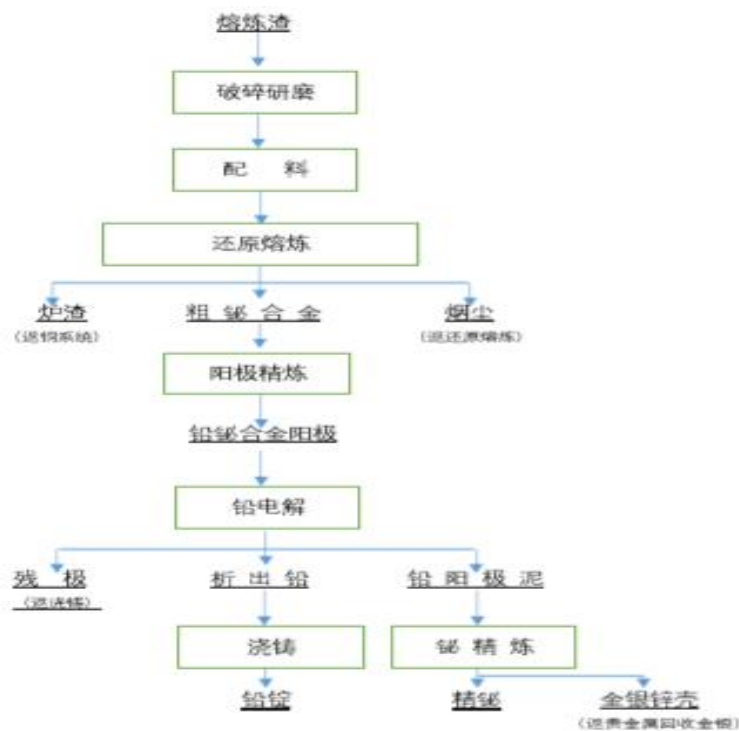


图3 以卡尔多炉为生产基础的冶炼技术

根据对铋冶炼企业生产现状，从铋冶炼生产规模、生产设备应用及生产原料情况等方面调研综合分析，当前铋冶炼企业在铋冶炼生产过程中能耗影响的主要因素表现为原料种类的不同所导致。因此，制定该标准主要技术指标单位产品能耗限额根据原料分类为两种：硫化铋精矿-精铋及氧化铋原料-精铋两种类型。

4.9.1 适用范围说明

标准适用于以硫化铋精矿和氧化铋原料为主要原料的所有铋冶炼企业，该标准为新建标准，用以所有铋冶炼企业的单位产品能耗的计算、考核，以及新建铋冶炼项目的能耗控制”。本标准明确了原料范围即为铋精矿原料，不包含其它不符合铋精矿要求的含铋物料的冶炼工艺。

4.9.2 计算范围

硫化铋精矿生产工艺能耗计算范围

以硫化铋精矿为原料通过熔炼，产出渣、冰铜与粗铋，粗铋经各种除杂工序后制备出精铋，后续经过浇铸得到铋锭产品过程中各生产环节所实际消耗的有直接和间接相关的能源。

氧化铋原料生产工艺能耗计算范围

以氧化铋物料为原料通过火法精炼除杂，富集产出粗铋合金，通过电解精炼或者氯化除铅方式除铅后并经过一系列除杂工序进一步精炼，最后浇铸得到铋锭产品过程中各生产环节所实际消耗的有直接和间接相关的能源。

4.9.3 能耗指标的确定依据

1) 数据统计、调研、来源

①所调研的企业近三年产量占全国铋产量比例

本次标准制定过程共计调研铋生产相关企业的 14 家,对于铋冶炼上游原料提供和冶炼生产方均以达到了全覆盖,调研中了解到,铋冶炼生产企业主要集中在以湖南、江西两省,受当前环保压力的影响,2018 年以来,部分生产铋锭企业处于关停、重组、整改(因此调研企业主要以企业设定产能作为参考)。据统计,调研企业中包含了为铋冶炼企业提供了全国约 70%以上氧化铋生产原料的铜、铅、锌等大型冶炼企业 6 家;调研能够生产精铋的企业共计 8 家,产能总和为 13200 吨/年,按照近三年铋锭产量 14000 吨/年统计,调研企业铋锭产能占据了全国铋锭总产能的约 80%以上,近三年,每年实际生产铋锭产量也能够占据全国铋锭总产量的 60%左右,具体情况见表 2。因此,本次调查具有广泛性和代表性,所取得的数据可以作为标准制定的依据。

② 铋冶炼生产企业能耗现状调查

根据对铋冶炼企业生产现状,从铋冶炼生产规模、生产设备应用及生产原料情况等方面调研综合分析,当前铋冶炼企业在铋冶炼生产过程中能耗影响的主要因素表现为原料种类的不同所导致。因此,制定该标准主要技术指标单位产品能耗限额根据原料分类为两种:硫化铋精矿-精铋及氧化铋原料-精铋两种类型。所取得的数据可以作为标准制定的依据。

表 43 铋锭生产企业调研信息

调研企业	产能规模 (t)	生产原料类型	备注
企业 1	2000	硫化铋精矿	
企业 2	2000	硫化铋原料	
		氧化铋原料	
企业 3	1000	氧化铋原料	
企业 4	600	氧化铋原料	
企业 5	3000	硫化铋精矿	
		氧化铋原料	
企业 6	600	氧化铋原料	
企业 7	2000	硫化铋精矿	

		氧化铋原料	
企业 8	2000	氧化铋原料	
备注	调研数据中有 4 家企业给出能耗具体指标, 另外 4 家企业, 近五年内, 铋锭生产量处于生产不饱和状态, 企业能耗指标根据之前生产饱和状态及现有实际情况综合分析, 给出铋锭单位产品能耗范围值。		

硫化铋精矿-精铋

表 44 硫化铋精矿-精铋冶炼企业能耗指标情况

以硫化铋精矿生产企业主要集中在湖南地区, 具有一定生产规模的企业数量少但产量占比大, 其余为小规模生产企业数量多, 本次调研到以该种原料生产的企业共计 4 家, 书面反馈能耗数据的 2 家, 电话反馈的能耗数据的 2 家, 未反馈的 0 家	能耗区间 (kgce/t)			
	≤2700	2700—3000	3000—3500	>3500
企业数量 (家)	2	2	小规模生产企业为主	
产能总和 (吨)	3000	2500	2500	2000
数量占比%			企业数量多	
产能占比%	30	25	25	20
注: 1. 调研企业中共计 2 家以硫化铋精矿为原料的铋冶炼企业在生产规模、企业引导力、技术水平具备明显优越性, 单位产品综合能耗水平可达到先进水平, 根据调研数据制定能耗先进值为 2700 kgce/t, 根据现有调研数据, 能耗水平符合先进值指标的调研企业产能约占调研以硫化铋精矿为原料的铋冶炼产量的 30%左右; 能耗指标在 2700—3000kgce/t 的生产企业数量为 2 家, 产能占比为 25%; 2. 以硫化铋精矿为原料生产精铋产品单位产品能耗值低于 3500kgce/t 的企业生产产能占比约 80%。				

氧化铋原料-精铋

表 45 氧化铋原料-精铋冶炼企业能耗指标情况

以氧化铋原料生产企业具有一定生产规模的企业数量少但产量占比大, 其余为小规模生产企业数量多产量占比小, 调研企业共计 7 家, 书面反馈能耗数据具体值的 4 家, 电话反馈的能耗数据的 3 家, 未反馈的 0 家	能耗区间 (kgce/t)			
	≤2200	2200—2500	2500—3000	>3000
企业数量 (家)	2	5	小规模生产企业为主	
产能总和 (吨)	2000	2500	2000	1000

数量占比%	28.6	71.4	企业数量多	
产能占比%	28.6	33.3	28.6	13.3
注：1. 调研企业中，以氧化铋作为生产原料的生产企业共计 7 家，其中两家企业的能耗指标相对稳定且优势明显，依据两家能耗指标现状，制定了先进值为 2200 kgce/t，其能够到达该指标的生产企业产能占比为 28.6%左右，能耗指标在 2500—3300kgce/t 的生产企业数量为 5 家，产能占比为 33.3%；。 2. 以氧化铋原料生产精铋产品，单位产品能耗值低于 3300kgce/t 的企业总产能占比约 86.7%。；				

通过相关资料查询，我国的中大型铋冶炼企业数量有限，共计十余家，该部分企业铋产能基本可以达到全国铋冶炼产能的 80%左右，小规模冶炼企业产能约占 20%。通过对调研企业和相关数据分析，小型生产规模企业生产过程基本无节能控制措施，此部分企业能源消耗数据指标远高于其它中大生产企业，而对于生产规模较大的冶炼企业，其生产设备、工艺流程和管理模式等主要方面相差不大，能耗指标相差不大。本标准在制定能源消耗指标时，采用生产设备较为先进、生产规模大及实际生产持续性长的铋冶炼企业单位产品能耗数据指标作为单位产品能源消耗先进值。

4.9.4 指标影响因素分析

①影响因素分析：

对于铋冶炼企业单位产品能源消耗，影响因素较多且复杂，不可能全部在标准中区分开。重要的影响有：生产工艺、生产规模、所处理物料的含铋品位、所处理物料的结构及比例、能源消耗种类、余热回收情况、有价金属回收、环境治理等。

生产工艺：生产工艺越先进，能源消耗越低，反之，生产工艺越落后，能源消耗越高。当前采用反射炉、回转炉等传统冶炼炉窑炼铋的企业占据整个铋冶炼企业的 80%以上，生产设备传统，无余热回收装备，环保设施设备差，能耗高；采用卡尔多炉炼铅铋，为目前世界锡冶炼行业的领先技术，能源消耗低。

生产规模：生产规模较大的铋冶炼企业，其生产设备也规模化，设备效率高，能源浪费小，停开机也少，因此能源消耗相对较低。

所处理的物料含铋品位：物料含铋品位越高，所需要处理的物料越少，能耗消耗越低；反之，品位越低，需要处理的物料越多，能源消耗越高。

生产物料种类：冶炼硫化铋精矿的生产过程能耗指标比冶炼氧化铋原料生产过程的能耗指标高。

能源消耗种类：按等热值计算，电能的利用效率高于煤和煤气的利用率，原因很简单，电能使用过程中，基本上不产出废气，带走热量少，而燃烧煤和燃烧煤气时，产出大量的烟气，烟气带走了很大一部分热量。

余热回收：由于回收和余热能源可以二次使用，也可以进行扣除，因此，能够降低能源消耗，但是，铋冶炼企业大多数采用传统炉窑冶炼方式，因此余热回收这块在各个生产企业中未能得到有效利用。

有价金属回收：有价金属回收，不仅可以为企业增加经济效益，也可以在能源消耗计

算时，进行合理扣除。因此，进行有价金属回收，可以降低能源消耗，在一般情况下，降低的幅度较小。

环保设施的投入：随着环境保护和质量发展的高要求，铋冶炼企业在环保设施设备方面势必加大投资，固废的无害化处理、工业废水的零排放、废气排放的控制等要求必然迫使企业进行技改和环保设施的投运，将会带来一定的能耗增加。

然而，对于铋冶炼企业环保设备能耗情况调研得知，当前铋冶炼企业应用冶炼的设备多数为相对传统的冶金炉窑，原有的环保配套设备技术水平低，随着环保要求的不断加大，尤其是从 2018 年以来，多数铋冶炼企业进行停业整顿，正在逐步的建立和完善环保设施和设备。因此，冶炼企业综合回收部分，环保设施完善，但未在铋冶炼回收系统中单独分摊计算，而建在工业园内铋冶炼企业，环保设施采用共用的设施，能耗暂未分摊，当前统计能耗指标为工艺能耗数据，不包括铋冶炼企业生产过程中环保设备设施产生的能耗数据部分。

表 56 某铋冶炼企业环保设施及单位产品环保能耗指标

设备名称	单位	数量	单耗
铋精炼布袋收尘器	台	1	
附：高温卸料器	台	2	
铋精炼布袋收尘尾气玻璃钢离心风机	台	1	
液氯吸收塔循环泵	台	2	
附：电动机	台	2	
液氯吸收塔排污泵	台	1	
氯气尾气送风玻璃钢风机	台	1	

②折算系数确定：

应用传统生产装备进行铋冶炼生产企业，尽管影响单位产品能源消耗的因素很多，也很重要，但从总体上看，一个有相当规模的企业，全年所处理的物料变化不可能很大，也不会带来系统性的影响，因此，对各种因素的影响不进行具体折算。另外，对于以处理不属于铋精矿的低品位的含铋物料冶炼企业，已经明确规定不适用本标准。由于氧化铋原料中铅铋含量相差较大，对于能源消耗分配系数不进行统一，各生产单位按实际产量进行分配。

4.9.5 与国外水平对比分析

2019 年全球铋产量达 21100 吨，较 2018 年增加了 1900 吨，同比增长 9.9%，2020 年较 2019 年有所下滑，2020 年全球铋产量为 17000 吨，较 2019 年减少了 4100 吨，同比减少 19.43%。世界主要产铋国分别为中国、玻利维亚、保加利亚、加拿大、日本、哈萨克斯坦、韩国、老挝、墨西哥等。2020 年中国铋产量为 14000 吨，较 2019 年减少了 2000 吨；玻利维亚铋产量为 10 吨，较 2019 年减少了 5 吨；保加利亚铋产量为 40 吨，较 2019 年减少了 10 吨；加拿大铋产量为 20 吨，较 2019 年减少了 5 吨；日本铋产量为 480 吨，较 2019

年减少了 60 吨；哈萨克斯坦铋产量为 240 吨，较 2019 年减少了 30 吨；韩国铋产量为 830 吨，较 2019 年减少了 100 吨；老挝铋产量为 1000 吨，较 2019 年减少了 2000 吨；墨西哥铋产量为 270 吨，较 2019 年减少了 30 吨。

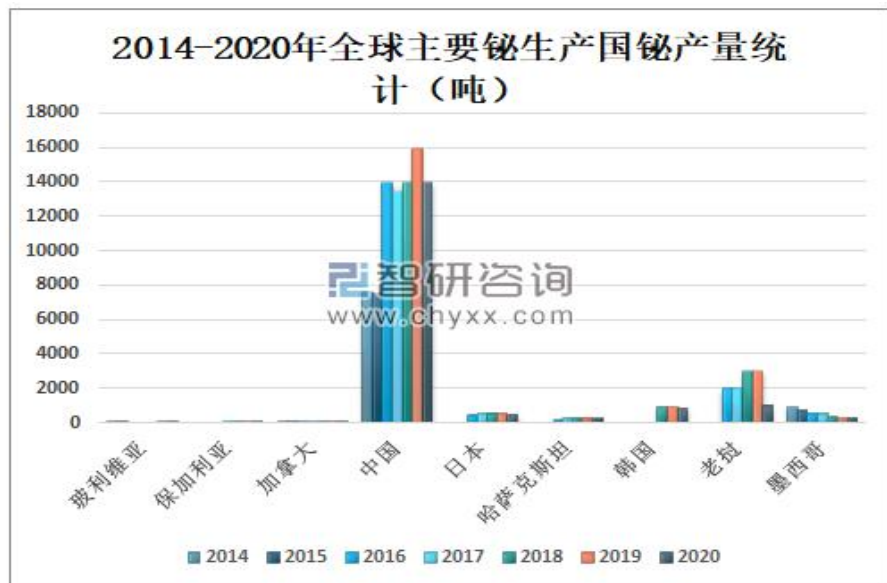


图3 2014-2020 年全球主要铋生产国铋产量统计

2020 年中国、日本、哈萨克斯坦、韩国、老挝和墨西哥六国铋产量总和占全球铋总产量的 98.94%，其中中国铋产量占全球铋总产量的 82.35%，占比最大；日本铋产量占全球铋总产量的 2.82%；哈萨克斯坦铋产量占全球铋总产量的 1.41%；韩国铋产量占全球铋总产量的 4.88%；老挝铋产量占全球铋总产量的 5.88%；墨西哥铋产量占全球铋总产量的 1.59%。



图4 2014-2020 年中国铋产量占全球铋总产量的比例走势

因此，本标准的制定弥补国内铋冶炼冶炼企业能源消耗工作方面的空白，为铋冶炼企业发展清洁生产工艺提供有效帮助，为我国在铋金属冶炼领域技术水平提升提供强有力支

撑，对国内铋冶炼行业具有重要意义，为进一步制定国际标准建立了重要基础。对于国家、国际铋冶炼行业建立节能型、环保型锡冶炼企业提供了能耗指南，具有明显的先进性和前瞻性，符合国家产业政策要求。

4.9.6 标准实施带来的节能效益测算

随着国家对环保要求的提高，清洁生产的思想也越来越多地应用到生产中去，特别是对能耗及污染较多的冶炼行业。铋的冶炼归根到底是电铅的精炼，其冶炼行业的发展历史，是一部以鼓风炉、反射炉、转炉为依托的历史。当前，在国家范围内，尚未对铋冶炼企业单位产品能耗限额有明确的规定，但是针对该行业能耗高的特点，迫切需要制定标准对技术工艺水平低的企业进行约束，提升行业技术发展水平。

《铋冶炼企业单位产品能源消耗限额》行业标准的制定，旨在推动铋金属冶炼企业采用先进适用的高效节能技术装备，降低水、电等能源消耗，转变铋金属产业“高投入、高排放、低效率”的增长方式，推动铋金属冶炼产业节能与绿色发展，为企业带来良好的经济效益同时创造良好的社会效益和环境效益。例如国内铋冶炼企业目前只有 70%左右能够达到铋冶炼综合能耗先进值，标准实施后将会有 10%~20%的铋冶炼生产企业（小型冶炼企业）达不到能耗指标限定值，企业被淘汰；标准中对铋冶炼企业新建准入值的设定将会促进新建铋冶炼企业打破原有铋冶炼企业发展模式，按照先进生产工艺和生产设备进行建设和生产，有效引导铋冶炼企业向节能、环保方向发展。