

《金属冶炼目录（2023 版）》

（修订稿）

二零二三年五月

《金属冶炼目录》修订初稿

一、确定原则

生产过程存在熔融金属(含熔渣)火法冶炼、再生熔炼、精炼、铸造,且易造成群死群伤生产安全事故的相关生产活动纳入金属冶炼安全监管重点范围。主要包括五类:

- (一) 炼铁、炼钢。
- (二) 铁合金冶炼。
- (三) 有色金属火法冶炼。
- (四) 有色金属合金制造。
- (五) 黑色金属铸造和有色金属铸造。

二、《金属冶炼目录》各栏目的含义

(一)“序号”指《金属冶炼目录》中金属冶炼类别的序号。

(二)“代码”指《国民经济行业分类》(GB/T4754-2017)中的小类代码。

(三)“名称”指《国民经济行业分类》(GB/T4754-2017)“小类代码”对应的类别名称。

(四)“主要生产活动”指熔融金属冶炼、熔炼、精炼、铸造及熔渣处理的生产活动。

三、其他事项

(一) 根据我国金属冶炼安全监管工作需要,本目录适时修订。

(二) 火法冶炼是指有色金属矿石或熔渣在高温下经过熔炼、精炼,提取金属的生产活动。

(三) 再生熔炼是指废杂有色金属及其合金料在高温下经过熔炼、精炼，提取金属的生产活动。

(四) 有色金属合金制造、黑色金属铸造、有色金属铸造单个熔（冶）炼炉的公称容量 ≥ 1 吨（3吨备选），或者本单位所有熔炼炉总和公称容量 ≥ 5 吨（10吨备选），纳入目录。

(五) 稀有稀土金属冶炼中的钒、钛冶炼，纳入目录。其他稀有稀土金属冶炼和贵金属冶炼生产活动，达到第（四）项公称容量要求的，纳入目录。

(六) 硅铁、锰铁、锰硅合金属于铁合金冶炼范畴。

(七) 本目录不适用高等学校和事业单位科研试验活动。

(八) 生产经营单位存在目录所列主要生产活动的中试生产基地，且达到第（四）项公称容量要求的，纳入目录。

《金属冶炼目录》（修订初稿）

序号	代码	名称	主要生产活动
一	C31	黑色金属冶炼和压延加工业	
1	C3110	炼铁	高炉炼铁，熔融还原炼铁，高炉铸铁
2	C3120	炼钢	铁水预处理，转炉炼钢，电炉（含电弧炉、中频炉等电热设备）炼钢，钢水炉外精炼，连铸坯生产、模铸钢锭生产
3	C3140	铁合金冶炼	高炉法治炼，氧气转炉、电炉（含矿热炉、中频炉等电热设备）法治炼，炉外法（金属热法）冶炼，精炼、浇注
二	C32	有色金属冶炼和压延加工业	
4	C3211	铜冶炼	冰铜熔炼，铜铈吹炼，粗铜火法精炼，再生铜生产熔炼（精炼），坯料铸造
5	C3212	铅锌冶炼	铅冶炼：氧化熔炼，火法精炼，再生铅熔炼（精炼），坯料铸造，熔渣处理
6			锌冶炼：还原熔炼，粗锌精炼，再生锌熔炼（精炼），坯料铸造
7	C3213	镍钴冶炼	镍冶炼：造铈熔炼，镍铈吹炼，还原熔炼
8	C3214	锡冶炼	还原熔炼，火法精炼，再生锡熔炼（精炼），坯料铸造、熔渣处理
9	C3215	锑冶炼	挥发熔炼，还原熔炼，火法精炼
10	C3216	铝冶炼	氧化铝熔盐电解，坯料铸造（模铸、连续/半连续）
11	C3217	镁冶炼	硅热还原法炼镁，氯化镁熔盐电解，粗镁精炼
12	C3218	硅冶炼	电炉（矿热炉）熔炼、硅包精炼、硅液浇注
13	C3219	其他常用有色金属火法治炼	除铜、铝、铅、锌、镍、锡、锑、镁以外的常用有色金属火法熔炼、精炼、坯料铸造和熔渣处理
14	C3239		钛冶炼：富钛料制取，粗 TiCl ₄ 精制及海绵钛生产（金属热还原法）

序号	代码	名称	主要生产活动
15		其他稀有金属冶炼	钒冶炼：金属热还原法炼钒，硅热还原法炼钒，真空碳热还原法炼钒，熔盐电解精炼
16	C3240	有色金属合金制造	以铜、铝、铅、锌、镍、锡、锑、镁、钛、钒、硅为基体加入其他元素，进行的有色金属合金熔炼、精炼和坯料铸造生产
三	C33	金属制品业	
17	C3391	黑色金属铸造	使用冲天炉、电弧炉、感应炉、电阻炉等冶炼（熔炼）炉从铁、锰矿石或废杂金属料中提取和精炼金属，且通过砂型铸造、离心铸造、压力铸造、熔模铸造等工艺进行铸铁件、铸钢件等成品或半成品的生产过程
18	C3392	有色金属铸造	使用电弧炉、感应炉、电阻炉、反射炉等冶炼炉从有色金属矿石或废杂有色金属及合金料中提取和精炼金属，且通过砂型铸造、离心铸造、压力铸造、熔模铸造等工艺进行有色金属及其合金成品或半成品件的生产过程

《金属冶炼目录》（2015 版）

（修订编制说明）

一、项目来源

2021 年 9 月 1 日施行的《中华人民共和国安全生产法》（以下简称《安全生产法》）将金属冶炼单位继续纳入重点领域实施监管。2015 年 12 月 31 日，原国家安全监管总局发布《金属冶炼目录（2015 版）》（安监总管四[2015]124 号），有效保障了《安全生产法》和《冶金企业和有色金属企业安全生产规定》（总局令第 91 号）等法规规章的贯彻实施。同时考虑到金属冶炼安全生产涉及领域的多样性和复杂性，也综合《金属冶炼目录（2015 版）》制定基础标准《国民经济行业分类》（GB/T4754-2011）最新 2017 版已将原 C3130 黑色金属铸造、C32350 有色金属铸造调整至 C33 金属制品业的实际情况，有必要对《金属冶炼目录（2015 版）》予以修订。

综合全国范围各省市自治区《金属冶炼目录（2015 版）》近七年实施执行情况，为进一步强化金属冶炼单位安全监管力度，理顺冶金有色金属企业和机械制造企业关于金属冶炼监管的一致性，同时对《金属冶炼目录（2015 版）》实施过程存在的不足进行优化，国家应急管理部委托中钢集团武汉安全环保研究院开展《金属冶炼目录（2015 版）》修订工作。

二、工作情况

（一）2018 年 3-4 月，工作组重点收集汇总了国家相关部委有关金属冶炼单位最新法规标准要求。

（二）2018 年 5 月，工作组赴江苏、云南、内蒙等全国

重点金属冶炼集中省份实施调研，征集《金属冶炼目录(2015版)》实施过程需要修订完善的相关事项。

(三)2018年6月，工作组编制了《金属冶炼目录(2015版)》(修订初稿)，并于2018年7月4日在内蒙召开专题讨论审查会议。

(四)2022年11月，根据应急部工作要求，工作组赴云南省开展实地调研，重点关注典型有色金属生产工艺，研讨确定修订事项与内容，形成修订审议稿初稿。

(五)2023年4-5月，根据中国铸造协会补充意见，进行了完善，形成修订审议稿。

三、专题讨论审查会议和调研意见采纳情况

(一) 2018版修订初稿审查意见

1.金属冶炼目录主体依照《国民经济行业分类》(GB/T4754-2017)进行调整。

采纳情况:《国民经济行业分类》(GB/T4754-2011)修订为2017年版本，主要有三个变化:(1)原有C3130黑色金属铸造调整至金属制品业，相关分类代码变更为C3391黑色金属铸造;(2)原有C3250有色金属铸造调整至金属制品业，相关分类代码变更为C3392有色金属铸造;(3)原有C3239其他稀有金属冶炼中单独列出了C3218硅冶炼类别。

目前已按最新行业分类规则进行调整，目录修订增加C3219其他常用有色金属火法冶炼;增加C33金属制品业，具体包括C3391黑色金属铸造和C3392有色金属铸造。

2.冶金有色金属企业和机械铸造企业存在交叉的“铸造”

工序界面，按照铸造工序生产的产品是“坯、锭、棒”等需要进行后续金属压延加工，还是生产的产品直接是“铸铁件、铸钢件等各种成品、半成品”，后续仅需机械加工进行区分。

采纳情况：依据国家统计局 2019 年 5 月 22 日发布《2017 国民经济行业分类注释》（按第 1 号修改单修订），调整原 C3130 黑色金属铸涵盖的“高炉铸铁”，纳入 C3110 炼铁范围；原 C3120 炼钢增加“模铸钢锭”；原 C3150 铁合金冶炼增加“浇注”；原 C3250 有色金属铸造涉及的“模铸，重熔铸造（含熔炼、浇铸）纳入有色金属冶炼部分，并作相应扩充，增加“坯料铸造”，如原 C3216 铝冶炼增加“坯料铸造（模铸/连续/半连续）”。

3.其他需要重点关注的事项

（1）重点区分工信部以铸造企业名义保留的近 100 余座 450m^3 以下铸造高炉是否保留在金属冶炼企业范围之内。

审查意见：列入目录之内。

（2）有色行业用于金属压力加工坯料供应的重熔铸造生产工序，是否需要保留在在金属冶炼企业范围之内。

审查意见：列入目录之内。

（3）针对黑色金属铸造、有色金属铸造工序使用的工频炉、中频炉公称容量和具体单位总和公称容量设定相关界限值。界限值以下不再纳入金属冶炼企业监管范围。

审查意见：采纳建议。同时进一步开展重点铸造企业调研考察，尤其是中小企业，要结合实际确定界限值，既要管控风险，也要结合当下实际助力放管服工作落实、落地。

（二）2022 年云南有色金属企业调研反馈意见

1.纳入金属冶炼目录工序的范围，建议参照不同有色金属年产量因素，针对体量非常小的贵金属和稀有金属，建议不再纳入。2021 年全国常见有色金属产量一览表见附录 1。

采纳情况：初步拟定年产量约 10 万吨以下有色金属品种原则上不纳入目录，重点涉及金银铂等贵金属和钨钼等稀有金属；同时聚焦有色行业常用十大有色金属，具体包括铜、铝、铅、锌、镍、锡、锑、汞、镁、钛。

2.建议参照不同有色金属品种的熔点和实际生产工艺控制温度，建议将熔点或者生产过程控制温度 100℃以下（从冷却水汽化爆炸后果角度）的金属品种，不纳入目录。常见有色金属熔点和生产过程控制温度一览表，见附录 2。

采纳情况：采纳。

3.综合考虑铅、锌、锡等冶炼过程均存在熔渣类金属回收工序（常规为烟化炉、熔化炉），涉及熔渣处理和吊运生产，建议针对熔渣处理工序进行再次梳理调研，对处理熔渣熔体量较大以及涉及熔渣熔体吊运的工序，纳入目录监管范围。

采纳情况：熔渣处理过程一般使用烟化炉、熔炼炉，涉及熔渣遇水爆炸、熔融渣包坠罐、倾翻等安全风险，拟在有色行业铅锌锡冶炼，增加“熔渣处理”生产活动。

4.本次调研个别企业原料主要是废杂金属料和冶炼固废，包括废杂金属、湿法泥、熔炼冶炼渣、烟尘灰、贫中矿等，涉及再生金属的熔炼、精炼工艺。对此类情形，建议纳入。

采纳情况：铜铅锌锡冶炼增加再生金属熔炼、精炼生产

活动。

5.现有目录中的个别冶炼工序，如铅冶炼使用的鼓风炉、还原熔炼工艺已经纳入产业淘汰设备，对此情形，需要统一核查校对，进行剔除。

采纳情况：根据《产业结构调整指导目录(2019版)》(发改委令第29号)和《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录(2019年本)〉的决定》(发改委令第49号令)，将相关淘汰工艺与设备进行剔除。

6.本次调研过程锌铸造工序涉及的熔炼炉，额定容量分别为6t、10t、45t；铝合金生产线配有中频炉，额定容量分别为1.5t、2t；锆冶炼中单晶炉容量约为40~50公斤。建议目录修订重点关注熔炼工序，并设置熔炼炉单炉公称容量和企业所有熔炼炉的总和公称容量两个指标，将指标以上纳入目录监管，指标以下予以剔除，切实在现行安全生产标准推动实施情况下，符合国家放管服政策要求。

(三)近年针对《目录(2015版)》铸造环节反馈意见

1.重点反馈意见

铸造工序纳入目录已经达成共识，但总体建议是应当设置一个“界限”，不能全部纳入。重点反馈意见如下：

(1)湖南省有冶炼企业约200家，大的铸造企业约50~60家，小的没有统计。建议界限定为5t，不宜将规模很小的企业纳入(湖南省厅)

(2)建议对铸造类企业纳入金属冶炼企业的范围通过定量的关系来界定，一定量以上纳入金属冶炼企业监管，一

定量以下纳入冶金有色企业或者机械企业监管，建议定为 5t（湖南省厅）

（3）建议将金属冶炼的数量作为是否纳入《目录》的考量依据之一。理由：电池生产、金属日用品生产等企业常见小规模金属铸造，其金属使用量小，安全风险低，不建议纳入《目录》（广东省厅）

（4）湖北省鄂州市现有金属铸造企业 100 多家，大多数为 1.5t 的中频炉，大的也有 20t、30t 的中频炉，2~3 人操作即可。鄂州市安监局建议小炉子不要列入《目录》，界限可定为 10t，最好定 15t、20t。因为小炉子价格也就 2-3 万元，做一个安全评价的费用远超设备采购费用，而且后期监管要增加很多成本，如安全生产风险抵押金，小企业承受不了。建议针对小型铸造企业制定一个管理规定（鄂州局）。

（5）山东烟台现有铸造企业 100 多家，以小厂为主，建议从单炉容积、年产量、现场作业人员三个方面来限定，目前没有给出界限。烟台市目前是分开掌握的：将原料制造如生产面包铁的铸造企业归入金属冶炼企业，而将生产机械部件如生产水泵底座的铸造企业归入机械企业，关键是看起最终产品是什么，而非一概而论（烟台局）

（6）山西省建议界限定为 2~5 吨。

（7）佛山市铝熔铸企业较多，熔铸炉多为 500-800kg。定界限要考虑工艺，曾经在垂直铸造中由于钢丝绳断裂发生过爆炸事故。

（8）据工作组另行了解，现阶段关于黑色金属铸造、有

色金属铸造、有色金属合金制造重熔铸造工序使用的熔炼炉主要以中频炉为主，且不同区域因经济发展水平因素特征明显，经济发展较快地区机械铸造企业数量众多且以单炉公称容量 1 吨以下为主；较慢区域企业数量偏少且以单炉公称容量 3-5 吨为主；此外全国机械行业中频炉较大可以到 10 吨、20 吨，包括大型铸造企业中频炉公称容量可以到 30-45 吨。

(9) 铸造协会反馈意见：

1.在目录中，增加铸造金属熔炼工序

铸造金属熔炼，是指通过加热使金属由固态转为液态，然后进行成分调整和精炼，使其纯净度、温度和成分达到要求的过程和操作。

即是将矿石冶炼和废杂金属料冶炼进行区分。

2.关于黑色金属铸造和有色金属铸造的范围界定

(1) C3391 黑色金属铸造具体为：有下列情形之一的：

①熔炼设备：熔化率 $\geq 15\text{t/h}$ 的冲天炉；容量 $\geq 15\text{t}$ 的熔炼设备（中频感应电炉、电弧炉、精炼炉等）；容量 $\geq 30\text{t}$ 的保温炉；

②熔融金属吊运重量（含浇包、转运包自重） $\geq 75\text{t}$ 。

(2) C3392 有色金属铸造具体为：有下列情形之一的：

①熔炼设备：容量 $\geq 10\text{t}$ 的熔炼设备（燃气炉、电炉、反射炉等）；容量 $\geq 30\text{t}$ 的保温炉；

②熔融金属吊运重量（含浇包、转运包自重） $\geq 75\text{t}$ 。

2.采纳情况

暂按单炉公称容量 1 吨（3 吨备选）和企业内部所有熔

炼炉的总和公称容量 5 吨（10 吨备选）两个维度，作为进一步开展调研的基准。相关参考依据主要涉及两个事项：

一是：GBT 10067.3-2015《电热装置基本技术条件 第 3 部分：感应电热装置》5.2.1 安全。感应电热装置的设计和制造应符合 GB5959.1 和 GB5959.3 中有关规定。对大额定容量（如 1t 以上）熔炼金属类材的感应炉，应提供炉衬漏电流监测和漏炉报警装置，以在漏炉前发出报警信号比你自动切断电源。

同时相关参考标准还包括：GB/T 5959.1-2019《电热和电磁处理装置的安全 第 1 部分 通用要求》、GB 5959.3-2008《电热装置的安全 第 3 部分：对感应和导电加热装置以及感应熔炼装置的特殊要求》

二是：冶金、有色和机械行业涉及熔融金属环节，基本都有转运和吊运设备，尤其是起重机械。按照原国家质检总局纳入《特种设备目录》（2014 年第 114 号）监管的起重机械范围：是指用于垂直升降或者垂直升降并水平移动重物的机电设备，其范围规定为额定起重量大于或者等于 0.5t 的升降机；额定起重量大于或者等于 3t（或额定起重力矩大于或者等于 40t·m 的塔式起重机，或生产率大于或者等于 300t/h 的装卸桥），且提升高度大于或者等于 2m 的起重机；层数大于或者等于 2 层的机械式停车设备。

附录：常见金属品种信息和冶炼生产工艺

附录 1：2021 年度全国有色金属产量一览表

附录 2：常见有色金属熔点和生产过程控制温度一览表

附录 3：常见金属品种冶炼所涵盖作业工序清单

附录 4：炼铁（C3110）生产方法

附录 5：炼钢（C3120）生产方法

附录 6：铁合金冶炼（C3130）生产方法

附录 7：铜冶炼（C3211）生产方法

附录 8：铝冶炼（C3216）生产方法

附录 9：铅冶炼（C3212）生产方法

附录 10：锌冶炼（C3212）生产方法

附录 11：镍冶炼（C3213）生产方法

附录 12：锡冶炼（C3214）生产方法

附录 13：锑冶炼（C3215）生产方法

附录 14：汞冶炼生产方法

附录 15：镁冶炼（C3217）生产方法

附录 16：钒冶炼（C3239）生产方法

附录 17：钛冶炼（C3239）生产方法

附录 18：硅冶炼（C3218）生产方法

附录 19：黑色金属铸造（C3391）生产方法

附录 20：有色金属铸造（C3392）生产方法

附录 1：2021 年度全国有色金属产量一览表

序号	金属品种	年产量（万吨）
1	铜	精炼铜：1048.7
2	铝	电解铝：3853
3	铅	736.5
4	锌	656.1
5	镍	67.7
6	锡	11.98
7	锑	23.54
8	汞	0.1993
9	镁	94.88
10	钛	13.6
11	硅	工业硅：261
12	钒	五氧化二钒：17.14
13	锗	0.0132
14	锂	碳酸锂：24
15	钨	6.6
16	钼	10.08
17	金	0.0329
18	银	0.12624
19	铂	0.00094
20	单晶硅	235.3GW

附录 2：常见有色金属熔点和生产过程控制温度一览表

序号	金属品种	熔点	冶炼控制温度
1	铜	1083.4℃	1170~1310℃
2	铝	660.4℃	电解槽950℃、熔炼炉1400~1450℃
3	铅	327℃	<1300℃
4	锌	419.5℃	烧结920~980℃、熔炼750~1150℃ 烟化1150℃、中频和工频~600℃
5	镍	1455℃	
6	锡	231.9℃	1150~1250℃
7	铋	630℃	
8	汞	-38.8℃	
9	镁	650℃	
10	钛	1660℃	
11	硅	1410℃	
12	钒	1902℃	
13	锆	937.4℃	<1000℃
14	锂	180.5℃	
15	钨	3410±20℃	
16	钼	2620℃	
17	金	1064℃	
18	银	961.9℃	
19	铂	1772℃	
20	单晶硅	1410℃	

附录 3：常见金属品种冶炼所涵盖作业工序清单

作业工序	主要生产活动	冶金方法
炼铁准备	烧结、球团	火法
炼铁： <u>指用高炉法、直接还原法、熔融还原法等，将铁从矿石等含铁化合物中还原出来的生产活动。</u>	高炉炼铁 直接还原铁生产 熔融还原铁生产 铁水铸造（模铸、连铸）	火法
炼钢： <u>指利用不同来源的氧（如空气、氧气）来氧化炉料（主要是生铁）所含杂质的金属提纯活动。</u>	铁水预处理 转炉炼钢 电炉炼钢 钢水炉外精炼 钢水铸造（模铸钢锭、连铸）	火法
铁合金冶炼： <u>指铁与其他一种或一种以上的金属或非金属元素组成的合金生产活动。</u>	高炉法冶炼 矿热炉法冶炼等 <u>铁合金浇注（模铸、浇注）</u> <u>锰的冶炼。</u>	火法
常用有色金属冶炼： <u>指通过熔炼、精炼、电解或其他方法从有色金属矿、废杂金属料等有色金属原料中提炼常用有色金属的生产活动。</u>	1.原料焙烧、浸出（含氧化铝） 2.蒸馏（真空） 3.还原熔炼 4.火法精炼 5.熔盐电解、电积精炼 6.炉渣处理 8.再生金属：废杂金属料熔炼精炼 9.坏料铸造（模铸/连铸/深） 10.常用有色金属冶炼：包括： <u>液态有色金属（指室温或常温下呈液态的金属及合金材料）冶炼。</u>	1-铜： <u>火法（85%）、湿法</u> 2-铝： <u>火法（焙烧/熔盐电解）</u> 3-铅： <u>火法（湿法实验阶段）</u> 4-锌：火法、 <u>湿法（80%）</u> 5-镍：火法（ <u>85%</u> ）、湿法 6-钴： <u>火法为主、湿法个别</u> 7-锡： <u>唯一方法-火法还原熔炼、电解精炼属湿法，很少</u> 8-锑： <u>火法（95%）、湿法</u> 9-汞： <u>火法绝对为主</u> 10-镁： <u>火法（硅热还原</u>
贵金属冶炼，如金、银等		

作业工序	主要生产活动	冶金方法
稀有金属冶炼， 如钨、钼、钛等	—基于上述要求，汞不纳入	<u>95%</u>) 11-钛： <u>火法</u> （唯一实现工业化- <u>金属热还原法</u> ），生产过程有湿法处理环节。
有色金属合金制造	1.熔炼（指以有色金属为基体，加入一种或几种其他元素所构成的合金生产活动） 2.再生合金： <u>废杂金属合金料熔炼精炼</u> 3.坯料铸造（ <u>模铸/连铸/半连续</u> ）	12.钒冶炼：五氧化二钒（湿法为主），钒精炼（火法为主） 13-工业硅：火法，矿热炉
黑色金属铸造	使用冲天炉、电弧炉、感应炉、电阻炉等冶炼（熔炼）炉从铁、锰矿石或废杂金属料中提取和精炼金属，且通过砂型铸造、离心铸造、压力铸造、熔模铸造等工艺进行铸铁件、铸钢件等成品或半成品的生产过程	
有色金属铸造	使用电弧炉、感应炉、电阻炉、反射炉等冶炼炉从有色金属矿石或废杂有色金属及合金料中提取和精炼金属，且通过砂型铸造、离心铸造、压力铸造、熔模铸造等工艺进行有色金属及其合金成品或半成品件的生产过程	

附录 4：炼铁（C3110）生产方法

C3110	释义	冶炼工艺	冶炼方法	主体设备	原因说明
炼铁	指用高炉法、直接还原法、熔融还原法等，将铁从矿石等含铁化合物中还原出来的生产活动	高炉炼铁原料制备：烧结生产+球团生产	高温焙烧，其间完成大量的物理化学反应	1.带式烧结机 2.竖炉 3.带式焙烧机 4.链篦机-回转窑	烧结、球团生产都属火法冶金范畴，都是在高温条件下进行的化学反应过程，主要发生固相间反应、固相液相间反应，同时存在部分液相间反应。烧结反应最高温度 1100-1500℃；球团生产最高温度在 900-1350℃左右。
		高炉炼铁	利用焦炭燃烧产生高温，同时主要用 C 和 CO 完成还原冶炼	高炉	典型的火法冶炼，高温条件下完成铁氧化物的还原过程（矿石在 1000℃以上才开始逐渐出现软化、熔化过程，直至 1400℃以上开始液态铁水滴落）
		直接还原： 分为气基还原法和煤基还原法两种	使用天然气经裂化产生 H ₂ 和 CO 气体作还原剂	1.竖炉 2.反应罐式炉 3.流化床	不用高炉直接将矿石炼成海绵铁的过程，是一种低温固态还原过程，全世界用气基法直接还原铁 90%左右，正常反应温度控制 600-900℃之间，煤基法略高，约 1000-1100℃之间。
			使用固体还原剂-煤做还原剂	回转窑	
熔融还原	熔融还原法分为一步法和二步法熔融还原	1.还原竖炉 2.矿热电弧炉 3.回转窑 4.循环流化床等	是指在熔融状态下把铁矿石还原成铁水的过程，属火法冶金高温作业。		

		铸铁	模铸	铸模	将高温液态铸造生铁（包括制造球墨铸铁用的生铁）经模铸制成铸铁件，冶金行业中已经很少实施。
			连续铸造	倾翻卷扬机 铸铁机	将液态高温炼钢生铁经连续铸造工艺，制成铁块，共电炉使用。

附录 5：炼钢（C3120）生产方法

C3120	释义	冶炼工艺	冶炼方法	主体设备	原因说明
炼钢	指利用不同来源的氧（如空气、氧气）来氧化炉料（主要是生铁）所含杂质的金属提纯活动	转炉炼钢	1.氧气顶吹炼钢法； 2.氧气底吹炼钢法； 3.氧气顶底复合吹炼转炉炼钢法	转炉	1.炼钢基本任务是脱碳、脱磷、脱硫、脱氧，去除有害气体和非金属夹杂物，同时提高温度和调整成分。归纳为四脱（脱碳、磷、硫、氧），二去（去气和去夹杂）。主要手段是供氧、造渣、升温、加脱氧剂和合金化操作。 2.高温液态熔融状态下完成冶炼过程，熔池温度控制 1400-1680℃左右，是传统的冶金火法工艺。 3.电弧炉炼钢属电热冶金范畴，实质可归入火法冶金一类。冶炼时，弧光区温度最高可到达 3000-600℃。 4.炉外精炼是把炼钢炉（转炉、电炉）初炼的钢液倒入钢包或专用容器内进行脱氧、脱硫、脱碳、去气、去除非金属夹杂物的调整钢液成分及温度，以进一步达到冶炼目的的炼钢工艺。
		电弧炉炼钢 （电热冶金，以电能作为热源的炼钢方法	传统冶炼操作包括：装料、熔化、氧化、还原、出钢等过程	电弧炉 中频炉	
		钢水炉外精炼主要手段有：渣洗、真空（或气体稀释）、搅拌、喷吹和加热（调温）等五种。	钢包精炼炉法 LF；真空吹氩脱气法 VD；循环真空脱气法 RH；真空提升脱气法 DH；真空吹氧脱碳法 VOD；电弧加热钢包脱气法 VAD；氩氧脱碳法 AOD 等	各类型精炼炉： LF（V）钢包炉； VD 钢包炉； RH 精炼炉； ASEA-SKF 钢包精炼炉； VOD 钢包炉； AOD 钢包炉等。	

		铸钢	模铸，分为上注法和下注法两种	盛钢桶 铸锭模 保温帽 底板和中注管	铸钢的任务是将成分合格的高温钢水铸成适合于轧钢和锻压加工所需要的一定形状的固体（连铸坯或钢锭），而连铸坯和钢锭既可以作为成品出售，又可以作为半成品进行后续加工。
			连续铸造	钢包、中间包、结晶器、二次冷却和铸坯导向装置、拉坯矫直、切割、出坯等装置。	

附录 6：铁合金冶炼（C3140）生产方法

C3150	释义	冶炼工艺	冶炼方法	主体设备	原因说明
铁合金 冶炼	指铁与其他一种或一种以上的金属或非金属元素组成的合金生产活动	高炉法	碳还原法	高炉	火法冶炼，由于易还原元素的铁合金和低品位铁合金，因所需还原温度低，可在高炉中冶炼。但因所需的冶炼温度比炼生铁高，加入焦炭较多，只能生产高碳产品，主要生产高炉锰铁，其约占我国铁合金总量 1/4 左右
		电炉法	碳热法 电硅热法（间断生产）	矿石还原炉（矿热炉） 电弧炉	属电热冶金范畴，归属火法冶炼，其产量占我国铁合金总量 70% 以上
		炉外法	金属热法铁合金	炉外法冶炼炉	用铝、硅铁、铝镁合金等作还原剂，还原精矿或纯氧化物来生产铁合金或纯金属
		真空碳还原法	真空固态还原法	真空电阻炉	因冶炼时间长、生产率低，合金密度小，夹杂多，未能推广
		转炉法	氧气吹炼	氧气顶吹转炉 氧气底吹转炉	主要生产低碳铬铁和中碳锰铁
		感应炉法	熔融冶炼	感应炉	主要生产钛铁
		铁合金浇铸	地坑(场地)浇铸、锭模浇铸和浇铸机浇铸 三种	地坑 锭模 浇铸机	将液态的铁合金注入模中使之凝固成锭的工艺过程。

附录 7：铜冶炼（C3211）生产方法

C3211	释义	冶炼工艺	冶炼方法	主体设备	原因说明
铜冶炼	指对铜精矿等矿山原料、废杂铜料进行熔炼、精炼、电解等提炼铜的生产活动。 -铜的冶炼仍以火法治炼为主，其产量约占世界铜总产量的 85%。	1.冰铜熔炼	高温熔融	闪速炉	冰铜熔炼是在高温和氧化气氛条件下将硫化铜精矿熔化生产硫化物共融体的方法。本质上将精矿的铜富集在冰铜中，而大部分铁的氧化物与加入的熔剂造渣。
		2.吹炼冰铜成粗铜	吹炼	卧室碱性转炉	熔炼产生的冰铜，以熔体状态注入转炉中，然后往熔体中鼓入大量空气，在一定时间内加入适量的石英熔剂，进行吹炼，最后得到粗铜。
		3.粗铜火法精炼	精炼	固定式精炼反射炉 回转式精炼炉 倾动式精炼炉	粗铜火法精炼是将固体粗铜熔化或直接装入粗铜熔体，鼓入空气，使杂质发生氧化，以氧化物形态行政炉渣或挥发进入炉气除去，残留在熔体中的氧经还原后浇注成电解用的阳极板。
		4.电解精炼	水溶液电解	电解槽	硫酸和硫酸铜水溶液中完成，属湿法。
		5.湿法炼铜（硫化铜精矿先进行硫化焙烧）	铜矿石浸出 萃取-电积 置换-电积 氢还原或热分解等方法	浸出槽 加压釜 电积槽	湿法炼铜是借助溶剂的作用，使矿石中的铜及其化合物溶解并转入溶液中，然后用萃取-电积，置换-电积，或氢还原或热分解等方法将溶液中的铜提取出来。

附录 8：铝冶炼（C3216）生产方法

C3216	释义	冶炼工艺	冶炼方法	主体设备	原因说明
氧化铝生产	A：拜耳法生产氧化铝	原矿浆制备	湿磨	湿磨机	拜耳法生产氧化铝：用氢氧化钠的溶液在高温高压下溶出铝土矿中氧化铝得到铝酸钠溶液，矿中的杂质生成不溶性化合物入渣，净化后的铝酸钠溶液，加入氢氧化铝晶种进行分解得到氢氧化铝晶体，然后经焙烧得到氧化铝产品。（除焙烧外，以湿法处理为主）
		浆液高压溶出	苛性碱溶液溶出铝土矿中氧化铝	1.管道化溶出装置；2.沉降槽	
		矿浆分离洗涤	沉降、过滤分离	搅拌槽、沉降槽	
		铝酸钠溶液的晶种分解	饱和铝酸钠溶液分解析出 $Al(OH)_3$	晶种分解槽	
		氢氧化铝煅烧	高温脱水	回转窑	
		母液蒸发与碳酸钠的碱化	物理蒸发	蒸发装置	
	B：碱-石灰烧结法生产氧化铝	1.制备生料浆	湿磨	湿磨机	原理：将铝土矿、碳酸钠和石灰制成料浆进行烧结得到铝酸钠熟料，然后用水或稀碱溶液对铝酸钠熟料进行溶出，得到铝酸钠溶液，将此溶液进行脱硅、净化处理后，往溶液中通入 CO_2 气体进行碳酸化分解得到氢氧化铝晶体，再经焙烧脱水得到氧化铝产品。
		2.生料浆烧结	高温固-液反应	高压泥浆泵、回转窑、球磨机	
		3.熟料溶出	化学溶解	沉淀池	
		4.铝酸钠溶液脱硅	物理或化学法析出二氧化硅	脱硅机、缓冲槽、沉降槽、叶滤机	
5.碳酸化分解		析出 $Al(OH)_3$	碳分解槽		

C3216	释义	冶炼工艺	冶炼方法	主体设备	原因说明
	C: 联合法生产氧化铝	高压溶出 矿浆分离洗涤 生浆料烧结 熟料熔出	混联法为主	湿磨机 回转窑 晶种分解槽 碳分解槽等	原理：先用拜耳法处理低硅铝土矿得到赤泥和铝酸钠溶液，溶液送去净化分解，赤泥则与一部分高硅铝土矿混合烧结成熟料进入烧结法生产流程。
电解铝生产	电热冶金-熔盐电解，属火法	固体氧化铝溶解在熔融冰晶石熔体后，通入直流电，两极上发生电化学反应，阳极上析出气态物质，阴极上得到液态铝	冰晶石-氧化铝熔盐电解法	1.自焙阳极电解槽 2.预焙阳极电解槽 3.喷射式真空抬包	以拜耳法、烧结法或联合法生产的纯度较高的固体氧化铝作原料，采用冰晶石-氧化铝熔盐电解法进行电解铝生产。氧化铝作为的溶质被溶解在其中，以炭素体作为阳极，铝液作为阴极，在 1208-1238K 下，发生电化学反应得到液态金属铝。铝液用真空抬包从槽内抽出，在铸造车间浇注成铝锭、铝棒等坯料。

附录 9：铅冶炼（C3212）生产方法

C3212	释义	冶炼工艺	冶炼方法	主体设备	原因说明
铅冶炼	火法炼铅是传统手段，湿法炼铅尚处于试验阶段	硫化铅矿直接熔炼	1.闪速熔炼 2.熔池熔炼	闪速炉 鼓风沸腾炉	直接熔炼采用工业氧气或富氧空气，通过闪速熔炼或熔池熔炼强化冶金过程利用氧化反应放射，或燃烧燃料完成氧化熔炼，产出粗铅和富铅渣。
		粗铅火法精炼	1.粗铅脱铜 2.粗铅脱砷（氧化精炼、碱性精炼） 3.调整锑含量	反射炉 熔铅锅 熔析设备 精炼锅	火法精炼是将粗铅放于精炼炉或精炼锅中，加入不同熔剂，使各种杂质造渣除去而得到精铅，其目的是除去对电解作业有害的铜、砷等元素，将粗铅提纯，得到适合电解要求的阳极
		粗铅电解精炼	水溶液电解	电解槽	以粗铅为阳极，纯铅始极片为阴极，进行水溶液电解，从而在阴极上析出铅（实质为电积过程，属湿法），从而制成电铅锭。

附录 10：锌冶炼（C3212）生产方法

C3212	释义	冶炼工艺	冶炼方法	主体设备	原因说明
锌冶炼	火法	1.氧化焙烧或烧结焙烧	高温有氧条件下进行 流态化焙烧	流态化焙烧炉	火法炼锌：1.首先将锌精矿进行氧化焙烧，使精矿中 ZnS 氧化为 ZnO，以便碳质还原剂所还原；2.还原阶段，由于锌的沸点较低，在高于其沸点的温度下还原出来的锌将呈蒸气状态从炉料中挥发出来，实现锌和炉料的分离。3.锌蒸气随炉气一道进入冷凝器，在冷凝器内冷凝成液体锌；4.粗锌的精炼是利用锌和杂质金属的沸点不同，采用蒸馏的方法来实现提纯，称为锌蒸馏。将精馏锌浇铸成锭，得到精锌。 火法工艺包括烧结焙烧、烧结矿还原熔炼、锌蒸汽冷凝、粗锌精炼等环节。
		2.还原熔炼	鼓风炉炼锌	鼓风炉	
		3.锌蒸汽冷凝	竖罐炼锌	竖罐	
			电热法炼锌	电阻炉 矿热炉	
	4.粗锌精炼	粗锌精馏法精炼	精馏塔		
	湿法： 全世界 80% 锌冶炼以湿法为主	1.流态化焙烧		焙烧炉	湿法炼锌一般要先将硫化锌矿进行焙烧，使 ZnS 变为易于被稀硫酸溶解的 ZnO。产品溶于硫酸得到 ZnSO ₄ 溶液经电解沉积后，阴极析出锌，最终熔化铸锭，即产出电锌。 湿法工艺包括：焙烧、浸出、浸出液净化和电解等过程。
		2.浸出	1.稀硫酸浸出	1.浸出槽（空气、机械搅拌两种）	
2.氧压浸出：不用焙烧，直接酸浸获得硫酸锌溶液			2.浓密机 3.各类滤机		
3.硫酸锌溶液的电解电积	水溶液电解	电解槽			

附录 11：镍冶炼（C3213）生产方法

C3213	释义	冶炼工艺	冶炼方法	主体设备	原因说明
镍冶炼 -占硫化矿炼镍 86%	硫化镍矿火法 冶炼	1.造锍熔炼： 有闪速熔炼和熔 池熔炼两种方式	鼓风炉熔炼法-基本 被淘汰	鼓风竖炉	造锍熔炼：将硫化物精矿（或焙烧矿）与熔剂 在高温 1200-1300°C加热熔化，使炉料中的硫 化铁氧化为氧化铁，其他杂质元素与石英等熔 剂生产炉渣，炉料中的 Ni ₃ S ₂ 、Cu ₂ S 和未氧化 的 FeS 结合成低镍锍，与炉渣分离。
			反射炉熔炼法	反射炉	
			矿热电炉熔炼法-属 熔池熔炼法	矿热电炉	
			闪速熔炼法	闪速炉	
		2.低镍锍吹炼	高温氧化过程	1.卧式转炉为主 2.氧气顶吹转炉	将低镍锍放在转炉内，鼓入空气加入石英熔 剂，使低镍锍中 FeS 和其他杂质氧化后与石英 造渣，部分硫和其他挥发性杂质随烟气排出， 得到高镍锍。
		3.高镍锍处理 物理化学方法	磨浮分离法-目前最 主要方法。	选矿、破碎 研磨设备	从高镍锍熔体铸锭缓冷生成的晶粒中分离硫化 铜、硫化镍和镍铜合金过程
			选择性浸出法： 湿法提取镍	浸出槽 卧式反应釜	1.硫酸选择性浸出-黑镍除钴-电解沉积（或氢 还原法）； 2.氨浸-氢还原法； 3.氯化浸出-电解沉积（或氢还原法）
		4.金属镍生产	1.硫化镍阳极隔膜电 解工艺—我国镍产量 90%左右由此法生 产。 2.不溶阳极电解	隔膜电解槽	硫化镍阳极隔膜电解工艺：以高镍锍磨浮分离 产出的硫化镍为可溶阳极，以硫酸镍和氯化镍 的混合液为电解液，以镍始极片为阴极，经电 解精炼获得纯镍的镍电解方法。

C3213	释义	冶炼工艺	冶炼方法	主体设备	原因说明
镍冶炼	氧化镍矿火法冶炼-占氧化镍矿炼镍 84%	回转窑干燥预还原-电炉熔炼法	1.干燥 2.煅烧、预还原 3.电炉熔炼 4.精炼	干燥窑 回转窑 矿热炉 镍铁包	1.氧化镍矿的特点：矿石中的镍常以类质同象分散在脉石矿物中，且粒度很细，因此不能用机械选矿方法予以富集，只能直接冶炼。 2.火法镍富集：将氧化镍矿中的镍熔炼成镍铁或低镍硫而使镍富集过程。 3.还原硫化熔炼：在鼓风炉内将矿石中的镍、钴和部分铁还原出来，与加入的硫化剂形成金属硫化物的共熔体并与炉渣分离。
		烧结-鼓风炉硫化熔炼法	1.干燥（1373k） 2.烧结 3.鼓风炉熔炼 4.镍硫的吹炼	干燥窑 压团/烧结机 鼓风炉 转炉	
		烧结-高炉还原熔炼法	高温焙烧 高温还原熔炼	压团、烧结机 高炉	
	氧化镍矿-红土镍矿湿法冶炼-占硫化矿炼镍 16%	还原焙烧-常压氨浸法	1.还原焙烧 2.常压氨浸 3.浓密机浓缩 4.回转窑煅烧	多膛炉 1033K 充气搅浸槽 浓密机 回转窑等	1.湿法镍富集：是将氧化镍矿中的镍浸出到溶液中而被提取的过程。 2.产品生产过程：是从富镍溶液中回收镍和钴，采用的是硫化物沉淀法。 3.湿法冶炼最终产品：金属镍（电镍、镍粉、镍块等）、混合镍钴中间产品、氧化镍及碳酸钴等。
		还原焙烧-加压酸浸法	1.原料准备 2.高压酸浸 3.中和及洗涤 4.产品生产-	浓密机 压煮器 浓密机 卧式高压釜	
	硫化镍矿湿法冶炼-占硫化矿炼镍 14%	硫酸化焙烧-常压酸浸	常压酸浸+还原熔炼+电解精炼	浸出槽 卧式反应釜	主要方法：1.硫酸选择性浸出-黑镍除钴-电解沉积（或氢还原法）；2.氨浸-氢还原法；3.氯化浸出-电解沉积（或氢还原法）
		高压氨浸	高压氨浸+氢还原		

C3213	释义	冶炼工艺	冶炼方法	主体设备	原因说明
镍冶炼	镍的精炼	硫化镍的电解精炼 -湿法工艺	硫化镍可溶阳极隔膜电解工艺	搅拌槽 隔膜电解槽	1.可溶阳极电解精炼，即粗镍阳极电解和硫化镍阳极电解。 2.镍电解精炼：电解槽阴极为钛板或不锈钢板，阳极为硫化镍、粗镍或镍基合金废料等。槽内加电解液，两极通直流电后阳极溶解，阴极析出电镍。
		硫化镍矿湿法冶炼-镍电积 -湿法工艺	不溶阳极隔膜电积镍		1.镍电积精炼：采用不溶阳极隔膜电解工艺，阳极为铅板，阴极为镍始极片。 2.电积过程中阴极液由阴极室渗入阳极区，电解槽内阳极液由槽壁导流管从槽底引至电解槽溢流口排出，经集流管流至阳极液中间槽。含硫酸40%左右阳极溶液泵入阳极液储槽或送往高镍铈浸出工序，生产槽阴极产出的成品电积镍经烫洗、质检后包装入库。
		羰基法生产高纯镍 -火法工艺	熔化、粒化	转炉、电弧炉	高冰镍吹炼，高温1773K以上
			羟基镍的合成	合成釜	增加反应速率，简化冷凝液化过程
			羟基镍的精馏提纯	精馏塔	利用镍和铁的羟基化合物的不同挥发性，使镍和铁分离。
羟基镍的分解	分解器	羟基镍453-493K条件下发生分解，得到不同牌号和用途的镍粉、镍丸及镍箔等产品。			

附录 12：锡冶炼（C3214）生产方法

C3214	释义	冶炼工艺	冶炼方法	冶炼主体设备	原因说明
锡冶炼	火法冶炼	1.锡精矿焙烧	氧化焙烧法	流态化焙烧炉	1.采用氧化焙烧及氧化还原焙烧方式，使硫、砷、锑等金属呈氧化物气态物质挥发除去，同时除去部分铅。焙烧温度约 800-960℃。 2.氯化焙烧对设备有腐蚀，仅个别使用
			氧化还原焙烧法	回转窑	
			氯化焙烧法	多层焙烧炉	
2.锡精矿、锡焙砂的浸出	常压浸出	圆筒浸出槽 机械搅拌浸出槽	锡精矿含有铁、铅、锑等杂质，若在还原熔炼前不去除，这些杂质将进入粗锡中，使粗锡精炼发生困难，导致锡的冶炼直收率下降，通常采用盐酸浸出某些杂质，浸出后的浸出渣为较纯的锡精矿，送去还原熔炼。		
	高压浸出	高压釜			
3.锡精矿的还原熔炼 -是生产锡的唯一方法	火法高温还原	反射炉 矿热电炉（电弧电阻炉） 澳斯麦特炉 鼓风炉、转炉（个别使用）	1.一定条件下，使原料中锡的氧化物和铅的氧化物还原成金属加以回收，同时铁的高价氧化物还原成低价 FeO，与精矿中的脉石成分、固体燃料中的灰分，配入的熔剂生成 FeO、SiO ₂ 为主体的炉渣，和金属锡铅分离。 2.反射炉炉内温度~1400℃，使用最多（约占 85%），矿热炉（约占 10%）、澳斯麦特炉次之。		
锡冶炼	火法冶炼 （电解精炼属水溶液电解，可归入湿法范畴）	4.炼锡炉渣及低锡物料处理	1.鼓风炉加石灰再熔炼法	1 鼓风炉	硫化挥发法利用锡的硫化物与炉料中其他组元挥发性能的差别而达到分离和富集的目的，即利用沸点不同，实现锡的高温挥发。
			2.硫化挥发法	2.烟气炉	
5.锡火法精炼	熔析法除铁、砷	反射炉（间断作业），少数电炉	1.国内外锡的精炼主要以火法为主，辅以电解精炼，少数厂采用全电解精炼。		

C3214	释义	冶炼工艺	冶炼方法	冶炼主体设备	原因说明
			凝析法除铁、砷	精炼锅+搅拌机	<p>2.原理：利用锡与杂质对氧、硫和氯的亲合力的差别，以及杂质不溶于液态的化合物的试剂作用，来达到精炼目的。这些工序的共同特点是：生成的化合物杂质浮于液体锡上，可以用固体或粘性产物形式从金属表面捞去。</p> <p>3.除真空精炼（密闭容器进行）工艺外，其余方法均为常压精炼。这些常压精炼方法存在浮渣较多，增加作业、污染环境等不足。</p>
			离心机除铁、砷	悬臂离心机	
			加硫除铜	精炼锅+搅拌机	
			熔析、结晶法除铅、铋	连续结晶机 精炼锅+搅拌机	
			加铝除砷、锑		
			锡真空精炼	1.立式多级塔盘式真空炉；2.卧式真空炉；3.内热式多级连续蒸馏真空炉	
		6.锡电解精炼	水溶液电解-湿法	电解槽	<p>1. 属水溶液电解-湿法。所采用的电解液有酸性和碱性两种，由于酸性性质稳定，生产费用低，大家乐于采用。2.电解过程中有大量金属被积压，故其发展受到限制。</p>

附录 13：铈冶炼（C3215）生产方法

C3215	释义	冶炼工艺	冶炼方法	主体设备	原因说明
铈冶炼	火法冶炼：我国 95% 以上用火法。分为挥发焙烧-还原熔炼或挥发熔炼-还原熔炼等方法。	1.铈精矿的挥发焙烧	高温氧化焙烧：	1.直井炉 2.平炉 3.回转窑 4.沸腾炉 5.烧结机	1.主要流程：先将硫化铈矿石或精矿挥发焙烧（熔炼）产出三氧化铈，三氧化铈再经过还原熔炼和精炼，产出金属铈。 2. 挥发焙烧原理：硫化铈在矿石或精矿在空气不足的情况下，受热氧化为易挥发的三氧化铈，三氧化铈随炉气进入收尘系统，冷凝成白色粉末状结晶沉淀下来，达到铈与脉石的分离。
		2.铈精矿挥发熔炼	鼓风炉挥发熔炼	鼓风炉	国内主流方式：原料为高品位铈精矿。
			赫氏炉（竖井式挥发焙烧炉）	竖井炉	原料为低品位铈精矿，得到粗铈氧粉-三氧化铈。
			熔池熔炼-连续烟化挥发法	烟气炉	原料范围不受限制-低、高品位均可，处于工业试验阶段。
		3.三氧化铈还原熔炼	一阶段还原熔炼	还原熔炼反射炉	1.一阶段：氧化铈还原为金属铈。 2.二阶段：除去铈氧中的杂质的造渣和挥发过程。一般为氧化或硫化过程，通过氧化或硫化使杂质生成氧化物或硫化物进入炉渣而除去。
二阶段还原熔炼					
铈冶炼	火法冶炼：我国 95% 以上用火法。分为挥发焙烧-还原熔炼或挥发熔炼-	4.硫化铈精矿的直接熔炼）：即不需要前期铈氧粉的挥发环节而直接从硫化铈精矿	1.沉淀熔炼法	1.坩埚炉 2.深炉膛反射炉或特殊腰鼓炉	1.对高品位的辉铈矿或精矿，可用直接沉淀熔炼法直接产出金属铈。 3. 碱性熔炼反应：金属硫化物与强碱共熔析出金属的反应。
			2.碱性熔炼	回转窑、腰鼓炉、电炉	

C3215	释义	冶炼工艺	冶炼方法	主体设备	原因说明			
	还原熔炼等方法。	产出金属铈的方法。	3.造铈熔炼	三相交流电炉 浸出槽 电解槽	1.先将硫化铈精矿熔炼成铈铈，然后对铈铈处理得到得金属铈，即两步熔炼。 2. 铈铈处理：（1）湿法浸出。使铈溶于硫化钠溶液中，再对溶液进行电积或用置换法获得铈；（2）将铈铈进行熔盐电解处理，在阴极上析出铈。			
			3.1 熔炼					
			3.2 铈铈处理					
			5.铈的精炼： 以火法精炼为主。			1.反射炉精炼	反射炉	使杂质形成密度较铈液轻的浮渣而分离除去（火法）。
			2.水溶液电解			电解槽	水溶液电解精炼，属湿法	
	3.真空蒸馏精炼	真空蒸馏炉	国内尚未有工业生产的报道（火法）					
		4.熔盐电解精炼	电解槽	国内尚未有工业生产的报道（火法）				
	铈的湿法冶炼：分为碱性和酸性两种。酸性炼铈未在工业上实现	1.碱性浸出-硫代亚铈酸钠溶液电解； 2.酸性湿法和矿浆电解法炼铈未工业化	1-1 间断浸出 1-2 连续浸出（工业上多以此为主） 2-水溶液电解	搅拌浸出槽 连续浸出槽 电解槽	包括铈的碱性浸出和浸出液处理两大工序。即先用硫化钠或氢氧化钠溶液浸出铈精矿，产出的硫代亚铈酸钠溶液，然后对硫代亚铈酸钠溶液进行电积，产出阴极铈，或者对硫代亚铈酸钠溶液进行还原处理，产出金属铈粉。			

附录 14：汞冶炼生产方法

C3212	释义	冶炼工艺	冶炼方法	主体设备	原因说明
汞冶炼	火法冶炼 -国内外传统炼汞方法	硫化汞矿石或汞精矿焙烧	高温焙烧	流态化焙烧炉回转窑 多膛炉 回转蒸馏炉	火法炼汞：是在 450~800℃温度下，将汞矿石或精矿进行焙烧，直接将汞还原呈气态分离出来，而后冷凝成液态汞，得到粗汞，纯度可到 99.9%。
		汞蒸汽冷凝	物理冷凝	管式表面冷却器	
		粗汞提纯	物理过滤	鹿皮 或毛呢过滤器，	必要时还进行酸洗、碱洗或再蒸馏
	湿法	汞精矿浸出 浸出液净化	1.硫化钠浸出 2.次氯酸盐溶液浸出	浸出槽	湿法炼汞可减少空气污染，但技术经济指标比火法炼汞差，故很少采用。
		电积或萃取	水溶液电解	电解槽	
	汞精炼	蒸馏	多级真空蒸馏	卧式汞蒸馏釜 冷凝器	将精汞在真空或充满惰性气体的气氛下进行蒸馏或电解而制取到高纯汞，纯度在 99.9999% 以上。
		电解			

附录 15：我国镁冶炼（C3217）生产方法

C3217	释义	冶炼工艺	冶炼方法	主体设备	原因说明
镁冶炼	热还原法： 1.硅热法 2.炭热法 3.碳化物热还原法（后两种少见）	硅热还原法：产量占总产量 95% 以上。	白云石煅烧	回转窑（主要） 立式焙烧窑 沸腾炉	1.原理：煅烧后的白云石和的硅铁按照一定比例配比成磨成细粉，压制成块，装在耐热合金罐内，在一定的温度和压力下，还原得到镁蒸气，冷凝结晶成固态粗镁，精炼后得到纯镁。 2.氧化镁还原炉内气必须保证还原条件（1473k，小于 13.3Pa 的真空度）。
			氧化镁还原	还原炉 还原罐	
		硅热法新工艺	非真空，常压下进行还原	填充床式气体-固体反应器	
	氯化熔盐电解法： 是把镁盐、海水、卤水、菱镁矿等为原料制成氯化镁，然后进行电解得到金属镁。	氯化镁的生产	水氯镁石脱水	喷雾塔、沸腾炉 熔融槽、氯化炉	1.氯化熔盐电解法分为：以菱镁矿为原料的无水氯化镁电解法和以以镁盐、海水、卤水、菱镁矿等为原料制取无水氯化镁的电解法两种。 2. 水氯镁石脱水分为两个阶段：一是在热空气中脱水，得到 $MgCl_2 \cdot 2H_2O$ ；二是 $MgCl_2 \cdot 2H_2O$ 彻底脱水。
			菱镁矿（ MgO ）制备氯化镁	氯化炉（竖式电炉）	菱镁矿在 1073K 温度下煅烧得到 MgO
		氯化镁电解	熔盐电解 属火法冶金	上插阳极电解槽、 无隔板电解槽、道 屋型电解槽等	原理：将 $MgCl_2$ 熔体作为电解质注入电解槽，通入直流电后，在两极上发生电化学反应，阳极上得到氯气，阴极上得到液态镁。

C3217	释义	冶炼工艺	冶炼方法	主体设备	原因说明
镁冶炼	粗镁精炼	粗镁除铁	海绵钛、硼化物锆及氧化锆除铁	坩埚等	
		熔剂精炼		精炼炉	粗镁中的氧化物杂质通过熔盐体系由物理或化学吸附而除去。
		添加剂深度精炼		精炼炉	在镁中加一些金属元素或氧化物，使其与金属杂质形成溶解度极小的金属化合物，并从镁中分离出去。
		升华精炼		真空精炼炉	根据镁和其中所含杂质的蒸汽压不同，在一定温度和真空条件下使镁蒸发，而与杂质分离。
		感应精炼炉精炼		感应精炼炉	利用电磁感应原理使坩埚内的金属炉料产生电磁涡流，涡流产生热量，提高热效率的精炼方法。

附录 16：钛冶炼（C3239）生产方法

说明：稀有稀土金属冶炼（C323）：指钨钼、稀有轻金属、稀有高熔点金属、稀散金属、稀土金属及其他稀有稀土金属冶炼活动，但不包括钷和铀等放射性金属的冶炼加工。

C3239	释义	冶炼工艺	冶炼方法	冶炼主体设备	原因说明
钛冶炼	火法冶炼	富钛料（钛渣或人造金红石）的制取	1.电炉熔炼法： 电炉熔炼高钛渣	1.敞口电炉-间歇操作 2.密闭电炉（圆形密闭电炉和矩形密闭电炉）	电炉熔炼法是钛精矿与还原剂无烟煤或石油焦等混合加入电炉中进行还原熔炼，矿中的氧化物被选择性还原为金属铁，而钛的氧化物被富集在炉渣中，经渣铁分离获得钛渣和金属铁。
			2.电热法生产人造金红石	回转窑	将电炉还原熔炼钛精矿获得的高钛渣在回转窑中焙烧成人造金红石。
			3.湿法-酸浸法： 包括还原、浸出、过滤、洗涤、煅烧等工序。	回转窑 回转压煮器 真空过滤机	钛精矿在稀酸中选择性浸出铁、钙和镁杂质使TiO ₂ 富集，有盐酸浸出法和硫酸浸出法，最终都经煅烧除去富钛料中的水分和硫，得到人造金红石
			4.湿法-锈蚀法： 包括氧化焙烧、还原、锈蚀、酸浸等工序。		钛精矿中铁氧化物还原为金属铁后，采用电化学腐蚀法将铁锈蚀并分离出来，使TiO ₂ 富集，获得人造金红石。

C3239	释义	冶炼工艺	冶炼方法	冶炼主体设备	原因说明
		富钛料的氯化-选择氯化法	流态化氯化 熔盐氯化 竖炉氯化	流态化氯化炉 熔盐氯化炉 竖式氯化炉	富钛料氯化焙烧是往固体富钛料中通入氯气，在富钛料不发生熔融的高温下进行氯化的反应过程，得到 TiCl ₄ 。
钛冶炼	火法冶炼	粗 TiCl ₄ 精制	物理法除高沸点和低沸点杂质	精馏浮阀塔 铜丝塔 蒸馏釜	蒸馏或精馏法除杂质。对易分离的高沸点杂质用蒸馏法；对难分离的低沸点杂质用精馏法-属物理方法。
			化学法除钒： 铜除钒；铝粉除钒； H ₂ S 除钒等	冷凝器	化学法除钒是在粗 TiCl ₄ 中加入化学试剂，生成难溶钒化合物，使钒和 TiCl ₄ 分离
		海绵钛的生产： 金属热还原法是 唯一实现工业化 生产的钛冶炼方 法	镁还原-真空蒸馏法- 为主	1-还原蒸馏罐 2-还原加热炉 3.真空设备等	经过富集-氯化-精制取得的 TiCl ₄ 在惰性气氛中用镁还原，然后进行真空蒸馏分离除去镁和 MgCl ₂ ，得到海绵钛。
			镁还原-酸浸法	还原蒸馏设备 酸浸槽 干燥设备	用盐酸和硝酸混合液从还原产物中溶解出剩余镁和残留 MgCl ₂ ，水洗、干燥后得到海绵钛。
			镁还原-氩气循环蒸 馏法	卧式反应器	采用卧式还原反应器和氩气循环蒸馏法分离还原产物得到海绵钛。
钠还原法		在惰性气氛保护下，用钠还原 TiCl ₄ 生产海绵钛。			

C3239	释义	冶炼工艺	冶炼方法	冶炼主体设备	原因说明
		海绵钛真空熔炼	真空自耗/非自耗电 弧熔炼 真空-充气电渣熔炼 等	真空自耗/非自耗电 弧炉 电渣熔炼炉	真空自耗电弧熔炼是在低压和惰性气氛中，钛电极棒在直流电弧的高温作用下迅速熔化并在水冷铜坩埚内再凝固的过程，温度只要达到钛的熔点，1941K 以上就好。

附录 17: 钒冶炼 (C3239) 生产方法

说明: 涉及熔融金属的钒冶炼即钒精炼, 是用五氧化二钒作为原料, 脱除粗金属钒中的杂质, 产出高纯金属钒的过程, 为钒冶金流程的组成部分。粗金属钒中的氧、氮、碳等非金属杂质含量较高, 塑性差。精炼除去杂质后, 可使金属钒的塑性提高。经精炼的金属钒的纯度可达 99.9%, 经过二次电解精炼还可制得纯度达到 99.99% 的高纯钒。工业采用的钒精炼方法有真空精炼、熔盐电解精炼、碘化物热离解法、区域熔炼等。今后有可能采用电子束区域熔炼和电迁移法精炼。。

C3239	<p>1.<u>真空精炼</u>: 这是一种可以大量生产纯钒的方法。先用高纯铝还原 V_2O_5 得到钒铝合金。再将钒铝合金破碎。在真空炉中加热至 1973K 温度除铝而得到海绵钒。海绵钒压成锭后在电子束炉熔炼进一步去除残余的铝、氧、铁及其他挥发性杂质, 可生产出 99.9% 的纯钒。</p> <p>2.<u>熔盐电解精炼</u>: 以铝热还原法生产的金属钒作可溶性阳极, 在 $LiCl-KCl-NaCl-VCl_2$ 熔盐体系中进行电解精炼。在电解槽工作温度 893K、槽电压约 0.3V、总电流为 20-25A、阴极电流密度 3200-3700A/dm² 的电解条件下, 可生产出纯度 99.2% 的金属钒。在电解精炼前一般向槽内通入少量氯气使电解质含有 VCl_2。</p> <p>电解槽充氩气密封, 电解槽内的坩埚材料选用电桩电位较正的金属, 如钼、镍等, 阴极棒一般采用钼材。在精炼过程中, 随着阳极钒的溶解, 粗钒表面逐渐氧化和钝化, 致使电流效率下降, 产品质量变差, 一般在阳极粗钒溶解 30% 以后需停炉处理。电解精炼产品经水洗涤, 钒纯度可达 99.5%-99.9%。这样纯度的钒可加工成材。电解精炼的阴极电流效率为 88%-94%。电解精炼脱氧、脱硅效果最佳, 铁、铝次之, 除铬最难。</p> <p>制取低铬高纯钒, 采用低铬粗钒作原料。采用含 KCl 51%、$LiCl$ 41% 和 VCl_2 8% 组成的电解质, 在槽电压 0.3-0.54V、阴极电流密度 33.4-37.7A/dm² 的条件下。通过二次电解精炼可生产纯度 99.99% 的钒, 阴极电流效率为 89%-92% [2]。</p> <p>3.<u>碘化物热离解</u>: 与碘化物热离解法提纯类似, 先往钼质的碘化反应器内放入粗钒和碘, 碘化反应温度控制在 1073K, 钒丝热离解温度为 1573K。</p> <p>4.<u>区域熔炼</u>: 采用真空悬浮区域熔炼精炼。直径 4.4mm 的钒棒在真空压力 1.333MPa, 精炼熔区长度 6-10mm、熔区移动速度 57.16mm/h 条件下, 经 6 个行程即可获得高纯钒。此法除铁效果较好, 除硅、钨效果较差, 且生产能力小。</p>
钒精炼	

附录 18：硅冶炼（C3218）生产方法

说明：工业硅又称金属硅，是由硅石和还原剂在矿热炉内冶炼而生成的一种硅单质（含量 98% 以上）产品。按照铁、铝、钙含量的不同，工业硅可划分为多种规格。

生产工艺流程：硅石及炭质还原剂按一定的配比称量自动加到矿热炉内，将炉料加热到 2000℃ 以上，二氧化硅被炭质还原剂还原生成工业硅液体和一氧化碳（CO）气体，CO 气体通过料层逸出。在硅水包底部通入氧气、空气混合气体，以除去钙、铝等其他杂质。通过电动包车将硅水包运到浇铸间浇铸成硅锭。硅锭冷却后进行破碎、分级、称量、包装、入库得到成品硅块。烟气经炉口烟罩进入烟道，经空冷器、风机进入布袋除尘器除尘等环保设施处理后，达到国家规定排放标准排放。

3218		硅冶炼	
	◇	包括下列硅冶炼活动：	
		—	冶金级硅（工业硅）。
	◆	不包括：	
		—	多晶硅棒（太阳能级多晶硅、电子级多晶硅），列入 3099（其他非金属矿物制品制造）；
		—	电子半导体用单晶硅片、多晶硅片及相关硅产品，列入 3985（电子专用材料制造）。

说明：上表引自国家统计局 2019 年 5 月 22 日《2017 国民经济行业分类注释》（按第 1 号修改单修订）。

附录 19：黑色金属铸造（C3391）生产方法

C3391	释义	冶炼工艺	冶炼方法	主体设备	原因说明
黑色金属铸造	指铸铁件、铸钢件等各种成品、半成品的制造		<p>金属铸造是将熔融金属浇注、压射或吸入铸型型腔中，待其凝固后而得到一定形状和性能铸件的方法。黑色金属铸造是机械制造业的重要组成部分，生产过程物料重且多，运输量大且复杂，环境恶劣。</p> <p>目前，机械制造业所用的零件毛坯中约 70% 是铸件。铸造工艺一般按造型方法来分类，习惯上分为砂型铸造和特种铸造（包括离心铸造，低压铸造，差压铸造，增压铸造，石膏型铸造，陶瓷型铸造等），但在我国当前是以砂型铸造更为普遍。金属铸造工艺通常包括：</p> <p>铸型（使液态金属成为固态铸件的容器）准备。铸型按所用材料可分为砂型、金属型、陶瓷型、泥型、石墨型等，按使用次数可分为一次性型、半永久型和永久型。铸型准备的优劣是影响铸件质量的主要因素。</p> <p>铸造金属熔化与浇注。铸造金属（铸造合金）主要有铸铁、铸钢和铸造有色合金。</p> <p>铸件处理和检验。铸件处理包括清除型芯和铸件表面异物、切除浇冒、铲磨毛刺和披缝等凸出物以及热处理、整形、防锈处理和粗加工等工作内容。</p> <p>铸造生产常用的设施设施主要包括：</p> <p>1.砂处理设备：碾轮式混砂机、逆流式混砂机、叶片沟槽式混砂机、多边筛等。</p> <p>2.造型、造芯用的各种造型机：造芯机，如高、中、低压造型机，抛砂机、无箱射压造型机、射芯机、冷和热芯盒机等。</p> <p>3.金属冶炼设备：冲天炉、电弧炉、感应炉、电阻炉、反射炉等。</p> <p>4.铸造和铸件清理设备：金属型铸造机、压铸机、离心铸造机等铸造机械和落砂机、抛丸机、清理滚筒机等。</p>		

附录 20：有色金属铸造（C3392）生产方法

C3392	释义	冶炼工艺	冶炼方法	主体设备	原因说明
有色金属铸造	指有色金属及其合金铸造的各种成品、半成品的制造	<p>有色金属铸造生产就是对熔融状态的金属或合金熔体，通过控制其冷却速度的快慢，<u>将其铸造成形状、尺寸、成分、组织等符合压力加工要求的铸锭的过程</u>。涉及的主要装备设施包括锭模、半连续铸造机、水平连续机，同时也包括热顶及热模铸造、电磁铸造设施等。</p> <p>除相关工艺与黑色金属铸造相似外，重点以半连续铸造、连续铸造、压力铸造为主。</p> <p>半连续及连续铸锭生产安全</p> <p>1.结晶器应无漏水及渗水现象；进入结晶器的引锭托座应进行干燥，铸造用的工具如中间包（或炉头箱）、漏斗及其他用品均需事先预热。铸造前，结晶器、引锭托座、漏斗三者应对正同心；结晶器和引锭托座均应保持水平，液流调节系统应灵活好用。</p> <p>2.铸造过程中，要严格控制工艺参数，注意防止堵眼、悬挂、上冒、下漏等事故发生。并确保铸造机安全运转。平时生产中，对铸造机应注意润滑；防止重物落下铸造井内，以免砸坏机械零件；在吊起铸锭之前，应先打开托座的夹紧装置，以免将底盘或夹紧机构吊坏，或者将钢丝绳拉断。</p> <p>3.吊运铸锭时，要注意安全。通常，圆锭多用钢丝绳吊运，所用的钢丝绳型号应与铸锭质量相适应。凡是硬化、腐蚀、断股的钢丝绳严禁使用。吊大锭时，须用专门的夹钳吊运，铸锭吊钳要精心维护，用前仔细检查。凡是吊运铸锭或其他重物时，重物下面严禁站人，以防重物落下伤人。</p>			