

《清洁生产标准 镍选矿行业》

编制说明

《清洁生产标准 镍选矿行业》课题编制组

二〇〇七年七月

目 录

1 概况.....	1
2 编制过程.....	2
3 适用范围.....	2
4 指导原则.....	3
5 制订标准的依据和主要参考资料.....	3
5.1 标准制定的依据.....	3
5.2 主要参考资料.....	3
6 编制标准的基本方法.....	4
6.1 方法概述.....	4
6.2 生产工艺与装备要求指标的确定.....	4
6.3 资源能源利用指标的确定.....	4
6.4 污染物产生指标的确定.....	5
6.5 废物回收利用指标的确定.....	5
6.6 环境管理要求的确定.....	5
7 标准实施的技术可行性和经济分析.....	6
7.1 标准的经济分析.....	6
7.2 标准实施的技术可行性.....	7
7.3 标准实施的可操作性.....	7
8 标准的实施建议.....	8
附表1 国内主要镍生产企业概况.....	9
附表2 国外主要镍生产企业概况.....	10
附图一 碎矿筛分工艺流程图.....	11
附图二 磨浮工艺流程图.....	13
附图三 精选脱水工艺流程图.....	14
附图四 尾矿处理工艺流程图.....	15

1 概况

清洁生产是我国工业可持续发展的一项重要战略，也是实现我国污染控制重点由末端治理向生产全过程控制转变的重大措施。

近几年来，企业参加清洁生产审核的数量呈上升趋势，企业和咨询机构在清洁生产审核过程中，如何判断一个企业或者一个项目是否达到清洁生产要求一直非常困难。本标准的制定，可用于镍选矿企业的清洁生产审核和清洁生产潜力与机会的判断，以及企业清洁生产绩效评定和企业清洁生产绩效公告制度。

世界镍资源总量约4700万t，主要分布于古巴（1800万t）、俄罗斯（660万t）、加拿大（620万t）、新喀里多尼亚（450万t）和印度尼西亚（320万t），中国的保有储量仅为72.5万t。从1990年到1998年，世界镍产量逐年增加，从1990年82万吨增加到1998年的105万t，主要产镍国为俄罗斯（24.4万t/a）、加拿大（14.7万t/a）、澳大利亚（8.0万t/a）以及挪威（7.0万t/a）和中国（4.8万t/a）。我国镍的生产主要集中于金川集团有限公司、吉林镍业公司、四川铜镍有限责任公司和新疆有色金属工业公司，2004年以矿产品为原料生产的镍量（金属量）约为8万t，其中新疆为3000 t，吉林为5800t，甘肃为71000 t。甘肃（金川）的镍产量占中国镍生产量的88%以上。

世界镍的消费量呈增长趋势，年均增长 2.7%左右，与产量增长的速度相当。2010 年我国镍的消费量将接近 25 万吨，产量预计 16 万吨左右。由于选矿技术等原因，我国至今仍是“采富留贫”，随着镍产量的逐年增加，开采量越来越大，高品位的富矿资源日趋减少，如何充分利用原矿石越来越受到人们的重视。由于选矿技术等原因，尾矿产生量和废水产生量仍居高不下，资源得不到充分利用。大量的尾矿和废水不仅造成了资源的浪费和环境的污染，也给企业带来了处理废水及废渣的经济负担，解决上述问题的最好办法即从源头入手，实施全过程控制和综合利用，走清洁生产之路。

从国内情况看，从清洁生产和保护环境角度对企业提出原材料指标、废物回收利用指标尚属首创。资源消耗指标，例如：选矿回收率、新鲜用水量和精矿品位等，镍选矿行业对此十分重视，多年来积累了大量的经验和数据，可用以借鉴和参考。在污染物的产生指标方面，目前镍选矿行业尚无自己的行业标准和要求。

本标准主要针对行业的典型工艺来设定清洁生产的指标和基准数据值，具体的基准数据按行业的实际情况考虑分级。

制订标准时以可持续发展，考虑生命周期，作为我国现行环境管理制度（限期治理、排污许可证）的技术支持。

根据清洁生产的要求，制订本标准以整体污染预防为主，提出五类指标，生产工艺与装备要求、资源能源利用指标、污染物产生指标、废物回收利用指标和环境管理要求；从现行镍选矿行业污染预防技术角度出发，将标准分为一、二、三级。

2 编制过程

根据国家环境保护总局环办[1999]127号“关于下达2000年度国家环境保护标准制（修）订项目计划的通知”及其项目计划表的相关要求，受中国环境科学研究院清洁生产与循环经济研究中心的委托，甘肃省环境科学设计研究院（清洁生产指导中心）于2002年承担了该标准的编制工作。

甘肃省环境科学设计研究院、中国环境科学研究院和金川集团有限公司组成课题组。根据标准编制的要求，课题组首先进行了大量的资料调研，并深入甘肃省金川集团有限公司选矿厂进行了现场考察，并于2002年8月完成了标准的草稿。针对草稿的内容向北京有色金属设计研究总院、北京矿冶研究总院环保研究所、金川集团有限公司技术部、安环部等单位征求了意见，选矿行业的专家在认真审阅了标准的草稿后提出了宝贵的意见和建议。课题组根据专家提出的意见和建议，对标准草稿进行了有针对性的修改和完善，形成征求意见稿。同年9月，国家清洁生产中心在北京召开了标准的第一次审查会，参加会议的有国家清洁生产中心的领导和来自中国矿业联合会选矿委员会的专家，会上针对标准的内容展开了讨论，并提出了宝贵的意见建议，为标准的进一步完善起到了积极的作用。同年11月，国家环保总局以环办函[2002]358号《关于征求《清洁生产技术要求 乳制品制造业》等23项行业清洁生产技术要求（征求意见稿）意见的函》的形式，在全国范围内对标准征求意见，针对《清洁生产标准 镍选矿行业》反馈意见的单位有：金川集团有限公司、天津市环保局、福建省环保局、甘肃省经贸委、中科院标准所、北京有色冶金院、河北省环保局等多家单位。针对这些反馈意见和建议，课题组又开展了大量的资料调研工作，并对标准进行了第二次完善，并于2003年6月形成送审稿。随后根据国家清洁生产中心陆续反馈的信息，最终于2004年10月完成送审稿。

2005年9月22日，我院与中国环境科学研究院正式签定了《镍选矿行业清洁生产编制合同》，根据合同要求，2005年11月，课题组再次赴金川集团有限公司选矿厂进行了调研。课题组根据此次调研的成果进行了总结，对标准进行了第三次完善，并上报。

2006年3月，中国环境科学研究院清洁生产与循环经济研究中心将第三次修改后的标准又向中国矿业联合会选矿委员会、金川集团有限公司征求了意见，并将意见于同年8月反馈给课题组。课题组在对意见认真分析整理的基础上，对标准进行了第四次修改和完善，并上报。

2007年2月由国家环境保护总局科技标准司主持对镍选矿行业清洁生产标准进行了评审，根据与会专家的意见和标准审议会纪要，课题组认真进行了修改并形成发布稿上报审批。

3 适用范围

本标准适用于镍选矿业的企业清洁生产审核、清洁生产绩效评定和清洁生产绩效公告制度。

4 指导原则

制订清洁生产标准的基本原则是：

依据生命周期的分析理论, 针对镍矿石进入碎矿作业区开始到排入尾矿坝为止的全过程, 从生产工艺及装备要求、资源能源利用指标、污染物产生指标（末端处理前）、废物回收利用指标和环境管理要求五个方面来考虑。

具体原则如下：

(1) 符合清洁生产的思想, 体现预防为主的原则。本标准完全不考虑末端治理, 因此, 污染物产生指标是指污染物离开生产线时的数量和浓度, 不是经过处理之后的数量和浓度。

(2) 符合产业政策和镍选矿行业发展趋势的要求。

(3) 对难以量化的指标, 不设定基准值, 但给出明确的限定或定性的说明, 力求实用和可操作; 各项指标均选用镍选矿业和环境保护部门常用的指标, 以易于企业和审核人员的理解和掌握。

(4) 因镍选矿行业的企业规模和管理水平差异较大, 各个企业的指标值均相差甚远, 考虑到大多数镍选矿企业的积极性, 基准值设定时考虑国内外现有技术水准和管理水平, 并要有一定的激励作用, 以及今后进行企业清洁生产绩效评定和公告制度, 将标准划分为三级。

一级指标：

达到国际上同行业清洁生产先进水平。此项指标主要作为清洁生产审核时的参考, 通过比较发现差距, 从而寻找清洁生产机会。国际先进指标采用公开报道的国际先进水平指标。

二级指标：

达到国内同行业先进水平。国内先进指标采用公开报道的国内先进水平指标。

三级指标：

达到国内一般清洁生产水平, 即基本要求。清洁生产水平指标根据我国镍选矿行业实际情况及其有关的统计数据、按清洁生产对生产全过程采取污染预防措施要求所应达到的水平指标、结合前期清洁生产审核活动的成果综合形成。

同时, 所有镍选矿企业的污染物必须达标排放。

5 制订标准的依据和主要参考资料

5.1 标准制定的依据

国家环保总局, 环发[2001]154号文

国家环保总局, 环发[2002]2号文

国家清洁生产中心, 清办函[2002]第004号文“关于清洁生产审计机构试点工作有关事项的通知”, 2002年4月

5.2 主要参考资料

(1) 我国有色金属工业2000年的发展前景和对策研究, 中国金属协会

- (2) 有色冶炼，中国有色金属学会和中国有色工程设计研究院联合主办，
- (3) 国外金属矿选矿，北京矿冶研究总院，2002-2004
- (4) 朱训，中国矿情，中国地质出版社，1999
- (5) Nickel Outlook-2000 to 2010. W: Gordon Bacon
- (6) 世界镍钴生产厂家及公司概况，金川集团有限公司
- (7) 中国镍钴工业现状及发展趋势，李永军，2005

6 编制标准的基本方法

6.1 方法概述

清洁生产标准的制订在国内乃至国际尚属首次,因此没有现成的标准或要求可借鉴。本标准的制订严格按照清洁生产的发展战略,以污染预防为主思想,立足企业,以镍选矿为主线延伸,通过对产品生命周期的全过程考察,将污染物消灭在镍选矿生产的每一个可能环节中,最终确定从生产装备的先进性、资源能源利用的可持续性、污染物产生的最小化、废物回收利用的最大化和环境管理的有效性提出清洁生产要求,实现环境保护和可持续发展的目的。

典型的镍选矿业工艺流程详见附图一、二、三、四。

6.2 生产工艺与装备要求指标的确定

由于我国现阶段镍选矿工艺与装备与国外领先水平还有一定差距,而选矿工艺与装备水平又决定了矿石的回收率、精矿品位以及能耗水平,因此,选矿的破碎机、磨矿机和过滤机效率等代表了镍选矿生产的装备水平,其先进性如何直接影响着生产的能耗、劳动生产率及生产技术指标等参数,从而决定了对环境产生影响的大小。选矿工艺先进程度、装备水平的高低以及整个设备配套程度对企业达到清洁生产要求起着至关重要的作用。经过与行业专家商定,将生产工艺与装备要求作为本标准的一项指标。但因工艺与装备水平不易定量测量,考虑到镍选矿工艺与装备技术是朝着大型化、高效化、低能耗发展的趋势,在本标准中对其仅做定性描述。

6.3 资源能源利用指标的确定

资源消耗指标选择了镍选矿行业最常用的经济技术指标,镍选矿企业最大的环境污染问题是废水、粉尘、尾矿及噪声,因此选择了处理吨原矿石新鲜水耗水量,新鲜水耗水量越大,废水产生量将越大,对环境危害也越大,另外还考虑了选矿回收率和精矿品位、单位电耗这四项指标。由于金川集团有限公司是我国三大资源综合利用基地之一,且各项资源能源利用水平均为国内领先水平,所以,该标准资源消耗指标的具体数值主要参照金川集团有限公司选矿厂2003年统计数据(详见表1),并将此统计数据作为标准的二级指标,在此基础上稍作了调整而确定。

表 1: 2003 年金川集团有限公司选矿厂能耗指标表

指标等级	选矿回收率 (%)	新鲜水用量 (m ³ /t)	单位电耗 (kw·h/t)	精矿品位 (%)
二级	86.3	2.3	48	Ni≥7.4, MgO≤6.5

6.4 污染物产生指标的确定

污染物产生指标是本标准中最重要的指标之一，它直接与污染控制相关，镍选矿过程产生的污染物主要有废水、噪声、粉尘和废渣，结合镍选矿企业的实际情况，考虑到单纯的末端处理前的污染物产生指标按现有的镍选矿工艺流程很难确定，因此，仅提出固废浸出液含量作为末端处理前的指标，通过这一指标控制含镍污染物的最终排放，其他三项污染物产生指标，分别为：废水产生量、作业环境噪声、作业环境中空气中粉尘含量，镍选矿行业的废水最终以尾矿浆的形式排入尾矿坝不再回用，其吨产品排放废水量的多少，直接影响企业对水资源的消耗水平；考虑到镍选矿生产过程中在碎矿与筛分等工序产生噪声和粉尘的特点，且除尘和降噪措施均作为主体设备的一部分进行设计的现实，这两项指标的确定以达到国家作业环境相关标准的要求而提出。

6.5 废物回收利用指标的确定

镍选矿生产过程中，在选别（浮选、重选与电选等）和脱水（浓缩、过滤、干燥等）工序中均产生废水，废水中因含有金属离子和浮选药剂的成分，常见的有氰化物、黄药、黑药、松油、铜离子、锌离子、镍离子、砷、酚、汞等，直接排放将造成环境严重污染，因此，提出工业水重复利用率指标，通过提高废水回收利用率，降低新鲜用水量，同时降低对环境的污染。

尾矿具有可回收利用的特点和价值，但由于选矿技术水平的限制，尾矿的再提取利用的难度较大，为了减少矿石开采对生态环境造成的危害，提出尾矿砂综合利用率指标，该指标值的确定是在考察了金川集团公司选矿厂的相关资料基础上进行了调整，目的是给同类企业提供动力，使其在思想和行动上有个努力的方向。镍选矿企业的尾矿排出后送尾矿制备工段进行分级，把粗砂部分作为井下采空区填料，而细粒（不能充填的尾浆）部分输送至专用尾矿库（坝）堆存，通过提高尾矿砂填充采空区，减轻矿山开采对生态环境的影响。

6.6 环境管理要求的确定

环境管理要求是一类定性指标，主要从遵守环境法律法规，开展清洁生产审核、生产过程环境管理制度是否健全等几方面考虑。

生产过程管理制度主要从岗位培训、操作管理、生产设备的使用、维护、检修，生产工艺用水、用电管理，环保设施运行状况及标识管理和药剂制度，作业环境等方面都给出定性描述。

选矿药剂因与矿石品位、添加的药剂种类（捕收剂、起泡剂、活化剂、抑制剂）、药剂用量、添加方式、加药地点以及加药顺序等密切相关，定出一个合理的定量指标非常困难，因此，这一指标只在生产过程环境管理要求里提出了定性的要求。

7 标准实施的技术可行性和经济分析

7.1 标准的经济分析

本标准包括定性和定量要求，定性要求给出明确的限定或说明，对镍选矿过程提出工艺和设备上的要求。另一类指标是定量要求，其指标用数值表述，例如：选矿回收率、新鲜水用量、精矿品位、电耗，废水产生量等，这些指标是镍选矿行业内部通常考核的经济指标，由于镍选矿行业没有相应的排放标准和准入条件，考虑到目前镍选矿行业均执行相应国家标准的现状，本标准指标是对比了《污水综合排放标准》(GB8978-1996)、《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中相应的标准值，并进行计算而确定。因此，它不仅不会给企业增加任何经济负担，而且有了这些指标考核有助于企业的管理与减污增效。因此，本标准在实施上在经济方面是可行的。

指标	参照指标	指标值
废水产生量/ (m ³ /t)	脉金选矿，浮选	污水综合排放标准 9.0m ³ /t
固废浸出液中 Ni 的最高允许浓度/ (mg/l)	总镍	污水综合排放标准 1.0 mg/l
作业环境噪声/ dB(A)	接触时间 8 小时以上	工业企业设计卫生标准≤85
作业环境空气中粉尘最高容许浓度/ (mg/m ³)	颗粒物，其他	大气污染物综合排放标准 120 mg/m ³
新鲜水耗量 (m ³ /t)	耗水量	铅锌行业准入条件 4 吨/吨矿
工业水重复利用率/ (%)	有色金属选矿	污水综合排放标准 75%

对应镍选矿行业标准的一、二、三级标准值，单位削减量见下表：

指标	一级			二级			三级		
		削减量	相对量		削减量	相对量		削减量	相对量
废 水 产 生 量 / (m ³ /t)	≤ 0.20	8.8	97.8%	≤ 0.75	8.25	91.7%	≤ 1.20	7.8	86.7%
固废浸出液中 Ni 的最高允许浓度/ (mg/l)	≤ 0.50	0.5	50%	≤ 0.80	0.2	20%	≤ 1.00	0	0
作业环境噪声/ dB(A)	≤75	10	11.8%	≤80	5	5.9%	≤85	0	0
作业环境空气中粉尘最高容许浓度 / (mg/m ³)	≤8	112	93.3%	≤9	111	92.5%	≤10	110	91.7%
新鲜水耗量 (m ³ /t)	≤2.0	2.0	50%	≤2.5	1.5	37.5%	≤3.0	1.0	25%

计算公式及示例：

年处理原矿石按处理能力 5.5 万吨计，执行一级清洁生产标准计算实例：

① 废水削减量=处理矿石量×（排放标准—清洁生产指标）

$$=5.5 \times 10^4 \times (9.0-0.2)$$

$$=48.4 \times 10^4 \text{m}^3$$

②废水中镍的削减量=削减的废水量×（排放标准—清洁生产指标）/1000000

$$=48.4 \times 10^4 \times (1.0-0.5) / 1000000$$

$$=0.242\text{t}$$

③新鲜水耗量削减量=处理矿石量×（参照标准—清洁生产指标）

$$=5.5 \times 10^4 \times (4-2.0)$$

$$=11 \times 10^4 \text{ m}^3$$

④废气年排放废气按 $1650 \times 10^4 \text{ m}^3$ 计，执行一级清洁生产标准计算实例：

废气中粉尘的削减量=废气排放量×（排放标准—清洁生产指标）/1×10⁹

$$=1650 \times 10^4 \times 112 / 1 \times 10^9$$

$$=1.848\text{t}$$

⑤工业水重复利用率一级标准比参照的有色金属选矿标准高 15%，二级标准比参照标准高 5%，三级标准与参照标准持平。

⑥参照铅锌行业准入条件硫化矿选矿铅金属实际回收率达到 87%、选矿锌金属实际回收率达到 90%以上。本标准镍选矿回收率如下：

指标	一级	二级	三级
选矿回收率/（%）	≥87.0	≥85.5	≥80.0

由于行业间的差异标准值有所不同，但相对比较接近。

由以上分析可以看出，本清洁生产标准中各指标都相对较严于参考标准，但又不是高不可攀。实施该清洁生产标准可使镍选矿污染物排放符合国家《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）、《污水综合排放标准》（GB8978-1996）、固体废物污染防治法律法规、危险废物处理处置的有关要求。防止镍选矿过程中含镍粉尘及噪声污染，严格控制浮选废水中重金属镍离子等有害物质超标排放。该标准的实施有利于镍选矿行业提高对资源、能源（水、电）等的利用效率，减少现有镍选矿行业污染物排放量，减轻因矿石开采对生态环境造成的危害。

7.2 标准实施的技术可行性

本标准的提出从环境保护的角度出发，立足企业，各项指标数值的确定参考了镍选矿行业的技术经济指标，实现这些指标并不是高不可攀，但也不是轻而易举，其技术难度不大，只要企业经营和管理达到全国平均水平，均可达到三级要求。本标准在实施的技术上是可行的。

7.3 标准实施的可操作性

为使本标准实施具有较强的操作性，既不让企业高不可攀和望而生畏，又能使所有的镍选矿企业在做出一定努力后能够达标，通过与金川集团有限公司镍选矿方面的行业专家进行了多次会谈，并对国内外的一些企业进行了资料咨询，搜集的 10 家国内镍生产企业和 6 家国外较知名的镍生产企业的详细情况见附表 1、2，达标情况统计见表 2。国内目前镍生产企业不超过 15 家，除金川集团有限公司镍选矿外，年矿石处理能力在 10-30 万吨以上的企业主要是吉林镍业集团、四川铜镍有限责任公司和新疆有色金属工业公司，其它镍生产企业年矿石处理能力均在 10 万吨以下，因此选择这 10 家企业，完全可以代表国内镍选矿的实际情况。

表 2 达标情况统计表

行业	级别	达标企业	百分比 (%)	累计百分比 (%)
镍选矿企业	一级	3	18.8	18.8
	二级	4	25.0	43.8
	三级	3	18.8	62.6
	三级以下	6	37.4	100

由表 2 可以看出：目前达到镍选矿行业清洁生产技术要求一级的企业占统计企业数的 18.8%，全部为国外企业，达到二级和三级的企业约占统计企业的 43.8%左右，国内外均有，达到三级和三级以下的企业约占统计企业的 62.5%，以国内企业为主，说明本技术要求三级甚至二级指标对大多数企业来说并不是高不可攀的，企业经过努力是可以实现的。金川集团有限公司无论是从规模上，还是从工艺装备水平以及管理水平上，均在国内处于领先水平，将金川集团有限公司的统计数据作为二级指标是合理的，其他企业达到这样的水平并不是不可能的，而要达到一级水平还要从各方面进行改进。

达到上述清洁生产三个级别的指标，加上末端治理后对应的污染物各项指标排放值，污染物各项指标排放值均应小于表列值：

表 3 达到三级标准后的预计的环境排放和环境质量

1	废水产生量/ (m ³ /t)	1.20
2	固废浸出液中 Ni 的最高允许浓度/ (mg/L)	1.00
3	作业环境噪声/ dB(A)	85
4	作业环境空气中粉尘最高容许浓度/ (mg/m ³)	10

8 标准的实施建议

本标准由各级人民政府环境保护行政主管部门负责监督实施。

附表1 国内主要镍生产企业概况

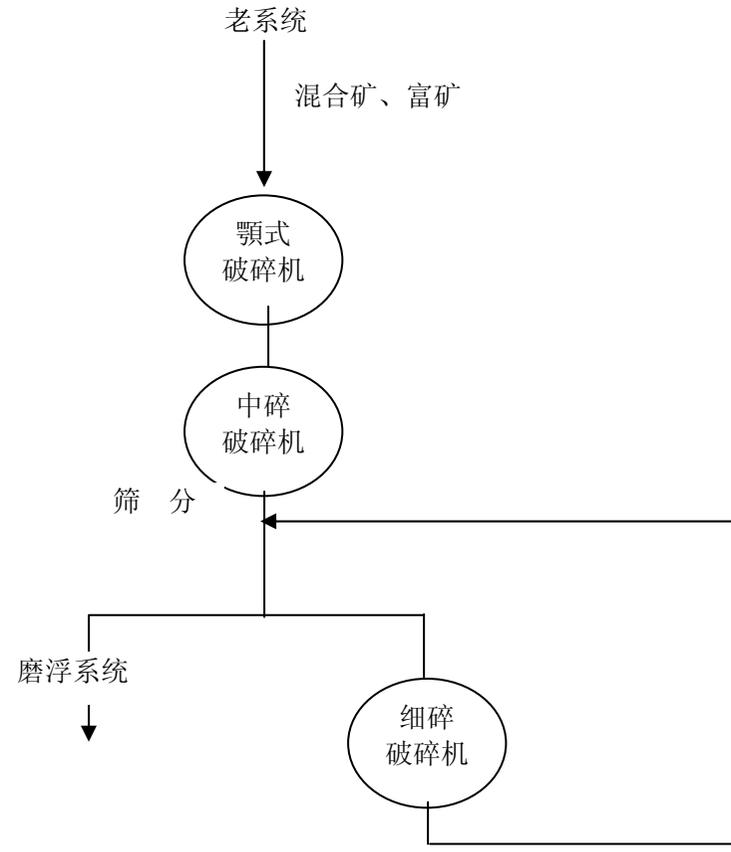
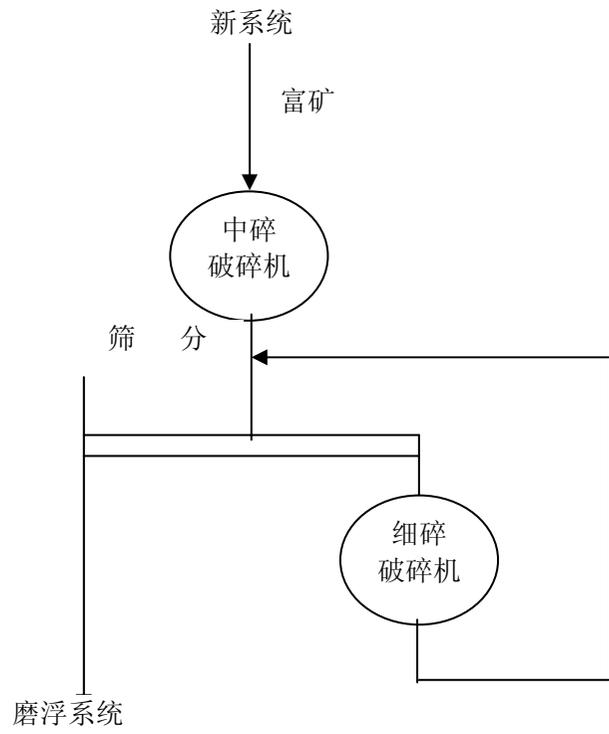
项目	机构名称	地点及建厂时间	规模 (t/a)	主要产品	主要工艺及先进性	国内国际名次水平	指标等级	联系电话
国内	金川集团有限公司	甘肃省金昌市 1958年	镍5.5万t/a 铜6万t/a 钴 1000t/a 铂族金属 1000 千克/a 和硫酸35万 t/a	电镍、电铜、 电钴、贵金 属、硫酸、盐 类	选矿-火法熔炼(闪速炉、 电炉)-湿法精炼(电解)	镍金属储量占中国已 探明总储量的 70%以 上,铂族金属储量已居 全国第一位。	2	086-0935-8812230
	吉林镍业集团	吉林 红旗 岭镇 1960年	高冰镍 9500t/a、硫酸镍 15000t/a, 铜精矿 3500t/a、23000 克工业硫 酸、加工 1000 吨电解镍	高冰镍、硫酸 镍、铜精矿、 硫酸、电镍	电炉熔炼-转炉吹炼		3	086-0432-5610634
	吉林通化赤柏松铜镍矿	吉林通化县 1986年	镍 450t/a, 铜 150t/a	镍铜精矿	洗矿碎-磨矿分级-混合 浮选-分离浮选			086-0453-5224715
	阜康冶炼厂	新疆阜康县 1989年	电镍 2040t/a	电镍	采用硫酸选择性浸出-黑 镍初钴-不溶阳极电积湿 法精炼新工艺		3	086-0994-3321452
	新疆喀拉通克铜镍矿	新疆富蕴县 1988年	高冰镍, 7285t/a	高冰镍	鼓风炉熔炼-转炉吹炼			086-09068771305
	会理镍矿	四川会理县 1958年	高冰镍 2500t/a	高冰镍、铜精 矿	选矿-回转窑制粒、鼓风 炉熔炼-转炉吹炼			086-0834-58968098
	四川铜镍有限责任公司	四川成都市 1996年	电镍 5000t/a, 镍冠 120t/a, 硫酸镍 500t/a	电镍、镍冠、 硫酸镍	高冰镍浮选-熔铸-电器		3	086-028-4540585
	新疆哈密云峰选矿厂(新 疆隆盛矿业公司)	新疆哈密	处理原矿 5 万 t/a	铜镍混合精 矿	破碎-磨矿分级-混合浮 选			086-0902-2239816
	青海化隆镍矿	青海化隆县						
云南金平铜镍矿	云南金平县		高冰镍				086-0873-5221316	

附表2 国外主要镍生产企业概况

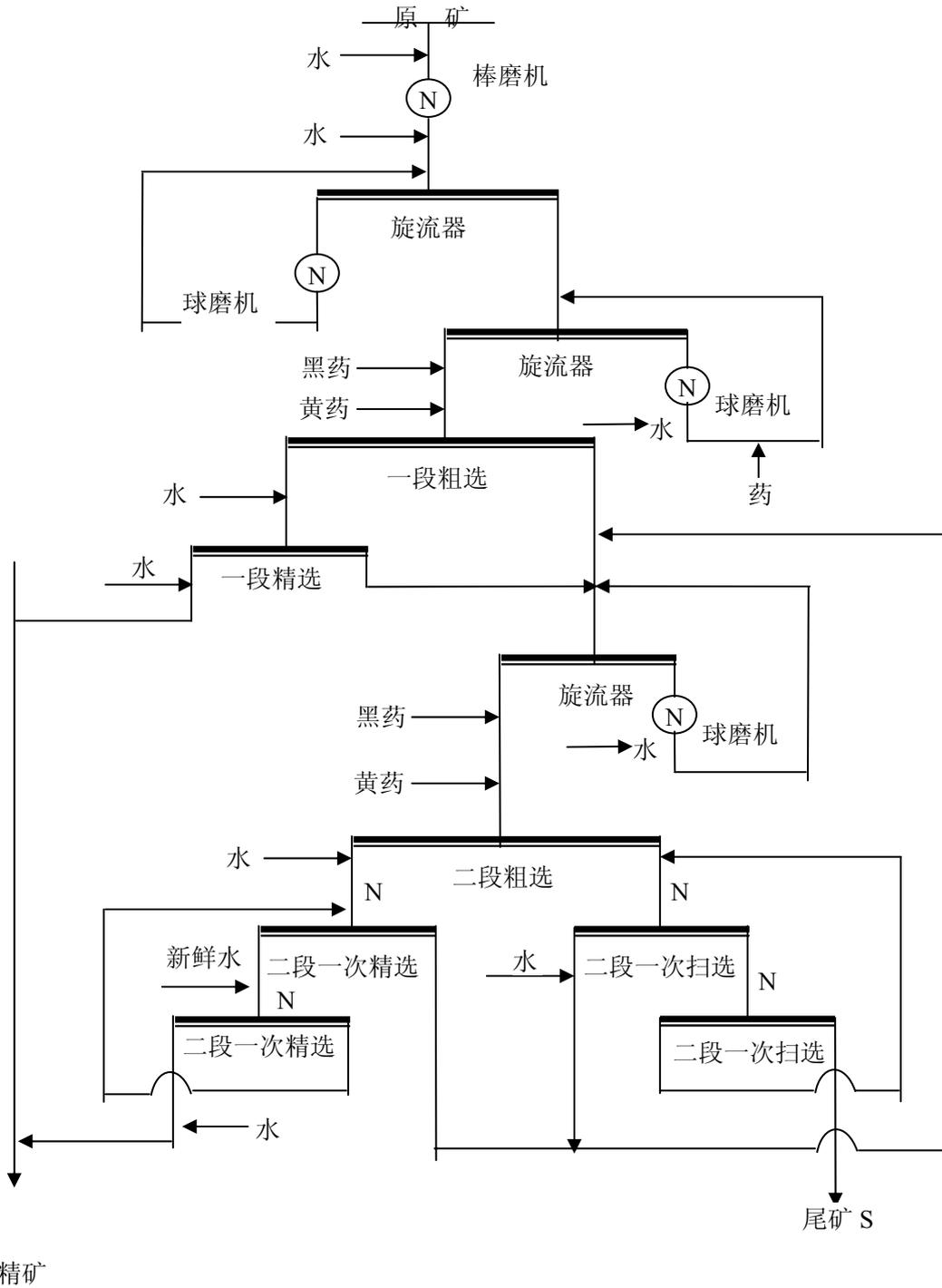
项目	机构名称	地点及建厂时间	规模 (t/a)	主要产品	主要工艺及先进性	国内国际名次水平	指标等级	联系电话
国外	西部矿业公司 卡尔吉利镍冶炼厂	西澳大利亚 卡尔吉利	高冰镍 10 万 t/a(镍金属量)	高冰镍	闪速熔炼-转炉吹炼		2	
	鹰桥有限公司萨德伯里 镍铜冶炼厂	加拿大安大略省 鹰桥镇	高冰镍 6 万 t/a (镍金属量)	高冰镍	电炉溶炼-转炉吹炼		2	
	国际镍公司 (Inco) 铜崖冶炼厂	加拿大安大略省 萨德伯里	镍 11.5 万 t/a 铜 12 万 t/a 钴 1300t/a	高冰镍	闪速熔炼-转炉吹炼		1	
	国际镍公司 (Inco) 铜崖精炼厂	加拿大安大略省 萨德伯里	镍丸, 4.5 万 t/a 镍粉, 1.2 万 t/a 镍铁丸, 1 万 t/a	镍丸, 镍粉, 镍铁丸	中压羰基法		1	
	俄罗斯诺里尔斯克镍股份 公司	俄罗斯 泰梅尔半岛 1935 年	镍 10 万 t/a 铜 29 万 t/a 钴 1700 万 t/a	电镍, 电铜, 电钴	电炉熔法-转炉吹炼-高 冰镍分离-阳极熔炼-电 解		1	
	住友金属矿业有限公司 新居滨精炼厂	新居滨精炼 厂	电镍 3 万 t/a	电镍	MCLE 精炼法		2	

注：指标等级是以国际和国内企业整体排序后的结果。国内资料比较全，国外厂家较多，仅列出几个比较有名的，详细资料可参见《世界镍钴生产厂家及公司概况》一书。

附图一 碎矿筛分工艺流程图

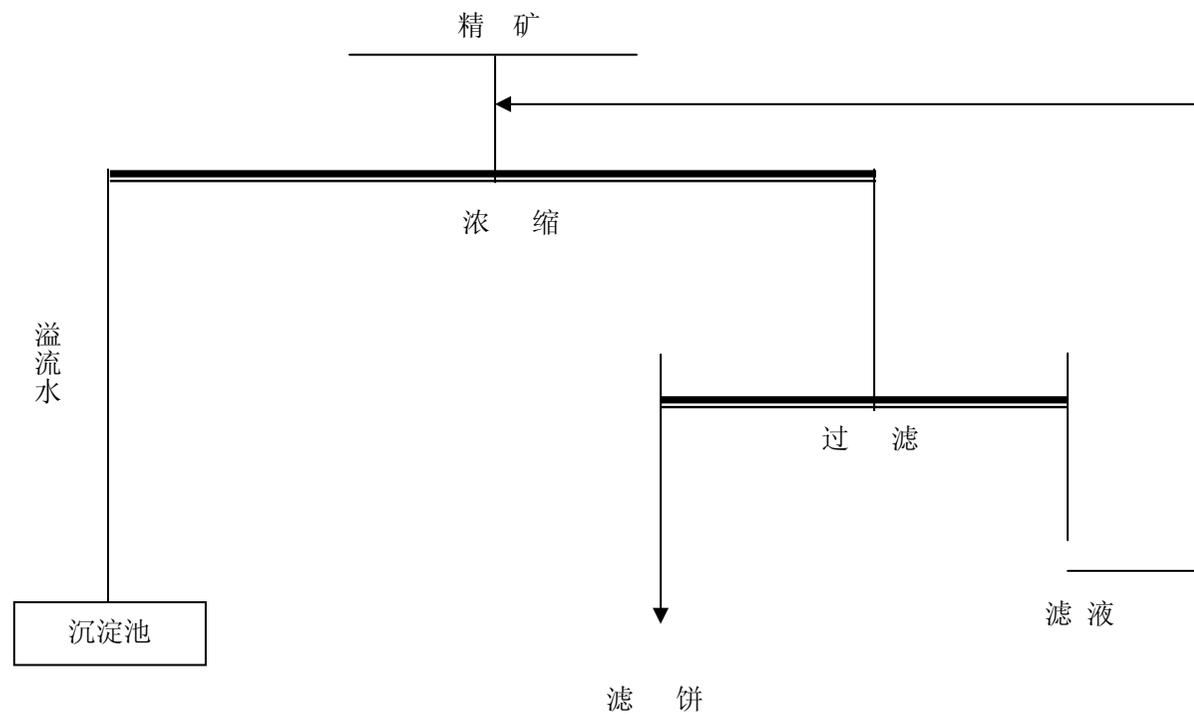


附图二 磨浮工艺流程图



精矿

附图三 精选脱水工艺流程图



附图四 尾矿处理工艺流程图

