

# 世界有色金属牌号手册

Handbook of Designations for Nonferrous  
Metals Worldwide

■ 主编 马存真 赵军锋 ■



冶金工业出版社  
[www.cnmp.com.cn](http://www.cnmp.com.cn)

# 世界有色金属牌号手册

主 审 朱玉华

主 编 马存真 赵军锋

副主编 葛立新 杨丽娟 贺东江



北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2017

## 内 容 提 要

本手册主要介绍我国常用铝、铜、镁、钛、镍、铅、锌、锡、锑、贵金属、铋、汞、镉、钴、钨、钼、钽、铌、锆及其合金等金属材料牌号、标准号及化学成分,以及国际标准化组织、欧盟、美国、日本等的相近似金属材料牌号及其化学成分等内容。

本手册内容系统全面,数据翔实可靠,实用性强,可供材料、冶金、机械、化工、交通、电力、航空航天及军工等行业的科研设计、工程技术人员等参考,也可供相关专业的高校师生阅读参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

世界有色金属牌号手册 / 马存真, 赵军锋主编.  
—北京: 冶金工业出版社, 2017. 4  
ISBN 978-7-5024-7446-1

I. ①世… II. ①马… ②赵… III. ①有色金属—  
金属材料—世界—手册 IV. ①TG146-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 047601 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 [www.cnmp.com.cn](http://www.cnmp.com.cn) 电子信箱 [yjcs@cnmp.com.cn](mailto:yjcs@cnmp.com.cn)

责任编辑 徐银河 美术编辑 杨 帆 版式设计 彭子赫

责任校对 李 娜 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7446-1

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 虎彩印艺股份有限公司印刷

2017 年 4 月第 1 版, 2017 年 4 月第 1 次印刷

210mm × 297mm; 37.5 印张; 1239 千字; 585 页

288.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 [tougao@cnmp.com.cn](mailto:tougao@cnmp.com.cn)

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 [yjgycbs.tmall.com](http://yjgycbs.tmall.com)

(本书如有印装质量问题, 本社营销中心负责退换)

# 《世界有色金属牌号手册》

## 编 委 会

主 审 朱玉华

主 编 马存真 赵军锋

副主编 葛立新 杨丽娟 贺东江

编 委 (以姓氏笔画为序)

王向红 王淑英 冯军宁 向 磊 孙久姗

杨素心 张江峰 张宪铭 张 蕴 吴艳华

李秋娟 李子健 宋冠禹 金丽君 范 威

赵永善 高 兰 席 欢 莫子璇 韩知为

# 前 言

有色金属具有优良的物理化学性质，是国民经济和国防建设不可缺少的重要物质，广泛应用于机械制造、交通运输、航空航天、电子通信、新型能源、电力传输、建筑家电等领域。

在元素周期表中，共有 64 种有色金属，通常将它们分为轻金属、重金属、稀有金属、贵金属、半金属、稀土金属等。有色金属种类繁多，涉及的相关牌号更是繁杂。为了让广大有色金属的生产、使用、设计、科研、贸易部门方便地查阅有色金属的牌号与化学成分，中国有色金属工业标准计量质量研究所组织相关标准化专家编译了本书。

1988 年，中国有色金属工业标准计量质量研究所曾编译《世界有色金属材料成分与性能手册》。2000 年，又编译了《袖珍世界有色金属牌号手册》，距今也已十余年，国内外相关标准、牌号几乎均已修订，实有必要编一本全新的有色金属牌号手册以满足各方面的需求。

本手册有三个显著特点：（1）涵盖有色金属品种多。第 2 章至第 16 章分别对 55 种有色金属品种的牌号和化学成分作了详尽介绍。较 1988 版和 2000 版，本手册不仅对常用有色金属品种进行了全面介绍，而且首次将半导体材料、稀土、稀散小金属也收入手册。（2）涉及范围广。不仅对我国国家标准、行业标准规定的金属牌号和化学成分作了详尽介绍，而且依序对国际标准化组织、欧盟、美国、日本、德国、法国、美国、俄罗斯等机构或国家相关金属的牌号和化学成分作了详尽介绍。（3）数据新。国内外所有有色金属的牌号和化学成分相关数据都是依据现行最新的有影响力的标准之中查询得来，时间截至 2016 年年底。

本手册由中国有色金属工业标准计量质量研究所主编，全国有色金属标准化技术委员会、全国稀土标准化技术委员会、全国半导体设备和材料标准化技术委员会材料分会均参与了编撰工作。本手册由朱玉华主审，马存真、赵军锋主编，数十位标准化专家参与编写。

由于时间仓促，难免出现不足之处，数据均以各标准单行本为准，敬请广大读者指正。

《世界有色金属牌号手册》编委会

2017 年 3 月

# 目 录

|                  |     |
|------------------|-----|
| 第1章 有色金属分类       | 1   |
| 1.1 有色金属概述       | 1   |
| 1.2 有色金属分类       | 1   |
| 1.2.1 轻有色金属      | 1   |
| 1.2.2 重有色金属      | 2   |
| 1.2.3 稀有金属       | 2   |
| 1.2.4 贵金属        | 2   |
| 1.2.5 半金属及半导体材料  | 2   |
| 1.2.6 稀土         | 2   |
| 第2章 铝及铝合金牌号与化学成分 | 3   |
| 2.1 中国           | 3   |
| 2.1.1 冶炼产品       | 3   |
| 2.1.2 加工产品       | 5   |
| 2.1.3 铸造铝合金锭     | 19  |
| 2.1.4 铝中间合金锭     | 19  |
| 2.1.5 铝粉         | 29  |
| 2.2 国际标准化组织      | 30  |
| 2.2.1 冶炼产品       | 30  |
| 2.2.2 加工产品       | 31  |
| 2.2.3 铸造产品       | 31  |
| 2.2.4 铝粉         | 34  |
| 2.3 欧盟           | 34  |
| 2.3.1 冶炼产品       | 34  |
| 2.3.2 加工产品       | 35  |
| 2.3.3 铸造产品       | 47  |
| 2.3.4 铝中间合金      | 50  |
| 2.4 美国           | 54  |
| 2.4.1 冶炼产品       | 54  |
| 2.4.2 加工产品       | 55  |
| 2.4.3 铸造产品       | 91  |
| 2.4.4 铝中间合金锭     | 92  |
| 2.4.5 铝粉         | 92  |
| 2.5 日本           | 103 |
| 2.5.1 冶炼产品       | 103 |
| 2.5.2 加工产品       | 104 |
| 2.5.3 铸造产品       | 105 |
| 2.5.4 铝粉         | 106 |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 2.6 铝及铝合金牌号对照 .....                   | 106 |
| 2.6.1 铝锭牌号对照 .....                    | 106 |
| 2.6.2 变形铝及铝合金、铸造铝及铝合金、铝中间合金牌号对照 ..... | 106 |
| 第3章 镁及镁合金牌号与化学成分 .....                | 109 |
| 3.1 中国 .....                          | 109 |
| 3.1.1 冶炼产品 .....                      | 109 |
| 3.1.2 变形产品 .....                      | 109 |
| 3.1.3 铸造产品 .....                      | 110 |
| 3.1.4 镁粉 .....                        | 110 |
| 3.2 国际标准化组织 .....                     | 117 |
| 3.2.1 冶炼产品 .....                      | 117 |
| 3.2.2 变形产品 .....                      | 118 |
| 3.2.3 铸造产品 .....                      | 118 |
| 3.3 欧盟 .....                          | 124 |
| 3.4 美国 .....                          | 124 |
| 3.5 日本 .....                          | 129 |
| 3.5.1 重熔用镁锭产品 .....                   | 129 |
| 3.5.2 铸造镁合金产品 .....                   | 129 |
| 3.5.3 变形镁及镁合金产品 .....                 | 130 |
| 3.5.4 镁粉 .....                        | 132 |
| 第4章 铜及铜合金牌号与化学成分 .....                | 133 |
| 4.1 中国 .....                          | 133 |
| 4.1.1 冶炼及冶炼中间产品 .....                 | 133 |
| 4.1.2 加工产品 .....                      | 135 |
| 4.1.3 铸造铜及铜合金锭 .....                  | 152 |
| 4.1.4 铜中间合金锭 .....                    | 153 |
| 4.1.5 铜粉末产品 .....                     | 160 |
| 4.2 国际标准化组织 .....                     | 162 |
| 4.2.1 牌号表示方法 .....                    | 162 |
| 4.2.2 牌号与化学成分 .....                   | 163 |
| 4.3 欧盟 .....                          | 164 |
| 4.3.1 牌号(或代号)表示方法 .....               | 164 |
| 4.3.2 牌号与化学成分 .....                   | 165 |
| 4.4 美国 .....                          | 198 |
| 4.4.1 牌号(或代号)表示方法 .....               | 198 |
| 4.4.2 牌号与化学成分 .....                   | 199 |
| 4.5 日本 .....                          | 253 |
| 4.5.1 牌号表示方法 .....                    | 253 |
| 4.5.2 牌号与化学成分 .....                   | 253 |
| 第5章 铅及铅合金牌号与化学成分 .....                | 261 |
| 5.1 中国 .....                          | 261 |
| 5.1.1 铅冶炼产品 .....                     | 261 |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 5.1.2 加工铅及铅合金 .....           | 264        |
| 5.1.3 铸造铅合金 .....             | 266        |
| 5.2 国际标准化组织 .....             | 266        |
| 5.3 欧盟 .....                  | 267        |
| 5.3.1 铅锭 .....                | 267        |
| 5.3.2 电缆护套和套筒用铅合金锭 .....      | 267        |
| 5.3.3 建筑用轧制铅薄板 .....          | 268        |
| 5.4 美国 .....                  | 268        |
| 5.5 日本 .....                  | 268        |
| 5.5.1 铅锭 .....                | 268        |
| 5.5.2 加工铅及铅合金 .....           | 268        |
| 5.5.3 硬铅铸件 .....              | 269        |
| <b>第6章 锌及锌合金牌号与化学成分 .....</b> | <b>270</b> |
| 6.1 中国 .....                  | 270        |
| 6.1.1 冶炼产品 .....              | 270        |
| 6.1.2 加工锌及锌合金 .....           | 272        |
| 6.1.3 粉末产品 .....              | 274        |
| 6.1.4 氧化物 .....               | 275        |
| 6.2 国际标准化组织 .....             | 276        |
| 6.2.1 锌锭 .....                | 276        |
| 6.2.2 铸造用锌合金锭 .....           | 276        |
| 6.2.3 锌合金铸件 .....             | 277        |
| 6.3 欧盟 .....                  | 277        |
| 6.3.1 原生锌 .....               | 277        |
| 6.3.2 铸造用锌合金 .....            | 277        |
| 6.3.3 锌合金铸件 .....             | 277        |
| 6.3.4 再生锌 .....               | 280        |
| 6.4 美国 .....                  | 280        |
| 6.4.1 锌锭 .....                | 280        |
| 6.4.2 轧制锌 .....               | 280        |
| 6.4.3 铸造和压模铸件用锌铝合金锭 .....     | 281        |
| 6.4.4 电镀用锌阳极 .....            | 282        |
| 6.4.5 热镀锌合金 .....             | 282        |
| 6.5 日本 .....                  | 283        |
| 6.5.1 锌锭 .....                | 283        |
| 6.5.2 铸造用锌合金锭 .....           | 283        |
| 6.5.3 锌合金压铸件 .....            | 283        |
| <b>第7章 镍及镍合金牌号与化学成分 .....</b> | <b>284</b> |
| 7.1 中国 .....                  | 284        |
| 7.1.1 冶炼产品 .....              | 284        |
| 7.1.2 加工产品 .....              | 286        |
| 7.1.3 粉末产品 .....              | 300        |
| 7.2 国际标准化组织 .....             | 303        |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 7.2.1 冶炼产品 .....            | 303 |
| 7.2.2 加工产品 .....            | 304 |
| 7.2.3 铸造产品 .....            | 304 |
| 7.3 欧盟 .....                | 309 |
| 7.4 美国 .....                | 311 |
| 7.4.1 镍冶炼产品 .....           | 311 |
| 7.4.2 加工产品 .....            | 311 |
| 7.5 日本 .....                | 320 |
| 7.5.1 镍冶炼产品 .....           | 320 |
| 7.5.2 镍加工产品 .....           | 320 |
| 7.5.3 镍及镍合金铸件 .....         | 321 |
| 第8章 钴及钴合金牌号与化学成分 .....      | 322 |
| 8.1 中国 .....                | 322 |
| 8.1.1 冶炼产品 .....            | 322 |
| 8.1.2 钴的氧化物 .....           | 323 |
| 8.1.3 钴深加工产品 .....          | 324 |
| 8.1.4 钴粉 .....              | 325 |
| 8.2 国际标准化组织 .....           | 327 |
| 8.3 欧盟 .....                | 327 |
| 8.4 美国 .....                | 327 |
| 8.5 日本 .....                | 328 |
| 第9章 锡及锡合金牌号与化学成分 .....      | 329 |
| 9.1 中国 .....                | 329 |
| 9.1.1 冶炼产品 .....            | 329 |
| 9.1.2 加工产品 .....            | 329 |
| 9.1.3 铸造产品 .....            | 333 |
| 9.2 欧盟 .....                | 333 |
| 9.2.1 冶炼产品 .....            | 333 |
| 9.2.2 加工产品 .....            | 336 |
| 9.3 美国 .....                | 337 |
| 9.3.1 冶炼产品 .....            | 337 |
| 9.3.2 加工产品 .....            | 338 |
| 9.4 日本 .....                | 341 |
| 9.4.1 冶炼产品 .....            | 341 |
| 9.4.2 加工产品 .....            | 341 |
| 第10章 铈、铈、汞、镉、砷牌号与化学成分 ..... | 343 |
| 10.1 铈 .....                | 343 |
| 10.1.1 中国 .....             | 343 |
| 10.1.2 美国 .....             | 344 |
| 10.2 铈 .....                | 344 |
| 10.2.1 中国 .....             | 344 |
| 10.2.2 ISO、欧盟、美国和日本 .....   | 345 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 10.3 汞                           | 345 |
| 10.3.1 中国                        | 345 |
| 10.3.2 其他国家                      | 345 |
| 10.4 镉                           | 345 |
| 10.4.1 中国                        | 345 |
| 10.4.2 美国                        | 346 |
| 10.4.3 日本                        | 347 |
| 10.5 砷                           | 347 |
| 10.5.1 中国                        | 347 |
| 10.5.2 其他国家                      | 348 |
| 第11章 钛及钛合金牌号与化学成分                | 349 |
| 11.1 中国                          | 349 |
| 11.1.1 钛冶炼产品                     | 349 |
| 11.1.2 加工钛及钛合金                   | 349 |
| 11.1.3 铸造钛及钛合金                   | 350 |
| 11.2 国际标准化组织                     | 360 |
| 11.3 美国                          | 360 |
| 11.3.1 钛冶炼产品                     | 360 |
| 11.3.2 加工钛及钛合金                   | 361 |
| 11.3.3 铸造钛及钛合金                   | 365 |
| 11.4 日本                          | 366 |
| 11.4.1 钛冶炼产品                     | 366 |
| 11.4.2 加工钛及钛合金                   | 366 |
| 11.5 德国                          | 371 |
| 11.6 法国                          | 371 |
| 11.7 英国                          | 375 |
| 11.8 俄罗斯                         | 379 |
| 11.8.1 钛冶炼产品                     | 379 |
| 11.8.2 加工钛及钛合金                   | 379 |
| 11.9 钛及钛合金牌号对照                   | 380 |
| 11.9.1 冶炼产品                      | 380 |
| 11.9.2 加工产品                      | 381 |
| 11.9.3 铸造产品                      | 382 |
| 第12章 钨、钼、钽、铌、锆、铪、钒、镍及其合金的牌号与化学成分 | 383 |
| 12.1 中国                          | 383 |
| 12.1.1 冶炼产品                      | 383 |
| 12.1.2 加工产品                      | 396 |
| 12.2 美国                          | 400 |
| 12.2.1 冶炼产品                      | 400 |
| 12.2.2 加工产品                      | 406 |
| 12.3 日本                          | 418 |
| 12.3.1 冶炼产品                      | 418 |
| 12.3.2 加工产品                      | 419 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 第 13 章 锂、铷、铯、铍、硒、碲、铟牌号与化学成分 ..... | 422 |
| 13.1 中国 .....                     | 422 |
| 13.1.1 锂及其化合物 .....               | 422 |
| 13.1.2 铷及其化合物 .....               | 428 |
| 13.1.3 铯及其化合物 .....               | 428 |
| 13.1.4 铍及铍合金 .....                | 430 |
| 13.1.5 硒及其化合物 .....               | 432 |
| 13.1.6 碲及其化合物 .....               | 433 |
| 13.1.7 铟及其化合物 .....               | 434 |
| 13.2 其他国家 .....                   | 435 |
| 第 14 章 贵金属合金牌号与化学成分 .....         | 436 |
| 14.1 中国 .....                     | 436 |
| 14.1.1 贵金属及其合金牌号表示方法 .....        | 436 |
| 14.1.2 金及金合金 .....                | 439 |
| 14.1.3 银及银合金 .....                | 439 |
| 14.1.4 铂及铂合金 .....                | 465 |
| 14.1.5 钯及钯合金 .....                | 472 |
| 14.1.6 铑及铑合金 .....                | 478 |
| 14.1.7 铱及铱合金 .....                | 479 |
| 14.1.8 钌及钌合金 .....                | 482 |
| 14.1.9 钽及钽合金 .....                | 482 |
| 14.2 国际标准化组织 .....                | 483 |
| 14.3 欧盟 .....                     | 483 |
| 14.4 美国 .....                     | 484 |
| 14.4.1 金及金合金 .....                | 484 |
| 14.4.2 银及银合金 .....                | 485 |
| 14.4.3 铂及铂合金 .....                | 489 |
| 14.4.4 钯及钯合金 .....                | 490 |
| 14.4.5 铑及铑合金 .....                | 491 |
| 14.4.6 铱及铱合金 .....                | 492 |
| 14.4.7 钌及钌合金 .....                | 492 |
| 14.5 日本 .....                     | 493 |
| 14.5.1 牙科用贵金属及其合金 .....           | 493 |
| 14.5.2 贵金属钎焊料 .....               | 493 |
| 第 15 章 半金属及半导体材料牌号与化学成分 .....     | 497 |
| 15.1 硅材料 .....                    | 497 |
| 15.1.1 工业硅 .....                  | 497 |
| 15.1.2 太阳能级多晶硅 .....              | 498 |
| 15.1.3 电子级多晶硅 .....               | 499 |
| 15.1.4 硅外延片 .....                 | 500 |
| 15.2 锗材料 .....                    | 500 |
| 15.2.1 高纯四氯化锗 .....               | 500 |

|        |              |     |
|--------|--------------|-----|
| 15.2.2 | 高纯二氧化锗       | 501 |
| 15.2.3 | 还原锗锭         | 501 |
| 15.2.4 | 区熔锗锭         | 502 |
| 15.2.5 | 锗单晶和锗单晶片     | 502 |
| 15.3   | 化合物半导体材料     | 503 |
| 15.3.1 | 锑化铟多晶、单晶及切割片 | 503 |
| 15.3.2 | 砷化镓单晶及切割片    | 504 |
| 15.3.3 | 磷化镓单晶        | 506 |
| 15.3.4 | 磷化铟单晶        | 506 |
| 15.3.5 | 碳化硅单晶抛光片     | 507 |
| 15.3.6 | 碲化镉          | 507 |
| 15.4   | 镓            | 507 |
| 15.4.1 | 工业镓          | 507 |
| 15.4.2 | 氧化镓          | 508 |
| 15.4.3 | 高纯镓          | 508 |
| 15.4.4 | 高纯三氧化二镓      | 509 |
| 第16章   | 稀土产品牌号与化学成分  | 510 |
| 16.1   | 中国           | 510 |
| 16.1.1 | 稀土化合物        | 510 |
| 16.1.2 | 稀土金属         | 537 |
| 16.1.3 | 稀土合金         | 546 |
| 16.1.4 | 稀土功能材料       | 552 |
| 16.2   | 国际电工委员会(IEC) | 580 |
| 16.3   | 美国           | 583 |

# 第 1 章 有色金属分类

## 1.1 有色金属概述

金属的种类繁多，通常分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属包括铁、铬、锰，而除此之外的金属均称为有色金属。有色金属的分类，各国并不完全一致，大致上按其密度、价格、在地壳中的储量及分布情况以及被发现和使用的时间早晚等分为六大类，即轻有色金属、重有色金属、稀有金属、贵金属、半金属、稀土金属。

有色金属的合金是由有色金属作为基体，加入另一种或几种金属（或非金属）组分所组成，既具有基体金属通性又具有某些特定性能的物质。有色金属合金分类方法很多，按基体金属可分为铜合金、铝合金、钛合金、镍合金、锌合金等；按其生产方法，可分为铸造合金与变形合金；根据组成合金的元素数目，可分为二元合金、三元合金、四元合金和多元合金。一般合金组分的总含量（质量分数）占 2.5% ~ 10% 者，为中合金；含量（质量分数）大于 10% 者，为高合金。

## 1.2 有色金属分类

有色金属的分类如图 1-1 所示。

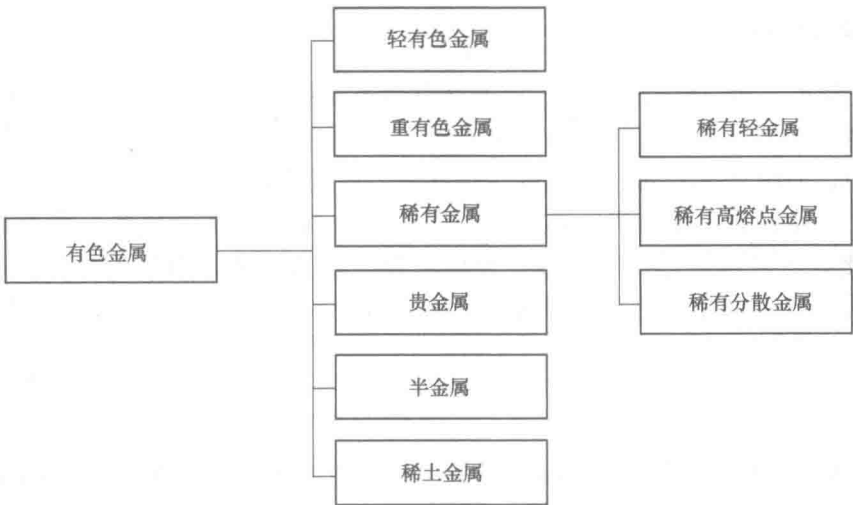


图 1-1 有色金属的分类

### 1.2.1 轻有色金属

轻有色金属一般指密度为  $4.5\text{g/cm}^3$  以下的有色金属，包括铝、镁、钾、钠、钙、锶、钡。这类金属的共同特点是密度小（密度为  $0.53 \sim 4.5\text{g/cm}^3$ ），化学活性大，与氧、硫、碳和卤素形成的化合物都相当稳定。所以这类金属多采用熔盐电解法及金属热还原法提取。轻金属铝在自然界中占地壳重量的 8%（铁为 5%），目前铝已成为有色金属中生产量最大的金属。

### 1.2.2 重有色金属

重有色金属一般指密度为  $4.5\text{g/cm}^3$  以上的有色金属，包括铜、镍、铅、锌、钴、锡、锑、汞、镉、铋。重有色金属的冶炼一般分为湿法冶炼和火法冶炼。

### 1.2.3 稀有金属

稀有金属通常是指那些在自然界中含量很少，分布稀疏或难从原料中提取的金属。一般认为下述金属是稀有金属，包括锂、铷、铯、铍、钨、钼、钽、铌、钛、锆、钪、钒、铪、镱、铟、铊、铕等。根据各种稀有金属的某些共同点（如物理化学性质、原料的共生关系、生产流程等）划分为三类：稀有轻金属、稀有高熔点金属、稀有分散金属（如图1-1所示）。稀有金属的制取较为繁杂，一般不能从矿石中直接冶炼成金属，而需要经过制取化合物的中间阶段。

稀有轻金属包括锂、铍、铷、铯、钛，其共同特点是密度小、化学活性强。

稀有高熔点金属包括钨、钼、钽、铌、锆、钪、钒、铪，其共同特点是熔点高（ $1830\sim 3400^\circ\text{C}$ ）、硬度大、抗腐蚀性强，可与一些非金属生成非常坚硬和非常难熔的稳定化合物。

稀有分散金属也称稀疏金属，包括镱、铟、铊、铕。除铊外都是半导体材料。大多数稀疏金属在自然界中没有单独矿物存在。

### 1.2.4 贵金属

贵金属包括金、银、铂、钯、铑、铱、钌、锇，由于其具有良好的耐腐蚀和抗氧化性、很高的熔点、良好的导电性和催化活性，已成为现代工业和国防建设的重要材料，被广泛应用到环境资源、生物、医药、航空、航天、船舶、武器装备、电子信息、国防等高新技术领域，并广泛运用于冶金、化工、电气、电子、信息、能源、环境保护、航空航天航海等工业和其他高新产业，被誉为“现代工业维他命”和“新的高新技术金属”。

### 1.2.5 半金属及半导体材料

半金属一般是指硅、硒、碲、砷、硼。半导体材料范围较广，不仅包括硅、锗等元素半导体材料，也包括砷化镓、磷化铟等化合物半导体材料以及镓、锑、铟半导体原料。半金属的物理化学性质介于金属与非金属之间，如砷是非金属，但又能传热导电。这类金属根据各自特性，具有不同用途。硅、锗是主要的元素半导体材料，高纯碲、硒、砷是制造化合物半导体的原料，硼是合金的添加元素，镓、锑是制造砷化镓、氮化镓、锑化铟等半导体材料的掺杂元素，铟是电子半导体原料，砷化镓、磷化铟、磷化镓等是第二代化合物半导体材料，碳化硅、氮化镓等则称为是第三代宽禁带化合物半导体材料。

### 1.2.6 稀土

稀土是元素周期表中镧系元素：镧（La）、铈（Ce）、镨（Pr）、钕（Nd）、钷（Pm）、钐（Sm）、铕（Eu）、钆（Gd）、铽（Tb）、镝（Dy）、钬（Ho）、铒（Er）、铥（Tm）、镱（Yb）、镱（Lu），加上与其同族的钪（Sc）和钇（Y），共计17种元素的总称。按元素原子量及物理化学性质，分为轻、中、重稀土元素，前5种元素为轻稀土，其余为中重稀土。稀土因其独特的物理化学性质，广泛应用于新能源、新材料、节能环保、航空航天、电子信息等领域，是现代工业中不可或缺的重要元素。

稀土冶炼方法有两种，即湿法冶金和火法冶金。湿法冶金全流程大多处于溶液、溶剂之中，如稀土精矿的分解、稀土氧化物、稀土化合物、单一稀土金属的分离和提取过程就是采用沉淀、结晶、氧化还原、溶剂萃取、离子交换等化学分离工艺过程，是工业分离高纯单一稀土元素的通用工艺。湿法冶金流程较为复杂，产品纯度高。稀土火法冶炼主要包括金属热还原法制取稀土金属、熔盐电解法制取稀土金属和合金、金属热还原法制取稀土中间合金等。火法冶金工艺过程简单，生产率较高。

## 第 2 章 铝及铝合金牌号与化学成分

### 2.1 中国

#### 2.1.1 冶炼产品

##### 2.1.1.1 重熔用铝锭（含重熔用电工铝锭）

重熔用铝锭的牌号用化学元素符号 Al 加铝的名义含量表示。如 Al99.70 表示铝含量不小于 99.70% 的重熔用铝锭。重熔用电工铝锭的牌号用化学元素符号 Al 加铝的名义含量及大写字母 E（Electrical）表示。如 Al99.70E 表示铝含量不小于 99.70% 的重熔用电工铝锭。

重熔用铝锭和重熔用电工铝锭执行的是国家标准《重熔用铝锭》（GB/T 1196—2016），产品分为 8 个牌号，其中 Al99.7E 和 Al99.6E 为电工用铝锭牌号。各牌号化学成分见表 2-1。

表 2-1 重熔用铝锭化学成分

| 牌 号                    | 化学成分(质量分数)/%             |         |      |       |      |      |      |       |       |      |
|------------------------|--------------------------|---------|------|-------|------|------|------|-------|-------|------|
|                        | Al <sup>①</sup><br>(不小于) | 杂质(不大于) |      |       |      |      |      |       |       |      |
|                        |                          | Si      | Fe   | Cu    | Ga   | Mg   | Zn   | Mn    | 其他每种  | 总和   |
| Al99.85 <sup>②</sup>   | 99.85                    | 0.08    | 0.12 | 0.005 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | —     | 0.015 | 0.15 |
| Al99.80 <sup>②</sup>   | 99.80                    | 0.09    | 0.14 | 0.005 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | —     | 0.015 | 0.20 |
| Al99.70 <sup>②</sup>   | 99.70                    | 0.10    | 0.20 | 0.01  | 0.03 | 0.02 | 0.03 | —     | 0.03  | 0.30 |
| Al99.60 <sup>②</sup>   | 99.60                    | 0.16    | 0.25 | 0.01  | 0.03 | 0.03 | 0.03 | —     | 0.03  | 0.40 |
| Al99.50 <sup>②</sup>   | 99.50                    | 0.22    | 0.30 | 0.02  | 0.03 | 0.05 | 0.05 | —     | 0.03  | 0.50 |
| Al99.00 <sup>②</sup>   | 99.00                    | 0.42    | 0.50 | 0.02  | 0.05 | 0.05 | 0.05 | —     | 0.05  | 1.00 |
| Al99.7E <sup>②,③</sup> | 99.70                    | 0.07    | 0.20 | 0.01  | —    | 0.02 | 0.04 | 0.005 | 0.03  | 0.30 |
| Al99.6E <sup>②,④</sup> | 99.60                    | 0.10    | 0.30 | 0.01  | —    | 0.02 | 0.04 | 0.007 | 0.03  | 0.40 |

注：1. 对于表 2-1 中未规定的其他杂质元素含量，如需方有特殊要求时，可由供需双方另行协商。

2. 分析数值的判定采用修约比较，修约规则按 GB/T 8170 的规定进行，修约数位与表 2-1 中所列极限值数位一致。

① 铝含量为 100% 与表 2-1 中所列有数值要求的杂质元素含量实测值及等于或大于 0.010% 的其他杂质总和的差值，求和前数值修约至与表 2-1 中所列极限数位一致，求和后将数值修约至 0.0x% 再与 100% 求差。

② Cd、Hg、Pb、As 元素，供方可不做常规分析，但应监控其含量，要求  $w(\text{Cd} + \text{Hg} + \text{Pb}) \leq 0.0095\%$ ； $w(\text{As}) \leq 0.009\%$ 。

③  $w(\text{B}) \leq 0.04\%$ ； $w(\text{Cr}) \leq 0.004\%$ ； $w(\text{Mn} + \text{Ti} + \text{Cr} + \text{V}) \leq 0.020\%$ 。

④  $w(\text{B}) \leq 0.04\%$ ； $w(\text{Cr}) \leq 0.005\%$ ； $w(\text{Mn} + \text{Ti} + \text{Cr} + \text{V}) \leq 0.030\%$ 。

采购原铝液时的执行标准也是《重熔用铝锭》（GB/T 1196—2016）。

需要说明的是，行业标准《炼钢脱氧和部分铁合金用铝锭》（YS/T 75—1994）已经废止，不再使用。

##### 2.1.1.2 重熔用精铝锭

重熔用精铝锭的牌号用化学元素符号 Al 加铝的名义含量表示。如 Al99.99 表示铝含量不小于 99.99% 的重熔用精铝锭。有时为了区别铝含量相似但杂质元素差别较大的牌号，在牌号后面加大写字母 A、B 等，表示该牌号的变异牌号。如 Al99.99A 表示铝含量不小于 99.99% 的重熔用精铝锭，但其杂质元素要求与 Al99.99 相异。

重熔用精铝锭执行行业标准《重熔用精铝锭》（YS/T 665—2009），产品分为 7 个牌号。各牌号化学成分见表 2-2。

表 2-2 重熔用精铝锭化学成分

| 牌 号       | 化学成分(质量分数)/% |         |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|--------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           | Al<br>(不小于)  | 杂质(不大于) |        |        |        |        |        |        |        |        |
|           |              | Fe      | Si     | Cu     | Mg     | Zn     | Ti     | Mn     | Ga     | 其他每种   |
| Al99.995  | 99.995       | 0.0010  | 0.0010 | 0.0015 | 0.0015 | 0.0005 | 0.0005 | 0.0007 | 0.0010 | 0.0010 |
| Al99.993A | 99.993       | 0.0010  | 0.0010 | 0.0030 | 0.0020 | 0.0010 | 0.0010 | 0.0008 | 0.0010 | 0.0010 |
| Al99.993  | 99.993       | 0.0015  | 0.0015 | 0.0030 | 0.0025 | 0.0010 | 0.0010 | 0.0010 | 0.0012 | 0.0010 |
| Al99.99A  | 99.990       | 0.0010  | 0.0010 | 0.0050 | 0.0025 | 0.0010 | 0.0010 | 0.0010 | 0.0012 | 0.0010 |
| Al99.99   | 99.990       | 0.0030  | 0.0030 | 0.0050 | 0.0030 | 0.0010 | 0.0010 | 0.0010 | 0.0015 | 0.0010 |
| Al99.98   | 99.980       | 0.0070  | 0.0070 | 0.0080 | 0.0030 | 0.0020 | 0.0020 | 0.0015 | 0.0020 | 0.0030 |
| Al99.95   | 99.950       | 0.0200  | 0.0200 | 0.0100 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0020 | 0.0020 | 0.0100 |

注：1. 铝质量分数为 100% 与表 2-2 中所列杂质元素及质量分数等于或大于 0.0010% 的其他杂质实测值总和的差值，求和前各元素数值要表示到 0.0xxx%，求和后将总和修约到 0.0xxx%。

2. 表 2-2 中未规定的重金属元素铅、砷、镉、汞含量，供方可不做常规分析，但应定期分析，每年至少检测一次，且应保证  $w(\text{Cd} + \text{Hg} + \text{Pb}) \leq 0.0095\%$ ， $w(\text{As}) \leq 0.0090\%$ 。其他杂质元素由供需双方协商。

3. 分析数值判定采用修约比较法，数值修约规则按 GB/T 8170 的规定进行，修约数位与表中所列极限数字一致。

需要说明的是，行业标准《重熔用精铝锭》(YS/T 665—2009) 正在修订之中，预计于 2017 年发布新版本。根据此标准修订后将纳入 Al99.90 牌号，该牌号在 GB/T 1196 中由 2008 版修订为 2016 版时从普通铝锭牌号变为精铝锭牌号。根据该行业标准修订版的征求意见稿来看，此标准在牌号设置和化学成分要求方面将会有很大变动，请读者关注。

2.1.1.3 高纯铝锭

高纯铝锭的牌号用化学元素符号 Al 加符号“-”再加铝的纯度表示。如 Al-5N 表示铝含量不小于 99.999% 的高纯铝锭，Al-5N5 表示铝含量不小于 99.9995% 的高纯铝锭。

高纯铝锭执行的是行业标准《高纯铝》(YS/T 275—2008)，产品分为 2 个牌号：Al-5N 和 Al-5N5，其化学成分见表 2-3。

表 2-3 高纯铝锭化学成分

| 牌 号    | 化学成分(质量分数)/% |                             |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                |    |
|--------|--------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------------------|----|
|        | Al<br>(不小于)  | 杂质含量(不大于)/ $\times 10^{-4}$ |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                |    |
|        |              | Cu                          | Si  | Fe  | Ti  | Zn  | Pb  | Ga  | Cd  | Ag  | In  |                                | 总和 |
| Al-5N  | 99.999       | 2.8                         | 2.5 | 2.5 | 1.0 | 0.9 | 0.5 | 0.5 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |                                | 10 |
| Al-5N5 | 99.9995      | 2.8                         | 2.5 | 2.5 | 1.0 | 0.9 | 0.5 | 0.5 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | Cu + Si + Fe + Ti + Zn + Ga; 5 | 5  |

注：1. 铝质量分数为 100% 与表 2-3 中质量分数等于或大于  $0.10 \times 10^{-4}\%$  的杂质总和的差值。

2. 分析数值的判定采用修约比较法，数值修约规则按 GB/T 8170 的有关规定进行。修约数位与表 2-3 中所列极限值数位一致。

3. 对杂质元素 As、Hg、Cr 或其他杂质需方如有要求，可由供需双方协商。

4. 如需方有特殊要求，供需双方另行商定，但含量小于  $0.10 \times 10^{-4}\%$  的杂质，不计入杂质总和。

需要说明的是，行业标准《高纯铝》(YS/T 275—2008) 正在修订之中，预计于 2017 年发布新版本。根据此标准修订版的征求意见稿来看，该标准在牌号设置和化学成分要求方面将会有很大变动，请读者关注。

2.1.1.4 重熔用铝稀土合金锭

重熔用铝稀土合金锭的牌号用化学元素符号 Al 加稀土符号 RE 再加稀土总含量范围的名义中间值表示。如 AlRE0.6 表示稀土总含量为 0.21% ~ 1.0% 的重熔用铝稀土合金锭，AlRE4 表示稀土总含量为 3.0% ~ 5.0% 的重熔用铝稀土合金锭。

重熔用铝稀土合金锭执行的是行业标准《重熔用铝稀土合金锭》(YS/T 309—2012)，产品分为 7 个牌号。各牌号化学成分见表 2-4。

表 2-4 重熔用铝稀土合金锭化学成分

| 牌 号      | 化学成分(质量分数)/%      |         |      |      |      |      |           |      |
|----------|-------------------|---------|------|------|------|------|-----------|------|
|          | 稀土总量 <sup>①</sup> | 杂质(不大于) |      |      |      |      | 其他杂质(不大于) |      |
|          |                   | Si      | Fe   | Cu   | Ga   | Mg   | 单个        | 总和   |
| AIRE0.06 | 0.03~0.12         | 0.10    | 0.20 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.03      | 0.05 |
| AIRE0.15 | 0.13~0.20         | 0.13    | 0.20 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.03      | 0.05 |
| AIRE0.6  | 0.21~1.0          | 0.13    | 0.20 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03      | 0.05 |
| AIRE2    | 1.0~3.0           | 0.20    | 0.45 | 0.20 | —    | —    | 0.05      | 0.15 |
| AIRE4    | 3.0~5.0           | 0.25    | 0.50 | 0.20 | —    | —    | 0.05      | 0.15 |
| AIRE6    | 5.0~7.5           | 0.25    | 0.50 | 0.20 | —    | —    | 0.06      | 0.20 |
| AIRE8    | 7.5~10.0          | 0.25    | 0.50 | 0.20 | —    | —    | 0.06      | 0.20 |

① 指以铈为主的混合轻稀土。  
② 铝的质量分数为 100% 与等于或大于 0.010% 的所有元素含量总和的差值。

需要说明的是,表 2-4 中含量为单个数值者,其元素含量为最高限,“其他杂质”一栏是指表中未列出或未规定数值的杂质元素。

2.1.2 加工产品

我国铝及铝合金加工产品牌号表示方法按 GB/T 16474 规定,其牌号命名的基本原则:(1) 国际四位数字体系牌号(见 2.4.2 小节)直接引用;(2) 未命名为国际四位数字体系牌号的变形铝及铝合金采用四位字符牌号。

我国铝及铝合金加工产品牌号的第一位数字表示铝及铝合金组别,见表 2-5。牌号的第二位表示原始纯铝或铝合金的改型情况,最后两位数字用以标识同一组中不同的铝合金或表示铝的纯度。

表 2-5 铝及铝合金组别与牌号系列

| 组别 <sup>①</sup>                             | 牌号 <sup>②</sup> 系列   |
|---------------------------------------------|----------------------|
| 纯铝(铝含量不小于 99.00%)                           | 1 × × × <sup>③</sup> |
| 以铜为主要合金元素的铝合金                               | 2 × × ×              |
| 以锰为主要合金元素的铝合金                               | 3 × × ×              |
| 以硅为主要合金元素的铝合金                               | 4 × × ×              |
| 以镁为主要合金元素的铝合金                               | 5 × × ×              |
| 以镁和硅为主要合金元素,并以 Mg <sub>2</sub> Si 相为强化相的铝合金 | 6 × × ×              |
| 以锌为主要合金元素的铝合金                               | 7 × × ×              |
| 以其他合金为主要合金元素的铝合金                            | 8 × × ×              |
| 备用合金组                                       | 9 × × ×              |

① 除改型合金外,铝合金组别按主要合金元素(6 × × × 系按 Mg<sub>2</sub>Si)来确定。主要合金元素指极限含量算数平均值为最大的合金元素。当有一个以上的合金元素极限含量算数平均值同为最大时,按 Cu、Mn、Si、Mg、Mg<sub>2</sub>Si、Zn、其他元素的顺序来确定合金组别。  
② 牌号的第二位为数字 0 或字母 A 时,表示为原始纯铝或原始合金,否则表示原始纯铝的改型或改型合金,其与原始纯铝或原始合金相比,元素含量略有改变。  
③ 牌号的最后两位数字就是最低铝百分含量中小数点后面的两位。

我国铝及铝合金加工产品大多采用《变形铝及铝合金化学成分》(GB/T 3190)中规定的牌号与化学成分,部分产品采用近些年在有色金属标准化委员会注册的牌号与化学成分。

普通纯度金属为原料的、四位字符牌号的变形铝及铝合金化学成分见表 2-6;高纯金属为原料的、四位字符牌号的变形铝及铝合金化学成分见表 2-7。国际四位数字体系牌号的变形铝及铝合金化学成分见第 2.4.2 小节。