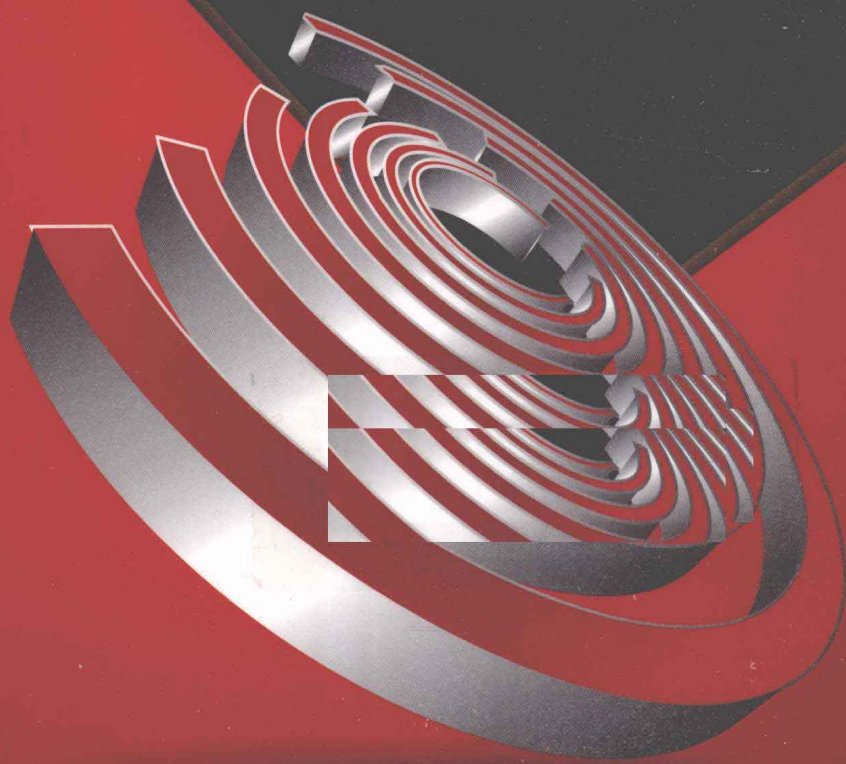


尹士科 编著



# 焊接材料及 接头组织性能



HANJIE CAILIAO JI  
JIETOU ZUZHI XINGNENG



化学工业出版社

尹士科 编著

# 焊接材料及 接头组织性能



HANJIE CAILIAO JI  
JIEYOU ZUZHI XINGNENG



化学工业出版社

· 北京 ·

**图书在版编目 (CIP) 数据**

焊接材料及接头组织性能/尹士科编著. —北京:  
化学工业出版社, 2011. 2  
ISBN 978-7-122-10386-4

I. 焊… II. 尹… III. ①焊接材料②焊接接头  
IV. ①TG42②TG441. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 005297 号

---

责任编辑: 周 红  
责任校对: 郑 捷

文字编辑: 项 澈  
装帧设计: 王晓宇

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装: 化学工业出版社印刷厂  
787mm×1092mm 1/16 印张 24 字数 626 千字 2011 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 79.00 元

版权所有 违者必究

焊接是金属加工工艺的主要方法之一，在工业生产和国防建设中起着重要的作用。它广泛用于机械制造、桥梁、船舶、压力容器、海洋工程、机车车辆、化工机械、输油输气管道、航天和核能等领域。焊接材料是实现各种产品焊接的必要条件，像焊条电弧焊、气体保护焊、埋弧焊和电渣焊等，没有焊接材料是无法完成焊接的。

为此，本书简明扼要地介绍了各种常用的焊接材料，包括各种类型的焊条，气体保护焊或自保护焊用实心焊丝和药芯焊丝，埋弧焊用焊丝、焊带和焊剂（含熔炼焊剂和烧结焊剂），还有常用的保护气体等。除了介绍各种焊接材料的性能、特征和使用注意事项外，还专门介绍了几种主要焊接材料的型号编制及相应的技术指标要求。其中的一章是现行的国内型号编制，用于满足现在的使用要求；另一章是与我国标准相对应的 ISO 国际标准化组织的型号编制，本书仅编入了其中的型号体系 B（放弃了型号体系 A），它可作为我国标准与国际标准接轨时的参考数据。后面的几章重点介绍焊缝或接头的组织和性能。众所周知，焊缝的性能是由其组织决定的，而焊缝组织又随焊缝成分和焊接条件的改变而变化。目前的情况是，人们往往关注焊缝成分和焊接条件对性能的影响，对组织的了解甚少。所以当焊缝性能出现不正常现象时，不是只考虑成分就是只考虑焊接条件。但是成分和焊接条件之间又有一个恰当的配合，如果配合不好就得不到合理的组织，也无法达到良好的焊缝性能。所以要解决性能上的问题就不能不研究组织上存在的问题。本书后几章就是从组织分类、焊缝连续冷却转变曲线、典型的焊缝组织及焊缝组织对性能的影响等方面入手，使读者了解一些焊接金属学的知识，以便更好地掌握焊缝及接头组织，并通过组织的变化来分析焊缝或接头性能的变化，进而通过改变组织来改善焊缝及接头性能。这一部分包括两大类钢材或焊缝，即低碳低合金钢及其焊缝和不锈钢及其焊缝。本书还分别介绍了常量合金元素、微量合金元素、杂质元素和各种焊接施工条件对焊缝及接头的组织与性能的影响。

书中有些内容在其他著作或工具书中发表过，但也有不少内容是近期整理出来的。有二十余张金相或电镜照片是编者在科研工作中积累的，并在杂志上或会议论文集上发表过；焊接接头强韧性匹配和钢铁冶金技术发展带来的思考等也在杂志上发表过。编者自认为这些内容有一定的实用价值，故收入本书供读者参考。

本书由尹士科编著。在本书的编写过程中，得到了喻萍、王移山、刘奇凡、邹增大、吴树雄、李勇、李春范、何少卿、徐越兰、王国亮、吴振祥、李连胜、储继君、陈默、李少华、潘川、李箕福、魏真明、何长红、马成勇、肖红军、张忠文、郭怀力、李亚琳、裴新军、佟英荃、邵朱云、邱忆南等的大力支持，提供了相关技术资料，参与编写或扫描工作，

有的参加了论文的撰写，也有的是开发产品中的合作者，在此致以衷心的感谢。

对书中所引用的文献作者及出版部门一并表示感谢。

限于编者水平，书中定有不妥之处，敬请读者批评指正。

**编著者**

# CONTENTS

## 1

### 第一章 焊条的分类和焊缝的成分性能 ..... 1

|     |                     |    |
|-----|---------------------|----|
| 第一节 | 焊条的分类和牌号编制 .....    | 1  |
| 第二节 | 结构钢焊条 .....         | 7  |
| 第三节 | 铬钼耐热钢焊条和低温钢焊条 ..... | 13 |
| 第四节 | 不锈钢焊条 .....         | 17 |
| 第五节 | 堆焊焊条 .....          | 24 |
| 第六节 | 铸铁焊条和镍基合金焊条 .....   | 27 |
| 第七节 | 研制和改进的焊条 .....      | 30 |

## 2

### 第二章 焊丝和焊带的分类及其成分性能 ..... 37

|     |                     |    |
|-----|---------------------|----|
| 第一节 | 焊丝的分类及牌号和型号编制 ..... | 37 |
| 第二节 | 碳钢和低合金钢焊丝 .....     | 41 |
| 第三节 | 不锈钢焊丝 .....         | 53 |
| 第四节 | 堆焊用焊丝和焊带 .....      | 61 |

## 3

### 第三章 焊剂和保护气体的分类与特性 ..... 70

|     |            |    |
|-----|------------|----|
| 第一节 | 焊剂 .....   | 70 |
| 第二节 | 保护气体 ..... | 79 |

## 4

### 第四章 焊接材料型号及接头的强韧性匹配 ..... 87

|     |               |    |
|-----|---------------|----|
| 第一节 | 碳钢焊条的型号 ..... | 87 |
|-----|---------------|----|

|     |                           |     |
|-----|---------------------------|-----|
| 第二节 | 低合金钢焊条的型号 .....           | 91  |
| 第三节 | 不锈钢焊条的型号 .....            | 99  |
| 第四节 | 碳钢药芯焊丝的型号 .....           | 102 |
| 第五节 | 低合金钢药芯焊丝的型号 .....         | 107 |
| 第六节 | 不锈钢药芯焊丝的型号 .....          | 116 |
| 第七节 | 埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂的组合型号 .....    | 123 |
| 第八节 | 埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂的组合型号 .....  | 125 |
| 第九节 | 埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂的组合型号 .....   | 128 |
| 第十节 | 焊接接头强韧性匹配和钢铁冶金技术的发展 ..... | 131 |

## 5

### 第五章 与中国标准对应的ISO焊接材料型号 .....

|     |                         |     |
|-----|-------------------------|-----|
| 第一节 | 国外焊接材料标准近况 .....        | 140 |
| 第二节 | 焊条型号 .....              | 143 |
| 第三节 | 气体保护焊用实心焊丝和填充丝型号 .....  | 158 |
| 第四节 | 气体保护焊和自保护焊用药芯焊丝型号 ..... | 167 |
| 第五节 | 埋弧焊接用焊丝和焊剂型号 .....      | 176 |

## 6

### 第六章 低碳低合金钢焊缝的相变行为和组织性能 .....

|     |                      |     |
|-----|----------------------|-----|
| 第一节 | 低碳低合金钢概述 .....       | 185 |
| 第二节 | 焊缝金属的组织分类 .....      | 193 |
| 第三节 | 焊缝金属的连续冷却转变曲线 .....  | 199 |
| 第四节 | 影响焊缝金属韧性的因素 .....    | 201 |
| 第五节 | 有代表性的焊缝及接头组织实例 ..... | 211 |

## 7

### 第七章 合金元素及杂质元素对焊缝组织和性能的影响 .....

|      |                           |     |
|------|---------------------------|-----|
| 第一节  | 锰对低合金钢焊缝组织和性能的影响 .....    | 224 |
| 第二节  | 碳对低合金钢焊缝组织和性能的影响 .....    | 227 |
| 第三节  | 硅对低合金钢焊缝组织和性能的影响 .....    | 234 |
| 第四节  | 钼对低合金钢焊缝组织和性能的影响 .....    | 237 |
| 第五节  | 铬对低合金钢焊缝组织和性能的影响 .....    | 243 |
| 第六节  | 镍对低合金钢焊缝组织和性能的影响 .....    | 247 |
| 第七节  | 铜对低合金钢焊缝组织和性能的影响 .....    | 252 |
| 第八节  | 铁粉对低合金钢焊缝金属性能的影响 .....    | 255 |
| 第九节  | 铝对低合金钢焊缝组织和性能的影响 .....    | 257 |
| 第十节  | 钛和硼对低合金钢焊缝组织和性能的影响 .....  | 261 |
| 第十一节 | 稀土元素对高强度钢焊缝组织和性能的影响 ..... | 265 |

|      |                            |     |
|------|----------------------------|-----|
| 第十二节 | 硫和磷对低合金钢焊缝金属组织和性能的影响 ..... | 268 |
| 第十三节 | 空气中的氮对焊缝气孔和力学性能的影响 .....   | 271 |

## 8

|     |                           |     |
|-----|---------------------------|-----|
| 第八章 | 焊接条件及热处理对焊缝组织和性能的影响 ..... | 275 |
|-----|---------------------------|-----|

|      |                              |     |
|------|------------------------------|-----|
| 第一节  | 焊接热输入对低合金钢焊缝组织和性能的影响 .....   | 275 |
| 第二节  | 道间温度对低合金钢焊缝组织和性能的影响 .....    | 280 |
| 第三节  | 焊条直径对低合金钢焊缝组织和性能的影响 .....    | 283 |
| 第四节  | 焊接位置对低合金钢焊缝组织和性能的影响 .....    | 287 |
| 第五节  | 消除应力热处理对低合金钢焊缝组织和性能的影响 ..... | 291 |
| 第六节  | 正火及回火处理对低合金钢焊缝组织和性能的影响 ..... | 295 |
| 第七节  | 应变时效对低合金钢焊缝性能的影响 .....       | 299 |
| 第八节  | 焊剂成分对低合金钢埋弧焊焊缝组织和性能的影响 ..... | 302 |
| 第九节  | 保护气体对低合金钢气保焊焊缝组织和性能的影响 ..... | 305 |
| 第十节  | 风速对低合金钢气保焊时保护效果的影响 .....     | 309 |
| 第十一节 | 厚板焊接时控气参数对气保焊保护效果的影响 .....   | 312 |

## 9

|     |                         |     |
|-----|-------------------------|-----|
| 第九章 | 不锈钢及其焊缝的相变行为和组织性能 ..... | 316 |
|-----|-------------------------|-----|

|     |                            |     |
|-----|----------------------------|-----|
| 第一节 | 不锈钢概述 .....                | 316 |
| 第二节 | 不锈钢及其焊缝的结晶和固相转变 .....      | 319 |
| 第三节 | 铁素体含量的测定和异种钢焊接时的组织控制 ..... | 330 |
| 第四节 | 各类不锈钢焊缝及热影响区的组织实例 .....    | 334 |

## 10

|     |                           |     |
|-----|---------------------------|-----|
| 第十章 | 合金元素对不锈钢及其焊缝金属性能的影响 ..... | 341 |
|-----|---------------------------|-----|

|     |                            |     |
|-----|----------------------------|-----|
| 第一节 | 铁素体形成元素的影响 .....           | 341 |
| 第二节 | 奥氏体形成元素的影响 .....           | 351 |
| 第三节 | 碳化物形成元素的影响 .....           | 363 |
| 第四节 | 杂质和气体元素对不锈钢及其焊缝性能的影响 ..... | 367 |

|    |                          |     |
|----|--------------------------|-----|
| 附录 | 钨极惰性气体保护焊(TIG)用钨电极 ..... | 371 |
|----|--------------------------|-----|

|      |       |     |
|------|-------|-----|
| 参考文献 | ..... | 373 |
|------|-------|-----|

# 第一章

## 焊条的分类和焊缝的成分性能

焊条由焊芯和药皮两部分组成。焊芯的作用：一是传导电流，产生电弧；二是作为填充金属，与熔化的基体金属熔合形成焊缝。最常用的低碳钢焊芯是 H08A、H08E，还有低合金钢焊芯、不锈钢焊芯及有色金属焊芯等。药皮的主要作用有：保护作用，即利用药皮熔化后放出的气体和形成的熔渣，保护熔滴和熔池，隔离空气的侵入，防止有害气体进入熔化金属；冶金处理作用，通过熔渣与熔化金属的冶金反应，去除有害杂质，如氧、氢、硫、磷等，添加有益的合金元素，使焊缝获得满足要求的力学性能和化学成分；改善焊接工艺性能，如稳定电弧、减少飞溅、改善焊缝成形、提高脱渣性和熔敷效率等。

药皮的组成相当复杂，一般焊条的药皮配方中，药粉组成物都有七八种之多，有的可达十几种。但按其所具有的作用，可归纳为如下几类。

(1) 稳弧剂 主要起稳定电弧的作用，多采用碱金属及碱土金属的化合物，如碳酸钾、碳酸钠等。

(2) 造气剂 主要作用是形成保护气氛，隔绝空气，多采用碳酸盐类矿物、有机物等，如大理石、木粉等。

(3) 造渣剂 主要作用是形成熔渣，覆盖在熔化金属表面，起到渣保护和冶金处理作用，如金红石、萤石等。

(4) 脱氧剂 对熔化金属起脱氧作用，以提高焊缝金属的韧性、塑性等，常用的脱氧剂有钛铁、硅铁等。

(5) 增塑剂 改善涂料的压涂性能、保证良好的焊条外观，增塑剂有云母、白泥、海藻酸盐等。

(6) 合金剂 向焊缝中过渡所需要的合金元素，有铁合金和各种金属等，如锰铁、金属锰等。

(7) 黏结剂 用以将各种粉料搅拌均匀后黏附在焊芯上，常用的是钾水玻璃、钠水玻璃。

### 第一节 焊条的分类和牌号编制

#### 一、焊条的分类

焊条的分类方法很多，可以从不同角度对电焊条进行分类。从焊接冶金角度，按熔

渣的碱度可将焊条分为酸性焊条和碱性焊条；按焊条药皮的主要成分，焊条可分为钛型焊条、钛钙型焊条、钛铁矿型焊条、低氢型焊条、纤维素焊条等；从用途看，又可将焊条分为结构钢焊条、耐热钢焊条及不锈钢焊条等十大类。现将各种分类方法分别叙述如下。

### 1. 按熔渣的碱度分类

在实际生产中通常将焊条分为两大类——酸性焊条和碱性焊条（又称低氢型焊条）。按熔渣中酸性氧化物与碱性氧化物的比例计算，即当熔渣中酸性氧化物的比例高时为酸性焊条，反之即为碱性焊条。

从焊接工艺性能来比较，酸性焊条电弧柔软，飞溅小，熔渣流动性和覆盖性均好，因此，焊缝外表美观，焊波细密，成形平滑。碱性焊条的熔滴过渡是短路过渡，电弧不够稳定，熔渣的覆盖性差，焊缝形状凸起，且焊缝外观波纹粗糙，但在向上立焊时，容易操作。

酸性焊条的药皮中含有较多的氧化钛、氧化铁及氧化硅等，氧化性较强，因此在焊接过程中使合金元素烧损较多，同时由于焊缝金属中含氧量较多，因而熔敷金属塑性、韧性较低。酸性焊条一般均可以交、直流两用。典型的酸性焊条是 J422。

碱性焊条的药皮中含有多量的大理石和萤石，并有多量的铁合金作为脱氧剂和渗合金剂，因此药皮具有足够的脱氧能力。再者，碱性焊条主要靠大理石等碳酸盐分解出二氧化碳作保护气体，与酸性焊条相比，弧柱气氛中氢的分压较低，且萤石中的氟化钙在高温时与氢结合成氟化氢（HF），从而降低了焊缝中的含氢量，故碱性焊条又称为低氢型焊条。但由于氟的反电离作用，碱性焊条的电弧稳定性较差，一般只能采用直流反接（即焊条接正极）进行焊接，只有当药皮中含有多量稳弧剂时，才可以交、直流两用。采用碱性焊条焊接时，由于焊缝金属中氧和氢的含量较少，非金属夹杂物也少，故具有较高的塑性和冲击韧性。通常焊接重要结构（如承受动载荷的结构）或刚性较大的结构，以及可焊性较差的钢材均采用碱性焊条。典型的碱性焊条是 J507。

### 2. 按药皮的主要成分分类

焊条药皮由多种原料组成，按照药皮的主要成分可以确定焊条的药皮类型。药皮中以钛铁矿为主的称为钛铁矿型；当药皮中含有 30% 以上的二氧化钛及 20% 以下的钙、镁的碳酸盐时，就称为钛钙型。唯有低氢型例外，虽然它的药皮中主要组成为钙、镁的碳酸盐和萤石，但却以焊缝中含氢量最低作为其主要特征而予以命名。对于有些药皮类型，由于使用的黏结剂分别为钾水玻璃（或以钾为主的钾钠水玻璃）或钠水玻璃，因此，同一药皮类型又可进一步划分为钾型和钠型，而后者只能使用直流电源。

焊条药皮类型见表 1-1。

表 1-1 焊条药皮类型

| 药皮类型 | 药皮主要成分                               | 焊接电源  | 药皮类型 | 药皮主要成分                | 焊接电源  |
|------|--------------------------------------|-------|------|-----------------------|-------|
| 钛型   | 氧化钛 $\geq 35\%$                      | 直流或交流 | 纤维素型 | 有机物 15% 以上，氧化钛 30% 左右 | 直流    |
| 钛钙型  | 氧化钛 $\geq 30\%$ ，钙、镁的碳酸盐 $\leq 20\%$ | 直流或交流 | 低氢型  | 钙、镁的碳酸盐和萤石            | 直流    |
| 钛铁矿型 | 钛铁矿 $\geq 30\%$                      | 直流或交流 | 石墨型  | 多量石墨                  | 直流或交流 |
| 氧化铁型 | 多量氧化铁及较多的锰铁脱氧剂                       | 直流或交流 | 盐基型  | 氯化物和氟化物               | 直流    |

由于药皮配方组分不同，致使各种药皮类型焊条的焊接工艺性能、焊接熔渣的特性以及

焊缝金属力学性能均有很大差别,因此在选用焊条时,要充分考虑各类焊条药皮类型的特点。

此外,药皮中含有多量铁粉的焊条,又称为铁粉焊条。按照相应焊条药皮的主要成分,还可分为铁粉钛型、铁粉钛铁矿型、铁粉钛钙型、铁粉氧化铁型及铁粉低氢型等,构成了铁粉焊条系列。

### 3. 按用途分类

我国现行的焊条分类方法,主要是根据焊条国家标准和原机械工业部编制的《焊接材料产品样本》按用途进行分类。

通常,焊条按用途可分为十大类,见表1-2。

表 1-2 按用途对焊条分类

| 序号 | 焊条类别      | 代号 |    | 序号 | 焊条类别    | 代号 |    |
|----|-----------|----|----|----|---------|----|----|
|    |           | 拼音 | 汉字 |    |         | 拼音 | 汉字 |
| 1  | 结构钢焊条     | J  | 结  | 6  | 铸铁焊条    | Z  | 铸  |
| 2  | 钨及钨钼耐热钢焊条 | R  | 热  | 7  | 镍及镍合金焊条 | Ni | 镍  |
| 3  | 铬不锈钢焊条    | G  | 铬  | 8  | 铜及铜合金焊条 | T  | 铜  |
|    | 铬镍不锈钢焊条   | A  | 奥  | 9  | 铝及铝合金焊条 | L  | 铝  |
| 4  | 堆焊焊条      | D  | 堆  | 10 | 特殊用途焊条  | TS | 特  |
| 5  | 低温钢焊条     | W  | 温  |    |         |    |    |

注:焊条牌号的代号以汉语拼音为主,如J422。

## 二、焊条的牌号编制

焊条牌号是根据焊条的主要用途及性能特点来命名的,目前命名了十大类。各大类焊条按主要性能不同再分成若干小类。各类电焊条牌号分类编制方法如下。

### 1. 结构钢焊条(包括碳钢、高强度钢和低合金耐蚀钢焊条)

牌号前加“J”(或“结”字)表示结构钢焊条。牌号前两位数字,表示焊缝金属抗拉强度等级,其等级见表1-3。牌号第三位数字,表示药皮类型和焊接电源种类,见表1-4。药皮中含有铁粉且焊条效率在105%以上时,在牌号末尾加注“Fe”字;焊条效率在125%以上时,在“Fe”字后面再加两位数字,如J506Fe13等。结构钢焊条有特殊性能和用途的,则在牌号后面加注起主要作用的化学元素符号或主要用途的拼音字母。

表 1-3 焊缝金属抗拉强度等级

| 焊条牌号 | 焊缝金属抗拉强度等级 |                         | 焊条牌号 | 焊缝金属抗拉强度等级 |                       |
|------|------------|-------------------------|------|------------|-----------------------|
|      | /MPa       | /kgf·mm <sup>-2</sup> ① |      | /MPa       | /kgf·mm <sup>-2</sup> |
| J42× | 420        | 43                      | J75× | 740        | 75                    |
| J50× | 490        | 50                      | J80× | 780        | 80                    |
| J55× | 540        | 55                      | J85× | 830        | 85                    |
| J60× | 590        | 60                      | J90× | 880        | 90                    |
| J70× | 690        | 70                      | J10× | 980        | 100                   |

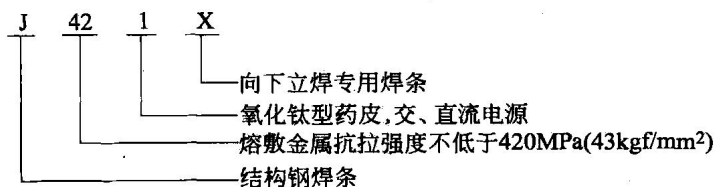
① 1kgf/mm<sup>2</sup> = 9.80665MPa。

表 1-4 焊条牌号中第三位数字的含义

| 焊条牌号 | 药皮类型     | 焊接电源种类 | 焊条牌号 | 药皮类型 | 焊接电源种类 |
|------|----------|--------|------|------|--------|
| □××0 | 不属已规定的类型 | 不规定    | □××5 | 纤维素型 | 直流或交流  |
| □××1 | 钛型       | 直流或交流  | □××6 | 低氢钾型 | 直流或交流  |
| □××2 | 钛钙型      | 直流或交流  | □××7 | 低氢钠型 | 直流     |
| □××3 | 钛铁矿型     | 直流或交流  | □××8 | 石墨型  | 直流或交流  |
| □××4 | 氧化铁型     | 直流或交流  | □××9 | 盐基型  | 直流     |

注：表中“□”表示焊条牌号的拼音字母或汉字，“××”表示牌号中的前两位数字。

牌号举例：



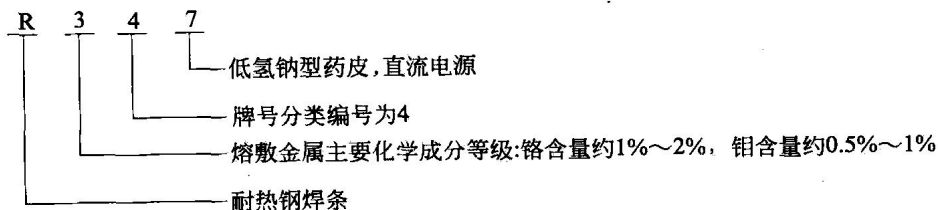
## 2. 钼和铬钼耐热钢焊条

牌号前加“R”(或“热”字),表示钼和铬钼耐热钢焊条。牌号第一位数字,表示熔敷金属主要化学成分组成等级,参见表 1-5。牌号第二位数字,表示同一熔敷金属主要化学成分组成等级中的不同牌号,对于同一组成等级的焊条,可有十个牌号,按 0,1,2,⋯,9 顺序编排,以区别铬钼之外的其他成分的不同。牌号第三位数字,表示药皮类型和焊接电源种类(表 1-4)。

表 1-5 耐热钢焊条熔敷金属主要化学成分组成等级

| 焊条牌号 | 熔敷金属主要化学成分组成等级          | 焊条牌号 | 熔敷金属主要化学成分组成等级        |
|------|-------------------------|------|-----------------------|
| R1×× | 含 Mo 约 0.5%             | R5×× | 含 Cr 约 5%,含 Mo 约 0.5% |
| R2×× | 含 Cr 约 0.5%,含 Mo 约 0.5% | R6×× | 含 Cr 约 7%,含 Mo 约 1%   |
| R3×× | 含 Cr 1%~2%,含 Mo 0.5%~1% | R7×× | 含 Cr 约 9%,含 Mo 约 1%   |
| R4×× | 含 Cr 约 2.5%,含 Mo 约 1%   | R8×× | 含 Cr 约 11%,含 Mo 约 1%  |

牌号举例：



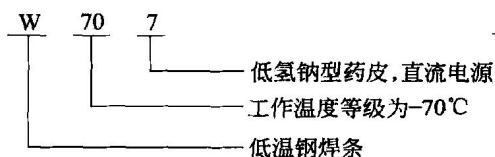
## 3. 低温钢焊条

牌号前加“W”(或“温”字),表示低温钢焊条。牌号前两位数字,表示低温钢焊条工作温度等级,参见表 1-6。牌号第三位数字,表示药皮类型和焊接电源种类(表 1-4)。

表 1-6 低温钢焊条工作温度等级

| 焊条牌号 | 工作温度等级/℃ | 焊条牌号 | 工作温度等级/℃ |
|------|----------|------|----------|
| W60× | -60      | W10× | -100     |
| W70× | -70      | W19× | -196     |
| W90× | -90      | W25× | -253     |

牌号举例:



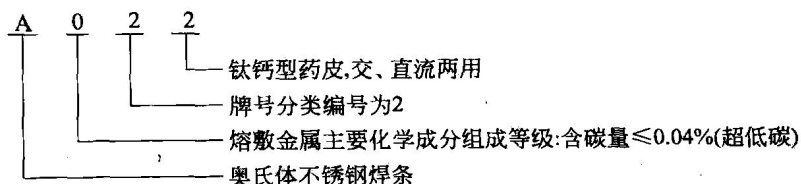
#### 4. 不锈钢焊条

牌号前加“G”(或“铬”字)或“A”(或“奥”字),分别表示铬不锈钢焊条或奥氏体铬镍不锈钢焊条。牌号第一位数字,表示熔敷金属主要化学成分组成等级,参见表 1-7。牌号第二位数字,表示同一熔敷金属主要化学成分组成等级中的不同牌号。对同一组成等级焊条,可有 10 个牌号,按 0,1,2,⋯,9 顺序排列,以区别镍铬之外的其他成分的不同。牌号第三位数字,表示药皮类型和焊接电源种类(表 1-4)。

表 1-7 不锈钢焊条熔敷金属主要化学成分组成等级

| 焊条牌号 | 熔敷金属主要化学成分组成等级        | 焊条牌号 | 熔敷金属主要化学成分组成等级        |
|------|-----------------------|------|-----------------------|
| G2×× | 含 Cr 约 13%            | A4×× | 含 Cr 约 26%,含 Ni 约 21% |
| G3×× | 含 Cr 约 17%            | A5×× | 含 Cr 约 16%,含 Ni 约 25% |
| A0×× | 含 C≤0.04%(超低碳)        | A6×× | 含 Cr 约 16%,含 Ni 约 35% |
| A1×× | 含 Cr 约 19%,含 Ni 约 10% | A7×× | 铬锰氮不锈钢                |
| A2×× | 含 Cr 约 18%,含 Ni 约 12% | A8×× | 含 Cr 约 18%,含 Ni 约 18% |
| A3×× | 含 Cr 约 23%,含 Ni 约 13% | A9×× | 含 Cr 约 20%,含 Ni 约 34% |

牌号举例:



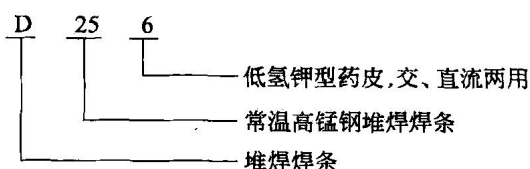
#### 5. 堆焊焊条

牌号前加“D”(或“堆”字),表示堆焊焊条。牌号的前两位数字表示堆焊焊条的用途或熔敷金属的主要成分类型等,见表 1-8。牌号第三位数字表示药皮类型和焊接电源种类(表 1-4)。

表 1-8 堆焊焊条牌号的前两位数字含义

| 焊条牌号      | 主要用途或主要成分类型 | 焊条牌号      | 主要用途或主要成分类型 |
|-----------|-------------|-----------|-------------|
| D00×~D09× | 不规定         | D60×~D69× | 合金铸铁堆焊焊条    |
| D10×~D24× | 不同硬度的常温堆焊焊条 | D70×~D79× | 碳化钨堆焊焊条     |
| D25×~D29× | 常温高锰钢堆焊焊条   | D80×~D89× | 钴基合金堆焊焊条    |
| D30×~D49× | 刀具工具用堆焊焊条   | D90×~D99× | 待发展的堆焊焊条    |
| D50×~D59× | 阀门堆焊焊条      |           |             |

牌号举例：



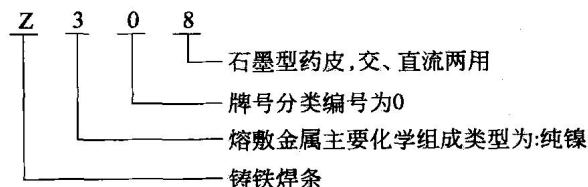
## 6. 铸铁焊条

牌号前加“Z”(或“铸”字),表示铸铁焊条。牌号第一位数字,表示熔敷金属主要化学成分组成类型,其含义见表 1-9。牌号第二位数字,表示同一熔敷金属主要化学成分组成类型中的不同牌号,对同一成分组成类型的焊条,可有十个牌号,按 0,1,2,⋯,9 顺序排列。牌号第三位数字,表示药皮类型和焊接电源种类(表 1-4)。

表 1-9 铸铁焊条牌号第一位数字含义

| 焊条牌号 | 熔敷金属主要化学成分组成类型 | 焊条牌号 | 熔敷金属主要化学成分组成类型 |
|------|----------------|------|----------------|
| Z1×× | 碳钢或高钒钢         | Z5×× | 镍铜合金           |
| Z2×× | 铸铁(包括球墨铸铁)     | Z6×× | 铜铁合金           |
| Z3×× | 纯镍             | Z7×× | 待发展            |
| Z4×× | 镍铁合金           |      |                |

牌号举例：



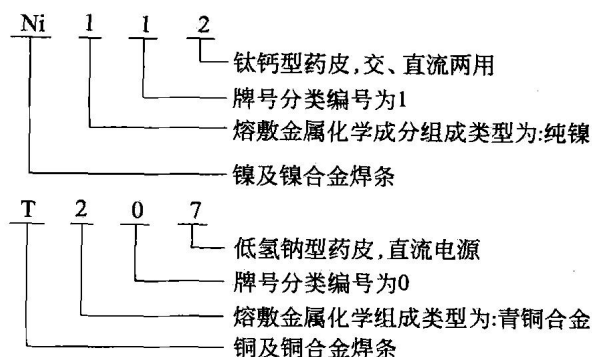
## 7. 有色金属焊条

牌号前加“Ni”(或“镍”字)、“T”(或“铜”字)、“L”(或“铝”字),分别表示镍及镍合金焊条、铜及铜合金焊条、铝及铝合金焊条。牌号第一位数字,表示熔敷金属化学成分组成类型,其含义见表 1-10。牌号第二位数字,表示同一熔敷金属化学成分组成类型中的不同牌号,对于同一成分组成类型焊条,可有十个牌号,按 0,1,2,⋯,9 顺序排列。牌号第三位数字,表示药皮类型和焊接电源种类(表 1-4)。

表 1-10 有色金属焊条牌号第一位数字的含义

| 焊条牌号    | 熔敷金属化学成分组成类型 |       | 焊条牌号    | 熔敷金属化学成分组成类型 |      |
|---------|--------------|-------|---------|--------------|------|
| 镍及镍合金焊条 | Ni1××        | 纯镍    | 铜及铜合金焊条 | T3××         | 白铜合金 |
|         | Ni2××        | 镍铜合金  |         | T4××         | 待发展  |
|         | Ni3××        | 因康镍合金 | 铝及铝合金焊条 | L1××         | 纯铝   |
|         | Ni4××        | 待发展   |         | L2××         | 铝硅合金 |
| 铜及铜合金焊条 | T1××         | 纯铜    |         | L3××         | 铝锰合金 |
|         | T2××         | 青铜合金  |         | L4××         | 待发展  |

牌号举例:



## 第二节 结构钢焊条

结构钢焊条包括低碳钢焊条、高强度钢焊条和低合金耐蚀钢焊条。结构钢焊条的使用量最大, 品种也很多, 有百余个牌号。低碳钢焊条的焊缝强度只有 420MPa 和 490MPa 两个强度级别。高强度钢焊条的焊缝强度为 540~980MPa, 用于焊接低合金高强度钢、中碳钢及中碳合金钢等。低合金耐蚀钢焊条又分为耐大气腐蚀、耐海水腐蚀、耐硫化氢及氢、氮、氨等介质腐蚀的焊条。根据焊条的自身特征和使用要求, 又有多种名称的结构钢焊条, 如高韧性焊条、超低氢焊条、低吸潮焊条、低尘焊条、超低氢高韧性焊条、底层焊条、盖面焊条、管道用焊条、向下立焊焊条、铁粉焊条及重力焊条等。为了区分这些焊条, 一般在焊条牌号的尾部加注不同的字母, 其中 D 表示底层焊条, DF 表示低尘焊条, G 表示管道焊条, GM 表示盖面焊条, H 表示超低氢焊条, LMA 表示低吸潮焊条, R 表示高韧性焊条, RH 表示高韧性超低氢焊条, SL 表示渗铝钢焊条, X 表示向下立焊焊条, Z 表示重力焊条。

### 一、焊条的成分和性能

结构钢焊条的熔敷金属化学成分与力学性能汇总于表 1-11。

表 1-11 结构钢焊条的熔敷金属化学成分与力学性能

| 牌 号                                                                | 化学成分/%      |             |          |                                           | 力学性能       |                 |       |             |
|--------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|----------|-------------------------------------------|------------|-----------------|-------|-------------|
|                                                                    | C           | Si          | Mn       | 其他                                        | $R_m$ /MPa | $R_{p0.2}$ /MPa | A/%   | $A_{kv}$ /J |
| J421, J421Fe13,<br>J421Fe, J421Fe16,<br>J421X, J421Fe18            | $\leq 0.12$ | $\leq 0.35$ | 0.3~0.6  |                                           | 450~530    | $\geq 330$      | 16~28 | 常温, 50~75   |
| J422, J422Fe13,<br>J422Fe, J422Fe16,<br>J422Z, J422Fe18,<br>J422GM | $\leq 0.12$ | $\leq 0.25$ | 0.3~0.6  |                                           | 430~500    | $\geq 330$      | 22~32 | 0℃, 70~115  |
| J422CrCu                                                           | $\leq 0.12$ | $\leq 0.25$ | 0.3~0.6  | Cr 0.2~0.65<br>Cu 0.2~0.4                 | 430~500    | $\geq 330$      | 22~30 | 0℃, 70~115  |
| J422CuCrNi                                                         | $\leq 0.12$ | $\leq 0.25$ | 0.3~0.6  | Cr 0.2~0.8<br>Cu 0.2~0.5<br>Ni $\leq 0.5$ | 430~500    | $\geq 330$      | 22~30 | 0℃, 70~115  |
| J423                                                               | $\leq 0.12$ | $\leq 0.20$ | 0.35~0.6 |                                           | 430~500    | $\geq 330$      | 22~30 | 0℃, 60~110  |
| J424                                                               | $\leq 0.12$ | $\leq 0.25$ | 0.5~0.9  |                                           | 430~490    | $\geq 330$      | 22~30 | 常温, 60~110  |

续表

| 牌 号                                             | 化学成分/%      |             |             |                                          | 力学性能       |                 |           |                     |
|-------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|------------------------------------------|------------|-----------------|-----------|---------------------|
|                                                 | C           | Si          | Mn          | 其他                                       | $R_m$ /MPa | $R_{p0.2}$ /MPa | A/%       | $A_{kv}$ /J         |
| J424Fe14,<br>J424Fe16,<br>J424Fe18              | $\leq 0.12$ | $\leq 0.25$ | 0.5~0.9     |                                          | 420~460    | $\geq 330$      | 22~26     | -30℃, 30~80         |
| J425, J425G                                     | $\leq 0.20$ | $\leq 0.30$ | 0.3~0.6     |                                          | 460~570    | $\geq 330$      | 22~26     | -30℃, 100~130       |
| J426, J426H,<br>J426X, J426Fe                   | $\leq 0.12$ | $\leq 0.9$  | $\leq 1.25$ |                                          | 460~540    | $\geq 330$      | 25~33     | -30℃, 80~180        |
| J427, J427X                                     | $\leq 0.12$ | $\leq 0.9$  | $\leq 1.25$ |                                          | 450~530    | $\geq 330$      | 25~33     | -30℃, 80~180        |
| J427Ni                                          | $\leq 0.12$ | $\leq 0.5$  | 0.50~0.85   | Ni $\leq 0.70$                           | 430~510    | $\geq 330$      | 28~34     | -40℃, 160~220       |
| J501Fe, J501Fe15,<br>J501Fe18                   | $\leq 0.12$ | $\leq 0.9$  | 0.80~1.4    | Mo $\leq 0.30$<br>V $\leq 0.08$          | 490~610    | $\geq 400$      | 17~25     | 0℃, 47~100          |
| J502, J502Fe                                    | $\leq 0.12$ | $\leq 0.3$  | 0.4~0.9     |                                          | 510~570    | $\geq 400$      | 20~30     | 0℃, 60~110          |
| J502Fe16,<br>J502Fe18                           | $\leq 0.12$ | $\leq 0.9$  | 0.5~0.9     | Mo $\leq 0.50$                           | 520~570    | $\geq 400$      | 22~28     | 0℃, 30~90           |
| J502CuP                                         | $\leq 0.12$ | $\leq 0.3$  | 0.5~0.9     | Cu 0.2~0.5<br>P 0.06~0.12                | 510~550    | $\geq 350$      | 18~22     | 常温, 35~85           |
| J502NiCu                                        | $\leq 0.10$ | $\leq 0.30$ | 0.3~0.8     | Cu 0.15~0.4<br>Ni 0.2~0.5                | 540~600    | $\geq 390$      | 24~26     | 0℃, 80~150          |
| J502WCu                                         | $\leq 0.12$ | $\leq 0.30$ | 0.5~0.9     | Cu 0.2~0.5<br>W 0.2~0.5                  | 490~560    | $\geq 390$      | 22~30     | 0℃, 50~70           |
| J502NiCrCu                                      | $\leq 0.10$ | $\leq 0.30$ | 0.4~0.75    | Cu 0.1~0.3<br>Cr 0.25~0.45<br>Ni 0.3~0.5 | 510~580    | $\geq 400$      | 22~28     | 0℃, $\geq 50$       |
| J503                                            | $\leq 0.12$ | $\leq 0.30$ | 0.5~0.9     |                                          | 520~560    | $\geq 400$      | 20~30     | 0℃, 60~110          |
| J504Fe, J504Fe14                                | $\leq 0.12$ | $\leq 0.75$ | $\leq 1.25$ | Mo $\leq 0.3$                            | 490~660    | $\geq 400$      | $\geq 22$ | -30℃, 30~80         |
| J505, J505G                                     | $\leq 0.20$ | $\leq 0.20$ | 0.4~0.6     |                                          | 490~620    | $\geq 400$      | 20~26     | -30℃, 50~100        |
| J505MoD                                         | $\leq 0.20$ | $\leq 0.20$ | 0.4~0.7     | Mo 0.2~0.6                               | 490~620    | $\geq 400$      | 20~26     | -30℃, 50~100        |
| J506, J506H,<br>J506X, J506DF,<br>J506D, J506Fe | $\leq 0.12$ | $\leq 0.75$ | $\leq 1.6$  |                                          | 510~580    | $\geq 400$      | 25~33     | -30℃, 50~200        |
| J506GM                                          | $\leq 0.09$ | $\leq 0.60$ | $\leq 1.6$  |                                          | $\geq 490$ | $\geq 400$      | $\geq 22$ | -40℃, $\geq 47$     |
| J506Fe-1                                        | $\leq 0.12$ | $\leq 0.70$ | $\leq 1.6$  |                                          | 510~580    | $\geq 400$      | 24~30     | -46℃, 50~100        |
| J506Fe16,<br>J506Fe18                           | $\leq 0.12$ | $\leq 0.75$ | $\leq 1.6$  |                                          | 520~580    | $\geq 400$      | $\geq 22$ | -20℃, $\geq 27$     |
| J506LMA                                         | $\leq 0.12$ | $\leq 0.75$ | $\leq 1.6$  |                                          | 530~600    | $\geq 400$      | 约 30      | -30℃, $\approx 130$ |
| J506R                                           | $\leq 0.10$ | $\leq 0.50$ | $\leq 1.5$  | Ni $\leq 0.7$                            | 约 570      | $\geq 400$      | 约 32      | -40℃, 100~180       |
| J506RH                                          | $\leq 0.10$ | $\leq 0.50$ | $\leq 1.6$  | Ni 0.35~0.80                             | 490~600    | $\geq 400$      | 23~30     | -40℃, 100~150       |
| J506WCu                                         | $\leq 0.12$ | $\leq 0.35$ | 0.6~1.2     | W 0.2~0.5<br>Cu 0.2~0.5                  | 490~600    | $\geq 390$      | 22~28     | -30℃, 70~95         |
| J506NiCu                                        | $\leq 0.12$ | $\leq 0.70$ | 0.5~1.2     | Ni 0.2~0.5<br>Cu 0.2~0.4                 | 490~600    | $\geq 390$      | 23~39     | -30℃, 60~110        |
| J507, J507H,<br>J507X, J507DF,<br>J507D, J507Fe | $\leq 0.12$ | $\leq 0.75$ | $\leq 1.6$  |                                          | 510~580    | $\geq 400$      | 24~32     | -30℃, 40~200        |
| J507R                                           | $\leq 0.12$ | $\leq 0.70$ | $\leq 1.6$  | Ni $\leq 0.7$                            | 490~570    | $\geq 390$      | 24~34     | -30℃, 100~200       |

续表

| 牌 号        | 化学成分/%      |             |             |                                                            | 力学性能       |                 |           |                 |
|------------|-------------|-------------|-------------|------------------------------------------------------------|------------|-----------------|-----------|-----------------|
|            | C           | Si          | Mn          | 其他                                                         | $R_m$ /MPa | $R_{p0.2}$ /MPa | A/%       | $A_{kv}$ /J     |
| J507NiTiB  | $\leq 0.12$ | $\leq 0.60$ | $\leq 1.6$  | Ni 0.35~0.65<br>Ti 0.02~0.04<br>B 0.002~0.005              | 490~570    | $\geq 410$      | 26~34     | -40℃, 80~190    |
| J507RH     | $\leq 0.10$ | $\leq 0.50$ | $\leq 1.6$  | Ni 0.35~0.80                                               | 490~610    | $\geq 410$      | 25~30     | -40℃, 70~190    |
| J507XG     | $\leq 0.12$ | $\leq 0.75$ | 0.8~1.3     |                                                            | 510~570    | $\geq 400$      | 22~32     | -30℃, 40~100    |
| J507Fe16   | $\leq 0.12$ | $\leq 0.75$ | $\leq 1.6$  | Mo $\leq 0.3$                                              | $\geq 490$ | $\geq 400$      | $\geq 22$ | -20℃, $\geq 27$ |
| J507NiCu   | $\leq 0.12$ | $\leq 0.70$ | 0.5~1.2     | Ni 0.2~0.5<br>Cu 0.2~0.4                                   | 490~590    | $\geq 390$      | 23~30     | -20℃, 60~110    |
| J507WCu    | $\leq 0.12$ | $\leq 0.35$ | 0.6~1.2     | W 0.2~0.5<br>Cu 0.2~0.5                                    | 510~590    | $\geq 390$      | 22~28     | -30℃, 70~95     |
| J507Mo     | $\leq 0.12$ | $\leq 0.60$ | $\leq 0.9$  | Mo 0.4~0.65                                                | 510~590    | $\geq 390$      | 22~28     | -30℃, 50~100    |
| J507MoNb   | $\leq 0.12$ | $\leq 0.65$ | 0.6~1.2     | Mo 0.3~0.6<br>Nb 0.03~0.15                                 | 510~590    | $\geq 390$      | 22~28     | -30℃, 50~100    |
| J507MoW    | $\leq 0.10$ | $\leq 0.50$ | $\leq 0.80$ | Mo 0.5~0.9<br>W 0.5~0.9                                    | 510~590    | $\geq 390$      | 22~28     | -30℃, 50~100    |
| J507CrNi   | $\leq 0.10$ | 0.3~0.5     | 0.5~0.8     | Cr 0.5~0.8<br>Ni 0.2~0.5<br>Cu 0.2~0.5                     | 510~590    | $\geq 390$      | 22~27     | -30℃, 60~150    |
| J507CuP    | $\leq 0.12$ | $\leq 0.50$ | 0.8~1.3     | Cu 0.2~0.5<br>P 0.06~0.12                                  | 510~570    | $\geq 390$      | 20~26     | 常温, 100~160     |
| J507FeNi   | $\leq 0.08$ | $\leq 0.65$ | 0.8~1.3     | Ni 1.2~2.0                                                 | 490~540    | $\geq 390$      | 23~28     | -40℃, 75~200    |
| J507MoWNbB | $\leq 0.10$ | $\leq 0.45$ | $\leq 0.85$ | Mo 0.4~0.6<br>W 0.1~0.2<br>Nb 0.01~0.04<br>B 0.0005~0.0015 | $\geq 490$ | $\geq 390$      | 22~28     | 常温, $\geq 47$   |
| J507NiCuP  | $\leq 0.12$ | $\leq 0.45$ | 0.6~1.6     | Ni 0.55~0.75<br>Cu 0.4~0.6<br>P 0.06~0.10                  | $\geq 490$ | $\geq 390$      | $\geq 22$ | -20℃, $\geq 30$ |
| J507SL     | $\leq 0.12$ | $\leq 0.50$ | $\leq 1.2$  | Mo $\leq 0.3$<br>V $\leq 0.3$<br>Al $\leq 0.055$           | $\geq 490$ | $\geq 345$      | $\geq 20$ | 常温, $\geq 27$   |
| J553       | $\leq 0.12$ | $\leq 0.30$ | 0.6~1.2     | Mo $\geq 0.2$                                              | 550~620    | $\geq 440$      | 18~28     | 常温, $\geq 27$   |
| J555       | $\leq 0.20$ | $\leq 0.50$ | $\geq 1.0$  |                                                            | $\geq 540$ | $\geq 440$      | $\geq 17$ | -30℃, $\geq 27$ |
| J555G      | $\leq 0.20$ | $\leq 0.20$ | $\geq 1.0$  |                                                            | $\geq 540$ | $\geq 440$      | $\geq 17$ | -30℃, $\geq 27$ |
| J556       | $\leq 0.12$ | 0.3~0.7     | $\geq 1.0$  |                                                            | 550~620    | $\geq 440$      | 22~30     | -40℃, $\geq 27$ |
| J556RH     | $\leq 0.12$ | 0.3~0.7     | $\geq 1.0$  | Ni $\leq 0.85$                                             | 550~620    | $\geq 440$      | 27~30     | -40℃, 120~180   |
| J557       | $\leq 0.12$ | 0.3~0.7     | $\geq 1.0$  |                                                            | 550~620    | $\geq 440$      | 22~32     | -30℃, $\geq 27$ |
| J557MoV    | $\leq 0.10$ | $\leq 0.25$ | 0.8~1.3     | Mo 0.2~0.35<br>V 0.03~0.05                                 | 550~600    | $\geq 440$      | $\geq 25$ | -40℃, $\geq 27$ |
| J557Mo     | $\leq 0.12$ | $\leq 0.6$  | 1.2~1.7     | Mo 0.40~0.65                                               | 550~620    | $\geq 440$      | 22~32     | -30℃, 35~150    |
| J606, J607 | $\leq 0.12$ | $\leq 0.6$  | 1.25~1.75   | Mo 0.25~0.45                                               | 610~670    | $\geq 490$      | 20~28     | -30℃, $\geq 27$ |