

不锈钢及 耐蚀耐热合金 焊接100问

▶ 李箕福 王移山 薛春月 编



不锈钢及耐蚀耐热合金 焊接 100 问

李箕福 王移山 薛春月 编

化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心
·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

不锈钢及耐蚀耐热合金焊接 100 问/李箕福 王移山
薛春月编, —北京: 化学工业出版社, 2000
ISBN 7-5025-2928-4

I. 不… II. ①李… ②王… ④薛… III. ①不锈钢-
焊接-问答②耐蚀合金-焊接-问答③耐热合金-焊接-问答
IV. TG457.1-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 37695 号

不锈钢及耐蚀耐热合金焊接 100 问

李箕福 王移山 薛春月 编

责任编辑: 任文斗

责任校对: 凌亚男

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

[http:// www.cip.com.cn](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销

北京市管庄永胜印刷厂印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 7¼ 字数 171 千字

2000 年 9 月第 1 版 2000 年 9 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—4000

ISBN 7-5025-2928-4/TF·2

定 价: 17.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

NAV 5/04

前 言

不锈钢及耐蚀耐热合金以其具有的防锈、耐腐蚀、抗氧化、耐高温的特点，广泛应用于石油、化工、航空、航天、核能、冶金、电力、交通运输、纺织、电子等部门，也大量应用于日常生活中。随着现代工业的发展，对材料的要求越来越高，不锈钢及耐蚀耐热合金的应用将越来越广，使用量也将大大提高。

合金元素多、组织结构复杂且多变给不锈钢及耐蚀耐热合金焊接带来很大困难。焊接接头的性能好坏，直接关系到设备使用的安全性。国内外对不锈钢及耐蚀耐热合金的焊接做了大量的研究工作，其焊接性、焊接材料及焊接工艺的研究几乎与母材的研究同步，促进了不锈钢及耐蚀耐热合金的发展。有关这方面的研究成果和文献资料虽然很多，但较为系统的书籍国内还没有，在实际工作中，一部分有关的焊接技术人员和焊工，对不锈钢及耐蚀耐热合金的焊接知识了解不多，有的甚至直接照搬低合金钢的工艺和方法。

本书共分四章，以问答的方式，较为全面地就不锈钢及耐蚀耐热合金的基本知识、焊接性、焊接材料和焊接工艺进行论述，围绕实际生产中可能遇到的问题，有针对性地进行解答。读者可以通过本书，了解不锈钢及耐蚀耐热合金焊接的有关基本知识和技术，指导实际生产。

本书由李箕福主编，王移山和薛春月协编，钢铁研究总院郝锋高级工程师对书稿进行了审阅，提出了许多宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。本书编写过程中得到了钢铁研究总院尹士科教授级高级工程师的热情帮助和悉心指导，在此深表谢意。对本书所引文献的作者和为本书提供有关资料的同志一并表示谢意。

由于编者水平所限，加之时间仓促，书中难免会有错误和不当之处，敬请读者批评指正。

编者

2000年6月

内 容 提 要

本书围绕不锈钢、耐热钢、高温合金、镍基及铁镍基耐蚀合金在焊接实践中经常出现的一些问题，以问答的形式，较全面地介绍了这些材料的基本知识及相关理论、焊接性及其影响因素、焊接材料及其选择、焊接工艺的制定等。还介绍了有关材料焊接近年来的研究成果，如超纯铁素体不锈钢焊接、双相不锈钢焊接、不锈钢及镍基合金带极堆焊等。

本书可供石化、机械、核能、航天、航空等工业部门的设计人员、焊接技术人员和广大焊工阅读，也可作为焊接专业师生的参考资料。

目 录

第一章 不锈钢及耐蚀耐热合金的基本知识	1
1. 不锈钢、耐热钢的含义和主要特征是什么?	1
2. 不锈钢和耐热钢是如何分类的?	1
3. 不锈钢和耐热钢的性能要求及成分有什么区别?	2
4. 国内不锈钢纳入国标的有哪些?	2
5. 国内耐热钢纳入国标的有哪些?	2
6. 国外不锈钢和耐热钢牌号是如何编制的? 它与国内牌号如何对照?	2
7. 各类不锈钢的物理特性是什么? 它们之间有何差别?	9
8. 什么是不锈钢组织图? Schaeffler 图与 Delong 图有什么不同?	10
9. 什么是马氏体不锈钢?	11
10. 什么是铁素体不锈钢? 什么是超纯铁素体不锈钢?	12
11. 什么是奥氏体不锈钢?	13
12. 什么是双相不锈钢? 它与含有少量铁素体的奥氏体不锈钢有什么区别?	15
13. 什么是沉淀硬化不锈钢?	17
14. 什么是镍基及铁镍基耐蚀合金? 它们是如何分类的?	17
15. 镍基及铁镍基耐蚀合金牌号是如何编制的?	18
16. 什么是高温合金?	19
17. 高温合金牌号是如何编制的?	21
18. 镍基及铁镍基耐蚀合金与高温合金有什么异同点?	21
19. 高温合金的热处理有哪些?	25
20. 镍基合金的物理特性是什么?	26
21. 目前市场常见的耐热铸钢有哪些?	26
22. 材料的耐腐蚀性能包括哪些方面?	27
23. 什么是均匀腐蚀?	28
24. 什么是孔蚀和缝隙腐蚀?	28
25. 什么是晶间腐蚀?	29
26. 什么是应力腐蚀破裂?	31
27. 高温合金和耐热钢的耐热性能有哪些?	32
28. 什么是 475℃脆性和 σ 相脆化?	33
第二章 不锈钢及耐蚀耐热合金的焊接性	35
29. 不锈钢及耐蚀耐热合金的焊接性包括哪些方面?	35
30. 影响马氏体不锈钢焊接性的因素有哪些?	35
31. 影响铁素体不锈钢焊接性的因素有哪些?	36
32. 影响奥氏体不锈钢焊接性的因素有哪些?	36
33. 影响双相不锈钢焊接性的因素有哪些?	37

34. 奥氏体不锈钢与铁素体不锈钢敏化温度区有什么不同?	38
35. 什么是刀状腐蚀?	39
36. 影响高温合金焊接性的因素有哪些?	40
37. 影响镍基及铁镍基耐蚀合金焊接性的因素有哪些?	41
38. 什么是异种钢接头过渡层马氏体带?	42
39. 什么是异种钢接头脱碳层和增碳层?	43
40. 常见不锈钢及耐蚀耐热合金的焊接裂纹试验有哪些?	44
41. 金属腐蚀试验方法有哪些?	45
42. 什么是硫酸-硫酸铜腐蚀试验?	48
43. 什么是 65%硝酸腐蚀试验?	51
第三章 不锈钢及耐蚀耐热合金的焊接材料	53
44. 不锈钢焊条型号是如何编制的?	53
45. 不锈钢焊条牌号是如何编制的?	55
46. 不锈钢焊条牌号和型号是如何对照的? 有哪些牌号的不锈钢焊条未列入国标? ..	56
47. 不锈钢焊条国家标准与美国标准有什么不同点?	58
48. 不锈钢实芯焊丝型号是如何编制的?	58
49. 美国不锈钢实芯焊丝型号是如何编制的?	59
50. 什么是药芯焊丝?	61
51. 不锈钢药芯焊丝牌号是如何编制的?	62
52. 不锈钢药芯焊丝与其他不锈钢焊接材料比较有什么特点?	62
53. 美国不锈钢药芯焊丝型号是如何编制的?	63
54. 日本不锈钢药芯焊丝型号是如何编制的?	64
55. 国内常用的不锈钢丝极埋弧焊剂有哪些? 如何与焊丝搭配?	65
56. 国内常用的不锈钢带极堆焊用焊带与焊剂有哪些? 它们是如何搭配的?	66
57. 双相不锈钢的焊接材料有哪些?	67
58. 为什么 Cr-Ni 奥氏体不锈钢的焊缝金属一般要求含有一定数量的铁素体?	68
59. 为什么不锈钢在碳钢和低合金钢上堆焊时, 第一层通常采用 309 型焊接材料? ..	69
60. 如何利用不锈钢组织图选择不锈钢焊接材料?	69
61. 选择不锈钢与耐热钢焊接材料有什么异同点?	70
62. 焊接马氏体钢时如何选择焊接材料?	71
63. 焊接铁素体钢时如何选择焊接材料?	72
64. 焊接奥氏体钢时如何选择焊接材料?	72
65. 焊接纯奥氏体不锈钢时如何提高抗热裂性能?	73
66. 焊接双相不锈钢时如何选择焊接材料?	74
67. 为什么双相不锈钢焊缝组织必须以奥氏体占优势?	75
68. 镍基合金焊条型号是如何编制的?	75
69. 镍基合金焊丝型号是如何编制的?	77
70. 常见的镍基合金焊条牌号有哪些?	77
71. 镍基合金丝极埋弧焊焊剂有哪些? 如何与焊丝搭配?	80
72. 镍基及铁镍基合金焊接时如何选择焊接材料?	81

73. 高温合金的焊丝有哪些?	81
74. 高温合金焊接时如何选择焊接材料?	84
75. 镍基合金带极堆焊的焊带与焊剂有哪些? 它们是如何搭配的?	84
76. 焊接耐热铸钢时如何选择焊接材料?	85
77. 异种金属焊接时, 选择焊接材料的原则是什么?	85
78. 马氏体、铁素体钢与珠光体钢焊接时, 如何选择焊接材料?	86
79. 铁素体钢与奥氏体钢焊接时如何选择焊接材料?	87
80. 奥氏体钢与珠光体钢焊接时如何选择焊接材料?	88
81. 不锈钢复合钢板焊接时如何选择焊接材料?	90
82. 镍基及铁镍基合金与不锈钢焊接时如何选择焊接材料?	91
第四章 不锈钢及耐蚀耐热合金的焊接工艺	92
83. 不锈钢常用的焊接方法有哪些? 各具有哪些特点?	92
84. 不锈钢焊前准备要注意哪些事项?	93
85. 马氏体不锈钢的焊接工艺要点是什么?	94
86. 铁素体不锈钢的焊接工艺要点是什么?	95
87. 超纯铁素体不锈钢的焊接要特别注意哪些事项?	95
88. 奥氏体不锈钢的焊接工艺要点是什么?	96
89. 不锈钢焊接的典型坡口有哪些?	97
90. 如何从焊接工艺上减轻奥氏体不锈钢的晶间腐蚀?	98
91. 如何从焊接工艺上防止应力腐蚀破裂的产生?	98
92. 双相不锈钢的焊接工艺要点是什么?	99
93. 如何选择双相不锈钢氩弧焊的保护气体?	100
94. 沉淀硬化不锈钢的焊接工艺要点是什么?	100
95. 镍基及铁镍基合金的焊接工艺要点是什么?	101
96. 镍基及铁镍基合金焊接的典型坡口有哪些?	102
97. 镍基及铁镍基合金焊接常见的缺陷产生的原因是什么? 防止措施有哪些?	102
98. 带极埋弧堆焊和带极电渣堆焊各有什么特点?	103
99. 带极埋弧堆焊的工艺要点是什么?	105
100. 带极电渣堆焊的工艺要点是什么?	106

第一章 不锈钢及耐蚀耐热合金的基本知识

1. 不锈钢、耐热钢的含义和主要特征是什么？

不锈钢一般系不锈钢和耐酸钢的总称。不锈钢是指耐大气、蒸汽和水等弱介质腐蚀的钢，而耐酸钢则指耐酸、碱、盐等化学浸蚀性介质腐蚀的钢。不锈钢与耐酸钢在合金化程度上有较大差异。不锈钢不一定耐酸；而耐酸钢一般则均具有不锈性。

不锈钢的不锈耐蚀性主要是由于主加元素铬含量能使钢的表面上形成富铬氧化膜（钝化膜），为此，不锈钢中的铬含量应高于12%。

耐热钢是指在高温状态下能够保持化学稳定性（耐腐蚀、不氧化）且具有足够强度的钢。钢的耐热性能主要是通过合金化来达到的，按其合金成分的含量可分为低合金耐热钢、中合金耐热钢、高合金耐热钢三大类。低合金耐热钢是指合金元素含量小于5%的耐热钢；中合金耐热钢是指合金元素含量在5%~12%的耐热钢；高合金耐热钢是指合金元素含量大于13%的耐热钢。本书所涉及的耐热钢仅是高合金耐热钢，而不涉及低合金、中合金耐热钢。

耐热钢主要加入元素为铬，且铬含量一般都大于12%，这一点与不锈钢相同，因此，这类钢既有耐热性能，也有不锈及耐蚀性能，故不少种类的耐热钢，同时也是不锈钢。

有人把这类耐热钢称为耐热不锈钢，而把前面所提的不锈钢称为耐蚀不锈钢，也有统称不锈耐热钢，在许多场合下（如在焊接材料方面）统称不锈钢。

2. 不锈钢和耐热钢是如何分类的？

不锈钢和耐热钢的种类很多，分类方法也很多。

(1) 不锈钢的分类方法

- 1) 按钢的组织结构分类，有马氏体不锈钢、铁素体不锈钢、奥氏体不锈钢和双相不锈钢等。
- 2) 按钢中的主要化学成分或钢中一些特征元素来分类，有铬不锈钢、铬镍不锈钢、铬镍钼不锈钢以及超低碳不锈钢、高钼不锈钢、高纯不锈钢等。
- 3) 按钢的性能特点和用途分类，有耐硝酸（硝酸级）不锈钢、耐硫酸不锈钢、耐孔蚀不锈钢、耐应力腐蚀不锈钢、高强度不锈钢等。
- 4) 按钢的功能特点分类，有低温不锈钢、无磁不锈钢、易切削不锈钢、超塑性不锈钢等。
- 5) 按使用加工方法分类，可分为压力加工用钢和切削加工用钢两大类。

目前常用的分类方法是按钢的组织结构特点和按钢的化学成分特点以及两者相结合的方法来分类。例如，把目前的不锈钢分为马氏体不锈钢、铁素体不锈钢、奥氏体不锈钢、双相不锈钢和沉淀硬化不锈钢等五大类，这是GB 1220的分类方法，本书也是按照这种分类方法进行编写的；另外，也可分为铬不锈钢和铬镍不锈钢两大类。

(2) 耐热钢的分类方法

- 1) 按钢的组织结构分类，有马氏体耐热钢、铁素体耐热钢、奥氏体耐热钢、沉淀硬化耐热钢四大类。

- 2) 按钢中主要化学成分分类, 有铬耐热钢和铬镍耐热钢等。
- 3) 按钢的性能特点分类, 可分为热稳定钢 (也称抗氧化不起皮钢) 和热强钢两大类。
- 4) 按使用加工方法分类, 可分为压力加工用钢和切削加工用钢两大类。

目前常用耐热钢分类是按组织结构特点, 分为马氏体耐热钢、铁素体耐热钢、奥氏体耐热钢和沉淀硬化耐热钢, 这是 GB 1221 的分类方法, 也是本书采用的分类方法。

3. 不锈钢和耐热钢的性能要求及成分有什么区别?

不锈钢的性能要求, 简单来说就是必须具有不锈性和耐蚀性。当然在不同的介质中, 对耐蚀不锈钢的要求也不同, 如铬不锈钢对硝酸等氧化性酸具有耐腐蚀性, 铬镍不锈钢则对硫酸、盐酸等可显示良好的耐腐蚀性, 相对各种形式的腐蚀 (如晶间腐蚀、应力腐蚀破裂、孔蚀、缝隙腐蚀等), 不锈钢不一定都具有优良的耐蚀性, 不同种类的钢, 对不同类型的腐蚀介质具有不同的耐蚀性。

耐热钢的性能要求, 简单来说就是必须具有良好的热稳定性和热强性。热稳定性包括抗氧化性和组织稳定性。抗氧化性也就是在高温下有良好抗氧化不起皮的能力; 组织稳定性也就是在使用温度下, 组织不能发生变化而影响材料的使用性能, 如高温脆性等。热强性则是在高温下必须具有良好的瞬时力学性能、持久性能和抗蠕变能力。

前面已经介绍, 不锈钢与耐热钢化学成分有许多类似的地方, 但它们之间化学成分最大不同点是对碳含量的要求不同, 不锈钢因为其耐蚀要求, 一般要求碳越低越好, 超低碳不锈钢是目前应用越来越广泛的一类不锈钢种。而耐热钢一般需要一定的含碳量, 在基体中形成碳化物相, 从而提高钢的热强性。

4. 国内不锈钢纳入国标的有哪些?

不锈钢钢号的表示方法如下。

(1) 钢号中碳含量以千分之几表示。例如“9Cr18”钢的平均碳含量为 0.9%; 若钢中碳含量不大于 0.03% 及不大于 0.08% 者, 钢号前分别冠以“00”及“0”, 例如 00Cr18Ni10, 0Cr13 等。

(2) 对钢中主要合金元素以百分之几表示, 而钛、铌、锆、氮等元素虽然含量很低, 仍应在钢号中标出。

GB 1220—92 不锈钢棒钢号和化学成分见表 1-1。

5. 国内耐热钢纳入国标的有哪些?

耐热钢钢号表示方法与不锈钢钢号的表示方法相同。

GB 1221—92 耐热钢棒钢号和化学成分见表 1-2。

6. 国外不锈钢和耐热钢牌号是如何编制的? 它与国内牌号如何对照?

目前, 国内常见的国外不锈钢和耐热钢牌号钢号主要是美国和日本的, 这两国的牌号编制方法大致相当, 这里只介绍美国对不锈钢和耐热钢牌号的编制方法。

美国的钢铁产品牌号大都采用美国各团体或学会的牌号表示方法, 最常见的有 AISI (American Iron and Steel Institute) 标准 (美国钢铁学会标准) 和 SAE (American Society of Automotive Engineers) 标准 (美国汽车工程师学会标准) 等的钢号。后来又提出 UNS (Unified Numbering System for Metal and Alloys) 系统 (金属和合金牌号的统一数字系统)。

表 1-1 不锈钢的化学成分/%

类型序号	牌 号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N	其他
1	1Cr17Mn6Ni5N	≤0.15	≤1.00	5.50~7.50	≤0.060	≤0.030	3.50~5.50	16.00~18.00	—	—	≤0.25	—
2	1Cr18Mn8Ni5N	≤0.15	≤1.00	7.50~10.00	≤0.060	≤0.030	4.00~6.00	17.00~19.00	—	—	≤0.25	—
3	1Cr18Mn10Ni5Mo3N	≤0.10	≤1.00	8.50~12.00	≤0.060	≤0.030	4.00~6.00	17.00~19.00	2.8~3.5	—	0.20~0.30	—
4	1Cr17Ni7	≤0.15	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	6.00~8.00	16.00~18.00	—	—	—	—
5	1Cr18Ni9	≤0.15	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.00~10.00	17.00~19.00	—	—	—	—
6	Y1Cr18Ni9	≤0.15	≤1.00	≤2.00	≤0.20	≥0.15	8.00~10.00	17.00~19.00	①	—	—	—
7	Y1Cr18Ni9Se	≤0.15	≤1.00	≤2.00	≤0.20	≥0.15	8.00~10.00	17.0~19.00	—	—	—	—
8	0Cr18Ni9	≤0.07	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.00~11.00	17.00~19.00	—	—	—	—
9	00Cr19Ni10	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.00~12.00	18.00~20.00	—	—	—	—
10	0Cr19Ni9N	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	7.00~10.50	18.00~20.00	—	—	0.10~0.25	—
11	0Cr19Ni10NbN	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	7.50~10.50	18.00~20.00	—	—	0.15~0.30	Nb≤0.15
12	00Cr18Ni10N	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.50~11.50	17.00~19.00	—	—	0.12~0.22	—
13	1Cr18Ni12	≤0.12	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	10.50~13.00	17.00~19.00	—	—	—	—
14	0Cr23Ni13	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	12.00~15.00	22.00~24.00	—	—	—	—
15	0Cr25Ni20	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	19.00~22.00	24.00~26.00	—	—	—	—
16	0Cr17Ni12Mo2	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	10.00~14.00	16.00~18.50	2.00~3.00	—	—	—
17	1Cr18Ni12MoTi®	≤0.12	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~14.00	16.00~19.00	1.80~2.50	—	—	Ti:5×(%C-0.02) ~0.80
18	0Cr18Ni12Mo2Ti	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~14.00	16.00~19.00	1.80~2.50	—	—	—
19	00Cr17Ni14Mo2	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	12.00~15.00	16.00~18.00	2.00~3.00	—	—	Ti:5×%C~0.70
20	0Cr17Ni12Mo2N	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	10.00~14.00	16.00~18.00	2.00~3.00	—	0.10~0.22	—
21	00Cr17Ni13Mo2N	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	10.50~14.50	16.00~18.50	2.00~3.00	—	0.12~0.22	—
22	0Cr18Ni12Mo2Cu2	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	10.00~14.50	17.00~19.00	1.20~2.75	1.00~2.50	—	—
23	00Cr18Ni14Mo2Cu2	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	12.00~16.00	17.00~19.00	1.20~2.75	1.00~2.50	—	—
24	0Cr19Ni13Mo3	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~15.00	18.00~20.00	3.00~4.00	—	—	—
25	00Cr19Ni13Mo3	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~15.00	18.00~20.00	3.00~4.00	—	—	—
26	1Cr18Ni12MoTi®	≤0.12	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~14.00	16.00~19.00	2.50~3.50	—	—	Ti:5×(%C-0.02) ~0.80
27	0Cr18NiMo3Ti	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~14.00	16.00~19.00	2.50~3.50	—	—	Ti:5×%C~0.70
28	0Cr18Ni16Mo5	≤0.040	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	15.00~17.00	16.00~19.00	4.00~6.00	—	—	—
29	1Cr18Ni9Ti®	≤0.12	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.00~11.00	17.00~19.00	—	—	—	Ti:5×(%C-0.02) ~0.80
30	0Cr18Ni0Ti	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	9.00~12.00	17.00~19.00	—	—	—	Ti≥5×%C
31	0Cr18Ni11Nb	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	9.00~13.00	17.00~19.00	—	—	—	Nb≥10×%C
32	0Cr18Ni9Cu3	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.060	8.50~10.50	17.00~19.00	—	3.0~4.0	—	—
33	0Cr18Ni13Si4	≤0.08	3.00~5.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.50~15.00	15.00~20.00	—	—	—	②

续表

类型序号	牌号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N	其他
奥氏体-铁素体型	34 0Cr26Ni5Mo2	≤0.08	≤1.00	≤1.50	≤0.035	≤0.030	3.00~6.00	23.00~28.00	1.00~3.00	—	—	②
	35 1Cr18Ni11Si4AlTi	0.10~0.183.40~4.00	—	≤0.80	≤0.035	≤0.030	10.00~12.00	17.50~19.50	—	—	—	Al:0.1~0.30; Ti:0.4~0.70
铁素体型	36 00Cr18Ni5Mo3Si2	0.030	1.30~2.00	1.00~2.00	≤0.035	≤0.030	4.50~5.50	18.00~19.50	2.50~3.00	—	—	—
	37 0Cr13Al	≤0.08	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.50~14.50	—	—	—	Al:0.10~0.30
	38 00Cr12	≤0.030	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.00~13.00	—	—	—	—
	39 1Cr17	≤0.12	≤0.75	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	16.00~18.00	—	—	—	—
	40 Y1Cr17	≤0.12	≤1.00	≤1.25	≤0.060	≥0.15	③	16.00~18.00	①	—	—	—
马氏体型	41 1Cr17Mo	≤0.12	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	16.00~18.00	0.75~1.25	—	—	—
	42 00Cr30Mo22 ^⑥	≤0.010	≤0.40	≤0.40	≤0.030	≤0.020	—	28.50~32.00	1.50~2.50	—	≤0.015	—
	43 00Cr27Mo ^⑥	≤0.010	≤0.40	≤0.40	≤0.030	≤0.020	—	25.00~27.50	0.75~1.50	—	≤0.015	—
	44 1Cr12	≤0.15	≤0.50	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.50~13.00	—	—	—	—
	45 1Cr13	≤0.15	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.50~13.50	—	—	—	—
	46 0Cr13	≤0.08	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.50~13.50	—	—	—	—
	47 Y1Cr13	≤0.15	≤1.00	≤1.25	≤0.060	≥0.15	③	12.00~14.00	①	—	—	—
	48 1Cr13Mo	0.08~0.18	≤0.60	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.50~14.00	0.3~0.60	—	—	—
	49 2Cr13	0.16~0.25	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	12.00~14.00	—	—	—	—
	50 3Cr13	0.26~0.35	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	12.00~14.00	—	—	—	—
	51 Y3Cr13	0.26~0.40	≤1.00	≤1.25	≤0.060	≥0.15	③	12.00~14.00	①	—	—	—
	52 3Cr13Mo	0.28~0.35	≤0.80	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	12.00~14.00	0.5~1.00	—	—	—
	53 4Cr13	0.36~0.45	≤0.60	≤0.80	≤0.035	≤0.030	③	12.00~14.00	—	—	—	—
	54 1Cr17Ni2	0.11~0.17	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.030	1.50~2.50	16.00~18.00	—	—	—	—
	55 7Cr17	0.60~0.75	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	16.00~18.00	④	—	—	—
	56 8Cr17	0.75~0.95	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	16.00~18.00	④	—	—	—
	57 9Cr18	0.90~1.00	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.030	③	17.00~19.00	④	—	—	—
	58 11Cr18	0.95~1.20	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	16.00~18.00	④	—	—	—
	59 Y11Cr17	0.95~1.20	≤1.00	≤1.25	≤0.060	≥0.15	③	16.00~18.00	④	—	—	—
	60 9Cr18Mo	0.95~1.10	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.030	③	16.00~18.00	0.4~0.7	—	—	—
	61 9Cr18MoV	0.85~0.95	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.030	③	17.00~19.00	1.00~1.30	—	—	V:0.07~0.12
沉淀硬化型	62 0Cr17Ni4Cu4Nb	≤0.07	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	3.00~5.00	15.50~17.50	—	3.00~5.00	—	Nb:0.15~0.45
	63 0Cr17Ni7Al	≤0.09	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	6.50~7.75	16.00~18.00	—	≤0.50	—	Al:0.75~1.50
	64 0Cr15Ni7Mo2Al	≤0.09	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	6.50~7.50	14.00~16.00	2.00~3.00	—	—	Al:0.75~1.50

①可加入小于或等于0.60%钼。

②必要时,可添加上表以外的合金元素。

③允许含有小于或等于0.60%磷。

④可以加入小于或等于0.75%钨。

⑤00Cr30Mo2.00Cr27Mo允许含有小于或等于0.50%镍,小于或等于0.20%铜,而Ni+Cu小于或等于0.50%,必要时,可添加上表以外的合金元素。

⑥此牌号除专用外,一般情况下不推荐使用。

表 1-2 耐热钢的化学成分/%

类型序号	牌 号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	N	其他
1	5Cr21Mn9Ni4N	0.48~0.58	≤0.35	8.00~10.00	≤0.040	≤0.030	3.25~4.50	20.00~22.00			0.35~0.50	
2	2Cr21Ni12N	0.15~0.280.75~1.25	1.00~1.60	1.00~1.60	≤0.035	≤0.030	10.50~12.50	20.00~22.00			0.15~0.30	
3	2Cr23Ni13	≤0.20	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	12.00~15.00	22.00~24.00				
4	2Cr25Ni20	≤0.25	≤1.50	≤2.00	≤0.035	≤0.030	19.00~22.00	24.00~26.00				
5	1Cr16Ni35	≤0.15	≤1.50	≤2.00	≤0.035	≤0.030	33.00~37.00	14.00~17.00				
6	0Cr15Ni25 Ti2MoAlVB	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	24.00~27.00	13.50~16.00	1.00~1.50	0.10~0.50		Ti:1.90~2.35; Al<0.35 B:0.001~0.010
7	0Cr18Ni9	≤0.07	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.00~11.00	17.00~19.00				
8	0Cr23Ni13	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	12.00~15.00	22.00~24.00				
9	0Cr25Ni20	≤0.08	≤1.50	≤2.00	≤0.035	≤0.030	19.00~22.00	24.00~26.00				
10	0Cr17Ni12Mo2	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	10.00~14.00	16.00~18.00	2.00~3.00			
11	4Cr14Ni14W2Mo	0.40~0.50	≤0.80	≤0.70	≤0.035	≤0.030	13.00~15.00	13.00~15.00	0.25~0.40		0.22~0.33	W2.00~2.75
12	3Cr18Mn12Si2N	0.22~0.30	1.40~2.20	0.50~12.50	≤0.060	≤0.030	—	17.00~19.00	—			
13	2Cr20Mn9 Ni2Si2N	0.17~0.26	1.80~2.70	8.50~11.00	≤0.060	≤0.030	2.00~3.00	18.00~21.00			0.20~0.30	
14	0Cr19Ni13Mo3	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~15.00	18.00~20.00	3.00~4.00			
15	1Cr18Ni9Ti	≤0.12	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.00~11.00	17.00~19.00	—			Ti:5×(%C-0.02) ~0.80
16	0Cr18Ni10Ti	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	9.00~12.00	17.00~19.00	—			Ti≥5×%C
17	0Cr18Ni11Nb	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	9.00~13.00	17.00~19.00	—			Nb≥10×%C
18	0Cr18Ni13Si4	≤0.08	3.00~5.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.50~15.00	15.00~20.00				①
19	1Cr20Ni14Si2	≤0.20	1.50~2.50	≤1.50	≤0.035	≤0.030	12.00~15.00	19.00~22.00				
20	1Cr25Ni20Si2	≤0.20	1.50~2.50	≤1.50	≤0.035	≤0.030	18.00~21.00	24.00~27.00				

奥 氏 体 型

续表

类型序号	牌 号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	N	其他
21	2Cr25N	≤0.20	≤1.00	≤1.50	≤0.040	≤0.030	—	23.00~27.00			≤0.25	②
22	0Cr13Al	≤0.08	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.030	—	11.50~14.00				Al:0.10~0.30
23	00Cr12	≤0.030	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.030	—	11.00~13.00				
24	1Cr17	≤0.12	≤0.75	≤1.00	≤0.040	≤0.030	—	16.00~18.00				
25	1Cr5Mo	≤0.15	≤0.50	≤0.60	≤0.035	0.030	≤0.60	4.00~6.00	0.45~0.60			
26	4Cr9Si2	0.35~0.50	2.00~3.00	≤0.70	≤0.035	≤0.030	≤0.60	8.00~10.00				
27	4Cr10SiMo	0.35~0.45	1.90~2.60	≤0.70	≤0.035	≤0.030	≤0.60	9.00~10.50	0.70~0.90			
28	8Cr20Si2Ni	0.75~0.85	1.75~2.25	0.20~0.60	≤0.035	≤0.030	1.15~1.65	19.00~20.50	0.50~0.70			
29	1Cr11MoV	0.11~0.18	≤0.50	≤0.60	≤0.035	≤0.030	≤0.60	10.00~11.50	0.30~0.60			②
30	1Cr12Mo	0.10~0.15	≤0.50	0.30~0.50	≤0.035	≤0.030	0.30~0.60	11.50~13.00	0.30~0.60			
31	2Cr12MoVNbN	0.15~0.20	≤0.50	0.50~1.00	≤0.035	≤0.030	③	10.00~13.00	0.30~0.90		0.05~0.10	Nb:0.20~0.60
32	1Cr12WMoV	0.12~0.18	≤0.50	0.50~0.90	≤0.035	≤0.030	0.40~0.80	11.00~13.00	0.50~0.70		—	W:0.70~1.10
33	2Cr12NiMoWV	0.20~0.25	≤0.50	0.50~1.00	≤0.035	≤0.030	0.50~1.00	11.00~13.00	0.75~1.25			W:0.70~1.25
34	1Cr13	≤0.15	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.50~13.50				②
35	1Cr13Mo	0.08~0.18	≤0.60	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.50~14.00				
36	2Cr13	0.16~0.25	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	12.00~14.00				
37	1Cr17Ni2	0.11~0.17	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.030	1.50~2.50	16.00~18.00				
38	1Cr11Ni2W2MoAl	0.10~0.16	≤0.60	≤0.60	≤0.035	≤0.030	1.40~1.80	10.50~12.00	0.35~0.50	0.18~0.30		W:1.50~2.00
39	0Cr17Ni4Cu4Nb	≤0.07	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	3.00~5.00	15.50~17.50				Cu:3.00~5.00; Nb:0.15~0.45;
40	0Cr17Ni7Al	≤0.09	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	6.50~7.75	16.00~18.00				Cu≤0.50 Al:0.75~1.50

①必要时,可添加上表以外的合金元素。

②允许含有小于或等于0.30%Cu。

③允许含有小于或等于0.60%Ni。

(1) AISI 标准的钢号表示方法

钢号由三位数字组成，第一位表示钢的类型，后面二位表示顺序号。具体编号系列为：

2××——铬锰镍氮奥氏体钢，××为顺序号数字（下同）；

3××——铬镍奥氏体钢；

4××——高铬马氏体钢和低碳高铬铁素体钢；

5××——低铬马氏体钢。

(2) SAE 标准的钢号表示方法

钢号采用五位数字来表示，前三位表示钢的类型，后面二位表示顺序号（和 AISI 顺序号相同）。具体编号系列为：

302××——铬锰镍氮奥氏体钢，××为顺序号数字（下同）；

303××——铬镍奥氏体钢（锻造钢）；

514××——高铬马氏体钢和低碳高铬铁素体钢（锻造钢）；

515××——低铬马氏体钢（锻造钢）；

60×××——用于 650℃ 以下的耐热钢（铸钢），×××为与 AISI 标准相同的编号数字；

70×××——用于 650℃ 以上的耐热钢（铸钢），×××为与 AISI 标准相同的编号数字。

(3) UNS 系统的钢号表示方法

钢号采用 S××××× 数字系列，前三位数字的编号方法基本上采用 AISI 的不锈耐热钢号；最后二位数字主要用来区分同一组钢中主要成分相同而个别成分有差别或含有特殊元素的钢种。具体编号系列为：

S1×××××——沉淀硬化钢；

S2×××××——节镍奥氏体钢；

S3×××××——铬镍奥氏体及沉淀硬化钢；

S4×××××——马氏体和铁素体钢，以及沉淀硬化钢；

S5×××××——铬耐热钢。

具体钢号对照表见表 1-3、表 1-4。

表 1-3 国内外不锈钢标准钢号对照表

中国	日本	美国	英国	德国	法国	前苏联
GB 1220-92 GB 3280-92	JIS	AIST UNS	BS 970 Part4 BS 1449 Part2	DIN 17440 DIN 17224	NFA 35-572 NFA 35-576~582 NFA35-584	ГОСТ5632
0Cr13	SUS 410S	410S S41000		X7Cr13	Z6C13	08X13
1Cr13	SUS 410	410	410 S21	X10Cr13	Z12C13	12X13
2Cr13	SUS 420J1	420 S42000	420 S29 420 S37	X20Cr13	Z20C13	20X13
3Cr13	SUS402J2		240 S45			30X13
3Cr16	SUS429J1	—	—	—	—	—
1Cr17Ni2	SUS431	431 S 43100	431 S29	X22CrNi7	Z15CN16-02	14X17H2 20X17H2
7Cr17	SUS440A	440A S 44002				
11Cr17	SUS440C	440C S 44004			Z100CD17	

续表

中国	日本	美国	英国	德国	法国	前苏联
8Cr17	SUS 440B	44013 S 44003				
4Cr13	SUS 420J2			X4DCr13	Z40C13	40X13
9Cr18	SUS 440C	440C		X105CrMo17	Z100CD17	95X18
9Cr18Mo	SUS 440C	440C				
9Cr18MoV	SUS 440B	440B		X90CrMoV18	Z6CND17. 12	
0Cr17Ni4Cu4Nb	SUS 630	630 S 17400			Z6CNU17. 04	
0Cr17Ni7Al	SUS 631	631 S17700		X7CrNiAl177	Z8CNA17. 7	09X17HB10
0Cr15Ni7Mo2AL		632 S15700			Z8CND15. 7	
00Cr12	SUS 410					
0Cr13Al	SUS405	405 S 40500	405 S 17	X7Al13	Z6CA13	
1Cr15	SUS 429	429 S 42900				
1Cr17	SUS430	430 S 43000	430S15	X8Cr17	Z8C17	12X17
00Cr17	SUS 430LX					
1Cr17Mo	SUS 434	434 S4340	434 S19	X6CrMo17	Z8CD17. 01	
00Cr17Mo	SUS 436L					
00Cr18Mo2	SUS 444					
00Cr27Mo	SUS XM27	XM27 S44625			Z01CD26. 1	
00Cr30Mo2	SUS447J1					
1Cr17Mn6Ni5N	SUS 201	201 S20100				12X17Г9AH4
1Cr18Mn8Ni5N	SUS202	202 S20200	284 S16			21X17Г9AH4
1Cr17Ni7	SUS301	301 S30100	301S21	X12CrNi177	Z12CN17. 07	
1Cr17Ni8	SUS301J1			X12CrNi177		
1Cr18Ni9	SUS302	302 S30200	302S25	X12CrNi188	Z10CN18. 09	12X18H9
1Cr18Ni9Si3	SUS302B	302B S30215				
Y1Cr18Ni9	SUS303	303 S30300	303S21	X12CrNiS188	Z10CNF18. 09	
Y1Cr18Ni9Se	SUS303 Se	303 Se S30323	303S41			12X18H10E
0Cr18Ni9	SUS304	304 S30400	304S15	X5CrNi189	Z2CN18. 09	08X18H10
00Cr19Ni10	SUS304L	304L S30403	304S12	X2CrNi189	Z2CN18. 09	03X18H11
0Cr19Ni9N	SUS304N1	304N S30451			Z5CN18. 09A2	
00Cr19Ni10NbN	SUS304N	XM21 S30452				

续表

中国	日本	美国	英国	德国	法国	前苏联
GB 1220-92 GB 3280-92	JIS	AIISI UNS	BS 970 Part 4 BS 1449 Part 2	DIN 17440 DIN 17224	NFA 35-572 NFA 35-576~582 NFA35-584	ГОСТ5632
00Cr18Ni10N 1Cr18Ni12 0Cr23Ni13 0Cr25Ni20 0Cr17Ni12Mo2 00Cr17Ni14Mo2 0Cr17Ni12Mo2N 00Cr17Ni13Mo2N 0Cr18Ni12Mo2Ti 0Cr18Ni12Mo2Cu2 0Cr18Ni12Mo3Ti 0Cr19Ni13Mo3 00Cr19Ni13Mo3 0Cr18Ni16Mo5 0Cr18Ni11Ti 0Cr18Ni11Nb 0Cr18Ni13Si4 0Cr18Ni9Cu3 1Cr18Ni12Mo2Ti	SUS304LN SUS 305 SUS309S SUS310S SUS316S SUS316L SUS316N SUS316LN SUS316J1 SUS317 SUS317L SUS 317J1 SUS 321 SUS 347 SUS XM15J1 SUS XM7	S305 309S 310S 316 316L 316L 317 317L XM15	305S19 316S16 316S12 320S17 317S16 317S12 347S17 320 S17	X2CrNi1810 X5CrNi1911 X5CrNiMo1812 X2CrNiMo1812 X2CrNiMoN1812 X10CrNiMoN1810 X2CrNiMo1816 X10CrNiTi189 X10CrNiNb189 X10CrNiMoTi1810	Z2CN18.10N Z8CN18.12 Z6CND1712 Z2CND1712 Z2CND1712N Z6CND1712 Z6NT18.10 Z6CNNb18.10 Z6CNU18.10 Z8CND17.12	12X18H12T 03X17H14M2 08X17H13M2T 03X17Ni15M3T 03X16H15M3 08X18H10T 08X18H12F 08X17H13M2T

表 1-4 国内已应用的不锈钢非标准钢号与国外钢号对照表

中国	日本	美国	瑞典	法国	德国
00Cr25Ni4Mo4 00Cr29Ni2Mo4		UNS S44635 UNS S44800	Avesta Monit		
00Cr22Ni5Mo2N 00Cr22Ni7Mo2N 00Cr25Ni7Mo3N 00Cr25Ni6Mo2CuN 0Cr25Ni5Mo2Cu3 00Cr25Ni7Mo3WCuN 00Cr26Ni6Ti 00Cr26Ni17Mo2Ti 00Cr23Ni4MoN	329J ₂ L DP8 DP3	UNS S31803 UNS S32404 UNS S3250 Frralium 255 CD4MCu UNS S31260 IN744 UNS S32304	SS 2377 SAF2205 SAF 2507 SAF 2304	Uranus 45N Uranus 50 Z3CN2304AZ UR 35N	DZN1.4462 AF22
00Cr25Ni22Mo2N 00Cr20Ni25Mo4.5Cu 0Cr20Ni29Mo3Cu4 0Cr20Ni30Mo3Cu4Nb 0Cr27Ni31Mo3Cu		904L UNS N08904 Carpenter 20 Carpenter 20Cb UNS N08028	2RE69 2RK65 SS 2562 Sanicro 28 SS 2504	UB-6	X2CrNiMoN2522 X2CrNiMoCu25205 DIN 1.4563 X1NiCrMoCuN31274

7. 各类不锈钢的物理特性是什么？它们之间有何差别？

不锈钢（为了方便起见，本书把不锈钢和耐热钢合称为不锈钢）与碳素钢、低合金钢在