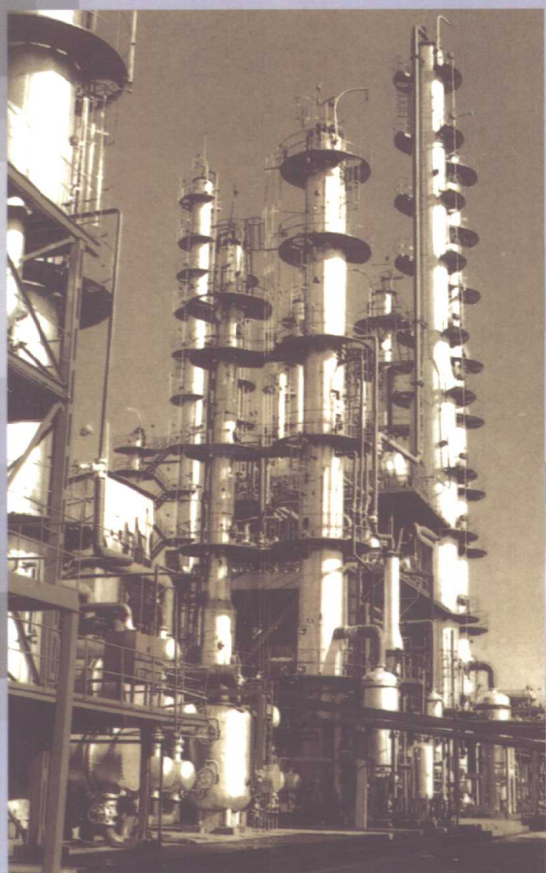




# 石油 化工机器

## 维护和检修技术

李善春 李宝彦 沈殿成 张继革 编著



石油工业出版社



# 石油化工机器维护和检修技术

李善春 李宝彦 沈殿成 张继革 编著

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书全面系统地介绍了石油化工企业常用的石油化工机器检修的基本知识和技术,具有较强的科学性、系统性和实用性。全书共分八章,第一章介绍了石油化工机械工程材料;第二至第七章介绍了活塞压缩机、石油化工用泵、风机、工业汽轮机、离心压缩机、离心机和过滤机维护和检修技术;第八章介绍了机器的状态监测及故障诊断技术。

本书可供从事石油化工机械设备维护、检修、管理的工程技术人员、工人、干部阅读,也可供大专院校相关专业师生作为教学参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

石油化工机器维护和检修技术/李善春等编著.

北京:石油工业出版社,2000.11

ISBN 7-5021-3174-4

I.石…

II.李…

III.①石油化工—机械设备—保养②石油化工—机械设备—检修

IV.TE96

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 76264 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

北京密云华都印刷厂排版

石油工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

\*

787×1092 毫米 16 开本 24 印张 600 千字 印 1—1000

2000 年 11 月北京第 1 版 2000 年 11 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3174-4/TE·2409

定价:68.00 元

## 前 言

石油化工机器是石油化工企业生产过程中的重要设备，运行状态的好坏和运行周期的长短对生产过程和生产效益有着直接的关系。这就要求把生产过程的机器维护好、检修好、管理好，才能保证生产过程连续满负荷运行，达到安全、优质、低耗、高效的目的；同时也要求对机器进行不断地进行技术改造和更新，才能使生产得到不断的发展。

随着我国改革开放的不断深入，石化行业引进了一些国外的大型装备和先进的技术，这些大型化单系列生产装置给设备的管理、维护和检修赋予了新的内涵。例如，从单纯以时间周期为基础的计件性检修制度到以设备的实际运行状态为基础的预知性检修制度的过渡；掌握运用设备的状态监测和故障诊断技术；设备的静态管理转变为动态管理等等。这说明了设备的管理、维护和检修的技术水平是决定环境保护、劳动安全和低耗高效地生产的关键。因此必须重视和加强设备管理、维护和检修工程技术人员和工人的技术培训工作，不断地提高他们的技术水平。

《石油化工机器维护和检修技术》旨在切合化工机器的维护和检修的需要，不仅提供必要的理论基础，也叙述了各种维护和检修技术，既介绍传统设备的改造方法，也消化吸收了大型机器的维护检修技术。

为了方便化工技术人员，《石油化工机器维护和检修技术》编入了维护和检修有关的专业资料，针对性强，供选型选材时使用。为了兼顾大、中、小型新老化工企业的需要，既介绍了大量的先进技术，也适当介绍了一些传统性维修技术。

本书由李善春、李宝彦、沈殿成、张继革编著。其中，第一、三章由沈殿成编写，第二、四章由张继革编写，第五、七章由李宝彦编写，第六、八章由李善春编写，全书由李善春和李宝彦统稿。

由于作者水平有限，书中欠妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

作 者

1999 年 11 月

11-11-11

## 序

为了实现中央提出的经济体制从传统的计划经济体制向社会主义市场经济体制转变，经济增长方式从粗放型向集约型转变，首先要求国有企业建立现代企业制度，形成市场经济的微观基础。为建立现代企业制度，要求我们进一步贯彻国务院颁发的“国营工交企业设备管理条例”，对设备的管、用、修、改提出了更高的要求。转变经济增长方式，要求企业以经济效益为中心，主要依靠科学技术的进步和提高劳动者素质来发展生产、繁荣经济，走集约化经营的道路，而企业的技术进步主要表现在产品的开发、升级换代、生产工艺的技术革新和生产装备的技术更新、技术改造上。这些都与设备的管理、维护和检修密不可分。

在现代石油化工生产装置系统中，广泛而大量地使用着各种各样的石油化工机器，如泵、压缩机、汽轮机、分离机和过滤机等，这些石油化工机器正向着大型化、高参数、节能方向发展。为了保证这些机器设备长周期、安全运行，而高水平的维护与检修技术是重要保证。为了促进石油化工生产的发展，适应新时期石油化工设备技术人员和维护人员学习的需要，作者编写了这本《石油化工机器维护和检修技术》一书，本书从当前石油化工生产发展的现状与趋势出发，结合石油化工生产特点，全面介绍了石油化工机器检修的基本知识和技术，具有较强的科学性、系统性和实用性。本书在内容上十分丰富、文字上深入浅出，编排上图文并茂，实为广大石油化工战线上设备管理人员、维护检修人员的一本好读物。

本书的出版是对石油化工机器维护检修技术的贡献，是对从事石油化工机械设备维护、检修、管理的技术人员、工人、干部具有重要参考价值，并将促进石油化工设备维护、检修技术的进一步发展。



黑龙江省石油化工机械学会  
理事长 兼职教授 高级工程师  
2000年4月

# 目 录

|                |        |
|----------------|--------|
| 第一章 石油化工机械工程材料 | ( 1 )  |
| 第一节 黑色金属材料     | ( 1 )  |
| 一、黑色金属材料的分类    | ( 1 )  |
| 二、金属材料的主要性能    | ( 8 )  |
| 三、钢铁产品的性能和用途   | ( 11 ) |
| 四、合金钢          | ( 15 ) |
| 第二节 有色金属材料     | ( 21 ) |
| 一、有色金属材料的分类    | ( 21 ) |
| 二、有色金属材料的特性和用途 | ( 25 ) |
| 第三节 非金属结构材料    | ( 31 ) |
| 一、非金属材料的一般特性   | ( 31 ) |
| 二、硬聚氯乙烯        | ( 39 ) |
| 三、玻璃钢          | ( 42 ) |
| 四、陶瓷材料         | ( 46 ) |
| 五、橡胶材料         | ( 48 ) |
| 第二章 活塞式压缩机     | ( 51 ) |
| 第一节 概述         | ( 51 ) |
| 一、工作原理         | ( 51 ) |
| 二、分类及型号表示方法    | ( 52 ) |
| 三、发展方向         | ( 54 ) |
| 第二节 结构         | ( 54 ) |
| 一、机体           | ( 54 ) |
| 二、气缸           | ( 55 ) |
| 三、气阀           | ( 56 ) |
| 四、活塞及活塞环       | ( 58 ) |
| 五、活塞杆及填料函      | ( 61 ) |
| 六、曲轴           | ( 64 ) |
| 七、连杆           | ( 65 ) |
| 八、十字头          | ( 67 ) |
| 九、润滑系统         | ( 68 ) |
| 第三节 维护         | ( 69 ) |
| 一、正常运行时的维护     | ( 69 ) |
| 二、常见故障及处理      | ( 72 ) |
| 三、润滑油          | ( 75 ) |
| 第四节 检修         | ( 78 ) |

|                        |              |
|------------------------|--------------|
| 一、机体·····              | ( 78 )       |
| 二、气缸·····              | ( 82 )       |
| 三、气阀·····              | ( 86 )       |
| 四、活塞及活塞环·····          | ( 88 )       |
| 五、活塞杆及填料函·····         | ( 92 )       |
| 六、曲轴·····              | ( 95 )       |
| 七、连杆·····              | ( 98 )       |
| 八、十字头·····             | (100)        |
| <b>第三章 石油化工用泵·····</b> | <b>(102)</b> |
| 第一节 概述·····            | (102)        |
| 一、石油化工用泵的分类·····       | (102)        |
| 二、对石油化工用泵的要求·····      | (102)        |
| 三、石油化工用泵的结构及工作原理·····  | (103)        |
| 四、石油化工用泵的主要性能·····     | (106)        |
| 五、石油化工用泵的经济运行·····     | (108)        |
| 六、石油化工用泵的应用与比较·····    | (110)        |
| 第二节 结构·····            | (110)        |
| 一、离心泵的结构·····          | (110)        |
| 二、轴流泵的结构·····          | (115)        |
| 三、容积泵的结构·····          | (117)        |
| 第三节 维护·····            | (120)        |
| 一、正常运行时的维护·····        | (120)        |
| 二、停车时的维护·····          | (123)        |
| 三、常见故障及其处理方法·····      | (123)        |
| 第四节 检修·····            | (125)        |
| 一、泵用密封的检修·····         | (125)        |
| 二、离心泵的检修·····          | (129)        |
| 三、容积泵的检修·····          | (133)        |
| 四、泵的安装·····            | (135)        |
| <b>第四章 风机·····</b>     | <b>(138)</b> |
| 第一节 概述·····            | (138)        |
| 一、结构原理·····            | (138)        |
| 二、型式分类·····            | (139)        |
| 三、性能用途·····            | (142)        |
| 第二节 结构·····            | (144)        |
| 一、离心式通风机·····          | (144)        |
| 二、轴流通风机·····           | (147)        |
| 三、罗茨鼓风机·····           | (149)        |
| 第三节 维护·····            | (152)        |
| 一、鼓风机的维护·····          | (152)        |

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 二、凉水塔用轴流风机的维护·····     | (156) |
| 第四节  检修·····           | (161) |
| 一、离心式通风机·····          | (161) |
| 二、轴流通风机·····           | (168) |
| 三、罗茨鼓风机·····           | (175) |
| 第五节  试车及故障处理·····      | (182) |
| 一、试车·····              | (182) |
| 二、故障处理·····            | (183) |
| 第五章  工业汽轮机·····        | (186) |
| 第一节  概述·····           | (186) |
| 第二节  常用工业汽轮机的主要参数····· | (186) |
| 一、抽汽式工业汽轮机·····        | (186) |
| 二、凝汽式工业汽轮机·····        | (187) |
| 三、背压式工业汽轮机·····        | (187) |
| 四、多压式工业汽轮机·····        | (188) |
| 第三节  结构·····           | (188) |
| 第四节  维护·····           | (190) |
| 一、工业汽轮机启动维护·····       | (190) |
| 二、工业汽轮机停机维护·····       | (197) |
| 三、运行中的维护·····          | (199) |
| 第五节  检修·····           | (207) |
| 一、检修内容·····            | (207) |
| 二、汽缸及支承系统·····         | (208) |
| 三、转子·····              | (217) |
| 四、动叶片·····             | (222) |
| 五、隔板·····              | (224) |
| 六、径向轴承及止推轴承·····       | (228) |
| 七、汽封·····              | (233) |
| 八、汽轮机找中心·····          | (235) |
| 第六章  离心压缩机·····        | (237) |
| 第一节  概述·····           | (237) |
| 一、结构和工作原理·····         | (237) |
| 二、分类·····              | (237) |
| 三、产品规格型号·····          | (238) |
| 四、主要性能参数·····          | (240) |
| 第二节  结构·····           | (240) |
| 一、转子结构·····            | (240) |
| 二、定子结构·····            | (242) |
| 三、密封·····              | (245) |
| 四、轴承·····              | (248) |

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| 第三节 维护.....             | (255) |
| 一、离心式压缩机组的试运行.....      | (255) |
| 二、离心式压缩机组的开停车.....      | (260) |
| 三、日常维护.....             | (270) |
| 四、常见故障与处理.....          | (271) |
| 第四节 检修.....             | (279) |
| 一、间隙的测量和调整.....         | (279) |
| 二、转子轴向位置的确定.....        | (281) |
| 三、机壳、隔板及导向键的修理.....     | (282) |
| 四、转子的修复.....            | (282) |
| 第七章 离心机、过滤机.....        | (285) |
| 第一节 概述.....             | (285) |
| 一、离心机、过滤机的工作原理.....     | (285) |
| 二、离心机、过滤机的型号表示法.....    | (289) |
| 第二节 结构.....             | (290) |
| 一、过滤离心机.....            | (290) |
| 二、沉降离心机.....            | (295) |
| 三、离心分离机.....            | (298) |
| 四、转鼓真空过滤机.....          | (301) |
| 五、圆盘真空过滤机.....          | (303) |
| 六、板框压滤机.....            | (305) |
| 第三节 维护.....             | (308) |
| 一、卧式螺旋卸料沉降离心机.....      | (308) |
| 二、转鼓真空过滤机.....          | (309) |
| 三、盘式过滤机.....            | (312) |
| 第四节 检修.....             | (314) |
| 一、三足式过滤离心机的检修.....      | (314) |
| 二、卧式刮刀离心机的检修.....       | (322) |
| 三、沉降式离心机的检修.....        | (327) |
| 四、转鼓真空过滤机的检修.....       | (330) |
| 五、圆盘真空过滤机的检修.....       | (333) |
| 六、板框压滤机的检修.....         | (334) |
| 第八章 机器的状态监测及故障诊断技术..... | (336) |
| 第一节 概述.....             | (336) |
| 一、什么是设备状态监测与故障诊断.....   | (336) |
| 二、机器维护检修新技术.....        | (337) |
| 三、设备诊断技术工作的开展.....      | (338) |
| 第二节 机械振动与信号处理基础.....    | (338) |
| 一、机械振动基础.....           | (338) |
| 二、振动信号处理基础.....         | (340) |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 第三节 机器的振动监测技术.....  | (344) |
| 一、振动测试.....         | (344) |
| 二、振动传感器.....        | (344) |
| 三、机器设备振动标准.....     | (346) |
| 第四节 机器的故障诊断.....    | (352) |
| 一、转子不平衡的诊断.....     | (353) |
| 二、转子不对中的诊断.....     | (355) |
| 三、滚动轴承故障的诊断.....    | (357) |
| 四、转子与静止件摩擦的诊断.....  | (359) |
| 五、齿轮故障的诊断.....      | (361) |
| 六、电动机故障的诊断.....     | (366) |
| 七、与机械故障有关的振动特征..... | (368) |
| 参考文献.....           | (370) |

# 第一章 石油化工机械工程材料

石油化工产品种类繁多，生产工艺复杂。生产过程中的温度从低温到高温；压力从真空到高压；介质性质有腐蚀性的、毒害性的、爆炸性的、粉尘性的。故而石油化工生产设备所用材料范围相当广泛。

工程材料分为金属材料和非金属材料两大类。金属又有黑色金属和有色金属之分。黑色金属通常指钢和生铁；有色金属是指黑色金属以外的其他金属及其合金。

本章就化工机械常用工程材料，分钢铁材料、有色金属材料、非金属材料三部分，分别介绍材料的种类、品名、产品牌号，着重介绍材料的性能、特性、用途，并适当地论及加工过程对材料性能的影响；为设备检修中修补或更换零部件，消除缺陷，改进结构，考虑代用材料，提供必要的参考。

## 第一节 黑色金属材料

黑色金属材料是生铁、铸铁、钢的统称。含碳量大于2%的铁碳合金称为生铁，用铸造方法由各种铸造生铁配制而成的铁碳合金称为铸铁，含碳量小于2%的铁碳合金称为钢。

### 一、黑色金属材料的分类

在使用上常常根据钢铁材料的性能特性、制造工艺、组织结构、化学成分、用途等予以分类，以示其特征见表1-1。

表 1-1 黑色金属材料的分类

| 生 铁                             |           |                                                                                                                                       |
|---------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 按用途<br>分 类                      | 炼钢<br>生铁  | 这类生铁是专用来炼钢的，一般含硅量较低（不大于1.75%），含硫量较高（不大于0.07%），质硬而脆，断口呈白色，所以也称白口铁                                                                      |
|                                 | 铸造<br>生铁  | 这类生铁是指用于铸造各种生铁铸件的生铁。一般含硅量较高（达3.75%），含硫量稍低（不大于0.06%）。其断口为灰色，故也称灰口铁，俗称翻砂铁                                                               |
| 铸 铁                             |           |                                                                                                                                       |
| 按生产<br>方法和<br>组织性<br>能的不<br>同分类 | 普通<br>灰铸铁 | 这种铸铁中的碳大部或全部以自由状态的片状石墨形式存在，其断口呈暗灰色，有一定的机械性能，是工业上应用最普遍的一种                                                                              |
|                                 | 孕育<br>铸铁  | 孕育铸铁又称变质铸铁。它是在灰口铸铁的基础上，采用变质处理，即是在铁水中加入少量的变质剂（硅铁或硅钙合金），造成人工晶核，以获得细晶粒的珠光体和细片状石墨组织的一种高级铸铁。它的强度、塑性和韧性均比灰口铸铁高，主要用来制造机械性能要求较高而截面尺寸变化较大的大型铸件 |
|                                 | 可锻<br>铸铁  | 可锻铸铁是由一定成分的白口铸铁经石墨化退火后而成。其中碳大部或全部以团絮状石墨的形式存在，由于其对基体的破坏作用较片状石墨大大减轻，因而比灰口铸铁具有较高的韧性。可锻铸铁实际并不可锻造，只不过具有一定的塑性而已，通常多用来制造承受冲击载荷的铸件            |

| 生 铁                 |            |                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 按 化 学<br>成 分 分<br>类 | 球墨<br>铸铁   | 球墨铸铁简称球铁。它是通过在浇铸前往铁水中加入一定量的球化剂（如纯镁或其合金）和墨化剂（硅铁或硅钙合金），以促进碳呈球状石墨结晶而获得的。由于石墨呈球形，应力集中大为减轻，对金属基体的割裂作用也最小，因而这种铸铁比普通灰铸铁的机械性能高得多，也比可锻铸铁好。此外，它还具有比灰口铸铁好的焊接性和接受热处理的性能。和钢相比，除塑性、韧性稍低外，其他性能均接近，是一种同时兼有钢和铸铁优点的优良材料，在机械工程上应用广泛 |
|                     | 特殊性<br>能铸铁 | 这是一组具有某些特性的铸铁，根据用途不同，可分为耐磨铸铁、耐热铸铁，耐蚀铸铁等。它在化工设备制造上应用较为广泛                                                                                                                                                          |

| 钢                   |             |                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 按 化 学<br>成 分 分<br>类 | 碳<br>素<br>钢 | 碳素钢是指含碳量低于2%，并含有少量锰、硅、硫、磷、氧等杂质元素的铁碳合金。按其含量的不同可分为：<br>工业纯铁——含碳量 $\leq 0.04\%$ 的铁碳合金；<br>低碳钢——含碳量 $\leq 0.25\%$ 的钢；<br>中碳钢——含碳量 $> 0.25\% \sim 0.60\%$ 的钢；<br>高碳钢——含碳量 $> 0.60\%$ 的钢                                              |
|                     | 合<br>金<br>钢 | 合金钢是指在碳素钢的基础上，为了改善钢的性能，在冶炼时特意加入一些合金元素（如铬、镍、硅、锰、钼、钒等）而炼成的钢。<br>按其合金元素的种类不同，分为铬钢、锰钢、铬锰钢、铬镍钢、铬钼钢、硅锰钢、硅锰钼钒钢等许多钢组。按其合金元素的总含量，可分为：<br>低合金钢——钢的合金元素总含量 $\leq 5\%$ ；<br>中合金钢——钢的合金元素总含量 $> 5\% \sim 10\%$ ；<br>高合金钢——钢的合金元素总含量 $> 10\%$ |

（一）钢铁产品牌号表示方法

1. 钢铁产品牌号表示方法的基本原则（按 GB221－79）

（1）产品牌号的组成，采用汉语拼音字母、化学元素符号和阿拉伯数字相结合的方法表示。常用的化学元素符号见表 1－2。

表 1－2 常用化学元素符号

| 元素名称 | 化学元素符号 | 元素名称 | 化学元素符号 | 元素名称 | 化学元素符号 |
|------|--------|------|--------|------|--------|
| 铁    | Fe     | 钛    | Ti     | 铅    | Pb     |
| 锰    | Mn     | 铝    | Al     | 硼    | B      |
| 铬    | Cr     | 铌    | Nb     | 碳    | C      |
| 镍    | Ni     | 钽    | Ta     | 硅    | Si     |
| 钴    | Co     | 锂    | Li     | 硒    | Se     |
| 铜    | Cu     | 铍    | Be     | 硫    | S      |
| 钨    | W      | 镁    | Mg     | 磷    | P      |
| 钼    | Mo     | 钙    | Ca     | 氮    | N      |
| 钒    | V      | 锡    | Sn     | 混合稀土 | RE*    |

※混合稀土有的采用“R”表示，如铸铁牌号表示方法（GB5612－85），和铸钢牌号表示方法（GB5613－85）。

（2）产品牌号用汉语拼音字母表示产品名称、用途、特性和工艺方法。一般从代表该产品名称的汉字的汉语拼音中选取，原则上取第一个字母，当和另一产品所取字母重复时，改取第二个字母或第三个字母，或同时选取两个汉字的汉语拼音的第一个字母。采用的汉语拼音字母原则上只取一个，一般不超过两个。产品名称、用途、特性和工艺方法命名符号见表

1-3。

表 1-3 产品名称、用途、特性和工艺方法命名符号

| 名 称          | 采用的汉字及其汉语拼音 |          | 采用符号 | 字体   | 位置  |
|--------------|-------------|----------|------|------|-----|
|              | 汉字          | 汉语拼音     |      |      |     |
| 甲类钢 (普通碳素钢用) |             |          | A    | 大写   | 牌号头 |
| 乙类钢 (普通碳素钢用) |             |          | B    | 大写   | 牌号头 |
| 特类钢 (普通碳素钢用) |             |          | C    | 大写   | 牌号头 |
| 碳素工具钢        | 碳           | TAN      | T    | 大写   | 牌号头 |
| 滚珠轴承钢        | 滚           | GUN      | G    | 大写   | 牌号头 |
| 焊接用钢         | 焊           | HAN      | H    | 大写   | 牌号头 |
| 压力容器用钢       | 容           | RONG     | R    | 大写   | 牌号尾 |
| 多层式高压容器用钢    | 高层          | GAO CENG | gC   | 小、大写 | 牌号尾 |
| 锅炉钢          | 锅           | GUO      | g    | 小写   | 牌号尾 |
| 耐蚀合金         | 耐蚀          | NAI SHI  | NS   | 大写   | 牌号头 |
| 铸钢           | 铸钢          | ZHU GANG | ZG   | 大写   | 牌号头 |
| 灰铸铁          | 灰铁          | HUI TIE  | HT   | 大写   | 牌号头 |
| 球墨铸铁         | 球铁          | QIU TIE  | QT   | 大写   | 牌号头 |
| 耐热铸铁         | 热铁          | RE TIE   | RT   | 大写   | 牌号头 |
| 可锻铸铁         | 可铁          | KE TIE   | KT   | 大写   | 牌号头 |
| 沸腾钢          | 沸           | FEI      | F    | 大写   | 牌号尾 |
| 半镇静钢         | 半           | BAN      | b    | 小写   | 牌号尾 |
| 高级           | 高           | GAO      | A    | 大写   | 牌号尾 |

## 2. 钢铁产品的牌号表示方法

(1) 铸铁牌号表示方法 (按 GB5612-85) 各种铸铁代号, 由表示该铸铁特征的汉语拼音字母的第一个大写正体字母组成。当两种铸铁名称的代号字母相同时, 可在该大写正体字母后加小写正体字母来区别。同一名称铸铁, 需要细分时, 取其细分特点的汉语拼音第一个大写正体字母, 排列在后面。合金化元素符号用国际化学元素符号表示。混合稀土元素符号用“R”表示。含量及机械性能用阿拉伯数字表示。在牌号中常规碳、硅、锰、硫、磷元素, 一般不标注, 有特殊作用时, 才标注其元素符号及含量。合金化元素的含量大于或等于 1% 时, 用整数表示, 小于 1% 时, 一般不标注, 只有对该合金特性有较大影响时, 才予标注, 其含量按递减次序排列, 含量相等时按元素符号的字母顺序排列。牌号中代号后面的一组数字, 表示抗拉强度值; 有两组数字时, 第一组表示抗拉强度值, 第二组表示延伸率值, 两组数字间用“-”隔开。当牌号标注元素符号及含量还需标注抗拉强度时, 抗拉强度值置于元素符号及含量之后, 其间用“-”隔开。例如:

QT400-17

其中 QT——球墨铸铁代号; 400——抗拉强度, MPa; 17——延伸率, %。

STS15Mo4Cu

其中 ST——耐蚀铸铁代号; Si——硅的元素符号; 15——硅的名义百分含量; Mo——钼的元素符号; 4——钼的名义百分含量; Cu——铜的元素符号。

(2) 铸钢牌号表示方法 (按 GB5613-85) 铸钢代号用“铸”和“钢”二字的汉语拼音的第一个大写正体字母“ZG”表示。钢中主要合金化元素符号用国际化学元素符号表示, 混合稀土元素用“R”表示, 名义含量及力学性能用阿拉伯数字表示。工程用铸钢在牌号中

“ZG”后面的两组数字表示机械性能：第一组数字表示该牌号铸钢的屈服强度，第二组数字表示其抗拉强度，两组数字间用“-”隔开。铸造碳钢在牌号中“ZG”后面的一组数字是表示碳的名义万分含量。

铸造合金钢在牌号中“ZG”后面的一组数字，是表示铸钢的名义万分碳含量。平均碳含量大于1%的铸钢，在牌号中则不表示其名义含量；平均含碳量小于0.1%的铸钢，其第一位数字为“0”，只给出碳含量上限，未给出下限的，牌号中碳的名义含量用上限表示。在碳的名义含量数字后面排列各主要合金化元素符号，每个元素符号后面用整数标出名义百分含量。锰元素的平均含量小于0.9%时，在标号中不标元素符号；平均含量为0.9%~1.4%时，只标符号不标含量。其他合金化元素平均含量为0.9%~1.4%时，在该元素符号后面标注数字1。钼元素的平均含量小于0.15%，其他元素平均含量小于0.5%时，在牌号中不标元素符号；钼元素的平均含量大于0.15%，小于0.9%时，其他元素平均含量大于0.5%，小于0.9%时，在牌号中只标元素符号不标含量。当铌、硼、氮、稀土等微量合金化元素的平均含量小于0.5%时，在牌号中只标注其化学符号而不标含量。当主要合金化元素多于三种时，可以在牌号中只标注前两种或前三种元素的名义含量。牌号中需标两种以上主要元素时，各元素符号的标注顺序按它们的名义含量的递减顺序排列。若两种元素名义含量相同，则按元素符号的字母顺序排列。遇到同一牌号分几个品种的特殊情况时，可在牌号后面用“-”隔开，用阿拉伯数字标注品种序号。例如：

ZG200-400

其中 ZG——铸钢代号；200——屈服强度，MPa；400——抗拉强度，MPa。

ZG25

其中 ZG——铸钢代号；25——碳的名义万分含量。

ZG15Cr1Mo1V

其中 ZG——铸钢代号；15——碳的名义万分含量；Cr——铬的元素符号；1——铬的名义百分含量；Mo——钼的元素符号；1——钼的名义百分含量；V——钒的元素符号，其名义含量小于0.9%。

(3) 碳素钢及合金钢的牌号表示方法 普通碳素结构钢牌号表示方法按 GB700-88 规定：钢的牌号由代表屈服点的字母、屈服强度值、质量等级符号、脱氧方法符号等四个部分按顺序组成。例如：

Q215-A·F

其中 Q——钢材屈服点“屈”字汉语拼音首位字母；215——屈服点  $\sigma_s$ ，MPa；A——质量等级代号；F——沸腾钢“沸”字汉语拼音首位字母。

牌号质量等级分 A、B、C、D，脱氧方法符号除“F”外，尚有“b”表示半镇静钢，“Z”表示镇静钢，“TZ”表示特殊镇静钢。在牌号组成表示方法中，“Z”与“TZ”代号予以省略。

优质碳素结构钢牌号表示方法按 GB221-79 规定：采用阿拉伯数字或阿拉伯数字和表 1-2、表 1-3 规定的符号表示。阿拉伯数字表示平均含碳量（以万分之几计）。沸腾钢和半镇静钢在牌号尾部分另加符号“F”、“b”（镇静钢不标符号）。例如，平均含碳量为 0.10% 的半镇静钢，牌号表示为“10b”。较高含锰量的优质碳素结构钢，在阿拉伯数字后标出锰元素符号。例如，平均含碳量为 0.50%，含锰量为 0.70%~1.00% 的镇静钢，其牌号表示为“50Mn”。高级优质碳素结构钢，在牌号尾部加符号“A”。例如，平均含碳量为 0.20% 的高

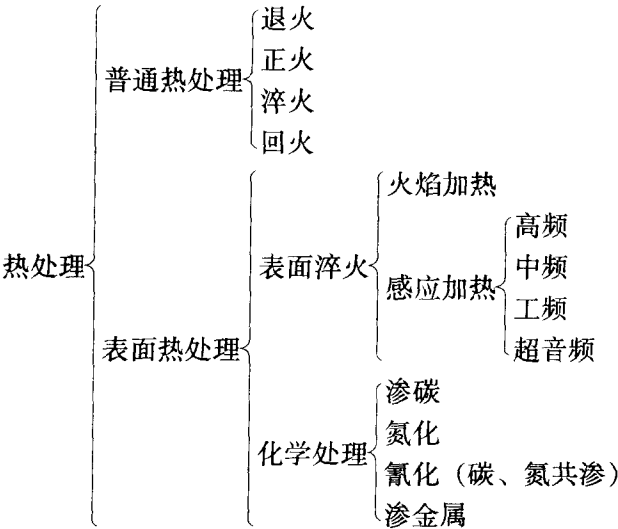
级优质碳素结构钢，其牌号表示为“20A”。专门用途的优质碳素结构钢，采用表 1-2 规定的代表产品用途的符号表示。例如，平均含碳量为 0.20% 的锅炉钢，其牌号表示为“20g”。

(二) 钢的热处理

为满足对钢制零件性能上的种种要求，除正确选用钢的品种外，还须通过适当的热处理充分地发挥其性能上的特点，以利于用其所长。

所谓热处理是通过对钢材在固态范围内施以不同的加热（远低于熔点的一定温度）、保温和冷却的过程，以改变其性能的一种综合工艺。热处理不能改变金属工件的形状及大小，只是通过改变金属的内部组织或表层和介质起化学作用，达到满足各种使用要求。

热处理可以是工件加工过程中的一个中间工序，如为了降低钢件的硬度，改善切削加工性能的退火，为消除冷加工硬化的退火等；也可以是工件性能达到要求的最终工序，如淬火与高温回火（通称调质处理）、氮化等。根据热处理加热和冷却条件的不同，钢的热处理方法可分以下几种：



1. 退火

退火是将钢材或钢制零件加热到临界点以上的一定温度，然后随炉缓慢冷却，以获得接近平衡状态的组织的 heat 处理方法。退火的目的是细化晶粒，消除魏氏组织和带状组织，获得球状珠光体，降低硬度，提高塑性和韧性，消除内应力，稳定尺寸，减少加工和使用过程中的变形等。退火工艺有完全退火、不完全退火、球化退火、等温退火、扩散退火和去应力退火等数种，具体应用视欲达目的而定。

2. 正火

正火是将钢材或钢制零件加热到临界点以上 30~50℃ 后，保温一定时间，然后以稍大的速度冷却，通常是在静止的空气中冷却，以得到片层间距较小的珠光体类组织的工艺过程。正火的目的是提高低碳钢硬度，改善切削加工性能，细化晶粒，改善组织（如消除魏氏组织、带状组织、大块状铁素体和网状碳化物），为最后热处理做组织准备，消除内应力并防止淬火中的变形开裂。正火主要用于低碳钢、中碳钢和低合金钢，而高碳钢和高合金钢则不常采用。正火工艺简单、经济，正火后钢的强度和硬度都比退火高，应用较广。

3. 淬火

淬火是将钢材或钢制零件加热到临界点以上一定的温度，保温后，以大于临界冷却速度

急剧冷却，以获得马氏体组织的热处理工艺。淬火冷却时，除需合理选用淬火介质外，还要有正确方法。

(1) 单液淬火——可获得马氏体组织，提高工件硬度、强度和耐磨性；淬火与随后的回火工序相结合，使工件获得良好的综合机械性能；还可改变某些钢的物理性能。一般处理直径较小的碳钢或合金钢件，适于形状简单的工件。

(2) 双液淬火——可获得马氏体组织，提高工件硬度、强度和耐磨性；减少淬火工件的内应力，避免变形和开裂。主要用于形状比较复杂的碳素钢（特别是高碳钢）工件。

(3) 分级淬火——与双液淬火相同，可比双液淬火更有效地避免变形和开裂。适用于形状复杂、直径 10mm 左右的碳钢与直径 20~30mm 的合金钢工件。

(4) 等温淬火——可获得下贝氏体，更有效地减少淬火工件的变形与开裂倾向。在相同硬度下，比其他淬火方法使工件有更高的塑性和韧性。一般用于形状复杂且要求有较高硬度和冲击韧性的工件，如弹簧、齿轮等。

#### 4. 回火

回火是将经过淬火的钢材或钢制零件再加热到临界点以下的某一温度，保温一定时间后，以一定方式冷却的处理工艺。它是紧接着淬火后的一道工序，因而把淬火和回火的联合工艺称为最终热处理。回火按加热温度的不同，有低温回火（可获得回火马氏体）、中温回火（可获得回火屈氏体）、高温回火（可获得回火索氏体）之分。淬火和随后高温回火相结合的热处理工艺统称为调质。回火的目的，一是减少内应力和降低脆性，因淬火件存在着很大的应力和脆性，不及时回火往往产生工件变形甚至开裂；二是调整工件的机械性能，工件淬火后硬度高、脆性大，为满足工件的工况要求，通过回火来调整硬度、强度、塑性和韧性；三是通过回火使金相组织趋于稳定，以达到稳定尺寸，在以后使用中不致变形，还可以改善某些合金钢的切削性能。

#### 5. 冷处理与时效

冷处理是将淬火后的工件置于 0℃ 以下的低温介质（一般在 -30~-150℃）中继续冷却，使淬火工件的残余奥氏体转变为马氏体的操作。主要用于高合金钢、高碳钢和渗碳钢制造的精密零件。冷处理的目的是进一步提高淬火工件的硬度和耐磨性；稳定工件尺寸，防止工件在使用过程中奥氏体发生分解而产生变形；提高钢的铁磁性。

时效有自然时效和人工时效两种。自然时效是将工件长时间（半年至一年或更长时间）放置在室温或露天条件下，不进行任何加热的工艺方法。而人工时效是将工件加热至低温（钢加热至 100~150℃、铸铁加热至 500~600℃），经较长时间（8~15 小时）保温后，缓慢冷却到室温的工艺方法。时效的目的是消除工件内应力，以减少工件在加工或使用时的变形，并可起到稳定尺寸，长期保持几何精度的作用。自然时效优于人工时效，但周期太长，急用件一般采用人工时效。

#### 6. 表面淬火

对于要求表面具有高硬度和耐磨性，而心部又要求具有足够的塑性和韧性的机器零件，就需要采用表面热处理的方法来解决。它是用不同的热源对工件进行表面快速（一定厚度）加热到淬火温度，然后迅速冷却，从而使工件表面具有高硬度的马氏体，而心部则保持着塑性和韧性较好的原来组织。

表面淬火按使用热源和加热方式的不同可分为多种。火焰加热表面淬火：利用氧气-乙炔火焰（温度可达 3100℃ 以上）或氧-焦煤气火焰（温度可达 2000℃ 以上），快速将工件表

面加热至临界温度以上 ( $A_{c3}$  以上  $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ ), 然后速冷。一般用于中碳钢和中碳合金钢制要求耐磨的工件。

感应加热表面淬火: 有高频感应电热、中频感应电热。工频感应电热和超音频感应电热等几种。一般用于主轴、曲轴、凸轮、活塞等工件。

盐浴或铅浴快速加热表面淬火: 将工件置于比正常淬火温度高得多的盐或铅中, 进行不透烧短时间快速加热后快速冷却。一般用于齿轮工件。

电接触加热表面淬火: 以一可移动的电极与工件接触, 通过低压电流而迅速加热工件。一般用于大型铸件, 如机床导轨表面、内燃机气缸套内壁等。

### (三) 钢的化学热处理

钢的化学热处理是将工件放在含有渗入元素的活性介质中, 进行加热和保温, 由于工件表层和介质起化学作用, 即介质中的“活性原子”渗入工件表层, 同时向钢内部深处扩散, 以改变表层的化学成分和组织, 从而改变表层性能的热处理工艺。化学热处理包括分解、吸收、扩散三个基本过程, 并辅以催化剂或催渗剂以加速反应。

分解系指化学介质在一定温度下, 由于发生化学分解反应, 便生成能够渗入工件表面的“活性原子”。吸收是指分解析出的“活性原子”被吸收在工件表面, 然后溶入基体金属晶格中。扩散系指表面吸收“活性原子”后, 使渗入元素的浓度大大提高, 这样就形成了表面和内部显著的浓度差, 在一定的温度条件下, 原子就能沿着浓度梯度下降的方向作定向的扩散, 从而获得一定厚度的扩散层。

根据渗入元素的不同, 化学热处理可分为渗碳、渗氮 (氮化)、氰化 (碳、氮共渗)、渗金属等几种。

#### 1. 渗碳

渗碳是向工件表层渗入活性碳原子, 从而获得高碳的表面层, 以提高工件的表面硬度和耐磨性, 并提高工件的抗疲劳性能, 而心部仍保持原有的韧性和塑性的热处理工艺。一般用于冲击条件下工作的耐磨零件。渗碳工艺有气体渗碳、固体渗碳和液体渗碳等。

#### 2. 渗氮 (氮化)

渗氮就是将氮以渗入元素进入钢的表层, 从而形成表层含氮量较高的硬化层的热处理工艺。渗氮工艺适用于含 Cr、Mo、Al 等元素的氮化专用钢。其工艺有强化氮化、抗蚀氮化、软氮化、离子氮化等。氮化的目的在于使工件表面具有比渗碳更高的硬度、耐磨性和抗疲劳强度, 降低缺口敏感性, 并使工件表面具有良好的红硬性和一定的耐腐蚀性。一般用于在工件温度较高和腐蚀性条件下工作的零件, 以及耐磨性和疲劳强度要求高的机械零件及工模具。氮化工艺由于生产周期较长, 氮化层薄和对被氮化工件的原材料选择严格, 其应用受到一定的制约。

#### 3. 氰化 (碳、氮共渗)

氰化是将碳、氮原子同时渗入钢的表层, 以提高工件表面的硬度、耐磨性、耐蚀性和疲劳强度, 兼有渗碳和氮化共同作用的热处理工艺。氰化按使用介质分为气体氰化、液体氰化、固体氰化三种。按温度分为低温氰化 ( $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ ), 用于提高高速钢及高合金钢的表面硬度、耐磨性及红硬性; 中温氰化 ( $800\sim 870^{\circ}\text{C}$ ) 和高温氰化 ( $900\sim 950^{\circ}\text{C}$ ), 用于提高结构钢的表面硬度、耐磨性和耐疲劳性能。

#### 4. 渗金属

渗金属的基本原理与其他化学热处理相似, 由含有渗入金属的介质分解产生活性原子,