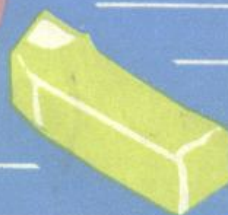


机械工程金属材料 实用知识

汤铭权 张传海 宜沈平 编译

机械工业出版社



机械工程金属材料 实用知识

汤铭权 张传海 宜沈平 编译

机械工业出版社

编译者序

本书主要是根据日本《技術評論社》1982年6月10日出版的歌川宽等人所著《機械材料の実用知識》第一册（切削・塑性加工用金属材料）进行编译的。

原著是作者们集多年技术咨询及实际工作的经验，经整理编写而成，涉及范围较广，语言叙述简洁，内容丰富实用。为结合我国实际情况，适合我国广大读者参考使用，我们删去了原著的部分内容，并重新进行了编排。对原著中金属材料的日本牌号，在书中基本上均换为我国牌号；对我国目前尚无相应牌号的少数金属材料，则选择相近的我国牌号，并在其后用方括号列出原日本牌号。这样，既可避免破坏原著的完整性，又可给读者提供查阅的依据。

为使本书具有较好的系统性并尽可能提供较全面的金属材料使用知识，我们还参考了其他有关的书籍和资料，补充编写了部分内容。我们希望本书能在机械工程金属材料的选择与使用方面对读者提供一定的帮助。

由于我们的业务水平有限，本书定有不当之处，恳请读者批评指正。

目 录

编译者序

第一章 金属材料概述.....	1
第一节 金属材料的分类	1
第二节 我国钢号的表示方法	4
第三节 我国有色金属材料及合金牌号的表示方法	8
第四节 日本金属材料牌号的表示方法	14
第五节 金属材料的鉴别方法	22
第六节 金属材料缺陷的检查	24
第二章 金属材料的基本性能.....	27
第一节 金属材料的机械性能	27
第二节 金属材料的物理、化学性能	35
第三节 金属材料的工艺性能	39
第四节 主要合金元素对金属材料性能的影响	42
第三章 钢铁材料的热处理.....	46
第一节 钢的热处理与组织变化	46
第二节 钢的种类及普通热处理方法	52
第三节 钢的表面硬化热处理	64
第四节 表面硬化热处理新技术简介	71
第四章 金属材料的可加工性.....	79
第一节 金属材料的切削加工性	79
第二节 金属材料的可成形性	101
第五章 机械结构材料的选择与使用.....	111
第一节 结构材料及其选择	111
第二节 螺栓材料及其选择	112
第三节 轴用材料及其选择	113
第四节 轴承用材料及其选择	116

第五节	锻造用材料及其选择	119
第六节	铸铁件及其选择	120
第七节	铸钢件及其选择	123
第六章	耐磨材料的选择与使用	125
第一节	齿轮材料及其选择	125
第二节	凸轮材料及其选择	129
第三节	滑动面材料及其选择	130
第四节	推土机刮板材料及其选择	133
第五节	阀座材料及其选择	134
第七章	刀具材料的选择与使用	136
第一节	对刀具材料性能的要求	136
第二节	刀具材料的种类及其性能	138
第三节	刀具材料的选择	148
第八章	成形工具材料的选择与使用	152
第一节	冷作成形模具钢及其选择	152
第二节	热加工成形模具钢及其选择	161
第九章	成形加工材料的选择与使用	165
第一节	冲压加工零件用材料及其选择	165
第二节	冷锻用材料及其选择	175
第三节	热锻用材料及其选择	176
第四节	压铸用合金材料及其选择	177
第十章	弹簧材料的选择与使用	180
第一节	弹簧的种类与特点	180
第二节	弹簧材料及其选择	180
第三节	钢弹簧材料及其选择	184
第四节	铜合金弹簧材料及其选择	189
第十一章	生产中所用的机械工程金属材料——问 题与解答及几个实例	193
第一节	关于材料的损坏问题	193

第二节 关于切削加工性方面的问题	201
第三节 关于可成形性方面的问题	210
第四节 关于热处理方面的问题	216
第五节 几种典型零件的材料选择与热处理	228
附录	235
表1 布氏、洛氏、维氏硬度值换算表	235
表2 常用热处理工艺代号及技术条件的表示方法 (GC423—62)	236
表3 常用钢的临界点、淬火及回火温度(参考)	237
表4 常用钢材在水、油中冷却时, 对应相同硬度的棒 料直径	240
表5 常用钢材的化学成分、热处理制度、机械性能及 用途	242
表6 我国与其他国家常用钢号近似对照表	246
表7 元素的物理性能	276
参考文献	284

第一章 金属材料概述

第一节 金属材料的分类

金属材料可分为钢铁材料和有色金属材料两大类。根据化学成分、用途等方面的要求，这两类材料各自又可以分为许多种。为简单起见，我们按照钢、铸铁、有色金属及其合金三大项金属材料进行分类。

一、钢的分类

1. 按化学成分分类

可分为碳素钢和合金钢。其中碳素钢包括，工业纯铁(含碳量 $\leq 0.04\%$)、低碳钢(含碳量 $\leq 0.25\%$)、中碳钢(含碳量在 $0.25\sim 0.60\%$ 间)和高碳钢(含碳量 $> 0.60\%$)。合金钢可分为低合金钢(合金元素总含量 $\leq 5\%$)、中合金钢(合金元素总含量在 $5\sim 10\%$ 间)和高合金钢(合金元素总含量 $> 10\%$)。这三种合金钢又可称为三元、四元及多元合金钢。

2. 按品质分类

此处品质的优劣是指钢中磷、硫含量的多少。含磷量 $\leq 0.045\%$ 、含硫量 $\leq 0.055\%$ 或两者均 $\leq 0.050\%$ 的钢为普通钢；磷、硫含量均 $\leq 0.040\%$ 者为优质钢；含磷量 $\leq 0.035\%$ 、含硫量 $\leq 0.030\%$ 时，则称为高级优质钢。

3. 按金相组织分类

按金相组织不同，可分为退火状态的亚共析钢(铁素体+珠光体组织)、共析钢(珠光体组织)、过共析钢(碳化物+珠光体组织)和正火状态的珠光体钢、贝氏体钢、马氏体

钢、奥氏体钢以及无相变或部分发生相变的铁素体钢、奥氏体钢和复相钢。

4. 按用途分类

按照这种方法分类，机械工程中使用的钢可分为结构钢、工具钢、特殊性能钢和专门用途钢。其中，结构钢包括调质结构钢、表面硬化结构钢、易切削结构钢及冷塑性成形用钢。工具钢包括碳素工具钢、合金工具钢和高速工具钢。特殊性能钢包括不锈钢、耐酸钢、耐热钢、耐磨钢、低温用钢、电工用钢等。专门用途钢指的是船舶用钢、桥梁用钢、压力容器用钢、锅炉用钢、建筑用钢等。

另外，按照冶炼时脱氧程度和浇注制度，又可分为沸腾钢、镇静钢和半镇静钢。

二、铸铁的分类

铸铁是含碳量在2.0%以上的铁碳合金。除铁、碳以外，还含有硅、锰、磷、硫等合金元素。由于化学成分、热处理及结晶条件不同，铸铁中的碳，除了极少量固溶于铁素体外，均以游离状态（石墨）或化合状态（渗碳体）存在，也可两者同时存在。

通常，铸铁可分为灰口铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁和特殊性能铸铁。

其中，灰口铸铁有低牌号与高牌号之分。可锻铸铁包括铁素体型和珠光体型。球墨铸铁具有四种类型，即铁素体型、铁素体-珠光体型、珠光体型和下贝氏体型。特殊性能铸铁包括耐热铸铁（硅系、铝系、铬系）、耐蚀铸铁和耐磨铸铁。

三、有色金属及其合金的分类

有色金属约有八十余种，可分为重金属（密度大于4.5

g/cm^3 ，如铜、镍、钴、铅、锌、锡、铋、镉、汞等）、轻金属（密度小于 4.5g/cm^3 ，如铝、镁、钠、钙、钾等）、贵金属（金、银、铂族元素）、半金属（硅、硒、碲、砷、硼等）及稀有金属（包括稀有轻金属、稀有难熔金属、稀有分散金属、稀土金属）。

有色金属及其合金具有能适应特殊要求的性能，但产量低、价格高，选用时应作技术、经济分析。常用的有色金属及其合金可分为下列几类。

1. 铝及其合金

按加工方式，铝合金可分为铸造铝合金和变形铝合金两类。铸造铝合金包括铝硅合金、铝铜合金、铝镁合金和铝锌合金。变形铝合金包括工业纯铝、防锈铝、硬铝、锻铝、超硬铝、特殊铝合金等。

2. 铜及其合金

若按颜色，可分为紫铜（工业纯铜）、黄铜、青铜和白铜。紫铜分含氧铜和无氧铜（包括脱氧铜）。黄铜有普通黄铜（铜锌二元合金）及普通黄铜再加其他元素构成的特种黄铜，如锡黄铜、铅黄铜、铝黄铜、铁黄铜、镍黄铜、硅黄铜等。青铜在历史上出现最早，原来仅指铜锡合金，现在，除黄铜、白铜以外的铜合金均称青铜。主要有锡青铜、铝青铜、硅青铜、锰青铜、铍青铜、铅青铜。白铜包括含镍低于60%的普通白铜（铜镍合金）和再加其他元素的特种白铜，如锰白铜、铁白铜、铝白铜等。

3. 锌及其合金

主要有工业纯锌和锌铝合金、锌铜合金。

4. 铅及其合金

铅及铅合金包括纯铅、锡基轴承合金、铅基轴承合金、

易熔合金等。

5. 钛及其合金

钛合金按其退火组织，可分成 α 型、 β 型和 $\alpha + \beta$ 型，目前常用的是 α 型和 $\alpha + \beta$ 型钛合金。 α 型钛合金包括工业纯钛、钛铝合金、钛铝锡合金等。 $\alpha + \beta$ 型钛合金包括钛铝锰合金、钛铝钒合金和钛铝铬合金。

另外，有色金属及合金中还包括高熔点、高温强度及硬度较高，具有良好的耐腐蚀性、导电性和导热性的钨、钼、钽、铌等金属的合金。

第二节 我国钢号的表示方法

根据国家标准《钢铁产品牌号表示方法》(GB 221—79)中的规定，我国钢号的表示方法，采用国际化学元素符号、汉语拼音字母和阿拉伯数字相结合的方法表示，即：

(1) 钢号中的化学元素采用国际化学元素符号来表示，仅稀土元素（总称）以“RE”表示，不是国际化学元素符号。钢号中表示化学元素的符号见表1.1。

表1.1 钢铁牌号中表示化学元素的符号(GB221-79)

元素名称	铬	镍	硅	锰	铝	磷	钨	钼	钒	钛
国际化学符号	Cr	Ni	Si	Mn	Al	P	W	Mo	V	Ti
元素名称	铜	铁	硼	钴	氮	铌	钽	钙	碳	稀土
国际化学符号	Cu	Fe	B	Co	N	Nb	Ta	Ca	C	RE

(2) 产品名称、用途、冶炼和浇注方法等，一般用汉语拼音的缩写字母来表示，为便于广大读者掌握，汉字缩写符号也同时列入，以相互对应。具体规定见表1.2。

表1.2 钢铁牌号中表示用途、冶炼方法和浇注方法的代号

名 称	牌 号 表 示		名 称	牌 号 表 示	
	汉字	汉语拼音字母		汉字	汉语拼音字母
平炉	平	P	高级优质钢	高	A
酸性侧吹转炉	酸	S	特级	特	E
碱性侧吹转炉	碱	J	船用钢	船	C
顶吹转炉	顶	D	桥梁钢	桥	q
沸腾钢	沸	F	锅炉钢	锅	g
半镇静钢	半	b	钢轨钢	轨	U
铸造生铁	铸	Z	甲类钢	甲	A
冷铸车轮生铁	冷	L	乙类钢	乙	B
电器工业用硅钢	电	D	特类钢	特	C
电器工业用纯铁	电-铁	DT	高频率(电工硅钢用)	高	G
易切削钢	易	Y	弱磁场(电工硅钢用)	弱	R
碳素工具钢	碳	T	中磁场(电工硅钢用)	中	H
焊条用钢	焊	H	地质钻探钢管用钢	地质	DZ
滚珠轴承用钢	滚	G	铆螺钢	铆螺	ML

注：除半镇静钢、桥梁钢、锅炉钢用小写字母外，其余均用大写字母。

(3) 钢号中的阿拉伯数字，根据命名方法，其含义不同，有的表示顺序号；有的表示平均含碳量的千倍、万倍；有的则代表平均合金含量。

由于钢种很多，钢号的表示方法也不完全相同，归纳起来，可有四种表示方法。

一、普通碳素钢

普通碳素钢牌号由四部分组成。即

$$\frac{\bigcirc}{1} \quad \frac{\bigcirc}{2} \quad \frac{\square}{3} \quad \frac{\bigcirc}{4}$$

第一部分是钢的分类号，用汉语拼音字母表示，如A、B、C分别表示为甲、乙、特类钢。

第二部分表示冶炼方法，用汉语拼音字母表示，如 Y、J 分别表示氧气转炉钢和空气转炉钢，但是平炉钢没有此项符号。

第三部分是阿拉伯数字，表示顺序号。

第四部分是汉语拼音字母，表示脱氧程度，如 F、b 分别表示沸腾钢和半镇静钢。镇静钢则没有此项符号。

例如，A1F 表示甲类平炉 1 号沸腾钢，BY3 表示乙类氧气转炉 3 号镇静钢。

二、优质碳素钢

优质碳素钢的牌号由两部分组成。

$$\frac{\square}{1} \quad \frac{\bigcirc}{2}$$

第一部分是两位阿拉伯数字，表示平均含碳量的万分之几，若平均含碳量小于千分之一，则数字前补零。

第二部分是汉语拼音字母或化学元素符号，汉语拼音字母表示脱氧程度；化学元素符号表示含量较高（0.70~1.00%）的那种元素，若含量低于此范围，则无此项符号。

如 08F 表示平均含碳量为 0.08% 的沸腾钢，50Mn 表示平均含碳量为 0.5%、含锰量较高的镇静钢，45 表示平均含碳量为 0.45% 的镇静钢。

三、碳素工具钢

碳素工具钢的牌号由四部分组成。

$$\frac{T}{1} \quad \frac{\square}{2} \quad \frac{\bigcirc}{3} \quad \frac{A}{4}$$

第一部分均是汉语拼音字母 T，表示碳素工具钢。

第二部分是阿拉伯数字，表示平均含碳量的千分之几。

第三部分是化学元素符号，表示该种元素含量较高(0.35~0.60%)，若含量低于此范围，则没有此项符号。

第四部分的汉语拼音字母A，表示高级优质的意思。若为一般碳素工具钢，则无此项符号。

例如，T10A表示平均含碳量为1.00%的高级优质碳素工具钢，T8Mn表示平均含碳量为0.8%、含锰量较高(0.35~0.60%)的碳素钢。T8表示平均含碳量为0.8%的碳素工具钢。

四 合金钢

合金钢的牌号也可以说是由四大部分组成，但是，由于合金钢中的主要合金元素可能不止一个，若将表示主要合金元素的第二部分和表示该元素平均含量的第三部分作为一组的话，那么，主要合金元素有几个，就要用几组符号表示。即，

$$\frac{\square \text{或} \bigcirc}{1} \quad \frac{\bigcirc}{2} \quad \frac{\square}{3} \cdots \frac{A}{4}$$

第一部分是阿拉伯数字或汉语拼音字母。阿拉伯数字表示平均含碳量的多少。低合金结构钢、合金结构钢和弹簧钢牌号的第一部分数字表示平均含碳量的万分之几。不锈钢和耐热钢牌号的数字表示平均含碳量的千分之几；数字为一个零表示含碳量 $\leq 0.09\%$ ，两个零表示含碳量 $\leq 0.03\%$ 。高电阻合金和高速工具钢的牌号，这部分数字不予标出，但是，高电阻合金牌号的数字若为一个零，亦表示其含碳量 $\leq 0.09\%$ ，两个零表示含碳量 $\leq 0.03\%$ 。

铬轴承钢牌号的第一部分是汉语拼音字母G，而其含碳量的数字不予标出。焊条用钢则是在整个钢号前加注H。

第二部分是化学元素符号，表示合金钢中的主要合金

元素。

第三部分是阿拉伯数字,代表主要合金元素的平均含量。

若平均合金含量 $<1.5\%$,则不予标出。

若平均合金含量 $\geq 1.5\%$ 、 2.5% 、 3.5% 、……、 23.5% 、……时,相应地标成2、3、4、……、24、……。

若平均合金含量为 $1.50\sim 2.49\%$ 、 $2.50\sim 3.49\%$ 、……、 $22.50\sim 23.49\%$ 、……时,相应地标成2、3、……、23、……。

个别低铬合金工具钢的含铬量用千分之几表示,但在含量前加一个零。

对铬轴承钢来说,此数字表示含铬量为千分之几。

第四部分的汉语拼音字母A表示含磷量和含硫量较低的高级优质钢,反之,则没有此项符号。

另外,对于具有专门用途的普通碳素钢,如锅炉钢、桥梁钢、船舶用钢等,基本上采用上述普通碳素钢的表示方法,只是在牌号末尾加注用途符号。

第三节 我国有色金属材料及合金牌号的表示方法

我国有色金属材料及合金的牌号,是用国际化学符号、汉语拼音字母及阿拉伯数字组合而成。

关于有色金属和合金元素,专用合金、加工产品的状态等方面的代号,国家标准GB340—76中均有统一规定。

有色金属及合金的种类很多,其牌号表示方法也不尽相同,下面简单介绍一下。

一、纯金属的冶炼产品

均用化学元素符号结合顺序号或表示主成分的数字表示。元素符号和顺序号(或数字)中间加一短横线。工业纯

表1.3 常用有色金属和合金元素名称及其代号

名 称	青铜	黄铜	白铜	铜	铝	镁	镍	钛	锌	铅	锡
化学元素符号	—	—	—	Cu	Al	Mg	Ni	Ti	Zn	Pb	Sn
汉语拼音字母代号	Q	H	B	T	L	M	N	T			

名 称	锑	金	银	镉	铁	锰	硅	磷	铍	铬	
化学元素符号	Sb	Au	Ag	Cd	Fe	Mn	Si	P	Be	Cr	
汉语拼音字母代号											

表1.4 专用合金名称及其代号

名称	防锈铝	锻铝	硬铝	超硬铝	特殊铝	无氧铜	稀土	硬质合金	铸造碳
								钨钴	钨钛钴
代号	LF	LD	LY	LC	LT	TU	Xt	YG	YT

名称	铸造合金	变形镁合金	焊料合金	印刷合金	轴承合金	阳极镍	金属粉末	喷铝粉	涂料铝粉	细铝粉
代号	Z	MB	H1	I	Ch	NY	F	FLP	FLU	FLX

表1.5 有色金属和合金加工产品的状态名称和代号

名 称	代 号	名 称	代 号
退火	M	优质表面	O
淬火	C	优质表面(退火)	MO
淬火后冷轧(冷作硬化)	CY	加厚包铝的	J
淬火(自然时效)	CZ	不包铝的	B
淬火(人工时效)	CS	不包铝(热轧)	BR
硬	Y	不包铝(退火)	BM
3/4硬、1/2硬	Y ₁ 、Y ₂	不包铝(淬火、冷作硬化)	BCY
1/3硬、1/4硬	Y ₃ 、Y ₄	不包铝(淬火、表面优质)	BCO
特硬	T	不包铝(淬火、冷作硬化、表面优质)	BCYO
热轧、热挤	R	淬火、自然时效、表面优质并冷作硬化	CZYO

表1.6 有色合金铸造方法和热处理状态名称及其代号

名 称	代 号	名 称	代 号
金属型铸造	J	淬火	T4
砂型铸造	S	淬火和部分时效	T5
压铸	Y	淬火和完全时效	T6
变质处理	B	淬火和稳定回火	T7
人工时效	T ₁	淬火和软化回火	T8
退火	T ₂		

度的金属，纯度随顺序号增加而降低，海绵状金属在元素符号前加注汉语拼音字母“H”。如Cu-1表示1号铜；HTi-1表示1号海绵钛。

二、纯金属加工产品

1. 铜、镍、铝的纯金属加工产品分别用汉语拼音字母T、N、L加顺序号表示。如T1表示1号铜。

2. 其余纯金属加工产品均用化学元素符号加顺序号表示。如Pb4表示4号铅。

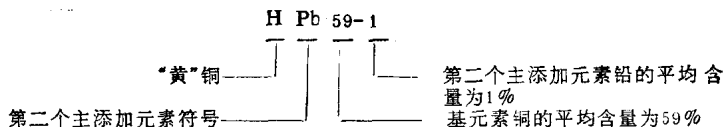
3. 钛用汉语拼音字母T加表示金属组织类型的符号及顺序号表示。如TA1表示1号 α 型钛。字母A、B、C分别表示 α 、 β 、 $\alpha+\beta$ 型。

三、有色金属合金加工产品

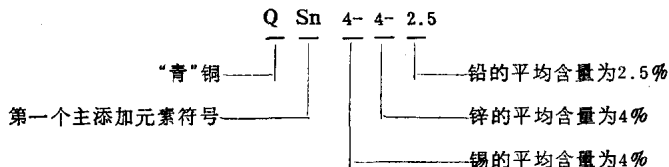
1. 铜合金

普通黄铜用汉语拼音字母“H”加基元素铜的平均含量(%)表示。例如，

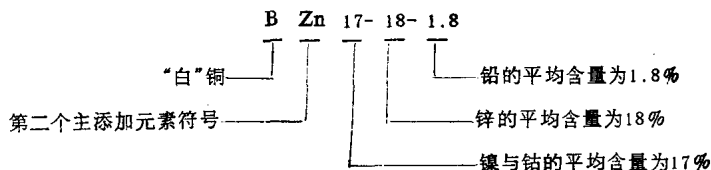
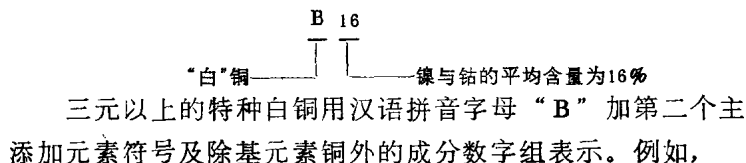
三元以上的特殊黄铜用汉语拼音字母“H”加第二个主添加元素符号及除锌以外的成分数字组表示。例如，



青铜用汉语拼音字母“Q”加第一个主添加元素符号及除基元素铜外的成分数字组表示。例如，

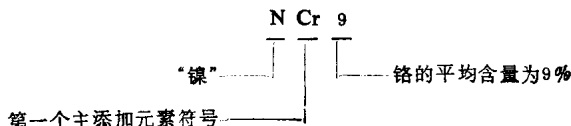


白铜可分为普通白铜和特种白铜。普通白铜用汉语拼音字母“B”加镍与钴的平均含量表示。例如，



2. 镍合金

镍合金用汉语拼音字母“N”加第一个主添加元素符号及除基元素镍外的成分数字组表示。例如，



3. 铝合金