

GANGCAI YU
GANGJIEGOU
JIAOZHENG

941
钢材与
网结构矫正



韩凤仪

中国铁道出版社

内 容 提 要

本书较为系统、详尽地介绍了钢材与钢结构的矫正原理和工艺操作方法,注重理论与实践的结合,以机车车辆产品为主要例题,全面总结了从手工操作技能乃至机械化矫正的全过程。本书是在大量收集现场先进经验的基础上编写而成的,它为矫正工艺提供了有价值的技术资料。

本书通俗易懂,可供从事钢结构矫正的工人自学,也可作为中等专业学校、技工学校有关专业的师生和有关技术人员学习、参考。

钢材与钢结构矫正

韩 风 仪

中国铁道出版社出版

责任编辑 宋黎明 封面设计 翟 达

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{4}$ 印张: 5 字数: 109 千

1985年3月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—6,500册 定价: 0.85元

前 言

钢结构生产在铁路工业中占有很重要的地位，其质量的优劣，直接影响着机车车辆的使用寿命和运行安全。钢材和钢结构矫正工作在钢结构生产中又占着相当大的比重，矫正工作不仅工作量大，而且难度也很高。而以往在这方面又缺乏完整的学习资料，不能满足从事这项生产的广大工人，特别是大批刚进入这一领域的新工人和有关工程技术人员需要。因此，编写一本较为系统、完整的介绍钢结构矫正的技术参考书，是十分必要的。本着这一目的，本人将多年从事这一工作而积累的经验，加以归纳总结，写成此书。初稿写出后，曾多方听取同行们的意见，获益不少，特此致谢。

本书既对一般矫正原理进行阐述，又有以机车车辆产品为主的，从手工操作到机械化矫正的工艺方法的介绍。书中大部分重点举例内容均为现场生产工艺的经验总结。其中特别对目前使用较广的东风型内燃机车检修中的典型实例和强度、刚度较大的全焊接箱型承载式结构的车体架矫正法，作了详尽的介绍，为我国今后检修各类大型内燃机车车架，提供了初步经验。

但由于编者经验不足，水平有限，书中一定会存在不少缺点和错误，热忱希望读者提出宝贵意见，以便改进。

编 者

一九八四年二月

目 录

概 述.....	1
第一章 基础知识.....	3
第一节 金属结构组织.....	3
一、钢的晶体组织的形成.....	3
二、金属结构组织产生变化的因素.....	4
三、钢材断裂趋势与矫正操作的关系.....	8
第二节 钢的分类及常用钢材规格.....	9
一、钢种代号.....	9
二、钢的分类.....	10
三、常用型钢、板材种类规格.....	10
第三节 钢材加温鉴别及温量选择.....	13
一、钢材加温量（色彩）的鉴别.....	13
二、钢材加温量的选择.....	13
第二章 矫正常用工具及简易工装.....	16
第一节 锤类及量具.....	16
一、常用锤类简介.....	16
二、几种量具及使用方法.....	17
第二节 顶拉工具.....	21
一、支顶工具.....	21
二、拉夹工具.....	23
三、杂形工具及简易工装.....	24
第三节 热矫正专用工具.....	27
一、乙炔-氧气烘炬.....	27

二、乙炔-冷风烘炬	28
三、柴油-冷风烘炬	28
四、辅助工具	30
第三章 矫正原理及矫正方法	31
第一节 变形原因及防止方法	31
一、起运和轧制引起的变形	31
二、外力引起的变形	31
三、焊接引起的变形及防止方法	33
第二节 矫正基本原理及操作方法的选择	41
一、矫正方法及其选择	42
二、几种矫正方法的正确运用	43
三、矫正操作注意要点	57
第四章 型钢矫正	61
第一节 压力机简介	61
一、丝杆压力机	61
二、风压机	62
三、液压机	65
四、摩擦压力机	66
第二节 圆钢和扁钢矫正	68
一、圆钢矫正	68
二、扁钢矫正	70
第三节 角钢矫正	71
一、手工矫正	71
二、机械矫正	73
第四节 槽钢矫正	76
一、扭曲矫正	76
二、弯曲矫正	78
第五节 工字钢矫正	81

一、机械矫正	81
二、手工矫正	83
第五章 板材和结构板材的矫正	87
第一节 板材的手工及火焰矫正	87
一、手工矫正	87
二、板材的火焰矫正	90
三、结构板材的火焰矫正	92
第二节 板材的机械矫正	100
一、滚板机简介	100
二、利用压力机压调厚板材	103
第六章 杂型件和钢结构矫正	106
第一节 杂型结构件的矫正	106
一、内燃机车杂型件矫正	106
二、其它杂型件的矫正	109
第二节 车体架矫正	111
一、手工矫正	111
二、利用液压泵顶拉矫正	116
第三节 车底架矫正	121
一、车底架变形情况分析	121
二、车底架矫正方法	122
第四节 东风 ₄ 型内燃机车车体架矫正	136
一、烘调专用台位	136
二、车架数据测定	137
三、烘调法	139
第五节 关于液压矫正	145
一、目前液压技术使用概况	145
二、有关两种液压泵简介	146
三、液压矫正台	149

概 述

本书所指的矫正，是在一定外力作用下消除金属材料 and 钢构件的弯曲、扭曲、凹凸不平等缺陷，而使其恢复到原设计需要的几何形状的一种加工方法。矫正的范围包括，各种板料、型材和组焊成形的大型构件，如：桥梁、屋架、船舶、飞机、机车车辆等体架。

矫正这项操作工艺，也是跟随着工业发展的速度而进入其广度和深度的。起始，工人是以手工锤击方法来矫正工件，同时搞些简陋工具和设备来适应当时的生产需要。在乙炔和电问世后，即利用钢材的可塑性和热胀冷缩的特性，采用火焰加热矫正法，并利用各种类型的机械来矫正工件。近年来，液压技术得到普遍应用，更给矫正工艺创造了条件。液压泵顶矫正方法是当前顶压矫正大型构件的最佳办法，特别在承接大型构件的工厂，泵顶矫正法解除了大量笨重体力劳动，解放了生产力，提高了工效。例如某铁路车辆工厂日修15~20辆型号不一的货车，原用手工顶拉烘烤矫正，需要四个班组近五十人才能应付，现采用液压机械矫正，仅用十余人即可完成，提高功效五倍多；又如某车辆段自搞成移动式液压综合矫正机后，修理P、C、M、G、S、N、B等货车，提高功效五至十倍，降低劳动强度80%。此项工艺方法的普遍采用，不仅大大提高工效和降低劳动强度，同时也为国家节约大量的燃料并减少动力消耗。更为可取的是由热矫改变为冷矫后，避免了因热矫加温不均引起金属过烧而产生的脆裂现象，在一定程度上减少了车架主梁在高寒区运行产

生断裂的可能性，从而保证了产品的使用寿命。

在现代化生产中由于焊结构代替了大部分铆结构，因焊接引起构件变形的情况明显增多，这就给矫正操作带来了大量工作。一般在检修车辆方面，除截换、挖补、更换外，矫正工作量约占车体架修程总量的50%左右。修旧工作对工业比较落后、机械化程度较差（或不具规模）的国家来说，必然列为首位。解放后的我国，在恢复国民经济建设时期，在铁路工业方面，首先以修建或扩建机车车辆修理工厂为主。直到使用内燃机车、电力机车较多的今天，也在做这方面的扩建工作。相应地说矫正工作也随之增添了新的内容和增大了难度。如书中介绍的内燃机车车体架矫正部分，它比一般结构的车体架矫正工作量和难度要大得多。在这些章节里，为了将此重点内容讲透并有直接借鉴作用，多数采用生产实例作典型介绍，以供新扩建的检修内燃机车工厂的同行参考。

第一章 基础知识

第一节 金属结构组织

一、钢的晶体组织的形成

金属中的晶体在形成时，有一个液态金属向固态金属的凝结过程。一般来说，当液体金属低于溶化温度时，结晶过程开始，此时在原子排列杂乱的液态金属中，首先形成一批结晶核心。然后核心吸取周围原子并呈规律排列，逐渐长大，形成一颗颗晶粒，金属中的晶体均由这些晶粒组成。金属结晶过程如图 1—1 所示。金属中的晶体有单晶体和多晶体之分，如图 1—2 所示。工业上使用的金属均为多晶体。

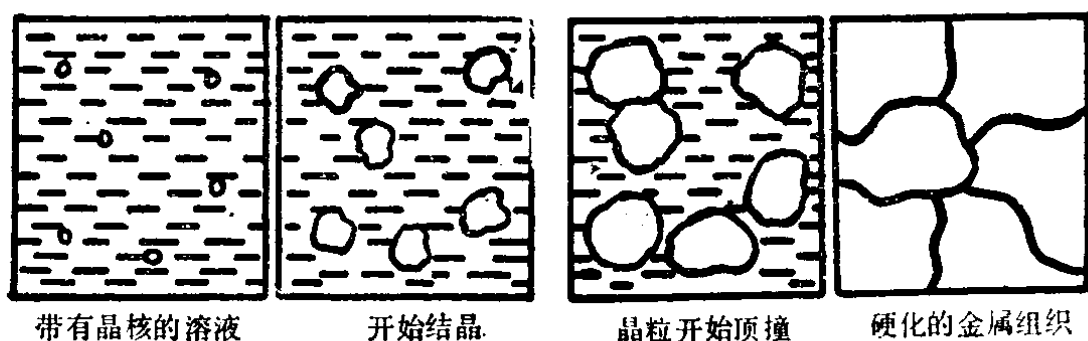


图 1—1 液体金属的结晶过程

从图 1—2 中可以看出，金属结构的晶粒是既不规则又不整齐地排列的。晶粒之间的交界处称为晶界，如图 1—1 和图 1—3 所示。它为最后凝结部分，原子在此处排列是很不规则的，有的地方重迭啮合，有些地方相互间隔形成微隙并有聚存杂质的可能性。晶界结构这种特性对金属的机械性能产生有害影响。

晶体形成的另一现象是金属在凝固时，形成有空间几何形状的晶格。常见的有体心立方晶格和面心立方晶格二种，金属工艺学中称为同素异晶转变。

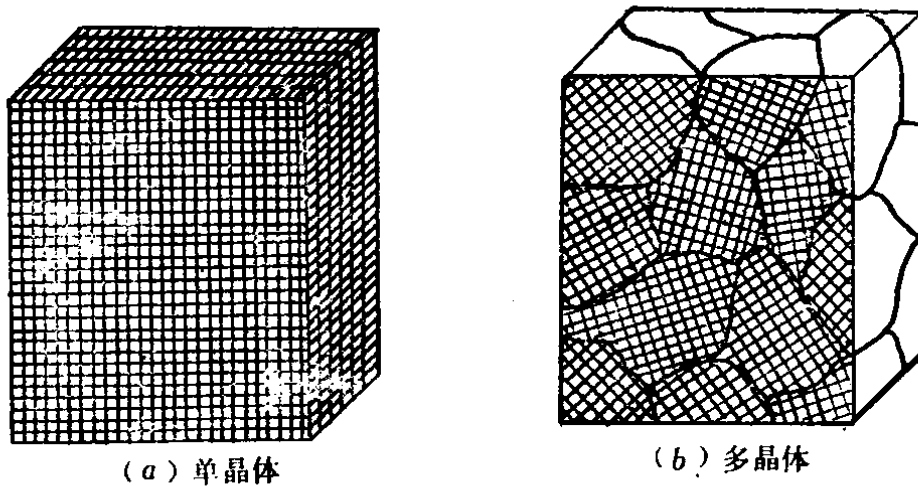


图 1—2 晶体的结构组织

二、金属结构组织产生变化的因素

(一) 内在因素

钢是铁碳合金，不仅含碳并含有其它各种元素。不同的钢种含有不同的合金元素且含碳量也不一样，因此说，含碳量和合金元素是决定金属组织结构性质的内在因素。下面从含碳量及所含最常见的硅、锰、硫、磷四种元素，来了解一下金属组织结构性能的变化情况。

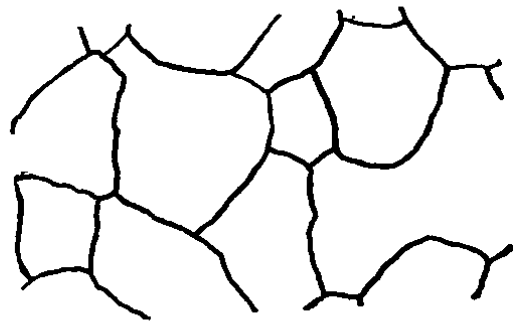


图 1—3 纯金属的显微组织

1. 含碳量及其性能

低碳钢：含碳量小于0.25%，主要成分为铁，其它合金元素极少，无显著淬硬性，焊接性能良好。

中碳钢：含碳量为0.25~0.6%，含硫量高，淬硬倾向大，在金属冷却到300℃以下时，容易沿淬硬区产生冷裂纹

(撕裂)或称之为应力裂纹。

高碳钢：含碳量大于0.6%，焊接性能不好，导热性比低碳钢差，加温后易产生应力集中，一般焊后应作600~700℃回火处理，以消除应力，固定组织，借以防裂。

低合金钢：含其它合金元素不多，其焊接性能与低碳钢接近，由于焊接性能好，故在各类钢材结构中，以焊代铆时应用较普遍。

16锰：含碳量为0.12~0.20%，含锰量为1.3~1.6%，焊接性好，但也存在淬硬性和产生冷裂现象。在进行此类钢结构特别是动载荷较大的内燃机车底架矫正时，若需加温热调，其加热温度可控制在800~850℃之间，以避免上述不良现象，保证底架质量。

2. 含其它元素及其性能

普通碳素钢：硫、磷含量分别不大于0.055%和0.045%。

优质碳素钢：硫、磷含量最少，分别不大于0.03%和0.035%。

硅、锰均能溶解于铁素体和渗碳体中，使强度、硬度增高，当含量不多(硅约含0.17~0.37%，锰约含0.5~0.8%)时，仅作杂质存在，对钢的性能无显著影响，锰在一定程度上还可以减少硫对钢的危害。

硫在钢中与铁合成硫化铁，与铁形成共晶体，它们熔点低于985℃，并存在于晶界处，对晶体组织带来直接影响，当钢材加热到800~1200℃之间进行轧、锻时，会因共晶体溶化而使晶粒分离，导致金属沿晶界开裂，产生热脆现象。而钢中的锰则与硫形成高熔点(1600℃)的硫化锰并呈粒状分布在晶粒内。在热加工时，硫化锰具有足够的塑性。由此可见，锰能消除硫的有害作用，因此钢中含有一定的锰是有益的。磷在钢中能全部溶于铁素体中，使钢的强度、硬度增加，塑性、韧性显著下降，在低温时尤为突出，因此在钢

中含磷量就应以少为好。

(二) 外界因素

1. 浇注方法：从冶炼浇注开始，过冷度的大小可产生大小不同的晶粒。液体金属冷却得愈快，液体的过冷度就愈大，形成晶核的数目就愈多；反之，晶核的形成数目就愈少。所以相同成分的液体金属，由于采用不同材料的模具浇注，冷却后得到的金属晶粒大小也不一样。如用金属模浇注，因冷却快，得到的为细晶粒，金属的组织结构质地就好。采用砂模浇注，因冷却速度缓慢，得到的为粗大晶粒，金属组织结构质地也就相应地差。

2. 温度：金属材料经加温后引起组织结构变化是十分明显的，并具有热胀冷缩的特点，在一般钢结构件矫正中，当外力不足时，在加温后即采用水渍法，使烘烤部位急剧收缩，以达预期效果。

当钢材加温到临界点（ 723°C ），钢材即由硬变软，当温度再升高至 910°C 以上时，钢的晶体结构则产生变化，其塑性、韧性显著提高。凡经加温热处理的金属材料，其组织结构的变化就更大。

塑变后的金属材料内部组织很不稳定，不仅产生内应力，而且因晶粒形状和方位的改变（图1—4、1—5所示），其组织排列也更为混乱，其变形抵抗力增加，塑性则相应下降。

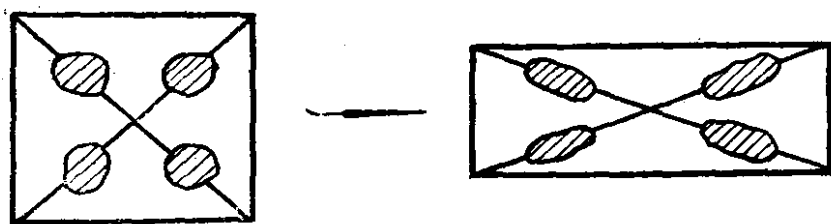


图1—4 晶粒形位变化

加温引起钢材内部变化的过程如下：

塑变后的金属在产生不稳定组织同时，具有在一定条件下可恢复到稳定状态的内在因素。它的外界条件是将塑变了的钢材加热到一定温度（钢加热到 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ ）就会使晶格歪扭现象消失而恢复到稳定状态。在这一过程中，金属内应力也随之消除，其显著变化为强度、硬度有所降低，塑性略有提高，此过程为恢复期。

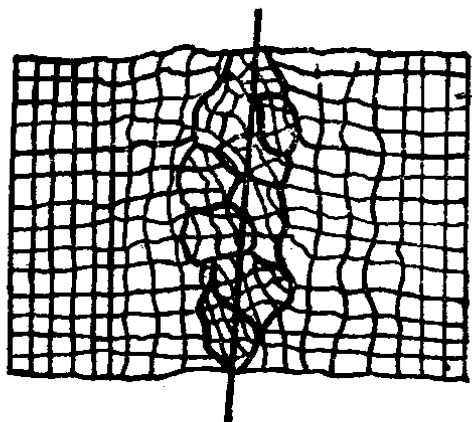


图 1—5 晶格在滑移区的变化

当加热温度提高到一定程度时（钢约在 450°C ），金属原子动能增大，产生新的晶粒，形成新的组织，这一过程即为再结晶，如图 1—6 所示。再结晶的温度约为金属熔点温度的 0.4 倍。经再结晶的金属，其强度、硬度明显下降，而塑性、韧性则有所增加。

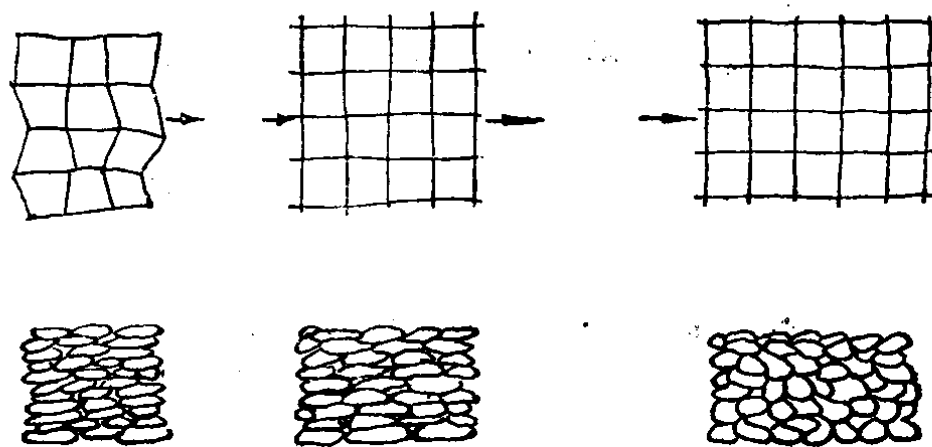


图 1—6 冷作硬化后加温的组织变化

3. 外力：外界对钢材施加的综合力（压力、拉力、扭力、剪切力）对金属材料的性能有明显的影响。矫正操作的主要方法就是对异变了的材料及构件施加外力，在矫正中往往因施加外力不当，使材质产生冷作硬化而断裂。金属材料

受外力作用变形的三个阶段如下：

在应力不大的情况下，变形量随应力值成正比例增加，当应力去除后，变形则完全消失，这一变形称为弹性变形阶段。

当应力超过弹性极限时，在应力去除后，变形不能完全消失，而有部分残留变形存在，消失了的变形部分为弹性变形，残留部分为塑性变形，这一过程称为弹塑性变形阶段。

图 1—7 是单晶体金属变形过程的示意图。

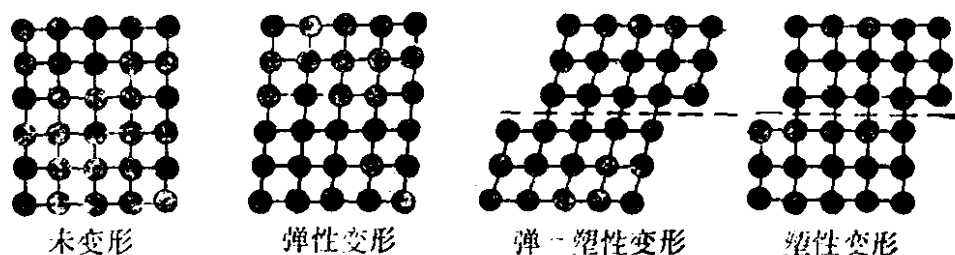


图 1—7 单晶体变形的过程

在常温下矫正钢材和钢结构，有时在撤消其支撑外力时，塑变凸起部位仍恢复原状，或虽收到一定效果但仍达不到要求，这就说明在矫正操作中一定要根据塑变需要来施加外力。

当金属在塑变到一定程度时，应力继续增大或往复塑变都可能产生断裂，对此要引起特别注意。

三、钢材断裂趋势与矫正操作的关系

关于材料断裂问题，随着断裂力学理论研究上的突破，在钢材断裂发展趋势及规律性方面也确立了新的概念。以往在设计中作力学计算时，总把材料假设为完整无缺的整体。似乎材料有裂必断是必然趋势，而断裂力学研究证明：

1. 材料本身均具有不同程度的裂纹存在，在使用中因外力作用，使原来存在的轻微裂纹有所扩展；
2. 从裂到断的条件是取决于构件在工作时放出的应变

能和开裂后所吸收的表面能的比例大小。若应变能大于表面能，裂纹就扩展，反之裂纹就固定下来不扩展，若两者接近，则可稳定一个阶段，遇有外界影响再迅速扩展直到断裂。因此，有裂必断的片面性是显而易见的；

3. 从断裂力学研究情况证明，抗拉强度和极限强度高的材料其断裂韧性则差，强度越高越易产生脆断，这与构件断裂是因强度不够的传统认识相反。

在钢材得以广泛应用的今天，这一断裂力学新概念的确立，除对设计钢结构件力学计算方面提供了新的理论根据外，也给在矫正操作中如何选用合理工艺来减少或避免应变能增大，使钢材本身存在的裂纹不迅速扩展或稳定一个阶段，带来了值得认真研究、实践的新课题。

上述能改变金属组织结构性能的诸因素与矫正操作技术密切相关，在实践中必须抓住这些本质性的变化，并充分利用，使这项操作工艺更趋合理。

第二节 钢的分类及常用钢材规格

一、钢种代号

铸 钢——ZG

球墨铸铁——QT

灰口铸铁——HT

耐热铸铁——RT

可锻铸铁——KT

甲类钢——A

乙类钢——B

特类钢——C

普通碳素钢——A₂、A₃、A₅、B₂、B₃、B₅等多种

优质碳素钢——10、20、35、45（常用的为45）

碳素工具钢——T7、T8、T10、T12等多种

合金结构钢——16Mo、12CrMo、4Cr、18Cr3MoWVA、
30CrMnSiA、20MnV等数十种

合金工具钢——Cr2、9Mn2V、9SiCr、CrMn、5Cr-
MnMo、CrW5、3Cr2W8V、4CrW2Si、
Cr12MoV等多种

弹簧钢——65Mn、55Si2Mn、60SiCrVA、70Si3MnA、
50CrMnVA、50CrVA、65Si2MnVA等十
数种

轴承钢——GCr9、GCr15SiMn、GSiMnV、GMnMo-
VRE等多种

高速钢——W18Cr4V、W12Cr4V4Mo、W6Mo5Cr4VA1
等多种

特殊钢——1Cr13、Cr5Mo、Cr13SiAl、1Cr18Ni9Ti等
数十种

二、钢的分类

1. 按冶炼方法分：转炉钢、平炉钢、电炉钢。
2. 按质量分：普通钢、优质钢、高级优质钢。
4. 按成份分：碳钢（低、中、高三级），合金钢（低、中、高三级）。
5. 按用途分：结构钢、工具钢、特殊钢。
6. 按组织分：共析钢（含碳量为0.8%）亚共析钢（含碳量 $<0.8\%$ ），过共析钢（含碳量 $>0.8\%$ ）。

三、常用型钢、板材种类规格

型钢是由加热到高温的钢锭在轧钢机上辊轧成各种横截面的钢材，它是组成钢结构件的主要材料，也是矫正工作的主要对象。它的常用品种如图1—8(a)所示。就其断面形

状可分为：扁钢、圆钢、方钢、钢管、等边角钢、不等边角钢、槽钢、工字钢、丁字钢、乙型钢等数种。按其尺寸可分为大、中、小三种。详见表 1—1 所示。

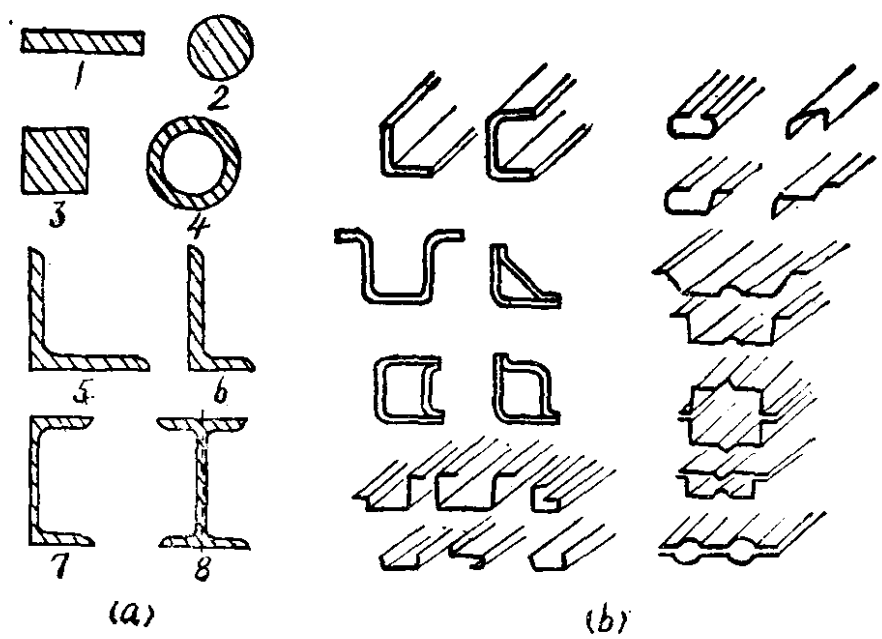


图 1—8 常用钢材及压形件形状

常用型钢类型表 单位：毫米 表 1—1

型别	工、槽、乙钢高	圆、方钢对边直径	扁钢宽	等边角钢	不等边角钢
大型	≥180	≥81	>101	>150×150	≥100×150
中型	<180	38~80	60~100	50×50~145×145	40×46~99×149
小型		≤37	≤59	20×20~49×49	20×30~39×59

随着科学技术的发展，钢的材质和品种也有所改进和增加，特别是稀土元素的广泛使用，型钢正在向薄、轻、巧的方向发展。目前普遍采用新工艺，把低合金钢和碳素钢轧制成型钢。目前普遍应用的冷变型钢已有若干种，其部分型钢