



李树森 主编

林业起重机金属结构

林业起重机金属结构

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

林业起重机金属结构/李树森主编. —哈尔滨: 东北林业大学出版社,
2007.3

ISBN 978-7-81076-972-3

I. 林… II. 李… III. 林业机械: 金属结构 IV. S776.360.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 037380 号

责任编辑: 戴 千

封面设计: 彭 宇



NEFUP

林业起重机金属结构

Linye Qizhongji Jinshu Jiegou

李树森 主编

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

东北林业大学印刷厂印装

开本 787 × 960 1/16 印张 15.25 字数 269 千字

2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷

印数 1—1 000 册

ISBN 978-7-81076-972-3

S·462 定价: 26.00 元

前 言

本书作为高等林业院校试用教材于1992年问世后，国内十多所高等林业院校将其作为专业教材和教学参考书，多家起重运输机械厂和研究所将其作为设计计算的主要参考工具书，许多学者在编著中加以引用。这表明，试用教材出版16年以来，为国家培养高等人才和国家经济建设的发展做出了应有的贡献。

根据我国物流技术的发展需要，以及现代设计方法的发展和国际、国内最新标准，参考了近年来出版的多种金属结构方面的教材，在原书体系的基础上对试用教材内容作了删改和补充，去掉了陈旧的部分，并在总体结构上做了必要的调整。在编写过程中注重概念的确切性、理论的严谨性、内容的连贯性和理论与实践的结合性。

本书由东北林业大学李树森教授担任主编，李滨担任副主编。编者及分工为：东北林业大学李树森（绪论、第7章、第8章）、李滨（第1章、第4章）、王喜亮（第6章）、北京林业大学王乃康（第3章）、南京林业大学沈关福（第2章、第5章）。此外，在编写过程中，许多同仁对本书编写工作给予了不少帮助并提出了有益的建议，谨向他们表示感谢。

限于编者的学术水平，书中如有不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2007年3月30日

目 录

0 绪 论	(1)
0.1 起重机金属结构的作用和发展过程	(1)
0.2 起重机金属结构的分类	(3)
0.3 起重机金属结构的基本要求和发​​展趋向	(5)
1 金属结构的材料	(8)
1.1 钢材的力学性能和影响因素	(8)
1.2 钢材的种类、标志代号和特性	(11)
1.3 钢材的选择和钢材的规格	(16)
1.4 铝合金	(18)
1.5 金属结构连接材料	(19)
2 载 荷	(20)
2.1 载荷的种类	(20)
2.2 载荷的计算	(21)
3 金属结构的计算方法	(33)
3.1 强度设计及许用应力	(33)
3.2 稳定性计算	(41)
3.3 刚度计算	(42)
4 金属结构的连接	(44)
4.1 连接的目的与方法	(44)
4.2 焊缝连接	(44)
4.3 铆钉连接和普通螺栓连接	(64)
4.4 高强度螺栓连接	(77)
5 柱	(82)
5.1 柱的种类和构造	(82)
5.2 实腹柱的截面选择	(84)
5.3 实腹轴心受压柱承载能力的计算	(89)
5.4 实腹偏心受压柱承载能力的计算	(90)
5.5 格构柱的换算长细比	(96)
5.6 格构柱的计算	(103)

5.7	缀条和缀板的计算	(109)
5.8	变截面轴心受压柱	(111)
5.9	柱头和柱脚	(116)
6	梁——横向弯曲的实体构件	(126)
6.1	梁的截面形式和种类	(126)
6.2	型钢梁的截面选择	(127)
6.3	组合梁的合理高度	(128)
6.4	梁的自重	(133)
6.5	组合梁截面设计和强度、刚度验算	(134)
6.6	变截面组合梁	(139)
6.7	组合梁整体稳定性	(140)
6.8	组合梁的局部稳定性	(146)
7	桁架	(158)
7.1	桁架的结构和应用	(158)
7.2	桁架的外形和腹杆体系	(159)
7.3	桁架的主要参数	(161)
7.4	桁架杆件的内力计算	(163)
7.5	桁架杆件的计算长度和许用长细比	(169)
7.6	桁架杆件的截面选择和计算	(173)
7.7	桁架节点的构造和设计	(180)
7.8	弦杆的拼接	(186)
7.9	桁架的静刚度	(190)
7.10	桁架的上拱度和上翘度	(192)
8	龙门起重机与装卸桥的金属结构	(196)
8.1	概述	(196)
8.2	结构形式	(198)
8.3	主要参数的选择	(201)
8.4	计算载荷及其组合	(205)
8.5	主梁结构的计算	(212)
8.6	支腿结构的计算	(220)
8.7	门架结构的刚度验算	(231)
	参考文献	(235)

0 绪 论

0.1 起重机金属结构的作用和发展过程

由金属材料轧制成的型钢（角钢、槽钢、工字钢、钢管等）及钢板作为基本元件，彼此按一定的规律用焊接、铆接的方法连接起来，制成基本构件后，再用焊接或螺栓将基本构件连接成能够承受外加载荷的结构物，称为金属结构。例如常见的装卸桥及龙门起重机的主梁和支腿等。见图 0-1 和图 0-2。

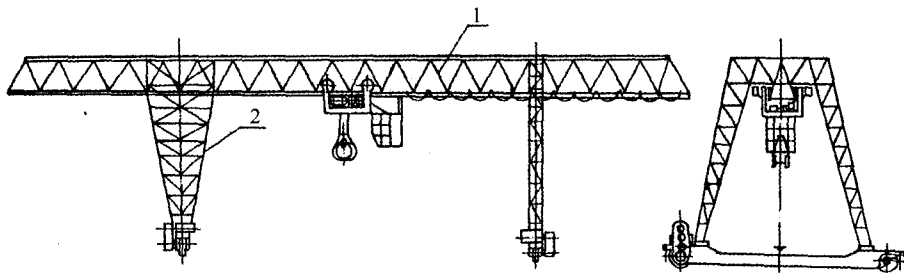


图 0-1 桁架式装卸桥

1. 金属结构；2. 支腿

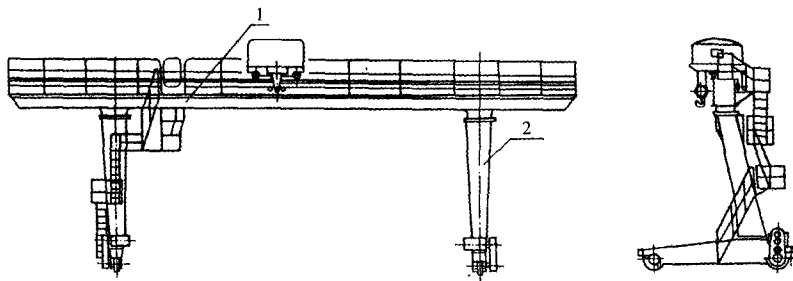


图 0-2 L形龙门起重机

1. 金属结构；2. 筒形支腿

金属结构的作用是作为整台起重机的构架，承受和传递起重机所负担的载重及其自身的重量，装置起重机的机械、电器设备，支持被起吊的物品。金属结构是起重运输机的主要组成部分。起重机依靠金属结构的支架作用而形成一定的作业空间，依靠金属结构的外形的变化形成不同的机型以满足不同的使用要求，依靠金属结构构件所组成的机构实现预定的运动规律。

起重机金属结构是出现较晚的一种结构。直到 19 世纪后期，由于钢铁工业的发展、机器制造业的进一步完善，金属结构才得以迅速发展。在起重机领域，1880 年德国制成了第一台钢制电动桥式起重机。尔后，欧美一些国家相继生产出由金属材料制成的桥式起重机和其他类型的起重机，其中包括低合金和铝合金结构的起重机。当时的起重机金属结构全部是铆钉连接和螺栓连接。20 世纪以来，由于炼钢、轧钢和焊接技术的发展，使金属结构的构造形式发生了根本性的变化，以构造简单、自重轻、施工方便为特征的现代化焊接结构获得了迅速发展。目前金属结构不仅广泛用于传统的工业部门，而且在林业部门也都得到大规模应用。

我国是应用起重机械最早的国家之一，古代我们祖先是利用杠杆及辘轳取水，就是用起重设备节省人力的例子。但由于几千年的封建统治，使我国工业得不到发展，阻碍了金属结构的广泛应用。建国以前，我国自行设计制造的起重机金属结构很少，绝大多数起重运输设备主要是依靠进口。林区木材的装卸主要以人力为主，机械化水平是可想而知了。建国以后，随着冶金、钢铁工业的发展，起重机械获得了飞速发展，刚建国就建立了全国最大的大连起重机器厂，尔后相继建立太原重型机器厂、上海起重运输机械厂等起重机专业生产厂。林业部门在全国各地也建立了一些机械厂，具有生产起重设备的能力，已生产了多种龙门起重机和装卸桥，同时在高等林业院校设置了林业起重机运输机械专业，为国家培养从事林业机械设计和研究的专门技术人才。目前我国不仅有通用桥式类型起重机、轮式起重机和港口门座起重机等系列产品，而且开发了大型、高效的新产品。例如原北京起重机厂研制成功的 100 t 汽车起重机，太原重型机械厂生产的 2 × 250 t 电站龙门起重机，500 t 液压脱锭起重机，上海港机厂生产的 200 t 回转浮式起重机，40 t 轮胎式集装箱龙门起重机和岸壁集装箱装卸桥等。在林业部门，由东北林业大学研制的装卸桥已应用于哈尔滨正阳河木材加工厂等生产企业，见图 0-3。其结构合理，自重轻，木材通过支腿更加容易，外形美观，深受用户欢迎，并获得很快推广。

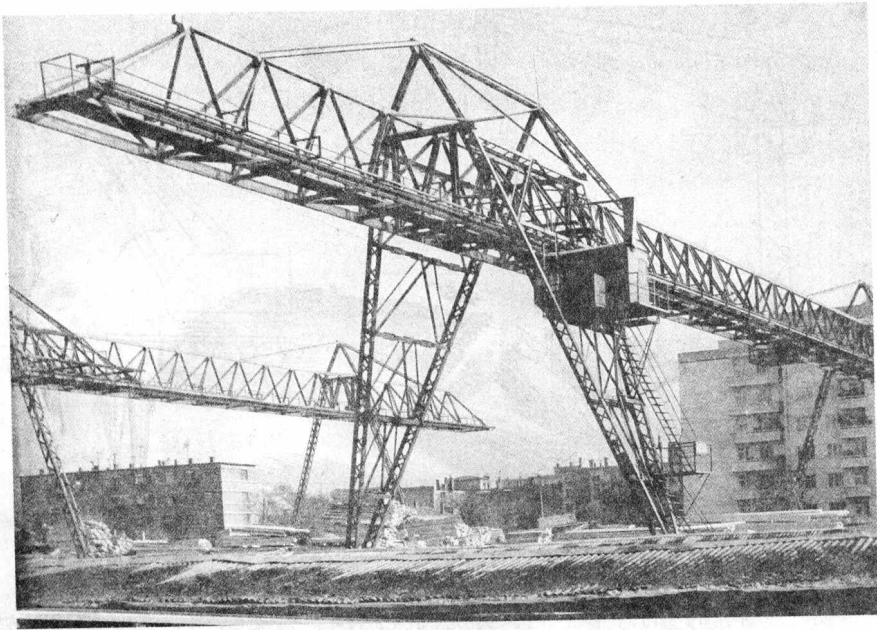


图 0-3 ZQ-82 型装卸桥

0.2 起重机金属结构的分类

起重机的种类较多，而起重机的金属结构则更是式样繁多、形态各异。为了便于设计和计算，区别各种不同的金属结构类型，找出其共同特点，对它们进行以下的分类。

0.2.1 按照组成金属结构基本元件的特点分类

按照组成金属结构基本元件的特点，起重机金属结构可分为杆系结构和板结构。

杆系结构由许多杆件焊接而成，每根杆件的特点是长度方向尺寸大而断面尺寸较小。如桁架式装卸桥的主梁和支腿，塔式起重机和轮式起重机的桁架动臂（图 0-4）都是杆系结构。

板结构由薄板焊接而成。薄板的特点是长度方向尺寸和宽度方向尺寸较大而厚度很小。板结构又称薄壁结构。如箱形龙门起重机的上部主梁和变截面箱形支腿（图 0-2）就是板结构。

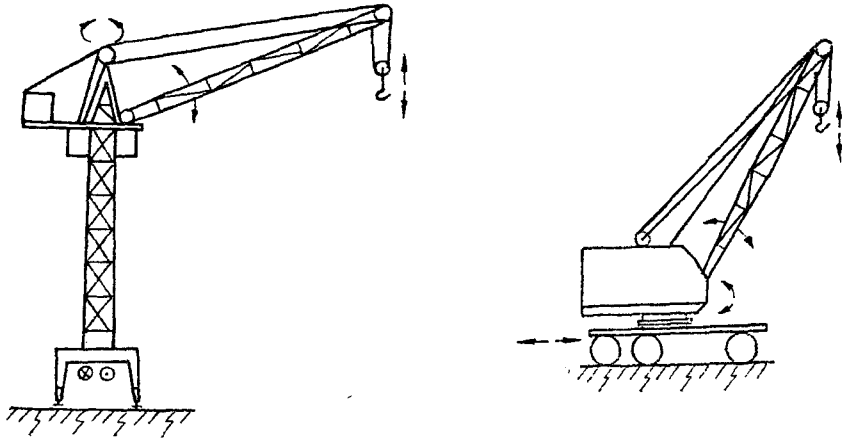


图 0-4 塔式起重机和轮式起重机

0.2.2 按起重金属结构的外形不同分类

按起重金属结构的外形不同,分为门架结构、臂架结构、车架结构、转柱结构、塔架结构等。该结构可以是杆系结构,也可以是板结构。装卸桥和龙门起重机为门架结构。

0.2.3 按组成金属结构的连接方式不同分类

按组成金属结构的连接方式不同,起重机金属结构分为铰接结构、刚接结构和混合结构。

铰接结构中,所有节点都是理想铰。通常在杆系结构中,当杆件只承受轴向作用力,而受弯矩很小时,称之为铰接结构。例如起重机金属结构中常用的桁架结构,在设计计算时,视为铰接结构。实际的金属结构中很少采用铰接结构。

刚接结构构件间的节点为刚性连接,在外载荷作用下,节点各构件之间的相对夹角不变。刚接结构节点承受较大的弯矩。龙门起重机刚性支腿和上部主梁的连接就是刚接节点,并且龙门架结构即为刚接结构(图 0-2)。

混合结构各杆件之间的节点,既有铰接的,又有刚接的。如常见的单梁电动葫芦桥式起重机的主体结构(图 0-5)多做成混合结构形式。

0.2.4 按作用载荷与结构在空间的相互位置不同分类

按作用载荷与结构在空间的相互位置不同,分为平面结构和空间结构。

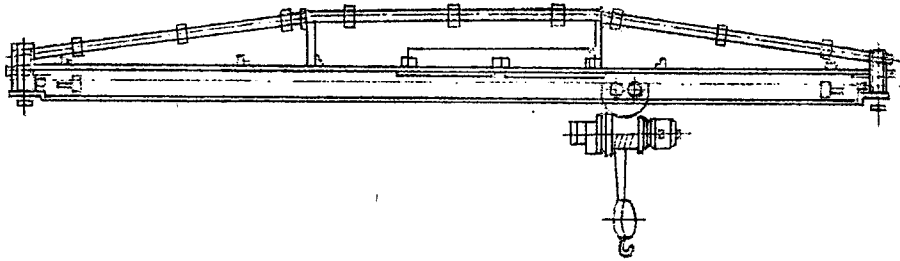


图 0-5 电动葫芦桥式起重机

平面结构的作用载荷和结构杆件的轴线位于同一平面内，如图 0-6 所示的桁架结构，小车轮压、结构自重载荷与桁架平面共面，因此属于平面结构。

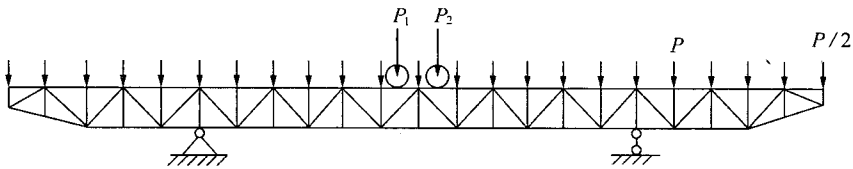


图 0-6 平面桁架结构

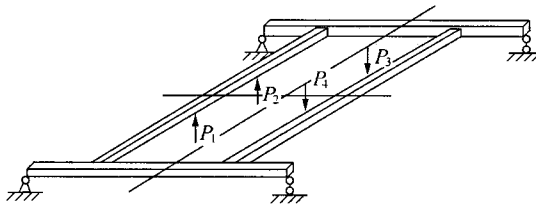


图 0-7 空间桁架结构

当结构杆件的轴线不在一个平面内，或结构杆件轴线虽位于同一平面，但外载荷不作用于结构平面（通常称为平面结构空间受力），处于这两种情况的结构都称空间结构。图 0-7 的轮式起重机车架就属于空间结构。

0.3 起重机金属结构的基本要求和发 展趋向

0.3.1 起重机金属结构的基本要求

起重机械是一种工作繁忙、作用载荷大的重型机械，并且是移动机械，

为保证其正常工作，对起重机金属结构提出如下要求：

(1) 起重机金属结构必须坚固耐用。金属结构应保证起重机具有良好的工作性能和动态性能。也就是应保证其本身具有足够的强度、刚度和稳定性。

(2) 结构自重轻。金属结构的质量占整机质量的 40% ~ 70%，重型起重机则达 90% 以上。由于起重机是移动的，因此减轻自重不但可以节省原材料，而且也相应地减轻了机构的负荷和支承结构的造价。

(3) 制造工艺性要求简单，安装维修容易。

(4) 外形应尽可能美观、大方。

0.3.2 起重机金属结构的发展方向和研究的重点

0.3.2.1 设计理论的研究和改进

目前，在起重机金属结构设计中我国仍采用许用应力计算法。这种方法使用方便，计算简单，但其缺点是对不同用途、不同性质的金属结构采用相同的安全系数，而且安全系数往往偏大或过小。因此，按许用应力计算法设计的起重机金属结构，或者多消耗金属材料或者安全程度较低。近年来出现了不少新的计算方法，提出许多新的数据、参数、系数和公式。极限状态计算法就是一例，它能正确地考虑载荷作用性质、钢材的性能及结构工作特点，计算准确，能更充分地利用金属材料。

0.3.2.2 创造新型的结构形式

在保证起重机工作性能的条件下，改进和创造新型的结构形式，可以最有效地减轻起重机金属结构自重。例如装卸桥主梁上部位于两个支腿上加设斜拉杆后，可比传统的结构形式自重减轻 30% 左右，提高了主梁的强度、刚度和稳定性，降低了主梁的自重（见图 0-3）。

0.3.2.3 采用先进技术和改进制造工艺过程

在起重机金属结构的设计和制造过程中，虽然已有了一整套可行的方法和工艺，但仍存在许多问题有待进一步地研究和改进。在设计方面，利用有限元法解算复杂的计算问题，能简化设计过程，加快设计进度，并使计算达到所需的精度。采用预应力法，可改善结构的受力状态，节省钢材。采用优化设计法，可以把设计工作的主要精力转到优化方案的选择方面来，使设计者从各种可能的设计方案中寻求最优方案，确保结构具有最优的形式和尺寸。在制造方面，采用标准化的冲压结构，应用最新的连接方法（高强度螺栓及胶合连接等）和装配式结构，选择更先进的工艺等。这些都能为改善起重机的性能、节省材料、提高生产率、降低成本提供有利的条件。

0.3.2.4 提高起重机的参数，并尽量使部件标准化和系列化

近年来，除生产一些轻型、小起重量的起重设备，以满足各使用部门的需要外，为解决长、大、笨重货物的装卸，各国生产的起重机有向大吨位、大幅度（大跨度）、大高度、高速度方向发展的趋势，同时要求有灵活的控制系統，以适应对起重机调速的要求。另外，起重机金属结构要设计成有一定规格尺寸的标准零件进行加工和组装，并使整个结构系列化。做成定型产品，尽量利用标准工艺，这是简化设计和制造过程、缩短工期进行批量生产的关键，也是降低产品成本的有效方法。我国桥式起重机、塔式起重机和轮式起重机都有系列产品，林业系统也正在把常用的林业起重机进行标准化和系列化。

0.3.2.5 采用高强度结构钢（低合金钢）和轻金属（铝合金）制造金属结构

采用高强度结构钢或轻金属制造起重机金属结构，可以节省材料，减轻结构自重。我国生产的 16Mn 高强度钢已广泛用于制造各种起重机金属结构，由于其材质好，强度高，制造的金属结构可达到体轻、坚固、耐用。国外已试制过铝合金结构的桥式起重机、龙门起重机和轮式起重机的臂架，自重减轻了 30% ~ 60%。我国铝矿资源丰富，用铝合金制造起重机金属结构在我国的前景十分广阔。

1 金属结构的材料

金属结构使用的材料有结构钢（普通碳素钢、低合金钢）、铸钢和铝合金等。在金属结构中主要使用结构钢，本章着重分析钢材的特性和应用。

1.1 钢材的力学性能和影响因素

1.1.1 钢材的机械性能

钢材（Q235）单向受拉时，应力（ σ ）与应变（ δ ）的关系如图 1-1 所示。在比例极限 σ_p 以前，钢材是弹性工作的，符合虎克定律。此后，出现少量塑性变形，达到 σ_p 屈服点

σ_s 。随后钢材出现纯塑性变形，钢材强度有所提高，称钢材的强化阶段直至破坏，这时塑性变形很大，结构失去承载能力。因此，屈服点 σ_s 是金属结构所允许达到的最大强度，在结构计算时不考虑钢材的强化阶段。

由于 σ_p 与 σ_s 十分接近，又考虑安全系数，因此，通常工程计算中可将钢材的使用强度提高到屈服点 σ_s ，再考虑安全系数，则许用应力仍小于比例极限 σ_p ，可认为钢材是在弹性阶段工作。

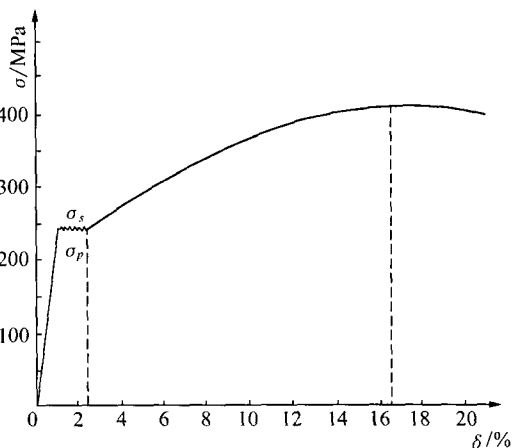


图 1-1 钢材受拉的应力曲线（Q235）

钢材的疲劳性能在金属结构中也是非常重要的。钢材在多次反复载荷作用下，即使其最大工作应力低于抗拉强度，甚至低于屈服点，也可能发生脆性破坏，这种现象称为疲劳。疲劳破坏与塑性破坏完全不同，它在破坏前不出现显著的变形和局部颈缩。钢材内部微观或宏观的组织缺陷、轧制表面的局部伤痕的外形的不连续等应力集中处，是疲劳裂纹首先发生的地方，它们

是原始的疲劳裂纹源。疲劳裂纹源最初往往很难检查到，甚至在钢材表面也不易及时发现。尽管开始时疲劳裂纹的扩展是很缓慢的，但是，随着宏观裂纹的出现，扩展速度明显加快，材料的有效承载截面迅速缩小，最后导致突然的脆性断裂。钢材的疲劳强度与钢材的静强度、化学成分、冶炼方法、脱氧程度、晶粒度以及试件的加工和加载方式等因素有关，其值都是由试验确定。有关结构和接头的疲劳强度及其设计计算问题，将在以后的章节内讨论。

1.1.2 影响钢材主要性能的因素

钢材的主要性能与钢材的化学成分、结晶组织结构、热处理状态、冶炼和轧制过程中所产生的缺陷有关，其中以化学成分影响最大。

1.1.2.1 化学成分的影响

在普通碳素结构钢中，除了铁和碳元素外，还有锰、硅、硫、磷等元素和氧、氢、氮等有害气体，其中纯铁约占 99%，而其他元素仅占 1% 左右。在低合金结构钢中，除上述元素外还加入一定数量的合金元素，其总量不超过 5%。尽管碳和其他元素含量不多，但对钢的性能影响很大，其中以碳对钢的性能影响最大。

碳 (C) 是决定钢材性能的最主要元素。随着含碳量的增加，钢材的抗拉强度和屈服点上升，硬度增加；但伸长率、断面收缩率、冲击韧性均减少，冷弯性能和焊接性能变坏。因此，钢结构特别是焊接结构不宜用含碳量高的钢材制定。《钢结构设计规范》(TJ17—74) 所推荐的钢材，含碳量均不超过 0.22%。

锰 (Mn) 是一种脱氧剂。一部分固溶，一部分以硫化锰 MnS 的形式存在。锰能提高钢材的强度和硬度，且塑性和冲击韧性降低不多。由于锰在钢中能防止生成低熔点的硫化铁和硫化铁与氧化铁的共晶体，故可大大改善钢的热加工性能，消除热脆性的影响。在普通碳钢中，锰的含量在 0.25% ~ 0.65% 范围内，在我国生产的低合金结构钢中，锰是主要的合金元素，如 16Mn 钢中，锰的含量在 12% ~ 16%。锰的含量太多，会显著增加钢的淬火倾向，从而降低钢的可焊性。因此，焊接结构用的低合金锰钢其含锰量一般不超过 1.7%。

硅 (Si) 也是一种脱氧剂，它是以固溶状态存在，能提高钢的强度和硬度。但含硅量过多将降低钢材的塑性和冲击韧性，增加冷脆和时效的敏感性，可焊性也变坏。一般在镇静钢中，硅的含量在 0.10% ~ 0.30%。

硫 (S) 是原料带入钢中的有害元素，它以硫化锰 (MnS) 的形式存在，

当硫的含量过多或锰的含量不足时就以硫化铁 (FeS) 的形式存在。硫化铁是一种低熔点的化合物, 尤其硫化铁与铁素体形成共晶体, 其熔点更低, 只有 $985\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。因此, 硫在钢中增加了钢材的红脆性和热裂倾向, 使钢在热加工时容易发生开裂, 这种现象称为“热脆”。此外, 它还降低了钢的冲击韧性和疲劳强度。当钢中含碳量增加时, 硫的偏析加剧, 钢材的热脆倾向增大, 焊接性能也变得更坏。因此, 要严格控制结构钢中硫的含量, 在普通碳素钢中一般不超过 0.055% , 优质碳素钢中一般不超过 0.045% , 普通低合金钢中一般不超过 0.055% 。

和硫一样, 磷 (P) 也是由原料带入钢中的有害元素。随含磷量的增加, 钢材在室温下的塑性和冲击韧性降低, 在低温状态下, 尤其当温度低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 上述倾向就更明显, 使钢材容易发生脆断, 这种现象称为“冷脆”。当钢中碳的含量增高时, 磷的影响程度越显著, 钢材的冷弯性能和焊接性能都变得更坏。因此, 磷的含量也应严格控制, 在普通碳素钢中一般不超过 0.045% , 优质碳素钢一般不超过 0.040% , 普通低合金钢一般不超过 0.050% 。

铝 (Al) 是钢中的强脱氧剂, 对于质量要求较高的钢材, 常用铝来补充脱氧。铝还可与钢中的氮化合成非常细小的氮化铝 (AlN) 微粒, 使结晶组织细化, 形成细晶粒钢。这种钢材具有较高的冲击韧性和很小的冷脆倾向以及时效倾向, 焊接时可减少热裂纹和冷裂纹的形成, 改善钢材的焊接性能。

钛 (Ti) 是钢中的强脱氧剂和除气剂, 它能使钢的内部组织致密、晶粒细化。钛在钢中能与碳和氮作用生成碳化钛 (TiC) 和氮化钛 (TiN), 起稳定碳和氮的作用。合金钢中加入适量的钛可显著地提高钢材的强度和韧性, 降低过热敏感性。在低合金钢中, 还有钒 (V)、铌 (Nb) 等合金元素, 它们对钢材性能的影响与钛元素相似。

氢 (H) 是钢中形成氢白点的原因, 使钢变脆。氢含量越高, 氢脆性越大, 使钢的机械性能和加工性能均变差。因此, 存在氢白点的钢材一般不能用在重要结构上。

1.1.2.2 冷加工的影响

钢材在常温下经过冷拉、校直、弯曲、机械剪切等冷加工后, 会产生不同程度的塑性变形, 并使钢材的强度和硬度升高, 塑性和韧性降低, 这种现象称作冷作硬化或者称应变硬化。经过冷作硬化的钢材, 在常温下放置一段时间后, 钢材的屈服点会进一步升高, 抗拉强度也随之升高, 而塑性和韧性进一步下降, 这种现象称为应变时效。应变时效与钢中碳、氮的析出过程有关, 使已经冷作硬化的钢材又产生时效硬化。

冷加工过程虽然能提高钢材的强度，但是也使其塑性和韧性降低，增加钢材的脆性，这对于承受动载荷和低温下工作的结构是十分不利的。因此，即使是一般的钢结构，也不利用冷加工来强化钢材，而对于承受动载荷和低温下工作的结构还应考虑冷作硬化对结构带来的不利影响。

1.1.2.3 温度的影响

温度对钢材的机械性能影响，对不同的结构钢种是不完全相同的，但总的说来与常温时相比，钢材在温度 100℃左右时的强度、塑性和弹性模量均略有下降，温度进入到 200~300℃时，抗拉强度和硬度上升，延伸率下降，钢材变脆，称为蓝脆性，对应的温度区称为蓝脆区。在蓝脆区内进行加工容易使钢材产生裂纹。当温度低于常温时，随着温度的降低，钢材的脆性逐渐增大，可能导致低温脆断。

1.2 钢材的种类、标志代号和特性

1.2.1 钢材的种类

用于制造各种机械零件和各种金属结构的钢，都属于结构钢。结构钢按其化学成分来分，主要有碳素结构钢和合金结构钢两大类。合金结构钢根据其热处理状态，又分为非调质钢和调质钢两类。非调质钢一般是以热轧状态或正火状态使用，简称低合金钢，而调质钢以调质状态（即进行淬火、回火热处理）使用，有时也称热处理低合金钢。

1.2.1.1 碳素结构钢

这类钢的性能主要取决于含碳量，随着含碳量的增加，强度上升，塑性和可焊性下降。目前，我国工程结构中应用最广的是 Q235 钢，其含碳量对于平炉钢在 0.14%~0.22% 范围内，对于转炉钢在 0.10%~0.20% 范围内，均属于低碳钢。Q235 钢既有较高的强度（ $\sigma_s = 240 \text{ MPa}$ ， $\sigma_b = 420 \text{ MPa}$ ），又有较好的塑性、韧性和良好的可焊性。Q215 钢虽含碳量低，具有更好的塑性和可焊性，但是其强度较低，经济效果差，仅用来做次要结构件；Q255 钢虽然强度较高，但是由于含碳量增加，可焊性变差，脆性倾向增加，故不宜做金属结构件，尤其是受动载荷的焊接结构件。

世界各国在制造钢结构时使用钢材的情况与我国大致相同，即与我国的 Q235 钢性能相接近，屈服点为 220~250MPa 的钢材应用得最为普遍。如日本的 SS41、SM41，德国的 St37，美国的 A3b 和前苏联的 CT3 等。

1.2.1.2 低合金钢

这类钢的含碳量一般都较低（低于 0.20%），故钢材的加工性能和焊接性能均良好。强度性能则通过加入合金元素来提高。

采用低合金钢的主要目的是减轻金属结构的重量，提高它的可靠性和使用寿命。这类钢在平炉或氧气顶吹转炉中都可以冶炼，成本也不高，故应用日益广泛。

这类钢的屈服点一般在 300 ~ 350 MPa 范围内。在这类钢中，16Mn 钢在我国应用得最为普遍，其屈服点为 350 MPa，抗拉强度为 500 MPa，它是我国近 30 年来发展的一批普通低合金钢中综合性能比较好的钢种，工程实践中也积累了不少使用经验，技术经济效果良好，与 Q235 钢相比可节约钢材 15% ~ 25%。国外相类似的钢种有日本的 SS50、SM50，联邦德国的 St52，美国的 A572—50、A242、A440、A441 等。这些钢号的钢材都属于屈服点为 350 MPa 的强度等级。

我国生产的其他钢号的低合金钢，由于出产量有限、性能数据不足等原因，目前在起重机金属结构设计中基本还没有采用。但《起重机设计规范》(GB3811—83) 已经把 15MnTi 钢列入为推荐钢号，它是属于屈服点为 400 MPa 强度等级的钢材，在正火状态使用。其碳当量与 16Mn 钢相当，因此，可焊性良好。强度等级（屈服点）在 450 MPa 的低合金钢（如 15MnVN 等）目前有些工作部门正在研究和试用。

1.2.1.3 合金调质钢

这类钢的含碳量尽管也是较低的（低于 0.20%，多数低于 0.15%），但是由于加入较多量的合金元素。因此，其碳当量较高，一般要比 16Mn 钢大 50% 左右，所以，这类钢对焊接工艺的要求较高，提高焊接接头的静强度、疲劳强度和冲击韧性是推广应用这类钢的关键所在。目前，国内生产的这类钢已经达到屈服点为 800 MPa 的强度等级，但在工程焊接结构上还很少应用。在国外已经广泛地采用屈服点为 600 ~ 800 MPa 的高强度钢来制造轮式起重机的金属结构。

1.2.2 结构钢的标志代号

1.2.2.1 碳素结构钢

碳素结构钢是工程中应用最多的钢种，其产量占钢总产量的 70% ~ 80%。根据国家标准 GB700—88 的规定，碳素结构钢分为 5 类 20 种。

碳素结构钢的牌号是以钢材厚度（或直径）不大于 16 mm 钢的屈服点（ σ_s ）数值划分的，并且还有质量等级和脱氧方法的细划分。