

373185

成都工學院圖書館

基本館藏

高等學校試用教科書

起重運輸機金屬結構

大連工學院機械系起重運輸機教研室主編

只限學校內部使用



中國工業出版社

7

高等学校試用教科書



起重運輸機金屬結構

大連工學院機械系起重運輸機教研室主編

中國工業出版社

本书内容包括二部分：第一部分叙述金属结构设计的基本理论、典型构造、设计方法和现有设计规范的应用；第二部分叙述起重运输机金属结构的构造和设计方法。

本书可作为高等工业学校起重运输机专业及港口机械专业的试用教科书；对于从事起重运输机设计工作的工程技术人员也有参考价值。

起重运输机金属结构

大连工学院机械系起重运输机教研室主编

*

第一机械工业部教材编审委员会编辑（北京复兴门外三里河第一机械工业部）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ ·印张 $19 \frac{1}{4}$ ·字数456,000
1962年4月北京第一版·1964年7月北京第三次印刷
印数2,189—2,743·定价（科五）2.20元

*

统一书号：K15165·1330（一机-237）

前 言

本书可作为高等工业学校起重运输机专业及港口机械专业的試用教科书。

本书由大連工学院起重运输机教研室、上海交通大学起重运输机械教研組和武汉水运工程学院港口起重运输机教研組合作編写，而由大連工学院担任主編。編者的具体分工是：大連工学院徐克晋、朱添华、孙焕新編写緒論、第三、四、七、十一各章和第八章第七节，上海交通大学孙可全編写第一、二、五、八和十二各章，武汉水运工程学院陈璋璋編写第六、九和十各章。担任书稿的总审和修訂工作的是徐克晋、孙焕新和陈石华。

編者对协助抄写书稿和描图工作的大連工学院起重运输机专业 621 班同学表示衷心感謝。

本书再版时由大連工学院徐克晋同志进行了校訂与修改。

由于編校者水平有限及編写的時間短促，书中难免有錯誤和不妥之处，尚希讀者批評指正。

編校者

1962.10

目 次

前言	1	应力	64
緒論	5	§ 4-14 螺栓連接的計算	64
§ 0-1 金屬結構的基本概念	5	第五章 梁	66
§ 0-2 起重運輸機金屬結構的發展簡史	6	§ 5-1 概論	66
§ 0-3 對起重運輸機金屬結構的基本要求 及其發展方向	8	§ 5-2 型鋼梁的斷面選擇	66
第一部分 基本理論		§ 5-3 組合梁的高度及自重	67
第一章 金屬結構的材料	11	§ 5-4 組合梁的斷面尺寸及選擇	69
§ 1-1 材料的分類	11	§ 5-5 變斷面的組合梁	73
§ 1-2 鋼材的標號及其應用	12	§ 5-6 翼緣和腹板的連接	76
§ 1-3 鋼材的技術條件	15	§ 5-7 箱形斷面梁上翼緣板的局部彎曲	80
§ 1-4 輕金屬——鋁合金	16	§ 5-8 梁的整體穩定性	82
§ 1-5 軋制鋼材	17	§ 5-9 梁的局部穩定性	84
第二章 載荷及應力的種類	19	§ 5-10 梁的拼接	87
§ 2-1 載荷的種類及其組合的原則	19	§ 5-11 梁與梁的連接	94
§ 2-2 載荷的計算	20	§ 5-12 鋼軌及其連接	95
§ 2-3 結構中應力的種類	23	第六章 柱	96
第三章 基本計算原理	24	§ 6-1 概論	96
§ 3-1 杆件承載的極限強度	24	§ 6-2 支柱的斷面選擇	99
§ 3-2 杆件穩定性的極限應力	27	§ 6-3 變斷面柱	104
§ 3-3 鋼杆件的疲勞強度	31	§ 6-4 柱腳	108
§ 3-4 安全係數、許用應力及其折減係數	33	第七章 桁架	113
§ 3-5 金屬結構的正常工作條件	35	§ 7-1 概論	113
§ 3-6 金屬結構的計算方法	36	§ 7-2 桁架的外形及腹杆體系	115
第四章 金屬結構的連接	38	§ 7-3 桁架的主要參數	116
§ 4-1 連接的目的與方法	38	§ 7-4 桁架杆件的計算長度與極限長細比	119
§ 4-2 焊接的方法及焊接的優缺點	38	§ 7-5 桁架杆件的內力	120
§ 4-3 焊條	39	§ 7-6 桁架杆件的斷面選擇	121
§ 4-4 焊縫的種類、型式及焊縫的許用應力	40	§ 7-7 桁架的節點	131
§ 4-5 焊接連接的種類及計算	43	§ 7-8 弦杆的拼接	139
§ 4-6 提高焊縫疲勞強度的措施	52	§ 7-9 桁架的撓度及拱度	143
§ 4-7 鉚接的方法及優缺點	53	第二部分 構造及設計	
§ 4-8 鉚釘的種類	53	第八章 橋式起重機	146
§ 4-9 鉚釘的受力情況及其許用應力	54	§ 8-1 概論	146
§ 4-10 鉚釘的布置	56	§ 8-2 橋架的外形尺寸	148
§ 4-11 鉚釘連接的計算	58	§ 8-3 單梁式橋架	148
§ 4-12 螺栓連接的應用範圍及螺栓的種類	63	§ 8-4 四桁架式橋架	152
§ 4-13 螺栓連接的工作情況及螺栓的許用		§ 8-5 箱形結構橋架	163

第九章 龍門起重機及裝卸橋	172	§ 10-6 臂架的設計計算	227
§ 9-1 概論	172	第十一章 門座起重機	230
§ 9-2 龍門起重機	173	§ 11-1 概論	230
§ 9-3 龍門起重機的載荷及其組合	174	§ 11-2 載荷及其計算組合	235
§ 9-4 計算簡圖	175	§ 11-3 臂架的型式與構造	236
§ 9-5 龍門起重機上部結構的計算	176	§ 11-4 組合臂架的計算	239
§ 9-6 龍門起重機支腿的計算	177	§ 11-5 人字架和轉盤結構	247
§ 9-7 龍門起重機的支承架	181	§ 11-6 轉柱的構造及計算特點	250
§ 9-8 裝卸橋	184	§ 11-7 門架結構	251
§ 9-9 橋架的主要尺寸	187	第十二章 纜索起重機	261
§ 9-10 裝卸橋的載荷及其計算組合	189	§ 12-1 概論	261
§ 9-11 裝卸橋的上部結構	190	§ 12-2 塔架的主要尺寸	265
§ 9-12 裝卸橋的支承架	205	§ 12-3 塔架的構造	267
§ 9-13 裝卸橋的扭轉	208	§ 12-4 載荷及其計算組合	269
第十章 起重臂架	210	§ 12-5 固定式塔架的計算	270
§ 10-1 概論	210	§ 12-6 移動式塔架的計算	272
§ 10-2 平面臂架的構造	211	附錄 I 計算公式、系數及圖表	275
§ 10-3 空間臂架的構造	215	附錄 II 型鋼表	296
§ 10-4 作用載荷及其計算組合	217	主要參考書	306
§ 10-5 主要尺寸的選擇	220		

緒 論

§ 0-1 金屬結構的基本概念

由金屬材料軋制成的型鋼（角鋼，槽鋼，工字鋼，丁字鋼等）及鋼板，彼此用鉚接或焊接的方法連接起來，制成基本杆件，並將這些基本杆件（或零件）再用鉚釘、焊縫或螺栓連接起來，用來支持載荷的結構物叫作金屬結構。例如橋式起重機的橋架結構，車間的鋼屋架等。

金屬結構是出現較晚的一種結構。僅在十九世紀后期，由於冶金工業，特別是軋鋼工業的發展，金屬結構才廣泛地被應用於工業、交通運輸和房屋建築等各个方面。在工業發達的國家里，金屬結構的應用更為普遍：并有專門的工廠和車間，從事金屬結構的生產，如橋梁廠、鍋爐廠、起重機廠的金屬結構車間、造船廠的鍋爐車間和船體車間、機車車輛廠的鍋爐車間和金屬結構車間等。

金屬結構的用途甚廣，主要可舉出如下几方面：

- (1) 各種工業建築的骨架——廠房等；
- (2) 起重機結構——橋架、門架、臂架、塔架等；
- (3) 大跨度結構——飛機庫、汽車庫、展覽館等；
- (4) 高層建築——高樓的骨架等；
- (5) 橋梁；
- (6) 飯結構——貯液（氣）庫、油管等；
- (7) 桅塔結構——無線電發射塔、輸電塔等；
- (8) 水工建築物——閘門、鋼管道等；
- (9) 機車車輛和船舶；
- (10) 各種鍋爐。

金屬結構物在工業建設、交通運輸業中之所以被廣泛應用，首先是因為金屬結構比其他建築材料的結構（磚石、鋼筋混凝土及木材的結構）具有許多優點：

(1) 金屬結構是最安全可靠的结构。因為鋼材具有很高的強度和彈性模數（ $E = 2.1 \times 10^6$ 公斤/厘米²），而且組織均勻符合各向同性彈性體的假定，這是我們計算的根據，因此金屬結構的計算也是很精確的。

(2) 金屬結構是最輕的结构。由於鋼材具有良好的機械性能及很高的強度，所以結構斷面最小、自重最輕，因此便於運輸。

(3) 金屬結構是製造工業化程度最高和最易安裝的结构。因為金屬結構的製造是在設備完善，生產率很高的專門工廠中進行的，可以成批的生產，安裝簡單迅速（用螺栓連接），可以機械化施工，不受天氣影響。結構部件或杆件可以更換，修配方便。

(4) 金屬結構可以作成密封的容器（如貯氣罐等），比較簡單易行。

(5) 金屬結構具有一定的防火性（比木結構好）。

但金屬結構也有以下缺点:

(1) 金屬結構容易生銹。金屬結構的鋼材受大气中的水气、盐分及有害气体的侵蝕作用, 变成铁的氧化物, 因而降低了承載能力。为了預防金屬的銹蝕, 可以采取以下措施:

- ① 应用特种防腐蝕的金屬保护层 (鋼与銅、鋁鎳合金等);
- ② 塗以防腐油漆;
- ③ 合理的构造, 使結構尽量无縫隙和凹穴;
- ④ 專門的养护 (清扫, 定期檢查, 油漆等)。

通常采用的办法是在結構表面塗刷油漆, 这个方法簡單易行, 而且成本較低。

(2) 鋼材比其他材料要貴些, 各工业部門都需要大量的金屬材料, 因此用最少的材料, 生产最多的产品已成为工业各部門的一致要求与行动。对起重机的金屬結構也必須設法节省鋼材, 这是設計和制造人員的主要任务之一。实际上, 用改进設計, 改用焊接結構, 創造新的結構型式, 試用輕金屬等方法都可以大量的节省鋼材。

§ 0-2 起重运输机金屬結構的发展簡史

起重机由許多机械、电气设备和金屬結構組成。金屬結構作为放置设备的骨架, 并将所承受的貨物的重量、起重机的自重以及風力和慣性力等产生的載荷傳遞到基础上去。

作为起重机骨架的材料, 开始并不是金屬的。起重机金屬結構的应用与发展是与生产发展的要求、国民經济的各个部門的发展, 特别是冶金工业、机械制造业和交通运输业的发展密切相关的。大体可以分为三个阶段:

第一阶段 (从古代到十九世紀中叶): 起重设备已为人們利用来搬运物品, 如轆轤、杠杆等原始的簡單工具。这些簡單工具的所有机构都是人力驅動的, 效率是不高的。由于冶金工业还不发达, 沒有軋制鋼材, 所以这些簡單的起重设备的骨架完全用木材制作, 只有接头連接处是用鑄鉄件制作的。

第二阶段 (从十九世紀中叶到本世紀二十年代): 冶金工业、机械制造业和交通运输业的发展为起重运输机的发展提供了广闊的远景, 同时它們的发展又对起重运输机的运用和性能提出了更高的要求。此时, 起重机結構的木制零件开始用金屬制作。以后随着軋鋼及冶金工业的发展, 起重机的骨架亦开始用金屬来制造 (图 0-1)。到本世紀初, 鋼骨架完全代替了木制的骨架。在金屬結構的連接技术上, 起初是用螺栓連接, 此后随着

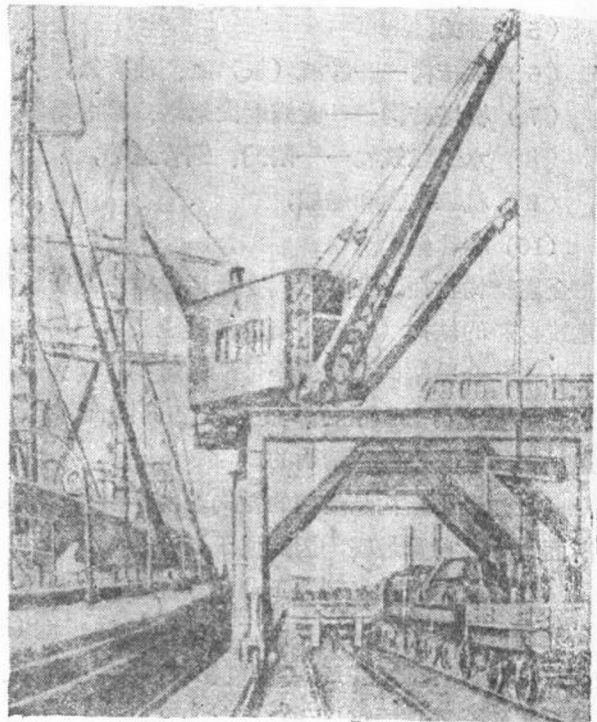


图0-1 十九世紀的門座起重机(木制臂架和金屬的門架)。

机械工业的发展，发明了冲孔机、钻孔机（钻床）及打铆机，同时由于起重机工作的繁重性，要求金属骨架有更大的刚性和强度可靠性，这时，对连接的研究已经成熟，因此金属结构就能够广泛地改用铆接来连接。这时，起重机的机构由人力驱动过渡到机械驱动（蒸汽驱动），最后很快为电力驱动所代替。此时，根据各种工作的要求，起重运输机的种类也增多了。

第三阶段（本世纪二十年代到现在）：这一时期，由于社会主义国家工业的空前发展，以及各国间频繁的贸易往来，交通运输业也随着发展了。这就对担当装卸及运输任务的主要设备之一的起重机提出更高的要求——坚固、耐用、使用方便、自重轻、效率高、检修迅速、更大的服务面积及更高的工作速度。为了满足这些要求，起重机的种类增多了，而且它的结构也由简单发展到比较复杂。这个时期，冶金工业、轧钢工业得到了空前的发展，不但有了强度很高的钢材，而且还冶炼出各种轻金属（铝合金）。因此起重机的骨架亦有可能全部用优质钢材或轻金属来制造。

同时，由于发明了电焊，金属结构的连接方法就由铆接过渡到焊接。应用焊接来制造金属结构，不仅简化了结构，缩短了制造工期，而且大大地减轻了自重。焊接结构是现代金属结构的特征（图0-2）。

我国是起重机械应用最早的国家之一。在古代我国人民就采用了杠杆起重设备及手摇轆轤（现在还存在）

来取水，以省人力。这些原始的起重设备都用木材作成，人力驱动，效率不高。

在封建统治年代里，工业，特别是冶金工业，是得不到发展的，因而限制了金属结构的发展。到十九世纪末，我国才开始有近代工业。我国的第一个钢铁厂（汉阳钢铁厂）建于1907年。最早的金屬結構制造厂是1915年建成的山海关桥梁厂。旧中国，由于国民党的反动统治以及帝国主义的侵略，工业十分落后，加上迷信外国，我国自己设计制造的金屬結構很少。起重机械也很少。当时所用的起重机械多半依靠外国进口。

自建国后，在党的领导下，和全国人民的努力以及各社会主义国家的支援，使我国的工业得到了迅速地发展。尤其是冶金、轧钢工业的发展更为迅速。各种产品的产量逐年增加，品种和质量也都逐年增多和提高。特别是在1958年，在党的“鼓足干劲，力争上游，多、快、好、省地建设社会主义”总路线的指导下，冶金工业有了更大的发展，同时还试制成功许多新产品，其中包括高强度结构钢。

我国的起重机工业随着国民经济的发展而迅速地发展起来。目前，我国不但已经能够自己设计和制造比较复杂的起重运输机械，并试制成功了許多新产品。例如，完全由我国技术人员和工人设计并制造的载重为20吨、跨度八百多米的缆索起重机；某些设计部门和学校还设计出不同吨位的新型转柱式港用门座起重机。此外，某起重机厂工人和技术人员集体创造了载重15吨、跨度二十多米的三角形断面管结构桥式起重机，这台三角形断面桥式起重机，自重很轻，比英国同类型起重机自重轻15%以上，达到了先进的水平。

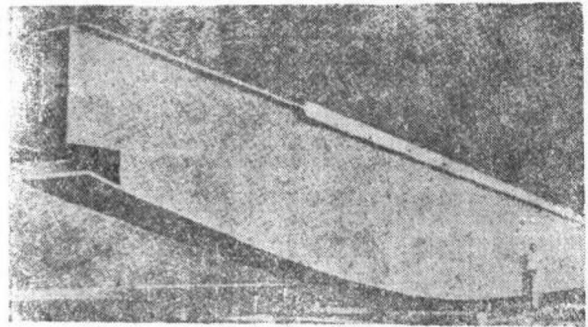


图0-2 起重量为250吨的桥式起重机的焊接桥架的主梁。

目前，各部門正在為進一步提高產品質量，增加起重機的品種規格來滿足工農業生產發展的需要而積極着手制定起重機的國家標準和設計規範。可以相信，今後隨着工業各部門的發展，我國的起重運輸設備製造業（包括金屬結構的製造工業），將會得到迅速的發展。

§ 0-3 對起重運輸機金屬結構的 基本要求及其發展方向

起重機是一種重型機械，載荷很大，工作繁重。它又是一種移動的機械，為了保證起重機的正常工作的，對起重機金屬結構提出如下基本要求：

- （1）堅固耐用。金屬結構必須保證有足夠的強度、剛度和穩定性；
- （2）重量最輕，材料最省。金屬結構的重量約占起重機總重量的60%以上，對重型起重機則達到90%，因它是一種移動機械，減輕自重不但節省許多鋼材，而且也相應地減輕了機構的負荷和廠房及基礎的造價；
- （3）成本最低、最經濟，製造和安裝迅速，修理簡便；
- （4）使用方便，外形美觀。

首先我們應滿足使用條件及堅固耐用的要求。這是設計者必須注意的問題。如果所設計的結構很堅固，但對使用條件考慮不夠，這是不符合要求的。如果不堅固更不能作為承重結構。其次，應該注意節省鋼材和製造安裝等問題。我們應該辯證地處理上述要求。如果孤立地來對待節省鋼材的問題而忽視了使用條件，這樣製造出來的起重機就不會符合要求，這將是最大的浪費。設計者不能孤立地看問題，應該把這些原則正確地結合起來，以尋求最好的解決辦法。

起重機金屬結構的工作非常複雜，結構重量很大，消耗的金屬材料很多，金屬結構的成本約占產品總成本的 $\frac{1}{3}$ 以上。因此，提高結構的性能，節約原材料減輕結構自重及減少製造勞動量，從而降低產品的成本，是起重機金屬結構設計與製造工作的堅定不移的方針。也是今後發展的總方向。幾年來，國內外的起重機生產、設計部門與科學研究機關進行了很多工作，也獲得了很大的成就。根據對起重機金屬結構的基本要求，其發展的方向與研究的重點是：

1) 革新計算方法：起重機金屬結構目前仍用比較陳舊的許用應力計算法。這個方法的最大缺點在於不同用途、不同工作性質（受力情況）的結構的安全係數是一樣的，而且安全係數往往偏大或過低。因此按許用應力法計算的結構，將多消耗金屬材料或過早損壞。隨着生產發展的要求，試驗技術的提高，以及研究工作的開展，促進了計算理論的發展，因而近年來出現了許多新的計算方法，如按疲勞強度計算法以及按極限狀態計算法。這些方法正確地考慮了載荷的作用性質、鋼材的強度及結構的工作情況，使安全係數隨結構工作性質不同而異。這樣的計算方法其結果是精確的，更能符合結構實際的工作情況。因而也能更充分地利用鋼材的性能，從而節省材料。

目前對新的計算方法還研究得不够，已用的方法還不完善，尚需進一步去研究，儘管如此，本書還是列入了考慮疲勞對鋼材強度影響的計算。

2) 創造新的結構型式: 結構型式的改變是最有效地減輕自重的方法之一, 例如1958年我國生產的三角形斷面管結構橋架橋式起重機(圖0-3), 比過去生產的同樣參數的箱形結構(圖0-4)自重減輕了30%。在國外, 近年來各國對港用門座起重機的結構型式也進行了很大的改進。在歐洲的許多港口上, 港用門座起重機的臂架已由矩形斷面(圖0-5 a)改為三角形斷面的鋼管結構(圖0-5 b), 或主肢為封閉斷面的平面框架結構(圖0-5 c)。而起重機旋轉支承部分亦由轉盤式改為轉柱式。同時, 起重機的運行門架也由單腹式的四腿門架改為封閉斷面的四腿或三腿門架(圖0-6)。港用門座起重機由於型式的革新, 能節省材料50%。1959年我國某工學院設計的新型門座起重機比同型號的轉盤式門座起重機減輕自重30%左右。可見創造新的結構型式, 能使原材料得到很大的節約。

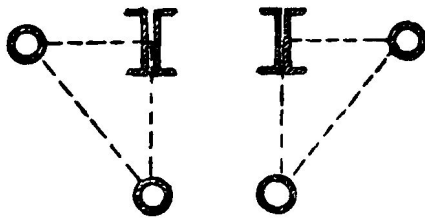


圖0-3 三角形斷面管結構橋架。

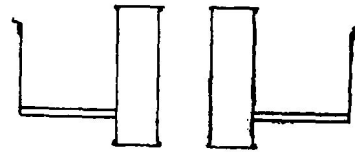


圖0-4 箱形結構橋架。

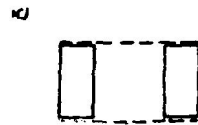
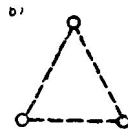
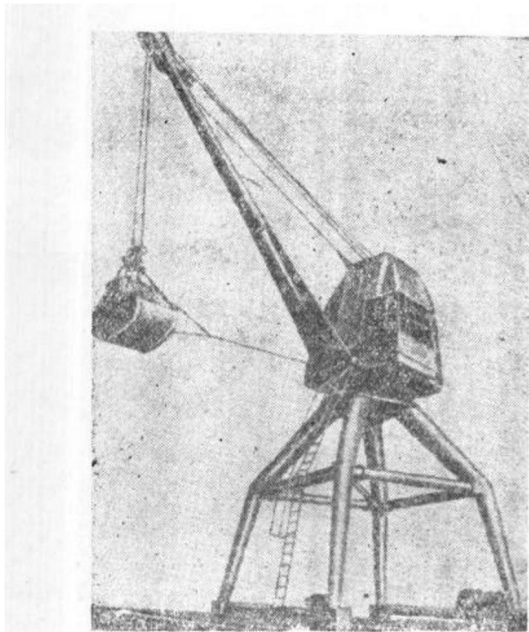
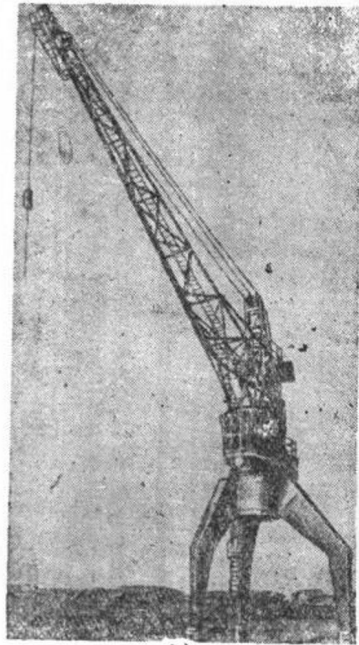


圖0-5 臂架的斷面形式。



a)



b)

圖0-6 封閉斷面四腿及三腿門架。

3) 广泛地采用焊接,特别是自动电焊:既能简化结构构造、节省钢材,又能减少制造与安装的劳动量,缩短工期,降低产品的成本。所以金属结构用焊接来代替铆接的连接,被称为金属结构设计方法与制造方法的革命。采用焊接结构可以节省钢材30%以上。目前在工业各部门中的金属结构,绝大部分都采用焊接。

4) 应用轻金属(铝合金)或高强度结构钢(低合金钢):这也是减轻结构自重、节省材料的有效途径。在国外已有桥式起重机的桥架和门座起重机的臂架是由铝合金制成的,自重减轻30~60%。同时,对减轻厂房结构的载荷十分有利。我国已经试制成功了高强度结构钢及其他结构材料,并开始设计了低合金钢的桥式起重机,因而减轻了自重约20%。我国的铝矿很丰富,随着开采和冶炼工业的发展,应用铝合金来制造起重机结构也有广阔的前途。但目前铝合金材料还不能大量供应,而且对其计算方法和工艺尚需研究,故不能广泛采用。

5) 采用新技术:例如用预加应力的方法来设计和制造金属结构,约能节省钢材30%。这种方法在国外已应用于工业厂房及桥梁结构中。在起重机金属结构中应用预加应力的方法还需进行研究。

6) 结构零件的规格化、标准化,结构的定型化:是简化设计制造过程,成批生产缩短制造工期,进行大规模的工业化生产的必要条件,也是降低结构制造劳动量的有效方法,有关生产单位与设计部门正在研究我国的各类起重机的定型问题。

上述问题既是生产和设计部门应该解决的,也是学校与科学研究单位的研究方向。学校必须贯彻教育与生产劳动相结合的方针,坚持理论联系实际,面向生产,并且不断地把生产中发现的问题加以研究,提高到理论上,然后再用理论去指导生产实践。这样才能使我国的起重机金属结构设计方法与制造水平不断地提高,更好地为我国社会主义建设贡献力量。

第一部分 基本理論

第一章 金屬結構的材料

§ 1-1 材料的分类

在選擇材料時，應考慮到結構的工作特點以及載荷的作用情況。由於起重運輸機金屬結構的工作非常繁重，且經常承受變化的動力載荷，因此要求材料須具有較高的破壞強度、疲勞強度和塑性，當起重運輸機在低溫下工作時，材料還必須具有足夠的衝擊韌度。此外，尚須考慮材料的可焊性、時效性和耐腐蝕性等。

目前，製造起重運輸機金屬結構所採用的材料多為結構鋼、鑄鋼及輕金屬等；其中最主要的是結構鋼。

按照冶煉方法，鋼可分為轉爐鋼，平爐鋼（馬丁爐鋼）和電爐鋼。

轉爐鋼又分為酸性轉爐鋼（貝士麥鋼）與鹼性轉爐鋼（托馬斯鋼）。

平爐鋼質地優良而純潔，其化學成分和機械性能比較均勻，而轉爐鋼由於冶煉條件的關係，常含有較多的氣泡和雜質，並帶有許多的氧、氮、硫、磷等有害的氣體或夾雜物，影響了鋼的質量，容易發生裂縫，可焊性亦差。因此轉爐鋼不允許用於常在露天或低溫環境下工作的以及受動力載荷的結構上。所以在起重運輸機金屬結構中，應採用平爐鋼而不用轉爐鋼。電爐鋼的質量最好，但價格最貴，一般都用於特殊用途之結構。

按照鋼的化學成分，鋼又可分為碳鋼（或稱為碳素鋼）和合金鋼。而碳鋼中根據含碳量的多少又有低碳鋼、中碳鋼和高碳鋼。合金鋼中當“合金元素”（鎳、鉻、錳、硅、銅、硼等）不超過2.5%時稱為低合金鋼。金屬結構中所採用的為低碳鋼或低合金鋼。

按照鋼澆鑄時的狀態，還可以分為鎮靜鋼及沸騰鋼。沸騰鋼是脫氧不完全的鋼，澆鑄後在鋼錠模中放出大量氣體，造成沸騰現象，由於氣體來不及全部排出，因而混雜的氣體較多，材料的組織不均勻，焊接後受動載荷作用時易產生裂縫，並有時效硬化的現象；鎮靜鋼則是將鋼水在爐中或盛鋼桶中存放一段時間，用脫氧劑（鋁或硅等）來還原，脫氧很完全，因此，這種鋼在凝固時析出的氣體很少，而呈平靜狀冷卻，鋁或硅與氧化合，使氧化鐵還原，減少了氧對鋼的危害性，故質地良好，但是價格要比沸騰鋼貴些。

殘存在沸騰鋼內部的氣泡在軋制時有可能被壓合，同時仍有堅實的外殼，所以在一般工作條件下的強度與堅固性並不比鎮靜鋼低很多。從經濟的觀點來看，沸騰鋼可以大大節省脫氧劑的消耗，冶煉時間短，又沒有收縮孔的廢棄部分，軋材率高，所以成本可以降低很多。在現代冶金工業中，大量地冶煉低炭的沸騰鋼供作結構材料軋制成各種型鋼和鋼材，沸騰鋼的各種鋼材已廣泛地被應用在建築結構中。

沸騰鋼的致命缺點是材料的低溫冷脆，高溫熱裂，可焊性不穩定和時效敏感等。在低溫工作狀態下，衝擊韌度急劇的降低，比鎮靜鋼低得多。圖1-1所示為衝擊韌度與溫度的關係曲線。

在苏联，规范规定所有结构的主要杆件只有在使用地区温度在-25°C以上时，或虽在-25°C以下，但并非主要杆件时才考虑用沸腾钢，但重级与超重级工作制度的起重机则不管温度如何，主要杆件均应用镇静钢。我国也曾规定：对冶金起重机、低温（-25°C以下）工作的起重机和某些特殊用途的起重机，金属结构的主要杆件必须用镇静钢或桥梁钢，如使用沸腾钢时，必须经有关部门批准。

近年来，我国除了从冶炼轧材及制造方面着手提高沸腾钢的质量外，还根据起重机工作的特点，研究分析各部分性能、工作条件、寿命，使在充分了解机器性能的条件下，适当地降低对钢材的技术要求，使沸腾钢能够广泛地应用到起重制造业中，这一工作正在继续研究中。

根据钢材供应时所保证的性质可分为三类：

- 1) 甲类钢——按机械性能供应；
- 2) 乙类钢——按化学成分供应；
- 3) 丙类钢——它是同时保证机械性能及化学成分的。

§ 1-2 钢材的标号及其应用

普通碳钢的标号见表 1-1。

表 1-1 普通碳钢的标号

甲 类 钢			汉字牌号 拉丁字代号	钢0	钢1	钢2	钢3	钢4	钢5	钢6	钢7	
				G0	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	
乙 类 钢	平 炉 钢		汉字牌号 拉丁字代号	平0	平1	平2	平3	平4	平5	平6	平7	
				P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
	转 炉 钢	酸 性	汉字牌号 拉丁字代号	酸0	酸3	酸4	酸5	酸6				
		碱 性	汉字牌号 拉丁字代号	碱0	碱3	碱4	碱5					
				J0	J3	J4	J5					
丙 类 钢	平 炉 钢		汉字牌号 拉丁字代号	钢平0	钢平1	钢平2	钢平3	钢平4	钢平5	钢平6	钢平7	
				GP0	GP1	GP2	GP3	GP4	GP5	GP6	GP7	
碱 性 转 炉 钢		汉字牌号 拉丁字代号	钢碱0	钢碱3	钢碱4	钢碱5						
			GJ0	GJ3	GJ4	GJ5						

甲类钢的标号是按照强度而分的，标号越高的钢，其强度越大而韧性越低，它们的规格列于表 1-2。

乙类钢是按冶炼方法来分的，其标号根据含碳量的顺序而定，标号越低，含碳量越少，它们的规格列于表 1-3。

桥梁钢的标号有两种，即钢平 3 桥及钢 3 桥，其规格列于表 1-4。

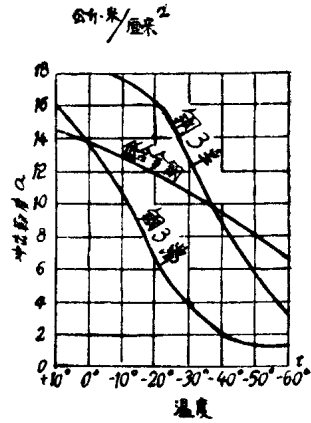


图 1-1 材料的冲击韧度与温度的关系曲线。

表1-2 甲类鋼的規格

鋼 号		强度极限 (公斤/毫米 ²) 不 小 于	延 伸 率 (%)		屈服极限 (公斤/毫米 ²) 不 小 于	相 当 于 苏联鋼号
汉字牌号	拉丁字代号		长 試 样	短 試 样		
鋼 0	G0	32~47	18	22	19	CT. 0
鋼 1	G1	32~40	28	33	—	CT. 1
鋼 2	G2	34~42	25	31	22	CT. 2
鋼 3	G3	38~40	23	27	24	CT. 3
		41~43	22	26		
		44~47	21	25		
鋼 4	G4	42~44	21	25	26	CT. 4
		45~48	20	24		
		49~52	19	23		
鋼 5	G5	50~53	17	21	28	CT. 5
		54~57	16	20		
		58~62	15	19		
鋼 6	G6	60~63	13	15	31	CT. 6
		64~67	12	14		
		68~72	11	13		
鋼 7	G7	70~74	9	11	—	CT. 7
		75~79	8	10		
		80以上	7	9		

表1-3 乙类鋼的規格

鋼 号		元 素 含 量 (%)					相 当 于	
汉字牌号	拉丁字代号	碳	錳	硅		硫	磷	苏联鋼号
				沸騰鋼	鎮 靜 鋼			
平 0	P0	≤0.23	—	—	—	0.060	0.070	MCT. 0
平 1	P1	0.07~0.12	0.35~0.50	微量	—	0.055	0.050	MCT. 1
平 2	P2	0.09~0.15	0.35~0.50	微量	—	0.055	0.050	MCT. 2
平 3	P3	0.14~0.22	0.40~0.65	微量	0.12~0.30	0.055	0.050	MCT. 3
平 4	P4	0.18~0.27	0.40~0.70	微量	0.12~0.30	0.055	0.050	MCT. 4
平 5	P5	0.28~0.37	0.50~0.80	—	0.17~0.35	0.055	0.050	MCT. 5
平 6	P6	0.38~0.50	0.50~0.80	—	0.17~0.35	0.055	0.050	MCT. 6
平 7	P7	0.50~0.63	0.55~0.85	—	0.17~0.35	0.055	0.050	MCT. 7
酸 0	S0	≤0.10	—	—	—	0.070	0.090	BCT. 0
酸 3	S3	≤0.10	0.25~0.55	微量	0.10~0.35	0.065	0.085	BCT. 3
酸 4	S4	0.12~0.20	0.35~0.55	微量	0.10~0.35	0.065	0.085	BCT. 4
酸 5	S5	0.17~0.30	0.50~0.80	—	0.10~0.35	0.065	0.085	BCT. 5
酸 6	S6	0.26~0.40	0.60~0.90	—	0.10~0.35	0.065	0.085	BCT. 6
碱 0	J0	≤0.14	—	—	—	0.055	0.070	TCT. 0
碱 3	J3	≤0.12	0.30~0.55	微量	0.10~0.30	0.055	0.050	TCT. 3
碱 4	J4	0.12~0.22	0.35~0.70	微量	0.10~0.30	0.055	0.050	TCT. 4
碱 5	J5	0.20~0.32	0.50~0.80	微量	0.10~0.30	0.055	0.050	TCT. 5

表1-4 桥梁鋼的規格

鋼 号		化 学 成 分 (%)					机 械 性 质					相 当 于 苏 联 标 准	
汉字牌号	拉丁字 代 号	碳	硅	锰	硫	磷	强度 极限 (公斤/ 毫米 ²)	屈服 极限	延伸率 (%)		冲击韧度 (公斤·米/厘米 ²)		
									长试样	短试样	+20°C		-20°C
鋼平3桥	GP3q	0.12~0.20	0.12~0.35	0.40~0.70	≤0.040	≤0.045	≥38	≥23	≥22	≥26	—	≥ $\frac{3.5^*}{4^{**}}$	M16C
鋼3桥	G3q	0.14~0.22	0.15~0.30	0.40~0.65	≤0.045	≤0.045	≥38	≥24	≥22	≥26	≥ $\frac{7^*}{10^{**}}$	≥ $\frac{3.5^*}{4^{**}}$	CT. 3M

附注: *——对鋼板而言;
**——对型钢而言。

表1-5 丙类鋼的規格

鋼 号		化 学 成 分 (%)					机 械 性 质					相 当 于 苏 联 标 准	
汉字牌号	拉丁字 代 号	碳	硅	锰	硫	磷	强度 极限 (公斤/毫米 ²)	屈服 极限	延伸率 (%)		冲击韧度 (公斤·米/厘米 ²)		
									长试样	短试样	+20°C		-20°C
鋼平2	GP2	0.09~0.14	0.12~0.30	0.30~0.50	0.04	0.04	35~43	22	27~26	32~31	≥ $\frac{10^*}{12^{**}}$	—	M12
鋼平3	GP3	0.12~0.19	0.12~0.30	0.40~0.65			38~47	24	25	29	≥ $\frac{7^*}{10^*}$	≥ $\frac{3.5^*}{4^{**}}$	M16
鋼平3高	GP3A	0.14~0.21	0.12~0.30	0.40~0.65			40~50	25	24~22	28~26	—	—	M18a
鋼平4高	GP4A	0.17~0.24	0.12~0.30	0.40~0.70			42~52	26	22~20	26~24	—	—	M21a

附注: *——对鋼板而言;
**——对型钢而言。

丙类鋼的标号有鋼平2(相当于苏 M12)、鋼平3及鋼平3高(相当于苏 M16和苏 M18a)和鋼平4高(相当于苏 M21a), 它們的規格列于表 1-5。

鋼3、鋼3桥、鋼平3桥、鋼平3及鋼平3高这五种标号鋼的机械性能均基本相同, 所不同的只是在于它們的化学成分有些差别。

低合金鋼同时又是低碳鋼, 因为它的含碳量不超过 0.18%, 因此它既按机械性质又按化学成分而分。苏联低合金鋼的新标号为: 10XГЧД (即 MC-1)、10XCHД (即 CXЛ-4) 及 15XCHД (即 CXЛ-1 或 HЛ-2)。其規格列于表 1-6。

起重运输机金属结构中的主要受力杆件应用标号为鋼3的鋼材来制造, 因为鋼3具有足够的强度及相当的冲击韧度和延伸率。至于鋼0, 它实际上是鋼3不合規格的次品, 只能用于不受力的杆件。鋼1亦只能用于次要杆件。鋼2的质地較軟, 多用于制造螺栓或鉚釘等。鋼4具有較高的机械性能, 但韌性較低, 在缺少鋼3时, 亦可代用。高标号的鋼5及鋼6其强度很高, 較硬, 可用作軌道。

当起重机工作类型为重級或工作溫度在 -25°C 以下时, 应采用丙类鋼; 工作溫度在 -40°C 以下时最好采用桥梁鋼。

低合金鋼的机械性能很高, 对低溫的敏感性較低, 耐腐性强, 可焊性尚好; 但在采用