

机 修 手 册

(修订第一版)

第 四 篇

第三册 起重运输设备的修理

中国机械工程学会 主编
第一机械工业部

H-62
:4(3)



机 械 工 业 出 版 社

修 订 说 明

《机修手册》试用本由于编写出版时间较早，有部分内容已陈旧，不能适应当前生产的需要。为此，尚未出版的少数试用本也就不再出版，而连同已出版的分册一起修订，一律以“修订第一版”的版本出版。

本手册修订后共分七篇。第一篇：设备修理的设计、计算与测绘；第二篇：设备零件的修复和加工工艺；第三篇：金属切削机床的修理；第四篇：铸造、锻压、起重运输设备和工业炉的修理；第五篇：动力设备的修理；第六篇：电气设备的修理；第七篇：设备的润滑。

本篇是以试用本第二篇和第四篇有关章节调整而成，共分四章，均未出过试用本。

此次编写，修订小组和各编写单位虽然深入生产实践进行了调查研究，广泛听取机修人员的意见，修订本仍难免有不足之处或错误，希望广大读者继续提出意见，以便重版时修正。

本篇的修订工作是在吉林省机械工业局的领导下组成修订小组负责进行的。参加小组的有：第一汽车制造厂，长春市机械工业局，长春拖拉机厂，长春市第一机床厂，长春市机床大修厂，长春市电炉厂等，顺此一并说明。

目 次

一、电动双梁桥式起重机的修理	3-1
(一)概述	3-1
1. “下挠”的含义	3-7
2. 主梁下挠的原因	3-7
3. 主梁下挠对起重机使用性能的影响	3-9
4. 主梁下挠的应修界限	3-10
(二)桥架的检查及测量方法	3-11
1. 上拱(下挠)度的测量	3-11
2. 旁弯的测量	3-12
3. 桥架对角线差的测量	3-13
4. 大车跨度的测量	3-13
5. 波浪变形的测量	3-14
(三)桥架结构变形的火焰矫正	3-14
1. 金属结构变形火焰矫正的原理	3-14
2. 用火焰矫正桥架变形的原则	3-15
3. 修理前的准备工作	3-16
4. 主梁下挠的修理	3-16
5. 主梁旁弯的修理	3-19
6. 腹板波浪形的修理	3-22
7. 桥架对角线差的修理	3-23
8. 火焰矫正后的主梁加固	3-23
9. 修复实例	3-25
(四)用预应力法修复主梁下挠	3-29
1. 材料	3-30
2. 断面确定	3-30
3. 计算及计算步骤	3-42
4. 施工	3-44
5. 用预应力法处理下盖板裂缝	3-46
6. 维护	3-47
(五)起重机车轮啃轨和扭晃的修理	3-47
1. 啃轨的修理	3-48
2. 起重机起止扭晃的消除	3-61
3. 起重机小车的扭晃及三条腿	3-61
(六)其他零部件的修理	3-63
1. 制动器的修理	3-63
2. 制动轮的修理	3-64

3. 吊钩的修理	3-65
4. 车轮的修理	3-66
5. 齿轮减速器的故障及消除方法	3-66
6. 联轴器的修理	3-67
7. 滑轮和卷筒的修理与更换	3-71
8. 钢丝绳的安全使用及更换标准	3-72
(七)起重机的试车	3-73
1. 试车的目的	3-73
2. 试车前的准备和检查	3-74
3. 无负荷试车	3-74
4. 静负荷试车	3-74
5. 动负荷试车	3-75
(八)起重机的润滑	3-75
二、电动葫芦的修理	3-77
(一)电动葫芦的结构和特点	3-77
(二)电动葫芦的修理	3-84
三、悬挂运输链的修理	3-85
(一)轨道的故障及其消除方法	3-85
(二)链条的故障及其消除方法	3-86
(三)运输链运行时的故障及其消除方法	3-86

第三章 起重运输设备的修理

一、电动双梁桥式起重机的修理

(一) 概 述

电动双梁桥式起重机是机械制造厂内起重运输的重要设备。它适用于仓库和车间等场所室内或露天的固定跨间作一般装卸和起重运输工作。

这类起重机有单钩和双钩两种，工作繁重程度通常分为中级、重级和轻级三种。常用的电动双梁桥式起重机的技术规格列于表 3-1-1 和 3-1-2。

桥架结构是桥式起重机的主要受力部件。它必须具有足够的强度、刚度 and 稳定性，还必须符合技术条件中有关几何尺寸的要求。

为了使小车尽量减小“爬坡”及“下滑”的不利影响，我国技术条件规定起重机在空载时应使主梁具有一定的上拱度。其值（跨中）为：

$$F_0 = \frac{L_k}{1000} \left(1 + 0.3 \right) \quad (1)$$

式中 L_k ——桥架跨度(图3-1-1)。

主梁上拱曲线的特点是主梁在跨中及与端梁连接处的拱度变化较为平滑。距跨中 X 处的任意点上拱值可按下式决定(图3-1-1)：

$$F_x = F_0 \left[1 - \left(\frac{2x}{L_k} \right)^2 \right] \quad (2)$$

目前许多使用单位的桥式起重机都达不到上述拱度值的要求，有的甚至在空载时主梁已向水平线下挠曲。这种主梁下挠现象不但出现在使用一段时间以后的起重机上，有少数尚未安装投产的起重机也出现下挠。尤其是 5

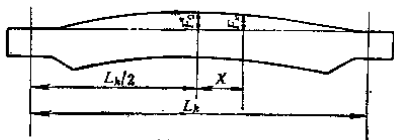
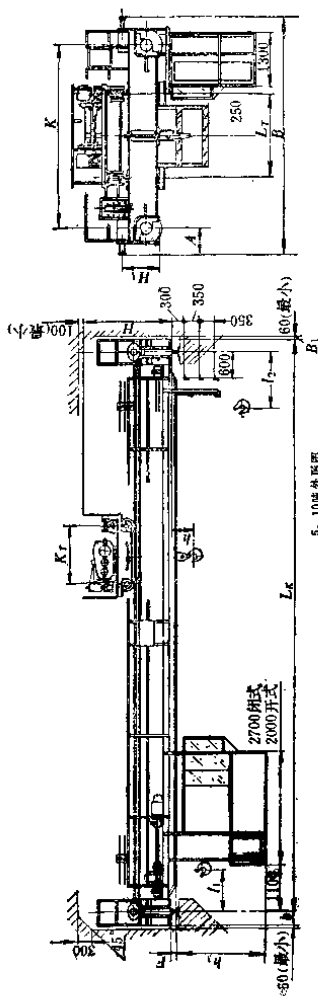


图 3-1-1

~50 吨的大跨度 (17.5 米以上) 起重机，主梁下挠相当普遍。热加工车间使

表3-1-1 5、10吨电动双梁桥式起重机的技术规格

[illegible]

(续)

起 重 量	跨 度	中 级 工 作 制 (JC = 25%)			重 级 工 作 制 (JC = 40%)			主 要 尺 寸			极 限 位 置
		起 升 速 度	起 重 机	电 动 机	起 升 速 度	起 重 机	电 动 机	小 车 轨 距	大 车 轨 距	起 重 机 轮 距	
10.5	10.5	12	12.6	12.6	12	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6
13.5	13.5	12	24.8	24.8	12	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
16.5	16.5	12	37	37	12	37	37	37	37	37	37
19.5	19.5	12	38.8	38.8	12	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8
22.5	22.5	12	42.6	42.6	12	42.6	42.6	42.6	42.6	42.6	42.6
25.5	25.5	12	43.8	43.8	12	43.8	43.8	43.8	43.8	43.8	43.8
28.5	28.5	12	45.4	45.4	12	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4
31.5	31.5	12	46.2	46.2	12	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2

注：表中数据系室内使用吊钩起重机，露天使用的，总重和轮压需增加约5%。

用前起重机比冷加工车间使用的下挠现象更为严重而普遍。从桥梁结构形式来看,箱形主梁的桥式起重机下挠最严重。

下挠的主梁通常还出现两根主梁向内水平弯曲,即向内“旁弯”,并且主梁腹板在受压区的波浪形明显加剧。由此可见桥梁金属结构的变形往往是主梁下挠、旁弯、腹板波浪形及端梁旁弯等几种现象同时出现,它们之间是相互关联相互影响的,因此必须对它们进行综合的分析考虑,寻求对策。

另外,由于摔、碰一类事故造成的桥梁结构变形,由于使用条件变更对起重机桥梁进行接长或截短一类的改制,以及由于金属结构严重锈蚀等原因需对桥梁结构进行修理与加固等,都必须掌握正确的修理方法。

1. “下挠”的含义

下挠通常是指起重机在受载或无载时出现的挠曲变形,即在垂直平面内的整体变形,其中包括弹性变形和可能出现的永久变形。但本书涉及的下挠,指的是永久变形,即起重机在空载时的上拱度减小;上拱度减小到比较严重的程度时成为向下挠曲,成为负的拱度。本书凡笼统地提“下挠”均包括低于水平线的下挠及上拱度减小两种可能的情况;如提出了下挠量,例如“下挠5毫米”则是指空载时主梁跨中低于水平线5毫米;如原来空载上拱20毫米,测量时只有5毫米,则说成“上拱减小15毫米”。

2. 主梁下挠的原因

桥式起重机主梁下挠的原因是多方面的,有制造问题,有运输安装问题,也有使用问题。总的说来,大致有如下的几方面:

1) 主梁结构内应力的影响:目前生产的双梁桥式起重机的箱形主梁是一种焊接结构。由于焊接过程中局部加热造成焊缝及其附近加热区的金属收缩,产生残余应力,引起主梁变形。箱形主梁四条角焊缝引起的焊接内应力的分布近似地如图3-1-2所示,即上、下盖板焊缝附近为拉应力,中间为压应力;腹板焊缝附近为拉应力,中间为压应力。又由于主梁内部筋板焊缝的应力叠加,腹板压应力区域中心下移。

实际上,主梁在承载前的内应力分布是很复杂的,除了焊接工艺的影响以外,还有一些其它的影响因素。例如钢材本身的内应力以及梁的成拱制造工艺都能影响内应力的

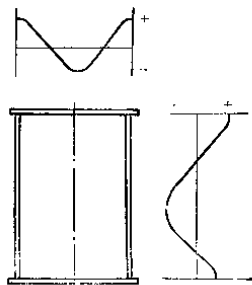


图 3-1-2

分布。有的主梁腹板不按照成拱的要求下料，主梁上拱度是通过火焰矫正或者通过控制组装焊接次序使梁强制变形得来的，它们都会增大内应力。调查表明，用这种方法制造的主梁下挠现象更为普遍。

结构的内应力对于结构的承载能力并无显著的影响，但对结构的变形却有很大的影响。这种影响可从两方面来分析，一方面是内应力与工作应力叠加以后，结构的局部应力可能超过屈服极限导致局部地塑性变形，因而整个结构出现永久变形。这种情况已被模拟梁试验及生产实践所证实。在另一方面，可以认为自然时效使内应力在起重机的使用过程中逐渐消失（即所谓内应力均匀化的过程，起重机的环境温度愈高，内应力消失得愈快），因而相应的弹性应变也随之消除，使结构出现不能恢复的变形。经过调查了解并从模拟梁试验得知，比较正常使用的起重机，当主梁下挠到一定程度时（一般是接近水平线时）就逐渐稳定，说明内应力趋于均匀化以后对结构变形的影响也就越来越小了。关于内应力对下挠的影响，目前的试验及分析只是定性的，还必须进一步开展定量的试验研究工作。

2) 腹板波浪变形的影响：起重机箱形主梁在承载过程中，腹板承受的主要是剪应力。在一般情况下，剪切变形对主梁承载后的挠度影响很小；但当腹板存在较大的波浪形时则影响显著加大。有人认为剪切变形增大会造成腹板受压区的弯曲应力增大，而且当起重机小车在主梁上往返运行时，腹板各部位在 45° 对角线方向将时而受拉又时而受压，这比静载的单纯受拉（压）要危险得多。腹板如果制造波浪形很大，加上主梁在承载后的波浪形，对于腹板承载后的弯曲应力有极大的影响，可能超过临界压应力以致产生残余变形，所以腹板的原始波浪形越大，主梁的下挠也越严重。下挠越严重，受压区的弯曲应力就越大，互为因果。对于这种见解，须通过试验加以验证。但是通过调查表明，凡是下挠严重的起重机，腹板受压区的波浪变形总明显增大，这是值得重视的。

3) 超载及不合理使用的影响：有的使用单位的起重机长期地超载或者不合理使用，这也是造成起重机下挠的一个重要原因。例如某厂有一台 75 吨桥式起重机，因为经常超载使用，安装投产才三年就下挠达 40 毫米。所以加强起重设备的使用管理，严格控制超载使用是非常必要的。

4) 修理不当带来的影响：在桥梁上进行不适当的气割或者焊接，也会造成主梁严重下挠。某厂有一台 $10\text{ 吨} \times 28.5\text{ 米}$ 的抓斗吊，下挠 68 毫米，主要是由于三次拆换小车轨道造成的。所以应该尽量避免在桥梁结构上随意加热，必不可免时应采取防止或减少变形的措施。根据经验，在主梁的上弦

加热会使主梁下挠，因此应尽量减少拆换小车轨道，必要时可用冷作拆除原有的压板，焊接新压板时宜将主梁的跨中顶起来。此外，如在走台上加热会造成主梁向内旁弯；在端梁加热不仅端梁会变形，而且会影响主梁变形；在主梁与端梁连接处加热会使桥架串角变成平行四边形。还有个别使用单位用木材烘烤主梁，不但没有恢复上拱，反而使下挠更为严重，等等。

5) 起重机环境温度的影响：热加工车间使用的起重机比冷加工车间使用的起重机的下挠更普遍，下挠的程度也严重。这可从两方面来考虑：一方面是主梁的上、下弦因吸收的辐射热量不同产生出温度差，这温度差可看成作用于梁上的均布载荷，它的热变形与工作载荷造成的应变方向是一致的。从这种意义来看，可以把温度的影响认为是“超载”。另一方面，由于温度高，主梁内应力均匀化的过程便于进行，促使主梁迅速下挠。所以，在存在辐射热的地方，应在起重机主梁下部采取隔热措施，如装设反射辐射热的装置。

6) 其它方面的影响：起重机桥架属于细长的金属结构件，在组装的过程中已存在较大的内应力，所以在未投产以前的不合理的存放、搬运、起吊及安装架设都可能引起桥架结构的变形。

3. 主梁下挠对起重机使用性能的影响

一般说来，起重机的主梁下挠对于承载能力没有什么影响，但对其它使用性能存在着不同程度的影响。

1) 对小车运行的影响：起重机桥架在空载时主梁已经下挠，负载以后小车轨道将产生较大的坡度。小车由跨中开往两端时不仅要克服正常运行的阻力，而且要克服爬坡的附加阻力。据粗略计算，当主梁下挠值达 $L_k/500$ 时，小车运行附加阻力将增加40%。某钢厂的起重机便因为主梁严重下挠，使小车运行电动机经常烧坏。另外，小车运行时还难以制动，制动后也有自行滑移的现象。这对于需要准确定位的起重机影响很大，严重的无法使用。

2) 对大车运行机构的影响：目前生产和使用的一般用途桥式起重机的的大车运行机构有一部分是集中传动的，即由一台电动机通过减速器和几段传动轴、联轴器带动两端的的车轮。这种传动机构在安装时具有一定的上拱度。目前采用的齿轮联轴器允许转角 $0^\circ 30'$ ，但是这允许量已被安装和调整利用了一部分，若传动机构随着主梁和走台大幅度的下挠，便会引起联轴器的牙齿折断，传动轴扭弯或者连接螺栓断裂。这种牙齿折断或传动轴扭弯现象，在一些主梁下挠严重的起重机上是经常发生的，特别是用快速轴传动的集中传动运行机构，联轴器打牙的现象更多。

3) 对小车架的影响：两根主梁的下挠程度不同，小车的四个车轮不能

同时与轨道接触便产生小车的“三条腿”现象，这时小车架受力不均。

由于桥架结构变形总是互相影响互相牵联的，主梁下挠往往同时存在主梁旁弯等结构变形，结果出现小车车轮啃轨和“三条腿”的现象。

4. 主梁下挠的应修界限

主梁下挠到一定程度以后将影响起重机的正常使用。但下挠到什么程度就应该修理。各单位的看法很不一致，有的只要发现下挠就着手修复，有的已严重下挠仍照常使用。到目前为止，虽然没有发现由于主梁下挠造成的起重机下塌事故，但它显然恶化了起重机的使用性能，有的下挠主梁在盖板和腹板上出现裂纹和裂缝，因此这界限不宜定得太宽。但在另一方面，少量的下挠对于承载能力并无影响，而且下挠有一个稳定阶段，正常使用的起重机下挠到水平线附近变形就非常缓慢了。为了避免浪费，减少修理量，修理界限也不宜定得太严。现初步提出如下界限：首先对起重机作额定载荷的静负荷试验，测出从主梁水平线量起的主梁下挠量 F'_k ，如 $F'_k \geq \frac{L_k}{700}$ 则建议修理。表 3-1-3 列出了标准跨度起重机在满载静负荷试验时允许的最大下挠值。

表3-1-3 下挠应修界限值（满载）

跨 度 (米)	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
F'_k (毫米)	15	19	23.5	28	32	36.5	41	45

用额定载荷作静负荷试验来决定应修界限是比较简便而合理的方法，它里面包含了主梁本身的刚性。但如无条件做额定载荷试验，或者对于起重量小于 20 吨的起重机，可以按照空载时主梁下挠不超过 $\frac{L_k}{1500}$ 作为修理界限，即当 $F'_k \geq \frac{L_k}{1500}$ 则建议修理。标准跨度起重机在空载时允许的下挠值列于表 3-1-4。

表3-1-4 下挠应修界限值（空载）

跨 度 (米)	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
F'_k (毫米)	7	9	11	13	15	17	19	21

上述的应修界限只是建议，使用单位可以根据实际情况灵活掌握。如下挠虽未达到界限值，但因结构变形已对使用造成不利影响，则可考虑修理；又如两根主梁的下挠程度不同，它们可能在跨中下挠值不等，也可能表现为

挠度曲线不同，结果在同一垂直截面上两根主梁的高低差超过了技术条件的规定，这时也应根据小车车轮是否啃轨或出现“三条腿”现象决定是否应该修理。相反，如果对生活并没有影响，尽管下挠值已达到或稍微超过界限值，也可以在生产特别繁忙的情况下暂时不修。但这时需加强维护与检查，发现问题及时处理。

(二) 桥架的检查及测量方法

1. 上拱（下挠）度的测量

1) 拉钢丝测量：将测量的细钢丝一端固定在主梁的端部，另一端用弹簧秤或重锤拉紧，但钢丝的两端都用高度为 H 的撑杆支承起来，如图3-1-3所示。测量出主梁跨中上盖板到钢丝的距离为 h_1 ，则主梁实际拱度值为：

$$f_1 = H - (h_1 + h_2) \quad (3)$$

如 $f_1 > 0$ 则表示主梁仍有上拱；如 $f_1 < 0$ 则说明主梁已经下挠。

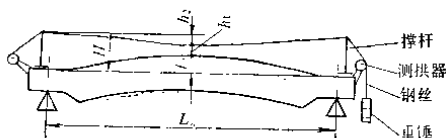


图3-1-3 拉钢丝测量

上式的 h_2 系钢丝自重产生的下挠值，可按式计算

$$h_2 = \frac{g}{8Q} l^2 \quad (4)$$

式中 g —— 钢丝的单位长度重量；

Q —— 弹簧拉力或重锤重量；

l —— 钢丝长度（近似地可取两等高撑杆间的距离）。

如采用直径为0.49~0.52毫米的钢丝，拉力为15公斤，则可按表3-1-5扣除钢丝自重影响。

表3-1-5 不同跨度的钢丝自重扣除值

跨 度 (米)	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
扣 除 值 h_2 (毫米)	1.5	2.5	3.5	4.5	6	8	10	12

2) 连通器测量: 按图 3-1-4 所示, 将盛有带色水的水桶固定在起重机的跨中适当位置上, 然后移动带有刻度的水管标尺测得各测点的水位高度, 各测点的读数与跨端的读数差便是各测点的拱度(或挠度)值。

3) 水平仪测量: 测量时将水平仪架设在适当位置上, 可直接测出主梁各点的拱度(或挠度)值。

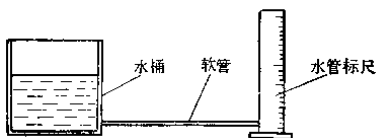


图 3-1-4 连通器测量

上述三种方法, 拉钢丝绳测量用得比较普遍, 因为它简单易行, 比较准确。这种方法, 在修理桥架过程中, 可以用于随时检查拱度变化情况, 也是制造厂目前采用的方法。但不论采用何种方法, 其测量点均应选在主梁的加筋板处, 避免由于上盖板的波浪形引起测量误差。

2. 旁弯的测量

旁弯的测量部位一般选在主梁上盖板的边缘, 即在上盖板的凹入侧拉一条钢丝直接量出旁弯 f 的数值, 如图 3-1-5 所示。亦可利用测量上拱度的钢丝同时测量旁弯值, 即在主梁两端取相等的 α 值, 量出中间部位的 f' 。这, 主梁旁弯 $f = \alpha - f'$, 如图 3-1-6 所示。

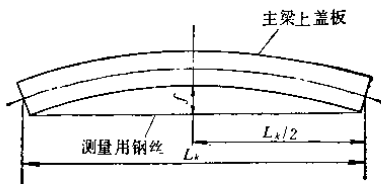


图 3-1-5

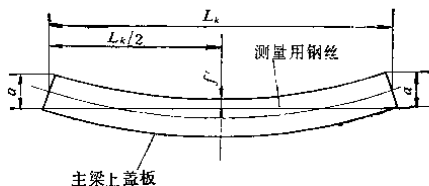


图 3-1-6

3. 桥架对角线差的测量

测量对角线差通常采用以下两种方法：①将桥架四组弯板的垂直面返回到端梁的上盖板上，与端梁的纵向中心线交于一点，如图 3-1-7 所示。以此四点为基准，用钢卷尺和弹簧秤以相等的拉力测出桥架的对角线差；②用线锤或弯尺将每个车轮踏面宽度的中心点返在大车轨道上，并在大车轨道面打上洋冲眼，于是可得桥架相应位置共四个点，线锤的吊法见图 3-1-8。然后将起重机开走，以此四点为准测出桥架对角线差和大车的跨度。从测量点的选择方法来看，上述的两种测量方法都会有误差，所以不是十分精确的。

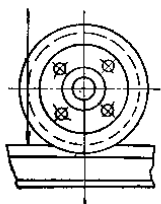


图 3-1-7

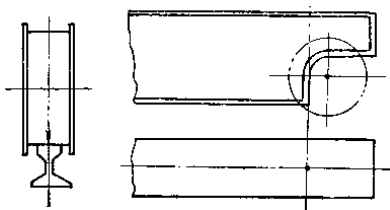


图 3-1-8

4. 大车跨度的测量

大车跨度的测量可分别以一对大车轮的内外侧边缘为准进行测量，也可以如同测对角线差那样量一对车轮踏面中心返在轨道面上的两点距离。用钢卷尺测量大车跨度时，须注意两个影响因素：①钢卷尺因为施加张力被弹性伸长，测得的读数较实际值为小；②钢卷尺的两端虽然有拉力，自重仍使中部下垂，因此测得的读数又会比实际跨度大。

钢卷尺伸长造成的误差可按下式计算：

$$\Delta l_1 = \frac{PL_{\kappa}}{FE} \quad (5)$$

钢卷尺自重造成的误差可按下式计算：

$$\Delta l_2 = \frac{g^2 L_{\kappa}^3}{24P^2} \quad (6)$$

式中 P ——拉力(公斤)；

F ——钢卷尺截面(毫米²)；

E ——钢卷尺材料的弹性模数；