

职工安全教育丛书

起重吊装 安全技术



D.7

宋兴南

冶金工业出版社

内 容 简 介

本书以桥式起重机为主,对各种类型的起重设备的特点、结构、管理和使用等安全技术作了详细的叙述。还介绍了各类起重机械常见的设备故障及其原因,并结合《起重机械安全技术规程》,指出正确的操作、维护、保养方法。

本书可作为起重机械的操纵、维修工人和起重指挥工的安全技术学习教材,也可供从事起重机械的安全管理和工程技术人员参考。

职工安全教育丛书
起重吊装安全技术
宋金兴 编

冶金工业出版社出版
(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)
新华书店北京发行所发行
冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/32 印张 $6\frac{5}{8}$ 字数 143 千字

1988年6月第一版 1988年6月第一次印刷

印数00,001~4,800册

ISBN 7-5024-0194-6

TF·68 定价1.60元

前 言

起重机是起重和搬运物品的重要机械，是现代工业生产、交通运输和基本建设不可缺少的设备。

但是，从事起重吊装作业的人员，如果不具备一定的安全技术知识，或不重视设备的安全技术检查，或岗位责任制、安全操作规程等管理制度不健全，则常常会发生重大的人身伤亡事故和设备事故。例如，从1950年至1983年，某冶金企业因起重机造成的挤、压、砸、摔、撞、绞等伤害，共死亡123人，重伤近300人。就冶金系统来看，起重伤害事故率约占工业生产事故率的30%以上。

为了起重吊装作业的安全，必须学习一些起重吊装方面的安全技术知识。为此，本书对起重机的构造、原理、安全规程、故障原因及故障处理和零部件报废标准等，均从理论和实践经验上作了较详细的介绍。

由于笔者水平有限，时间仓促，书中错误在所难免，敬请读者批评指正。

编者

1987.4.

目 录

前 言

概 述	(1)
-----------	-------

1 桥式起重机的安全技术	(5)
--------------------	-------

1.1 大车的安全技术	(5)
-------------------	-------

1.1.1 主梁的安全技术	(5)
---------------------	-------

1.1.2 大车的安全运行	(17)
---------------------	------

1.1.3 车轮与轨道的安全技术	(26)
------------------------	------

1.1.4 传动机构的齿轮与齿轮联轴器的安全技术	(29)
--------------------------------	------

1.2 小车的安全技术	(30)
-------------------	------

1.2.1 取物装置及其安全技术	(30)
------------------------	------

1.2.2 钢丝绳的安全技术	(35)
----------------------	------

1.2.3 焊接环形链的安全技术	(48)
------------------------	------

1.2.4 卷筒与滑轮的安全技术	(50)
------------------------	------

1.2.5 制动器及其安全技术	(52)
-----------------------	------

1.2.6 小车“三条腿”和打滑	(63)
------------------------	------

1.3 安全装置和防护设施	(67)
---------------------	------

1.3.1 电气保护装置	(67)
--------------------	------

1.3.2 安全防护装置	(69)
--------------------	------

1.3.3 缓冲器	(71)
-----------------	------

1.3.4 限位器	(73)
-----------------	------

1.3.5 其它安全防护设施	(77)
----------------------	------

1.3.6 国外引进起重机的安全装置	(79)
--------------------------	------

1.4 供电线路及电气设备安全技术	(81)
-------------------------	------

1.4.1	国家标准对电气设备的有关规定	(81)
1.4.2	电动机	(85)
1.4.3	控制电器	(89)
2	运行式旋转起重机的安全技术	(108)
2.1	汽车起重机及其安全技术	(109)
2.1.1	Q51 型汽车起重机	(109)
2.1.2	Q2-8 型和 Q100 型汽车起重机	(112)
2.1.3	起重作业前的安全检查	(113)
2.1.4	安全操作规程	(113)
2.1.5	故障及其消除方法	(116)
2.2	轮胎起重机及其安全技术	(117)
2.2.1	QL 2-8 和 QL 3-16 型轮胎起重机	(117)
2.2.2	常见的事故及其原因	(118)
2.3	塔式起重机及其安全技术	(120)
2.3.1	塔式起重机的分类	(120)
2.3.2	塔式起重机的安全使用	(124)
2.3.3	安装和拆卸的安全规程	(127)
2.3.4	塔式起重机的验收	(129)
2.3.5	自升式塔式起重机	(130)
2.4	门座式起重机	(131)
3	起重机的管理与使用的安全技术	(133)
3.1	单动作的起重机械的管理与使用的安全技术	(133)
3.1.1	千斤顶	(133)
3.1.2	滑车	(137)
3.1.3	卷扬机	(143)
3.2	复杂动作的起重机械的管理与使用安全技术	(149)
3.2.1	国家标准关于起重机使用与管理的规程	(149)

II

3.2.2	起重机安全运行管理制度·····	(155)
3.2.3	桥式起重机的安全操作方法和要求·····	(164)
3.3	吊运指挥信号 (摘自 GB 5082 —85)·····	(171)
3.3.1	名词术语解释·····	(171)
3.3.2	指挥人员使用的信号·····	(172)
3.3.3	司机使用的音响信号·····	(199)
3.3.4	信号的配合应用·····	(199)
3.3.5	对指挥人员和司机的基本要求·····	(200)
3.3.6	管理方面的规定·····	(202)
参考文献·····		(203)

概 述

起重机械是现代工业企业实现生产过程机械化、减轻体力劳动和提高劳动生产率的重要工具，对加速四化建设具有重要的作用和意义。

为了保证起重机械的安全作业，我们必须研究和学习起重机械的安全技术。起重机械种类很多（见表1），其形式、结构和性能也不同。

其中的桥式起重机，是以直线合成运动形式完成吊运工作的。它在固定跨间内进行装卸或搬运物料，既不占用地面作业面积，又不妨碍地面操作，机动灵活、功能多、用途广，适用于所有工矿企业的厂房内部或露天场所。我国的起重运输设备中，桥式起重机占60~80%，其起重运输总量约占50%。因此本书将重点介绍桥式起重机的安全技术。

起重机械的基本参数有：

1. 额定起重量 (Q)。起重机正常工作时，允许的起吊物重量和附加吊具的重量之和，称为起重机的额定起重量。如抓斗和电磁盘起重机的额定起重量包括吊运物品和抓斗或电磁盘的重量。臂架式起重机的额定起重量随着幅度的大小而有所不同。

额定起重量已列为国家标准（见表2）。

2. 起升高度 (H)。起升高度是指作业场地地面或起重机的运行轨道面到取物装置最上面位置时的垂直距离（用吊钩时，量到吊钩钩环中心，用抓斗及其它容器时，量到抓斗或容器底部）；当取物装置须深入到地面以下取物时，地

表 1 起重机分类

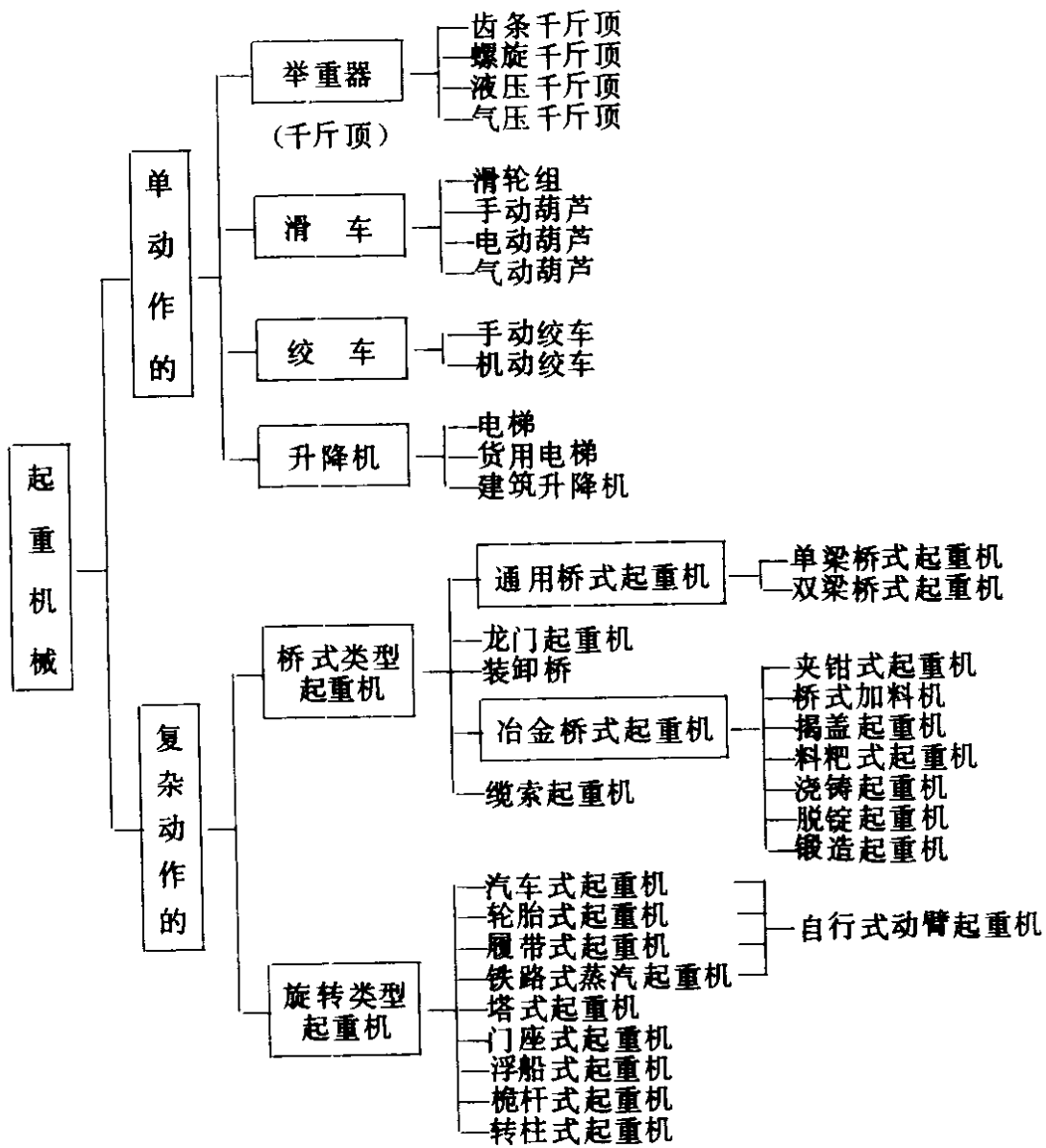


表 2 起重机起重量系列标准 (GB 783—65)

单位: t

—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05	—	—
0.1	—	—	—	—	—	—	0.25	—	—	—	—	—	0.5	—	0.8
1	1.25	—	1.5	—	2	—	2.5	—	3	—	4	—	5	6	8
10	12.5	—	16	—	20	—	25	—	32	—	40	—	50	63	80
100	125	140	160	180	200	225	250	280	320	360	400	450	500	—	—

面以下的距离称为下放深度，这时的起升高度和下放深度之和称为总的起升高度。

桥式起重机的起升高度应符合 GB 791—65的规定（见表3）。

表 3 桥式起重机的起升高度（GB 791—65）

起重量, t		3~50		80		100		125		160		200		250	
起升高度 m	主钩	12	16	20	30	20	30	20	30	24	30	19	30	16	30
	副钩	16	18	22	32	22	32	22	32	26	32	21	32	18	32

注：桥式抓斗起重机的起升高度为16m或22m。当起升高度超过上表规定时，称为大起升高度起重机。

3. 跨度（ L_k ）和轨距（ l ）。桥式起重机运行轨道中心线之间的距离称为该起重机的跨度，桥式起重机小车运行轨道中心线之间的距离称为小车的轨距。

桥式起重机的跨度应符合 GB 790—65 的规定（见表4）。

表 4 桥式起重机的跨度（GB 790—65）

单位：m

厂房跨度		9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
起重 机跨 度	起重量	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	—
	3~50t	(7)	(10)	(13)	(16)	(19)	(22)	(25)	(28)	(31)	—
	起重量 80~250t	—	—	—	16	19	22	25	28	31	34

注： 1. 3~50t起重机，当厂房上需留有安全走道时，按括号内数字选取；
2. 在同一轨道上既有80t以上的起重机，也有50t以下的起重机时，起重机跨度按80t以上的起重机选取；
3. 同一跨间内有两层起重机时，表内数值只适用于上层起重机，下层起重机跨度值应为0.5m的整数倍。

4. 额定工作速度。额定起升速度是指起升机构电动机为额定转数时取物装置的上升速度。

额定运行速度是指运行机构的大、小车电动机为额定转数时起重机大、小车的运行速度。

变幅速度是指臂架式起重机的取物装置从最大幅度到最小幅度的平均线速度。

额定旋转速度是指旋转机构电动机在额定转数下起重机绕其旋转中心的旋转速度。

转数的法定单位为 s^{-1} ，起升、运行、变幅速度的法定单位为 m/s 。无轨运行的起重机的运行速度通常以 km/h 表示。浮式起重机的运行速度以往用“节”表示，1节=1海里/小时。

5. 额定生产率。生产率是起重机起吊、运输和装卸能力的综合指标。生产率取决于起重机的起重量、运行速度、工作行程及操作者的熟练程度。

6. 幅度 (R)。幅度是指旋臂式起重机旋转中心线与取物装置铅垂线之间的距离。幅度的常用单位为 m 。

以上的基本参数是选用起重机的主要技术依据。

1 桥式起重机的安全技术

1.1 大车的安全技术

桥式起重机大车由桥架及其运行机构组成。桥架由主梁、端桥和走台组成，由车轮支承在轨道上。运行机构直接安装在桥架上，按其驱动方式可分为集中驱动和分别驱动两种。

桥架的结构形式国内共有十余种，现广泛采用的有四种形式：桁架式桥架，圆管式桥架，单腹板式桥架和双腹板（箱型和偏轨箱型结构）式桥架。

起重机主梁质量的优劣，关系着起重机的安全运行。刚度不够，变形超过限度等都会影响大、小车的安全运行，如产生“溜车”，“啃道”和起、停车运行不稳定等毛病。因此无论是新安装的，还是运行多年的起重机，都必须定期地进行严格的安全技术检验和鉴定。对不符合起重机安全技术管理规程的，必须进行修理。对修理后仍达不到标准的起重机应严禁使用。

1.1.1 主梁的安全技术

1.1.1.1 主梁变形对安全运行的影响

因为箱型梁可采用自动电焊焊接，工艺较简单，外形尺寸也比桁架式结构小，因而目前桥式起重机主梁大多采用箱型梁结构。

桥式起重机主梁是承重的主要部件，它必须具有足够的强度、刚度和稳定性，才能保证起重机的安全使用。

为了减少小车运行时爬坡和下滑，我国起重机技术条件规定：起重机空载时，主梁应有一定的上拱度（图1）。其跨中的上拱度为：

$$f_0 = \frac{L_k}{1000}$$

式中 L_k ——主梁跨度。

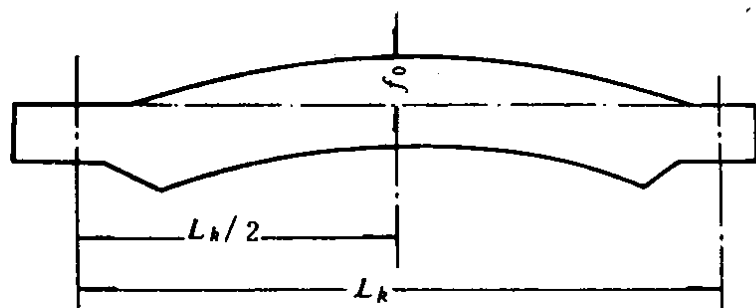


图1 主梁的几何形状

还规定主梁弹性下挠度为：

$$F \leq \frac{L_k}{700}$$

弹性下挠度是在额定载荷下，小车在跨中时从原始上拱开始计算的。

例如：一台起重机的主梁，其上拱度为10mm，当小车停在跨中，吊起额定载荷静止5分钟后，测得主梁跨中下沉15mm。这时，主梁跨中的上拱10mm消失了，出现了下挠5mm。主梁的这15mm变形就叫做弹性下挠。

电动双梁桥式起重机允许上拱及下挠值如表5。

主梁变形主要是指上拱减少和出现残余下挠^①。主梁下

① 空载时，起重机主梁低于水平线的下挠值称为残余下挠值。

表 5 电动双梁桥式起重机允许上拱及下挠度

单位: mm

跨 度	10.5	13.5	16.5	19.5
上 拱	9.45~13.65	12.15~17.65	14.85~21.45	17.55~25.35
下 挠	15.00	19.29	23.57	27.86
跨 度	22.5	25.5	28.5	31.5
上 拱	20.25~29.25	22.95~33.15	25.65~37.05	28.35~40.95
下 挠	32.14	36.42	40.71	45

挠, 对起重机的安全运行十分不利, 严重时可能导致事故。

主梁变形对安全运行的影响如下:

(1) 对小车运行的影响。由于主梁的残余下挠, 小车轨道就会产生“坡度”, 小车由跨中向两端运行时就要爬坡, 运行阻力增大。当主梁下挠值达到 $L_k/500$ 时, 小车运行阻力就增加40%, 容易造成电机因过载而烧坏。另外, 由于小车轨道存在坡度, 小车制动后会自行“溜车”, 要求停车位置准确的作业就很难进行, 也容易发生设备和人身事故。

(2) 对大车运行机构的影响。主梁变形往往使传动轴弯曲, 特别是对集中驱动的大车传动轴的影响尤为严重。当传动轴弯曲度超过0.5mm/m 时, 就会损坏轴或轴颈以及造成联轴器折断、连接螺丝断裂等事故。转轴的转速越高, 其危害就越大。

(3) 引起主梁向内水平旁弯和裂纹。主梁残余下挠, 往往与主梁向内水平旁弯、腹板波浪变形、内部焊缝或筋板开裂、下腹板疲劳裂纹等同时发生。残余下挠还会使车体逐渐下坠, 受力状况恶化, 承载能力降低。如不能及时发现上

述故障，将会造成恶性事故。严重而又不能修复的起重机只有报废更新。

主梁的水平旁弯，会使小车轨道变形，小车运行阻力增加，产生“啃道”，严重时会使小车脱轨（特别是单轮缘的小车轮）而造成重大事故。因此，技术条件规定主梁水平旁弯度不得大于 $L_k/2000\text{mm}$ 。

1.1.1.2 主梁残余变形的原因

主梁严重下挠的原因较多，主要有：

（1）超负荷吊运。超负荷吊运，对起重机主梁危害严重，当超载 25% 以上时，有可能一次就造成主梁残余性下挠，或使原来存在的下挠更为严重。

（2）违章吊运。违章吊拔埋设物件（死物），或改变工作类型使用（如轻级改中级、中级改重级使用），都会使起重机严重超负荷，从而使主梁下挠变形。

（3）操作不当。钢丝绳没绷紧就快速起吊，制动器调整不当，快速下降，起吊重物时制动过猛和吊运重物翻转引起冲击等，均会造成主梁下挠。

（4）腐蚀。在有腐蚀性气体或湿度大的环境中以及露天作业的起重机，因防腐不良造成钢结构腐蚀而损坏主梁。

（5）高温的影响。钢的屈服极限是随着温度的升高而降低的，例如，3 号钢在 60°C 时屈服极限就降低 12%。在高温下长期工作的起重机，由于受热辐射的烘烤，主梁下盖板温度超过上盖板，主梁就产生永久性变形，使主梁产生残余下挠。因此，在热区作业的起重机，除在主梁下面应设置防热辐射的装置外还要定期对主梁进行变形检查和修复。

（6）修理的影响。修理时，主梁上盖板经常接触气焊、电焊施工，小车轨道压板的多次割焊，都会使主梁产生

下挠。焊接走台会使主梁向内旁弯。

(7) 长时间在跨中位置吊住重物。

1.1.1.3 主梁变形的允许界限与测量

A 主梁下挠的界限与测量

GB 6067—85的1.10.4条规定“主梁受力构件因产生塑性变形，使工作机构不能正常地安全运行时，如不能修复，应报废。对一般桥式类型起重机，当小车处于跨中并且在额定载荷下，主梁跨中的下挠值在水平线下达达到跨度的 $1/700$ 时，如不能修复，应报废”。

目前对主梁下挠值的测量常用如下三种方法：

(1) 水准仪法。测量上拱时把水准仪放置于修理平台或其它支架上，再转动水准仪，可以找出一条水平线，再根据这条线来测量上拱。测量下挠时把水准仪置于地面，距吊车 $15 \sim 20\text{m}$ ，在主梁内侧上盖板长筋板处自由悬挂一个木条（长度根据起升高度来定），下端距地面 1.5m 左右，在木条下端适当位置挂一支 1m 长的钢板尺，与水准仪目镜相对应（图2），从水准仪目镜观察加载前后的刻度差，此值就是主梁的变形量。

这种方法可使测量人员远离起重机，比较安全，精度也较高。

(2) 连通器法。这种方法简单，不需用仪器，是用一个水桶和一个有刻度的玻璃管或水管标尺，用胶管连接起来就可以测量（图3）。

将水桶装入适量带颜色的水，固定在距起重机主梁跨中较近的某一适当位置，把水管标尺置于主梁的跨中，当主梁承载后，水管标尺的水位就随主梁的下挠而下降。显然承载前后水平面对应的标尺读数差，就是主梁的变形量。

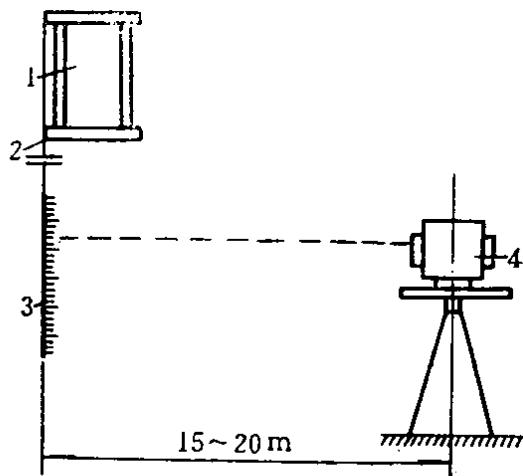


图 2 水准仪法示意图

1—主梁；2—木条；
3—钢尺；4—水准仪

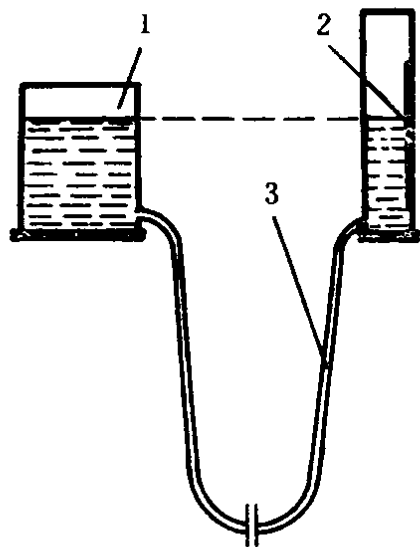


图 3 连通器法示意图

1—水桶；2—水管标尺；
3—橡皮管

(3) 钢丝法。钢丝法比较简单，不用仪器，测量也比较方便和准确，应用较为普遍。测量时，用15 kg重锤把 $\phi = 0.5\text{ mm}$ 的钢丝拉紧就可测量。

钢丝法测量主梁上拱如图 4 所示。

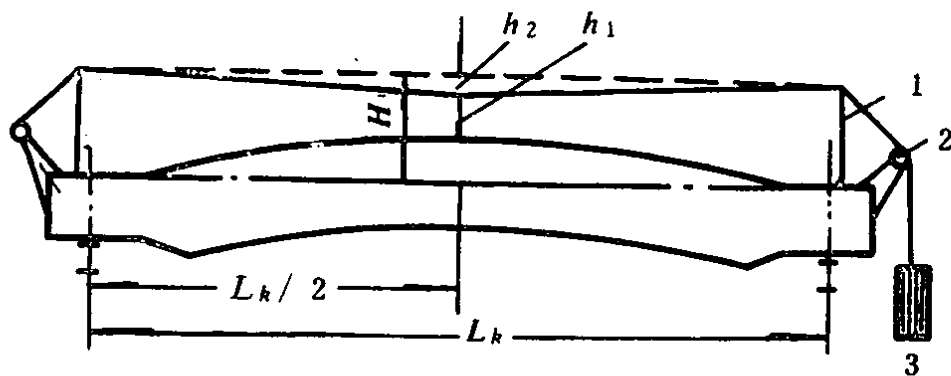


图 4 钢丝法测主梁上拱示意图

1—撑杆；2—测拱器；3—重锤

撑杆可用金属杆件制做，也可用槽钢、角钢、方钢代替，其高度一般为130~150mm。上盖板与钢丝间距离可用立式游标卡尺量取。

钢丝因自重产生的垂度可按下式计算：

$$h_2 = qL^2/8Q$$

式中 q ——钢丝单位长度重量，kg/mm；

Q ——重锤重量，kg；

L ——钢丝跨度，mm。

用15kg重锤和 $\phi=0.5\text{mm}$ 钢丝测量时，其标准跨度的钢丝垂度见表6。

表 6 标准跨度采用 $\phi\ 0.5\text{mm}$ 钢丝的垂度

跨度，mm	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
垂度，mm	1.5	2.5	3.5	4.5	6	8	10	12

由图4可以看出，主梁跨中上拱值

$$\Delta_{\text{上}} = H - (h_1 + h_2)$$

式中 H ——撑杆高度，mm；

h_1 ——钢丝与上盖板间的距离，mm；

h_2 ——钢丝垂度，mm。

当 $(h_1 + h_2) = H$ 时，则说明主梁上拱值为零，这时主梁正好处于水平状态。

当 $(h_1 + h_2) > H$ 时，则说明主梁下挠，由图5可见，主梁跨中从水平线计算的下挠值为：

$$\Delta_{\text{下}} = (h_1 + h_2) - H$$

今用钢丝测量法，测量一台起重量 $Q=19.5\text{t}$ ，跨度 $L_k=19.5\text{m}$ 的桥式起重机主梁的变形量，其测量和计算步