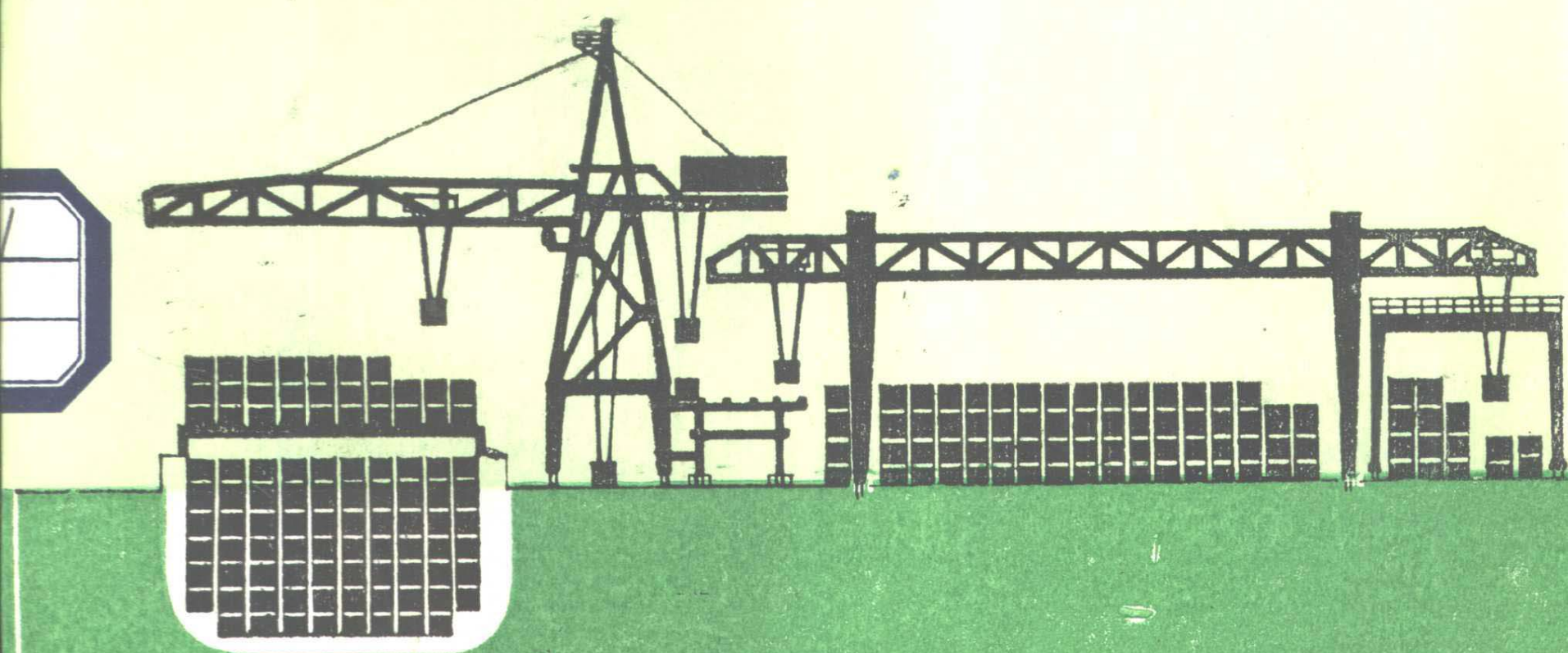


起重机械安全



北京经济学院安全工程系

《起重机械安全》一书介绍起重事故；起重机械载荷；起重机械零部件的安全检验与报废；安全装置；起重机机构安全设计；桥（龙门）式起重机安全管理；自行式起重机安全管理；塔式起重机安全管理；港口起重机安全管理；司机室的安全设计和起重事故的FTA分析等十一部分内容。

本书的编写思想以起重事故为主线，分析在设计、制造、使用、管理中的安全问题。首次把《可靠性工程》和《人机工程》的理论应用列起重安全中。

本书可供安全工程师，安全工程专业师生参考，也可作为培训教材。

由于作者水平有限，编写时间仓促，书中缺点和错误，切望读者批评指正。

丛惠珠、袁仕临老师对本书作出重大贡献。

封面设计 崔毅

孙桂林

一九八七年二月

起重机械安全

1、概论	(1)
1.1 起重搬运作业在现代化生产中的作用	(1)
1.2 起重事故	(2)
2、起重机械的载荷	(7)
2.1 计算载荷	(7)
2.2 载荷分类与载荷组合	(15)
2.3 强度和疲劳计算	(15)
2.4 安全系数	(25)
3、起重机械零部件的安全检验与报废	(27)
3.1 吊钩及其它吊具	(27)
3.2 钢丝绳	(37)
3.3 滑轮、滑轮组和卷筒	(47)
3.4 减速器	(56)
3.5 车轮与轨道	(62)
3.6 大车啃道的检验	(66)
4、安全装置	(71)
4.1 制动器	(71)
4.2 限位器	(87)
4.3 缓冲器	(92)
4.4 防碰撞装置	(100)
4.5 防偏斜装置和偏斜指示装置	(102)
4.6 夹轨钳和锚定装置	(107)
4.7 超载限制器	(119)
4.8 力矩限制器	(123)
5、起重机机构安全设计	(135)
5.1 起升机构	(135)
5.2 运行机构	(144)
5.3 回转机构	(149)
5.4 变幅机构	(153)
6、桥(龙门)式起重机安全管理	(155)
6.1 桥式起重机工作原理	(155)
6.2 桥式起重机金属结构的安全检查	(158)
6.3 起重机零件的损坏与消除方法	(161)
7、自行式起重机安全管理	(169)
7.1 自行式起重机及其主要技术参数	(169)

7.2 自行式起重机稳定性与安全.....	(171)
7.3 自行式起重机安全管理.....	(173)
8. 塔式起重机安全管理.....	(180)
8.1 塔式起重机类型.....	(180)
8.2 塔式起重机稳定性与安全.....	(182)
8.3 塔式起重机的验收.....	(184)
8.4 塔式起重机的常见事故及其原因.....	(185)
9. 港口起重机安全管理.....	(187)
9.1 门座起重机工作原理.....	(187)
9.2 门座起重机安全管理.....	(187)
9.3 集装箱起重机安全管理.....	(188)
10. 司机室的安全设计.....	(192)
10.1 起重机司机室的操纵器和显示器设计.....	(192)
10.2 良好的居住性能.....	(202)
10.3 安全性.....	(203)
11. 起重事故的FTA分析.....	(205)

1. 概 论

1.1 起重搬运作业在现代化生产中的作用

任何物质的生产过程都将伴随着物料的搬运过程。在古代人们是依靠人力、畜力来起重搬运物料，而在现代则主要依靠机械来完成这一作业。这种机械就是起重搬运机械。它在国民经济各个部门起着重要作用。而且随着现代化大规模生产的发展，起重搬运机械的应用越来越广。

据统计，美国工业产品总成本中有20~25%为搬运费用；英国每年用在各工厂及工地的物料搬运开支超过10亿英镑，相当全国工资的 $\frac{1}{9}$ ；日本用于各种物料的搬运费占国民生产总值的10.73%；苏联年运输费用为867亿卢布，其中装卸费占 $\frac{1}{4}$ 。

对于机械行业，每生产一吨产品，在机械加工过程中要装卸、搬运50吨物料；在铸造过程中要装卸、搬运80吨物料。某厂每生产一吨轴承要装卸、搬运191吨物料。

在冶金工业，为冶炼3000万吨钢，需要4500万吨炼焦煤，1100万吨石灰石以及其它原料，总的物料搬运量达15000~17000万吨。车间之间的转运量约为16.5亿~21.9亿吨，车间内部转运量为48亿吨。用于物料搬运的费用为整个生产费用的35~45%。

全国十八个重点矿山拥有主要矿山设备5161台，其中物料搬运机械3691台，占全部设备的70%。

港口装卸机械更为重要，大的港口有数千台装卸机械，一般港口也有500~600台装卸机械。

1982年统计，我国铁路装卸机械11264台。造船、林业、建筑、化工生产过程中，都使用大量的起重搬运机械。而且直接影响着生产的发展，以铸造起重机为例，停车一个小时，一般要少出150吨钢，在港口，如果由于起重设备故障，压船一天，万吨级国轮，损失一万元，租船压船一天，损失一万美元。

不仅在工业生产过程中，要大量使用起重搬运机械，在服务行业，在商业上都越来越多的使用起重搬运机械。如车站的自动扶梯，机场的自动人行道，游览区的索道，高层建筑的电梯、医院，图书馆等等都使用许多起重搬运机械。

起重搬运机械在今天不仅是减轻体力劳动强度的重要手段，也是高效率的现代化生产不可缺少的机械。

起重搬运机械的作业特点是，把重物提升并在一定范围的空间搬运。如果在设计，操纵维修某一环节出现失误就会造成事故。

1.2 起重事故

1.2.1 起重事故概况。

由于四化建设的发展，物流量愈来愈大，为提高劳动生产率，势必要使用大量的起重搬运机械。一方面是大量的使用起重搬运设备，另一方面有一大批新工人从事物料搬运作业。

由于操作、维修、设备本身的缺陷等都会导致一些事故，甚至是严重的伤亡事故。例如某仓库一阵飓风，把一台108米，两台55米龙门起重机吹垮，损失50多万元。又如某工地一台塔式起重机翻倒，造成7人死亡事故。

近几年来，全国起重死亡事故有增加趋势。表1—1是1980年至1986年全国起重伤亡事故表。

1980至1986年起重伤亡事故表

表1—1

年 伤 亡	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
死 亡	181	168	176	183	190	165	184
百 分 比	100%	92.8%	97.2%	103.9%	105%	91%	101.6%
与上一年比增减情况	/	-7.18%	+4.76%	+6.82%	+1.06%	-13.1%	+11.5%
重 伤	662	554	527	480	/	441	445
百 分 比	100%	83.7%	79.6%	72.5%	/		
与上一年比增减情况	/	-16.3%	-4.87%	-8.92%	/		

从表1—1中可以看出：自1981年以后起重事故死亡人数有增多趋势。

上表中的统计数字只是对国家正式职工(县级以上企业的职工)做的统计，而对于非正式职工(象临时工、乡镇企业、农民集体企业的职工)并未统计在内。

据调查起重事故与产业部门，机器类型也有一定关系。起重事故多发生在机械制造，冶金、交通运输、建筑等部门，这主要是由于这些部门拥有的起重设备数量多，起重设备工作时间长、环境复杂。

表1—2是1976~1984年全国314件起重死亡事故按产业分类表。

表1—2

产业	冶 金	铁 道	交 通	建 筑	机 械	农 林	轻工商业	石 化	其它
数量	54	56	37	55	21	23	37	17	14
%	17.2%	17.8%	11.8%	17.5%	6.68%	7.32%	11.8%	5.4%	4.4%

表1—3是上海市1976~1984年199件起重死亡事故按产业分类表

不同类型的机器，发生事故的性质也不一样。表1—4是对全国 314 起事故进行机种分类的统计。

从全国的生产工作情况看，桥式起重机和自行式起重机数量最多，分布行业最广，工作量也最大，因此事故比例较高。

表 1 - 3

产业	冶金	铁道	交通	建筑	机械	农林	轻工商业	石化	其它
事故数量	21	3	38	56	11	9	16	5	40
%	10.55%	1.5%	19%	28.14%	5.5%	4.5%	8%	2.5%	20%

起重死亡事故与机种的关系

表 1 - 4

产业	桥式	自行式	龙门式	卷扬	升降	塔式	其它
事故数	59	68	26	24	24	18	95
%	18.8%	21.7%	8.3%	7.6%	7.6%	5.7%	30.3%

起重死亡事故不仅因企业、机型不同而异，即便是同一类型机器也会出现不同性质的事故，图1—1是41起桥式起重机事故不同性质事故所占比例：

41起桥式起重机事故	夹 挤	11	26.83%
	脱 钩	8	19.51%
	物体打击	7	17.07%
	吊物坠落	6	14.63%
	断 绳	5	12.2%
	机器伤害	3	7.32%
	触电	1	2.44%

图 1 - 1

在我国大中城市中，起重事故死亡人数占全产业事故死亡人数的10%左右，有的地方和部门高达20%。据上海、浙江、青岛的统计，发生事故较多的特殊工种（电工、锅炉、压力容器、起重作业、爆破作业、焊接、厂内车辆驾驶、机动船驾驶、建筑登高架设等九项）中，起重作业

1984 年 上 海、浙 江、青 岛 事 故 分 析 表

表 1—5

事故数量		事故起数	伤亡人数	死亡人数	重伤人数
事故分类					
工伤事故总数		1516	1762	1035	727
特殊工种事故总数		570	750	512	238
特殊工种事故总数		37.6%	42.56%	49.46%	32.7%
工伤事故总数					
特 殊 工 种 事 故 种 类	电工作业	57	58	45	13
	占特殊工种事故%	10%	7.7%	8.7%	5.4%
	起重作业	198	207	122	85
	占特殊工种事故%	34.73%	27.6%	23.8%	36.8%
	锅炉、司炉	2	2	2	
	占特殊工种事故%	0.35%	0.26%	0.39%	
	压力容器操作	24	89	71	18
	占特殊工种事故%	4.2%	11.8%	13.86%	75.6%
	焊接(割)作业	27	30	20	10
	占特殊工种事故%	4.7%	4%	3.9%	4.2%
	厂内车辆驾驶	140	154	100	54
	占特殊工种事故%	24.56%	20.53%	19.53%	22.7%
	机动船驾驶	22	30	25	5
	占特殊工种事故%	3.85%	4%	4.88%	2.1%
	建筑登高架设	82	94	49	45
	占特殊工种事故%	14.38%	12.53%	9.5%	18.9%
	爆破作业	18	86	78	8
	占特殊工种事故%	3.15%	11.46%	15.23%	3.36%

事故“起数”占34.7%，事故死亡人数占19.53%；机动船驾驶事故“起数”占3.85%，事故死亡人数占4.88%。把这些属于物料搬运系统的事故合计在一起，事故“起数”占63.14%，死亡人数占48.21%。

表1—5中上海、浙江的，事故“起数”占64.61%，死亡人数占43.32%。

从上述统计中可以看出起重搬运事故所占的比例是很高的。

表1—5是上海、浙江、青岛事故统计分析表。

表1—6是上海、浙江事故统计分析表。

根据统计，某些地区的起重事故在国家规定的20种事故类别中，起重事故死亡人数所占

上 海、浙 江 事 故 分 析 表 1984年

表 1 — 6

事故类别	事故数	事 故 起 数	死 亡 人 数
工伤事故总数		619	790
特殊工种事故总数		246	383
特殊工种事故数/工伤事故总数		39.74%	48.48%
起重作业		81	82
占合计数%		32.92%	21.4%
厂内机动车辆驾驶		64	66
占合计数%		26%	17.23%
压力容器操作		7	67
占合计数%		2.84%	17.49%
电工作业		29	30
占合计数%		11.78%	7.83%
锅炉司炉		2	2
占合计数%		0.813%	0.52%
焊接作业		14	16
占合计数%		5.69%	4.17%
船舶驾驶		14	18
占合计数%		5.69%	4.69%
爆破作业		7	7
占合计数%		2.84%	1.85%
建筑登高架设		28	31
占合计数%		11.38%	8.1%

“名次”是在上升。如某城市1980年起重死亡人数在20种事故中占第二位（第一位是高空坠落）；1981年是第四位（前三名为物体打击、车辆伤害、高空坠落）；1982年是第三位（前两名是车辆伤害、高空坠落）；1983、1984年起重事故死亡人数在各类工伤事故中跃升为第一位。

今后全国各地起重搬运作业都会有较快的发展，如果不加强安全管理，也会出现起重事故上升的趋势。

从统计中还发现近年各地的货梯事故增多。其中多数是自制货梯，不符合安全要求。

还有服务行业起重事故多起来，这些行业多采用一些简易起重设备，没有专人操作、常常造成事故。

总之，随着工业的发展，各行各业机械化程度就会很快提高，起重搬运机械的数量也会猛增，从事这方面工作的人员也会增加，为了防止起重事故的发生，加强安全管理是十分必要的。

其中包括对设计、制造部门的安全管理，提倡开展可靠性设计。对使用、维修人员进行安全教育。而安全教育的重要内容是把过去发生的事故进行统计分析，从中找出其内在的规律，从这些分析中既可以防止事故重复发生，又可以预测未来。这些分析数据和资料不仅对使用操作者是重要的，同样对设计制造人员也是重要的。特别是对可靠性设计，是不可缺少的数据。

国外工业发达国家，起重搬运事故也比较多，日本在70年代起重机械伤亡人数占全产业伤亡人数的2~3%，而死亡人数占全产业事故死亡人数的7%左右。80年代初起重事故有所减少。表1—7是日本1980年至1985年。

日本起重事故伤亡表

表 1—7

年 份	1980	1981	1982	1983	1984	1985
全产业起重 事故死亡人数	184	164	166	187	195	201
休息4天以上的 伤亡人数	6011	5571	5013	4776	4410	4389

1985年全产业起重伤亡事故人数中，制造业占40.8%，建筑业25.5%，其它33.7%。桥式类型起重机42.4%，移动式起重机占14.6%，电梯升降机占10.9%，其它32.1%。死亡人数，建筑业占48.3%，制造业占35.3%，其它占16.4%。桥式类型起重机占46%，移动式起重占44%，其它占10%。

由上述统计中可以看出，建筑业是占很大的比例，与我国情况也相近。桥式类型起重机数量多，事故也多。

2. 起重机械的载荷

2.1 计算载荷

起重机安全工作的四个基础条件:

1、零件和构件必须具有足够的强度、刚度和抗屈曲稳定性,在规定的使用期限内不发生破坏;

2、在各种外载的作用下,整台机器必须具有抵抗倾翻的能力;

3、原动机必须具有满足作业要求的功率,制动装置必须提供必需的制动力矩;

4、各种安全装置灵敏可靠。

这些条件多须通过计算来验证,所以必须了解起重机承受的各种载荷,也称为计算载荷。

2.1.1 自重载荷 P_G

自重载荷是指起重机的结构、机械设备、电气设备以及附设在起重机上的存仓,连续输送机及其上的物料等的重力。

在设计时,可根据经验公式或参考类型相近的机器估计自重载荷,然后修正。

2.1.2 起升载荷 P_Q

起升载荷是指起升质量的重力。起升质量包括允许起升的最大有效物品、取物装置(下滑轮组、吊钩、吊梁、抓斗、容器、起重电磁铁等),悬挂挠性件及其它在升降中的设备质量。起升高度小于50m的起升钢丝绳的重量可以不计。

2.1.3 起升冲击系数 φ_1

起升质量突然离地起升或下降制动时,自重载荷将产生沿其加速度方向相反的冲击作用。这种起升冲击载荷用自重载荷乘以起升冲击系数来表示。即 $P_{\text{冲}} = \varphi_1 \cdot P_G$ 。

2.1.4 起升载荷动载系数 φ_2

起升质量突然离地起升或下降制动时,对承载结构和传动机构将产生附加的动载作用。这种附加动载荷用起升载荷乘以起升载荷动载系数 φ_2 ,即 $P_{\text{动}} = \varphi_2 \cdot P_Q$ 。 φ_2 值一般在1.0~2.0范围内取,起升速度越大、操作越猛烈, φ_2 值也就越大。

动载系数 φ_2 可按式计算:

$$\varphi_2 = 1 + cu \sqrt{\frac{1}{\delta g(\lambda_0 + y_0)}}$$

~ ? ~

式中: v ——额定起升速度, m/s ;

c ——操作系数, 一般吊钩式起重机取 $c=0.5$; 电磁和抓斗、繁重作业的起重机取,
 $c=0.75$; 安装用起重机取 $c=0.25$;

g ——重力加速度, $g=9.81m/s^2$;

λ_0 ——在额定起升载荷作用下, 下滑轮组对上滑轮组的位移量, $\lambda_0=0.0029H$, H 为
起升高度; 单位是 m ;

y_0 ——在额定起升载荷作用下, 物品悬挂处的结构静变位值。对于桥式起重

机 $y_0=\left(\frac{1}{700}\sim\frac{1}{1000}\right)L$, L 为跨度; 对于门座起重机 $y_0=\left(\frac{1}{200}\sim\frac{1}{250}\right)R$, R

为大幅度。单位是 m 。

δ ——结构质量影响系数, 由下式计算:

$$\delta = 1 + \frac{m_1}{m_2} \left(\frac{y_0}{y_0 + \lambda_0} \right)^2$$

式中: m_1 ——结构在物品悬挂处的折算质量, kg ; 对于桥式起重机, 取小车质量和桥架质量
一半; 对臂架式起重机, 取臂架质量的 $1/3$;

m_2 ——起升额定质量, kg 。

动载系数 φ_2 也可根据表2—1提供的近似公式计算。

近 似 公 式 表

表 2 — 1

起 重 机 类别	φ_2 的计算式	适 用 的 范 围
1	$1+0.17v$	作安装用, 使用轻闲的臂架式起重机;
2	$1+0.36v$	作安装用的桥式起重机, 一般用途吊钩臂式起重机;
3	$1+0.70v$	机加工车间吊钩桥式起重机, 港口抓斗门座起重机;
4	$1+1.00v$	抓斗和电磁桥式起重机。

2.1.5 突然卸载冲击系数 φ_3

当起升质量部分或全部突然卸载时, 将对结构产生动态减载作用。减小后的起升载荷等于突然卸载的冲击系数 φ_3 与起升载荷的乘积。 φ_3 按下式计算。

$$\varphi_3 = 1 - \frac{\Delta m}{m} (1 + \beta_3)$$

式中: Δm ——起升质量中突然卸去的那部分质量, kg ;

m ——起升质量, kg ;

对于抓斗起重机, $\beta_3=0.5$; 对于电磁起重机, $\beta_3=1.0$ 。

2.1.6 运行冲击系数 φ_4

当起重机或它的一部分装置沿道路或轨道运行时, 由于道路或轨道不平而使运动的质量

产生铅垂方向的冲击作用。运行冲击载荷等于自重载荷与起升载荷之和乘以运行冲击系数 φ_4 。 φ_4 按下式计算。

$$\varphi_4 = 1.10 + 0.058 v \sqrt{h}$$

式中： v ——运行速度m/s；

h ——轨道接缝处两轨道面的高度差，mm。

2.1.7 水平载荷

2.1.7.1 运行惯性力 P_H

起重机自身质量和起升质量在运行机构起动或制动时，产生的惯性力按该质量 m 与运行加速度 a 乘积的1.5倍计算，但不大于主动车轮与钢轨间的粘着力。

2.1.7.2 回转和变幅运动时的水平力 P_H

臂架式起重机回转和变幅机构运动时，起升质量产生的水平力（包括风力，变幅和回转起制动时产生的惯性力和回转运动时的离心力）按吊重绳索相对于铅垂线的偏摆角所引起的水平分力计算。

计算电动机功率和机械另件疲劳及磨损时，用正常工作情况下吊重绳的偏摆角 α_I ；计算起重机机构强度和抗倾覆稳定性时，用吊重绳的最大偏摆角 α_{II} 。起重机自身质量的离心力通常忽略不计。

表2—2是 α_{II} 推荐值

在计算电动机功率时，取 $\alpha_I = (0.25 \sim 0.3) \alpha_{II}$ ；计算机械另件的疲劳及磨损时，取 $\alpha_I = (0.3 \sim 0.4) \alpha_{II}$ 。

α_{II} 的 推 荐 值 表

表 2—2

起 重 机 类 型	装 卸 用 门 座 起 重 机		安 装 用 门 座 起 重 机		轮胎式或 汽车式起 重机
	$n \geq 2 \text{min}^{-1}$	$n < 2 \text{min}^{-1}$	$n \geq 0.33 \text{min}^{-1}$	$n < 0.33 \text{min}^{-1}$	
臂架平面内	12°	10°	4°	2°	3°~6°
垂直臂架平 面 内	14°	12°	4°	2°	3°~6°

2.1.7.3 起重机偏斜运行时的水平侧向力 P_s

桥式类型起重机在大车运行过程中，出现偏斜运行时，所产生的垂直作用于车轮轮缘或作用在水平导轮上的水平侧向力 P_s ，按下式计算。

$$P_s = \frac{1}{2} \sum P \cdot \lambda$$

式中： $\sum P$ ——起重机发生侧向力一侧经常出现的最不利的轮压之和

λ ——水平侧向力系数，当起重机跨度 L 与基距 B 之比在4~6， λ 取0.17~0.2。

2.1.8 碰撞载荷 P_c

2.1.8.1 作用在缓冲器上的碰撞载荷 P_c ，应按缓冲器在下列碰撞速度下所吸收的动能

计算:

对无自动减速装置或限位开关者,碰撞时的速度,大车取85%额定运行速度,小车取额定速度。

对于有自动减速装置或限位开关者,按减速后的实际碰撞速度计算,但不小于50%额定速度。

2.1.8.2 缓冲器的固定连接和缓冲器的止挡件,应按起重机以额定速度碰撞的条件进行计算。

2.1.8.3 在计算碰撞载荷时,对装有导架以限制吊重摆动的起重机,要将吊重考虑在内,对于吊重能自由摆动的起重机,则不考虑吊重所具有的动能。

2.1.8.4 碰撞载荷在起重机上的分布决定于起重机质量分布情况,计算时应考虑小车位于最不利位置。不考虑起升、运行冲击系数或起升载荷动载系数。

2.1.9 风载荷

在露天工作的起重机应考虑风载荷,并认为风载荷是一种沿任意方向的水平力。

起重机风载荷分为工作状态风载荷和非工作状态风载荷两类。工作状态风载荷 P_{wi} 是起重机在正常工作情况下所能承受的最大计算风力。

非工作状态风载荷 P_{wo} 是起重机非工作时所受的最大计算风力(如暴风产生的风力)。

2.1.9.1 风载荷的计算

风载荷按下式计算

$$P_w = C \cdot K_h \cdot q \cdot A$$

式中: P_w ——作用在起重机上或物品上的风载荷,(N);

C ——风力系数;

K_h ——风压高度变化系数;

q ——计算风压, N/m^2 ;

A ——起重机或物品垂直于风向的迎风面积, m^2 。在计算起重机风载荷时,应考虑风对起重机是沿着最不利的方向作用的。

2.1.9.2 计算风压 q

a. 风压与空气密度和风速有关,可按下式计算

$$q = 0.613 v^2$$

式中: q ——计算风压, N/m^2 ;

v ——计算风速, m/s 。

也可以按下式计算:

$$q = \frac{v^2}{16} \quad (kg/m^2)$$

计算风压规定为按空旷地区离地10米高度处的计算风速来确定。工作状态的计算风速按阵风风速(即瞬时风速)考虑,非工作状态的计算风速按2分钟时距平均风速考虑。

b. 计算风压分三种: q_I 、 q_{II} 、 q_{III}

q_I 是起重机正常工作状态计算风压,用于选择电动机功率的阻力计算及机构零部件的发热验算;

q_{II} 是起重机工作状态最大计算风压,用于计算机构零部件和金属结构的强度、刚性及稳定性, 验算驱动装置的过载能力, 整机工作状态下的抗倾覆稳定性;

q_{III} 是起重机非工作状态计算风压, 用于验算此时起重机机构零部件及金属结构的强度、整机抗倾覆稳定性和起重机的防风抗滑安全装置和锚定装置的设计计算

c. 室外工作的起重机的计算风压如表2—3所示。

起 重 机 计 算 风 压 表				表 2 — 3	(N/m ²)
地 区	工 作 状 态 计 算 风 压		非 工 作 状 态 计 算 风 压		
	q_I	q_{II}	q_{III}		
内 陆	0.6 q_{II}	150	500~600		
沿 海		250	600~1000		
台湾省及南海诸岛		250	1500		

沿海地区系指大陆离海岸线100km以内的大陆或海岛地区。

流动式起重机(即汽车起重机、轮胎起重机和履带起重机)的工作状态计算风压, 当起重机臂长小于50m时, 取 $q=125\text{N/m}^2$; 当臂长等于或大于50m按使用要求决定。

非工作状态计算风压的取值: 内陆的华北、华中和华南地区宜取小值; 西北、西南和东北地区宜取大值; 沿海以上海为界, 上海取 800N/m^2 , 上海以北取较小值, 以南取较大值; 在内河港口峡谷风口地区、经常受特大暴风作用的地区(如湛江等地)、或只在小风地区工作的起重机, 其非工作状态计算风压应按当地气象资料提供的常年最大风速计算; 在海上航行的浮式起重机, 可取 $q_{III}=1800\text{N/m}^2$, 但不再考虑风压高度变化系数, 即取 $K_h=1$ 。

2.1.9.3 风压高度变化系数 K_h

起重机的工作状态计算风压不考虑高度变化($K_h=1$)。

所有起重机的非工作状态计算风压均需考虑高度变化。风压高度变化系数 K_h 如 表2—4所示。

风 压 高 度 变 化 系 数 K_h																表 2 — 4
离地高度 h (m)	≤ 10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	200
陆 上 $\left(\frac{h}{10}\right)^{0.3}$	1	1.23	1.39	1.51	1.62	1.71	1.79	1.86	1.93	1.99	2.05	2.11	2.16	2.20	2.25	2.45
海 上 及 海 岛 $\left(\frac{h}{10}\right)^{0.2}$	1	1.15	1.25	1.32	1.38	1.43	1.47	1.52	1.55	1.58	1.61	1.64	1.67	1.69	1.72	1.82

2.1.9.4 风力系数 C

风力系数与结构物的体型、尺寸等有关，按下例各种情况决定：

a、一般起重机单片结构和单根构件的风力系数如表2—5所示

表中 l 为结构或构件的长度； h 为其迎风面的高度； q 为计算风压； d 为管子外径，单位为 m 。

结构物的风载体型系数 C

表 2 — 5

序号	结 构 型 式	C																		
1	型钢制成的平面桁架(充实系数 $\varphi = 0.2 \sim 0.6$)	1.6																		
2	型钢、钢板、型钢梁、板梁和箱型截面构件 (按梁或构件长度与其迎风面高度之比决定)	<table> <tr> <td>l/h</td><td>5</td><td>1.3</td></tr> <tr> <td></td><td>10</td><td>1.4</td></tr> <tr> <td></td><td>20</td><td>1.6</td></tr> <tr> <td></td><td>30</td><td>1.7</td></tr> <tr> <td></td><td>40</td><td>1.8</td></tr> <tr> <td></td><td>50</td><td>1.9</td></tr> </table>	l/h	5	1.3		10	1.4		20	1.6		30	1.7		40	1.8		50	1.9
l/h	5	1.3																		
	10	1.4																		
	20	1.6																		
	30	1.7																		
	40	1.8																		
	50	1.9																		
3	圆管及管结构，按 qd^2 之值来确定系数 C^* ， 此处 q ——按表2—3选取的计算风压(N/m^2) d ——管子外径(m)	<table> <tr> <td>qd^2</td><td>< 1</td><td>1.3</td></tr> <tr> <td></td><td>≤ 3</td><td>1.2</td></tr> <tr> <td></td><td>7</td><td>1.0</td></tr> <tr> <td></td><td>10</td><td>0.9</td></tr> <tr> <td></td><td>≥ 13</td><td>0.7</td></tr> </table>	qd^2	< 1	1.3		≤ 3	1.2		7	1.0		10	0.9		≥ 13	0.7			
qd^2	< 1	1.3																		
	≤ 3	1.2																		
	7	1.0																		
	10	0.9																		
	≥ 13	0.7																		
4	封闭的司机室、机器房、平衡重、钢丝绳及物品等	1.1~1.2																		

司机室在地面上取 $C=1.1$ ，悬空时，取 $C=1.2$ 。

b、两片平行平面桁架组成的空间结构，其整体结构的风力系数可取单片结构的风力系数，而总的迎风面积应按 $2 \cdot 1.9 \cdot 5b$ 项计算。

$2 \cdot 1.9 \cdot 5$ 迎风面积 A

起重机结构和物品的迎风面积应按最不利迎风方位计算，并取垂直于风向平面上的投影

充 实 率 φ

表 2 — 6

结 和 构 物 类 型 品	实体结构和物品	1.0
	机 构	0.8~1.0
	型钢制成的桁架	0.3~0.6
	钢管桁架结构	0.2~0.4

面积。

a. 单片结构的迎风面积为：

$$A = \varphi A_l$$

式中： A_l ——结构或物品的外轮廓面积，如图2—1所示图形，则 $A_l = h \cdot l$ ， m^2 ；

φ ——结构的充实率，即 $\varphi = \frac{A}{A_l}$ ，见表2—6。

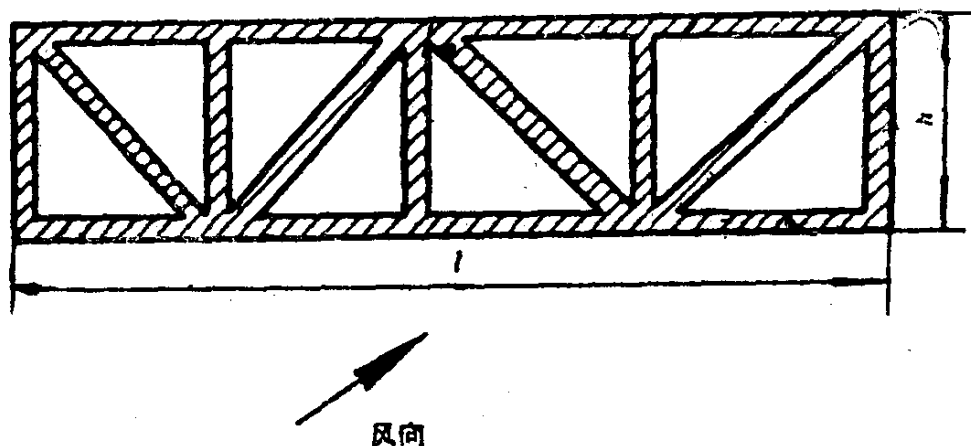


图2—1 轮廓面积示意图

b. 对两片并列等高的型式相同的结构，考虑前片对后一片的挡风作用，其总迎风面积为：

$$A = A_1 + \eta A_2$$

式中： $A_1 = \varphi_1 A_{l1}$ ——前片结构的迎风面积；

$A_2 = \varphi_2 A_{l2}$ ——后片结构的迎风面积；

η ——两片相邻桁架前片对后片的挡风折减系数，它与第一片(前片)结构的充实率 φ_1 及两片桁架之间的间隔比 a/h (图2—2) 有关，见表2—7。

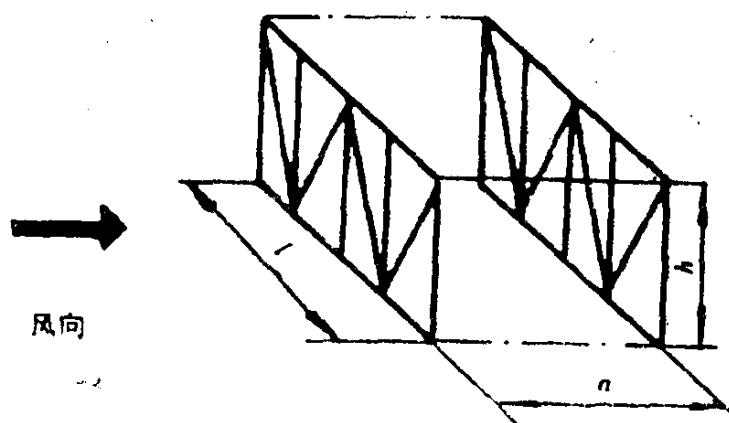


图2—2 并列结构的间隔比图

c. 对 n 片型式相同且彼此的间隔相同的并列的等高结构，在纵向风力作用下，应考虑多片结构的重叠挡风折减作用，结构的总迎风面积按下式计算：