

中华人民共和国船舶检验局

船舶与海上设施法定检验规则

起重设备法定检验技术规则

1999

第 2 篇 技术要求

第 1 章 通 则

1 一般规定

1.1 本篇适用于船舶和海上设施用的下列起重设备：

- (1) 吊杆装置,包括吊杆式起重机;
- (2) 起重机;
- (3) 乘客与船员用升降机;
- (4) 货物、车辆升降机(需要签发起重设备证书时)与车辆跳板(需要签发起重设备证书时)。

1.2 本章 1.1 中未述及的起重设备,可在本篇的基础上予以考虑。

1.3 起重设备的设计、制造与试验应符合本篇的规定外,还应符合本法规总则与第 1 篇的适用规定。

2 定 义

2.1 本篇的有关定义如下：

(1) 起重设备:系指安装于船上或海上设施上的吊杆装置、吊杆式起重机、起重机以及升降机和跳板以及用以吊运或载运货物、设备、物品及人员等的设备。

(2) 轻型吊杆:系指安全工作负荷等于和小于 98kN 的吊杆装置和吊杆式起重机。

(3) 重型吊杆:系指安全工作负荷大于 98kN 的吊杆装置和吊杆式起重机。

(4) 吊杆式起重机:系指具有双千斤索的吊杆装置,能在带载情况下由 1 人即可进行回转和变幅操作。

(5) 活动零部件:系指非永久性附连于起重设备上的零部件,如链条、三角眼板、吊钩、滑车、卸扣、转环、钢索索节、有节定位索和松紧螺旋扣等。吊梁、吊架、吊框与类似设备亦称之为活动零部件。

(6) 固定零部件:系指永久连接于吊货杆、桅或起重柱、甲板、上层建筑和船舶其他结构件上的起重设备零部件,如眼板、吊货杆叉头、吊货杆承座包括转轴、箍环与嵌入滑轮等。

(7) 安全工作负荷(SWL):

① 起重设备的安全工作负荷:系指经正确安装的起重设备在设计作业工况下证明能吊运的最大静载荷。

② 活动零部件的安全工作负荷:系指活动零部件经设计和试验证明能承受的最大载荷。此最大载荷应不小于起重设备在安全工作负荷下,活动零部件会受到的最大负荷。

(8) 标准作业工况:系指起重设备在确定安全工作负荷时所处的作业工况,包括:

① 起重设备工作时,船舶处于横倾 5°、纵倾 2°;

② 在港内作业;

③ 起重设备工作时风速不超过 20m/s,相应风压不超过 250Pa;

④ 起吊荷重的运动不受外力的制约;

⑤ 吊运作业的性质,即作业的频次和动载特性与本篇规定的因素载荷相一致。

(9) 特殊作业工况:系指起重设备设计时所考虑的作业工况超过标准作业工况,包括:

① 船舶横倾与/或纵倾大于标准作业工况规定;

② 作业于海浪无遮蔽的海域;

- ③ 起重设备工作时的风速超过 20m/s,相应风压超过 250Pa;
 - ④ 起吊时,起吊荷重不是处于静止状态;
 - ⑤ 起吊荷重的运动受到外力的制约;
 - ⑥ 吊运作业的性质,即作业的频次和动载特性与本篇规定的因素载荷不一致。
- (10) 因素载荷:系指设计起重设备时应考虑的载荷,但未包括风载荷,此载荷可用下式表示:

$$\text{因素载荷} = \text{起升载荷} \times \text{作业系数} \times \text{动载系数}$$

(11) 起升载荷:系指起重设备安全工作负荷与起重设备运动部件自重之和。这些部件与安全工作负荷直接相连,吊运中,与安全工作负荷作相同的运动。

(12) 作业系数:系指考虑起重设备作业频次与载荷状态所给的裕度系数。

(13) 动载系数:系指在起重设备工作时,考虑所有动载效应的一个系数。此系数乘以起升载荷后,代表包括所有动载效应作用于系统上的载荷。

(14) 质量载荷:系指不包括在起升载荷中的起重设备部件的质量。

(15) 设计应力:系指起重设备在安全工作负荷作用下,本篇规定起重设备部件允许承受的最大应力,即应考虑起重设备在因素载荷作用下,同时受到侧向载荷与风载荷。

3 图纸与资料

3.1 应将吊杆装置的下列图纸与资料提交批准:

- (1) 吊杆装置(包括吊杆式起重机)布置图,表明轻型吊杆、重型吊杆或双杆系统的布置和各个活动零部件的具体位置;
- (2) 吊杆装置的受力图解以及在双杆操作时的工作范围与数据;
- (3) 桅、起重柱和支索(如设有时)的结构图;
- (4) 吊杆结构图,包括头部、根部附件;
- (5) 吊杆承座和转轴、千斤滑车眼板、稳索眼板以及类似零部件;

若采用认可的适合此用途的国际标准与国家标准,可仅送交明细表,并说明其材料、安全工作负荷与所采用的标准;

- (6) 滑车、链条、卸扣、吊钩、转环与其他活动零部件的明细表,并说明其材料、安全工作负荷、验证负荷与所采用的标准;
- (7) 所用钢索、纤维索的构造、尺寸、涂层与破断负荷明细表,钢索应表明钢丝的公称拉力强度;
- (8) 上述(3)、(4)、(5)均应表明所使用的钢材等级、焊接材料与焊缝规格;
- (9) 桅、起重柱和支索(如设有时)以及吊货杆的强度与/或稳定性计算。

3.2 应将起重机的下列图纸与资料提交批准:

- (1) 起重机布置总图,包括主要工作参数说明;
- (2) 起重机系统受力分析;
- (3) 起重机起升、变幅、回转与行走机构布置图,包括超负荷保护、超力矩保护与各限位器的布置和功能说明;
- (4) 主要部件强度计算,并应明确设计基础、作业衡准、工作参数、起重机部件的质量和重心以及所采用的国家标准;
- (5) 起重机的稳定性计算(如适用时);
- (6) 主要结构部件的结构、尺寸、钢材等级以及焊接材料与焊缝规格,这些部件包括臂架、塔架、平台、门架、轮架、回转支承环、基座、栏杆与存放设施等;
- (7) 滑轮和轴、枢轴、轮子、横撑梁、回转支承环及其螺钉和类似项目的详图,并说明所使用的钢材等级;

(8) 滑车、吊钩、转环、吊梁、吊架与其他活动零部件的详图,并说明其材料、安全工作负荷、验证负荷与所采用的标准;

(9) 所使用钢索的构造、尺寸、涂层、破断负荷与钢丝的公称拉力强度。

3.3 应将升降机和跳板的下列图纸与资料提交批准:

(1) 结构:

- ① 设计说明书,包括所使用的材料;
- ② 所有主要结构图;
- ③ 滑轮与滑轮支承详图;
- ④ 表明额定能力、车辆载荷、车轮中心、轮胎印、工作范围与角度以及部件的质量与重心的计算;
- ⑤ 液压油缸与工作系统详图(如设有时);
- ⑥ 卷绕装置图;
- ⑦ 钢索与链条的尺寸、构造、涂层与破断负荷;
- ⑧ 放置装置。

(2) 有关升降机部分还应将下列图纸与资料提交批准:

- ① 布置总图,包括轿厢构造和导架详图;
- ② 进出门图;
- ③ 升降道登乘门耐火试验说明;
- ④ 线路布置图和详图,包括安全设施。

3.4 应将机械、电气和控制系统的下列图纸与资料提交批准:

- (1) 使用与操作说明书;
- (2) 机房布置图,包括动力机组及其说明;
- (3) 控制室与/或控制站布置图;
- (4) 起升、变幅、回转与行走机构布置图及其设备与部件的技术说明书;
- (5) 配电板布置图与线路图;
- (6) 电气线路系统图,并表明设备与电缆的规格、绝缘等级、正常工作电流与各种电气保护的型号、容量与制造厂;
- (7) 主、辅配电板汇流排与变压器输出端的短路电流计算书;
- (8) 控制线路、联锁与报警系统原理图,包括液力、气力与电力;
- (9) 安全设施详图,包括固定与锁紧装置。

第 2 章 吊 杆 装 置

1 计算工况与计算载荷

1.1 适用范围

本章要求适用于摆动吊杆、双杆系统与吊杆式起重机,对特殊设计的吊杆装置可在本章要求的基础上予以考虑。

1.2 吊杆仰角

(1) 确定吊杆装置受力时所取吊杆与水平的仰角,对轻型吊杆为 15° ,对重型吊杆为 25° ,如吊杆不可能在此仰角下工作,则吊杆仰角可取为实际工作的最小仰角,但任何情况下,对轻型吊杆不得超过 30° ,对重型吊杆不得超过 45° 。

(2) 确定起货滑车与嵌入滑轮(如设有时)受力时,吊杆仰角应取实际工作中的最大仰角,一般不小于 70° 。

1.3 船舶倾斜

(1) 船舶横倾 5° 与纵倾 2° 为假定吊杆装置工作时的船舶基本状态;

(2) 轻型摆动吊杆与双杆系统可忽略上述(1)所述船舶倾斜状态的影响;

(3) 重型吊杆和吊杆式起重机应计及上述(1)所述船舶倾斜状态的影响。如实际工作产生的船舶倾斜大于横倾 5° 或纵倾 2° 时,则应计及实际倾斜角度产生的影响。

1.4 吊杆装置的基本载荷

(1) 计算摆动吊杆与吊杆式起重机的基本载荷为安全工作负荷及吊货杆与吊钩及其上有关属具的自重。

(2) 双杆系统的基本载荷为安全工作负荷。

1.5 摩擦系数

钢索通过滑车或滑轮,应考虑滑轮的摩擦系数和钢索的僵性损失;此数值对滑动轴承取 5% ,对滚动轴承取 2% 。此要求也适用于其他所有起重设备。

1.6 绳索安全系数

相对于钢索和纤维索破断负荷的安全系数 n ,应不小于表 1.6 的规定。

安全系数 n

表 1.6

绳索种类和用途		安全系数 n
钢索	动索: 吊货索、千斤索、摆动稳索	$n = \frac{10^4}{0.9 \times SWL + 1910}$ 但不大于 5,也不小于 3
	静索: 桅支索 保险稳索	与动索同,但不必大于 3.5 4
纤维索		8

注:SWL 为吊杆装置的安全工作负荷(kN)。

2 摆动吊杆与双杆系统

2.1 计算或图解吊杆装置受力时的计算工况与计算载荷应符合本章 1 的规定。

2.2 重型吊杆的千斤索与起货索出现平行布置时,千斤索上的张力为千斤索总力减去起货索张力,并按起货索处于下降状态算得。

2.3 摆动稳索的工作负荷按表 2.3 算得。

摆动稳索工作负荷

表 2.3

吊杆安全工作负荷(kN)	摆动稳索工作负荷(kN)
$SWL \leq 49$	$0.5SWL + 4.9$
$49 < SWL \leq 147$	$0.1SWL + 24.5$
$157 < SWL \leq 588$	$0.25SWL$
$SWL \geq 735$	$0.2SWL$

注: SWL 为 588 ~ 735kN 之间时,摆动稳索工作负荷按内插法求得。

2.4 对双杆操作,舷内、外吊货杆处于同一实际工作中的最小仰角下,吊货杆的工作范围与长度应满足如下要求(见图 2.4):

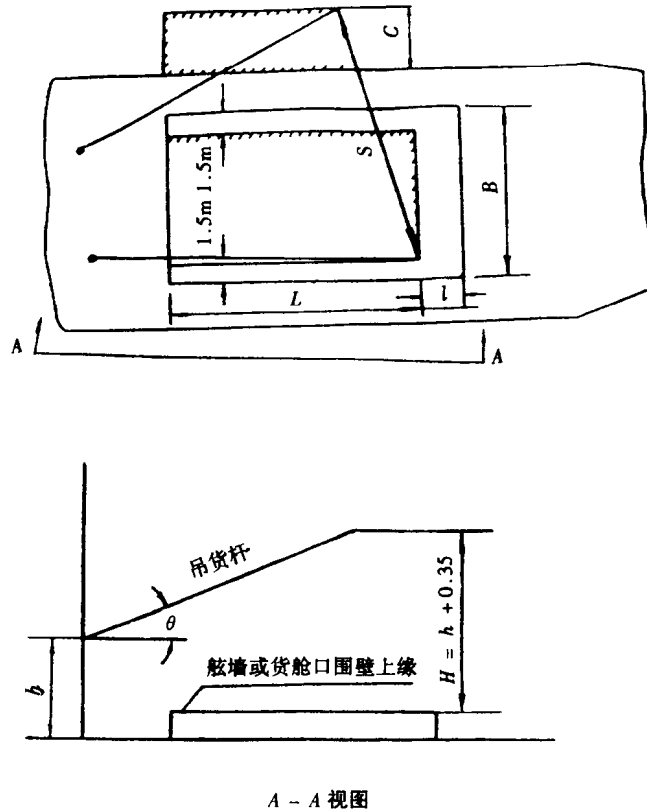


图 2.4 双杆操作位置

θ — 吊杆仰角,双杆相等; L — 货舱口长度(m); B — 货舱口宽度(m); C — 舷外跨距(m);

S — 吊货杆头水平投影距离(m); b — 吊货杆承座至甲板的高度(m); l — 见 2.4(2); h — 见 2.4(3)

- (1) 舷外吊货杆的舷外跨距 C 应不小于中部船宽舷外 3.5m, 或船东要求的舷外跨距。
- (2) 舷内吊货杆头部在货舱口内的投影位置应位于:
 - ① 货舱口配有 1 对吊杆时, 离货舱口对边距离 l 不大于 $L/5$ (L —— 货舱口长度, 见图 2.4);
 - ② 货舱口配有 2 对吊杆时, 离货舱口对边距离 l 不大于 $L/3$;
 - ③ 离货舱口边的距离为 1.5m。
- (3) 在起货索夹角为 120° 时, 其连接点(三角眼板)距舷墙或货舱口围板上缘的高度 h 应不少于:

当 $SWL \leq 19.6\text{kN}$ 时, 5m;

当 $SWL > 19.6\text{kN}$ 时, 6m;

式中: SWL —— 双杆安全工作负荷, kN。

在某些情况下, 如上述高度 h 尚不能适应使用情况, 应作适当增加。

2.5 吊杆装置双杆操作的受力计算, 应根据实际工作范围, 使吊货杆和保险稳索计算所得的力为最大的位置下进行计算(包括图解计算)。一般情况下, 可按图 2.5(a)所示的吊杆工作位置进行计算, 此时, 起货索间的夹角取 120° , 连接两吊货索的三角眼板位于最低位置, 如图 2.5(b)所示。

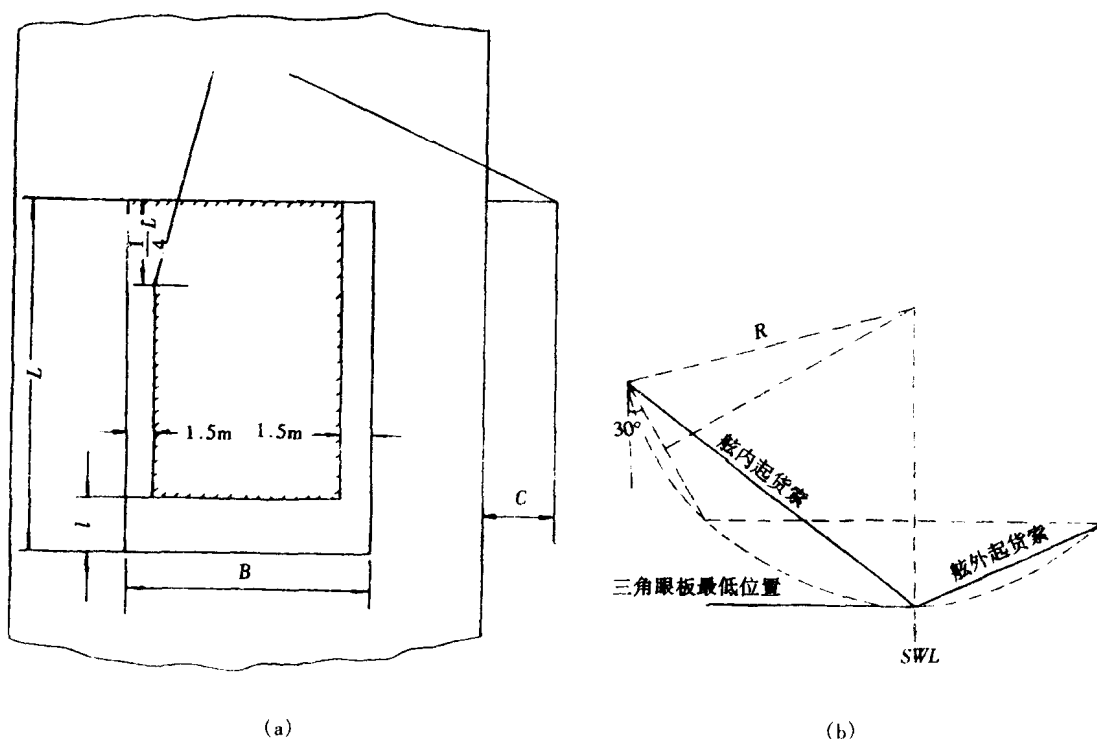


图 2.5 (符号 L 、 l 、 B 、 C 同图 2.4 说明)
(a) 吊杆装置双杆操作位置; (b) 起货索与三角眼板

2.6 双杆操作的吊杆, 应使吊货杆在任何工作位置不发生倾翻情况。为满足此要求, 一般应使千斤索上受力的减轻量 f_h (起货索和保险稳索水平分力的合力) 乘以 $\tan \theta$ (θ — 吊杆仰角) 所得之值不大于起货索和保险稳索垂直分力之和 f_v (见图 2.6)。

2.7 双杆系统中连接两根吊货杆头部的内牵索工作负荷, 应取为双杆系统安全工作负荷的 20%, 但不小于 9.8kN。

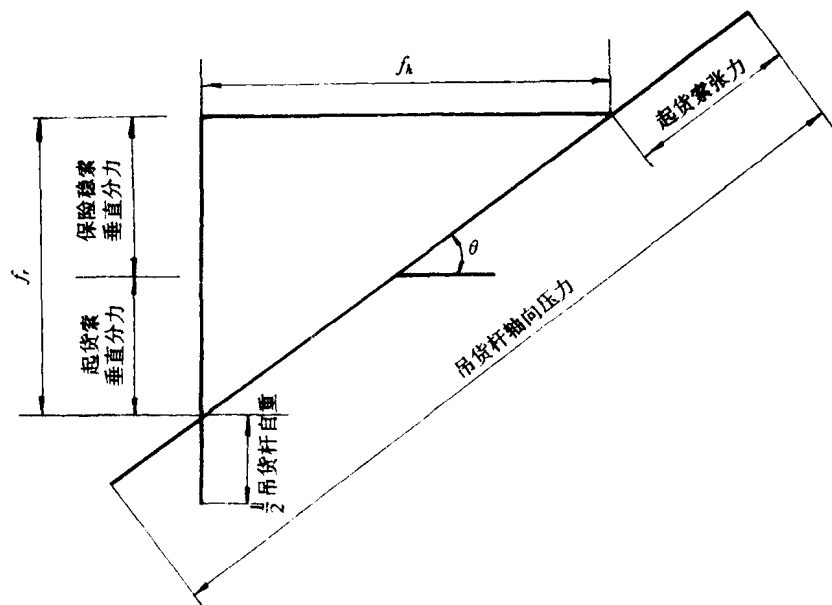


图 2.6 吊货杆、起货索与保险稳索受力

3 吊 货 杆

3.1 吊货杆的构造：

- (1) 吊货杆可为在全长范围内直径与厚度保持不变的圆筒形等截面杆件,或中段的直径与厚度保持一定长度不变,而中段到两端直径逐渐减小的变截面杆件;
- (2) 变截面吊货杆的中段直径应至少保持 1/3 吊货杆长度不变,而后向两端逐渐减小至中段直径的 70%;
- (3) 钢质吊货杆的壁厚应不小于吊货杆中段外径的 1/50,亦不必大于 1/30,但任何情况下不得小于 4mm;
- (4) 吊货杆的长细比 λ 一般应不大于 150;
- (5) 吊货杆头部在千斤索眼板、起货滑车眼板、保险稳索眼板等部位应作适当加强,或增加该处的板厚。

3.2 吊货杆及其附件的材料应符合表 3.2 的规定或符合适用的规范规定。

吊货杆及其附件的钢材等级

表 3.2

厚度 (mm)	$t \leq 20$	$20 < t \leq 25$	$25 < t \leq 40$	$t > 40$
钢材等级	A/A32, A36	B/A32, A36	D/D32, D36	E/E36, E36

3.3 吊货杆相对于轴向欧拉临界压力的稳定性安全系数 n , 应不小于表 3.3(a) 规定, 其轴向压力 p 按下式算得:

$$p = \frac{mEJ_0}{nL^2} \times 10^{-5} \text{ kN}$$

式中: m ——系数, 按表 3.3(b) 选取, 中间值用内插法求得;

E ——钢材弹性模量, 2.06×10^5 MPa;

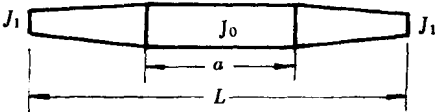
L ——吊货杆长度, m; 量自起货滑车眼板中心至吊货杆根部销孔中心止;

J_0 ——吊货杆中部剖面惯性矩, cm^4 ;
 n ——稳定性安全系数, 按表 3.3(a) 选取, 中间值按内插法求得。

吊杆稳定性安全系数 n 表 3.3(a)

吊杆安全工作负荷(kN)	≤ 98	294	≥ 588
稳定性安全系数 n	5	4.5	4

注: 采用表内安全系数时, 吊货杆长细比 λ 应小于 145。



系 数 m 表 3.3(b)

a/L	0.2	0.4	0.6	0.8
J_1/J_0	系数 m			
0.1	6.32	7.84	9.14	9.77
0.2	7.31	8.49	9.39	9.81
0.4	8.38	9.12	9.62	9.84
0.6	9.02	9.46	9.74	9.85
0.8	9.50	9.69	9.81	9.86

注: ① a 为吊货杆中部一段的长度;
 ② J_1 为吊货杆端部断面的惯性矩。

3.4 吊货杆轴向压力亦可按弹性稳定理论计算。计算时应计及吊货杆的自重弯矩与头部弯矩的作用。吊货杆承受轴向压力进行稳定性校核时, 稳定性安全系数 n 应不小于表 3.4 规定。中间值用内插法求得。

吊杆轴向压力稳定性安全系数 n 表 3.4

吊货杆安全工作负荷(kN)	≤ 98	≥ 588
稳定性安全系数 n	2.5	2

3.5 钢材的屈服强度 σ_s 大于抗拉强度 σ_b 的 70% 时, 屈服强度 σ_s 应除以系数 β 进行修正, 系数 β 按表 3.5 选取, 中间值用内插法求得:

系 数 β 表 3.5

屈强比 σ_s/σ_b	≤ 0.7	0.75	0.80	0.85
系数 β	1.0	1.045	1.084	1.120

3.6 传统式吊杆装置的吊货杆头部弯矩, 系指由千斤索张力与起货滑车受力相应作用于其眼板时, 在吊货杆头部轴线上所产生的垂向弯矩代数和, 摆动稳索或保险稳索产生的水平向头部弯矩可以忽略不计。

3.7 吊杆式起重机的吊货杆头部由两根千斤索连接, 当吊货杆不在船中纵剖面位置时, 两根千斤

索上的张力出现不相等。为此,此类吊货杆在按本章 3.4 计算稳定性时,尚应计及吊货杆头部产生的扭矩。

4 桅与起重柱

4.1 桅与起重柱应至少有两层甲板作为支点,并与船体主结构作有效连接,甲板室如具有足够强度,可考虑作为 1 个支点。连接处的船体结构或甲板室甲板应作加强。

其他支持桅或起重柱的有效方法,将予以特别考虑。

4.2 桅或起重柱上受集中载荷的部位,如吊货杆承座、千斤索滑车眼板和桅支索眼板等部位,均应作适当加强。肘板的趾端和附件的角隅均不应位于未作加强的板上。加强方法应采用板的加厚方法。

4.3 结构应有连续性,应避免任何截面的突然变化。人孔与减轻孔等均应避免开设在集中载荷的部位与剪切力大的部位。

4.4 桅或起重柱的外径 D 应不大于按下式计算所得的值:

$$\text{当 } t \leq 15\text{mm 时, } D = \frac{1000t}{25-t} \text{ mm};$$

$$\text{当 } t > 15\text{mm 时, } D = 100t \text{ mm};$$

式中: t ——桅或起重柱的壁厚,mm。

桅或起重柱的最小壁厚应不小于 6mm; 当桅或起重柱兼作通风筒时,应不小于 7mm。

4.5 桅或起重柱在千斤索眼板处的外径,建议不小于其根部外径的 85%。

4.6 由起货索、千斤索和吊货杆承座等作用于桅或起重柱上的力均应按本章 2 有关规定由计算求得(包括图解计算),继由这些力计算桅或起重柱各个截面的复合应力。

4.7 计算桅或起重柱强度时,尚应考虑由吊货杆所产生的最不利的载荷组合如下:

(1) 装有 1 根吊货杆的桅或起重柱:

① 将吊货杆以最小仰角悬吊于 1 个货舱口上;

② 将吊货杆回转至舷外最大工作位置。

(2) 装有 2 根或 2 根以上吊货杆的桅或起重柱:

① 将 2 根吊货杆以最小仰角悬吊于 1 个货舱口上;

② 将 2 根吊货杆(1 根位于前货舱,1 根位于后货舱)回转至同一舷的舷外最大工作位置。

(3) 同一桅或起重柱上装有重型或轻型吊杆时,一般不考虑两者同时工作的载荷组合。

(4) 吊杆在其他工作位置如能使桅或起重柱(包括支索桅)产生大于上述受力的计算工况。

4.8 桅或起重柱在某一截面上的复合应力 σ_t 按下式算得:

$$\sigma_t = [(\sigma_b + \sigma_c)^2 + 3\tau^2]^{1/2} \quad \text{MPa}$$

式中: σ_b ——弯曲应力,MPa;

σ_c ——压缩应力,MPa;桅或起重柱本身的重量载荷可以忽略不计;

τ ——由扭矩引起的剪应力,MPa。

4.9 桅与起重柱包括桅肩和悬伸结构,相对于钢材屈服强度 σ_s 的安全系数,应不小于表 4.9 的规定。

4.10 钢材屈服强度 σ_s 大于抗拉强度 σ_b 的 70% 时,屈服强度应按本章 3.5 规定进行修正。

4.11 制造桅、起重柱及其附属件的钢材等级应不低于本章表 3.2 规定。

4.12 桅支索的布置应不妨碍吊杆的工作。支索的末端应装有松紧螺旋扣与甲板、舷墙或甲板室

上的眼板连接。

支索安装应预紧,预应力约为 30 MPa。

用于计算支索伸长的弹性模数取 1.1×10^5 MPa, 其剖面积取支索公称直径的剖面积。如有试验依据,则可取用较大的弹性模数值。

桅与起重柱钢材的安全系数

表 4.9

吊杆安全工作负荷 (kN)	安全系数	
	支索桅	无支索桅、桅肩和悬伸结构
$SWL \leq 98$	2.20	2.0
$SWL \geq 588$	1.76	1.6
$98 < SWL < 588$	用内插法	

第 3 章 起重机、升降机与跳板

1 一般规定

1.1 本章适用于下列各类起重机：

- (1) 安装在船上用于在港口条件下装卸货物和集装箱的甲板起重机；
- (2) 安装在驳船上或囤船上用于在港口条件下作业的浮式起重机或抓斗式起重机；
- (3) 安装在船上（包括浮船坞）用于在港口条件下吊运设备和物料等的机舱或物料起重机；
- (4) 安装在固定或移动式平台上用于吊运设备和物料的起重机；
- (5) 安装在船上用于在近海环境条件下吊放无人设施的起重机，诸如数管起重机。

1.2 吊杆式起重机不包括在本章范围内，其设计应按本篇第 2 章规定进行。

1.3 安装在船上的起重机一般可按标准作业工况进行设计；平台上的起重机应按特殊作业工况进行设计。

1.4 不包括在本章 1.1 所述范围或环境条件内的起重机或升降机将予以特别考虑。

2 普通起重机

2.1 一般要求

2.1.1 本章 2 的要求一般适用于本章 1.1 (1) ~ (3) 所述的起重机作业于港区或遮蔽水域，在此水域内船舶在波浪作用下无显著的运动，以及风力不大于蒲氏 2 级所定义的海况。

2.1.2 作用于起重机结构上的力与载荷由相应的作业与环境条件确定。在设计起重机时，应明确规定起重机的性能，诸如安全工作负荷、起升载荷、工作幅度、起升高度、起重机的各种运动速度和制动次数等。

2.2 起重机在工作时应考虑的力和载荷

2.2.1 根据起重机的用途、作业特性，应考虑如下几种力和载荷：

- (1) 质量载荷（见第 1 章 2.14）；
- (2) 起升载荷（见第 1 章 2.11）；
- (3) 由起重机的各种运动所产生的惯性力；
- (4) 由船舶倾斜所产生的力；
- (5) 荷重非垂直吊运时，因荷重摆动所产生的力；
- (6) 风力与环境的影响；
- (7) 通道与平台上的载荷。

2.2.2 起重机的结构与放置设施对下述状态亦应进行核算：

- (1) 由船舶运动与倾斜所产生的力；
- (2) 风力与环境的影响。

2.3 基本载荷

2.3.1 作用在起重机上的基本载荷为质量载荷与起升载荷。

2.4 作业系数

2.4.1 起重机根据其作业性质分类，每一类起重机的作业系数 φ_d 按表 2.4.1 选取。此系数按作业频次与吊运的繁重程度决定，并假定在正常船用条件下的工作寿命（工作循环次数）不超过 6×10^5

次。对工作特别繁重的起重机，表列作业系数应作适当提高。

2.4.2 起升载荷与质量载荷均应考虑作业系数 φ_d 的影响。

作业系数 φ_d

表 2.4.1

起重机的形式和用途	作业系数 φ_d
物料起重机、机舱用起重机	1.0
甲板起重机、集装箱起重机 龙门式起重机、浮式起重机	1.05
抓斗式起重机	1.20

2.5 起升动载力和起升系数 φ_h

2.5.1 吊运起升载荷时，由于加速度和冲击的影响，在起重机的结构上增加了起升动载力。起升系数 φ_h 按下式算得：

$$\varphi_h = 1 + CV$$

式中： V ——起升速度，m/s；当起升速度超过 1m/s 时，仍按 1m/s 计算；

C ——决定于起重机刚度的系数。对臂架式起重机取 0.3，对龙门式起重机取 0.6。

但在任何情况下臂架式起重机的 φ_h 应不小于 1.10，龙门式起重机的 φ_h 应不小于 1.15。

2.6 起重机行走时的惯性力

2.6.1 起重机行走时应考虑的惯性力如下：

(1) 起重机在平整铺设的轨道上行走时所产生的垂直反作用力，通常可以忽略不计。

(2) 水平运动惯性力为起升载荷和起重机自身质量与行走机构起动或制动时产生的加速度或减速度的乘积。

加速度或减速度可按工厂提供的实际数据；如无实际数据，则可根据已知的行走速度与工作条件按下述规定算得：

① 低速行走的起重机，行走速度 V 为 0.4 ~ 1.5m/s，加速度较小，其加速度 a 可取：

$$a = 0.15 \sqrt{V} \quad \text{m/s}^2$$

② 中高速行走的起重机，行走速度 V 为 1.5 ~ 4m/s，加速度中等，其加速度 a 可取：

$$a = 0.25 \sqrt{V} \quad \text{m/s}^2$$

③ 行走速度 V 为 1.5 ~ 4m/s、加速度大的起重机，其加速度 a 可取：

$$a = 0.33 \sqrt{V} \quad \text{m/s}^2$$

2.7 起重机行走运动时的侧向力

2.7.1 起重机行走时应考虑两对轮子在轨道上产生的力偶，此力偶由垂直于轨道的水平力组成，力偶的水平侧向力 F_l 按下式算得：

$$F_l = \lambda P \quad \text{N}$$

式中： P ——垂直于轮子上的载荷，N；

λ ——系数，按轨距和前后轮距之比由图 2.7.1 (a) 查得。轮距按图 2.7.1 (b)、图 2.7.1 (c) 规定处理。

2.8 缓冲器和碰撞力

2.8.1 对行走式起重机应考虑碰撞缓冲器时作用在起重机结构上的碰撞力。

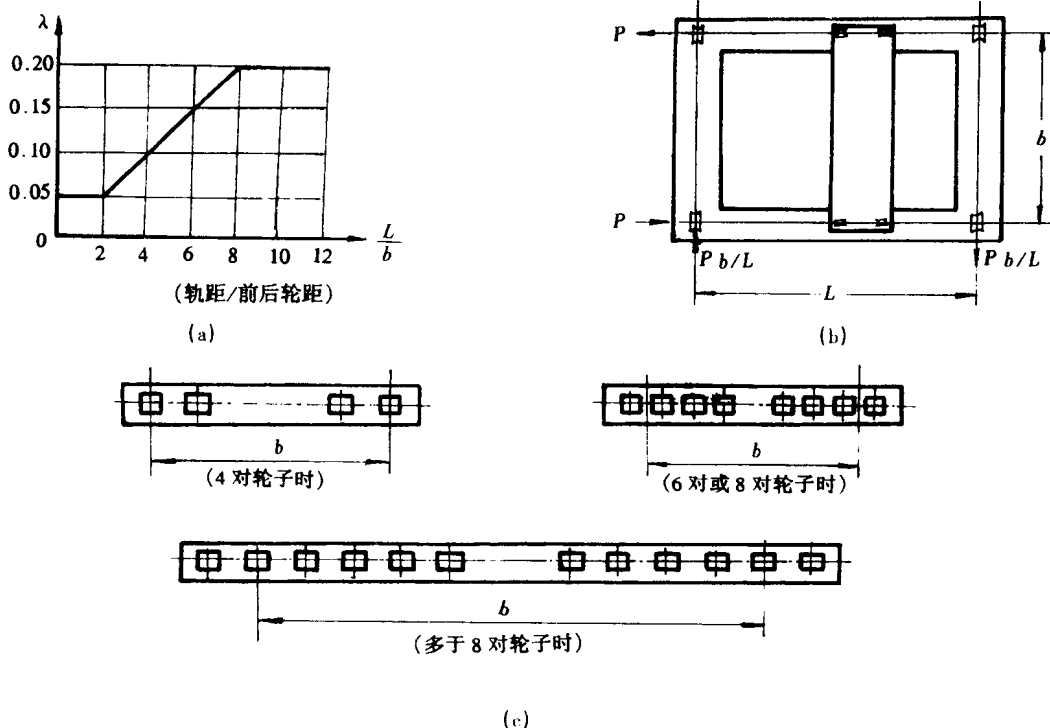


图 2.7.1

(a) 系数 λ ; (b)、(c) 轨距和轮距

2.8.2 计算作用在起重机结构上的碰撞力时,应假定缓冲器能吸收起重机在空载状态下以 70% 额定速度行走时产生的部分动能,碰撞力可按此时受缓冲器阻挡后的减慢速度进行计算。

2.8.3 对设有减速装置并在起重机到达缓冲器之前能自动动作进行有效减速的起重机,可由减速后的速度计算碰撞力。

2.8.4 对起升载荷可自由摆动的起重机,计算起重机与缓冲器的碰撞力时,起升载荷不需计入起重机的自重内;对起升载荷受坚固导架限制不能自由摆动的起重机,则起升载荷应计入起重机的自重内。

2.9 回转与变幅运动惯性力

2.9.1 由于起重机回转、变幅而作用于起升载荷与起重机结构上的惯性力应予考虑。

2.9.2 臂架式起重机在回转与变幅运动时,作用在起升载荷上的水平惯性力按起升钢索(垂直部分)的摆幅所产生的水平力计算。

2.9.3 回转与变幅机构加速与减速时,作用在运动部件与起升载荷上的水平惯性力,应为该质量与加速度乘积的 1.5 倍。

2.9.4 作用在起重机结构上的离心力可以忽略不计。

2.10 船舶倾斜载荷

2.10.1 船舶起重机设计时,应考虑船舶横倾 5° 、纵倾 2° 情况下能在港区或对海浪有良好遮蔽的海域内安全而有效地作业。如设计的起重机拟适用于大于上述船倾角情况下作业,此种状态应予以考虑。对非常规船型船舶上起重机的设计,需考虑较小的横倾和纵倾,并应经同意。

2.11 船舶运动载荷

2.11.1 起重机在放置状态下,起重机、起重机的放置设施和该处的结构在设计中应考虑能承受下列两种情况的组合力:

- (1) 垂直于甲板的加速度为 $\pm 1.0g$;
- 前后方向平行于甲板的加速度为 $\pm 0.5g$;

静横倾 30° ;

风速 55m/s , 作用于前后方向。

(2) 垂直于甲板的加速度为 $\pm 1.0g$;

横向平行于甲板的加速度为 $\pm 0.5g$;

静横倾 30° ;

风速 55m/s , 作用于横向。

2.11.2 上述 2.11.1 亦可按船舶运动加速度产生的力、构件的静载力和 55m/s 风速作用在最不利方向的载荷进行考虑。

对常规船舶, 船舶各种运动形式的参数 (幅值和运动周期) 可按表 2.11.2 (a) 算得, 由船舶运动形式所产生的分力可按表 2.11.2 (b) 算得。

上述静载力与惯性力应按下述方式进行组合:

(1) 横摇 + 垂荡;

(2) 纵摇 + 垂荡;

(3) 0.8 (横摇 + 纵摇) + 垂荡。

船舶运动的参数

表 2.11.2 (a)

运动形式	最大单幅值	周期 (s)
横摇	$\varphi = 30^\circ$	$T_r = \frac{0.7B}{\sqrt{GM}}$
纵摇	$\psi = 12e^{-\frac{L_{pp}}{300}}$	$T_p = 0.5\sqrt{L_{pp}}$
垂荡	$\frac{L_{pp}}{80}$	$T_h = 0.5\sqrt{L_{pp}}$

表中: L_{pp} ——垂线间长, m;

GM ——装载船舶的初稳性高度, m;

B ——型宽, m;

ψ ——取不大于 8° ;

e ——自然对数。

船舶运动的分力

表 2.11.2 (b)

力源	分力 (N)		
	垂直于甲板	平行于甲板	
		横向	纵向
横摇	$\pm 0.07 \frac{\varphi y}{T_r^2} W$	$\pm 0.07 \frac{\varphi Z_r}{T_r^2} W$	
纵摇	$\pm 0.07 \frac{\psi x}{T_p^2} W$		$\pm 0.07 \frac{\varphi Z_p}{T_p^2} W$
垂荡	$\pm 0.05 \frac{L_{pp}}{T_h^2} W \cos \varphi$	$\pm 0.05 \frac{L_{pp}}{T_h^2} W \sin \varphi$	
	$\pm 0.05 \frac{L_{pp}}{T_h^2} W \cos \psi$		$\pm 0.050 \frac{L_{pp}}{T_h^2} W \sin \varphi$

表中: y ——自船中心线至起重机中心线平行于甲板的横向距离, m;

x ——自纵摇运动中心即纵向漂心至起重机中心线平行于甲板的纵向距离, m;

Z_r ——自横摇运动中心即船舶的垂向重心至起重机重心的垂直距离, m;

Z_p ——自纵摇运动中心至起重机重心的垂直距离, m;

W ——起重机或其部件的重力, N。

2.12 风载荷

2.12.1 由风速产生的风压 q 按下式算得:

$$q = 0.613 V^2 \quad \text{Pa}$$

式中：V——风速，m/s；起重机工作时的风速应取 20m/s，起重机在放置状态下的风速应取 55m/s，如预计有更大风速，则应取更大的风速。

2.12.2 作用在起升载荷上的风力，一般以每 9.8kN 安全工作负荷的风力为 300N 来考虑；对起升载荷的形状和尺度为特殊者，亦可按其外形和尺度来考虑风的作用力。

2.12.3 作用在起重机结构上或单个构件上的风力 F_w 按下式算得：

$$F_w = CqA \quad \text{N}$$

式中：C——风力系数，方向与风向同，见表 2.12.3 和图 2.12.3；

q ——作用风压，Pa；

A——构件的投影面积，方向与风向垂直， m^2 。组合结构的投影面积为结构上每个构件的投影面积之和。

$$\text{空气动力长细比} = \frac{\text{构件的长度}}{\text{截面（垂直于风向）的宽度}} = \frac{l}{b} \text{ 或 } \frac{l}{D}$$

$$\text{截面比（箱形）} = \frac{\text{截面（垂直于风向）的宽度}}{\text{截面（平行于风向）的深度}} = \frac{b}{d}$$

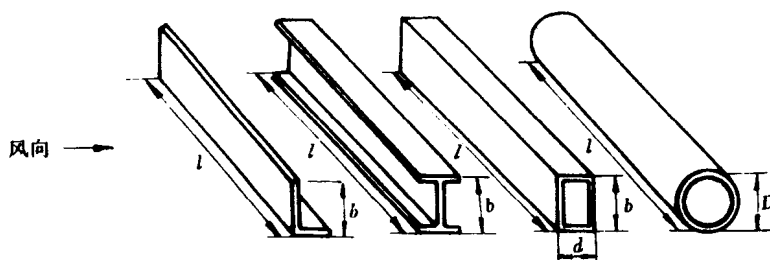


图 2.12.3 空气动力长细比和截面比

风力系数 C

表 2.12.3

类别	说 明		空气动力长细比 l/b 或 l/D					
			5	10	20	30	40	50
单根构件	型钢、矩形型材、空心型材、板材		1.3	1.35	1.6	1.65	1.7	1.8
	圆形型材	$DV < 6\text{m}^2/\text{s}$	0.75	0.80	0.90	0.95	1.0	1.1
		$DV \geq 6\text{m}^2/\text{s}$	0.60	0.65	0.70	0.70	0.75	0.80
	箱形构件： 正方形：350×350mm ² 以上 矩 形：250×450mm ² 以上	$b/d \geq 2$	1.55	1.75	1.95	2.1	2.2	—
		1	1.40	1.55	1.75	1.85	1.9	—
		0.5	1.0	1.2	1.3	1.35	1.4	—
		0.25	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	—
单个构件	平侧面型材		1.7					
	圆形型材	$DV < 6\text{m}^2/\text{s}$	1.2					
		$DV \geq 6\text{m}^2/\text{s}$	0.8					
机房等	安装在地面或满实底层上的 长方建筑，底部空气不能流通		1.1					

注：D 为圆形型材直径，m； V 为风速，m/s。