

第十八篇 起重设备

目 录

第一章 一般规定	723
1.1 通则	723
1.2 定义	723
1.3 应送审的图纸和资料	724
第二章 吊杆装置	727
2.1 计算工况和计算载荷	727
2.2 摆动吊杆和双杆系统	728
2.3 吊货杆	730
2.4 桅和起重柱	732
第三章 起重机、升降机和跳板	734
3.1 通则	734
3.2 普通船用起重机	734
3.3 近海用起重机	749
3.4 潜水器吊放系统	751
3.5 起重机基座	752
3.6 货物和车辆升降机	753
3.7 车辆跳板	758
3.8 乘客和船员升降机	760
第四章 机械、电气和控制系统	766
4.1 通则	766
4.2 乘客和船员升降机的控制和保安装置	767
4.3 装卸货物用起重设备的控制和保安装置	767
第五章 零部件和绳索	770
5.1 通则	770
5.2 固定零部件	770
5.3 活动零部件	770
5.4 绳索	771
第六章 试验	773
6.1 通则	773
6.2 活动零部件的试验	773
6.3 绳索的破断试验	774
6.4 起重设备的试验	775
6.5 起重设备的重新试验	776
6.6 不允许存在的缺陷	777
第七章 标记	778

7.1 活动零部件的标记	778
7.2 起重设备的标记	778
附录 折减系数 ϕ	780

第一章 一般规定

1.1 通 则

1.1.1 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) 潜水器吊放系统;
- (4) 乘客和船员用升降机;
- (5) 货物、车辆升降机和车辆跳板。

1.1.2 本篇 1.1.1 中未述及的起重设备, 本局将在本篇的基础上予以考虑。

1.1.3 船舶和海上设施的起重设备的机电设备、材料和焊接应符合中国船级社《钢质海船入级与建造规范》的有关规定。

1.1.4 本局承认的有关标准, 可考虑作为本篇的等效来设计起重设备, 但此标准应考虑到起重设备每种工况的运行方式所产生的力。

1.1.5 本局承认的有关零部件标准一般均可作为本篇的等效。

1.1.6 等效于本篇要求的替代设施或零部件可同意采用。

1.1.7 送审新颖或具有特殊性能的起重设备的设计图纸时, 可要求设计部门送审补充计算书。

1.1.8 起重设备的设计、制造和试验应符合本篇的有关规定。

1.2 定 义

1.2.1 起重设备 是指安装在船上或海上设施上的吊杆装置、吊杆式起重机、起重机、潜水器吊放系统以及升降机和跳板等用以吊运或载运货物、设备、物品、潜水器、潜水系统和人员等的设备。

1.2.2 轻型吊杆 是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。

1.2.3 重型吊杆 是指安全工作负荷大于 98kN 的吊杆装置和吊杆式起重机。

1.2.4 吊杆式起重机 是指具有双千斤索的吊杆装置, 能在带载情况下由一人即可进行回转和变幅操作。

1.2.5 活动零部件 是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、吊框和类似设备亦称之为活动零部件。

1.2.6 固定零部件 是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、箍环和嵌入滑轮等。

1.2.7 安全工作负荷 (SWL):

(1) 起重设备的安全工作负荷,是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,是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。

1.2.8 标准作业工况 是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。

1.2.9 特殊作业工况 是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) 船舶横倾和(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大于 20m/s ,相应风压大于 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相一致。

1.2.10 因素载荷 是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

因素载荷 = 起升载荷 \times 作业系数 \times 动载系数

1.2.11 起升载荷 是起重设备安全工作负荷和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。

1.2.12 作业系数 是指考虑起重设备作业频次和载荷状态所给的余度系数。

1.2.13 动载系数 是在起重设备工作时,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。

1.2.14 质量载荷 是指不包括在起升载荷中的起重设备部件的质量。

1.2.15 设计应力 是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,同时受到侧向载荷和风载荷。

1.3 应送审的图纸和资料

1.3.1 吊杆装置应送交下列图纸和资料供审批。

(1) 吊杆装置布置图,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和数据;

(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;

若采用本局认为适合此用途的国际标准和国家标准仅送交明细表，并说明其材料、安全工作负荷和所应用的标准；

(6) 滑车、链条、卸扣、吊钩、转环和其他活动零部件的明细表，并说明其材料，安全工作负荷，验证负荷和所应用的标准；

(7) 所用钢索、纤维索的构造、尺寸、涂层和破断负荷明细表，钢索应表明钢丝的公称拉力强度；

(8) 本条 (3)、(4)、(5) 均应表明所使用的钢材等级、焊接材料和焊缝规格；

(9) 桅、起重柱和支索（如设有时）以及吊货杆的强度和（或）稳定性计算。

1 3 2 起重机应送交下列图纸和资料供审批

(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、回转和行走机构布置图，包括超负荷保护、超力矩保护和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应用的国家标准；

(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和焊缝规格，这些部件包括臂架、塔架、平台、门架、轮架，回转支承环、基座、栏杆和存放设施等；

(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、吊架和其他活动零部件的详图，并说明其材料、安全工作负荷，验证负荷和所应用的标准；

(9) 所使用钢索的构造、尺寸、涂层、破断负荷和钢丝的公称拉力强度。

1.3.3 潜水器吊放系统除应按 1.3.2 规定的送审图纸和资料外，尚应补充送审绞车、电气和控制系统的图纸和资料。

1.3.4 机械、电气和控制系统应送审的图纸和资料见第四章 4.1.2。

1.3.5 有关升降机和跳板应送审的设计图纸和资料。

(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 滑轮和滑轮支承详图，

④ 表明额定能力、车辆载荷、车轮中心、轮胎印、工作范围和角度以及部件的质量和重心的计算；

⑤ 液压油缸和工作系统详图（如设有时），

⑥ 卷绕装置图；

⑦ 钢索和链条的尺寸、构造、涂层和破断负荷；

⑧ 放置装置。

(2) 有关升降机部分尚应送审下述图纸和资料；

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) 机械、电气和控制系统应送审的图纸和资料见第四章 4.1.2。

第二章 吊杆装置

2.1 计算工况和计算载荷

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

2.1.2 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时,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) 确定起货滑车和嵌入滑轮(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° 。

2.1.3 船舶倾斜

(1) 船舶横倾 5° 纵倾 2° 为假定吊杆装置工作时的船舶基本状态。

(2) 轻型摆动吊杆和双杆系统可忽略本条(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本条(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° 纵倾 2° 时,则应计及实际角度产生的影响。

2.1.4 吊杆装置的基本载荷

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

(2) 双杆系统的基本载荷为安全工作负荷。

2.1.5 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。

2.1.6 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 2.1.6 的规定。

表 2.1.6

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

注: SWL 为吊杆装置的安全工作负荷 kN。

2.2 摆动吊杆和双杆系统

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

2.2.2 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。

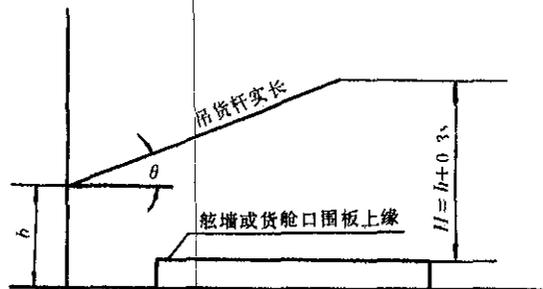
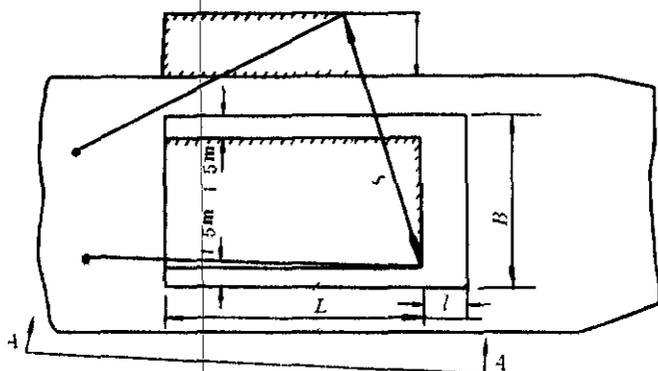
2.2.3 摆动稳索的工作负荷按表 2.2.3 算得

表 2.2.3

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。

2.2.4 对双杆操作,舷内、外吊货杆处于同一实际工作中的最低仰角下,吊货杆的工作范围和长度应满足如下要求(见图 2.2.4)。



A-A 视图

图 2.2.4

θ —吊杆仰角,双杆相等; L —货舱口长, m; B —货舱口宽, m; C —舷外跨距, m; S —吊货杆头水平投影距离, m; h —吊货杆底座至甲板的高度, m; l —见 2.2.4 (2); h —见 2.2.4 (3)。

(1) 舷外吊货杆的舷外跨距 C 应不小于中部船宽以外 3.5m, 或船舶所有人要求的舷外跨距。

(2) 舷内吊货杆头部在货舱口内的投影位置应位于

- ① 货舱口配有一对吊杆时, 离货舱口对边距离 l 不大于 $L/5$;
- ② 货舱口配有二对吊杆时, 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。

5m, 当 $SWL \leq 19.6\text{kN}$,

6m, 当 $SWL > 19.6\text{kN}$,

SWL ——双杆安全工作负荷。

在某些情况下, 如上述高度 h 尚不能适应使用情况时应作适当增加。

2.2.5 吊杆装置双杆操作的受力计算, 应根据实际工作范围中, 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 2.2.5 (1) 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, 见图 2.2.5 (2) 所示。

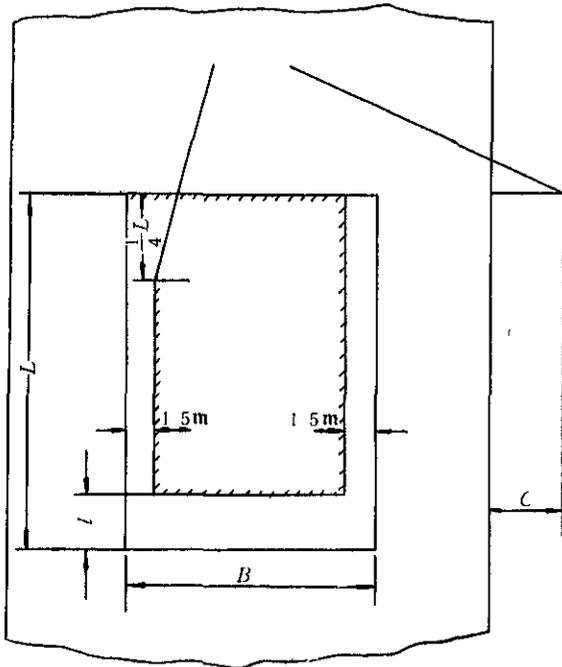


图 2.2.5 (1) 注: 符号 L 、 l 、 B 、 C 同图 2.2.4 说明。

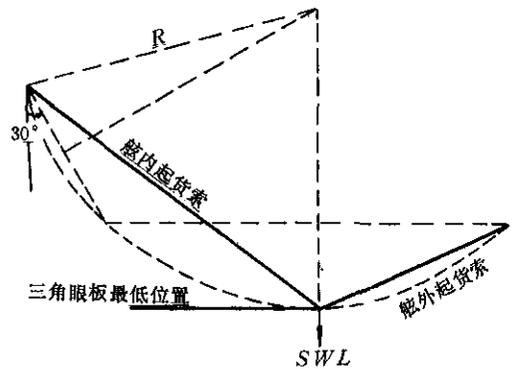


图 2.2.5 (2)

2.2.6 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 $\text{tg}\theta$ (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 2.2.6。

2.2.7 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。

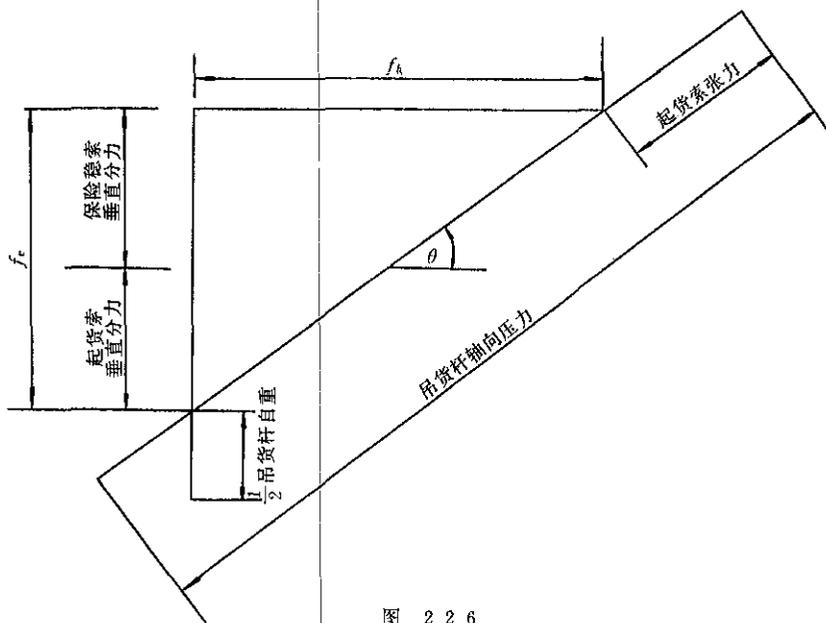


图 2 2 6

2.3 吊 货 杆

2.3.1 吊货杆的构造.

(1) 吊货杆可为在全长范围内直径和厚度保持不变的杆件, 或中段的直径和厚度保持一定长度不变, 而中段到两端逐渐减小的变断面杆件。

(2) 变断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 亦不需大于 1/30, 但任何情况下不得小于 4mm。

(4) 吊货杆的长细比一般应不大于 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。

2.3.2 吊货杆及其附件的材料应符合表 2.3.2 的规定或符合本局认为适合此用途的国家标准。

表 2.3.2

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, Γ36

2.3.3 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 2.3.3 (1) 规定, 其轴向力 p 按下式算得

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

式中 m ——系数, 按表 2.3.3 (2) 选取, 中间值用内插法求得,

E ——钢材弹性模量, $2.06 \times 10^5 \text{N/mm}^2$;

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 ——吊货杆中部断面惯性矩, cm^4 ;

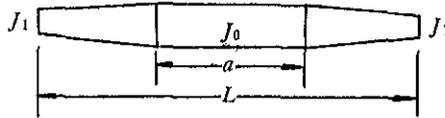
n ——稳定性安全系数, 按表 2 3 3 (1) 选取, 中间值按内插法求得。

表 2 3 3 (1)

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 应用表内安全系数时, 吊货杆长细比 λ 应不大于 145

表 2 3 3 (2)



a/L	0.2	0.4	0.6	0.8
J_1/J_0				
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。

2 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和头部弯矩的作用。吊货杆承受轴向压力进行稳定性校核时, 稳定性安全系数应不小于表 2 3 4 规定。中间值用内插法求得。

表 2 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

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 β 进行修正, 系数 β 按表 2 3 5 选取, 中间值用内插法求得

表 2 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

2 3 6 传统式吊杆装置的吊货杆头部弯矩, 是指由千斤索张力和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。

2 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 2.3.4 计算稳定性时，尚应计及吊货杆头部产生的扭矩。

2.4 桅和起重柱

2.4.1 桅和起重柱应至少有二层甲板作为支点，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一个支点。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。

2.4.2 桅或起重柱上受集中载荷的部位，如吊货杆承座、千斤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。

2.4.3 结构应有连续性，应避免任何截面的突然变化。人孔和减轻孔等均应避免开设在集中载荷的部位和剪切力大的部位。

2.4.4 桅或起重柱的外径 D 应不大于按下式计算所得的值。

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

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

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；如果桅或起重柱兼做通风筒时，应不小于 7mm。

2.4.5 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%。

2.4.6 由起货索、千斤索和吊货杆承座等作用於桅或起重柱上的力均应按本章 2.2 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。

2.4.7 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) 装有一根吊货杆的桅或起重柱。

将吊货杆以最小仰角悬吊于一个货舱口上；

将吊货杆回转至舷外最大工作位置。

(2) 装有二根或二根以上吊货杆的桅或起重柱。

将二根吊货杆以最小仰角悬吊于一个货舱口上；

将二根吊货杆（一根位于前货舱，一根位于后货舱，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。

2.4.8 桅或起重柱在某一截面上的复合应力 σ_1 按下式算得。

$$\sigma_1 = [(\sigma_b + \sigma_c)^2 + 3\tau^2]^{1/2} \text{ N/mm}^2$$

式中： σ_b ——弯曲应力，N/mm²；

σ_c ——压缩应力，N/mm²；桅或起重柱本身的质量载荷可以忽略不计，

τ ——由扭矩引起的剪应力，N/mm²。

2.4.9 桅和起重柱包括桅肩和悬伸结构，相对于材料屈服强度 σ_s 的安全系数，应不小于表 2.4.9 的规定

表 2 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	

2 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 2 3.5 规定进行修正。

2 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 2 3 2 规定。

2 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 3.0 N/mm^2 。

用于计算支索伸长的弹性模数取 $1.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$, 截面积取支索公称直径的截面积。如有试验依据, 则可取用较大的弹性模数值。

第三章 起重机、升降机和跳板

3.1 通 则

3.1.1 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或吊放有人潜水器和潜水系统的装置；
- (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，诸如敷管起重机。

3.1.2 吊杆式起重机不包括在本章范围内，其设计应按本篇第二章办理。

3.1.3 安装在船上的起重机一般可按标准作业工况进行设计；平台上的起重机和吊放潜水器或潜水系统的吊放装置应按特殊作业工况进行设计。

3.1.4 不包括在本章 3.1.1 所述范围或环境条件内的起重机或升降机本局将予以特别考虑。

3.2 普通船用起重机

3.2.1 一般要求

(1) 本 3.2 节要求一般适用于本章 3.1.1 (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) 作用于起重机结构上的力和载荷由相应的作业和环境条件确定。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。

3.2.2 起重机在工作时应考虑的力和载荷

(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（见本篇 1.2.14），
- ② 起升载荷（见本篇 1.2.11）；
- 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，由荷重摆动所产生的力；
- ⑥ 风力和环境的影响；
- ⑦ 通道和平台上的载荷。

(2) 起重机的结构和放置设施对下述状态亦应进行核算。

- ① 由船舶运动和倾斜所产生的力；
- ② 风力和环境的影响。

3.2.3 基本载荷

作用在起重机上的基本载荷为质量载荷和起升载荷。

3.2.4 作业系数

起重机根据其作业性质分类，每一类起重机的作业系数 φ_0 按表 3 2 4 选取。此系数按作业频次和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，表列系数应作适当提高。

起升载荷和质量载荷均应考虑作业系数 φ_0 的影响。

表 3 2 4

起重机的形式和用途	作业系数 φ_0
物料起重机、机舱用起重机	1 0
甲板起重机、集装箱起重机	1 05
龙门式起重机浮式起重机 ($SWL > 157kN$)	1 10
浮式起重机 ($SWL \leq 157kN$)	1 10
抓斗式起重机	1 20

3.2.5 起升动载力和起升系数 φ_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_1 按下式算得，

$$\varphi_1 = 1 + CV$$

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_1 应不小于 1.10，龙门式起重机的 φ_1 应不小于 1.15。

3.2.6 起重机行走时的惯性力

起重机行走时，应考虑惯性力如下

- (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₀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，如无实际数据时，则可根据已知的行走速度和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，其加速度可取 $a = 0.15 \sqrt{V}$ ，m/s²，

② 中高速行驶的起重机，行走速度 V 为 1.5~4m/s，加速度中等，其加速度可取 $a = 0.25 \sqrt{V}$ ，m/s²，

③ 行走速度高，加速度大的起重机，其加速度可取 $a = 0.33 \sqrt{V}$ ，m/s²。

3.2.7 起重机行走运动时的侧向力

起重机行走时应考虑二对轮子在轨道上产生力偶，此力偶由垂直于轨道的水平力组成，力偶的水平侧向力 F_1 按下式算得

$$F_1 = \lambda P \quad \text{N}$$

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 3.2.7 (1) 查得。轮距按图 3.2.7 (2), (3) 规定处理。

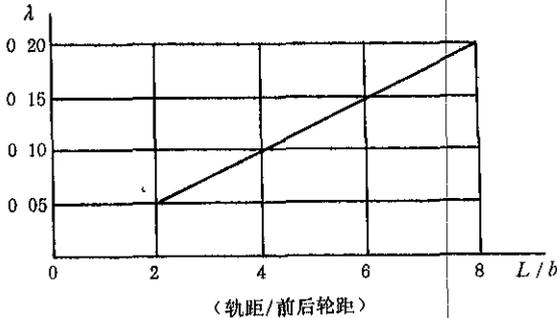


图 3.2.7 (1)

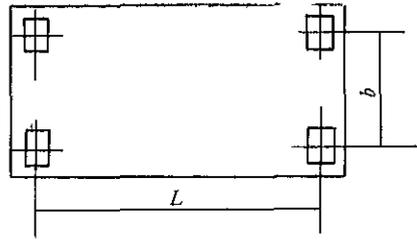


图 3.2.7 (2)

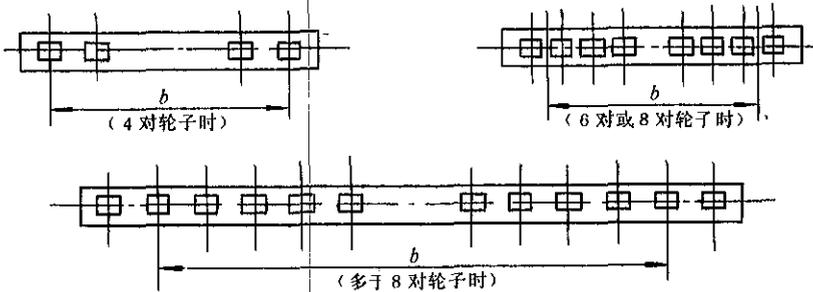


图 3.2.7 (3)

3.2.8 缓冲器和碰撞力

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。

(1) 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) 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, 则可由减速后的速度计算碰撞力。

(3) 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轨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。

3.2.9 回转和变幅运动惯性力

(1) 由于起重机回转、变幅而作用于起升载荷和起重机结构上的惯性力应予考虑。

(2) 臂架式起重机在回转和变幅运动时, 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。

(3) 回转和变幅机构加速和减速时, 作用在运动部件和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。

(4) 作用在起重机结构上的离心力可以忽略不计。

3.2.10 船舶倾斜载荷

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时，此种状态应予考虑。对非常规船型船舶上起重机的设计，如需考虑较小的横倾和纵倾，应经本局同意。

3 2 11 船舶运动载荷

(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) 本条 (1) 款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 3 2 11 (1) 算得，由船舶运动形式所产生的分力可按表 3 2 11 (2) 算得。

上述静载力和惯性力应按下述方式进行组合。

- ① 横摇和垂荡
- ② 纵摇和垂荡
- ③ 0.8 （横摇+纵摇）+垂荡

表 3 2 11 (1)

运动形式	最大单幅值	周期 (s)
横摇	$\varnothing = 30^\circ$	$T_r = \frac{0.7B}{\sqrt{GM}}$
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。

表 3 2 11 (2)

力源	分力 (N)		
	垂直于甲板	平行于甲板	
		横向	纵向
横摇	$\pm 0.070 \frac{\phi_y}{T_y^2} W$	$\pm 0.070 \frac{\phi_z}{T_z^2} W$	
纵摇	$\pm 0.070 \frac{\phi_x}{T_x^2} W$		$\pm 0.070 \frac{\phi_z}{T_z^2} W$
垂荡	$\pm 0.05 \frac{L_{pp}}{T_h^2} W \cos \phi$	$\pm 0.050 \frac{L_{pp}}{T_h^2} W \sin \phi$	
	$\pm 0.05 \frac{L_{pp}}{T_h^2} W \cos \psi$		$\pm 0.050 \frac{L_{pp}}{T_h^2} W \sin \psi$

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深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

3 2 12 风载荷

(1) 由风速产生的风压 q 按下式算得

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

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, 如预计有更大风速时, 则应取更大的风速。

(2) 作用在起升载荷上的风力, 一般每 9 kN 安全工作负荷以 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。

(3) 作用在起重机结构上或单根构件上的风力 F_w 按下式算得

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

式中 C —— 风力系数, 方向与风向同, 见表 3 2.12 (1) 和图 3 2 12 (1);

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与结构上每根构件的投影面积之和。

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

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

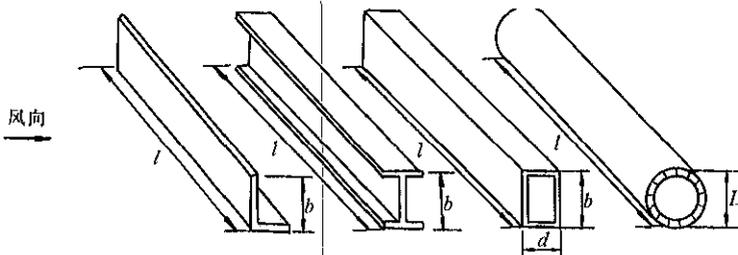


图 3 2 12 (1) 空气动力长细度和截面比

表 3 2 12 (1)

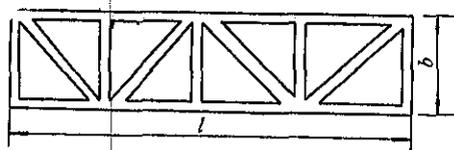
类别	说明		空气动力长细度 l/b 或 l/D					
			5	10	20	30	40	50
单根构件	型钢、矩形型材、空心型材、板材		1.3	1.35	1.6	1.65	1.7	1.8
	圆形型材	* $DV < 6\text{m}^2/\text{s}$	0.75	0.80	0.90	0.95	1.0	1.1
		* $DV \geq 6\text{m}^2/\text{s}$	0.60	0.65	0.70	0.70	0.75	0.80
	箱形构件: 正方形: $350 \times 350\text{mm}^2$ 以上 矩形: $250 \times 450\text{mm}^2$ 以上	$b/d \geq 2$	1	1.55	1.75	1.95	2.1	2.2
0.5			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 * $DV < 6\text{m}^2/\text{s}$ * $DV \geq 6\text{m}^2/\text{s}$		1.2 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					

* D 为圆形型材直径, m ; V 为风速 m/s 。

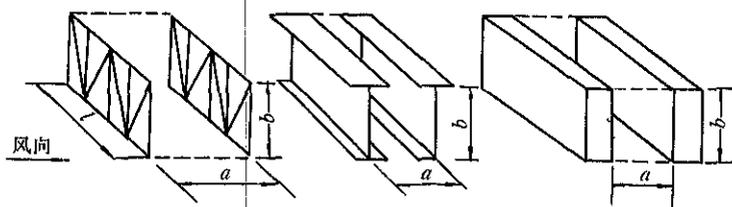
(4) 遮挡折减系数和有遮挡的构架或构件的风载荷

① 如一个结构由构架或构件组成并发生风力遮挡情况时, 迎风面的构架或构件和在迎风面后受遮挡的构架或构件, 仍应根据风力系数来计算风载荷, 但对有遮挡的部分尚应乘上一个遮挡折减系数 η , 见表 3.2.12 (2)。遮挡折减系数随着构架的满实率和布置间距比而变化, 满实率和间距比见图 3.2.12 (2) 说明。

② 如一个结构由几个相同的构架或构件组成, 彼此相隔间距相等且每个构架或构件遮挡其后的一个, 则所有这些构架或构件上的风载荷 F_w 按下式算得



$$\text{满实率} = \frac{A}{A_0} = \frac{\text{构架实际面积}}{\text{构架外框面积}} = \frac{\sum Am}{bl}$$



$$\text{间距比} = \frac{\text{相邻两个构架或构件间的距离}}{\text{构架或构件迎风面宽度}} = \frac{a}{b}$$

图 3 2 12 (2) 满实率和间距比

下。

① 塔架由平侧面型材组成时，取用 $1.7q(1+\eta)$ ；

② 塔架由圆形型材组成时

当 $DV < 6.0 \text{ m}^2/\text{s}$ 时，取用 $1.2q(1+\eta)$

当 $DV \geq 6.0 \text{ m}^2/\text{s}$ 时，取用 $1.4q(1+\eta)$

式中 D 和 V 见表 3 2 12 (1) 说明，系数 η 由表 3 2.12 (2) 查取，查表时应按迎风面的实际满实率和间距比 $a/b=1$ 时取值。

正方形截面的塔架，最大风载荷出现在风向对准角隅，此时的风载荷取 1.2 倍迎风面的载荷。

3 2.13 平台和走道上的载荷

平台和走道的设计应能承受均布载荷为 5000 Pa ，和在单个构件上应能承受的集中载荷为 3000 N 。

3 2.14 载荷工况和载荷组合

起重机设计应考虑下述四种工况所产生的组合载荷

(1) 工况 1 起重机工作于无风状态，应考虑载荷如下

① 质量载荷；

② (起升载荷 + 船舶倾斜 (横倾和纵倾) 所产生的起升载荷水平分力) \times 起升系数 φ_h ；

③ 其他最不利的水平力 (通常由回转加速度产生)，

④ 由船舶倾斜 (横倾和纵倾) 产生的质量载荷水平分力。组合载荷可用下述方式表示

$$[(1) + (2) + (3) + (4)] \times \text{作业系数 } \varphi_a$$

(2) 工况 2 起重机工作于有风状态, 应取的组合载荷为

本条 (1) 所表示的组合载荷加上最不利的风载荷。

(3) 工况 3. 起重机处于放置状态, 应取下述各载荷的组合。

船舶倾斜、船舶运动所产生的力和风的作用力。如有锚定、锁紧和绑扎等情况时, 亦应考虑在内。

(4) 工况 4. 起重机承受特殊载荷, 这些载荷为

- ① 碰撞缓冲器的作用力;
- ② 起升钢索破断或带平衡重的起重机平衡重突然跌落;
- ③ 起重机进行试验时的试验负荷。

3 2 15 抗倾覆稳定性

(1) 能带载荷行走的起重机应校核下述四种工况的抗倾覆稳定性

- ① 起重机工作于无风状态,
- ② 起重机工作于有风状态;
- ③ 起重机处于放置状态受暴风侵袭;
- ④ 起重机承受 3 2.14 (4) 所述的特殊载荷。

上述四种工况的载荷和力应分别乘以表 3 2 15 中所规定的载荷系数作为计算相对于某边的倾覆力矩, 每种工况的倾覆力矩总和如小于或等于扶正力矩时, 则认为起重机是稳定的。

(2) 起重机作业时如用锚定系固件 (反滚轮、锚钩等) 以保证其稳定性时, 锚定系固件的承载力可参与扶正力矩的计算。

表 3 2 15

起重机类别	工况	自重载荷	起升载荷	惯性力 (包括起升载荷)	风力	备注
桥式类型起重机	1	0.95	1.4	0	0	带悬臂起重机核算; (1) 纵向 (悬臂平面) 稳定性 (工况 1、2), (2) 横向 (行走方向) 稳定性 (工况 3) 无悬臂起重机核算; 横向稳定性 (工况 3)
	2	0.95	1.2	1	1	
	3	0.95	0	0	1.15	
	4	0.95	—	—	—	
臂架式起重机	1	0.95	1.50	0	0	
	2	0.95	1.35	1	1.0	
	3	0.95	0	0	1.1	
	4	0.95	-0.20	0	1.0	

3 2 16 许用应力

(1) 起重机结构件的许用应力 $[\tau]$ 按下式算得

$$[\tau] = \tau_s / \beta \cdot n \quad \text{N/mm}^2$$

式中 τ_s ——钢材屈服强度, N/mm^2 ;

n ——安全系数, 根据 3 2 14 所述的四种工况, 按表 3 2 16 (1) 选取;

β ——系数, 根据钢材的屈强比, 按本篇第二章表 2 3 5 选取。

表 3 2 16 (1)

1 况	1	2	3	4
安全系数 n	1.5	1.33	1.15	1.15

(2) 钢材在弹性应力形式下, 各种应力状态的失效力 σ , 应按表 3. 2 16 (2) 选取。

表 3 2 16 (2)

应力状态	符号	失效力 (N/mm ²)
拉伸应力	σ_t	$1.0\sigma_t$
压缩应力	σ_c	$1.0\sigma_c$
剪切应力	τ	$0.58\sigma_s$
承压应力	σ_{br}	$1.0\sigma_s$

(3) 承受复合应力的结构件, 许用应力衡准应符合下式要求

$$\sigma_{cp} = (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau^2)^{\frac{1}{2}} \leq 1.1 [\sigma]$$

式中 σ_{cp} ——合成后的应力, N/mm²;

σ_x —— x 轴方向的正应力, N/mm², $\sigma_x < [\sigma]$;

σ_y —— y 轴方向的正应力, N/mm², $\sigma_y < [\sigma]$;

τ ——剪切应力, N/mm², $\tau < 0.58 [\sigma]$,

$[\sigma]$ ——同本条 (1)。

3. 2 17 受压和受弯曲构件的稳定性许用应力

(1) 受压构件的稳定性许用应力是相对于构件的临界压应力除以表 3 2. 16 (1) 规定的安全系数 n 所得的应力。校核起重机臂架的稳定性, 除应校核臂架中单个构件的局部稳定性外, 尚应校核臂架的整体稳定性。

只受压应力的构件, 稳定性许用应力可按下式计算。

$$[\sigma_{st}] = \frac{\sigma_{cr}}{n} \text{ 或 } \frac{\varphi\sigma_s}{n}$$

式中 $[\sigma_{st}]$ ——稳定性许用应力, N/mm²;

$[\sigma_{cr}]$ ——构件的临界压应力, N/mm², 根据构件的长细比决定,

σ_s ——钢材屈服强度, N/mm²,

n ——安全系数, 见表 3 2 16 (1);

φ ——折减系数, 根据构件的长细比和截面形状决定, 由本篇附录查取。

(2) 同时承受压力和弯曲的构件, 应按下列应力衡准校核稳定性

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_s} + \frac{\sigma_c}{\sigma_{cr}} \leq \frac{1}{n}$$

式中 σ_m ——构件承受的弯曲应力, N/mm²;

σ_c ——构件承受的压应力, N/mm²;

σ_s 、 σ_{cr} 和 n 同本条 (1)。

构件在 x 轴和 y 轴二个方向同时承受弯曲应力时, 式中的 σ_m , 应以 x 轴向的弯曲应力 σ_{mx} 和 y 轴向的弯曲应力 σ_{my} 之和代替之。

3 2 18 起重机臂架整体稳定性校核

(1) 校核起重机臂架整体稳定性, 应校核在臂架平面和垂直面内的稳定性。

(2) 计算起重机臂架的长细比, 应以臂架的有效长度除以有效回转半径。有效回转半径

的计算见 3 2 19 (2)。

(3) 臂架的有效长度取决于臂架端部受限制的条件和支持的形式。由钢索支持的常规形式臂架，其有效长度按下式算得

$$l_e = kL$$

式中， l_e ——臂架有效长度，mm，

L ——臂架实际长度，mm，

k ——系数，根据下述两种情况算得

① 在臂架垂直面内，臂架可作为两端铰支， $k=1$ 即有效长度等于实际长度。

② 在臂架平面内，臂架可作为根部固定，头部的移动受到升起钢索和变幅钢索的部分限制，系数 k 按下式算得。

$$k = 2 - \left[\frac{R(D+CH)}{R_H D + C R_i H} \right]$$

式中 C ——作用于臂架头部的变幅钢索受力与起升钢索受力（非垂直部分）之比；

R 、 R_H 、 R_i 、 D 和 H 见图 3.2 18 表示，mm。

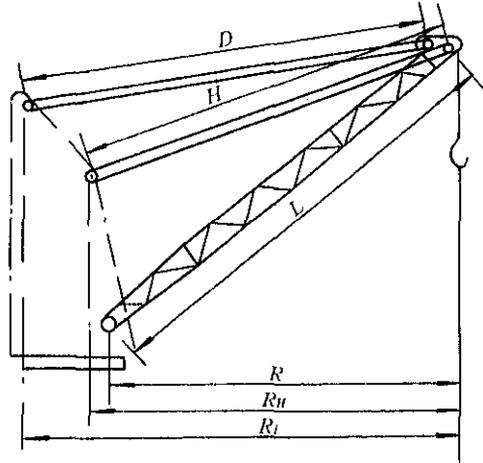


图 3 2 18

(4) 对于长细比大于表 3 2 19 (5) 规定的臂架或采用甚高强度钢制造的臂架，其计算应提交本局特别考虑。

3.2 19 长细比

(1) 回转半径不变的构件的长细比按下式算得。

$$\lambda = \frac{kL}{r}$$

式中 L ——构件的长度，mm，

r ——构件的回转半径，mm；

k ——构件的长度系数，根据支点受限制的程度而定，见表 3.2.19 (1)。

表 3 2 19 (1)

支点受限制程度	系数 k
二端固定	0.7

续上表

支点受限制程度	系数 k
一端固定, 一端铰支	0.85
二端铰支	1
一端固定, 一端自由但旋转受约束	1.5
一端固定, 一端自由	2

(2) 截面积不变, 面积矩成二次均匀变化的构件长细比计算公式同 (1), 但其回转半径 r 应以有效回转半径 r_e 代替。有效回转半径 r_e 按下式算得。

$$r_e = \left(\frac{I_e}{A} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ mm.}$$

式中, A ——构件截面积, mm^2 ;

I_e ——有效惯性矩, 以 mI_2 代入, mm^4 。

I_2 ——构件截面的最大惯性矩, mm^4 ;

m ——系数根据结构件形式分别按表 3.2.19 (2)、(3) 和 (4) 查取。

表 3.2.19 (2)

I_1/I_2	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
m	0.372	0.474	0.634	0.769	0.889	1.0

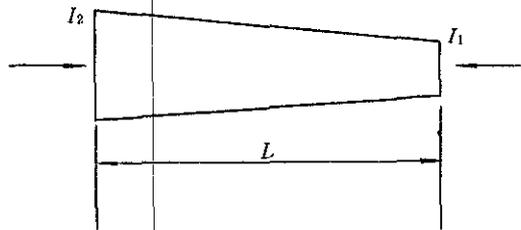


表 3.2.19 (3)

I_1/I_2	a/L					
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.1	0.555	0.622	0.689	0.756	0.823	0.891
0.2	0.652	0.708	0.765	0.821	0.877	0.934
0.4	0.776	0.815	0.854	0.894	0.933	0.972
0.6	0.866	0.890	0.915	0.940	0.964	0.988
0.8	0.938	0.950	0.961	0.973	0.985	0.996
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

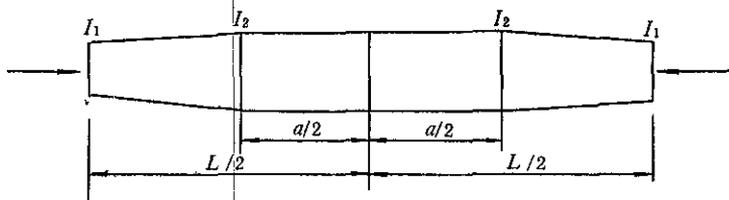
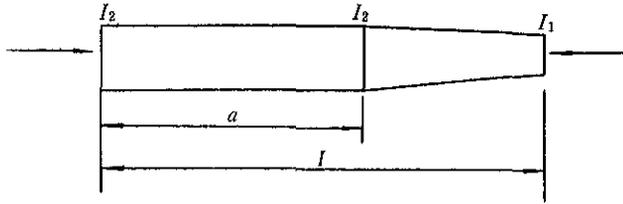


表 3 2 19 (4)

I_1/I_2	$a/4$					
	0	0 1	0 2	0 3	0 4	0 5
0 1	0 372	0 373	0 418	0 479	0 563	0 671
0 2	0 474	0 500	0 532	0 586	0 660	0 756
0 4	0 634	0 667	0 691	0 729	0 783	0 852
0 6	0 769	0 795	0 810	0 836	0 869	0 913
0 8	0 889	0 902	0 910	0 938	0 940	0 960
1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0



(3) 受压构件的长细比应不大于表 3 2.19 (5) 的规定。

表 3 2 19 (5)

构件种类		长细比
主要受压构件	主桁架的弦杆	120
	整体构件	150
次要受压构件 (主桁架的其他杆件、辅助桁架的弦杆等)		150

3 2 20 板的局部屈曲稳定性

(1) 板承受压缩或剪切时的局部压缩或剪切屈曲临界应力 σ_{cr}^c 和 τ_{cr} 分别按下列各式算得。

$$\sigma_{cr}^c = k_c E \left(\frac{t}{b}\right)^2 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\tau_{cr} = k_\tau E \left(\frac{t}{b}\right)^2 \quad \text{N/mm}^2$$

式中 E ——钢的弹性模量, $2.06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$,

t ——板的厚度, mm,

b ——板的宽度, mm,

k_c ——压缩屈曲系数, 见表 3 2.20;

k_τ ——剪切屈曲系数, 见表 3 2.20。

(2) 板承受压缩和剪切应力联合作用时, 板的复合临界应力 σ_{cr}^c 按下式算得:

$$\sigma_{cr}^c = \frac{\sqrt{\sigma_c^2 + 3\tau^2}}{\frac{1+\varphi}{4} \cdot \frac{\sigma_c}{\sigma_{cr}^c} + \sqrt{\left(\frac{3-\varphi}{4} \cdot \frac{\sigma_c}{\sigma_{cr}^c}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2}} \quad \text{N/mm}^2$$

式中 σ_c ——压缩应力, N/mm^2 ;

τ ——剪切应力, N/mm^2 ;

φ ——见表 3 2 20 应力状态说明,

σ_{cr}^c 、 τ_{cr} ——同本条 (1)。

(3) 本条 (1) 和 (2) 所算得的 σ_{cr}^c 、 $\sqrt{3}\tau_{cr}$ 或 σ_{cr}^p 数值大于钢材的比例极限 (假定比例极限为 $0.75\sigma_s$) 时, 应分别按下式算得的压缩、剪切和复合折减屈曲临界应力 $\sigma_{cr_1}^c$ 、 τ_{cr_1} 和 $\sigma_{cr_1}^p$ 替代之。

$$\sigma_{cr_1}^c = \sigma_s \left(1 - \frac{\sigma_s}{5 \cdot 35 \sigma_{cr}^c}\right) \quad \text{N/mm}^2$$

$$\tau_{cr_1} = \frac{\sigma_s}{\sqrt{3}} \left(1 - \frac{\sigma_s}{5 \cdot 35 \tau_{cr}}\right) \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{cr_1}^p = \sigma_s \left(1 - \frac{\sigma_s}{5 \cdot 35 \sigma_{cr}^p}\right) \quad \text{N/mm}^2$$

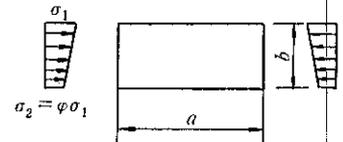
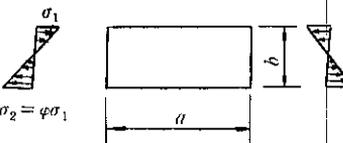
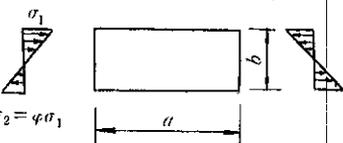
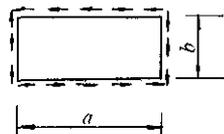
式中 σ_{cr}^c 、 τ_{cr} 和 σ_{cr}^p ——见本条 (1), (2),

σ_s ——钢材屈服强度, N/mm^2 。

(4) 相对于板屈曲的许用应力, 应取本条 (1)、(2) 或 (3) 算得的屈曲临界应力或折减屈曲临界应力除以表 3 2 16 (1) 规定的安全系数算得。

(5) 本计算不包括由扶强材加强的板的屈曲临界应力。由扶强材加强的板的屈曲临界应力计算, 本局将予另行考虑。

表 3 2 20

序号	应力状态	$\alpha = \frac{a}{b}$	屈曲系数
1	均匀或不均匀压缩, $0 < \varphi \leq 1$ 	$\alpha \geq 1$ $\alpha < 1$	$K_c = \frac{7.59}{\varphi + 1.1}$ $K_c = \frac{1.9}{\varphi + 1.1} \left(\alpha + \frac{1}{\alpha}\right)^2$
2	纯弯曲或以拉伸为主的弯曲, $\varphi \leq -1$ 	$\alpha \geq \frac{2}{3}$ $\alpha < \frac{2}{3}$	$K_c = 21.6$ $K_c = 14.3 + \frac{1.69}{\alpha^2} + 7.77\alpha^2$
3	以压缩为主的弯曲, $-1 < \varphi < 0$ 		$K_c = (1 + \varphi) K'_{c-} - \varphi K''_{c-} + 10(1 + \varphi)$ $K'_{c-} - \varphi = 0$ 时的屈曲系数 (序号 1) $K''_{c-} - \varphi = -1$ 时的屈曲系数 (序号 2)
4	纯剪切 	$\alpha \geq 1$ $\alpha < 1$	$K_\tau = 4.82 + \frac{3.6}{\alpha^2}$ $K_\tau = 3.6 + \frac{4.82}{\alpha^2}$

3 2 21 薄壁圆筒体的屈曲稳定性

(1) 承受轴向压力、或压力和弯曲联合作用的薄壁圆筒体，如筒体的尺寸符合下述关系式时，应进行稳定性计算

$$\frac{t}{R} \leq 25 \frac{\sigma_s}{E}$$

式中， t ——圆筒体壁厚，mm；

R ——圆筒体中面半径，mm；

σ_s ——钢材屈服强度，N/mm²；

E ——钢材弹性模量， 2.06×10^5 N/mm²。

(2) 承受中心或偏心轴向压力的薄壁圆筒体的屈曲临界应力 σ_{cr}^e 按下式算得。

$$\sigma_{cr}^e = \frac{0.2Et}{R} \quad \text{N/mm}^2$$

式中 E 、 t 和 R 见本条 (1)。

(3) 如按本条 (2) 算得的屈曲临界应力大于材料的比例极限时 (假定比例极限为 $0.75\sigma_s$)，则应以按下式算得的折减屈曲临界应力 $\sigma_{cr_1}^e$ 替代之

$$\sigma_{cr_1}^e = \sigma_s \left(1 - \frac{\sigma_s}{5.35\sigma_{cr}^e}\right) \quad \text{N/mm}^2$$

式中 σ_s 、 σ_{cr}^e 见本条 (1)、(2)。

(4) 相对于屈曲的许用应力，应取本条 (2) 或 (3) 算得的屈曲临界应力或折减屈曲临界应力除以表 3 2 16 (1) 规定的安全系数算得。

(5) 如薄壁圆筒体的长度大于 $10R$ 时，则应设置中间加强环，加强环之间的距离应不大于 $10R$ 。加强环的截面惯性矩 I 应不小于按下式算得的值

$$I \geq \frac{Rt^3}{2} \sqrt{\frac{R}{t}} \quad \text{mm}^4$$

式中 R 、 t 见本条 (1)。

3 2 22 接头和连接件的许用应力

(1) 焊接缝

焊接缝的许用应力根据焊缝的形式按表 3 2 22 (1) 选取，焊接材料的物理性能应不低于母材。角焊缝的实际应力应根据焊喉尺寸计算。

表 3 2 22 (1)

焊缝形式	许用应力	
	拉伸和压缩	剪切
对接全焊透	σ_s/n	$0.58\sigma_s/n$
填角	$0.7\sigma_s/n$	$0.58\sigma_s/n$

注： σ_s ——母材屈服强度； n ——安全系数，见表 3 2 16 (1)

(2) 螺栓连接

毛螺栓不得用于重要接头或承受交变载荷的接头。

接头用铰孔螺栓连接时，按外载荷计算的螺栓许用应力不得超过表 3 2 22 (2) 的规定。

承受交变载荷的接头，连接螺栓应有控制地预紧至屈服强度的 70% 至 80%。

表 3 2 22 (2)

载荷形式	许用应力 (N/mm ²)	
	工况①和②	工况③和④
拉伸	$\sigma_s/2.5$	$\sigma_s/1.85$
单剪	$\sigma_s/2.6$	$\sigma_s/2.0$
双剪	$\sigma_s/1.75$	$\sigma_s/1.30$
拉伸剪切复合 $\sqrt{\sigma^2+3\tau^2}$	$\sigma_s/2.1$	$\sigma_s/1.56$
承压	$\sigma_s/1.1$	$\sigma_s/0.83$

注 σ_s —螺栓材料屈服强度, N/mm²。所述工况见 3 2 14。

3 2. 23 回转支承环和连接螺栓

(1) 回转支承环和连接螺栓应进行静强度和疲劳强度计算。

(2) 支承环的连接法兰应具有足够的刚度, 支承环与起重机基座法兰的连接应为钢对钢连接, 中间不得置有填片或填料。

(3) 支承环和基座法兰的连接螺栓应使用符合 ISO898/1 钢级为 8 8 ($\sigma_b=800\text{N/mm}^2$, $\sigma_s=0.8\sigma_b$)、10 9 ($\sigma_b=1000\text{N/mm}^2$, $\sigma_s=0.9\sigma_b$) 或 12 9 ($\sigma_b=1200\text{N/mm}^2$, $\sigma_s=0.9\sigma_b$) 或同等级的材料, 并应有控制地预紧至屈服强度的 70% 至 90%。

(4) 受外载荷作用的最大螺栓载荷 P 按下式算得。

$$P = \frac{4M}{nD} - \frac{Q}{n} \quad \text{N}$$

式中, M ——设计倾覆力矩, N·mm;

Q ——设计轴向载荷, N;

D ——螺栓节圆直径, mm;

n ——螺栓数。

3. 2 24 材料

(1) 制造起重机的材料应符合中国船级社《钢质海船入级与建造规范》有关船体结构钢的要求。符合国家标准并与上述规范要求合理等效的钢材亦可同意使用。

(2) 选用钢材的等级应考虑材料强度、厚度和起重机工作的环境, 却贝 V 缺口冲击试验要求一般应符合表 3. 2. 24 的规定, 单位 J。

表 3 2 24

厚度 (mm)	试验温度 (°C)	最大抗拉强度 (N/mm ²)		
		540	590	630
$t \leq 20$	室温 ^①	27	31	34
$20 < t \leq 30$	0	27	31	34
$30 < t \leq 40$	-10	27	31	34
$40 < t \leq 50$	-20	27	31	34
$50 < t \leq 60$	-40	27	31	34

① 钢材含碳量低于 0.23% 且含锰量不低于含碳量的 2.5 倍时可不作此试验。

3. 2 25 钢索安全系数、破断负荷和轮径比

(1) 钢索安全系数 n (用于动索或静索) 应不小于按下式算得的值, 但任何情况下无需大于 5 也不得小于 3。

$$n = \frac{10^4}{0.9SWL + 1910}$$

式中 SWL ——起重机的安全工作负荷 kN。

(2) 钢索的最小破断负荷 Q_b ，应按下式算得。

$$Q_b = nW \quad N$$

式中 n ——钢索安全系数，按 3.2.25 (1) 算得；

W ——钢索上的静载荷，包括钢索通过滑车组的摩擦力，N

(3) 滑轮槽底直径与钢索直径之比，应不小于 19:1。

3.2.26 制动安全系数

起重机各机构制动器的制动安全系数系指制动力矩与换算到制动器轴上可能产生的最大静力矩（包括风和船舶倾斜载荷所产生的力矩）之比。起升、变幅机构制动器的制动安全系数，应符合表 3.2.26 的规定。

表 3.2.26

机构名称	制动安全系数
起升机构	> 1.5
变幅系统	> 1.5

3.3 近海用起重机

3.3.1 适用范围

(1) 本节适用于安装在船舶或平台上作业于近海开敞水域的起重机。这些水域的海况会使船舶或平台产生显著的运动，海上风力通常大于蒲氏 2 级。

上述起重机包括臂架式起重机和用于吊重作业的 A 架和固定结构。

(2) 除本节有特殊规定者外，本章 3.2 节的要求亦适用于本 3.3 节规定的起重机。

(3) 仅从事于平台本身吊重作业的起重机可按本章 3.2 节规定办理。

(4) 行走式龙门起重机在本 3.3 节规定的基础上将予以特别考虑。

3.3.2 工况类别和作业系数

(1) 除另有规定者外，近海用起重机应按特殊工况进行设计，作业系数 φ_0 应取为 1.20。

3.3.3 动载力

(1) 近海用起重机的起升动载力除通常的起升冲击和动载效应外，尚应包括起重机与载荷相对运动的效应。

(2) 考虑起升动载力的起升系数 φ_1 ，应根据设计工作海况（蒲氏风级、海况或波高和波浪周期）按下式算得

$$\varphi_1 = 0.83 + \varphi_w \sqrt{\frac{K}{Q_1}}$$

式中， φ_w ——波浪系数，按表 3.3.3 选取；

K ——起重机系统的刚度，N/mm，

Q_1 ——起升载荷，N；

初步设计计算时， $\sqrt{\frac{K}{Q_1}}$ 值可取为 0.057。

(3) 当设计工作海况已知时, 起升系数 φ_h 可按下式算得, 但任何情况下应不小于 3 2 5 的规定

$$\varphi_h = 0.83 + 45.5 \frac{H_{\frac{1}{3}}}{T} \sqrt{\frac{K}{Q_1}}$$

式中 $H_{\frac{1}{3}}$ ——设计有义波高, m;

T ——设计波浪周期, s;

K 、 Q_1 ——同 3 3 3 (2)。

(4) 计算起重机系统的刚度时, 应考虑起升索系统、变幅索系统和臂架部件的组合。

钢索的弹性模量取 $1.1 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ 。

(5) 对装有运动补偿器、缓冲器或类似装置的起重机, 如设计选用较小的起升动载系数时, 本局可予特别考虑。

表 3 3 3

各种海况下的最小起升速度、波浪系数和起升偏斜角

蒲氏 风级	海况 等级	有义波 高 $H_{\frac{1}{3}}$ (m)	最小起升 速度 V_h (m/s)	波浪系数 φ_w	起升索偏斜角			
					情况 I		情况 II	
					α°	β°	α°	β°
2	1	0.6	0.2	8.1	5	2	2	5
4	2~3	1.6	0.33	13.7	6	3	3	6
6	5~6	3.9	0.46	21.7	8	4	4	8
8	7	7.0	0.64	33.3	12	6	6	12

注: α ——在臂架平面内的偏斜角;

β ——在垂直于臂架平面内的偏斜角

3 3 4 起升钢索偏斜角

起升钢索的偏斜角按表 3 3 3 相应海况选取。如装有限制偏斜角的设施, 设计选取较小偏斜角时, 本局可予特别考虑。

3 3 5 起升速度

(1) 起重机的荷重最低起升速度应使荷重吊离船舶后不致发生船与荷重的碰击, 各种海况下免受碰击的最低起升速度按表 3 3 3 选取。

(2) 如浪高和波浪周期已作规定时, 最低起升速度 V_h 可按下式算得。

$$V_h = 0.93 \frac{H_{\frac{1}{3}}}{T} \quad \text{m/s}$$

式中 $H_{\frac{1}{3}}$ 、 T 同本节 3 3 3 (3)。

3 3 6 回转支承环

(1) 制造回转支承环的钢材在 -20°C 时却贝 V 冲击功的三个试样的平均值, 应不低于 42J, 其中一个试样应不低于 27J。选用低于上述等级但具有足够承载性能的钢材, 本局将予特别考虑。

钢材的抗拉强度一般不应低于 $950 \sim 1100 \text{N/mm}^2$, 屈服强度不低于 700N/mm^2 , 伸长率不低于 15%。

(2) 回转支承环按静载荷设计的强度安全系数应不低于 2.5, 最大载荷应取自 3 2 14 规

定的载荷组合工况。回转支承环按疲劳载荷设计的安全系数应不低于 1.5，疲劳载荷应按 3.2.14 规定的载荷组合工况(2)乘以载荷谱因素 0.7。疲劳破坏应力应由不少于 2×10^6 次 S-N 曲线取得。

回转支承环应同时满足静强度和疲劳强度的要求。

(3) 回转支承环的连接螺栓材料冲击性能应不低于本条(1)的规定，钢材的等级一般不应超过 ISO 891/1 中的 10.9。螺栓的强度应考虑在预紧应力状态下能承受本条(2)规定的静强度和疲劳强度。

(4) 回转支承环的加工面应进行磁粉检查。

3.3.7 材料

(1) 制造起重机的材料应符合中国船级社《钢质海船入级与建造规范》关于船体结构钢的要求。符合国家标准并与上述规范要求合理等效的钢材亦可同意使用。

(2) 选用的钢材等级应具有适当的抗脆断性，却贝 V 缺口冲击试验的要求，按照钢材的厚度和抗拉强度，应符合表 3.3.7 规定，单位 J。

(3) 工作温度如低于 -10C 时，材料却贝 V 缺口冲击试验的要求将予以特别的考虑。

表 3.3.7

厚度 (mm)		试验温度 (C)	最大抗拉强度 (N/mm ²)		
主要结构	次要结构		540	590	630
$t \leq 10$	$t \leq 20$	室温 ^①	27	31	34
$10 < t \leq 15$	$20 < t \leq 30$	0	27	31	34
$15 < t \leq 20$	$30 < t \leq 40$	-10	27	31	34
$20 < t \leq 25$	$40 < t \leq 50$	-20	27	31	34
$25 < t \leq 60$	$50 < t \leq 60$	-40	27	31	34

① 钢材含碳量低于 0.23%，且含锰量不低于含碳量的 2.5 倍时可不做此试验

3.3.8 钢索安全系数和破断负荷

(1) 近海起重机钢索安全系数 n_0 应按下述公式算得，但不应小于按照 3.2.25 (1) 所规定的安全系数 n

$$n_0 = 0.625 \varphi_n \times n$$

式中 n ——按照 3.2.25 (1) 所算得的安全系数；

φ_n ——起升系数，按 3.3.3 (2) 算得。

(2) 钢索所要求的最小破断负荷，按 3.2.25 (2) 的规定算得，但该式中的 n 应将本条(1)规定的 n_0 代入。

3.4 潜水器吊放系统

3.4.1 一般要求

(1) 本节适用在近海开敞水域吊放有人潜水器的吊放系统，海况等级不超过蒲氏风级 5 级。吊放系统如需在超过蒲氏风级 5 级海况工作时，将予特别考虑。

(2) 除本节有特殊规定者，本章 3.2 节的要求亦适用于本节规定的吊放系统。

(3) 本节所述的潜水器包括潜水钟在内。

3.4.2 作业系数 φ_1

潜水器吊放系统的作业系数 φ_1 应取为 1.20。

3.4.3 基本载荷

(1) 潜水器吊放系统的起升载荷 Q_1 ，应按下列两者中算得之大者。

- ① 潜水器和起升钢索外露段在空气中的最大质量；
- ② 起升钢索外露段的最大质量以及潜水器和起升钢索淹没段在水中的质量之和。

(2) 吊放潜水器作业中如不需穿过空气/水界面者，吊放系统的起升载荷只需按 3.4.3 (1) ② 规定算得。

3.4.4 起升系数

潜水器吊放系统的起升系数 φ_2 ，计入潜水器穿过空气/水界面的影响，应取为 1.7。

3.4.5 偏斜角

作业于近海开敞水域环境的潜水器吊放系统，船舶和（或）潜水器运动较大，设计时所考虑的偏斜角应不小于 10° 。

3.4.6 放置设施

(1) 放置设施应能承受吊放系统放置时可能遇到的最严峻的组合运动。船上的放置设施应考虑承受 3.2.11 (1) 规定的载荷。

(2) 如有可能经受巨浪载荷时，则尚需考虑相当于 8400N/m^2 的附加载荷。

3.4.7 材料

有关材料的要求同 3.3.7。

3.4.8 绳索安全系数

(1) 吊放有人潜水器的绳索安全系数如下

- ① 使用钢索时为 8；
- ② 使用人造纤维索时为 10。

(2) 吊放无人潜水器的绳索安全系数如下

- ① 使用钢索时按 3.3.8 规定算得，但不得小于 6.0；
- ② 使用人造纤维索时为本条 (2) ① 规定的 1.25 倍。

(3) 除主起升索外尚有回收系统作为第二起升索时，第二起升钢索的安全系数应不小于 5。

3.5 起重机基座

3.5.1 一般要求

(1) 起重机的基座应按本章 3.2、3.3 和 3.4 节规定的载荷条件进行强度计算，许用应力应按 3.5.2 规定。

(2) 起重机基座一般应穿过甲板与船体主结构进行有效连接，采用其他支撑结构将予以特别考虑。安装回转环的基座法兰应牢固、平整。基座法兰用肘板加固时，肘板间距应不大于二个连接螺栓间距。

3.5.2 许用应力

(1) 基座的许用应力 $[\sigma]$ 应按下式算得。

$$[\sigma] = \sigma_s / \beta \cdot n \quad \text{N/mm}^2$$

式中, σ_s ——钢材屈服强度, N/mm^2 ,

n ——安全系数, 根据 3.2.14 所述的四种载荷工况, 按表 3.5.2 选取;

β ——系数, 根据钢材屈强比, 按表 2.3.5 选取。

表 3.5.2

载荷工况	1	2	3	4
安全系数 n	2.0	1.75	1.6	1.6

(2) 钢材在弹性应力形式下各种应力状态的失效应力, 应按表 3.2.16 (2) 规定选取。

3.5.3 材料

起重机基座材料应符合表 3.5.3 的规定。

表 3.5.3

钢板厚度 (mm)	钢 级
$t \leq 20$	A/A32, A36
$20 < t \leq 25$	B/A32, A36
$25 < t \leq 40$	D/D32, D36
$t > 40$	E/E32, E36

3.6 货物和车辆升降机

3.6.1 一般要求

(1) 本节所述的货物和车辆升降机适用于作业在港口和遮蔽水域环境, 以及货物和车辆升降机在船舶航行时处于放置位置且货物和车辆能存放在其上面。此类升降机可按标准工况设计, 否则需按特殊工况设计。

(2) 升降机作业和放置时的载荷状态应在送审的资料和文件中详细说明包括起升速度和制动的次数。

(3) 升降机作业时应予以考虑的载荷和力如下

- ① 升降机的质量载荷;
- ② 升降机的载荷量;
- ③ 由于升降运动引起的动载力;
- ④ 由于船舶倾斜引起的静力。

(4) 升降机的结构和锁紧机构应按适合于船舶性能的下述衡准, 校核放置状态

- ① 升降机的质量载荷;
- ② 装载车辆或货物的作用载荷;
- ③ 船舶运动力和静倾力;
- ④ 气候载荷 (如适用时)。

3.6.2 基本载荷

升降机的基本载荷为

- (1) 质量载荷 L_m , 是作用于起升机构的升降机结构和机械的质量载荷;
- (2) 作用载荷 L_o , 是作用于升降机结构上的货物或车辆的载荷;
- (3) 升降机的安全工作负荷 (SWL), 是升降机证书证明允许使用的最大载荷, 即等于 L_o 。

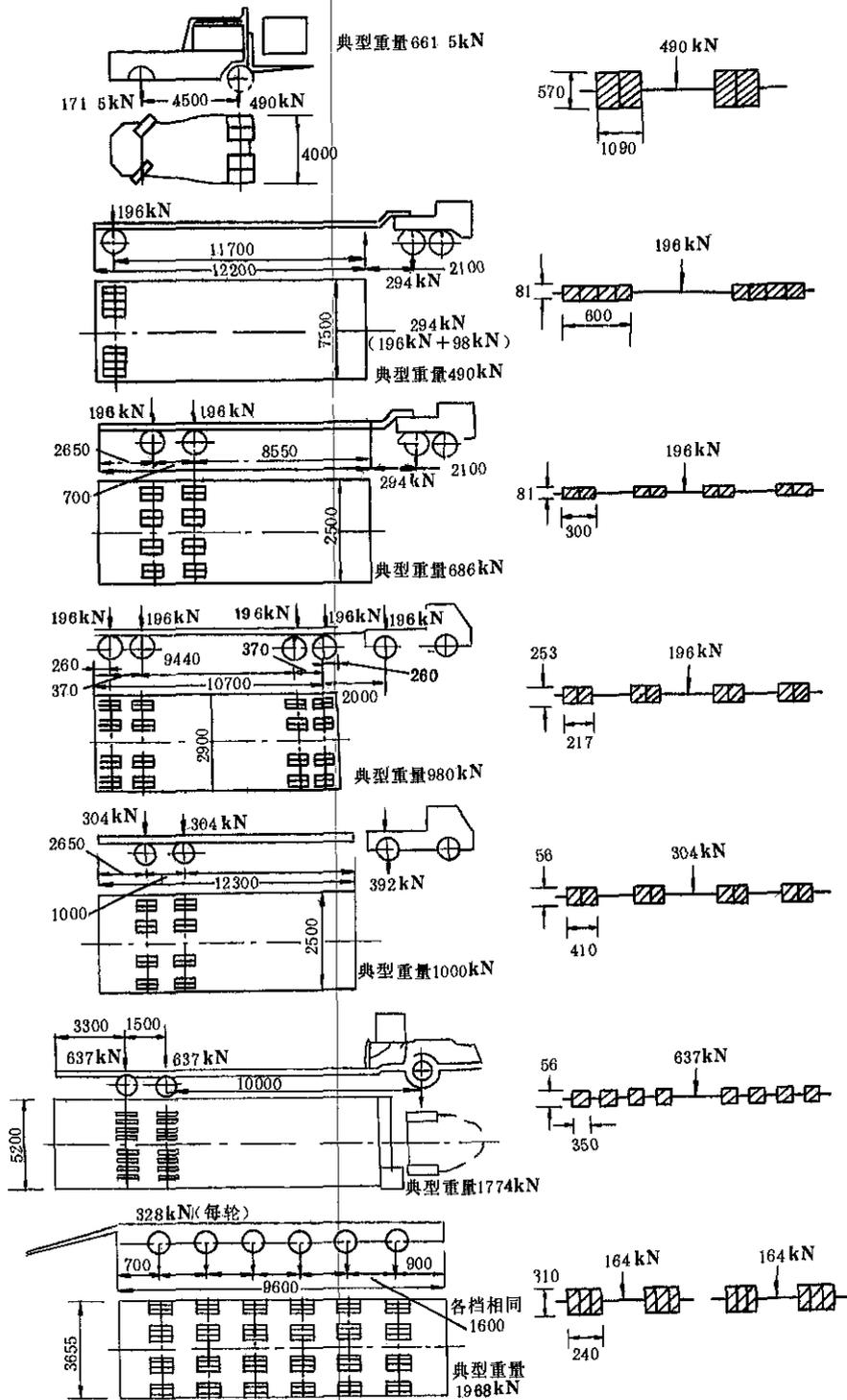


图 3 6 5 (1)

的最大值。

3 6 3 动载力和系数

计及加速度和冲击载荷的影响，升降机的质量载荷 L_m 和作用载荷 L_c ，应乘以动力系数 1.20。

3 6 4 船舶运动力

(1) 升降机应能在船舶横倾 5° 纵倾 2° 状态下安全和有效地工作。如升降机拟作业的角度大于上述倾斜角时，则升降机应按此角度进行设计，并在证书上加以注明。

(2) 除上述条件外，升降机及其锁紧机构处于放置状态时，尚应能承受下述情况的力。

① 垂直于甲板的加速度 $\pm 1.0g$ ；前后向平行于甲板的加速度 $\pm 0.5g$ ，静横倾 30° 。

② 垂直于甲板的加速度 $\pm 1.0g$ ；横向平行于甲板的加速度 $\pm 0.5g$ ，静横倾 30° 。

(3) 如属常规型船舶且船舶的特性为已知时，则升降机承受船舶运动力和静力的组合和计算，亦可按照 3.2.11 (2) 规定进行。

3 6 5 设计载荷

(1) 升降机的设计载荷应与船舶装载手册一致，其内容应包括放置在升降机上的车辆数和车辆间距、车辆的类型、质量、轴上的载荷、轮胎印尺寸以及轮子和支撑的数、量、间距等细节。典型的载重资料见图 3.6.5 (1)，如适用时，还应考虑不对称的载荷状态。

(2) 除车辆装载外，尚应考虑升降机放置于诸甲板上的甲板均匀载荷。

(3) 如升降机组成船体水密结构的部分，应同样满足水密要求。

3 6.6 各工况的载荷组合

(1) 工况 I 升降机处于工作状态。

此时的载荷组合为，

$$1.2 (L_m + L_c) + L_{h_1} + L_{h_2}$$

式中 L_m ——升降机的质量载荷，

L_c ——升降机上的作用载荷，

L_{h_1} ——船舶横倾 5° 时的水平力；

L_{h_2} ——船舶纵倾 2° 时的水平力。

(2) 工况 II 升降机处于放置状态。

此时，升降机应考虑船舶运动和静纵、横倾所产生的力的组合，见本节 3.6.4。

(3) 工况 III 升降机处于负荷试验状态。

此时，升降机应考虑力的组合为

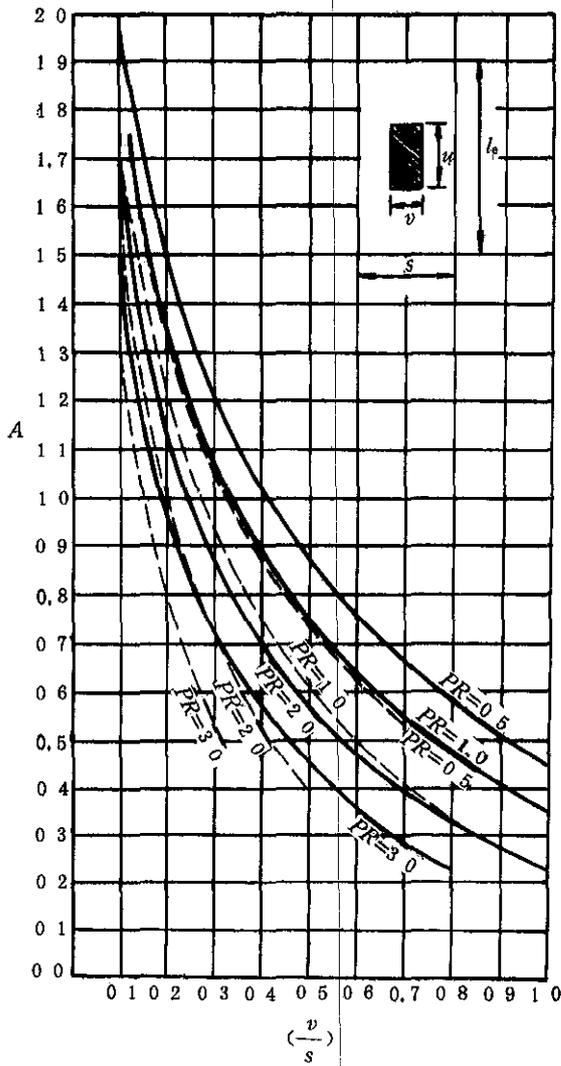
$$1.2 (L_m + L_t)$$

式中 L_t ——试验负荷，按表 3.6.6 (3) 选取。

表 3.6.6 (3)

安全工作负荷 SWL (kN)	试验负荷 I_t (kN)
≤ 196	$1.25 \times SWL$
196~490t	$SWL + 49$
> 490	$1.1 \times SWL$

3 6 7 许用应力



说明 PR=轮胎印比 ($\frac{l_0}{v}$)

板块比 = ($\frac{l_0}{s}$)

— 板块比 ≥ 2.5

· 板块比 = 1.0

轮胎印比和板块比的中
间值, 应力系数 A 按
内插法算得。

图 3.6.9 (1)

(1) 构件在弹性模式下失效的许用应力 $[\sigma]$ ，按下式计算

$$[\sigma] = \sigma / n\beta$$

式中： σ ——失效力， N/mm^2 ，按 3 2 16 (2) 规定选取，

n ——安全系数，按表 3 6.7 (1) 选取；

β ——折减系数，按第二章 2 3.5 规定选取。

表 3 6 7 (1)

工 况	I	II	III
安全系数 n	1 67	1 33	1 18

(2) 承受复合应力的结构件，许用应力衡准应符合下列要求

$$\sigma_{cp} = (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3\tau^2) \leq 1.1 [\sigma]$$

式中： σ_{cp} ——合成后的应力， N/mm^2 ，

σ_x ——x 轴方向的正应力， N/mm^2 ， $\sigma_x < [\sigma]$ ；

σ_y ——y 轴方向的正应力， N/mm^2 ， $\sigma_y < [\sigma]$ ，

τ ——剪切应力， N/mm^2 ， $\tau < 0.58 [\sigma]$ ；

$[\sigma]$ ——同 3 5 6 (1)。

3 6 8 板屈曲失效许用应力

(1) 板承受压缩或剪切或压缩、剪切复合时的局部屈曲临界应力，应分别按本章 3 2 20 (1)、(2) 和 (3) 算得。

(2) 相对于板屈曲失效的许用应力，应取本章 3 2 20 算得屈曲临界应力除以表 3 6 7 (1) 规定的安全系数算得。

(3) 本计算不包括由扶强材加强的板的屈曲临界应力。由扶强材加强的板的屈曲临界应力计算，本局将予另行考虑。

3 6.9 甲板板厚度

(1) 甲板板厚度 t ，应不小于下式算得。

$$t = 14.5 \sqrt{AL_w} + 1.5 \text{ mm}$$

式中 A ——应力系数，按图 3 6 9 (1) 根据轮胎印和板的尺寸查得。

L_w ——轮胎印上的载荷， kN ，对轮距紧靠的轮子，图 3 6 9 (1) 中的阴影面积可取组合在一起的轮胎印。

3.6 10 变形衡准

(1) 升降机处于 3 6.6 所述的载荷工况 I 和 II 时，其结构或单个构件的最大变形量应不大于 $l/400$ (l 为支承间的距离， mm)。

(2) 如适用时，最大变形应予限制，使能保持船舶水密完整性。

3 6 11 导架

(1) 为限制升降机运动时水平方向的运动，应设置导架或其他装置。

(2) 如设置导架时，由载荷水平分力产生的最大变形量应不大于 6mm 。

(3) 升降机与导架间的工作间隙应使升降机能自由地垂直运动。

3 6 12 放置状态的锁紧装置

(1) 升降机应设有放置状态的锁紧装置，该装置应能承受 3 6.6 (2) 工况 II 定义的垂向、

纵向和侧向载荷，并不致工作松动和损害船舶水密完整性。

3.6.13 起升装置

(1) 如用链条作为起升装置的组成部分，链条的安全系数应不低于 4.0。

(2) 如用钢索作为起升装置的组成部分，钢索的安全系数 n 应不低于按下式计算所得的值，但任何情况下应不小于 4.0，也毋需大于 5.0。

$$n = \frac{10^4}{0.9L_{mc} + 1910}$$

式中， L_{mc} ——升降机电有额定载荷的质量，kN。

3.6.14 材料

(1) 制造升降机所选用的钢材应具有足够的抗脆性断裂性能，计及材料的抗拉强度、厚度和工作环境，所选用的钢材等级其却贝 V 缺口冲击试验要求，一般应不低于 3.2.24(2) 表 3.2.24 的规定。

3.7 车辆跳板

3.7.1 一般要求

(1) 本节适用于安装在船上在港口或遮蔽水域装卸作业的可活动车辆跳板，其设计按标准工况办理。如跳板的作业不属于上述定义的条件时，则其设计应按特殊工况办理。

(2) 跳板的载重和放置状态应在送审的文件中作详细说明，连同起升速度、制动次数和跳板中间的作业角度。

(3) 跳板在载重状态时，应考虑可能出现的最不利的角度和支承布置（由码头和（或）起升机构支承）组合，此时应考虑载荷和力为

- ① 质量载荷；
 - ② 作用在跳板上的载荷；
 - ③ 车辆运动力。
- (4) 跳板在提升和回转时，应考虑载荷和力为

- ① 质量载荷；
- ② 作用在跳板上的载荷（如适用时）；
- ③ 起升和回转时的动载力；
- ④ 船舶静倾力。

(5) 跳板及其锁紧机构处于放置状态时，应考虑载荷和力为，

- ① 质量载荷；
- ② 作用在跳板上的载荷（如适用时）；
- ③ 船舶运动力和静倾力；
- ④ 气候载荷（如适用时）。

3.7.2 基本载荷

(1) 跳板的质量载荷 L_m 乘系数 1.2 作为考虑操纵跳板时的动载力。

(2) 作用在跳板上的静载荷 L_c 乘系数 1.1 作为考虑车辆的运动。

(3) 当跳板操纵时，同时有跳板上的质量载荷 L_m 和作用在跳板上的静载荷 L_c ，则 L_m 和 L_c 均应乘系数 1.2。

3.7.3 船舶运动力

(1) 跳板的设计是假定作业于港口或遮蔽水域的环境条件, 船舶受到浪的作用不会产生明显的运动。

(2) 跳板在放下的位置和操纵情况下, 应能在船舶处于横倾 5° 纵倾 2° 时安全和有效地工作。

(3) 跳板的坡度不应大于 $1:10$, 以及如跳板用于船与岸间工作时, 此坡度应包括船舶上述纵、横倾的影响。

(4) 跳板及其锁紧机构在放置位置时应能承受下述条件。

- ① 垂直于甲板的加速度 $\pm 1.0g$;
纵向平行于甲板的加速度 $\pm 0.5g$,
静横倾 30° 。
- ② 垂直于甲板的加速度 $\pm 1.0g$,
横向平行于甲板的加速度 $\pm 0.5g$,
静横倾 30° 。

(5) 如属常规型船舶且船舶的特性为已知时, 跳板承受船舶运动力和静力的计算和组合可按照 3.2.11 (2) 表 3.2.11 (1) 和 3.2.11 (2) 计算船舶运动和加速度。

3.7.4 设计载荷

(1) 跳板的设计载荷应与船舶装载手册相一致, 其具体内容应包括跳板上所载的车辆和车辆间距、车辆的类型、质量、轴上的载荷、轮胎印的尺寸、车轮和支承的数量和间距等, 典型的载重资料见图 3.6.5 (1)。

(2) 除车辆载荷外, 如跳板在放置位置时, 形成甲板的一部分, 则亦应考虑与甲板相适应的甲板均匀载荷, 同样, 如跳板形成船舶水密结构的一部分, 则亦应相应符合这些要求 (如适用时)。

3.7.5 载荷组合

(1) 工况 I 跳板处于放下的状态
此时的载荷和力的组合为

$$L_m + 1.1L_c + L_{h_1} + L_{h_2} + L_{h_3}$$

式中 L_m ——跳板的质量载荷,
 L_c ——作用在跳板上的静载荷,
 L_{h_1} ——船舶横倾 5° 时的水平力;
 L_{h_2} ——船舶纵倾 2° 时的水平力,
 L_{h_3} ——由于跳板角度引起的载荷。

(2) 工况 II 跳板处于放置状态

此时, 跳板及其锁紧机构应考虑由于船舶运动和静纵、横倾引起作用于跳板和载荷 (如适用时) 上的力以及适用于放置状态的气候载荷。

(3) 工况 III 跳板处于操纵状态
此时, 跳板的载荷和力的组合为

① 跳板在操纵时, 跳板处于无载荷状态

$$1.2L_m + L_{h_1} + L_{h_2}$$

② 跳板在操纵时,跳板处于有载荷状态。

$$1.2(L_m + L_c) + L_{h_1} + L_{h_2}$$

式中的符号 L_m 、 L_c 、 L_{h_1} 和 L_{h_2} 与工况 I 公式中的符号说明同。

3.7.6 许用应力和变形衡准

(1) 许用应力

跳板结构的许用应力按 3.6.7、3.6.8 和 3.6.9 规定。

(2) 变形衡准

跳板在工况 I 和 II 状态下,在支承间的变形量应限制在 $l/400$ (l 为支承间的距离, mm) 以内。

如适用时,在放置状态下(工况 II),变形量应予限制,以保证船舶水密完整性。

3.7.7 起升和回转装置

(1) 用于起升和回转装置的链条,其安全系数应不小于 4.0。

(2) 用于起升和回转装置的钢索,其安全系数 n 应不小于下式算得的值,但任何情况下应不小于 4.0,亦毋需大于 5.0。

$$n = \frac{10^4}{0.9L + 1910}$$

式中, L ——跳板的质量(操纵跳板时,跳板上为无载荷状态);或跳板的质量和作用在跳板上的载荷(操纵跳板时,跳板上为有载荷状态), kN。

3.7.8 材料

(1) 跳板属于入级项目时,制造跳板所选用的钢级应符合 3.5.3 表 3.5.3 的规定。

(2) 不需符合入级要求的跳板材料,亦应具有足够的抗脆性断裂的性能,计及材料的抗拉强度、厚度和工作环境,所选用的钢材等级其却贝 V 缺口冲击试验要求,一般应不低于 3.2.24 (2) 表 3.2.24 的规定。

3.8 乘客和船员升降机

3.8.1 一般要求

(1) 本节适用于符合下列条件的升降机。

- ① 动力为电力或液力;
- ② 永久性装于船上的封闭式轿厢;
- ③ 由钢索悬吊;
- ④ 在牢固的导架间运行于各层甲板间;
- ⑤ 载运人员或人员和货物;
- ⑥ 额定升降速度不超过 1m/s。

升降机额定升降速度大于 1m/s 时,将予以特别考虑。

(2) 升降机除应按本节规定外,尚应符合政府主管当局的有关要求。

(3) 升降机的送审文件中应详细规定额定载荷、最小停止距离、缓冲器行程、起升驱动的类型、安全机构和缓冲器的型式等。

(4) 升降机在超过规定的运行条件的情况下,应能以手动或自动方式使之置于放置状态。

(5) 升降机在运行情况下,应予考虑如下的力:

- ① 轿厢质量载荷；
 - ② 额定载荷；
 - ③ 提升运动的动载力，
 - ④ 船舶运动力和静倾力。
- (6) 升降机处于放置状态应予考虑如下的力，

- ① 轿厢质量载荷，
- ② 船舶运动力和静倾力。

3.8.2 基本载荷

- (1) 质量载荷 L_m ，系指作用于起升机构上并属于固定在轿厢上的结构和机械的质量。
- (2) 额定载荷 L_c ，系指加在轿厢上的人员载荷并应不小于表 3 8 2 (2) 规定的数值。

表 3 8 2 (2)

额定载荷 (N)	升降车最大可用面积 (m ²)	最大乘员数
980	0.40	1
1764	0.50	2
2205	0.70	3
2940	0.90	4
3675	1.10	5
3920	1.17	5
4410	1.30	6
5145	1.45	7
5880	1.60	8
6615	1.75	9
7350	1.90	10
8085	2.05	11
8820	2.20	12

注：①中间载荷的面积用内插法算得。

②最大乘员数以 $\frac{L_c}{735}$ 计算向下取最近的乘员整数。

③如额定载荷超过表列可用面积所定的 15% 时，最大允许乘员数应按面积决定

3.8.3 由安全设施动作或轿厢碰撞缓冲器产生的动载力

- (1) 由安全设施动作或轿厢碰撞缓冲器产生的动载力 F 应予考虑并按下式算得

$$F = \varphi_s (L_m + L_c)$$

式中 $\varphi_s = 2 + \frac{1.35V^2}{S}$

V ——额定速度，m/s；

S ——最小停止距离或缓冲器行程，取其小者；

L_m 、 L_c ——见 3.8.2 说明。

- (2) 额定速度、最小停止距离和缓冲器行程应取自升降机制造厂的升降机说明书。

常用的限速器动作速度和停止距离见表 3 8 3 (2)，常用的缓冲器行程见图 3 8 3 (2)。

表 3 8 3 (2)

额定速度 (m/s)	限速器动作速度 (m/s)	停止距离 (m)	
		最 小	最 大
0~0.62	0.88	0.15	0.38
0.75	1.05	0.15	0.41
1.00	1.40	0.23	0.56

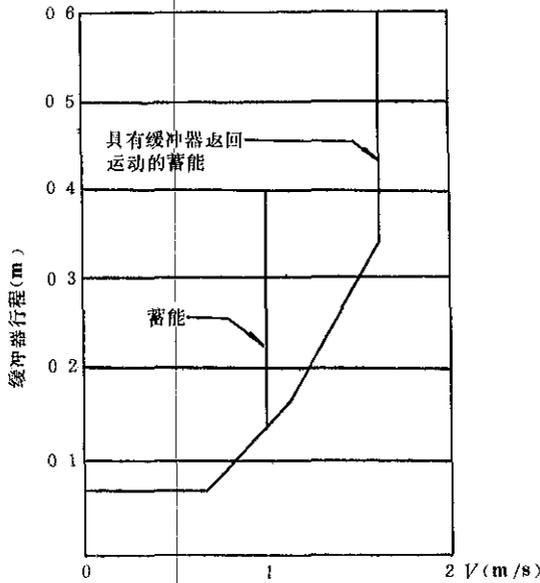


图 3 8 3 (2)

3 8 4 船舶运动力

(1) 旅客升降机及其机械和结构应能在下述条件下运行于海上:

- ① 横摇, $\pm 10^\circ$, 周期 10s。
- ② 纵摇 $\pm 7.5^\circ$, 周期 7s。

(2) 除上述运行条件外, 升降机及其机械和结构尚应处于放置状态下能承受考虑到下述条件所产生的力

- ① 横摇 $\pm 22.5^\circ$, 周期 10s。
- ② 纵摇 $\pm 7.5^\circ$, 周期 7s。
- ③ 垂荡: 幅值 $= 0.0125L$ (L 为规范船长), 周期 10s。

3.8.5 载荷组合

(1) 升降机及其机械和结构应考虑的设计载荷如下。

- ① 工况 I 按下述算得的载荷。

$$(L_m + L_c) \varphi_k + L_{h_1} + L_{h_2}$$

式中 L_m ——升降机的质量载荷;

L_c ——额定载荷;

φ_k ——由安全设施动作或轿厢碰撞缓冲器的动载系数, 见 3 8 3 (1),

L_{h_1} ——由横摇产生的水平力;

L_{h_2} ——由纵摇产生的水平力。

- ② 工况 II 升降机质量载荷应考虑由船舶运动加速度所产生的力, 见 3 8.4 (2)。

3 8 6 许用应力

(1) 安全系数和许用应力应按照 3.6.7~3.6.8 办理。

3.8.7 变形衡准

(1) 轿厢的结构件的变形量应不超过 $1/600$ (l 为支承间的距离 mm)。

(2) 导架的变形量应不超过 $1/400\text{mm}$ 或 3mm , 取其小者 (l 为支承间的距离 mm)。

(3) 轿厢围壁或在关闭位置的门, 应能承受在 500mm^2 圆或方的面积上作用着均匀分布 300N 的力平行于甲板方向由升降车内侧向外, 不产生永久变形或 15mm 的弹性变形。门在承受此载荷后, 应能正常工作。

(4) 轿厢顶盖应在任何位置承受 2000N 力垂直于甲板不产生永久变形。

3 8 8 导架

(1) 应至少设置二个钢质导架表面加工光滑, 使轿厢或平衡重能自由行走。

(2) 导架应能承受安全设施动作所产生的力, 并按下式算得

$$(L_m + L_c) \varphi_{s1}$$

式中, φ_{s1} ——系数, 按表 3 8.8 (2) 选取,

L_m 、 L_c ——同 3 8 5 (1) ①说明。

(3) 导架的许用应力应按 3 2 17 规定方法计算, 所涉及的长细比按 3 2 19 (1) 计算。

表 3 8 8 (2)

安全设施形式	系数 φ_{s1}
瞬时式安全装置	25
栓住滚轮式安全装置	14
无级式安全装置	10

3 8 9 安全装置

(1) 轿厢和平衡重应配有仅在下降时夹住导架的安全装置, 它必须能在限速器达到动作的速度下, 甚至悬吊装置发生破断时刹住全部满载的轿厢或平衡重块。安全装置应由限速器予以动作, 但平衡重的安全装置可由悬挂装置破断或由安全索予以动作。

(2) 安全装置可以是具有缓冲效应的瞬时型。或如额定速度不超过 0.63m/s 时, 可为瞬时型。

(3) 平衡重的安全装置可为瞬时形式。

(4) 安全装置的夹紧器不应用作导架的导块。

3 8 10 限速器

(1) 限速器应在超过 115% 额定速度时动作, 但应不大于

① 0.8m/s , 用于瞬时型安全装置 (栓住滚轴式安全装置除外),

② 1.0m/s , 用于栓住滚轴式安全装置,

③ 1.5m/s , 用于具有缓冲作用的瞬时安全装置。

(2) 平衡重块限速器动作时的速度, 应大于轿厢的安全装置, 但不应超过 10% 。

(3) 由限速器动作时的作用力应不小于下述二者之大者

① 300N , 或

② 拉动安全装置所需力的 2 倍。

(4) 限速器拉动索的破断负荷, 相对于拉动安全装置的力, 应具有 8 倍安全系数, 拉动索的直径应不小于 6mm , 拉动索滑轮的绳索槽底直径与绳索直径之比应不小于 $30:1$ 。

3 8 11 缓冲器

(1) 轿厢和平衡重在行程的底部极限位置应配置缓冲器。如缓冲器是与轿厢或平衡重一起移动时, 缓冲器碰底座应高出行程终端不少于 0.5m 。

(2) 如缓冲器为储能型时, 缓冲器总的可达到的行程应至少等于相当于 115% 额定速度重力停止距离的 2 倍, 但不小于 0.65m, 即,

$$s = 0.135v^2$$

式中: s ——行程, m,

v ——额定速度, m/s。

缓冲器的设计应在静载荷为轿厢质量的 4 倍加额定载荷或平衡重质量的 4 倍 (如适用时) 所具有上述的行程。

(3) 由于缓冲器作用于自由落体降落的轿厢且其载有额定载荷, 其平均减速度应不大于 $1.0g$, 最大减速度应不大于 $2.5g$ 。

3.8.12 起升装置

(1) 起升装置可为,

① 用钢索和滑轮牵引驱动, 或

② 强制驱动 (如额定速度不大于 0.64m/s), 可为,

(a) 卷筒和钢索, 无平衡重, 或

(b) 链轮和链条。

(2) 滑轮轮槽直径或卷筒直径与钢索直径之比应不小于 $40:1$, 如用卷筒驱动时, 卷筒上应有绳槽, 绳槽的排绳角应不大于 4° 。

(3) 卷绕在卷筒上的钢索应不多于一层, 当轿厢停于压缩全部行程的缓冲器上时, 留在卷筒上的钢索应不少于 $1\frac{1}{2}$ 圈。

(4) 钢索的安全系数, 即钢索破断负荷与钢索上的最大负荷 (当轿厢载有额定负荷并位于最低位置时) 之比, 应不小于表 3.8.12 的规定。

表 3.8.12

驱动方式	安全系数
由三根或更多钢索摩擦驱动	12
由二根钢索牵引驱动	16
由卷筒驱动	12

(5) 在起升装置的一端应有平衡钢索或链条张力的设施。

(6) 如使用补偿钢索时, 滑轮轮槽直径与钢索直径之比应不小于 $30:1$ 。

3.8.13 升降机通道和机房

(1) 所有升降机通道和机房应全部围闭、适当通风并应符合现行安全公约有关结构防火的要求。

(2) 轿厢四周的空隙应予防护或布置成阻止人员能从轿厢和升降机通道间跌落。

(3) 只有属于升降机的管子和电缆可装设在升降机通道内。应设有内面光滑的金属电缆槽, 以保护移动的电缆。该槽应具有圆滑边缘的开口使离开轿厢的电缆能顺利通过, 并具有足够宽度使移动电缆的自由悬挂线环通过。

(4) 如有二部或更多的轿厢安装于同一升降机通道中时, 每一轿厢及其附连的平衡重应在升降机通道的整个高度的范围内以钢板分隔。

(5) 升降机通道的通风应为独立的通风系统, 不得成为船舶通风道的一部分。

(6) 升降机通道进口的位置应能防止水或货进入。进口处的甲板面应为防滑，其材料应为认可的不易着火材料。

(7) 如为船员用的升降机。升降机通道的净空档（轿厢在最高位置时的轿厢顶上空间）应装有最小尺度不小于 0.5×0.5m 的脱跳口。

3.8.14 轿厢和平衡重

(1) 轿厢应以钢或与之相当的不燃材料制造，设有防滑地板和至少配有一个适当扶手，其位置便于进出人员使用。厢内设有永久性显示载荷的铭牌，说明人数和安全工作负荷。

(2) 轿厢入口应配有防止不适宜的开启和防止碰击装置的无孔型门。轿厢和其门的间隙应不大于 6mm。

(3) 轿厢和平衡重应为全程导向，包括超程在内，若使用铸铁靴或导靴放入铸铁箱内，则应设有一独立的制导装置，以备铸件损坏时，限制轿厢晃动。

(4) 平衡重应由钢或同等材料制造，填重应在钢架中牢固夹住在位，水泥不得作为填重使用。应装有适当的装置用于在平衡重钢索破断时，刹住和支撑平衡重。

(5) 牵引驱动的升降机，应设置在下列情况下刹住和支撑轿厢的联动设施。

- ① 当启动时，升降机器不转动。
 - ② 轿厢或平衡重块在下降运动为障碍物停止，使钢索在驱动滑轮上滑动时。
- (6) 本条 (5) 所述的设备起作用的时间不大于下列较小值

- ① 45s
- ② 轿厢在全行程内滑行时间加上 10s，如全行程时间小于 10s，则取 20s。

(7) 上述设备应不影响检查也不影响电气重新运转。

3.8.15 应急脱逃设施

(1) 船员用升降机的升降机通道全长范围内，应敷设扶梯通至脱逃口。

(2) 只用于旅客的升降机应有适当的扶梯，使可从登乘门到达轿厢的厢顶，以及用同样的措施或其他措施，以轿厢厢顶上的应急开口进到轿厢内。这些扶梯应保存在值班室或专职人员能进入的舱室。

(3) 轿厢的厢顶应设有活门并在厢内备有能到达活门的措施。如升降机仅供旅客使用，活门上应装设只能从外边开启的机械锁，如升降机仅供船员使用，则活门上装设的机械锁应能从轿厢的内外开启。

(4) 船员用升降机的升降机通道应设置脱逃口。从外面打开脱逃口只能使用特别的钥匙，此钥匙应存放在脱逃口旁的盒内。

(5) 在下列位置应张贴用中文，英文或图像（如需要时）的布告牌说明脱逃的方法

- ① 轿厢内，
- ② 轿厢顶上，
- ③ 升降机通道内每一出口附近。

第四章 机械、电气和控制系统

4.1 通 则

4.1.1 一般要求.

(1) 本章适用于下述起重设备的机械、电气和控制

① 吊杆装置和吊杆式起重机,

② 起重机,

③ 货物和车辆升降机;

④ 旅客和船员升降机。

(2) 起重设备的起升、变幅、回转和行走机构应按本局接受的标准或成熟的经验进行设计。

(3) 起重设备的机械应能承受工作中产生的静、动载荷和受环境影响的附加载荷。

绞车的制动器应能停住绞车额定载荷 1.5 倍的静载荷。

(4) 电气设备应符合有关的国家标准或国际标准, 并计及可能遇到的环境条件。

(5) 电气装置应按中国船级社《钢质海船入级与建造规范》或本局接受的相应规范或标准的有关规定进行设计。

(6) 起重设备应设有控制系统确保起重设备的安全运行并符合安全保护、报警、联锁和控制的有关要求。

(7) 控制起重设备作业的操纵手柄或手轮的运动方向应与吊钩或起重设备的运动方向相适应。操纵手柄拉向操纵人员或向上扳动时, 相应于吊钩上升或臂架升起, 操纵手柄向右扳动时, 相应于起重机向右回转; 当操纵手轮顺时针方向操纵时, 相应于吊钩上升, 臂架升起或起重机向右旋转, 以此类推。

操纵器上应具有表明其用途、零位及运动方向的铭牌。

4.1.2 有关机械、电气和控制系统, 按其适用情况, 应送审的图纸和资料如下

(1) 使用和操作说明书;

(2) 机房布置图, 包括动力机组及其说明,

(3) 控制室和(或)控制站布置图;

(4) 起升、变幅、回转和行走机构布置图及其设备和部件的技术说明;

(5) 配电板布置图和线路图,

(6) 电气线路系统图并表明设备和电缆的规格、绝缘等级、正常工作电流和各种电气保护的型号、容量和制造厂;

(7) 主、辅配电板汇流排和变压器输出端的短路电流计算;

(8) 控制线路、联锁和报警系统原理图, 包括液力、气力和电力,

(9) 安全设施详图包括固定和锁紧装置。

4 1.3 检查和试验

(1) 机械设备应在检验下进行制造、安装和试验。

(2) 电气设备应按有关的国家标准或国际标准进行检查和试验，包括绝缘电阻测量、保护设施和联锁装置的动作。

(3) 控制系统包括报警和保安装置应进行试验证明处于良好工作状态。

4.2 乘客和船员升降机的控制和保安装置

4 2 1 一般要求

(1) 控制设备在升降机运行时应能在纵倾或横倾 10° 情况下可靠地工作。当升降机停止时，控制设备应能在任何位置承受 22.5° 的倾斜。

(2) 应设有能确保安全和有效控制轿厢速度、运转方向和停止的设施。

4 2.2 保安装置

(1) 应设有在下列情况下防止控制和驱动线路动作的联锁装置。

① 轿厢门或其部分未关闭；或

② 升降机通道的进出门或其部分未关闭。

(2) 动力操作的对开式门的进口应设有防止伤人或旅客的保护设施并符合下述要求。

① 装设在轿厢和登乘口门板的前缘，

② 装设在门口高出地板 25mm 起至门的全部高度；

③ 启动保护装置的力不超过 14.7N，

④ 门板的前缘受阻时，保护装置应立即动作。

(3) 除正常的上下登乘停止控制外，尚应设有在超越顶部或底部时停止升降机的独立设施。

(4) 客船升降机的布置应在主动力发生故障时，应能自动降至甲板 and 开门。允许旅客轿厢有序的降至应急甲板。

(5) 轿厢和平衡重上应设有安全设施在超速或悬吊钢索或紧固装置失效时，刹住和保持其在位。

(6) 应设有在悬吊钢索松弛时，能刹住和保持住轿厢在位的安全设施。

(7) 升降机应设有在升降机通道的应急脱逃口开启时，升降机不能运行的联锁装置。

(8) 轿厢内应设有报警、电话或类似的通信设施。

(9) 在轿厢内和在每一进口处外面应设有升降层次指示器。

(10) 在轿厢、升降机、机房和升降机通道内以及在升降机通道进口处，应设有应急照明。此应急照明在正常电源发生故障时应能自动接通。

4.3 装卸货物用起重设备的控制和保安装置

4 3 1 一般要求

(1) 起重设备应设有效控制速度、运转方向和停止运转确保作业安全的控制系统。

(2) 控制站的位置应布置在使操作人员能观察到作业场所和吊运的载荷。

(3) 控制站应设有应急切断装置。用于在应急情况下停止起重设备工作。此应急切断装

置应独立于 4.3.1 (1) 所述的控制系统, 并应具有清楚的标志和适当的保护以防止发生意外动作。

(4) 起重设备发生运转动力故障时, 应发出报警, 同时应使起重设备和所吊运的载荷自动保持在位。

如动力为电力时, 供电恢复后, 操纵机构应复位后才能继续进行起重设备的操作运转。

(5) 每一控制站应设有运转或备用机械 (如设有时) 状态的指示器。

4.3.2 起重机

(1) 应设有起升、回转、变幅和行走 (如适用时) 机构的控制系统。

(2) 起重机应设有

- ① 起升高度限位器;
- ② 最大和最小臂幅限位器,
- ③ 回转角度限位器, 适用回转角度有限制的起重机,
- ④ 行程限位器, 适用行走式起重机和桥式起重机的行走吊车。

上述限位器动作后, 应发出报警、切断运转动力并应能将吊运的载荷和起重机保持在限位器动作时的位置上。

(3) 如起重机某机构需要越过限位器所限制的位置 (如需将臂架放倒) 则可设有停止限位器动作的越控开关, 此开关应适当保护防止发生意外动作。

行走式起重机和行走吊车在行程限位器后应设有缓冲器和缓冲档座。

(4) 起重机应设有超负荷保护或负荷指示器, 超负荷保护应调整在不超过 110% 安全工作负荷时动作。

(5) 具有不同安全工作负荷相应不同臂幅的起重机, 应设有在给定臂幅能自动显示最大安全工作负荷的载荷指示器, 并在载荷到达 95% 安全工作负荷时应发出报警, 到达 110% 安全工作负荷时自动切断运转动力。

(6) 起重机的各运转机构应设有制动器。

起升和变幅机构的制动器须为常闭式, 并应具有应急释放的装置以使任何载荷得以下降和就位, 制动器的安全系数 (制动力矩与额定力矩之比) 应不小于 1.5。

(7) 行走式起重机应装有夹轨装置, 以防止起重机在风力或船倾作用下自动滑行。

(8) 行走式起重应设有锚定装置, 以供起重机停用时予以固定。

(9) 起重机应设有警铃装置。

行走式起重机在轨道上行走时, 应同时发出警铃声。

(10) 起重机应设有臂幅指示器。

(11) 近海平台和浮式起重机的控制室内尚应设有

- ① 到达预定值报警的风速仪;
- ② 起重机水平仪并划有设计规定的限值标志;
- ③ 司机与指挥人员联系的通信设备,
- ④ 载荷指示仪。

4.3.3 升降机和跳板

(1) 应设有在下述情况能防止控制和驱动线路动作的装置

- ① 任何遮盖物未取下;
- ② 升降机超载,

③ 车辆围栏未关闭。

(2) 升降机和跳板在运行时应发出连续的声光警告。

(3) 升降机和跳板由可伸缩的锁紧装置固定时，应设有在锁紧装置合上时确保动力不中断的设施。以及在锁紧装置未脱开前不可能予以降落。

(4) 除尾门外，如另设有码头边出入的跳板，在尾门开启或关闭前，跳板相对于水平的角应小于 10° 。

(5) 出入的跳板在工作时与水平的最大倾斜应不大于预定角度，如超过所允许的角度，应发出报警。

(6) 如使用遥控锁紧的装置时，则应设有在锁紧控制或锁住机构失效时，锁紧升降机或跳板的替代设施。

(7) 在升降机平台和甲板开口的二端和二侧之下，应装有连续的安全脱扣牵索或等效装置。并应设有在断开器动作后立即停住升降机并保持在位的装置。

4 3 4 绞车

(1) 绞车卷筒上钢索应能整齐排列，必要时应设置排绳器。建议卷筒的长度能单层绕完所需收进的钢索，如钢索单层卷绕布置为不现实时，则卷筒上的钢索一般不应多于3层。

(2) 绞车卷筒上的钢索长度，应适合于设计范围内的任何位置使用，并在卷筒上留存的钢索在任何情况下应不少于3圈。

(3) 当所需收进的钢索全部绕上卷筒后，绞车卷筒凸缘应高出最上层钢索不少于2.5倍钢索直径。

(4) 非动力驱动的千斤索绞车应设有棘轮，棘轮应能承受千斤索上传递的最大载荷。

(5) 动力绞车应设置制动器，在运转动力故障时，应能使载荷保持在位。

绞车制动器的有效制动力矩应不少于绞车额定值的1.5倍。

第五章 零部件和绳索

5.1 通 则

5.1.1 固定零部件、活动零部件以及钢索和纤维索，一般均应按我局承认的标准制造，未按上述标准设计的固定零部件或活动零部件均须经本局审查同意。

5.1.2 5.1.1所述的零部件的安全工作负荷应不小于其所在部位上按本篇相应要求的载荷。

5.1.3 本章5.2节所述的眼板和焊接组合件所选用的钢材等级，一般应符合本篇第三章表3.5.3的规定。用于其他零部件的钢材一般亦应符合本局认可的相应标准。

5.1.4 本章5.3节所述的吊钩、吊环、转环和卸扣等活动零部件均不得使用铸铁或铸钢件。

5.1.5 铸钢件或锻钢件应进行正火处理，正火加回火处理或与材料性能相适应的热处理。

5.2 固定零部件

5.2.1 连接起货滑车、千斤索滑车和稳索用眼板，应穿过吊货杆的头部，并应沿眼板的四周焊透，采用其他结构的眼板，应经本局同意。

轻型吊杆的牵索用眼板可不穿过吊货杆头部直接焊上。

5.2.2 重型吊杆的嵌入滑轮直径，应不小于5.3.4的规定，同时亦不应小于吊杆该处外径的1.2倍。

5.2.3 吊货杆跟部的叉头可采用锻造、焊接组合件或铸钢件，叉头的销轴须配有螺母和开口销。

5.2.4 吊货杆承座可采用焊接组合件或铸钢件，承座的转轴须装有挡圈并配有贯通的销轴和开口销，以防止转轴跳出承座。

5.2.5 装于桅或起重柱上的千斤索眼板座架可采用锻造、焊接组合件或铸钢件，并应设有合适的装置以防止销轴转动或脱出座架。

5.2.6 各眼板的布置应尽可能使之在工作中不受横向弯曲力，眼板或座架的形式应与相连接的部件相配合。

眼板设置的部位应具有足够的强度，必要时应作局部加强。

5.3 活动零部件

5.3.1 “C”型吊钩的设计应使钩尖有遮挡，以防止在起吊时钩任船上构件或其他物件。

吊运集装箱的特殊用途的吊具，应符合有关国际标准的统一规定。

5.3.2 在吊钩与吊货短链之间应设有转环或使用转钩。转环应能自由旋转并能防止松脱。

5.3.3 卸扣横销的端部应带有螺纹，横销一般应设有防止松脱的装置。用于连接吊具系统零件（如吊钩、重块和吊货短链等）的卸扣须带有半埋头的横销。

5.3.4 滑车的构造应使滑轮与外壳隔板之间保持较小的间隙，以免卡住绳索。

滑车应具有有效的润滑，并能在不拆卸情况下对所有轴承和头部吊环加注润滑剂。

钢索滑轮应为钢制，采用铸铁材料须经本局特别同意。

开口滑车不得使用于起重设备系统。

滑轮直径（量自索槽底部）与绳索直径之比，不得小于表 5.3.4 规定

表 5.3.4

滑 轮 用 途		滑 轮 直 径 / 绳 索 直 径	
		动 索	静 索
钢 索	吊杆装置（包括吊杆式起重机）	12.8	8
	起重机、潜水器吊放系统	19	8
纤维索		6	

5.3.5 连接吊货短链和起货索用的三角眼板的厚度，应与其相连接的卸扣相配合，尽量保持较小的间隙。

5.3.6 松紧螺旋扣的构造应能防止螺栓松动，二端眼环应与螺栓锻成整体，带钩子的松紧螺旋扣不得用于起重设备系统。

5.3.7 在吊钩的上方宜附有重物（如平衡锤），或装设一段短链、使绞车在空钩运转时不致发生钢索混乱。

5.3.8 千斤链及双杆操作中使用的保险稳索链均应为无挡长环链。用有节定位索代替保险稳索时，有节定位索的末端应具有防滑装置，定位节与防滑装置间的距离应尽量缩短，一般不大于一个定位节距。

5.4 绳 索

5.4.1 钢索制造厂应经本局认可，采用未经本局认可的钢索制造厂制造的钢索将由本局特别考虑。

5.4.2 钢丝的公称抗拉强度应不小于 1400N/mm^2 亦不大于 1800N/mm^2 。钢索一般应不少于 6 股组成。钢索的主芯可为纤维芯或钢丝芯。

5.4.3 动索用的钢索应具有柔性，每股中的钢丝不得少于 19 根，股芯可为纤维芯或钢丝芯。

静索用的钢索，股芯通常为钢丝芯。

5.4.4 钢索末端的绳眼或套圈用插接方法做成时，插接应按下列方法之一做成

(1) 每一整股穿绕三次，剖开半股再穿绕一次，并在任何情况下，钢索每股（含半股）的穿绕应依次进行。

(2) 每一整股穿绕 4 次，以后每相隔一股穿绕一次，每股的穿绕应依次进行。

(3) 采用其他插接方法，如在各方面都能与上述二种插接方法同样有效时，本局亦可同

意使用。

5 4 5 钢索末端的连接，根据不同的用途，可采用索节、索夹等连接件。

5 4 6 钢索不得用插接法接长使用。

5 4 7 纤维索可由天然纤维或人造纤维制造。

人造纤维性能应具有适当稳定性，不因受紫外线的影响而老化。

天然纤维一般应为麻、马尼拉麻或剑麻等制造。

纤维索一般应由三股组成。其他构造将予以特别考虑。

5 4 8 在起重设备系统中，纤维索一般仅允许使用于，

(1) 吊杆系统。

通过滑车组的摆动稳索或双杆操作时吊货杆头的内牵索。

(2) 潜水器吊放系统。

人造纤维索可考虑用作起吊目的。

5 4 9 纤维索末端绳眼的插接应符合下列要求

(1) 天然纤维索

每一整股穿绕三次，剖开半股再穿绕二次。

(2) 人造纤维索，

每一整股穿绕 4 次，剖开半股再穿绕二次，每股的端部均应予以熔合。

5 4 10 纤维索不得用插接法接长使用。

第六章 试 验

6.1 通 则

6.1.1 起重设备在首次使用前应进行试验。

起重设备投入使用后应定期地进行重新试验

6.1.2 起重设备投入使用后,如有影响强度的部件进行更换或修理,应按本章 6.5 节的规定进行重新试验。

6.1.3 活动零部件在首次使用前以及进行更换或修理影响强度的部件,应按本章 6.2 节规定进行验证试验。

6.1.4 作为试验负荷的测力机应由法定单位进行计量,误差应在 2% 以内,计量周期不超过 2 年。

6.1.5 当起重设备发生重大事故时,船长或船舶所有人应及时报告本局,以便对该设备进行检验。

6.1.6 在各项试验中,如发现起重设备有不符合本篇规定或技术状况不良时,应停止该设备继续使用或试验。

6.1.7 有关对起重设备规定的各种检验见第一篇第五章规定。

6.2 活动零部件的试验

6.2.1 每个活动零部件应进行验证试验,验证负荷应按表 6.2.1 及其附注的要求。验证负荷可用试验机或悬重法进行,保持验证负荷的时间应不少于 5min。

6.2.2 活动零部件验证试验后,应进行全面检查,是否有变形、裂纹或其他缺陷,对能转动的部件,应检查其是否能自由转动。

6.2.3 用于潜水器吊放系统的活动零部件,其验证负荷应为表 6.2.1 中相应项目的 1.5 倍。

表 6.2.1

序号	名 称	验证负荷 (kN)
1	单饼滑车①	$4 \times SWL$
2	多饼滑车②	$2 \times SWL$
	$SWL \leq 245 \text{kN}$	$0.933 \times SWL + 265$
	$254 \text{kN} < SWL \leq 1568 \text{kN}$	$1.1 \times SWL$
	$SWL > 1568 \text{kN}$	

续上表

序号	名称	验证负荷 (kN)
3	链条、吊钩、环、卸扣、转环等 $SWL \leq 245\text{kN}$ $SWL > 245\text{kN}$	$2 \times SWL$ $1.22 \times SWL + 196$
4	吊梁、吊框、吊架和类似设备 $SWL \leq 98\text{kN}$ $98\text{kN} < SWL \leq 1568\text{kN}$ $SWL > 1568\text{kN}$	$2 \times SWL$ $1.01 \times SWL + 94$ $1.1 \times SWL$

① 单饼滑车的安全工作负荷，包括有绳眼的单饼滑车，应取吊环上载荷的一半。

② 多饼滑车的安全工作负荷应取吊环载荷。

6 2 4 山字型吊钩的验证试验可按图 6 2 4 (1) 或 (2) 所示方法进行，但对后者尚应按图 6 2.4 (3) 所示方法做附加试验，试验负荷为验证负荷的一半。

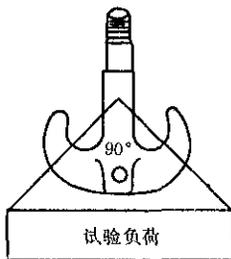


图 6 2 4 (1)

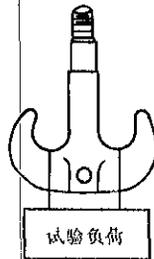


图 6 2 4 (2)

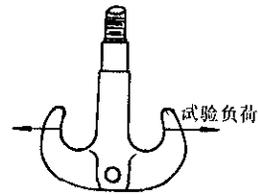


图 6 2 4 (3)

6 2 5 链条 (长环或短环)除按表 6 2 1 规定进行验证试验外，尚应进行破断试验，通常每 55m 链条长度割取一段 5 环试样做破断试验，破断负荷应不小于 4 倍链条的安全工作负荷。

6 2 6 吊梁或类似设备的设计，如能承受几种起吊和支撑方式时，每种受力方式均须单独进行验证试验。

6.3 绳索的破断试验

6 3 1 钢索的破断负荷应按下述二种方法之一取得

(1) 从整根钢索上割取试样进行破断试验。试样割取前二端须扎紧，不使试样在试验长度内的钢丝松弛。试样的试验长度为 36 倍钢索直径。试验机的加载速度，在到达公称破断负荷 80% 之前可较快加载，此后应慢慢地平稳加载，直至到达最大负荷。试样破断位置如出现在夹具附近，此试验可以不算。

(2) 钢索的破断负荷可以单根钢丝的破断拉力总和乘换算系数确定。换算系数可按国际标准或我局承认的标准选取。

6 3 2 纤维索的破断负荷应从整根纤维索上割取试样进行破断试验取得。试样的试验长度、试验机的加载速度以及初始载荷按表 6 3 2 规定。试样破断位置如出现在离夹具 150mm

以内时, 此试验可以不算。

表 6 3 2

材料	试样试验长度 (mm)	初始载荷 (%)	加速度 (mm/mm ²)
天然纤维	1800	2	150±50
人造纤维	900	1	75±25

6.4 起重设备的试验

6.4.1 吊杆装置和吊杆式起重机的试验

(1) 每根吊杆应按表 6.4.1 规定的试验负荷进行试验, 试验程序应取得验船师同意。吊货杆应放置在经审查批准的设计图纸所规定的仰角位置。试验应使用具有质量证明的重物悬挂于吊钩或吊具上进行。重物吊离甲板后保持悬挂时间不少于 5min。

表 6 4 1

安全工作负荷 SWL (kN)	试验负荷 (kN)
$SWL \leq 196$	$1.25 \times SWL$
$196 < SWL \leq 490$	$SWL + 49$
$SWL > 490$	$1.1 \times SWL$

(2) 试验时, 尚应进行慢速升降重物并进行绞车的制动试验, 吊杆应向左右二舷摆动并尽可能大。

(3) 吊杆装置或吊杆式起重机有负荷指示器或超负荷保护器时, 应进行校核或进行动作试验。对绞车须作紧急制动试验, 以检查重物是否能保持在原来位置。

(4) 需作双杆操作的吊杆装置经 6.4.1 (1) ~ (3) 规定的试验后, 应进行双杆试验, 试验负荷按表 6.4.1 规定。试验时应检查二起货索连接点的净空高度、起货索夹角和保险稳索位置是否符合本局批准的图纸要求。

(5) 吊杆式起重机除应按 6.4.1 (1) ~ (3) 进行试验外, 尚应在带试验负荷情况下进行慢速变幅试验和回转试验。变幅角度按设计的工作角度。回转试验应在最低设计变幅角度下进行, 回转极限角度按批准的设计图纸规定。

(6) 吊杆装置或吊杆式起重机按 6.4.1 (1) ~ (5) 试验完毕后, 应进行全面检查, 是否有变形或其他缺陷。

6.4.2 起重机的试验

(1) 每台起重机应按表 6.4.1 规定的试验负荷进行试验, 试验程序应取得验船师的同意。臂架应放置在经审查批准的设计图纸所规定的最大臂幅位置。试验应使用具有质量证明的重物悬挂于吊钩或吊具上进行, 重物吊离甲板后保持悬挂时间不少于 5min。

(2) 试验时, 起重机应在试验负荷下进行慢速起升、回转和变幅试验, 同时还应进行起升、回转和变幅机构的制动试验。可行走的起重机尚应在试验负荷下进行慢速全程行走试验。

(3) 对具有不同臂幅相应不同安全工作负荷的起重机, 一般应在各个不同臂幅相应各个试验负荷下进行试验, 对要求减少中间臂幅试验负荷的试验, 将予以特别考虑。

(4) 对超负荷保护装置、超力矩保护装置应进行动作试验。

(5) 液力起重机如起升全部试验负荷为不现实时, 可减少试验负荷进行试验, 但在任何

情况下所采用的试验负荷，应不少于 1.1 倍安全工作负荷。

(6) 起重机经超负荷试验后，应进行安全工作负荷下的操作试验，试验起升、回转和变幅的各档运转速度以表明运转情况、超负荷效能、负荷指示器和限位器等处于良好工作状态。

(7) 起重机试验后应进行全面检查，是否有变形或其他缺陷。

6.4.3 潜水器吊放系统的试验

(1) 每台用于吊放或移动有人潜水器或其他有人潜水系统的装置应在全工作范围内经受 1.5 倍安全工作负荷的试验。此外，尚应在最大速度下降时，用 1.1 倍安全工作负荷进行制动试验，此种试验应模拟动力故障进行。

(2) 作为试验目的，潜水器吊放系统的安全工作负荷，应取下述二种情况之大者：

① 潜水器在水面上时，潜水系统、吊架和绳索在空气中的最大质量。或

② 潜水器在最大工作水深时，潜水系统、吊架和绳索在水中的总质量。

(3) 吊放系统经超负荷试验后，应进行安全工作负荷下的操作试验，试验各档运转速度以表明运转情况、超负荷效能、负荷指示器和限位器等处于良好工作状态。

(4) 吊放系统试验后，应进行全面检查，是否有变形和其他缺陷。

6.4.4 升降机和跳板的试验

(1) 每一升降机应在载有作用载荷或额定载荷的情况进行试验，表明升降机、所有控制系统和安全系统运转情况良好。

(2) 此外，每一升降机在安装和在任何重大修理、更换或改建后，应进行如下试验。

① 制动器应能停住载有 1.25 倍作用载荷或额定载荷的升降机。

② 升降机在载有如下验证负荷情况下操作运行一个完整的行程。

旅客升降机，1.1 倍的作用载荷或额定载荷，

货物或车辆升降机，见表 6.4.4 (2)。

表 6.4.4 (2)

安全工作负荷 (SWL)	试验负荷 (kN)
$SWL \leq 196\text{kN}$	$1.25 \times SWL$
$196\text{kN} < SWL \leq 490\text{kN}$	$SWL + 49$
$SWL > 490\text{kN}$	$1.1 \times SWL$

(3) 能带有载荷升降的车辆跳板应按车辆升降机的规定进行试验。

(4) 只能在无载荷情况下升降的车辆跳板，在安装和重大修理、更换或改建后应作如下试验：

① 当跳板承受 1.25 倍安全工作负荷的载荷时，制动器在跳板处于最不利位置时将其刹住。

② 跳板放在工作位置承受表 6.4.4 (2) 规定的试验负荷。

③ 跳板在无载荷情况下，操纵运转一完整的工作循环。

(5) 升降机和跳板试验后，应进行全面检查，是否有变形和其他缺陷。

6.5 起重设备的重新试验

6.5.1 吊杆装置、吊杆式起重机、起重机、潜水器吊放系统以及升降机和跳板，如遇有本章 6.1.1 和 6.1.2 所规定的情况时，应进行重新试验。

6.5.2 吊杆装置、吊杆式起重机和起重机的试验负荷和吊杆仰角或臂幅应按 6.4.1 (1) 和 6.4.2 (1) 规定。

6.5.3 吊杆装置、吊杆式起重机和起重机应进行慢速升降试验，同时进行制动试验。吊杆式起重机和起重机尚应作变幅和回转试验，试验方法见 6.4.1 (5) 和 6.4.2 (2)，但亦可根据验船师的意见免做变幅和回转试验。

6.5.4 轻型吊杆的重新试验可用弹簧或液力测力计进行，测力计误差应符合本章 6.1.4 规定。用测力计试验时，测力计上的试验负荷应保持 5min 不变。

6.5.5 潜水器吊放系统重新试验应按 6.4.3 规定进行。

6.5.6 升降机和跳板每隔四年或在进行影响项目强度修理或改建后应进行重新试验。重新试验应按 6.4.4 (2) 规定进行。

6.5.7 起重设备在更换或修理影响强度的结构件或部件后的重新试验，可按更换或修理结构或部件的具体项目，根据验船师的意见作能反映强度情况的单项试验。

6.5.8 重新试验完毕后应进行检查，是否有变形或其他缺陷。

6.6 不允许存在的缺陷

6.6.1 起重设备的金属结构件和固定零部件的最大耗蚀超过原尺寸 10% 或有裂纹、显著变形者，不许继续使用。

6.6.2 活动零部件的耳环、链环、环栓、拉板和吊钩等的最大耗蚀超过原尺寸 10%，销轴的最大耗蚀超过原直径的 6%，或有裂纹、显著变形者，以及滑轮轮缘有裂纹或折断者，不许继续使用。

6.6.3 钢索有过度磨损、严重腐蚀或钢索在 10 倍直径长度范围内有 5% 的钢丝折断者，必须换新。

6.6.4 起重设备的制动器衬垫有显著磨损，在摩擦面上露出固定衬垫的铆钉时，必须换新。

6.6.5 传动齿轮牙齿损坏或轮缘、轮辐和轮壳上有裂纹时，不许继续使用。

第七章 标 记

7.1 活动零部件的标记

7 1 1 按照第六章 6 2 节规定进行试验和检查合格的活动零部件,应由制造厂或试验单位打上标记并提供试验证明书。

7 1 2 标记应包括下列各项。

- (1) 活动零部件的安全工作负荷, kN;
- (2) 试验年月;
- (3) 活动零部件的编号,
- (4) 制造厂或试验单位的标记。

7 1 3 标记应打在明显的部位,以便检查,但应避免打在高应力处或应力集中的部位。标记的部位规定如下。

- (1) 吊钩,打在钩子本体宽阔处,但不打在弯曲处;
- (2) 滑车 打在滑车的拉条或夹板上,
- (3) 卸扣 打在销孔附近的侧臂上,
- (4) 转环,打在耳环的二个侧面上,
- (5) 链条,打在链条两端的链环二侧;
- (6) 有节定位索,打在每个定位节上。

对于小尺寸的活动零部件,打标记的位置受限制时,允许不打零件编号和日期。

7.2 起重设备的标记

7 2 1 起重设备经初次试验和检验完毕后,应在吊货杆、臂架或相应的部件上离根部约 50cm 处打上试验标记。营运中的起重设备经改建或变更安全工作负荷,并经试验和检查完毕后,应在上述位置打上新的标记。

7 2 2 标记应包括下列各项。

- (1) 安全工作负荷, kN,
- (2) 试验年月;
- (3) 试验时吊货杆与水平所成的仰角或臂架幅度;
- (4) 本局或本局授权的组织钢印标记。

吊杆装置的标记格式见图 7 2 2 (1)。

起重机标记格式见图 7.2 2 (2)。

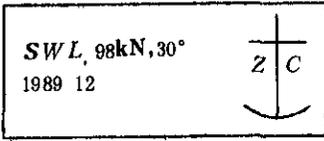


图 7 2 2(1)

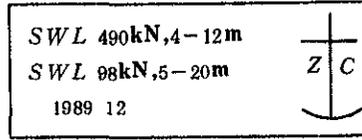


图 7 2 2(2)

注：图 7 2 2 (2) 中的 kN 数和臂幅为主、副钩的安全工作负荷和相应的臂幅。

7.2.3 除上述标记外，尚应将安全工作负荷（可用 SWL 表示）及仰角或臂幅用色漆写在吊货杆或臂架的醒目处。举例如下。

(1) 单杆安全工作负荷 98kN、仰角 30° SWL98kN (30°)

(2) 双杆操作安全工作负荷 49kN, SWL (U) 49kN

(3) 起重机安全工作负荷主钩 490kN, 副钩 98kN, 臂幅主钩 4~12m, 副钩 5~20m;
SWL490kN (4~12m)
SWL98kN (5~20m)

(4) 起重机主钩有不同臂幅相应不同安全工作负荷时，如主钩安全工作负荷 3432kN, 臂幅 8~16m; 安全工作负荷 2451kN, 臂幅 8~20m; 副钩安全工作负荷 294kN, 臂幅 10~40m;
SWL3432kN (8~16m), SWL2451kN (8~20m),
SWL294kN (10~40m)。

附录 折减系数 φ

(1) 本篇第三章 3.2.17 规定的中心压杆临界应力 σ_{cr} 以公式 $\varphi \cdot \sigma_s$ 表示，式中， φ 为折减系数； σ_s 为屈服应力。

(2) 根据承受压缩构件的截面形状和构造，应用表 A-1 查取相应截面的罗伯逊 (Robertson) 常数 α 。

(3) 查得罗伯逊常数 α 后，对照折减系数 φ 表 A-2 至表 A-5 查取相应的折减系数 φ 。

(4) 中间值可用内插法求得。中间值包括屈服应力和长细比的中间值。

(5) 本附录共有附表 5 张

附表 1 各种截面的罗伯逊常数 α

附表 2 折减系数 φ ，罗伯逊常数 $\alpha=2.0$ ，

附表 3 折减系数 φ ，罗伯逊常数 $\alpha=3.5$ ；

附表 4 折减系数 φ ，罗伯逊常数 $\alpha=5.5$ ，

附表 5 折减系数 φ ，罗伯逊常数 $\alpha=8.0$ ，

注 1 当厚度在 40~50mm 之间时， σ_{cr} 可取厚度小于 40mm 和大于 40mm 的数值的平均值。

注 2 当用板焊接成的 I 和 H 截面型材能保证翼的边缘使用火焰切割时，如翼的厚度不大于 40mm，相对于 Y-Y 轴的屈曲可取用 $\alpha=3.5$ ，翼的厚度大于 40mm 时，应取用 $\alpha=5.5$ 。

注 3 由钢板焊接制成的型材，屈服点应降低 25MPa。

注 4：为了保证“具有焊接翼盖板的 I 或 H 截面”这类构件的质量，翼和板的宽度应取 25mm 或较大宽度的 25% 其中之大者。如较小的宽度少于较大宽度的 25%，则应取用“焊接组合 I 或 H 截面”一类。不然，应看作“轧制 I 截面”或“轧制截面”视何者合适。

注 5 “焊接箱形截面”包括由四块钢板制成，由两根角钢或由一根 I 钢（或 H 钢）和两块钢板制成的箱截面，但不应由两根槽钢，也不应由焊接纵向加强材组成的箱形截面。

各种截面的罗伯逊常数 α

附表 1

截面形式	翼或板的厚度	屈曲轴	α
轧制 I 截面 (通用梁)		XX	2.0
		YY	3.5
轧制 H 截面 (通用柱), 注 1	40mm 及以下	XX YY	3.5 5.5
	40mm 及以上	XX YY	5.5 8.0
焊接组合 I 或 H 截面, 注 1、2 和 3	40mm 及以下	XX YY	3.5 5.5
	40mm 及以上	XX YY	3.5 8.0
具有焊接翼盖板的 I 或 H 截面, 注 1 和 4		XX YY	3.5 2.0
焊接箱形截面, 注 1、3 和 5	40mm 及以下 40mm 及以上	任意轴	3.5 5.5

续上表

截面形式	翼或板的厚度	屈曲轴	α
轧制槽钢、角钢或 T 形截面 (轧制成或由通用梁、柱切开)		任意轴	5.5
热轧结构空心截面		任意轴	2.0
圆、方和扁平截面, 注 1	40mm 及以下 40mm 及以上	任意轴	3.5 5.5
复合的轧制截面 (两个及以上的 I、H 或槽形截面, I 形截面上加槽形截面等等)		任意轴	5.5
两个轧制角钢、槽钢或 T 钢, 截面背向		任意轴	5.5
两个轧制型钢, 截面面向		任意轴	5.5
组合构架结构		任意轴	2.0

折减系数 φ
 罗伯逊常数 $\alpha=2.0$

附表 2

屈服应力 长细比	普通强度钢 (N/mm ²)				高强度钢 (N/mm ²)		
	215	230	245	280	325	340	355
20	0.991	0.991	0.991	0.990	0.990	0.990	0.986
30	0.967	0.967	0.967	0.967	0.967	0.967	0.963
40	0.944	0.943	0.943	0.943	0.938	0.938	0.932
50	0.916	0.915	0.914	0.907	0.902	0.900	0.893
60	0.884	0.878	0.873	0.864	0.849	0.847	0.837
70	0.837	0.830	0.824	0.807	0.778	0.770	0.755
80	0.781	0.774	0.759	0.732	0.692	0.676	0.659
90	0.721	0.704	0.686	0.646	0.597	0.582	0.563
100	0.646	0.630	0.608	0.564	0.511	0.497	0.479
110	0.577	0.556	0.535	0.489	0.440	0.423	0.408
120	0.512	0.487	0.469	0.425	0.378	0.365	0.363
130	0.451	0.430	0.412	0.371	0.326	0.315	0.313
140	0.400	0.378	0.363	0.325	0.286	0.273	0.270
150	0.358	0.339	0.322	0.286	0.252	0.241	0.237
160	0.316	0.300	0.288	0.271	0.221	0.215	0.208
170	0.284	0.270	0.257	0.229	0.200	0.191	0.186
180	0.256	0.243	0.230	0.204	0.178	0.171	0.166
190	0.233	0.222	0.208	0.188	0.160	0.153	0.149
200	0.214	0.200	0.188	0.168	0.145	0.141	0.135
210	0.195	0.183	0.171	0.154	0.132	0.126	0.124
220	0.177	0.165	0.159	0.139	0.120	0.118	0.113
230	0.163	0.152	0.143	0.129	0.111	0.106	0.104
240	0.149	0.143	0.135	0.118	0.101	0.097	0.093

折减系数 φ
罗伯逊常数 $\alpha=3.5$

附表 3

屈服应力 长细比	普通强度钢 (N/mm ²)				高强度钢 (N/mm ²)		
	215	230	245	280	325	340	355
20	0.982	0.982	0.982	0.982	0.982	0.982	0.976
30	0.949	0.948	0.947	0.946	0.944	0.944	0.935
40	0.907	0.907	0.906	0.903	0.898	0.897	0.890
50	0.865	0.861	0.861	0.853	0.849	0.841	0.831
60	0.814	0.809	0.808	0.796	0.778	0.773	0.761
70	0.758	0.805	0.747	0.725	0.701	0.691	0.679
80	0.697	0.687	0.677	0.650	0.618	0.606	0.591
90	0.632	0.622	0.603	0.575	0.535	0.523	0.510
100	0.572	0.556	0.539	0.504	0.465	0.450	0.437
110	0.511	0.491	0.448	0.443	0.400	0.388	0.375
120	0.456	0.439	0.420	0.386	0.348	0.335	0.324
130	0.405	0.387	0.371	0.339	0.305	0.294	0.282
140	0.363	0.343	0.331	0.300	0.268	0.259	0.248
150	0.326	0.309	0.294	0.268	0.237	0.226	0.220
160	0.293	0.278	0.265	0.239	0.209	0.203	0.194
170	0.265	0.248	0.237	0.214	0.188	0.182	0.175
180	0.237	0.226	0.216	0.193	0.169	0.162	0.158
190	0.219	0.204	0.196	0.175	0.154	0.147	0.141
200	0.200	0.187	0.180	0.157	0.138	0.135	0.130
210	0.181	0.170	0.163	0.146	0.126	0.124	0.118
220	0.167	0.157	0.151	0.132	0.117	0.112	0.107
230	0.153	0.143	0.139	0.121	0.108	0.103	0.099
240	0.144	0.135	0.126	0.114	0.098	0.094	0.090

折减系数 φ
罗伯逊常数 $\alpha=5.5$

附表 4

屈服应力 长细比	普通强度钢 (N/mm ²)				高强度钢 (N/mm ²)		
	215	230	245	280	325	340	355
20	0.977	0.976	0.975	0.975	0.975	0.973	0.963
30	0.921	0.918	0.918	0.918	0.917	0.915	0.904
40	0.865	0.862	0.861	0.857	0.852	0.850	0.839
50	0.805	0.804	0.800	0.793	0.782	0.779	0.766
60	0.744	0.739	0.735	0.721	0.708	0.700	0.687
70	0.684	0.674	0.669	0.650	0.628	0.620	0.606
80	0.619	0.609	0.600	0.579	0.551	0.541	0.527

续上表

屈服应力 长细比	普通强度钢 (N/mm ²)				高强度钢 (N/mm ²)		
	215	230	245	280	325	340	355
90	0 558	0 548	0 535	0 511	0 480	0 468	0 456
100	0 502	0 489	0 478	0 450	0 415	0 406	0 394
110	0 447	0 435	0 424	0 396	0 363	0 353	0 341
120	0 400	0 387	0 376	0 364	0 314	0 309	0 299
130	0 358	0 348	0 335	0 307	0 280	0 271	0 262
140	0 321	0 309	0 298	0 275	0 246	0 238	0 231
150	0 293	0 278	0 269	0 243	0 218	0 212	0 206
160	0 265	0 252	0 241	0 218	0 197	0 188	0 183
170	0 237	0 226	0 216	0 196	0 175	0 170	0 163
180	0 219	0 209	0 200	0 179	0 160	0 153	0 149
190	0 200	0 191	0 180	0 164	0 145	0 138	0 135
200	0 181	0 174	0 163	0 150	0 132	0 126	0 121
210	0 167	0 161	0 151	0 136	0 120	0 115	0 113
220	0 153	0 148	0 139	0 125	0 110	0 105	0 101
230	0 144	0 135	0 131	0 114	0 101	0 097	0 096
240	0 135	0 126	0 118	0 107	0 095	0 091	0 087

折减系数 φ
 罗伯逊常数 $\alpha=8.0$

附表 5

屈服应力 长细比	普通强度钢 (N/mm ²)				高强度钢 (N/mm ²)		
	215	230	245	280	325	340	355
20	0 963	0 963	0 962	0 963	0 963	0 962	0 946
30	0 888	0 887	0 886	0 886	0 883	0 882	0 867
40	0 814	0 813	0 812	0 807	0 803	0 800	0 786
50	0 744	0 739	0 739	0 728	0 720	0 718	0 701
60	0 674	0 670	0 665	0 653	0 640	0 632	0 620
70	0 609	0 604	0 560	0 582	0 560	0 556	0 541
80	0 549	0 539	0 531	0 514	0 489	0 482	0 470
90	0 493	0 483	0 473	0 454	0 428	0 418	0 408
100	0 442	0 430	0 420	0 400	0 372	0 365	0 355
110	0 395	0 383	0 376	0 354	0 326	0 313	0 310
120	0 353	0 343	0 335	0 310	0 286	0 279	0 270
130	0 316	0 303	0 298	0 219	0 252	0 247	0 239
140	0 288	0 278	0 269	0 246	0 225	0 218	0 211
150	0 260	0 252	0 241	0 221	0 203	0 194	0 189
160	0 237	0 226	0 220	0 200	0 182	0 170	0 169

续上表

屈服应力 长细比	普通强度钢 (N/mm ²)				高强度钢 (N/mm ²)		
	215	230	245	280	325	340	355
170	0 214	0 191	0 200	0 182	0 163	0 159	0 152
180	0 195	0 187	0 180	0 164	0 148	0 144	0 138
190	0 181	0 174	0 167	0 150	0 135	0 129	0 127
200	0 167	0 161	0 151	0 139	0 123	0 118	0 115
210	0 153	0 148	0 139	0 129	0 114	0 109	0 104
220	0 144	0 135	0 131	0 118	0 105	0 100	0 090
230	0 130	0 126	0 118	0 107	0 095	0 094	0 087
240	0 121	0 117	0 110	0 110	0 089	0 085	0 082