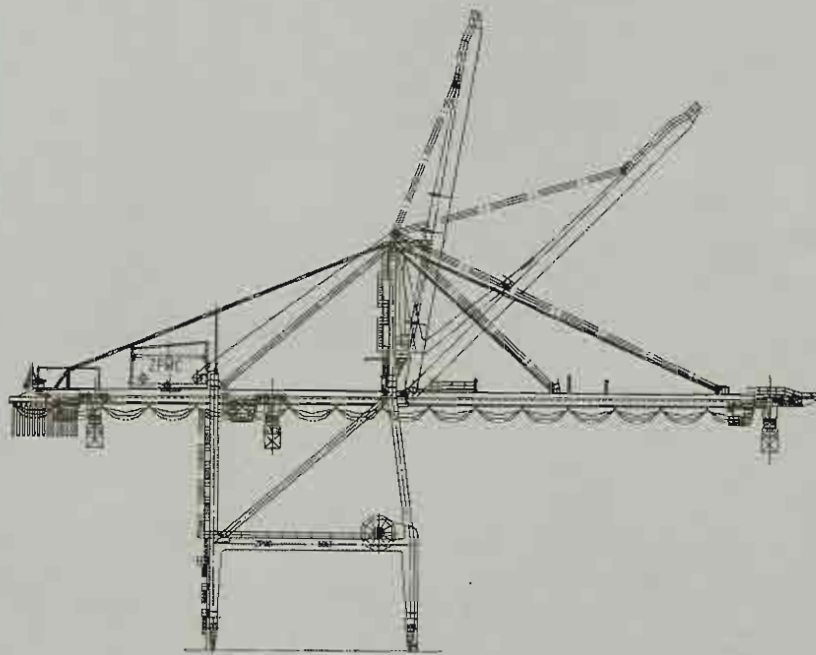


F.E.M 标准

欧洲起重机械设计规范

(1998 年修订版)

潘钟林 译



欧洲起重机械设计规范

(上)

第一册-----第三册

总 目 录

✓ 第一册	目的和范围	.....	( 1)
✓ 第二册	分级及结构和机构的载荷	.....	( 15)
✓ 第三册	结构应力计算	.....	( 59)
✓ 第四册	机械零部件的疲劳核算和选择	.....	(115)
第五册	电气设备	.....	(139)
第六册	稳定性和防风抗滑安全性(删除)	.....	(169)
✓ 第七册	安全规范	.....	(171)
✓ 第八册	试验荷重和公差	.....	(189)
第九册	对第1至8册的补充和说明	.....	(199)

起重机械设计规范

第 1 册

目的和范围

第一册

目的和范围

内 容

1.1. 第三版前言	(1)
1.2. 引 言	(2)
1.3. 规范目的	(4)
1.4. 范 围	(5)
代号和符号表	(6)

1.1. 第三版前言

本起重机械设计规范由欧洲搬运工程协会 I 处的技术委员会制定，至今已出版过两个版本，1962 年第一版，1970 年第二版，愈来愈为全世界许多国家所广泛采用。

考虑到有这么多的读者，欧洲搬运工程协会 I 处决定改变设计规范的版式。为更新内容，废除原来的单卷本形式，将其分成如下几本单独的分册：

- 第 1 册 目的和范围
- 第 2 册 分级及结构和机构的载荷
- 第 3 册 结构应力计算
- 第 4 册 机构零部件的疲劳核算和选择
- 第 5 册 电气设备
- 第 6 册 稳定性和防风抗滑安全性（删除）
- 第 7 册 安全规范
- 第 8 册 试验荷重和公差
- 第 9 册 对第 1 至 8 册的补充和说明

在此还请注意 I 处的新术语，尽管它不直接作为本设计规范的一部分。

1.2. 引言

为便于有关的买主，制造厂和安全机构使用本规范，有必要对下面两个问题作些解释：

1. 如何将本规范实际应用到规范所涉及的不同类型的起重机械中去？

2. 买主如何利用本规范对他想订购的起重机械确定订货要求，和开列什么条件来确保制造厂按他的要求进行投标？

1. 首先必须认识到，本设计规范所涉及的起重机械有多种多样。很明显，一台高速与工作循环快捷的起重机，其设计方式同一台不常使用的小型桥式起重机(行车)是不一样的。对于这样一台起重机，在通读本规范之后，要进行看来似乎需要的全部核算是不成问题的，可以通过大量计算来完成此项工作，但这样做是没有必要的。因此，制造厂必须根据具体情况来决定他所设计的起重机的哪些零部件应该进行分析，哪些不需要进行计算。这倒不是因为后者不需要符合本规范的要求，而相反，是因为他事先就确信，即便对后者进行计算，那也只是对一个令人满意的结果验证一下。这可能是由于，预定要采用的标准件已经经过了充分的校核，或者是因为本规范所规定的某些核算在某些情况下不可能有不利结果，因此，再进行核算就没有必要了。

譬如，关于疲劳计算，很明显，对于轻型或中型的起重机械，某些核算不必进行，因为核算结果总是证明最不利的情况发生于有关弹性极限的安全度核算。

这些考虑表明，按照本规范进行的计算可以根据不同类型的起重机械采用完全不同的形式，对于一台简单的起重机或一台由标准件组成的起重机，计算可以概略些，而不必拘泥于本设计规范所列出的原则。

2. 就第二个问题来说，某些说明是买主迫切需要的，当面临文件所提供的各种选择时，可能会被文件的广泛内容弄得糊里糊涂，手足无措，但是，如果考虑到需要解决的问题不同，有所选择还是必要的。

事实上，对于买主来说，最重要的事情是确定他所需要的起重机械的工作制，如果可能的话，进一步指明起重机各个动作的工作制。

关于起重机械的工作制，必须确定两个因素：

——利用等级，见 2.1.2.2. 节

——荷重谱，见 2.1.2.3. 节

举例来说，买主为了得到确定利用等级的起重循环数，可以求以下几个数的乘积：

——起重机每一使用日的平均起重循环数

——每年平均使用天数

——起重机更新之前的年数

同样，荷重谱可以用上面提到的小节(2.1.2.3. 节)内的简化公式来计算：

两种情况的计算都不要高度精确，更多地是估算性的，而不是精确计算。另外，确定利用等级的起重循环数并不构成保用值，而仅仅是指导值，用作疲劳计算的基础。倘若根据本设计规范设计的起重机械是在由用户通过招标方式规定的条件下被使用，并且按照制造厂商的说明进行正常操作和定期维修保养，则其值也相当于具有适当安全度的预期平均寿命。

如果买主确定不了利用等级和荷重谱，那么可以只指出该起重机械属于哪一组别。表 2.1.2.5. 对组别的选择提供了指南，这些表并无约束力，只是给出一些例子，以便通过比较进行选择。

就机构而言，也要确定以下因素：

——利用等级，见 2.1.3.2. 节

——载重谱，见 2.1.3.3. 节

可以用对整体起重机用过的相同的方法来确定。但附录A.2.1.1.中的表可以用来使利用等级的确定简化。根据起重机械的利用等级，可按照一个工作循环的平均持续时间及机构工作时间和整个循环持续时间的比，确定机构工作小时总数。

买主为他所欲订购的起重机的每一个机构简单地选定组别时，可以用表 T.2.1.3.5. 作指南。

一般来说，买主在起重机设计方面除了在下面二种情况下需要进一步提供有关信息外再无其他信息可提供：

——起升荷重迎风面积，如果这个面积大于 2.2.4.1.2. 节所规定的面积的话。

——非工作风力，如果当地条件确实要求按大于 2.2.4.1.2. 节所规定的非工作风力进行设计的话。

1.3. 规范目的

本规范的目的是确定设计起重机时必须考虑的载荷和载荷的组合，并对各种载荷组合建立强度和稳定性条件。

1.4. 范 围

本规范适用于欧洲搬运工程协会 I 处所管辖的起重机械或起重机械零部件的设计，这些起重机械的名称可见欧洲搬运工程协会 I 处的起重机和重型起重机械图例术语。

I 处不管辖以下起重机械：

1)划归 V 处管辖的起重机械，例如：充气或实心轮胎移动式臂架起重机，履带移动式臂架起重机，装载卡车、拖车和托架上的移动式臂架起重机。

2)按照欧洲搬运工程协会的内部规定，划归 IX 处管辖的起重设备即：

- 各种系列起重设备
- 电动葫芦
- 气动葫芦
- 起重辅助装置
- 手动链式葫芦
- 升降平台、工作平台，站台平地机
- 卷扬机
- 千斤顶，三脚架、拉曳和提升两用设备
- 堆垛起重机

对系列起重设备来说，I 处的设计规范中已被 IX 处所接受的那些章节应该采用。

本规范由 8 册组成，此外，有些分册还有附录，对应用方法提供进一步说明。

代号和符号表

符 号	量 纲	名 称
A	m ²	迎风面积
A	—	残余拉伸应力和自重应力的复合影响
A1至A8	—	起重机组别
A _e	m ²	桁架轮廓面积
a	mm	起重机基距; 风载计算中桁架的尺寸参数; 屈曲计算中板条的长度; 切口情况 2.33 中角焊缝尺寸
a	m/s ²	加速度
B	—	结构件厚度的影响
B	mm	风载计算中桁架宽度
B0至B10	—	结构件利用等级
b	mm	垂直于风向截面的宽度; 矩形钢截面的最大尺寸; 屈曲计算中板条的长度; 车轮计算中轨道有效宽度
c	—	低温影响; 用于计算螺栓拧紧扭矩的系数; 选用运动钢丝绳的选择系数
cf	—	风载计算中的体形系统(风力系数)
c	—	起动等级
c · c'	—	表示威勒(Wöhler)曲线斜率特性的系数
C ₁ , C _{1max}	—	车轮计算中的转速系数
C ₂ , C _{2max}	—	车轮计算中的分组系数
cosφ	—	功率因数
D	—	检查钢板夹层缺陷用符号
D	m	确定体形系数(风力系数)时用的园截面直径
D	mm	钢丝绳缠绕直径; 车轮直径; 机构零件疲劳核算中轴的直径
D _t	mm	螺栓孔直径
d	mm	风载计算中平行于风向的截面深度; 螺栓标称直径; 钢丝绳标称直径; 机构零件疲劳核算中轴的直径
d ₂	mm	螺栓的螺纹根部直径
d _c	—	每小时全起动次数
dd ₁	—	每小时点动或不完全起动次数
d _{min}	mm	最小钢丝绳直径
d _t	mm	螺栓标称直径
E	N/mm ²	钢材弹性模量
E ₁ 至E ₈	—	零部件组别
ED	%	接电持续率
e	mm	屈曲计算中板条厚度, 焊接接头中板厚
e ₁ , e ₂	mm	焊接接头中板厚
F	N	风力; 加速时水平力; 螺栓拉伸载荷; 失稳计算中构件所受的压力

符 号	量 纲	名 称
F_0	N	钢丝绳最小破断载荷
F_1	N	螺栓许用工作载荷
F_c	N	行走期间钢丝绳载荷在 X 轴方向上的投影
F_{cm}	N	行走期间由荷重所引起的惯性力。
F_{Cmax}	N	F_c 的最大值
f	—	钢丝绳充填系数; 电气制动次数。
tiT	S	电机运转时间
f_s	—	加速和减速相对时间系数
g	m/S^2	重力加速度按照 ISO 为 $9.80665m/S^2$ 。
H	—	选择钢丝绳卷筒和滑轮时用的组别系数。
I	kgm^2	回转运动的转动惯量。
I_1, I_2	mm^4	加强筋的惯性矩。
I_D	A	电机起动电流。
J_N	A	电机额定电流。
I_{tot}	A	电流 I_A 和 I_N 的总和
I_z	mm^4	加强筋的惯性矩
I_i	kgm^2	单个旋转零件的转动量。
I_m	kgm^2	所有旋转零件的转动惯量。
J_M	kgm^2	电机和制动器的转动惯量。
j	—	零部件组别 E1 和 E8 中的组别号。
J_0	m/s^2	水平运动加速度
j_m	m/s^2	水平运动平均加速度 / 减速度。
K	—	选择轴承用的均立方系数。
K'	—	确定钢丝绳最小破断强度用的经验系数
K0 至 K4	—	焊接件的应力集中等级。
K_2	—	计算桁架梁和塔架顺风向风力用的系数。
K_L	N/mm^2	车轮在轨道上的比压。
K_m	—	$\frac{M_{nmed}}{M_{man}}$
k	—	捻制损失系数
k_c	—	机构零件疲劳核算中的腐蚀系数
k_d	—	机构零件疲劳核算中的尺寸系数
k_{ti}	—	特殊安装地点用修正系数
k_m	—	机构的谱系数
k_p	—	起重机的谱系统
k_s	—	机构零件疲劳核算中的形状系数
K_{sp}	—	零部件的谱系数
K'_{sp}	—	机构零件的谱系数
k_u	—	机构零件疲劳核算中的表面粗糙度(机加工)系数
K_σ, K_τ	—	屈曲计算中用的屈曲系数
L	N	最大许用提升力
L_1 至 L_4	—	机构的谱等级

符 号	量 纲	名 称
l	m	悬挂长度 / 荷重摆的长度
l	m	导线等效长度
l	mm	风力计算中构件的长度, 轨顶总宽度
l_k	mm	螺栓连接接头中被夹紧零件的长度
M	Nm	螺栓连接接头处的外力矩
M1 至 M8	—	机构组别
M1、M2 和 M3	Nm	一个工作循环期间所需要的电机转矩
M_A	Nm	加速转矩
M_F	Nm	电机制动转矩
M_f	Nm	提升安全工作荷重所需要的转矩
M_{fmed}	Nm	带载行走阻力矩
M_{Nmax}	Nm	提升荷重所需要的最大驱动转矩
M_a	Nm	拧紧螺栓所需要的转矩
M_F	Nm	失稳计算中构件所受的弯矩
M_{max}	Nm	电机转矩的最大值
M_{med}	Nm	电机运转期间的均方限转矩 \bar{M}
M_{min}	Nm	电机最小起动转矩
M_{nmed}	Nm	所需要的平均额定转矩
M_x	Nm	加速或减速时电机转矩的平均绝对值
m	—	螺栓连接接头中的摩擦面数
m	kg	计算由水平运动引起的载荷时所用的等效质量; 起重机总质量
m_0	kg	起重机不带荷重时的质量
m_1	kg	荷重的质量
m_H	kg	除吊钩荷重外运动中的质量
m_L	kg	吊钩荷重的质量
m_e	kg	计算由水平运动引起的载荷时所用的等效质量
m_e	kg	荷重
m_{emax}	kg	安全工作荷重
N	—	起重循环数
N	N	螺栓连接接头中垂直于接头平面的力
N_G	—	普通焊接质量
N_M	N	螺栓连接接头中由外力矩引起的拉力
n	—	起重循环数; 应力循环数
n	min^{-1}	电机额定转速, 转 / 分,
n_{max}	—	确定总使用时间的起重循环数
P	N	车轮上的载荷
P_1 至 P_4	—	零部件的谱等级
P_{10} , P_{100}	—	指示焊接试验的符号
P_L	N/mm^2	车轮计算中的极很比压
P_N	W	电机额定功率
P_{Nmax}	W	电机的最大功率要求

符 号	量 纲	名 称
P_{Nmed}	W	电机的平均功率要求
$P_{mean I, II}$	N	载荷情况 I 和 II 时车轮上的平均载荷
$P_{mean III}$	N	载荷情况 III 时车轮上的平均载荷
$P_{min I, II, III}$	N	载荷情况 I、II 和 III 时车轮上的最小载荷
$P_{max I, II, III}$	kw	载荷情况 I、II 和 III 时车轮上的最大载荷
P_{med}	N	等效平均功率
P	mm	起重机跨距
P_a	mm	螺纹距
Q1 至 Q4	—	起重机的谱等级
q	—	形状系数 k_g 的修正系数
q	N/mm ²	风的动压
q	—	电气制动类型系数等
R_0	N/mm ²	钢丝绳钢丝的最小极限拉伸强度
R_E	N/mm ²	根据 ISO3800/1 确定的表观弹性极限 σ_E
r	—	载荷级的标注; 大变形情况下结构计算中所用到的应力比
r	mm	屈曲计算中圆柱壳的半径; 钢丝绳槽半径; 轨顶半径; 倒圆半径
r	—	电气制动类型系数
r	Ω / km	单位长度的欧姆电阻
S	N	应力; 钢丝绳最大拉伸力
S	m ²	桁架梁和塔架的所有柱件的面积
S	mm ²	导线的横截面积
S_1	mm	螺栓头下的支承直径
S_G	—	特殊焊接质量
S_G	N	由自重引起的载荷, 恒载荷
S_H	N	由水平运动引起的载荷
S_L	N	由工作荷重引起的载荷
S_m	N	由转矩引起的载荷
S_{Mmin}	N	轴承计算中最小 M 型载荷
S_{Mmcn}	N	轴承计算中平均 M 型载荷
$S_{Mmax I}$	N	载荷情况 I 时最大 M 型载荷
$S_{Mmaz II}$	N	载荷情况 II 时最大 M 型载荷
$S_{Mmaz III}$	N	载荷情况 III 时最大 M 型载荷
S_{MA}	N	由加速或制动引起的载荷
S_{MCmax}	N	由电机最大转矩引起的载荷
S_{MF}	N	由摩擦力引起的载荷
S_{MG}	N	除工作荷重外由起重机械的活动零件垂直位移所引起的载荷
S_{mL}	N	由工作荷重的垂直位移所引起的载荷
S_{MW}	N	由极限工作风力所引起的载荷
S_{MW8}	N	由 $q=80N/mm^2$ 时的风力所引起的载荷
S_{MW25}	N	由 $q=250N/mm^2$ 时的风力所引起的载荷
S_R	N	由不受转矩平衡的力引起的载荷

符 号	量 纲	名 称
$S_{Rmax I}$	N	载荷情况 I 时最大 R 型载荷
$S_{Rmax II}$	N	载荷情况 II 时最大 R 型载荷
$S_{Rmax III}$	N	载荷情况 III 时最大 R 型载荷
S_{Rmin}	N	轴承计算中最小 R 型载荷
S_{Rmean}	N	轴承计算中平均 R 型载荷
S_{RA}	N	由加速度 / 减速度引起的载荷
S_{RG}	N	由起重机零部件自重引起的载荷
S_{RL}	N	由工作荷重引起的载荷
S_{RW}	N	由风力引起的载荷
S_{RWmax}	N	由非工作风力引起的载荷
S_{RW25}	N	$q=250 \text{ N/m}^2$ 时的风载荷
S_T	N	由缓冲效应引起的载荷
S_V	N	计算大变形结构件时的可变载荷
S_W	N	由工作风力引起的载荷
S_{wmax}	N	由非工作风力引起的载荷
S_b	mm^2	螺栓根截面面积
S_{cq}	mm^2	予紧螺栓连接中被夹紧件的等效截面面积
S_p	m^2	桁架梁和塔架的杆件面积
S	m	起重机械跨距; 小车轨道中心距; 起重机械行走轨道间距
T	h	起重机械总使用持续时间
T	J	变幅运动时的总动能
T	$^{\circ}\text{C}$	安装地环境温度
T	N	螺栓接头中平行于连接平面的力
T	S	循环持续时间
T0 至 T9	—	机构利用等级
T_1	S	摆动周期
T_a	N	每个螺栓可通过摩擦传递的许用载荷
T_e	$^{\circ}\text{C}$	冲击试验的试验温度
T_j	h	机构总使用持续时间
T_m	S	加速度或减速度平均持续时间
t	S	计算由水平运动引起的载荷时所采用的时间变量
t	mm	选择钢材质量时用的结构件厚度; 屈曲分析中圆柱壳的壁厚; 小车轨道梁腹板厚度
$t_1, t_2 \dots t_1 \dots t_r$	S	不同载荷级的持续时间
t_1, t_2, t_s	S	力偶 M_1, M_2 和 M_3 的持续作用时间
t^*	mm	选择钢材质量时的理想截面厚度
t_d	S	计算由水平运动引起的载荷时用的减速持续时间
t_{mc}	S	一个起重循环的平均持续时间
U0 至 U9	—	起重机械利用等级
Δu	V	允许电压降
V_L	m/s	起升速度

符 号	量 纲	名 称
V_s	m/s	理论风速
V_t	m/s	起重机械的额定行走速度
V	m/s	荷重悬挂点的稳定水平速度
V	mm	失稳计算中最外纤维离截面形心的距离
V	m/s	行走速度
W	—	起动时每单位时间所做的功
W_0, W_1, W_2	—	非焊接件切口情况
ω_1	S^{-1}	计算由水平运动引起的截荷时机构零件绕旋转中心的角速度
W_{max}	Ω / km	不带吊钩荷重起动时电机所做功的最大指示值
X		单位长度的电抗
X	m	起升绳悬挂点在平行于行走方向的轴线上的坐标
X_1	m	悬挂荷重的重心位置在同 x 轴有同样的方向、指向和原点的轴线上的坐标
Z_A	—	A 类影响的评价系数
Z_B	—	B 类影响的评价系数
Z_c	—	C 类影响的评价系数
Z_p	—	选择钢丝绳用的最小实际安全系数
Z	m	表示荷重相对于起重机的水平移动坐标
Z_d	m	起重机行走时荷重的位移
Z_m	m	起重机行走时荷重的位移
α	—	屈曲计算中板的边长比
α	—	M_{med}/M_{max}
α_i	—	机构在一个起重循环内的持续使用时间同循环平均持续时间之比
α_m	—	起重机加速时钢丝绳倾角
β	—	和起重机加速有关的时间系数
β_{crit}	0	β 的临界值
γ_c	—	取决于起重机组别的载荷增大系数
γ_m	—	取决于机构组别的的载荷增大系统
Δ_{11}	mm	螺栓连接中在拧紧力作用下被连接件的缩短量
Δ_{12}	mm	在拧紧力作用下螺栓的伸长量
Δ_s	mm	起重机跨距偏差; 起重机轨道中心距偏差
σ_b	—	螺栓连接的弹性系数
η	—	风力计算中的挡风系数; 泊松比; 机构总效率
θ	$^{\circ}$	风力相对于构件纵向轴线的角度
k, k', k''	—	用于螺栓连接的安全系数
k	m/mm^2	疲劳计算中最小应力与最大应力之比值
k		电导率
k_x, k_y, k_{xy}		疲劳计算中各别应力 $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ 的最小应力与最大应力 ($\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$) 之比
λ		行走运动中用于计算水平力的系数; 失稳计算中柱的长细比
μ		计算由水平运动加速引起的截荷时所用的质量常数; 螺纹中的摩擦系数, 螺栓连接接触面的摩擦系数
v	—	结构件的临界应力安全系数

符 号	量 纲	名 称
v_l	-	计算大变形结构件时用的自重系数
v_E	-	计算结构件用的取决于载荷情况的安全系数
v_R	-	计算机构零件用的取决于载荷情况的安全系数
v_T	-	$= v_E$, 计算螺栓连接用的取决于载荷状态的安全系数
v_v	-	屈曲安全系数
v_K	-	核算机构零件疲劳强度用的安全系数
ξ	-	计算动力系数用的取决于起重机类型并由实验而定的系数
ρ	-	屈曲计算中用于临界应力的折减系数
ρ_1	-	用于确定动态试验荷的系数
ρ_2	-	用于确定静态试验荷的系数
σ	N/mm ²	结构总的计算应力
σ_0	N/mm ²	疲劳强度计算中 $k=0$ 时的拉伸应力
σ_1	N/mm ²	螺栓根截面中的工作应力
σ'_1	N/mm ²	螺栓的许用等效应力
σ_{+1}	N/mm ²	疲劳计算中 $k=+1$ 时的许用拉伸应力
σ_A	N/mm ²	疲劳计算中螺栓最大许用应力的幅值
σ_E	N/mm ²	钢的表观弹性极限
σ_G	N/mm ²	由永久载荷产生的拉伸应力; 由自重产生的应力
σ_R	N/mm ²	“抗拉强度”(机构零件计算中的)
σ_R^E	N/mm ²	欧拉应力
σ_v	N/mm ²	可变载荷引起的应力
σ_a	N/mm ²	结构件的许用拉伸应力; 机构零件的许用应力
σ_{af}	N/mm ²	机构零件疲劳强度核算时用的许用正应力
σ_b	N/mm ²	螺栓连接计算中的初始应力
σ_{bN}	N/mm ²	交变弯曲下机构零件材料的疲劳极限
σ_c	N/mm ²	结构件受压许用疲劳强度, 机构零件计算压缩应力
σ_{cg}	N/mm ²	车轮和轨道的压缩应力
σ_{ep}	N/mm ²	计算结构件用的等效应力
σ_{cr}	N/mm ²	计算大变形结构件时用的临界应力
$\sigma_{V_{cr}}$	N/mm ²	临界屈曲应力
$\sigma_{V_{crc}}$	N/mm ²	屈曲计算中用的临界比较应力
σ_d	N/mm ²	机构零件材料的疲劳极限
σ_f	N/mm ²	机构零件中的计算弯曲应力
σ_i^v	N/mm ²	薄壁圆柱壳的理想屈曲应力
σ_{inf}	N/mm ²	确定应力谱时用的谷值应力
σ_k	N/mm ²	机构零件疲劳强度
σ_{kx}	N/mm ²	x 方向正应力疲劳强度
σ_{ky}	N/mm ²	y 方向正应力疲劳强度
σ_m	N/mm ²	全部使用期限内所有峰值和谷值应力的算术平均值; ISO3600 /1 合格试验中所采用的许用应力
σ_{max}	N/mm ²	结构件疲劳计算中的最大应力

符 号	量 纲	名 称
σ_{\min}	N/mm ²	结构件疲劳计算中的最小应力
σ_n	N/mm ²	铆接连接中的承压应力
σ_p	N/mm ²	由拧紧引起的螺栓的理论拉伸应力
σ_{\sup}	N/mm ²	确定应力谱时用的峰值应力
$\sigma_{\sup\max}$	N/mm ²	确定应力谱时用的最大峰值应力
$\sigma_{\sup\min}$	N/mm ²	确定应力谱时用的最小峰值应力
σ_t	N/mm ²	结构件疲劳核算中的许用拉伸应力; 机构零件中的计算拉伸应力; 钢丝绳中的拉伸应力
σ_v	N/mm ²	薄壁圆柱壳的折减屈曲应力
σ_w	N/mm ²	机构零件疲劳核算中交变拉压许用应力
σ_{wk}	N/mm ²	机构零件疲劳核算中许用交变应力
σ_x	N/mm ²	计算结构件时 x 方向的正应力
σ_{xa}	N/mm ²	结构件疲劳核算中的许用应力
$\sigma_{x\max}$	N/mm ²	结构件疲劳核算中的最大应力
σ_{\min}	N/mm ²	结构件疲劳核算中的最小应力
σ_y	N/mm ²	计算结构件时 y 方向的正应力
σ_{ya}	N/mm ²	结构件疲劳核算中的许用应力
$\sigma_{y\max}$	N/mm ²	结构件疲劳核算中的最大应力
$\sigma_{y\min}$	N/mm ²	结构件疲劳核算中的最小应力
τ	N/mm ²	总剪切应力; 机构零件的计算剪切应力
τ_a	N/mm ²	计算结构件时用的许用剪切应力
τ_f	N/mm ²	机构零件疲劳核算中的许用剪切应力
τ_b	N/mm ²	由拧紧引起的螺栓中的扭转应力
τ_{cr}^v	N/mm ²	临界屈曲剪切应力
τ_d	N/mm ²	机构零件的材料疲劳极限
τ_k	N/mm ²	机构零件的疲劳强度
τ_{\max}	N/mm ²	机构零件疲劳核算中的最大剪切应力
τ_{\min}	N/mm ²	机构零件疲劳核算中的最小剪切应力
τ_w	N/mm ²	机构零件的材料在交变剪切条件下的疲劳极限, 已知转矩的持续作用时间和电机运转时间之比
τ_{wk}	N/mm ²	机构零件疲劳核算中在交变剪切条件下的疲劳极限
τ_{xy}	N/mm ²	计算结构件时的剪切应力
$\tau_{xy\max}$	N/mm ²	结构件疲劳核算中的最大剪切应力
$\tau_{xy\min}$	N/mm ²	结构件疲劳核算中的最小剪切应力
ϕ, ϕ'	N/mm ²	威勒(Wöhler)曲线的斜率
ψ	—	起升运动动力系数; 屈曲计算中板边的应力比
ψ_h	—	计算由水平加速运动引起的载荷时所用的动力系数
Ω	—	螺栓连接中的容差系数
ω	—	失稳系数
ω	S ⁻¹	计算由水平运动引起的载荷时轴的角速度
$\omega_1 \omega_2 \omega_r$	S ⁻¹	荷重摆动时的摆动频率
ω_m	S ⁻¹	电机角速度

起重机械设计规范

第 2 册

分级及结构和机构的载荷

目 录

2.1. 起重机械及其组成部分的组别划分	(19)
2.1.1. 分级总方案	(19)
2.1.2. 起重机械的整体分级	(19)
2.1.2.1. 分级方法	(19)
2.1.2.2. 利用等级	(19)
2.1.2.3. 荷重谱	(19)
2.1.2.4. 起重机械的组别划分	(21)
2.1.2.5. 起重机械组别划分举例	(21)
2.1.3. 各单个机构的整体分级	(21)
2.1.3.1. 分级方法	(21)
2.1.3.2. 利用等级	(22)
2.1.3.3. 载荷谱	(22)
2.1.3.4. 各单个机构的整体组别划分	(23)
2.1.3.5. 各单个机构整体组别划分举例	(23)
2.1.4. 零部件的分级	(24)
2.1.4.1. 分级方法	(24)
2.1.4.2. 利用等级	(25)
2.1.4.3. 应力谱	(25)
2.1.4.4. 零部件的组别划分	(26)
2.2. 有关结构设计的载荷	(27)
2.2.1. 主要载荷	(27)
2.2.2. 垂直运动引起的载荷	(27)
2.2.2.1. 提升工作荷重引起的载荷	(27)
2.2.2.1.1. 动力系数 ψ 的值	(27)
2.2.2.2. 由起升运动的加速(或减速)和沿轨道行走时由垂直冲击作用所引起的载荷	(28)
2.2.2.3. 特殊情况	(28)
2.2.3. 水平运动引起的载荷 S_H	(28)
2.2.3.1. 加速(或减速)引起的水平力	(29)
2.2.3.1.1. 横向和纵向行走运动	(29)
2.2.3.1.2. 回转和变幅(俯仰)运动	(30)
2.2.3.2. 离心力影响	(30)
2.2.3.3. 由偏斜行走引起的侧向作用力	(30)
2.2.3.4. 缓冲作用力 S_T	(31)
2.2.3.4.1. 作用在结构上的缓冲作用力	(31)
2.2.3.4.2. 作用在悬挂荷重上的缓冲作用力	(31)
2.2.4. 由气候影响引起的载荷	(31)
2.2.4.1. 风力作用	(31)

2.2.4.1.1.	风压	(31)
2.2.4.1.2	设计风况	(31)
2.2.4.1.3	风载荷计算	(31)
2.2.4.1.4	风力系数	(32)
2.2.4.2	积雪载荷	(33)
2.2.4.3	温度变化	(36)
2.2.5	其他各种载荷	(36)
2.2.5.1	平台所承受的载荷	(36)
2.3	载荷情况	(37)
2.3.1	情况 I: 起重机械无风工作情况	(37)
2.3.2	情况 II: 起重机械带风工作情况	(37)
2.3.3	情况 III: 起重机械受到特殊载荷情况	(37)
2.3.4	增大系数 r_c 的选择	(38)
2.4	地震影响	(39)
2.5	有关机构设计的载荷	(40)
2.5.1	S_M 型载荷	(40)
2.5.2	S_R 型载荷	(40)
2.6	载荷情况	(41)
2.6.1	情况 I: 无风正常工作	(41)
2.6.1.1	S_M 型载荷	(41)
2.6.1.2	S_R 型载荷	(41)
2.6.2	情况 II: 带风正常工作	(41)
2.6.2.1	S_M 型载荷	(41)
2.6.2.2	S_R 型载荷	(42)
2.6.3	情况 III: 特殊载荷	(42)
2.6.3.1	S_M 型载荷	(42)
2.6.3.2	S_R 型载荷	(42)
2.6.4	上述有关计算 S_M 的见解的应用	(42)
2.6.4.1	起升运动	(42)
2.6.4.2	水平运动	(43)
2.6.4.3	复合运动	(43)

附 录

A-2.1.1.	起重机械和机构利用等级的选配	(44)
A-2.2.3.	由水平运动加速引起的载荷的计算	(48)

见第 1 册代号和符号表

2.1 起重机械及其组成部分的组别划分

2.1.1. 分级总方案

在设计起重机械及其零部件时，必须考虑他们在使用期内所要执行的工作制，为此，进行以下组别划分。

- 1) 起重机械的整体组别划分
- 2) 单个机构的整体组别划分
- 3) 结构件和机械零件的组别划分

这一分级基于两个指标，即：

- 1) 所考虑分级对象的总使用时间
- 2) 该对象受到的吊钩荷重谱，载荷谱或应力谱

2.1.2. 起重机械的整体分级

2.1.2.1. 分级方法

根据10种利用等级和4种荷重谱起重机械作为整体可分成8组，分别标以符号 A_1, A_2, \dots, A_8 (见2.1.2.4.节)

2.1.2.2. 利用等级

起重机械的持续使用时间，意指起重机械所完成的起重循环数。一个起重循环是指从一个荷重被起吊开始至起重机械准备起吊下一个荷重时止这一完整的操作程序。

总使用时间是被视为指导值的计算使用时间，从起重机械交付使用时开始至最终报废时止。

根据总使用时间，有10种利用等级，标以代号 U_0, U_1, \dots, U_9 详见表T.2.1.2.2.

表T.2.1.2.2.

利用等级

代号	总使用时间 (起重循环数 n_{max})			
U_0			n_{max}	< 16 000
U_1	16 000	<	n_{max}	< 32 000
U_2	32 000	<	n_{max}	< 63 000
U_3	63 000	<	n_{max}	< 125 000
U_4	125 000	<	n_{max}	< 250 000
U_5	250 000	<	n_{max}	< 500 000
U_6	500 000	<	n_{max}	< 1 000 000
U_7	1 000 000	<	n_{max}	< 2 000 000
U_8	2 000 000	<	n_{max}	< 4 000 000
U_9	4 000 000	<	n_{max}	

2.1.2.3. 荷重谱

荷重谱表征起重机总使用时间(见2.1.2.2)内起吊各种荷重的总数。这是一个(累计)分布函数 $y=f(x)$ ，表示起吊荷重同安全工作荷重之比达到或超过某一给定值 $y(0 < y < 1)$ 的时间占总使用时间的比值 $x(0 < x < 1)$ 。

2.1.2.4 起重机械的组别划分

起重机械的整体组别划分由表 T2.1.2.4. 确定

表 T.2.1.2.4. 起重机械组别

荷重谱等级	利用等级									
	U0	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9
Q1	A1	A1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Q2	A1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8
Q3	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8	A8
Q4	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8	A8	A8

2.1.2.5. 起重机械组别划分举例

表 T.2.1.2.5 给出了有关起重机械的分级举例

由于同样类型的起重机械可以有各种不同的使用方法, 因此表内给出的分组只能作为示例, 尤其是, 当几个组别都适合于某一已知类型的起重机械时, 就必须根据该起重机械估算的总使用时间和荷重谱, 弄清楚应将其置于哪一个利用等级和荷重谱等级并最终确定其属于哪一个组别。

2.1.3.1. 各单个机构的整体分级

2.1.3.1. 分级方法

各单个机构作为一个整体可根据 10 个利用等级和 4 个载荷谱等级划分成八组。分别用代号 M1, M2, … M8 表示(见 2.1.3.4)。

表 T.2.1.2.5. 起重机械组别划分举例

序号	起重机械类型	用途特点 (*)	起重机组别 见(2.1.2.4)
	名称		
1	手动起重机械		A1-A2
2	安装起重机		A1-A2
3	电站、机加工车间等装拆起重机		A2-A4
4	堆取料用装卸桥	吊钩	A5
5	堆取料用装卸桥	抓斗或电磁铁	A6-A8
6	车间起重机		A3-A5
7	桥式起重机(行车), 砸铁起重机、废铁场起重机	抓斗或电磁铁	A6-A8
8	铸造起重机		A6-A8
9	均热炉起重机		A8
10	脱锭起重机, 平炉装料起重机		A8
11	锻造起重机		A6-A8
12a	卸货用桥式类起重机, 集装箱用桥式类起重机	吊钩或集装箱吊具	A5-A6
12b	其他桥式类起重机(带载重小车或回转臂架起重机)	吊钩	A4

荷重谱举例给出在示图 2.1.2.3.1.-a 和 b 内:

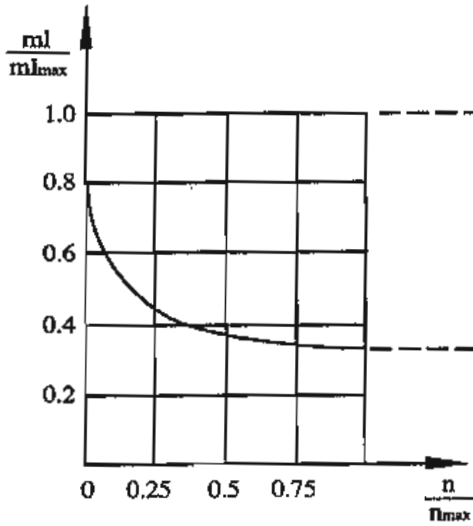


图 2.1.2.3.1-a

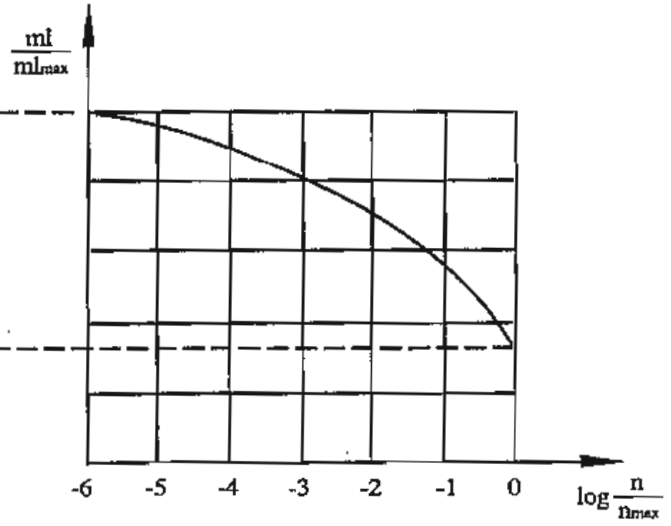


图 2.1.2.3.1-b

m_l 为荷重

m_{lmax} 为安全工作荷重

n 为起吊荷重大于或等于 m_l 的起重循环数

n_{max} 为决定总使用时间的起重循环数。

每个谱对应着一个谱系数 K_p , 其定义为:

$$K_p = \int_0^1 y^d \cdot dx$$

为了便于组别的划分, 约定取指数 d 等于 3。

在许多使用场合下, 函数 $f(x)$ 可以用一个 r 级的阶梯函数近似替代(见图 2.1.2.3.2)。各级的起重循环数分别为 n_1, n_2, \dots, n_r 。在第 i 级的 n_i 个循环内的荷重可以认为基本上是一个常数, 且等于 m_{li} 。如果 n_{max} 代表总使用时间, m_{lmax} 是荷重 m_{li} 的最大值, 则有关系式:

$$n_1 + n_2 + \dots + n_r = \sum_{i=1}^r n_{max}$$

或 K_p 的近似式:

$$K_p = \left(\frac{m_{l1}}{m_{lmax}}\right)^3 \frac{n_1}{n_{max}} + \left(\frac{m_{l2}}{m_{lmax}}\right)^3 \frac{n_2}{n_{max}} + \dots + \left(\frac{m_{lr}}{m_{lmax}}\right)^3 \frac{n_r}{n_{max}} = \sum_{i=1}^r \left(\frac{m_{li}}{m_{lmax}}\right)^3 \frac{n_i}{n_{max}}$$

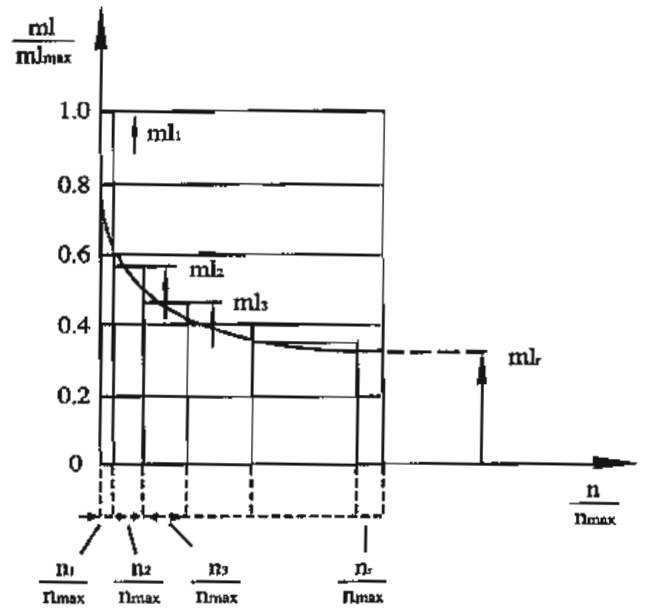


图 2.1.2.3.2

一台起重机械, 根据其荷重谱, 可将其列入表 T.2.1.2.3。所规定的四个谱等级 Q1.Q2.Q3.Q4 之一,

表 T.2.1.2.3

谱等级

代号	谱系数 K_p			
Q ₁			K_p	< 0.125
Q ₂	0.125	<	K_p	< 0.250
Q ₃	0.250	<	K_p	< 0.500
Q ₄	0.500	<	K_p	< 1.000

序号	起重机械类型		用途特点 (*)	起重机组别 见(2.1.2.4)
	名称			
13	卸货用桥式类起重机, 桥式类起重机(带载重小车或回转臂架起重机)		抓斗或电磁铁	A6-A8
14	干坞起重机, 船厂臂架起重机, 拆卸用臂架起重机		吊钩	A3-A5
15	码头边起重机(回转式, 门式), 浮式起重机和趸船桅杆吊		吊钩	A5-A6
16	码头边起重机(回转式, 门式), 浮式起重机和趸船桅杆吊		抓斗或电磁铁	A6-A8
17	特重荷重(通常超过 100 吨)用浮式起重机和趸船桅杆吊			A2-A3
18	甲板起重机		吊钩	A3-A4
19	甲板起重机		抓斗或电磁铁	A4-A5
20	建筑用塔式起重机			A3-A4
21	桅杆吊			A2-A3
22	可与列车编组运行的铁路起重机			A4

(*)作为举例此栏内仅列出少数典型使用情况

2.1.3.2. 利用等级

一个机构的使用时间是指该机构的实际运转时间。总使用时间是一种被视作指导值的计算使用时间, 适用到该机构更换时为止, 用小时表示。

根据总使用时间, 有 10 个利用等级 T₀, T₁, T₂, ..., T₉, 在表 T.2.1.3.2. 中作出了具体规定。

表 T.2.1.3.2
利用等级

代号	总使用时间 T (小时)			
T ₀			T	< 200
T ₁	200		T	< 400
T ₂	400	<	T	< 800
T ₃	800	<	T	< 1 600
T ₄	1 600	<	T	< 3 200
T ₅	3 200	<	T	< 6 300
T ₆	6 300	<	T	< 12 500
T ₇	12 500	<	T	< 25 000
T ₈	25 000	<	T	< 50 000
T ₉	50 000	<	T	

2.1.3.3. 载荷谱

载荷谱表征总使用时间内作用到一个机构上的载荷的大小, 这是一个(累计)分布函数 $y=f(x)$, 表示机构所受载荷与最大载荷之比达到或超过 $y(0 < y < 1)$ 的时间占总使用时间的比值 $x(0 < x < 1)$ (见图 2.1.2.3.1.)。每一个谱对应着一个谱系数 K_m , 其定义为

$$K_m = \int_0^1 y^d \cdot dx$$

为便于组别划分, d 约定取为等于 3

在许多使用场合下, 函数 $f(x)$ 可以用一个 r 级的阶梯函数近似替代(见图 2.1.2.3.2), 各级相应的持续时间为 t_1, t_2, \dots, t_r , 在持续时间 t_i 内载荷 S 可认为基本上是一个常数且等于 s_i 。如果 T 代表总使用时间, S_{max} 为载荷 S_1, S_2, \dots, S_r 中最大的一个, 则有关系式:

$$t_1 + t_2 + \dots + t_r = \sum_{i=1}^r t_i = T$$

及 K_m 的近似式:

$$K_m = \left(\frac{S_1}{S_{max}}\right)^3 \frac{t_1}{T} + \left(\frac{S_2}{S_{max}}\right)^3 \frac{t_2}{T} + \dots + \left(\frac{S_r}{S_{max}}\right)^3 \frac{t_r}{T} = \sum_{i=1}^r \left(\frac{S_i}{S_{max}}\right)^3 \frac{t_i}{T}$$

机构根据其载荷谱, 可列入由表 T.2.1.3.3. 所给定的四个谱等级 L1, L2, L3, L4 之一。

表 T.2.1.3.3. 谱等级

代号	谱系数 K_m			
L1			K_m	< 0.125
L2	0.125	$<$	K_m	< 0.250
L3	0.250	$<$	K_m	< 0.500
L4	0.500	$<$	K_m	< 1.000

2.1.3.4. 各单个机构的整体组别划分

根据其利用等级和载荷谱等级, 各单独机构作为一个整体可划归由表 T.2.1.3.4. 规定的 8 个组别 M_1, M_2, \dots, M_8 之一。

表 T.2.1.3.4
机构组别

载荷谱等级	利用等级									
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
L1	M1	M1	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
L2	M1	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8
L3	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8	M8
L4	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8	M8	M8

2.1.3.5. 各单个机构整体组别划分举例

单个机构的整体组别划分举例给出在表 T.2.1.3.5. 中, 由于同样类型的起重机械可以有各种不同的使用方法, 本表中的分组范围只能作为示例, 尤其是, 当几个组别都适合于某一已知类型的机构时, 必须根据该机构估算的总使用时间和载荷谱, 弄清楚应将其置于哪一个利用等级(见 2.1.3.2.)和谱等级(见 2.1.3.3.)并最终确定其归属哪一个机构组别(见 2.1.3.4)

表 T.2.1.3.5.
机构组别划分举例

起重机械类型		用途特征 (1)	机构类型				
参考号	名称		起升	回转	变幅	横行	行走
1	手动起重机械		M1	—	—	M1	M1
2	安装起重机		M2-M3	M2-M3	M1-M2	M1-M2	M2-M3
3	电站、机加工车间等装拆起重机,		M2	—	—	M2	M2

4	堆取料用装卸桥	吊钩	M5-M6	M4	—	M4-M5	M5-M6
5	堆取料用装卸桥	抓斗或电磁铁	M7-M8	M6	—	M6-M7	M7-M8
6	车间起重机		M6	M4	—	M4	M5
7	桥式起重机(行车), 颚铁起重机, 废铁场起重机	抓斗或电磁铁	M8	M6	—	M6-M7	M7-M8
8	铸造起重机		M7-M8	—	—	M4-M5	M6-M7
9	均热炉起重机		M8	M6	—	M7	M8
10	脱锭起重机, 平炉装料起重机		M8	M6	—	M7	M8
11	铸造起重机		M8	—	—	M5	M6
12a	卸货用桥式类起重机, 集装箱用桥式类起重机	a. 吊钩或集装箱吊具	M6-M7	M5-M6	M3-M4	M6-M7	M4-M5
12b	其他桥式类起重机具(带载重小车或回转臂架起重机)	b. 吊钩	M4-M5	M4-M5	—	M4-M5	M4-M5
13	卸货用桥式类起重机, 桥式类起重机(带载重小车或回转臂架起重机)	抓斗或电磁铁	M8	M5-M6	M3-M4	M7-M8	M4-M5
14	干船坞起重机, 船厂臂架起重机, 拆卸用臂架起重机	吊钩	M5-M6	M4-M5	M4-M5	M4-M5	M5-M6
15	码头边起重机(回转式、门式等), 浮式起重机和趸船桅杆吊	吊钩	M6-M7	M5-M6	M5-M6	—	M3-M4
16	码头边起重机(回转式、门式等)、浮式起重机和趸船桅杆吊	抓斗或电磁铁	M7-M8	M6-M7	M6-M7	—	M4-M5
17	特重荷重(通常超过 100吨)用浮式起重机, 和趸船桅杆吊		M3-M4	M3-M4	M3-M4		
18	甲板起重机	吊钩	M4	M3-M4	M3-M4	M2	M3
19	甲板起重机	抓斗或电磁铁	M5-M6	M3-M4	M3-M4	M4-M5	M3-M4
20	建筑用塔式起重机		M4	M5	M4	M3	M3
21	桅杆吊		M2-M3	M1-M2	M1-M2	—	—
22	可与列车编组运行的铁路起重机		M3-M4	M2-M3	M2-M3	—	—

(1)本栏内仅列出少数典型使用情况可作为指南。

2.1.4. 零部件的分级。

2.1.4.1. 分级方法

无论是结构件还是机械零件, 都可根据 11 个利用等级和 4 个应力谱等级划分成 8 个组别, 分别标以代号 E1, E2, ..., E8。

2.1.4.2. 利用等级

一个零部件的使用时间是指该零部件承受的应力循环数。一个应力循环是一个完整的连续应力过程, 从所考虑的应力穿越图 2.1.4.3. 中所示的应力 σ_m 时起, 至该应力首次在同方向再次穿越 σ_m 时止。因此, 图 2.1.4.3. 示出的是一个相当于 5 个应力循环使用时间的应力变程。

总使用时间是一种被视为指导值的计算使用时, 适用到零部件更换时止。

结构件的应力循环数同起重机械的起重循环数之间存在着固定的比例关系, 某些构件在一个起重循环内可能经受几个应力循环, 这取决于他们在结构中的位置, 因此, 这一比值对各构件可以互不相同。但一

且这一比值已知，构件的总使用时间就可以从决定起重机利用等级的起重机总使用时间中导出。

至于机械零件，其总使用时间应从该零件所归属的机构的总使用时间中导出，推导时要考虑影响其应力循环数的转速和其他情况。

根据总使用时间，有11个利用等级，分别标以符号B0, B1, ..., B10。给定在表T.2.1.4.2.中。

表 T.2.1.4.2
利用等级

代号	总使用时间 (应力循环数 n)			
B0			n	$<$ 16 000
B1	16 000	$<$	n	$<$ 32 000
B2	32 000	$<$	n	$<$ 63 000
B3	63 000	$<$	n	$<$ 125 000
B4	125 000	$<$	n	$<$ 250 000
B5	250 000	$<$	n	$<$ 500 000
B6	500 000	$<$	n	$<$ 1 000 000
B7	1 000 000	$<$	n	$<$ 2 000 000
B8	2 000 000	$<$	n	$<$ 4 000 000
B9	4 000 000	$<$	n	$<$ 8 000 000
B10	8 000 000	$<$	n	$<$

2.1.4.3. 应力谱

应力谱表征总使用时间内作用到零部件上的载荷的大小，这是一个(累计)分布函数 $y=f(x)$ ，表示该零部件所受应力与最大应力之比达到或超过 y ($0 < y < 1$)的时间占总使用时间的比值 x ($0 < x < 1$) (见2.1.4.2.)。

每一应力谱对应着一个谱系数 K_{sp} ，其定义为：

$$K_{sp} = \int_0^1 y^c dx$$

式中 C 是一指数，同有关材料的性能，零部件的形状和尺寸、表面粗糙度以及腐蚀程度有关(见第4册)。

在许多使用场合下，函灵敏 $f(x)$ 可以用一个 r 级的阶梯函数近似替代，各级的应力循环数分别为 n_1, n_2, \dots, n_r ，在 n_i 循环期间应力 σ 可认为基本上是常数且等于 σ_i 。如果 n 代表总使用时间， σ_{max} 为应力 $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_r$ 中的最大者则有关系式：

$$n_1 + n_2 + \dots + n_r = \sum_{i=1}^r n_i = n \quad \text{且} \quad \sigma_1 > \sigma_2 > \dots > \sigma_r$$

得出 K_{sp} 的近似式：

$$K_{sp} = \left(\frac{\sigma_1}{\sigma_{max}}\right)^c \frac{n_1}{n} + \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_{max}}\right)^c \frac{n_2}{n} + \dots + \left(\frac{\sigma_r}{\sigma_{max}}\right)^c \frac{n_r}{n} = \sum_{i=1}^r \left(\frac{\sigma_i}{\sigma_{max}}\right)^c \frac{n_i}{n}$$

零部件根据其应力谱可列入由表T.2.1.4.3, 所确定的4个谱等级P1, P2, P3, P4之一(*)。

表 T.2.1.4.3
谱等级

代号	谱系数 K_{sp}			
P1			K_{sp}	$<$ 0.125
P2	0.125	$<$	K_{sp}	$<$ 0.250
P3	0.250	$<$	K_{sp}	$<$ 0.500
P4	0.5000	$<$	K_{sp}	$<$ 1.000

* 有些构件和机械零件，如受弹簧加载的零部件，它所受的载荷同工作荷重基本无关。

对这样的零部件进行分级时要特别注意，大多数情况下他们的 $K_{sp}=1$ ，因而属于 p4 级。

对结构件来说，确定谱系数时所用的应力应是峰值应力 σ_{sup} 和平均应力 σ_m 之差值 $\sigma_{sup} - \sigma_m$ ，这一概念在图 2.1.4.3. 中得到充分说明。图中示出了 5 应力循环时间内的应力变更。

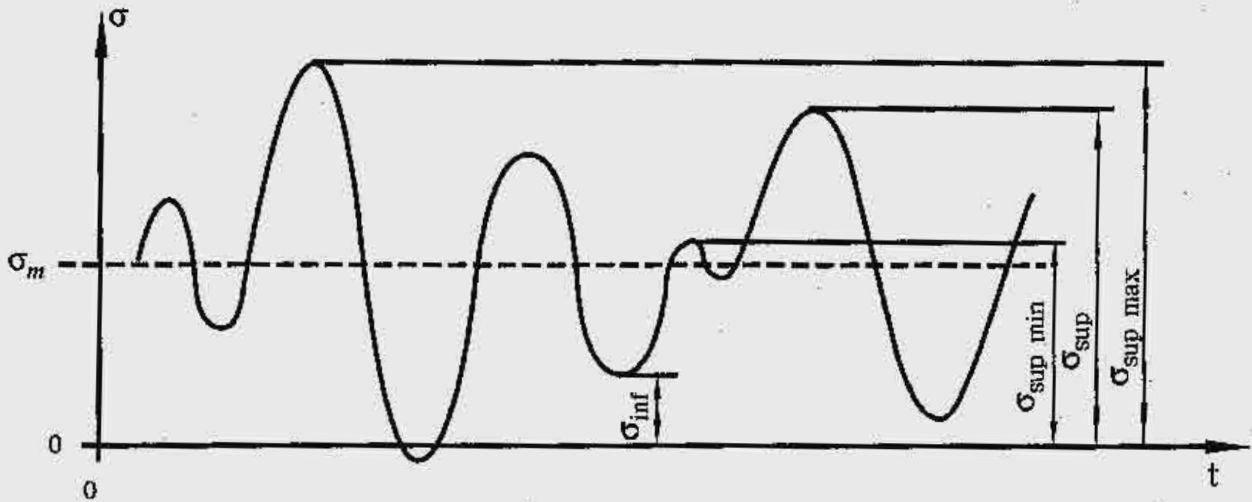


图 2.1.4.3. 作为时间函数的应力在 5 个应力循环时间内的变更。

σ_{sup} 峰值应力

$\sigma_{sup\ max}$ 最大峰值应力

$\sigma_{sup\ min}$ 最小峰值应力

σ_{inf} 谷值应力

σ_m 总使用时间内所有峰值应力和谷值应力的算术平均值

对于机械零件可取 $\sigma_m=0$ ，则计算谱系数时所采用的应力应为出现在零件有关载面时的总应力。

2.1.4.4. 零部件的组别划分

根据其利用等级和应力谱等级，零部件可划归由表 T2.1.4.4. 给出的 8 个组别 E1, E2, ..., E8 之一。

表 T.2.1.4.4.

零 部 件 组 别

应力谱等级	利 用 等 级										
	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
P1	E1	E1	E1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
P2	E1	E1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E8
P3	E1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E8	E8
P4	E1	E2	E2	E4	E5	E6	E7	E8	E8	E8	E8

2.2 有关结构设计的载荷

进行结构计算必须确定起重机械作业时在机内产生的内力，这些内力将根据下述载荷进行计算。

- 作用在起重机械结构上的主要载荷，假设这时起重机械是静止的但处于最不利载荷状态；
- 垂直运动引起的载荷；
- 水平运动引起的载荷；
- 气候影响引起的载荷；

以下就上述各种载荷有关的系数以及进行计算的方法进行探讨。在下文中将采用下面给出的两个定义：

工作荷重：被起吊的有效荷重的重量加上属具(滑轮组、吊钩、起重梁、抓斗等等)的重量。

自重：除工作荷重外，作用在给定构件上的各零部件的自重。

2.2.1. 主要载荷

主要载荷包括：

由各零部件自重引起的载荷 S_G

由工作荷重引起的载荷 S_L

假设所有可动部分均处在它们最不利的位上。

每个结构件应按使该构件产生最大应力的起重机械位置和工作荷重大小(在零和安全工作荷重之间)进行设计。(*)

2.2.2. 垂直运动引起的载荷

这些载荷产生于工作荷重被不同程度地突然提升，起升运动的加速(或减速)以及沿轨道行走时引起的垂直冲击作用。

2.2.2.1. 提升工作荷重引起的载荷

提升工作荷重时引起的摆动用动力系数 ψ 乘以由工作荷重引起的载荷来加以考虑。

2.2.2.1.1. 动力系数 ψ 的值： P207

用于由工作荷重引起的载荷的动力系数 ψ 的值由下式给出：

$$\psi = 1 + \xi V_L$$

式中 V_L 为起升速度(m/s)

ξ 为由试验确定的系数。(**)可取如下值：

对桥式和桥式类型起重机 $\xi = 0.6$

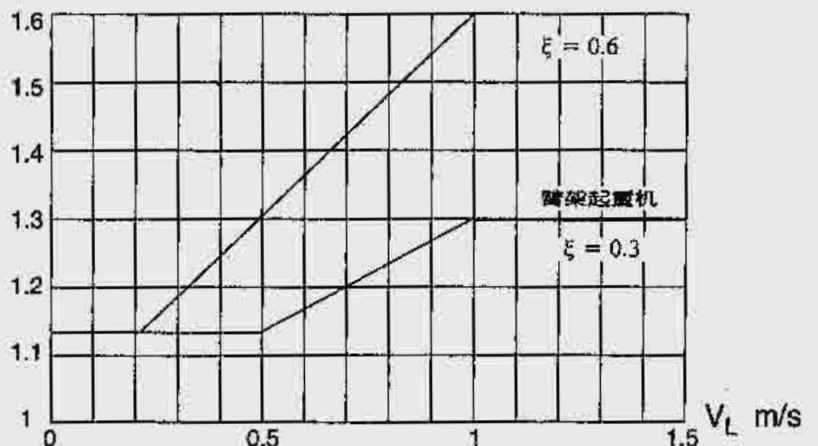
对臂架起重机 $\xi = 0.3$

使用该公式时，起升速度的最大取值是 1m/s。速度更高时，动力系数 ψ 不再增大。

计算中所用的 ψ 系数值在任何情况下不应小于 1.15。

ψ 值与起升速度 V_L 的关系曲线给出于图 2.2.2.1.1. 中。

注：上面提到的系数 ξ 对“桥式起重机(行



(*)在某些情况下，无工作荷重时出现最大应力

(**)所给出的 ξ 系数值是对不同类型起重机械进行大量测定所得的结果。