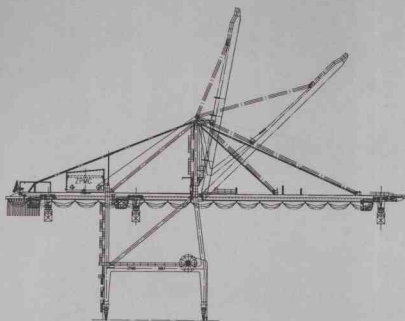


F.E.M 标准

欧洲起重机械设计规范

(1998 年修订版)

潘钟林 译



上海振华港口机械公司译丛

F . E . M 标准

欧洲起重机械设计规范

第三版
修订版

F.E.M.
RULES FOR THE DESIGN
OF HOISTING APPLIANCES

3RD EDITION 1987.10.1

Rev.EDITION 1998.10.1

F . E . M 标准

欧洲起重机械设计规范

1987年第三版

1998年修订版

翻译 潘钟林

校对 陈玮璋

修订版说明

1987年10月1日由欧洲搬运工程协会I处技术委员会制定的起重机械设计规范，出版了第三版。之后，对第三版作了修正，1992年10月1日对第5册中5.8节作了重写，1998年10月1日保留了第1、2、3、4、5、7、8册，取消了第6册，增加了第9册。第9册增补了第2、3、4和8册中部分内容，同时，用9.15节替换下了第6册。

需要提醒的是，本修订版中第1、2、3、4、7、8册内容全部照旧，只字未予更动，使用时请注意。

译者

序

起重机械是机械工程领域中的一个重要部分,从古代人们借助简单工具到而今各种先进、可靠、适用的起重机械广泛应用,从古埃及金字塔的建筑,中国远古就已耸立的宫殿庙宇到现在数千吨甚至达到万吨起重重量的大型起重设备的诞生及至机械手的娴熟运作,无不说明搬运、物流及起重机械技术在国民经济中的重要作用。

由欧洲搬运工程协会 I 处的技术委员会(F.E.M)制定的起重机械设计规范,全面、系统地指定了起重机械设计准则,是一部内容广泛、实用性强、具有较高学术水平的技术资料,在欧洲和世界得到广泛的应用,将本规范作为起重机械设计的主要依据,本书已成为从事起重机械设计、制造业内的技术人员必备的技术规范,也可作为选购和管理维护起重设备工作人员的参考书。

1998年, F.E.M技术委员会对本规范进行了重要的修改和补充,为了使同行业技术人员能及时了解、掌握现行版本的内容,我们请潘钟林先生译出本规范,作为本公司内部技术人员使用,同时也奉献给国内起重机械业的同行。

上海振华港口机械公司
副总工程师: 汤强国

起重机械设计规范

第 1 册

目的和范围

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) |

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。这可能是因为，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求高度精确，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

——载荷谱，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便化。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。

买主要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 _i | — | 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。 |
| fiT | 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 和 I_N 的总和 |
| I_z | mm^4 | 加强筋的惯性矩 |
| I_1 | 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 | — | $\frac{M_{med}}{M_{man}}$ |
| 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_{ii} | — | 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根转矩 \bar{M} |
| M_{min} | Nm | 电机最小起动转矩 |
| M_{rmed} | 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_l | 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 |
| \bar{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 | 起重机的跨距 |
| P_a | mm | 螺纹距 |
| Q1 至 Q4 | — | 起重机的谱等级 |
| q | — | 形状系数 k_s 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 确定的表现弹性极限 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_{Mcn} | 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 |
| $S_{Mmax II}$ | N | 载荷情况 II 时最大 M 型载荷 |
| $S_{Mmax III}$ | 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 |