

变应力时机机械零件 的强度计算

BIANYINGLI SHI JIXIE LINGJIAN
DE QIANGDU JISUAN

[苏] Д.Н.克密里曼 著

机械工业出版社



78 213
221

变应力时机械零件的强度计算

〔苏〕Д.Н.克密里曼著

王 步 瀛 译

本书是一本介绍关于变应力强度计算的小册子。内容比较简炼。对于某些问题，例如关于决定线性应力状态时的安全因素，作者对美国 and 德国学派的论点进行了分析并提出了自己的看法。同时书中附有较多的计算例题及参考资料，这些对初学的读者是会有帮助的。

本书供机械制造业中设计人员及高等工业学校的学生在学习材料力学、机械零件及金属机械性能等课时参考。

本书这次重印，删去第9~10页。

Д. Н. КИММЕЛЬМАН
РАСЧЕТ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА ПРОЧНОСТЬ
ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ

Машгиз, 1950

(根据苏联国立机器制造科技书籍出版社一九五〇年第一版译出)

* * *

[苏]Д. Н. 克密里曼著
变应力时机械零件的强度计算
王步瀛译

*

机械工业出版社出版 (北京苏州胡同 141 号)

(北京市书刊出版业营业许可証出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $4 \frac{11}{16}$ · 字数 100 千字
1953 年 6 月北京第一版 · 1965 年 11 月北京第三次印刷
印数 9,051—14,550 · 定价(科六) 0.60 元

*

统一书号: 15033 · 975(1824)

目 次

原序	4
本書中采用的主要符号	8
第一章 对称及不对称循环时的耐久極限	11
1 基本概念	11
2 对称循环时的耐久極限	12
3 零件形狀的影响	16
4 尺寸因素的影响	21
5 工艺和使用因素的影响	24
6 不对称循环	29
7 不对称循环时形狀、尺寸、工艺及使用因素的影响	36
第二章 决定綫性应力状态时的安全因數	45
8 概論	45
9 美国和德国学派底方法	48
10 美国和德国学派底方法的形而上学的实質	58
11 作者建議的方法	60
第三章 紧联接螺釘的計算	72
12 概論	72
13 紧螺釘联接中的力	73
14 决定螺釘底安全因數与适当的鎖紧力值	78
第四章 复杂应力状态下的强度計算	88
15 概論	88
16 靜应力条件下的强度理論	89
17 变应力下軸的計算	95
18 考虑到扭轉应力的紧联接螺釘的計算	110
19 平面及立体应力状态下的强度計算	113
第五章 在零件有限寿命及不均匀受載状态下的强度計算	115
20 有限寿命下的强度計算	115
21 不均匀受載状态	118
22 当多級圖形的过載作用时的强度計算	120
23 当过載及不足載作用时的强度計算	130
附录	139

78 213
221

变应力时机械零件的强度计算

〔苏〕Д.Н.克密里曼著

王 步 瀛 译

机 械 工 业 出 版 社

本书是一本介绍关于变应力强度计算的小册子。内容比较简炼。对于某些问题，例如关于决定线性应力状态时的安全因素，作者对美国 and 德国学派的论点进行了分析并提出了自己的看法。同时书中附有较多的计算例题及参考资料，这些对初学的读者是会有帮助的。

本书供机械制造业中设计人员及高等工业学校的学生在学习材料力学、机械零件及金属机械性能等课时参考。

本书这次重印，删去第9~10页。

Д. Н. КИММЕЛЬМАН
РАСЧЕТ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА ПРОЧНОСТЬ
ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ

Машгиз, 1950

(根据苏联国立机器制造科技书籍出版社一九五〇年第一版译出)

* * *

[苏]Д. Н. 克里曼著
变应力时机械零件的强度计算
王步瀛译

*

机械工业出版社出版 (北京苏州胡同 141 号)

(北京市书刊出版业营业许可证书字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $4 \frac{11}{16}$ · 字数 100 千字
1953 年 6 月北京第一版 · 1965 年 11 月北京第三次印刷
印数 9,051—14,550 · 定价(科六) 0.60 元

*

统一书号: 15033 · 975(1824)

目 次

原序	4
本書中采用的主要符号	8
第一章 对称及不对称循环时的耐久極限	11
1 基本概念	11
2 对称循环时的耐久極限	12
3 零件形狀的影响	16
4 尺寸因素的影响	21
5 工艺和使用因素的影响	24
6 不对称循环	29
7 不对称循环时形狀、尺寸、工艺及使用因素的影响	36
第二章 决定綫性应力状态时的安全因數	45
8 概論	45
9 美国和德国学派底方法	48
10 美国和德国学派底方法的形而上学的实質	58
11 作者建議的方法	60
第三章 紧联接螺釘的計算	72
12 概論	72
13 紧螺釘联接中的力	73
14 决定螺釘底安全因數与适当的鎖紧力值	78
第四章 复杂应力状态下的强度計算	88
15 概論	88
16 靜应力条件下的强度理論	89
17 变应力下軸的計算	95
18 考虑到扭轉应力的紧联接螺釘的計算	110
19 平面及立体应力状态下的强度計算	113
第五章 在零件有限寿命及不均匀受載状态下的强度計算	115
20 有限寿命下的强度計算	115
21 不均匀受載状况	118
22 当多級圖形的过載作用时的强度計算	120
23 当过載及不足載作用时的强度計算	130
附录	139

原 序

由于在机器零件中主要地存在有变应力的原故,因而,对于机械制造业来讲,疲劳强度就成为极重要的问题。为了要在提高了机构杆件上的单位载荷及速度的条件下创造出经济而且可靠的結構,我們必須坚决地摒弃那些按照静强度条件的近似计算方法。

一百多年来积累了大量的有关机械零件疲劳强度的资料。这些材料还不足以在设计实践中广泛地应用。

当进行机械零件的强度计算时我們接触到许多为变应力作用的条件下所特有的问题:

1) 决定极限不对称循环的应力;

2) 零件的几何外形、工艺因素(加工光洁度,切削用量,热处理,装配条件等)、使用因素(腐蚀,载荷作用的性质等)对耐久极限的影响;

3) 强度理论在变应力条件下的复杂应力状态时的应用;

4) 决定安全因数的方法。

现在已经有了一系列的原则上有区别的在变应力下求安全因数的方法。其中淑得别格(Зодерберг)底方法应用得特别广泛。这个方法完全不当获得经典的方法的荣誉,也不当收入在教科书及参考书之中。

应当指出,利用现有的各种方法计算出来的结果不仅在数量上有很大的差别,同时:对于各种结构方案还会得出相互矛盾的关于强度的评价。

由于以上談到的与变应力条件下强度計算有关的問題的錯綜复杂的情况，以及在文献中沒有对于决定安全因数各方法的批判分析，結果使得有了各种各样互相矛盾的計算公式。

在机械制造业中很尖銳地感觉到材料学比較高度发展的水平与变应力下强度計算方法的不够科学的水平之間的脫节現象。

本书中揭露美国学派(淑得別格)和德国学派(德国工程师联合会机械零件委员会)的在变应力条件下强度計算方法的形而上学的实质。这些方法的反动性表现在以下的事实中，即一些最先进的結構(如利用安装初应力的結構，螺釘联接，預加应力的鋼筋混凝土結構等)如果按照美国学派和德国学派底方法来計算时得到低的强度指标。

本书研究計算方面的問題。作者几乎全未接触到在各种不同的应力状态下材料破坏的物理实质、变应力条件下的試驗方法、試驗裝置的描述等問題；这些問題在金屬学教程中，都有叙述。

附录中的材料主要是根据机械制造百科全书，塞列新[16]和奥京格[13]的著作中的資料而編制的；按照对于尺寸和工艺因素考虑方法的特点对于某些图表进行了改制；考虑这些因素的系数 γ 及 δ 以及有效应力集中系数 β 在公式中相乘，这些系数的乘积 $\beta\gamma\delta$ 表示为 λ ，应当将拋光試件的耐久极限除此数，以求得零件的耐久极限。这样的考虑这些因素的方法簡化了計算技术。除此以外，在机械零件的强度計算中永远是在强度底极限条件之下用系数 β ， γ ， δ 来考虑形状因素的，在此情形下它表示当安全因数等于一时各应力分量与零件的机械特性間的关系。这样的方法消除掉了与考虑形状、尺

寸、工艺及使用因素有关的任何誤会。

在第五章中叙述过载及零件受載規律不均匀时的强度計算。这个問題在現有的教科书及手冊中几乎全未談到。这个計算方法在机械制造业中的重要性是不容怀疑的，并应当在最短時間內在計算實踐中得到广泛的应用。为了使在零件有限寿命及不均匀受載規律下的强度計算精确化，还需要繼續积累实验資料。

书中对图解及图解分析法予以注意；这些方法的特点是明显，并且当强度底极限条件（极限不对称循环的应力綫图，弯曲和扭轉联合作用时强度底极限条件）以及結構的受載条件是以实验曲綫的形式求得时具有更大的意义。

在决定安全因数的問題中叙述了作者本人建議的方法；这个方法給出了在任何应力状态下及結構的任何受載情形下彻底的解决办法。

本书供机械制造工业中設計及計算工作者使用，同时，高等学校的学生在学习材料力学、机械零件、特种机械和在課程設計及毕业設計中作强度計算时也可以应用。

作 者

本書中采用的主要符号

σ_r ——作用循环的最大应力;

σ_e ——作用循环的最小应力;

σ_m ——作用循环的平均应力;

σ_a ——作用循环的应力幅度;

$r = \frac{\sigma_e}{\sigma_r}$ ——循环的不对称系数;

$\sigma'_r, \sigma'_e, \sigma'_m, \sigma'_a$ ——抛光試件極限循环的(最大, 最小, 平均, 幅度)应力;

$\sigma''_r, \sigma''_e, \sigma''_m, \sigma''_a$ ——零件底, 即考虑了形状、尺寸、工艺及使用諸因素的極限循环(最大, 最小, 平均, 幅度)应力;

$\sigma_{r0}, \sigma_{e0}, \sigma_{m0}, \sigma_{a0}$ ——脉动循环的(最大, 最小, 平均, 幅度)应力;

$\sigma'_{r0}, \sigma'_{e0}, \sigma'_{m0}, \sigma'_{a0}$ ——抛光試件底極限脉动循环的(最大, 最小, 平均, 幅度)应力;

$\sigma''_{r0}, \sigma''_{e0}, \sigma''_{m0}, \sigma''_{a0}$ ——零件底極限脉动循环的(最大, 最小, 平均, 幅度)应力;

β_σ ——有效应力集中系数;

γ_σ ——考虑零件絕對尺寸的影响的系数;

δ_σ ——考虑工艺及使用因素影响的系数;

$\lambda_\sigma = \beta_\sigma \gamma_\sigma \delta_\sigma$ ——由抛光試件在对称循环下的耐久極限轉換为零件在对称循环下的耐久極限的轉換系数;

σ'_{-1} ——抛光試件在对称循环下的耐久極限;

σ''_{-1} ——零件在对称循环下的耐久極限;

σ_B ——抛光試件底强度極限;

$\sigma_B^* = \frac{\sigma_B}{\lambda^*}$ ——零件底强度極限;

λ^* ——由抛光試件底强度極限轉換为零件底强度極限的轉換系数;

σ_n ——作用的不对称循环轉換成的对称循环底最大应力；

σ_e ——作用的不对称循环轉換成的靜应力；

σ'_n ——拋光試件的作用不对称循环轉換成的对称循环底最大应力；

σ''_n ——零件的作用不对称循环轉換成的对称循环底最大应力；

$\sigma_{n\Sigma}$ ——法向和切向应力底作用不对称循环轉換成的对称循环底最大应力；

σ'_{-1N} ——当循环次数为 N 时拋光試件底有限耐久極限；

σ''_{-1N} ——当循环次数为 N 时零件底有限耐久極限；

N_y ——达到耐久極限时的循环次数；

n ——破坏的安全因数；

n_T ——产生不允許的塑性变形的安全因数。

以上的符号是对法向应力的。对于切向应力則將 σ 換为 τ 。

原
书
缺
页

原书缺页

第一章

对称及不对称循环时的耐久極限

1 基本概念

大多数的机械零件均承受变应力的作用；零件截面被研究的点上的应力随時間而改变。应力底变化或者是与作用在零件上的載荷值底变化有关，或者由零件的相对运动所引起（当載荷的数值及方向均不改变时）。例如当作用在轉軸上的力底数值及方向都不变时橫截面中的应力底变化是軸轉动角度的函数；当作用載荷值也随軸轉动角度而改变时应力底变化就更复杂了。

机械制造中作强度計算时最常遇到的是应力周期改变的情形。

应力底具有連續数值的一次封閉的变化叫做应力循环。圖 1 中表示当綫性应力状态时零件橫截面底某一点上的应力变化的几种情形；在縱座标上标注应力，橫座标上标注時間。圖 1a 及 1b 上表示应力数值的周期变化，圖 1c 及 1d 上表示应力数值及方向的周期变化，即符号的变化：当数值改变时应力穿过零綫。

用 σ_r 代表循环中代数值最大的应力；用 σ_e 代表最小应力；最大与最小应力底代数和之半叫做循环的平均应力—— σ_m ；最大与最小应力底代数差之半叫做循环的应力幅度—— σ_a 。循环最小应力与最大应力連同符号在內的比值叫做循环不对称系数 r 。

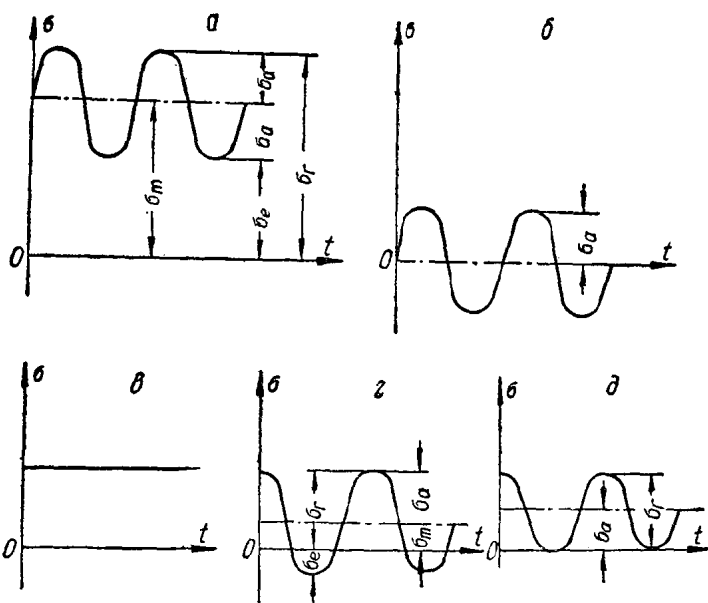


圖 1 应力随時間变化簡圖：不变号的不对称循环(a)；对称循环(b)；靜应力(b)；变号的不对称循环(z)；脉动循环(d)。

圖 1 b 上表示对称循环，即具有数值相等符号相反的最大和最小应力的循环。此时 $r = -1$ 。其他循环叫做不对称循环；它們的不对称系数在 $-1 < r < +1$ 的界限之間。当 $r = +1$ 时是靜应力(圖 1 b)。圖 1 a 和 1 d 上是不变号的不对称循环；圖 1 z 上是变号的不对称循环；圖 1 d 上表示的不对称循环叫做脉动循环，此时 $r = 0$ 。

2 对称循环时的耐久極限

在变应力作用的情形下材料在小于由試件一次承載的試

● 此时应当以循环应力的極限值中絕對值最大的一个作为正的。

驗求得的强度極限的应力时即發生破坏。在变应力时的这种破坏是由于产生了裂痕(疲劳裂痕)和此裂痕繼續發展的結果而致。在变应力很多次循环下材料的逐漸破坏叫做疲劳。材料經受很多次变应力循环而不破坏的性質叫做耐久性。

微小的疲劳裂痕底出現及其繼續發展是与在变应力作用下材料微粒容积中發生的复杂而且研究得很少的强化和弱化过程有关。

最大应力小于强度極限的应力循环可能是安全的，也可能引起破坏；这取决于很多因素：循环的最大应力值，循环不对称系数，在零件使用期限中的循环次数，零件底几何尺寸，工艺因素，即零件的制造过程及其他。有了很多的实验研究資料，使得我們能够在机械零件的强度計算中反映出上述各因素的影响。

实验研究得最多的是对称循环变应力作用的情形。

圖 2 上表示对称循环时的疲劳曲綫。这是能够給出引起疲劳破坏的循环最大应力与循环次数間的关系的曲綫。对于有些材料，例如对于未淬火的鋼或者高溫及中等溫度回火的淬火鋼，疲劳曲綫有明显的水平漸近綫，此直綫的縱座标 σ_{-1} 与疲劳曲綫上当循环次数大于 10^7 时的縱座标很少差別。

如果在橫座标为循环次数的对数的座标系統上表示疲劳曲綫，那时疲劳曲綫就成为具有两个典型綫段的折綫——一段傾斜，一段水平(圖 3)；在循环次数等于 $10^6 \sim 10^7$ 之間得到两个綫段的交点。疲劳曲綫具有水平綫段的現象說明了材料具有在一定数值的变应力內以任意多少的循环次数作用时不产生破坏的性質。

在無限次循环之后还不能引起材料破坏的最大应力叫做