

机械制造业中黑色金属许用应力的计算



中國製造業中國企業國際化戰略研究



机械制造业中黑色金属 許用应力的計算

〔苏〕И. В. 波德佐洛夫 著

丁士鐸、章紀川 譯



机械工业出版社

本书是一部理論与实际相结合的著作，第一、二两編系叙述有关黑色金属机械性能和强度計算的一些新的理論，第三編則着重介紹有关上述理論的实际应用，并适当地通过計算例题加以說明。

本书可作为高等学校“材料力学”和“机械零件”課的教学用书，并适于設計人員及一般工程技术人員工作参考之用。

И В Подзол
РАСЧЕТ ДОПУСКАЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ
ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ
ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЙ ЗАПАС ПРОЧНОСТИ
ОБОРОНГИЗ 1947

(根据苏联国防工业出版社一九四七年第三版譯出)

* * *

机械制造业中黑色金属
許用应力的計算

〔苏〕И. В. 波德佐洛夫著

丁士鐸 章紀川 譯

*

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出字第117号)

北京印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ • 印张 $18^{1/4}$ • 插頁 3 • 字数 495 千字

1958 年 10 月北京第一版 • 1965 年 5 月北京第二次印刷

印数 5,501—10,500 • 定价 (科七) **3.70 元**

1963 年 12 月中国工业出版社北京新一版

*

統一书号: 15033 • 1239 (1903)

目 录

序言	8
專門名詞和字母符号	11
I 一般机械性質	11
II 强度特性	12
III 硬度的主要特性	19
IV 非完全彈性	19
机械零件中名义应力变化系数与金屬强度特性变化系数的表	
解	20
緒 論	28

第一編 靜应力

第一章 彈性变形区域内机械零件中靜应力的分布	35
1 主应力	35
2 主应力軌綫	37
3 名义应力和实际应力	40
4 形狀系数 α_K	42
5 应用应变計求系数 α_K	43
6 求系数 α_K 的光学方法	51
7 求系数 α_K 的敷漆法	62
8 求系数 α_K 的解析方法	64
第二章 靜应力下, 名义应力变化系数和强度特性变化系数	84
1 与材料性質无关的, 凹口形狀系数 α_K	84
2 与材料性質无关的, 軸肩內圓角形狀系数 α_K	87
3 与材料性質无关的, 無載荷孔形狀系数 α_K	92
4 与材料性質无关的, 充塞并受載荷的孔的形狀系数 α_K	102
5 与材料性質无关的, 悬挂和牽引环的形狀系数 α_K	104
6 与材料性質无关的, 鏈槽的形狀系数 α_K	109
7 与材料性質无关的, 角形結構零件的形狀系数 α_K	110

8 与材料性質有关的, 未經热处理碳鋼試件的凹口形状系数 P_K	112
9 与材料性質有关的, 冷作或沒有冷作的, 經热处理鋼試件凹口的形状系数 P_K 和工艺系数 P_{Tx}	114
10 灰鑄鉄試件凹口的形状系数 P_K	122
11 鋼的制造工艺系数 P_{Tx}	124
12 变性鑄鉄的热处理系数	128
13 低溫下鋼的靜力拉伸强度特性变化系数 P_T	130
第三章 黑色金屬的主要靜力强度特性	130
1 鋼試件的拉伸	130
2 鋼試件的弯曲	134
3 鋼試件的扭轉	144
4 灰鑄鉄和特种鑄鉄靜力强度特性的决定	150
5 合金鑄鉄靜力强度特性的决定	156
6 变性鑄鉄靜力强度特性的决定	158
7 可鍛鑄鉄靜力强度特性的决定	159

第二編 周变应力

第四章 金屬的疲劳。基本概念	161
1 历史概述	161
2 金屬疲劳的应力和变形	165
3 周变应力循环的定义	169
4 应力循环的相似性	170
5 应力循环的特性	171
6 持久疲劳極限	173
7 暫定疲劳極限	174
8 强度計算中应用金屬疲劳極限的基本原则	174
9 “極大和極小应力为本循环中平均应力函数”的疲劳極限圖	176
10 “振幅为同一循环中平均应力函数”的疲劳極限圖	180
11 巴哈-波拉圖	181
12 疲劳試驗的机器和方法	182
第五章 平直試件的疲劳極限	188
1 金屬疲劳损坏时的剪切变形	188

2 古德曼动力学定律	194
3 盖尔别尔方程式	198
4 高夫方程式	199
5 根据奥勤格强度假说导出的算式	199
6 波德佐洛夫的双直线关系式	200
7 某些特殊情况 σ_{dk} 与 $\sigma_{cp.ky}$ 的关系式	202
8 弯曲疲劳极限与静力拉伸特性間簡單关系式的建議	205
9 結構鋼材疲劳極限圖的構成	207
10 未經热处理, 拋光平直鋼試件的 VDI 疲劳極限圖表	209
11 未經热处理, CT. 5 鋼平直試件的疲劳極限圖	210
12 結構鋼的近似疲劳極限	214
第六章 周变名义应力变化系数	223
1 形狀系数 β_K	223
2 凹口的形狀系数 β_K	225
3 內圓角的形狀系数 β_K	235
4 無載荷孔的形狀系数 β_K	241
5 鍵槽的形狀系数 β_K	248
6 自由多槽軸的形狀系数 β_K	250
7 零件按角鉄形狀設計的形狀系数 β_K	252
8 材料的凹口敏性系数	253
9 制品的尺寸系数 γ_{nep}	256
第七章 周变应力強度特性变化系数。制造工艺系数 β_{rx}	259
1 切削	259
2 延伸	260
3 表面冷作	264
4 压入配合	271
5 对称循环弯曲应力下鋼的热处理和化学热处理	275
6 形狀和热处理二因素对于有內圓角試件和凹口試件強度的联合影响	280
7 形狀和热处理二因素对于有橫截孔試件強度的联合影响	281
第八章 周变应力下強度特性变化系数。温度系数 β_r	285
1 高温度	285
2 低温度	286

- 3 热处理, 高温度和腐蚀三因素对于合金钢对称循环弯曲疲劳极限的联合影响 287
- 4 形状和低温度二因素对于碳钢对称循环弯曲疲劳极限的联合影响 288

第九章 周变应力下强度特性变化系数。腐蚀系数 $\beta_{\text{корр}}$ 289

- 1 历史概述 289
- 2 腐蚀暂定疲劳极限 291
- 3 腐蚀对于表面抛光或滚压过的零件以及有凹口零件的影响 297
- 4 用防腐涂层提高暂定疲劳极限 (疲劳极限变化系数) 298

第十章 机械零件根据耐久性的计算 305

- 1 暂定疲劳极限作为耐久性的尺度 305
- 2 不会引起强度降低的过度应力 (超过持久疲劳极限的应力) 315
- 3 6 号钢和 5 号钢在迴转弯曲下的暂定安全疲劳极限 318
- 4 关于根据耐久性计算的强度标准 119

第三編 实际安全因数

第十一章 许用应力 321

- 1 历史概述 321
- 2 现代许用应力中的实际安全因数数值 331
- 3 静应力下的强度方程式 337
- 4 周变应力下的强度方程式 339

第十二章 若干机械零件损坏的分析 361

- 1 损坏的二种基本类型 361
- 2 由于金属疲劳所发生曲轴的损坏 375
- 3 机器部件的损坏 378
- 4 减速器直轴的损坏 381
- 5 轧床升降摇动工作台轴的损坏 385
- 6 排锯机轴的三次损坏 390
- 7 升降机绳轮直轴的损坏 393
- 8 合金钢大型零件的损坏 397
- 9 传动轴由于腐蚀所生的疲劳损坏 403

第十三章 强度计算例题 404

1 近代螺釘联接的構造，作为設計时应力集中和应力周变計算的

例题	406
а) 螺釘的实际安全因数	406
б) 作用于螺釘联接上载荷的計算	409
в) 螺釘联接的刚度	413
г) 旋紧时在拉伸和扭轉联合作用下应力的計算	416
д) 螺釘联接的靜力强度特性	418
е) 周变拉伸载荷作用下螺釘联接的强度特性(疲劳極限)	420
ж) 螺紋上的载荷分布。螺釘联接中的螺母	423
з) 在冲击载荷和周变载荷下的螺釘。彈性螺釘	431
и) 制造工艺对松螺釘疲劳强度的影响	435
к) 螺釘联接强度計算的程序	437

2 閥彈簧的疲劳計算	446
3 用实验决定在最小应力集中下工作的零件形状	454
4 根据鉚釘联接的疲劳極限圖选定抓斗起重机上弦的材料	456
5 有級扭轉軸的驗算	459
6 沒有应力集中有級軸設計的举例	461
7 装配滚动轴承有級軸內圓角設計例题	464
8 靜应力和周变应力作用下固定心軸計算例题	466
9 圓周凹口零件的計算例题	467
10 扭轉振动下曲軸軸頸形状对曲軸强度的影响	470
11 周变弯曲和周变扭轉联合应力用最新方法进行驗算	473

計算參考資料	476
--------------	-----

附录 1 講授关于强度計算中应用疲劳極限諸基本原則时教

学法上的一些指示	551
----------------	-----

附录 2 試件与零件試驗用的主要机器	557
--------------------------	-----

参考文献	578
------------	-----

机械制造业中黑色金属 許用应力的計算

〔苏〕И. В. 波德佐洛夫 著

丁士鐸、章紀川 譯



机械工业出版社

本书是一部理論与实际相结合的著作，第一、二两編系叙述有关黑色金属机械性能和强度計算的一些新的理論，第三編則着重介紹有关上述理論的实际应用，并适当地通过計算例题加以說明。

本书可作为高等学校“材料力学”和“机械零件”課的教学用书，并适于設計人員及一般工程技術人員工作参考之用。

И В ПОДЗЛОВ
РАСЧЕТ ДОПУСКАЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ
ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ
ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЙ ЗАПАС ПРОЧНОСТИ
ОБОРОНГИЗ 1947

(根据苏联国防工业出版社一九四七年第三版譯出)

* * *
**机械制造业中黑色金属
許用应力的計算**

〔苏〕И. В. 波德佐洛夫著
丁士鐸 章紀川 譯

*
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出字第117号)

北京印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*
开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $18 \frac{1}{4}$ · 插頁 3 · 字数 495 千字
1958 年 10 月北京第一版 · 1965 年 5 月北京第二次印刷
印数 5,501—10,500 · 定价 (科七) **3.70 元**
1963 年 12 月中国工业出版社北京新一版

*
統一书号: 15033 · 1239 (1903)

目 录

序言	8
專門名詞和字母符号	11
I 一般机械性質	11
II 强度特性	12
III 硬度的主要特性	19
IV 非完全彈性	19
机械零件中名义应力变化系数与金屬强度特性变化系数的表	
解	20
緒論	28

第一編 靜应力

第一章 彈性变形区域内机械零件中靜应力的分布	35
1 主应力	35
2 主应力軌綫	37
3 名义应力和实际应力	40
4 形狀系数 α_K	42
5 应用应变計求系数 α_K	43
6 求系数 α_K 的光学方法	51
7 求系数 α_K 的敷漆法	62
8 求系数 α_K 的解析方法	64
第二章 靜应力下, 名义应力变化系数和强度特性变化系数	84
1 与材料性質無關的, 凹口形狀系数 α_K	84
2 与材料性質無關的, 軸肩內圓角形狀系数 α_K	87
3 与材料性質無關的, 無載荷孔形狀系数 α_K	92
4 与材料性質無關的, 充塞并受載荷的孔的形狀系数 α_K	102
5 与材料性質無關的, 悬挂和牽引环的形狀系数 α_K	104
6 与材料性質無關的, 鏈槽的形狀系数 α_K	109
7 与材料性質無關的, 角形結構零件的形狀系数 α_K	110

8 与材料性質有关的, 未經热处理碳鋼試件的凹口形狀系数 P_K	112
9 与材料性質有关的, 冷作或沒有冷作的, 經热处理鋼試件凹口的形狀系数 P_K 和工艺系数 P_{Tx}	114
10 灰鑄鉄試件凹口的形狀系数 P_K	122
11 鋼的制造工艺系数 P_{Tx}	124
12 变性鑄鉄的热处理系数	128
13 低溫下鋼的靜力拉伸强度特性变化系数 P_T	130
第三章 黑色金屬的主要靜力強度特性	130
1 鋼試件的拉伸	130
2 鋼試件的弯曲	134
3 鋼試件的扭轉	144
4 灰鑄鉄和特种鑄鉄靜力强度特性的决定	150
5 合金鑄鉄靜力强度特性的决定	156
6 变性鑄鉄靜力强度特性的决定	158
7 可鍛鑄鉄靜力强度特性的决定	159
第二編 周变应力	
第四章 金屬的疲劳。基本概念	161
1 历史概述	161
2 金屬疲劳的应力和变形	165
3 周变应力循环的定义	169
4 应力循环的相似性	170
5 应力循环的特性	171
6 持久疲劳極限	173
7 暫定疲劳極限	174
8 强度計算中应用金屬疲劳極限的基本原則	174
9 “極大和極小应力为本循环中平均应力函数”的疲劳極限圖	176
10 “振幅为同一循环中平均应力函数”的疲劳極限圖	180
11 巴哈-波拉圖	181
12 疲劳試驗的机器和方法	182
第五章 平直試件的疲劳極限	188
1 金屬疲劳损坏时的剪切变形	188

2 古德曼动力学定律	194
3 盖尔别尔方程式	198
4 高夫方程式	199
5 根据奥勤格强度假說导出的算式	199
6 波德佐洛夫的双直綫关系式	200
7 某些特殊情况 σ_{dk} 与 $\sigma_{cp.ky}$ 的关系式	202
8 弯曲疲劳極限与靜力拉伸特性間簡單关系式的建議	205
9 結構鋼材疲劳極限圖的構成	207
10 未經热处理, 拋光平直鋼試件的 VDI 疲劳極限圖表	209
11 未經热处理, CT. 5 鋼平直試件的疲劳極限圖	210
12 結構鋼的近似疲劳極限	214
第六章 周变名义应力变化系数	223
1 形状系数 β_K	223
2 凹口的形状系数 β_K	225
3 內圓角的形状系数 β_K	235
4 無載荷孔的形状系数 β_K	241
5 鍵槽的形状系数 β_K	248
6 自由多槽軸的形状系数 β_K	250
7 零件按角鉄形状設計的形状系数 β_K	252
8 材料的凹口敏性系数	253
9 制品的尺寸系数 γ_{nep}	256
第七章 周变应力強度特性变化系数。制造工艺系数 β_{rx}	259
1 切削	259
2 延伸	260
3 表面冷作	264
4 压入配合	271
5 对称循环弯曲应力下鋼的热处理和化学热处理	275
6 形状和热处理二因素对于有內圓角試件和凹口試件強度的联合影响	280
7 形状和热处理二因素对于有橫截孔試件強度的联合影响	281
第八章 周变应力下強度特性变化系数。温度系数 β_T	285
1 高温度	285
2 低温度	286

3 热处理, 高温度和腐蚀三因素对于合金鋼对称循环弯曲疲劳極限的联合影响	287
4 形状和低温度二因素对于碳鋼对称循环弯曲疲劳極限的联合影响	288
第九章 周变应力下强度特性变化系数。腐蚀系数 β_{KOPP}	289
1 历史概述	289
2 腐蚀暫定疲劳極限	291
3 腐蚀对于表面抛光或滚压过的零件以及有凹口零件的影响	297
4 用防腐蝕層提高暫定疲劳極限 (疲劳極限变化系数)	298
第十章 机械零件根据耐久性的計算	305
1 暫定疲劳極限作为耐久性的尺度	305
2 不会引起强度降低的过度应力 (超过持久疲劳極限的应力)	315
3 6 号鋼和 5 号鋼在迴轉弯曲下的暫定安全疲劳極限	318
4 关于根据耐久性計算的强度标准	119

第三編 实际安全因数

第十一章 許用应力	321
1 历史概述	321
2 現代許用应力中的实际安全因数数值	331
3 靜应力下的强度方程式	337
4 周变应力下的强度方程式	339
第十二章 若干机械零件損坏的分析	361
1 損坏的二种基本类型	361
2 由于金屬疲劳所發生曲軸的損坏	375
3 机器部件的損坏	378
4 減速器直軸的損坏	381
5 軋床升降搖动工作台軸的損坏	385
6 排鋸机軸的三次損坏	390
7 升降机繩輪直軸的損坏	393
8 合金鋼大型零件的損坏	397
9 傳动軸由于腐蚀所生的疲劳損坏	403
第十三章 强度計算例題	404

1 近代螺釘联接的構造, 作为設計时应力集中和应力周变計算的

例題	406
а) 螺釘的实际安全因数	406
б) 作用于螺釘联接上载荷的計算	409
в) 螺釘联接的刚度	413
г) 旋紧时在拉伸和扭轉联合作用下应力的計算	416
д) 螺釘联接的靜力强度特性	418
е) 周变拉伸载荷作用下螺釘联接的强度特性 (疲劳極限)	420
ж) 螺紋上的载荷分布。螺釘联接中的螺母	423
з) 在冲击载荷和周变载荷下的螺釘。彈性螺釘	431
и) 制造工艺对松螺釘疲劳强度的影响	435
к) 螺釘联接强度計算的程序	437

2 閥彈簧的疲劳計算 446

3 用实验決定在最小应力集中下工作的零件形状 454

4 根据鉚釘联接的疲劳極限圖选定抓斗起重机上弦的材料 456

5 有級扭轉軸的驗算 459

6 沒有应力集中有級軸設計的举例 461

7 裝配滾動軸承有級軸內圓角設計例題 464

8 靜应力和周变应力作用下固定心軸計算例題 466

9 圓周凹口零件的計算例題 467

10 扭轉振動下曲軸軸頸形状对曲軸强度的影响 470

11 周变弯曲和周变扭轉联合应力用最新方法进行驗算 473

計算参考資料 476

附录 1 講授关于强度計算中应用疲劳極限諸基本原則时教

学上的一些指示 551

附录 2 試件与零件試驗用的主要机器 557

参考文献 578

序 言

在一切制造速度愈高重量愈輕的机器时，速度很快而分量較輕的机器的創造过程中，对零件的强度計算，提出了新的要求。那傳統的、陈旧的、按照名义应力的計算方法不再适用了，必須以实际应力的計算来替代。現代航空發动机、坦克、拖拉机和农業机械的零件，为了使計算工作更加精确，进行着各种强度方面的試驗。因之，机械零件与裝配部件疲劳試驗設備的制造，正在發展成为机械制造业中特殊的一門。

冶金与压延設備方面的重型机械、起重量很大的起重机、透平、大型电动机等的設計工程师遇到了这样一个新的現象：零件强度随尺寸增大而增加的傳統計算原理，遭受到了一定的限制；在疲劳强度計算中，發現零件載荷截面面积大了，材料的强度反而要降低。

新的强度特性——疲劳極限——在現代机械制造中，开始具有头等重要的意义。但是，从材料試驗学發展而来的，“金屬力学”这一門新而年青的科学，到目前为止，对于疲劳極限与極限强度（普遍使用的靜力拉伸强度特性）之間只得出一些近似关系，还找不到严密的数学与金相学的規律。

比較簡單而經濟的試件拉伸試驗，所得金屬靜力强度特性，不能用来決定疲劳强度。而用疲劳試驗来求得疲劳極限又非常費时、麻煩和費錢。

如果認為金屬新的强度特性是金屬力学主要研究問題之一，那末研究零件形狀因素与尺寸因素对于零件强度的影响將是另一有关的重要問題。

零件强度与零件材料的强度是不可能划分开来的。然而为了計算方便起見，不得不有这样的区别。从一方面說，材料經過各种不同的工艺程序，它的机械性有了改变；当溫度不是强度試驗所常用的 $+20^{\circ}\text{C}$ 时，材料的机械性能也会改变；当有任何腐蝕性介質作用时，材