

船舶结构力学手册

1

〔苏联〕Ю. А. 斯曼斯基主编 船舶产品设计院一室译

船舶结构力学手册

上海科学技术出版社

船舶結構力學手冊

(第一卷)

〔苏联〕 IO. A. 斯曼斯基 主編

船舶产品設計院一室 譯



上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书内容包括数学、弹性理論及各种形式的梁結構的抗弯强度計算等方面的参考資料。

这本手册可供造船工程技術人員使用。

担任本书譯校工作的主要有：李来成、陈文先、許百春、李驥昌、曹靜、丁璋等同志。

СПРАВОЧНИК ПО СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКЕ КОРАБЛЯ (ТОМ 1)

Ю. А. ШИМАНСКИЙ

СУДПРОМГИЗ, 1958

船舶結構力學手冊(第一卷)

船舶產品設計院一室 譯

上海科學技術出版社出版 (上海瑞金二路 450 号)
上海市書刊出版業營業許可證出 033 号

商務印書館上海廠印刷 新華書店上海發行所發行

開本 850×1168 1/32 印張 21 28/32 插頁 4 排版字數 716,000
1964 年 9 月第 1 版 1964 年 9 月第 1 次印刷 印數 1—2,000

統一書號 15119·1775 定價(科七) 4.10 元

序 言

1934 年出版的有关船舶结构力学的“造船手册”第二卷和第三卷, 目前已经成了图书馆的藏书, 它们已不完全适用了, 因为在过去很长的一段时期中, 在船舶结构力学方面已积累了许多现代造船实践中所应用的新资料。

这种情况完全证明, 有必要重新出版一部专门的“船舶结构力学手册”, 以便大大充实这一方面的内容。

这本“船舶结构力学手册”将分三卷出版。手册的前两卷, 除纯粹属于参考性质的资料外, 还包括从一般结构力学中所得出而可应用于船舶结构力学方面的结论。在第三卷中则将阐述各种类型船舶的船体结构及其他浮动建筑物的强度计算方法。

“船舶结构力学手册”第一卷(内容见目录)是在本人的主编下, 由 A. B. 兹纳明斯基、A. 3. 洛克辛、B. H. 谢罗夫、H. JI. 西维尔斯、M. K. 斯米尔诺娃、I. O. 塔乌宾、B. C. 邱维柯夫斯基等编写的。

科学院院士 Ю. A. 斯曼斯基

目 录

序 言

第一篇 数学	1
第一章 数学表	1
§ 1 幂、根、自然对数、倒数、圆周和圆面积	1
§ 2 自 10.00 至 15.00 的四位数的平方和立方	26
§ 3 四位对数	29
§ 4 角度换算为弧度	32
§ 5 圆函数	33
§ 6 圆函数、指数函数和双曲线函数	37
§ 7 半径等于 1 的弧长、矢高、弦长和弓形面积	48
§ 8 一些剖面的轴惯矩和剖面模数	52
§ 9 圆剖面的轴惯矩 $J = \frac{\pi d^4}{64}$ 和剖面模数 $W = \frac{\pi d^3}{32}$	54
§ 10 量度的换算	56
1. 直线量度	56
2. 平方量度	59
3. 立方量度	60
4. 重量量度	60
5. 压力量度	62
6. 单位长度上的荷载	63
7. 速度量度	63
8. 弯矩、剖面模数、功率、水的重量和体积、功等换算为各种单位制	64
§ 11 一些常用量的数值	65
第二章 近似计算	66
§ 12 近似值运算的一般规则	66
§ 13 最简单运算结果的误差	67
§ 14 若干近似公式	69

第三章	代数学	70
§ 15	恒等式	70
§ 16	对数	71
§ 17	集合理論	72
§ 18	牛頓二項式	74
§ 19	級数	74
§ 20	二次方程及可化为二次方程的方程	75
§ 21	三次方程	76
	1. 数值解	76
	2. 卡尔丹公式	78
	3. 求方程的实根所用的諾謨图	78
第四章	三角学	80
§ 22	三角函数	80
	1. 角的量度	80
	2. 符号規則和补角規則	80
	3. 某些三角函数值	81
	4. 一个角的三角函数之間的关系	81
	5. 两个角的三角函数之間的关系	81
	6. 倍角和半角的三角函数	83
	7. 反三角函数	84
§ 23	平面三角形的解法	85
	1. 直角三角形的解法	85
	2. 斜三角形的解法	86
第五章	高等代数学	88
§ 24	行列式理論	88
	1. n 阶行列式	88
	2. 行列式的性质	90
	3. 应用行列式解綫性方程組	91
§ 25	复数	92
	1. 复数的意义是数值的綜合	92
	2. 复数的三角形式	93
	3. 基本規則	93
	4. 复数的运算	93

§ 26	双曲线函数	95
第六章	微分运算	97
§ 27	微分的基本法则	97
§ 28	初等函数的导数	99
§ 29	最简单函数的高阶导数	100
§ 30	不定式。函数的最大值和最小值	101
	1. 不定式的解法	101
	2. 最大值和最小值	102
	3. 相对最大值和相对最小值(拉格朗日法)	104
第七章	积分运算	105
§ 31	一般规则和基本公式	105
§ 32	不定积分	106
	1. 有理函数的积分	106
	2. 无理函数的积分	114
	3. 三角函数的积分	126
	4. 其他超越函数的积分	137
§ 33	定积分	143
	1. 定义	143
	2. 定积分对参数的微分公式	144
	3. 定积分的基本性质	144
	4. 积分有限性的特征及某些定积分的数值	145
第八章	无穷幂级数	147
§ 34	定义	147
§ 35	级数收敛性的判别法	147
§ 36	交错级数的收敛性	148
§ 37	幂级数的运算	148
§ 38	台劳和马克劳林公式	149
§ 39	级数的积分和微分	151
§ 40	最重要的函数展开成级数的公式	151
第九章	福里埃级数	153
§ 41	狄利赫列条件	153
§ 42	级数的和	153
§ 43	福里埃级数的系数	153

§ 44	福里埃級数的系数公式的另一形式	155
§ 45	福里埃級数的簡式	156
§ 46	福里埃級数系数的級	157
§ 47	福里埃級数收敛性的改善	159
§ 48	重福里埃級数	160
§ 49	某些福里埃級数	161
第十章	微分方程	162
§ 50	一阶微分方程	162
	1. 可分离变量的方程	162
	2. 左边为全微分的方程	162
	3. 齐次方程	163
	4. 綫性方程	164
	5. 伯努利方程	164
	6. 拉格朗日方程	165
	7. 克萊罗方程	165
	8. 不明显包含 x 的方程	166
	9. 不明显包含 y 的方程	166
§ 51	高阶微分方程	167
§ 52	常系数綫性微分方程	170
	1. 有末項的綫性方程的通式	170
	2. 无末項的綫性方程	170
	3. 有末項 $Q(x)$ 的綫性方程	172
§ 53	变系数綫性微分方程	174
	1. 借助于台劳級数的积分	174
	2. 借助于幂級数的积分	175
	3. 貝塞尔方程	176
	4. 可化为常系数綫性方程的綫性方程	178
§ 54	普通微分方程組	178
第二篇	彈性理論	182
第一章	总論	182
§ 1	应力	182
§ 2	应力、体积力和表面力之間的关系	185

§ 3	位移、变形及其相互关系	186
§ 4	应力与变形的关系	189
§ 5	各点体积力与位移的关系	190
§ 6	弹性理論問題的解法	190
第二章	应力对称于軸綫分布的旋轉体和平面問題	191
§ 7	应力对称于軸綫分布的物体	191
1.	平衡方程	193
2.	位移与变形的关系	193
3.	应力与变形的关系	194
4.	变形連續性条件(圣文南关系式)	194
5.	作用在无限物体上的集中力	196
6.	作用在半无限体的周界平面上的集中力	196
§ 8	平面問題	197
1.	应力理論	198
2.	变形理論	200
3.	应力和变形的关系	201
4.	应力函数	202
§ 9	极坐标的平面問題	204
1.	平衡方程	204
2.	表面条件	205
3.	变形和位移之間的关系	205
4.	变形連續性条件	206
5.	以应力函数 $F(x, y)$ 表示的应力表达式	206
6.	应力和变形之間的关系	207
7.	作用在无限大平面上的集中力	208
8.	作用在半平面的边缘上的集中力	208
9.	作用在半平面上、垂直于边缘并与其相距 a 的集中力	209
10.	作用在半平面上、平行于边缘并与其相距 a 的集中力	210
第三篇	强度計算的基本原理	211
第一章	概論	211
第二章	各种强度理論	212
第三章	造船工业中选择容許应力标准的一般原則	214

§ 1 强度计算的一般原则	214
§ 2 计算荷载的大小和特性的确定	215
§ 3 结构剖面中最大力和最大应力的确定	216
§ 4 危险应力标准的規定	217
§ 5 安全因数和容许应力标准的規定	218
第四章 房屋和工业建筑物的承载鋼结构的設計标准	219
A. 建筑結構計算總則	219
§ 6 計算的基本原則	219
§ 7 标准荷载和計算荷载及其組合	220
§ 8 标准抗力, 計算抗力和工作条件系数	222
§ 9 建筑結構按极限状态及按容許应力計算的方法的比較	222
B. 房屋和工业建筑物承载鋼结构的某些基本設計标准	222
§ 10 鋼結構的材料	222
§ 11 材料和連接的标准性能	226
§ 12 材料和連接的計算性能	229
§ 13 基本計算規則	234
§ 14 軸向拉伸和軸向壓縮的鋼結構构件的計算	235
§ 15 鋼結構弯曲构件的計算	237
§ 16 鋼結構的焊接, 鉚接和螺栓接头的計算	239
第五章 木材的机械性能	241
第六章 房屋和工业建筑物承载木結構的一些基本設計标准	245
§ 17 材料的标准性能	245
§ 18 材料的計算性能	247
§ 19 基本計算規則	249
§ 20 軸向拉伸和軸向壓縮的木結構的計算	250
§ 21 木結構的弯曲构件的計算	252
第四篇 应力集中	254
第一章 具有一个开口的钣	254
§ 1 具有一个圆形或椭圆形开口的无限钣	254
1. 具有一个圆形开口的钣的拉伸(壓縮)	254
2. 具有圆形开口的钣的純剪切	255
3. 具有圆形开口的扁鋼的純弯曲, 且其开口尺寸与扁鋼寬	

度相比时很小	256
4. 具有椭圆形开口的板的拉伸(压缩)	256
5. 具有椭圆形孔的扁钢的纯弯曲,其开口尺寸与扁钢宽度相比时很小	258
6. 具有椭圆形小孔、且横向力不变的扁钢的弯曲	258
§ 2 具有矩形开口的无限板	259
1. 沿矩形开口长边拉伸(压缩)的板	259
2. 沿矩形开口短边拉伸(压缩)的板	260
3. 具有矩形开口的板的纯剪切	260
§ 3 具有圆孔的半无限板的拉伸(压缩)	265
§ 4 具有位于宽度中央的孔的有限宽度的板(扁钢)	266
1. 具有圆孔的板的拉伸(压缩)	266
2. 具有圆孔的扁钢的纯剪切	267
3. 具有端部为圆形的矩形开口的扁钢的拉伸(压缩)	267
4. 具有端部为圆形的矩形开口的扁钢的纯弯曲	268
第二章 具有等径圆形开口的无限板	268
§ 5 具有两个等径圆形开口的板的拉伸(压缩)	268
§ 6 具有无限数目的等径圆形开口(其中心在一根轴上)的板的拉伸(压缩)	269
第五篇 杆的计算	271
第一章 拉伸和压缩	272
§ 1 等剖面杆	272
§ 2 变剖面杆	272
1. 一般情况	272
2. 楔形杆的拉伸或压缩	273
3. 变宽度板的拉伸	274
4. 燕尾形联接的拉伸	274
5. 平板上开孔的影响	274
a) 板边开半圆孔	274
b) 圆孔	275
b) 椭圆孔	275
r) 用镶边加强的孔	276

§ 3	自重的影响	276
§ 4	等强度杆	276
§ 5	挤压计算	276
第二章	扭轉	277
§ 6	扭轉的计算公式	277
1.	圓形实心軸	277
2.	圓形空心軸	278
3.	橢圓形軸	278
4.	矩形軸	278
5.	等边三角形軸	278
6.	正六角形軸	279
7.	正八角形軸	279
8.	等腰梯形軸	279
9.	任意形状的薄壁封閉型材	279
10.	任意形状的薄壁开口型材	280
11.	多构件型材	280
12.	軋制型材自由扭轉时的应力和变形	282
§ 7	开口薄壁杆件的約束扭轉	283
1.	約束扭轉时的变形	283
2.	与剖面扭轉变形有关的弯曲-扭轉力因素	284
3.	約束扭轉杆件的平衡微分方程	285
4.	弯曲中心的坐标	285
§ 8	軸的计算	299
§ 9	变剖面軸的扭轉	299
第三章	剪切	300
§ 10	剪应力	300
§ 11	强度计算公式	302
§ 12	切断计算	303
§ 13	剪切计算	303
第四章	弯曲	303
§ 14	弯曲应力	303
1.	弯曲力偶和弯曲力的平面与梁的一个主平面 xz 重合	303
2.	弯曲力和弯曲力偶的平面不与梁的主平面相重合	

(斜弯曲).....	306
§ 15 弯曲梁的剖面选择	308
§ 16 組合剖面要素的計算	311
§ 17 附連鋼板和翼板对于对称型材的影响	312
§ 18 弯矩和剪力的表达式	313
§ 19 等剖面梁的彈性曲綫的表达式	314
1. 由法向应力所形成的撓度.....	314
2. 由剪切所形成的撓度.....	314
3. 由支座位移所形成的撓度.....	315
§ 20 弯矩, 剪力, 彈性曲綫, 轉角和分布荷載的方程之間的关系.....	316
§ 21 支座和反力。反力的确定	318
§ 22 双支座梁	320
1. 一个集中力作用的荷載情况.....	320
2. 一系列集中力作用的荷載情况.....	321
3. 力偶作用的荷載情况.....	322
4. 分布力作用的荷載情况.....	323
§ 23 一端固定的梁	324
1. 一个集中力作用的荷載情况.....	324
2. 一系列集中力作用的荷載情况.....	325
3. 力偶作用的荷載情况.....	325
4. 分布力作用的荷載情况.....	325
§ 24 荷載作用在梁的各段上的分布方法对弯曲的影响	325
1. 弯矩誤差.....	325
2. 轉角和撓度的誤差.....	326
3. 轉角和撓度的相对誤差.....	326
第五章 靜定梁的弯曲要素表	327
§ 25 自由支承在两个支座上的梁	328
§ 26 一端固定的梁	353
§ 27 有悬臂的双支座梁	363
第六章 超靜定梁	366
§ 28 迭加法	366
§ 29 三弯矩定理	370
§ 30 利用三弯矩定理繪制梁的弯矩图和剪力图	374

1. 弯矩图的繪制	374
2. 剪力图的繪制	375
§ 31 利用三弯矩定理确定多跨梁的支座反力	375
§ 32 应用三弯矩定理計算仓壁扶强材	376
1. 仓壁垂直扶强材的三弯矩方程	376
2. 两端固定的扶强材的三弯矩方程	376
3. 未完全承载的扶强材的三弯矩方程	377
4. 反力的确定	377
§ 33 三轉角方程	381
§ 34 定点比的方法	382
1. 外力矩作用在梁的一端支座上	383
2. 外力矩作用在梁的一个中間支座上	384
3. 三弯矩方程常数項对梁的各支座剖面內弯矩值的影响	385
第七章 单跨超靜定梁的弯曲要素表	389
§ 35 两端固定的梁	390
§ 36 一端固定、另一端自由支承的梁	407
第八章 連續梁的弯曲要素表	424
§ 37 三支座梁	427
§ 38 四支座梁	429
§ 39 五支座梁	432
§ 40 六支座梁	435
§ 41 等跨度的承受三角形荷載的連續梁	439
第九章 变剖面梁的計算	440
§ 42 靜定情况	440
§ 43 变剖面梁的变形	441
§ 44 超靜定情况	442
1. 迭加法	442
2. 三弯矩方程	442
第六篇 复杂抗力	444
第一章 复杂抗力的簡單情况	445
§ 1 斜弯曲	445
§ 2 軸向偏心力(帶有弯曲的拉伸或壓縮)	446

§ 3 弯曲和扭轉同时作用的梁	448
第二章 弯曲力、拉力或压缩力的同时作用(复杂纵弯曲)	450
§ 4 受弯曲和纵向拉伸作用的等剖面梁	451
§ 5 受弯曲和纵向压缩作用的等剖面梁	456
§ 6 在任意横向荷载和压缩力或拉伸力作用下的超静定梁	462
§ 7 横向力和纵向力同时作用时梁的挠度和弯矩的近似公式 (单向的弯曲力)	463
第七篇 曲梁	465
第一章 曲梁的弯曲	465
§ 1 应力计算	465
1. 矩形剖面	467
2. 工形剖面	467
3. 梯形剖面	468
4. 圆形剖面	468
5. 环内的应力	469
6. 鏈环内的应力	469
7. 管状剖面梁的弯曲	470
8. 方形管状剖面梁的弯曲	471
§ 2 曲梁的弹性位移	471
§ 3 曲梁弯曲的超静定情况	472
1. 飞輪輪緣上的应力	472
2. 在均匀内压力作用下不变剖面的对称封閉环	473
3. 由半圓和两条直綫所組成的剖面	474
4. 橢圓环	474
5. 位于固定支座上并受垂直荷载作用的双鉸拱	475
6. 两端固定的拱	476
7. 其直徑两端固定, 并承受垂直于梁平面的两个对称力的 作用的圆形梁	476
8. 其直徑两端固定, 并承受垂直于梁平面的均布力的作用 的圆形梁	477
9. 不在直徑两端固定, 并承受均布荷载作用的圆形梁	477
10. 支承在三个支座上承受均布荷载并在直徑两端固定的	

圆形梁	478
11. 支承在四个等距支座上且在直径两端固定的圆形梁	479
第二章 圆环的变形	479
§ 4 圆环的力和位移的确定	480
§ 5 轴向力对圆环弯曲的影响	485
§ 6 例题	486
§ 7 薄壁管和筒的局部强度计算	489
1. 集中力的作用	489
2. 通过球和辊传给圆环上的荷载	490
§ 8 椭圆环的弯曲和稳定性	491
1. 环剖面上的力	491
2. 环剖面的位移	492
3. 椭圆环的稳定性	492
4. 轴向力对环弯曲的影响	492
5. 椭圆环剖面的局部加强对加强处弯矩值的影响	495
第八篇 連續彈性基礎上的梁的彎曲	496
第一章 不變剛度的彈性基礎上的等剖面梁	496
§ 1 受集中力作用的无限长梁	509
§ 2 受集中力矩作用的无限长梁	510
§ 3 端点上受集中力作用的无限长梁	510
§ 4 端点上受集中力矩作用的无限长梁	510
§ 5 两端自由支承在彈性支座上并受均布荷载作用的梁	511
§ 6 两端刚性固定在彈性支座上并受均布荷载作用的梁	514
§ 7 两端自由支承在刚性支座上而跨度中央受集中力作用的梁	514
§ 8 两端自由支承在刚性支座上并受三角形分布荷载作用的梁	515
§ 9 两端自由支承在刚性支座上并在距端点各三分之一跨度处 受两个相等力的作用的梁	515
§ 10 两端自由支承在刚性支座上并受支座上的弯矩作用的梁	518
§ 11 两端刚性固定在刚性支座上而在跨度中央受集中力作用的 梁	518
§ 12 两端刚性固定在刚性支座上并承受三角形分布的荷载的梁	519
§ 13 两端刚性固定在刚性支座上而在离梁两端各三分之一跨度	

上受两个相等力的作用的梁	520
§ 14 一端刚性固定、另一端自由支承并承受三角形分布荷载的梁	520
§ 15 两端同等弹性固定并承受均布荷载的梁	522
§ 16 两端同等弹性固定并在跨度中央受集中力作用的梁	523
§ 17 两端自由支承在刚性支座上并在跨度上受集中力作用的梁的弯曲的一般情况	524
§ 18 两端刚性固定在刚性支座上并在跨度上受集中力作用的梁的弯曲的一般情况	525
§ 19 初参数法在连续弹性基础梁的弯曲上的应用	547
§ 20 Г. Б. 克里舍维奇函数在计算弹性基础梁上的应用	550
§ 21 利用级数来研究弹性基础等剖面梁的弯曲问题	553
§ 22 弹性基础梁弯曲的超静定情况	554
第二章 弹性基础上的变剖面梁的弯曲	556
§ 23 逐步近似法	556
§ 24 能量法	557
第九篇 平板架	561
第一章 概論 简单板架的计算	561
§ 1 外荷载在交叉构件上的分布	563
§ 2 静定交叉构件体系	566
§ 3 节点数目較少的交叉构件体系的超静定性的求解	570
1. 由两根交叉梁所组成的体系	570
2. 由三根交叉梁所组成的体系	572
3. 由四根交叉梁所组成的体系	573
4. 具有三根同样的主向梁和一根交叉梁的板架	574
5. 具有四根同样的主向梁和一根交叉梁的板架	575
§ 4 节点数目很多的交叉构件体系的超静定性的求解	576
第二章 具有很多主向梁的板架	577
§ 5 具有很多同样的主向梁和一根交叉构件的板架计算	577
1. 外荷载均匀分布在板架上	578
a) 交叉梁两端自由支承在弹性支座上, 主向梁任意固定	578