

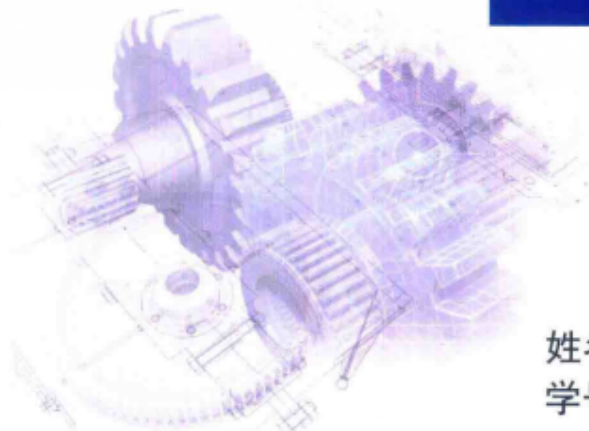
普通高等教育机械类课程规划教材

材料力学基本训练

(第二版)

◎编著 古滨 田云德 沈火明

(B册)



姓名_____

学号_____ 序号_____



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育机械类课程规划教材

材料力学基本训练

(第二版) B 册

古 滨 田云德 沈火明 编 著



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是根据教育部《高等学校工科本科课程教学基本要求》和教育部工科力学教学指导委员会有关《工科力学课程教学改革的基本要求》编写而成的。全书共12章、10个单元,每章的前面部分是本章的重点、难点、考点、习题分类与解题要点的归纳总结,后面部分是本章的单项选择题、计算题等训练题目。为便于帮助实现分级教学,选择题分为基本型、提高型二档,计算题进行了分类与分级;大部分计算题中的部份参数可根据需要由教师重新给定,避免学生盲目抄袭作业或答案。同时,本书编有适用于多、中、少学时以及考研不同层次的材料力学模拟试题。

本书可作为高等院校工科相关专业材料力学课程的作业用书(可拆分成A、B二个独立分册交替使用)和辅导用书,可作为学生考研、竞赛、巩固复习用书,也可作为夜大、电大、职大等学生的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

材料力学基本训练: AB册/古滨,田云德,沈火明编著. —2版. —北京:北京理工大学出版社,2016.1

ISBN 978-7-5682-1848-1

I. ①材… II. ①古… ②田… ③沈… III. ①材料力学—高等学校—习题集 IV. ①TB301-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第019798号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

刷 / 三河市华骏印务包装有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 14

字 数 / 320千字

版 次 / 2016年1月第2版 2016年1月第1次印刷

总 定 价 / 29.80元

责任编辑 / 陆世立

文案编辑 / 赵 轩

责任校对 / 孟祥敬

责任印制 / 马振武

前言（第二版序言）

本书第二版保留了原第一版的主要特点，并在近四年使用的基础上，经过全面修正、更新和补充而成的。

本书由古滨、田云德、沈火明编著。第1~10章由西华大学古滨编写与修订，第11章由西华大学田云德编写与修订、第12章西南交通大学沈火明编写与修订，材料力学多、中、少学时的模拟试题由西华大学古滨和成都理工大学郭春华修订，材料力学考研模拟题由西南交通大学龚辉提供。全书由古滨统稿。

本书可与北京理工大学出版社出版的《材料力学》（第二版）、《材料力学实验指导与实验基本训练》（第二版）配套使用。

编 者

2015年10月

前言（第一版序言）

为了适应新世纪课程分级教学的需要和对学生能力培养的要求，我们在总结多年来教学实践的基础上，按照教育部《高等学校工科本科材料力学课程教学基本要求》和教育部工科力学教学指导委员会《面向二十一世纪工科力学课程教学改革的基本要求》，根据当前国内主流教材的基本内容，将材料力学中的基本概念，典型习题中普遍存在的具有代表性、易出错的问题，以客观和主观习题的形式编写了这本《材料力学基本训练》。

本书结合近年来西华大学材料力学精品课程和力学课程省级教改成果与力学实验课程省级教改成果、西南交通大学国家工科基础课程力学教学基地的部分教改成果和成都理工大学力学课程部分教改成果为一体。本书的编写内容及顺序与目前国内出版各类主流《材料力学》教材基本一致，包括：（绪论、轴向拉压与剪切）、（扭转、平面图形几何性质）、弯曲内力、弯曲应力、弯曲变形、应力状态与强度理论、组合变形、压杆稳定、能量法与超静定、动载荷与交变应力，共 12 章、10 个单元。每章先是本章的重点、难点、考点、习题分类与解题要点的归纳总结，后是本章的选择题、计算题等二类训练题目。同时，本书编有适用于多、中、少学时以及考研不同层次的材料力学模拟试题。

本书的主要特点有：

（1）便于帮助实现分级教学。对各章的重点、难点、考点、习题分类与解题要点的做了归纳总结；将选择题分为基本型、提高型二档。对计算题进行了分类与分级（做了标注说明），以便于教师布置作业、以利于学生形成知识结构体系；全书 10 个单元，前 8 个单元为基本部分内容，后 2 个单元为主要供多学时选用的专题部分内容。同时计算题中的部分参数可根据需要由教师重新给定，避免学生盲目抄袭作业及参考答案。此外，相对于少、中学时有一定难度的基本部分或专题部分内容前标注了“※”，属专题部分内容前标注了“☆”，主要供多、中学时选用。

（2）可增强教与学的互动性。编写形式介于教材、学习指导书和习题集之间，为师与生之间搭建了一个互动桥梁。可达到使学生不仅要看，还要动手练的双重效果。该书可作为作业用书，也可作为课堂讨论、小测验用书。

（3）本书是一本个性化的复习参考资料。学生可直接在本书上完成作业，省去了抄题和其他重复性的工作，利于学生把有限的时间和精力集中在分析问题、解决问题上。本书可拆分成 A、B 二个独立分册使用，并按单元顺序交替提交作业。本书将教与学更紧密地结合在一起，对学生而言它将是一本较完整、能长期保存的个性化的复习参考资料。同时本书附上了材料力学课程教学要求，便于师生把握教与学。

本书可作为高等院校土建、机械、材料、航空航天、水利、动力等工科相关专业材料力学课程的作业用书和辅导用书，可作为学生考研、竞赛、巩固复习用书，也可作为夜大、电大、职大等学生的参考用书。

本书由古滨、沈火明、郭春华等编著。第 1~10 章由西华大学古滨编写，第 11~12 章由西南交通大学沈火明编写，材料力学多、中、少学时的模拟试题由成都理工大学郭春华编写，材料力学考研模拟题由西南交通大学龚辉提供。全书的大部分图表由西华大学江俊松完成。全书由古滨统稿、定稿。

在本书的策划和编写过程中得到了西华大学力学教学部和力学实验中心的老师们的关心和支持，特别是在本书前三次试用过程中胡文绩等老师提出了很多好的建议，在此一并表示衷心感谢。

本书提供给广大教师、学生和其他读者朋友，希望能对你们的教学或学习有所帮助。由于编者水平有限，疏漏和遗误在所难免，恳请批评指正。

编 者

2011 年 5 月

总 目 录

第1章 绪论	A 分册
第2章 轴向拉压与剪切	A 分册
第3章 扭转	B 分册
第4章 平面图形的几何性质	B 分册
第5章 弯曲内力	A 分册
第6章 弯曲应力	B 分册
第7章 弯曲变形	A 分册
第8章 应力状态与强度理论	B 分册
第9章 组合变形	A 分册
第10章 压杆稳定	B 分册
第11章 能量法与超静定	A 分册
第12章 动载荷与交变应力	B 分册
材料力学模拟试题1(少学时)	A 分册
材料力学模拟试题2(中学时)	A 分册
材料力学模拟试题3(多学时)	A 分册
材料力学模拟试题4(考研)	A 分册
答案	B 分册
课程教学基本要求	A 分册
参考文献	B 分册

B 册目录

第 3 章 扭转	(1)
第 4 章 平面图形的几何性质	(12)
第 6 章 弯曲应力	(21)
第 8 章 应力状态与强度理论	(32)
第 10 章 压杆稳定	(53)
☆第 12 章 动载荷与交变应力	(67)
《材料力学基本训练》参考答案	(83)
参考文献	(95)

第 3 章 扭 转

[本章重点]

本章的重点是圆轴扭转时的强度条件和刚度条件的应用。一般先作出扭矩图, 判断危险截面, 然后进行强度和刚度的校核、截面设计或载荷估计, 注意强度条件和刚度条件的并用。

[本章难点]

扭转超静定问题, 关键是找出变形协调关系。

[本章考点]

圆轴扭转常作为基本内容来考察, 包括: 以基本概念为主, 即纯剪切、切应力互等定理、剪切胡克定律; 圆轴扭转时切应力分布规律、扭转破坏现象及其原因分析, 多学时还可能涉及矩形截面杆扭转时应力分布规律、最大切应力所在点等; 计算题涉及扭转外力偶矩的计算、圆轴扭转时的应力和变形、实心圆轴和空心圆轴的强度和刚度计算等。扭转问题在后续的弯扭组合变形章节中还会涉及。

[本章习题分类与解题要点]

本章计算题大致包含以下五类:

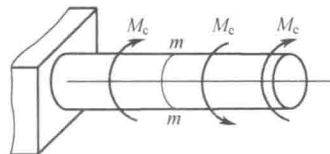
- (1) 圆轴扭转外力偶矩的换算。已知外力和力臂, 计算外力偶矩; 已知圆轴传递功率和转速, 求外力偶矩。
- (2) 计算圆轴扭转时的内力扭矩和绘制扭矩图。内力的计算可采用截面法或直接法, 注意相应的正负号规定。由扭矩图寻找构件的危险截面。
- (3) 圆轴扭转时的横截面上应力计算和变形计算, 并解决圆轴的强度问题和刚度问题。要求熟记实心轴横截面和空心轴横截面的 I_p 和 W_p 计算公式, 特别要注意空心圆轴横截面上切应力的分布规律。
- (4) ※ 扭转超静定问题。其基本思路与拉压超静定相同(三步曲), 应综合考虑静力平衡、变形几何关系和物理关系三个方面。
- (5) ☆ 其他非圆截面杆的扭转计算问题。这部分一般只对多学时

有定性了解的要求。

【3-1 类】选择题 (一)

(1) 一受扭圆轴如图所示。其截面 $m-m$ 上的扭矩 $T =$ _____。

- 【A】 $M_e + M_e = 2M_e$; 【B】 $2M_e - M_e = M_e$;
【C】 $M_e - M_e = 0$; 【D】 $-2M_e + M_e = -M_e$ 。



(2) 电动机传动轴截面上扭矩与传动轴的 _____ 成正比。

- 【A】 传递功率 P ; 【B】 转速 n ;
【C】 直径 D ; 【D】 切变模量 G 。

(3) 根据圆轴扭转的平面假设, 可以认为圆轴扭转时其横截面形状尺寸 _____。

- 【A】 不变, 直径仍为直线; 【B】 改变, 直径仍为直线;
【C】 不变, 直径不为直线; 【D】 改变, 直径不为直线。

(4) 推导圆轴扭转应力公式 $\tau_\rho = \frac{T\rho}{I_p}$ 时, 没有涉及关系式 _____。

- 【A】 $T = \int_A \tau_\rho dA$; 【B】 $\tau_\rho = G\gamma_\rho$;
【C】 $I_p = \int_A \rho^2 dA$; 【D】 $\tau_{\max} = \frac{T}{W_t}$ 。

(5) 扭转应力 $\tau_\rho = \frac{T\rho}{I_p}$ 适用于 _____ 杆件。

- 【A】 任意截面形状; 【B】 任意实心截面形状;
【C】 任意材料的圆截面; 【D】 线弹性材料的圆截面。

(6) 直径为 D 的实心圆轴, 两端受扭转力偶矩作用, 轴内最大切应力为 τ , 若轴的直径改为 $D/2$, 则轴内的最大切应力变为 _____。

【注】: 书中凡标“※”为相对于少、中学时有一定难度的基本部分或专题部分内容; 书中凡标“☆”属专题部分内容, 主要供多、中学时选用。

【A】 2τ ;【B】 4τ ;【C】 8τ ;【D】 16τ 。

(7) 一根空心轴的内、外径别为 d 、 D ，当 $D=2d$ 时。其抗扭截面系数 W_t 为_____。

【A】 $\frac{7}{16}\pi d^3$;【B】 $\frac{15}{32}\pi d^3$;【C】 $\frac{15}{32}\pi d^4$;【D】 $\frac{7}{16}\pi d^4$ 。

(8) 当实心圆轴的直径增加 1 倍时，其抗扭强度、抗扭刚度分别增加到原来的_____倍。

【A】8 和 16;

【B】16 和 8;

【C】8 和 8;

【D】16 和 16。

(9) 一内外径之比 $d/D=0.8$ 的空心圆轴，若外径 D 固定不变，壁厚增加 1 倍，则该轴的抗扭强度和抗扭刚度分别提高_____。

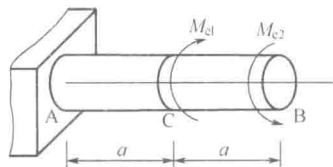
【A】不到 1 倍，1 倍以上;

【B】1 倍以上，不到 1 倍;

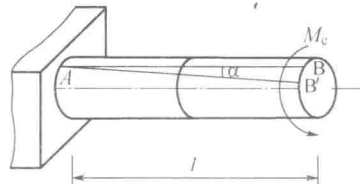
【C】1 倍以上，1 倍以上;

【D】不到 1 倍，不到 1 倍。

(10) 图示等直圆轴，若截面 B 、 A 的相对扭转角 $\varphi_{AB}=0$ ，则外力偶 M_{e1} 和 M_{e2} 的关系为_____。

【A】 $M_{e1}=M_{e2}$;【B】 $M_{e1}=2M_{e2}$;【C】 $M_{e1}=2M_{e2}$;【D】 $M_{e1}=3M_{e2}$ 。

(11) 图示圆轴的半径 R 、长度为 l ，材料的剪切弹性模量为 G 。若受扭后圆轴表面纵向线 AB 的倾斜角为 α ，则在线弹性小变形条件下轴内的最大扭转切应力 $\tau_{\max}$ 和单位长度扭转角 θ 为_____。

【A】 $\tau_{\max}=G\alpha$ ， $\theta=\alpha/l$;【B】 $\tau_{\max}=G\alpha l/R$ ， $\theta=\alpha/l$;【C】 $\tau_{\max}=G\alpha$ ， $\theta=\alpha/R$;【D】 $\tau_{\max}=G\alpha l/R$ ， $\theta=\alpha/R$ 。

(12) 当圆轴横截面上的切应力超过剪切比例极限 τ_p 时，扭转切应力公式 $\tau_\rho = \frac{T\rho}{I_p}$ 和扭转角公式 $\varphi = \frac{Tl}{GI_p}$ _____。

【A】前者适用，后者不适用;

【B】前者不适用，后者适用;

【C】两者都适用;

【D】两者都不适用。

(13) 扭转角为 φ ，单位长度扭转角为 $\theta = \frac{d\varphi}{dx}$ ，则表示扭转变形程度的量为_____。

【A】是 φ ，不是 θ ;【B】是 θ ，不是 φ ;【C】是 φ 和 θ ;【D】 φ 和 θ 都不是。

(14) 在扭转刚度条件 $\theta = \frac{T_{\max}}{GI_p} \leq [\theta]$ 中， $[\theta]$ 的单位应当是_____。

【A】($^\circ$);

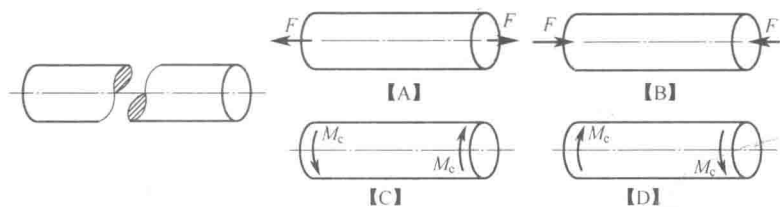
【B】rad;

【C】($^\circ$)/m;

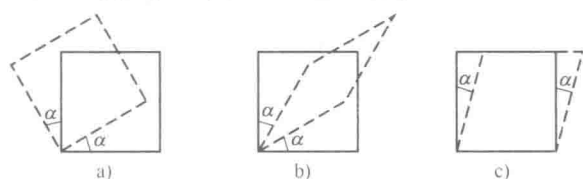
【D】rad/m。

(15) 铸铁圆棒在外力作用下，发生图示的破坏形式，其破坏前的

受力状态如图 _____ 所示。



(16) 如图 a、b、c 所示三个单元体, 虚线表示其受力的变形情况, 则单元体的剪应变 γ_a 、 γ_b 、 γ_c 应当是 _____。



【A】 $\gamma_a = 2\alpha$; $\gamma_b = -2\alpha$; $\gamma_c = \alpha$;

【B】 $\gamma_a = 0$; $\gamma_b = -2\alpha$; $\gamma_c = -\alpha$;

【C】 $\gamma_a = 0$; $\gamma_b = 2\alpha$; $\gamma_c = \alpha$;

【D】 $\gamma_a = \alpha$; $\gamma_b = 2\alpha$; $\gamma_c = \alpha$ 。

※【3-1 类】选择题 (二)

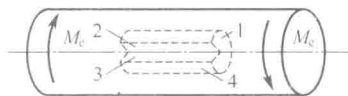
(1) 从受扭圆轴内截取图中虚线所示形状部分, 则该部分上 _____ 无切应力。

【A】横截面 1;

【B】纵截面 2;

【C】纵截面 3;

【D】圆柱面 4。



(2) 两端受扭转力偶矩作用的实心圆轴, 其不发生屈服的最大许可载荷为 M_e , 若将其横截面面积增加 1 倍, 则最大许可载荷应当为 _____。

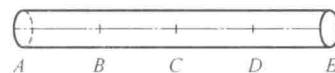
【A】 $\sqrt{2}M_e$;

【B】 $2M_e$;

【C】 $2\sqrt{2}M_e$;

【D】 $4M_e$ 。

(3) 一根等直的传动轴上, 主动轮分别在 B、D 截面, 从动轮分别在 A、C、E 截面。设主动轮 B、D 上的输入功率相等, 从动轮 A、C、E 上的输出功率也相等, 只考虑扭转的条件下, 则危险截面的位置 _____。



【A】仅 AB 区段;

【B】BC 区段;

【C】CD 区段;

【D】AB 区段和 DE 区段。

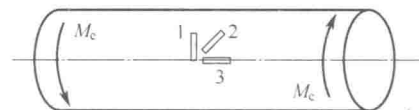
(4) 受扭圆轴上贴有三个应变片, 如图所示。实测时 _____ 应变片的读数几乎为零。

【A】1 和 2;

【B】2 和 3;

【C】1 和 3;

【D】1、2 和 3。



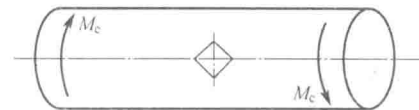
(5) 在圆轴的表面上画上一个图示的微小正方形, 受扭时该正方形 _____。

【A】保持为正方形;

【B】变为矩形;

【C】变为菱形;

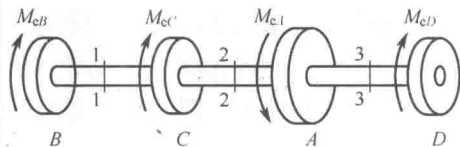
【D】变为平行四边形。



【3-2 类】计算题 (外力偶矩的换算、求扭矩、绘制扭矩图)

传动轴转速 $n = 300 \text{ r/min}$ [或: _____], 主动轮 A 输入功率 $P_A = 60 \text{ kW}$, 三

个从动轮 B 、 C 、 D 输出功率分别为 $P_B = 10\text{kW}$ ， $P_C = 20\text{kW}$ ， $P_D = 30\text{kW}$ 。试求各指定截面上的内力扭矩，并绘该轴的扭矩图。

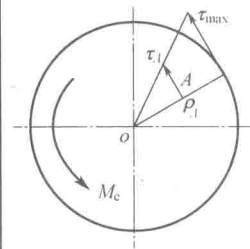


【3-3 类】计算题 (应力计算、强度计算和求变形、刚度计算)

[3-3-1] 圆轴截面直径 $d = 50\text{mm}$ ，如图所示，两端受 $M_e = 1\text{kN} \cdot \text{m}$ 的外力偶矩的作用，材料的切变模量 $G = 80\text{GPa}$ 。

试求：(1) 横截面上半径 $\rho_A = d/4$ [或：] A 点处的切应力和切应变。

(2) 该截面上最大切应力和该轴的单位长度扭转角。

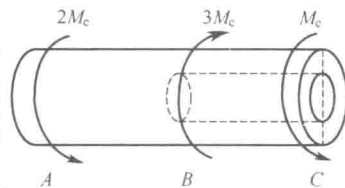


[3-3-2] 圆轴的直径 $d = 50\text{mm}$ ，转速为 $n = 120\text{r/min}$ 。若该轴横截面上的最大切应力等于 $\tau_{\max} = 60\text{MPa}$ [或: _____]，试问所传递的功率 P 为多少?

[3-3-3] 一空心圆轴的外径 $D = 90\text{mm}$ ，内径 $d = 60\text{mm}$ [或: _____]，试计算该轴的抗扭截面系数 W_t 。若在横截面面积不变的情况下，改用实心圆轴，试比较两者的抗扭截面系数。

[3-3-4] 空心钢轴的外径 $D=100\text{mm}$ ，内径 $d=50\text{mm}$ 。已知该轴上间距为 $l=2.7\text{m}$ 的两横截面的相对扭转角 $\varphi=1.8^\circ$ [或:]，材料的切变模量 $G=80\text{GPa}$ 。试求：(1) 轴内的最大切应力。(2) 当轴以 $n=80\text{r/min}$ 的转速旋转时，轴所传递的功率。

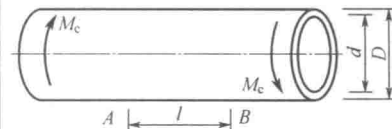
[3-3-5] 如图所示外径 $D=200\text{mm}$ 的圆轴，其中 AB 段为实心， BC 段为空心，且内径 $d=50\text{mm}$ ，已知材料许用切应力为 $[\tau]=50\text{MPa}$ [或:]，求 M_e 的许可值。



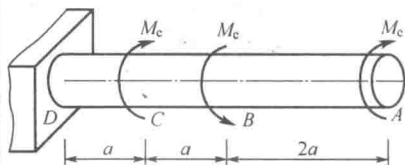
[3-3-6] 已知空心圆轴的外径 $D = 76\text{mm}$ ，壁厚 $\delta = 2.5\text{mm}$ ，承受外力偶矩 $M_e = 2\text{kN} \cdot \text{m}$ 作用，材料的许用切应力 $[\tau] = 100\text{MPa}$ ，切变模量 $G = 80\text{GPa}$ ，许可单位扭转角 $[\theta] = 2(^{\circ})/\text{m}$ [或:]。

试：(1) 校核此轴的强度和刚度。(2) 如改用实心圆轴，且使强度和刚度保持不变，试设计轴的直径。

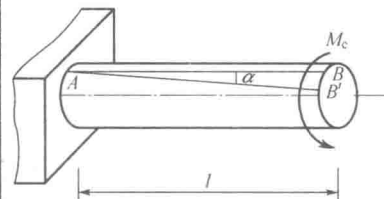
[3-3-7] 如图所示，一外径 $D = 50\text{mm}$ 、内径 $d = 30\text{mm}$ 的空心钢轴，在扭转力偶矩 $M_e = 1600\text{N} \cdot \text{m}$ 的作用下，测得相距 $l = 200\text{mm}$ 的 A 、 B 两截面间的相对转角 $\varphi = 0.4^{\circ}$ [或:]，已知钢的弹性模量 $E = 210\text{GPa}$ 。试求材料泊松比 μ 。



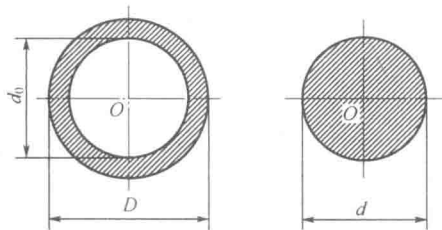
[3-3-8] 图示一等直圆杆, 已知 $d = 40\text{mm}$, $a = 400\text{mm}$, $G = 80\text{GPa}$, $\varphi_{BD} = 1^\circ$ [或: _____]。试求: (1) 最大切应力。(2) 截面 A 相对于截面 C 的扭转角 φ_{AC} 。



[3-3-9] 直径 $d = 50\text{mm}$ 、杆长 $l = 6\text{m}$ 的等直圆杆, 在自由端承受一外力偶矩 $M_c = 20\text{kN} \cdot \text{m}$ 时, 而在圆杆表面上的 B 点移动到了 B' 点, 如图所示。已知 $\Delta s = BB' = 6.3\text{mm}$ [或: _____], 材料的弹性模量 $E = 200\text{GPa}$ 。试求钢材的切变模量 G 和泊松比 μ 。



※[3-3-10] 长度相等的两根受扭圆轴, 一为空心圆轴, 一为实心圆轴, 两者材料相同, 受力情况也一样。实心圆轴直径为 d ; 空心圆轴外径为 D , 内径为 d_0 , 且 $d_0/D = 0.8$ [或: _____]。试求当空心圆轴与实心圆轴的最大切应力均达到材料的许用切应力 ($\tau_{\max} = [\tau]$), 扭矩 T 相等时的重量比和刚度比。



※[3-3-11] 有一壁厚为 $\delta = 25\text{mm}$ [或: _____]、内径为 $d = 250\text{mm}$ 的空心薄壁圆管, 其长度为 $l = 1\text{m}$, 作用在轴两端面内的外力偶矩为 $M_e = 180\text{kN} \cdot \text{m}$ 。试确定管中的最大切应力, 并求管内的应变能。已知材料的切变模量 $G = 80\text{GPa}$ 。