



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13·5” GUIHUA JIAOCAI

现代机械强度引论

陈立杰 何雪泓 编著



冶金工业出版社

www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

现代机械强度引论

陈立杰 何雪淞 编著



北京
冶金工业出版社
2018

内 容 提 要

本书系统地介绍了现代机械强度的基本理论和方法。全书共分三篇,包括绪论、固体力学的基本理论、疲劳强度理论和含裂纹体的强度理论,内容讲述由浅入深,理论联系实际,密切结合工程实际案例。

本书为高等院校机械类专业研究生教材,也可供相关领域的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代机械强度引论/陈立杰,何雪滋编著. —北京:
冶金工业出版社, 2018. 1

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-6665-7

I. ①现… II. ①陈… ②何… III. ①机械—强度—
高等学校—教材 IV. ①TH114

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 140504 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 宋 良 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 石 静 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6665-7

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;固安华明印业有限公司印刷

2018 年 1 月第 1 版, 2018 年 1 月第 1 次印刷

169mm×239mm; 15.5 印张; 300 千字; 236 页

35.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjcs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

机械强度学是一门重要的应用基础学科，是所有机械类相关专业人员必备的理论知识。它是现代机械设计在实现其功能的前提下达到高质量、高水平、高可靠性要求的理论保障，在机械、航空航天、土木等工程领域的机械系统及材料结构的发展中起着十分重要的作用。

强度理论是判断材料在复杂应力状态下是否失效的理论。严格地说，强度理论包括狭义强度和广义强度两种涵义。狭义强度主要研究机械结构由于各种断裂破坏和变形过大导致的结构失效问题；广义强度研究内容十分广泛，包含：静强度、疲劳强度、刚度、稳定性、振动等可能引起结构破坏及功能失效的问题。本书的内容考虑到机械学科硕士研究生的学位课程总体设置情况，主要介绍狭义强度的相关内容。

全书共分三篇八章。绪论介绍了现代机械强度的一些基本概念，以及与传统机械强度理论的区别；第Ⅰ篇（第2~4章）概述应力应变分析的一些基本理论方法与六个常用的传统工程强度理论，是现代机械强度理论的基础；第Ⅱ篇（第5、6章）详述工程实际中常用的一些疲劳强度基本概念、理论和疲劳设计的总寿命估算方法；第Ⅲ篇（第7、8章）重点叙述疲劳设计的损伤容限方法中的断裂力学基础及其在描述疲劳裂纹扩展中的应用。每章内容均从概念入手，再引入机械强度的基本理论和计算方法。为了更好地引导读者掌握现代强度理论的主要内容，针对其中的重点和难点，精心选编了经典工程实际案例、例题和复习思考题。这样，通过本书的学习，不仅能够扎实地掌握机

械强度学的基础知识，还能学会如何应用这些基本理论与方法解决工程实际问题，达到学以致用目的。

本书经过多年教学科研实践和修改，融入了现代机械强度理论的一些最新研究成果。但由于作者水平所限，诚望广大读者对书中不足之处提出宝贵意见，使其更臻完善。

编者

2017年8月

于厦门大学，东北大学

目 录

1 绪论	1
1.1 学习机械强度的目的和意义	1
1.2 机械强度研究的内容	1
1.2.1 材料强度	1
1.2.2 结构强度	2
1.3 常规机械强度理论	3
1.4 现代机械强度理论	4
复习思考题	5

第 I 篇 弹塑性理论基础及传统强度理论

2 弹性力学基础	7
2.1 弹性理论的基本假设	8
2.2 空间问题的基本方程	8
2.2.1 平衡方程	9
2.2.2 几何方程	11
2.2.3 本构方程	14
2.2.4 变形协调方程	16
2.2.5 边界条件和圣维南原理	18
2.3 应力分析	20
2.3.1 应力张量和应力偏量	20
2.3.2 任意平面上的应力	23
2.3.3 坐标变换	25
2.3.4 主应力及其方向	26
2.3.5 最大剪应力及其平面	28
2.3.6 八面体应力	30
2.3.7 双剪应力状态	32

2.4 应变分析	33
2.5 应变能	35
2.6 平面问题的基本力学方程	37
复习思考题	40
3 几种常用的强度理论	41
3.1 概述	41
3.2 最大拉应力理论 (第一强度理论)	42
3.3 最大拉应变理论 (第二强度理论)	42
3.4 最大剪应力理论 (第三强度理论)	43
3.5 形变能理论 (第四强度理论)	45
3.6 双剪强度理论	47
3.7 统一强度理论	48
复习思考题	53
4 塑性力学基础	54
4.1 应力-应变曲线及几种简化模型	54
4.1.1 应力-应变曲线	54
4.1.2 几种简化模型	56
4.2 Drucker 公设	59
4.3 增量理论	59
4.3.1 弹性应变增量与塑性应变增量	60
4.3.2 本构方程	62
4.4 全量理论	66
4.4.1 本构方程	66
4.4.2 适用条件	68
4.5 常用的屈服准则	71
4.5.1 Tresca 屈服准则	71
4.5.2 Mises 屈服准则	74
4.5.3 各种屈服准则的对比	76
4.6 圆轴的弹塑性扭转问题	78
4.6.1 弹性扭转分析	78
4.6.2 弹塑性扭转分析	79
4.7 梁的弹塑性弯曲问题	82
复习思考题	85

第Ⅱ篇 疲劳强度理论

5 疲劳载荷与循环形变	87
5.1 概述	87
5.1.1 疲劳相关理论的发展过程	87
5.1.2 疲劳破坏的特点	89
5.1.3 疲劳破坏过程	91
5.1.4 疲劳分析的一般方法	92
5.2 疲劳载荷	93
5.2.1 疲劳载荷及其分类	93
5.2.2 随机疲劳载荷的处理	94
5.2.3 累积频次曲线	97
5.2.4 疲劳载荷谱的编制方法	98
5.3 循环载荷下金属材料的特性	100
5.3.1 金属材料的拉伸特性	100
5.3.2 材料的强度-寿命曲线	101
5.3.3 材料的循环硬化和循环软化	105
5.3.4 循环应力-应变曲线	107
5.3.5 材料的记忆特性	108
5.3.6 玛辛效应	109
5.4 影响材料疲劳特性的因素	110
5.4.1 尺寸的影响	110
5.4.2 表面加工状况的影响	111
5.4.3 应力集中的影响	112
5.4.4 载荷的影响	117
5.4.5 温度的影响	120
复习思考题	121
6 疲劳强度理论	122
6.1 疲劳寿命估算方法概述	123
6.1.1 名义应力法	123
6.1.2 局部应力-应变法	124
6.2 基于应力的疲劳分析	125
6.2.1 疲劳 S-N 曲线及其测试方法	125

6.2.2 平均应力效应	128
6.2.3 疲劳累积损伤理论	129
6.2.4 多轴疲劳	132
6.2.5 计算实例	134
6.3 基于应变的疲劳分析	135
6.3.1 损伤计算	136
6.3.2 局部应力应变确定方法	137
6.3.3 局部应力-应变法估算疲劳寿命步骤	142
6.3.4 多轴疲劳	143
6.3.5 蠕变-疲劳	144
6.3.6 计算实例	149
复习思考题	154

第Ⅲ篇 含裂纹体的强度理论

7 断裂力学基础	157
7.1 裂纹的基本类型	159
7.2 裂纹尖端附近的应力场和位移场	160
7.2.1 张开型裂纹尖端附近的应力和位移	160
7.2.2 滑开型裂纹尖端附近的应力和位移	162
7.2.3 撕开型裂纹尖端附近的应力和位移	163
7.3 应力强度因子及其求法	164
7.3.1 应力强度因子及其一般表达式	164
7.3.2 应力强度因子的求法和叠加原理	166
7.3.3 几种常用的应力强度因子公式	168
7.4 线弹性断裂准则	170
7.4.1 应变能释放率与 G 准则	171
7.4.2 应力强度因子与应变能释放率之间的关系	173
7.4.3 脆性断裂的 K 准则及其工程应用	174
7.4.4 三维裂纹问题	177
7.4.5 复合型裂纹的脆性断裂准则	178
7.5 线弹性断裂力学在小范围屈服中的推广	184
7.5.1 等效模型概念	184
7.5.2 塑性区的形状和尺寸	186

7.5.3 应力松弛的修正	187
7.5.4 等效裂纹强度及应力强度因子的修正	189
7.6 弹塑性断裂力学	190
7.6.1 塑性区条形简化模型	191
7.6.2 裂纹张开位移 COD 准则	194
7.6.3 J 积分准则	197
7.7 高温断裂力学	200
7.7.1 载荷参数 C^* 积分	200
7.7.2 载荷参数 $C(t)$ 积分	203
复习思考题	206
8 疲劳裂纹扩展	208
8.1 疲劳辉纹的形成	208
8.2 疲劳裂纹扩展的三个阶段	210
8.3 疲劳裂纹扩展速率	212
8.4 疲劳裂纹扩展律的经验公式	213
8.5 疲劳裂纹扩展门槛	218
8.6 影响裂纹扩展速率的因素	219
8.6.1 平均应力的影响	219
8.6.2 超载的影响	220
8.6.3 加载频率的影响	221
8.6.4 温度的影响	221
8.7 预腐蚀-疲劳寿命预测方法	222
8.7.1 腐蚀坑-裂纹当量方法	223
8.7.2 EIFS 法进行寿命预测实例	224
8.8 蠕变-疲劳裂纹扩展	227
8.9 疲劳裂纹扩展分析实例	229
复习思考题	232
参考文献	233

1

绪 论

1.1 学习机械强度的目的和意义

机械强度学是机械工程中一门重要的应用基础学科。它以材料学、机械学和力学为基础,与光学、电学、磁学、声学等现代测试手段和计算机、信息处理及图像处理等高新技术相结合,是高度综合的工程技术学科。

现代机械所受的工况、载荷及环境条件越来越苛刻,所遇到的机械强度问题也越来越复杂。在材料生产、机械加工制造或服役过程中,机械零构件中不可避免地存在微观缺陷和裂纹。在研究其裂纹的产生、扩展及破坏机理时,常常需要固体力学的各个分支,如材料力学、弹性力学、塑性力学、计算固体力学、实验力学、细观力学、损伤力学、断裂力学等知识来进行分析研究。为满足机械零构件的定寿、延寿以及安全评估等需求,还必须采用随机理论、疲劳强度、统计分析及可靠性方面的知识。因此,在研究现代机械强度问题时,需要多种学科知识的综合应用。

机械强度理论具有基础学科和应用学科的双重性,应用范围非常广泛,如机械设计中的常规应力应变分析、局部应力应变分析、失效分析、故障诊断、安全监测、寿命评估以及结构的完整性分析等。

研究机械强度的最终目的是保证和提高机械产品的质量,消除机械产品服役中潜在的安全隐患,达到安全可靠、经济合理等要求。因此,机械强度学是现代化机械设计达到高质量、高水平的理论保障,是机械工程领域的科技人员必备的基础知识。

1.2 机械强度研究的内容

所谓强度,是指材料、机械零件和构件抵抗外力而不失效的能力。强度是机械设计过程中首先必须满足的基本要求,包括材料强度和机械结构强度两个方面的内容。狭义的强度是研究各种断裂和塑性变形过大的问题;广义的强度则包括了强度、刚度和稳定性,有时还包括机械振动问题。

1.2.1 材料强度

材料强度是指在不同的影响因素下,材料的各种力学性能指标。影响材料强

度的因素包括材料的化学成分、加工工艺、热处理制度、应力状态、载荷性质、加载速率、温度和介质等。

在研究材料强度问题时,根据材料性质、载荷性质和环境条件等的不同,可以做不同的分类。

(1) 按材料性质的不同,可分为脆性材料强度、塑性材料强度和带裂纹材料强度。

脆性材料强度研究的是脆性材料的强度问题。如铸铁等脆性材料,受载后几乎没有塑性变形就突然断裂。这种脆性材料的强度计算以强度极限 σ_b 为极限应力(极限应力即材料破坏时的应力)。

塑性材料强度研究塑性材料的强度问题。如软钢等塑性材料,在断裂前有很大的塑性变形,卸载后不消失,又称残余变形。塑性材料的强度计算以屈服极限 σ_s 为极限应力。对于没有屈服现象的塑性材料,取与 0.2% 的塑性变形相对应的应力作为名义屈服极限,用 $\sigma_{0.2}$ 表示,以此为强度计算的标准。

带裂纹材料的强度是研究含裂纹体材料的强度问题,由断裂力学中的 K_{Ic} 、 δ_c 或 J_c 等作为强度计算的断裂特性参数。

(2) 按载荷性质的不同,材料强度又分为静强度、冲击强度和疲劳强度。

静强度指材料在静载荷下的强度,根据材料性质的不同,分别以屈服极限 σ_s 或强度极限 σ_b 作为强度计算的极限应力。

冲击强度指材料在冲击载荷下的强度,是金属材料抵抗冲击破坏的能力。冲击载荷在零件中产生的冲击应力除与零件的形状、体积和局部弹塑性变形等相关外,还同与其联接的物体的刚度相关。因此,冲击载荷作用下的强度计算比静载荷下的强度计算要复杂得多。一般情况下,在引入动载系数后,按静强度情况进行计算。另外,在冲击载荷下,材料的机械性能会发生改变。如结构钢在较低应变速率下机械性能无明显变化,但在较高的应变速率下,其强度极限和屈服极限将随冲击速度的增大而提高。

疲劳强度指材料在循环载荷作用下的强度。在循环载荷作用下,材料产生疲劳失效,通常以材料的疲劳极限 σ_r 作为强度计算的参数。

(3) 按环境条件的不同,材料强度又分为高温强度、低温强度、腐蚀强度,等等。

1.2.2 结构强度

结构强度是指机械零件和构件的强度。结构强度计算涉及力学模型的简化、应力分析方法、材料强度、强度准则、寿命估算以及安全系数等问题。

在进行结构强度计算时,需要根据零件和构件的不同形状,将其简化为杆、杆系、板、壳、块和无限大物体等力学模型,不同的力学模型有不同的强度计算

方法。研究可变形固体在外界因素作用下所产生的应力、应变、位移、破坏等问题,依赖于固体力学的各个分支,如材料力学、弹性力学、塑性力学、断裂力学、疲劳理论等。

研究对象按照物体形状可分为杆件、板壳、空间体、薄壁杆件四类。杆件是指零构件横截面的两个方向尺寸远小于长度方向尺寸的物体。板壳是指厚度远小于另外两个方向的尺寸的结构,表面为平面的称为板,表面为曲面的称为壳。薄壁杆件指杆件的横截面上的最大厚度远小于横截面上的特征尺寸(即横截面上的最大尺寸)。根据研究对象及计算精度要求不同,可以选择不同的方法进行计算。如对弹性梁的静强度的计算,应力分析中可以采用材料力学及弹性力学的方法进行,但弹性力学方法可以给出更精确的结果。

循环载荷下零构件的强度问题(即疲劳强度),既与材料强度有关,又与零构件的尺寸大小、应力集中系数、表面状态、载荷谱形式等因素有关。在疲劳强度问题研究中,从载荷谱统计方法、应力应变分析到疲劳寿命估算等方法,均与经典力学方法存在很大差异。

1.3 常规机械强度理论

随着科学和技术的不断发展和进步,人们对机械强度的认识也在不断深入。

人们最早认识到对机械零构件起破坏作用的外在因素就是外载荷,后来又提出了应力的概念。早期对强度的认识是:材料抵抗破坏的能力仅取决于材料本身的力学性质,并且只限于静强度破坏的情况。相应地发展了静载荷作用下的材料强度理论、屈服极限研究、弹塑性应力分析等,从而得到了材料力学、弹性力学、塑性力学等一系列学科理论知识,形成了传统的也称为常规的强度理论体系。

与现代机械强度理论比较而言,常规机械强度理论具有两个明显的特点:一是假设制造机械零构件的材料性能是均匀的、各向同性的、连续的实体;二是承受静载荷作用。

常规机械强度设计的计算步骤是:首先,由理论力学确定零构件所受外力;其次,根据固体力学各分支的相关知识计算其内力;再由机械原理和机械零件知识确定其结构形状和尺寸;最后,计算该零构件的工作应力或安全系数。

一般以公式表示,即:

$$\text{零件计算工作应力} \quad \sigma \leq [\sigma] \quad (1.1)$$

$$\text{或 零件计算安全系数} \quad n \geq [n] \quad (1.2)$$

式中, $[\sigma]$ 、 $[n]$ 分别称为许用应力、许用安全系数。满足式(1.1)和式(1.2),则认为构件是安全的;反之则不安全。

对于塑性材料 $[\sigma] = \sigma_s / [n]_s$ (1.3)

式中, $[n]_s$ 为以屈服极限为基准的许用安全系数。

对于脆性材料 $[\sigma] = \sigma_b / [n]_b$ (1.4)

式中, $[n]_b$ 为以强度极限为基准的许用安全系数。

安全系数 n 考虑了实际结构中可能存在的缺陷和其他意想不到的或难以控制的因素(如计算方法及载荷估计的不准确性等),使所设计的机械零构件有足够的强度安全储备量,保证在最大工作载荷下,其工作应力不超过制造零构件材料的极限应力。

对于轴类零件,要求挠度不能过大,即刚度计算应满足:

$$f \leq [f] \quad (1.5)$$

式中, f 为零件的计算挠度; $[f]$ 为许用挠度,对于轴, $[f] = (0.0001 \sim 0.0005)l$, l 为轴的跨度。

对于受轴向载荷的柱、杆等零构件,要求工作满足稳定性要求,即

$$n_{sw} \geq [n]_{sw} \quad (1.6)$$

式中, n_{sw} 为零件的弹性失稳安全系数; $[n]_{sw}$ 为许用失稳安全系数。

通常机械零构件的安全系数为 $n > 1.0$, 根据设计计算精度或安全性的要求不同,取为 $[n] = 1.0 \sim 10$ 。确定安全系数时,一般遵循如下原则:对重要零构件, $[n]$ 取大值;对非重要零构件, $[n]$ 取小值。对于航空航天等领域的一些关键零构件,因其在结构设计计算时考虑的综合因素较多,计算精度较高,因此安全系数取得比较低,但都必须满足 $n > 1.0$ 的要求。

这种常规强度设计方法,虽然不适用于含缺陷材料、复合材料,以及循环随机载荷条件,但由于经过长期的发展,已形成一套较为完整的体系,比较简便、实用,因而在工程中得到了广泛的应用,至今仍是一种应用广泛的工程计算方法,也是现代机械强度设计的基础。

1.4 现代机械强度理论

工程中,绝大多数机械设备在动载荷作用下工作,疲劳破坏普遍存在于各种机械之中。据统计,50%以上的机械零件的破坏属于疲劳断裂破坏。

19世纪40年代,人们从火车轴的大量断裂事故中,了解到在交变应力作用下的疲劳破坏现象。德国工程师 Wöhler 首次进行了大量疲劳试验研究,提出了 S-N 曲线和疲劳极限的概念,奠定了疲劳研究的基础,开创了疲劳强度研究的新纪元。现代机械中,凡承受动载的零构件的强度设计均以疲劳强度理论为依据。疲劳强度理论已成为现代机械强度理论的主要内容,成为每个机械设计人员必须具备的基础知识。

20 世纪 20 年代, 动力机械开始应用于高压、高温蒸汽等恶劣环境中, 材料蠕变成为这些机械零构件的主要破坏形式之一。从此, 蠕变以及蠕变与疲劳的交互作用成为强度问题中的一个重要研究领域。至今, 关于先进高温材料的蠕变-疲劳交互作用下的安全评估方法、寿命预测方法等强度相关研究工作, 仍是国际疲劳领域备受关注的学术前沿问题。

随着对疲劳和蠕变研究的深入, 人们发现零件抵抗破坏的能力和时间的关系。因此, 强度问题又直接地和寿命的概念联系在一起。故一般情况下的强度计算也包括寿命计算。

在工程实践中, 寿命计算结果分散性很大。这是因为, 表征材料强度的参数都是由试验确定的, 如强度极限、疲劳极限、表面状况、尺寸大小等疲劳设计相关数据都具有分散性。因此, 出于安全性的考虑, 为了在强度和寿命计算中把破坏概率限制在一定范围内, 人们将概率统计与疲劳设计方法相结合, 引入了可靠性的概念, 出现了疲劳强度可靠性和疲劳寿命可靠性的学科分支。

人们还发现, 零件应力分布不均匀对疲劳强度影响很大。因此, 在应力应变分析领域内发展起来局部应力应变分析法的研究分支。这方面的研究主要集中在接触应力和零件几何形状不连续处的应力应变集中等方面。

20 世纪 40 年代, 尤其是第二次世界大战中, 飞机零构件的脆性断裂事故不断发生, 断裂力学这门新学科才逐渐引起人们的注意并取得快速发展。目前, 断裂力学在零构件的脆性断裂、疲劳裂纹形成与扩展寿命方面有着广泛的应用。

由于现代的机械零构件工作环境越来越恶劣, 如高温、高压、腐蚀等环境, 工作载荷大, 变化频繁, 且多数是随机载荷, 制造零构件的材料也由过去主要是普通钢, 发展到用高强度钢、超高强度钢、复合材料、陶瓷材料及非金属聚合物等, 因此常规强度设计的理论和方法已远远不能满足现代机械使用的材料、工作条件及环境方面的要求, 必须加以改进、发展和完善, 故而形成了现代机械强度的设计理论和方法。

现代机械强度理论除了仍然要用到固体力学相关基础理论之外, 还需要应用疲劳和断裂理论, 利用现代测试技术手段及计算机技术对机械结构进行综合分析 with 计算, 最终给出科学的强度设计计算指标, 以满足工程的要求。

复习思考题

- 1-1 试述研究机械强度理论的目的和意义。
- 1-2 材料强度分为哪些不同的种类?
- 1-3 常规机械强度理论和现代机械强度理论的研究方法和内容有何不同?

弹塑性理论基础及传统强度理论

2

弹性力学基础

弹性力学是固体力学的一个重要分支,广泛应用于机械、航空航天、土木等工程领域。它是研究弹性体在可能引起物体变形和产生内力的各种外部因素(外力、温度等)作用下而产生的内力状态和变形规律的一门科学。

人类对弹性理论的系统定量化研究可以追溯到 17 世纪。1678 年, Robert Hooke 首次提出了弹性体的受力与变形关系的概念。但是,直到 19 世纪,才开始形成弹性理论的主要数学基础。之后,在解决工程实际问题过程中,不断地发展完善了经典的弹性理论。为了满足航空、机械、土木等相关工程的需求,也开创了许多边缘分支和求解问题的新方法。如:有限单元法、边界元法等数值计算方法,各向异性和非均匀体弹性理论、非线性弹性力学、辛弹性力学体系等。此外,塑性理论、黏弹性及黏塑性理论、复合材料力学、细观力学等固体力学分支,都是在弹性理论基础之上发展起来的。关于弹性理论发展更详细的论述,见文献 [2~4]。

自 20 世纪以来,弹性力学已成为工程结构强度设计的一个重要理论基础。常见的工程结构,在一定载荷条件下,可以简化为弹性体,即在卸载后几何变形能够完全恢复的物体。绝对的弹性体是不存在的,但当去除外力后的残余变形很小时,即可把它当做弹性体处理,从而解决工程实际问题。

我们知道,任何一个弹性体都是空间物体,一般的外力都是空间力系。此时,应力和应变都是三个坐标的函数,这是一个空间问题。但在工程实际中,有些问题往往可以简化为平面问题,即应力与应变只是两个坐标的函数,而与第三个坐标无关。弹性力学中的平面问题包括平面应力和平面应变两类问题。

本章首先从弹性力学的基本假设出发,讨论空间问题的基本方程及应力应变分析方法,再由空间问题的简化获得两类平面问题的基本方程。