



普通高等教育土木工程特色专业系列教材

CIVIL ENGINEERING

土木工程概论

荀 勇 主编



国防工业出版社
National Defense Industry Press

普通高等教育土木工程特色专业系列教材

土木工程概论

荀 勇 主编

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书紧紧围绕“土木工程概论”课程的三大任务编写了相对应的三章内容,是一本土木工程专业初学者入门教材,也是非土木工程专业的广大读者了解土木工程专业的科普读物。编者在长期教学经验的基础上,总结出了三种不同的教学方法。

书中首先深入浅出地讨论了土木工程技术中的力与材料、力与岩土、力与结构等关键的概念性问题;然后,概述了基础工程、建筑工程、地下工程、桥梁工程、道路工程、轨道工程、隧道工程、港口工程、海洋工程及水务工程等各类土木工程设施的功能和规划设计要点及其尺寸构造等特征;最后介绍了土木工程的概念和土木工程师的培养方法,提出了如何学好土木工程专业的建议。

本书可以作为土木工程、道路与桥梁工程、铁道工程等专业的教材和教学参考书,也可作为其他土木工程类专业的选修课教材,同时亦可作为职业培训和职业技能考试教材及工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程概论 / 荀勇主编. —北京:国防工业出版社,2013.9

普通高等教育土木工程特色专业系列教材

ISBN 978-7-118-08851-9

I. ①土… II. ①荀… III. ①土木工程—高等学校—教材 IV. ①TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 215214 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷责任有限公司

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 22½ 字数 408 千字

2013 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 39.50 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717



作者简介

荀勇, 1964 年 4 月出生, 江苏滨海人, 江苏省二级教授, 工程博士, 江苏省教学名师, 江苏省特色专业负责人, 国家特色专业建设主持人, 江苏省优秀教学团队带头人。曾于南京工业大学获得工民建学士, 湖南大学获得结构工程硕士, 东南大学获得结构工程博士学位, 在德国斯图加特大学任高级访问学者一年。主持完成国家自然科学基金等科研项目 5 项、江苏省教育科学研究课题一项, 出版高等工程教育研究专著一本, 发表学术论文 30 多篇(4 篇 EI 收录), 指导硕士 5 名。曾被评为盐城市十佳科技标兵和江苏省青蓝工程学术带头人。

前 言

土木工程专业在校生必须花很长时间学习力学知识、材料与结构知识、施工与管理知识。土木工程师的能力来源于科学与文化素养、专业基础知识的运用和实践经验的积累三个方面。科学与文化素养在中学时期已经初步形成,实践经验主要在工程师的职业生涯中积累,在大学学习期间,学会运用专业基础知识是非常重要的。

“土木工程概论”这门课程有三大任务:介绍土木工程专业的专业基础知识;让学生了解“大土木”的各个工程门类;指导学生如何学习土木工程专业,如何成为土木工程师。本教材围绕“土木工程概论”课程的三大任务编写了三章内容,第1章为土木工程中的基本问题;第2章为各种土木工程设施概述;第3章为土木工程和土木工程师。

在长期的教学过程中,编者总结出对三章内容所采用的不同教学方法:第1章“土木工程中的基本问题”应当采用讲授为主的教学方法;第2章“各种土木工程设施概述”应当采用讲授和讨论相结合的方法,在讲授过程中穿插一定学时的当代大型工程视频(如 CCTV 网“超级工程”和土木工程相关的视频内容等),更有利于学生对土木工程建立感性认识;第3章“土木工程和土木工程师”这部分内容应当组织学生开展讨论活动,通过讨论启发学生思考如何成为土木工程师等问题。

本书第1章由盐城工学院荀勇编写;第2章的2.1节与2.10节由黄河科技学院肖保辉编写,2.2节~2.9节由盐城工学院李占印编写;第3章由盐城工学院刘照球和荀勇编写。全书由荀勇统稿主编。

盐城工学院对该书的出版给予经费资助,在此表示感谢!

目 录

第 1 章 土木工程中的基本问题	1
1.1 力	2
1.1.1 可感知的力	2
1.1.2 力的三要素	3
1.1.3 外力与内力	6
1.1.4 应力与强度	8
1.2 材料	10
1.2.1 材料的应力—应变曲线	10
1.2.2 钢筋(材)和混凝土的性能指标讨论	14
1.2.3 土木工程材料分类	21
1.3 结构	24
1.3.1 结构的概念	24
1.3.2 结构整体要求	25
1.3.3 结构设计与计算机应用	33
1.4 项目管理	37
1.4.1 建设程序	37
1.4.2 工程项目管理	37
1.4.3 施工与施工组织设计	44
第 2 章 各种土木工程设施概述	46
2.1 基础工程	46
2.1.1 工程地质勘察的意义和方法	46
2.1.2 浅基础	53
2.1.3 深基础	56

2.1.4	不均匀沉降问题	61
2.1.5	地基处理	62
2.2	建筑工程	65
2.2.1	基本构件	67
2.2.2	建筑结构	70
2.2.3	单层与多层建筑	76
2.2.4	高层与超高层建筑	77
2.2.5	特种结构	85
2.2.6	展望未来	89
2.3	地下工程	91
2.3.1	概述	91
2.3.2	地下电站	103
2.3.3	地下仓库	104
2.3.4	城市地下综合体	105
2.3.5	开发和利用地下空间	108
2.4	桥梁工程	112
2.4.1	桥梁在交通建设中的地位和发展概况	112
2.4.2	桥梁的基本组成及分类	118
2.4.3	桥墩与桥台	133
2.4.4	桥梁工程的总体规划和设计要点	136
2.5	道路工程	137
2.5.1	道路运输的特点与发展概况	137
2.5.2	道路的基本体系	139
2.5.3	公路的组成	143
2.5.4	城市道路	153
2.6	轨道工程	159
2.6.1	轨道的构成	160
2.6.2	铁路选线设计	170
2.6.3	铁路路基	171
2.6.4	城市轻轨	176
2.7	隧道工程	178

2.7.1	隧道在交通事业中的地位和国内外隧道发展概况	178
2.7.2	隧道的分类及其作用	182
2.7.3	公路隧道	183
2.7.4	铁路隧道	187
2.7.5	水底隧道	188
2.7.6	地下铁道	191
2.7.7	其他类型的隧道	197
2.7.8	隧道结构构造	199
2.8	港口工程	207
2.8.1	港口分类	207
2.8.2	港口规划与布置	213
2.8.3	防波堤	218
2.8.4	码头	222
2.8.5	修船和造船水工建筑物	227
2.8.6	护岸建筑	228
2.8.7	港口仓库与货场	232
2.8.8	我国港口工程未来的发展前景	234
2.9	海洋工程	235
2.9.1	海洋工程概述	235
2.9.2	海洋资源与开发	237
2.9.3	海洋工程的发展与展望	241
2.10	水务工程	251
2.10.1	农田水利工程	252
2.10.2	水电工程	263
2.10.3	防洪工程	270
2.10.4	水利工程前景展望	275
2.10.5	给水工程	276
2.10.6	排水工程	287
第3章	土木工程和土木工程师	296
3.1	土木工程概念	296

3.1.1	土木工程基本概念	296
3.1.2	土木工程发展历史	302
3.1.3	土木工程未来发展	329
3.2	土木工程师的培养	337
3.2.1	土木工程专业培养方案	337
3.2.2	卓越土木工程师教育培养计划简介	339
3.2.3	各类注册执业资格考试简介	340
3.2.4	土木工程专业主要就业方向简介	349
参考文献		351

第 1 章 土木工程中的基本问题

人类希望自己有强大的力量,然而人的力量在自然界的力量面前,又显得非常弱小,人类建造的各类建筑物常常毁于各种自然灾害的摧残。2011 年 3 月 11 日发生在日本仙台附近的 9.0 级大地震给日本人民带来了巨大的灾难,地震引发 10m 高的海啸,不仅摧毁了大量的民房和公用设施,而且使日本人民精心建造的福岛第一核电站(图 1-1)冷却系统失灵,导致放射性物质泄漏,对福岛附近陆地和海域造成了污染。

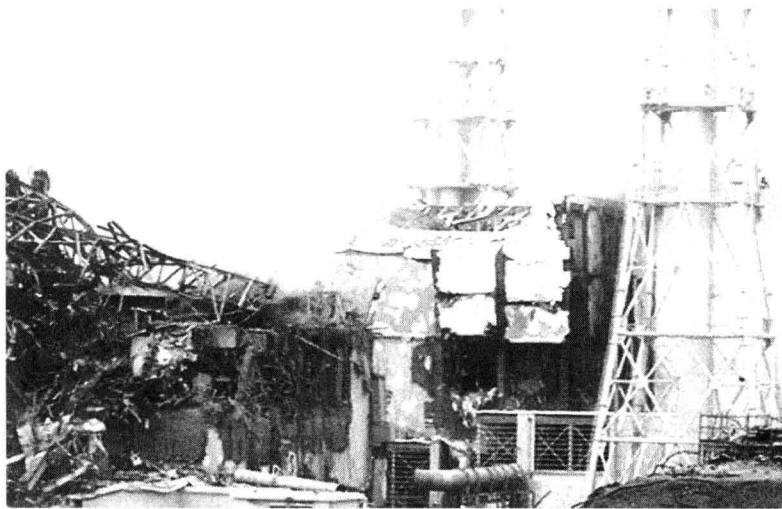


图 1-1 海啸后的日本福岛第一核电站第四机组部分建筑

选用什么样的材料,采用什么样的结构来抵抗自然力对人类居住、交通、生产、公共活动设施的影响和破坏,是自古以来土木工程师们必须面对的基本问题,也是土木工程学科的基本问题。本章主要介绍力以及人类对力的描述方法和对力的作用效应的认识;讨论材料的抗力问题,介绍常用建筑材料;讨论自然界的作用力与材料的抗力这对矛盾在土木工程结构中如何对立统一,促进土木工程结构技术的发展变化,孕育出丰富的土木工程结构类型。1.4 节介绍了土木工程项目管理的概念。

1.1 力

1.1.1 可感知的力

在生活中,力无处不在,无时不有。地球对地球上所有质量的物体都有引力,因此,我们能感知物体受到的重力。人体是有质量的,因此,人在地球上都受到重力的作用,胖人会感受到体重过大,行动不便。积雪是有质量的,积雪落在枝头会压弯树枝。当一阵风吹过时,头上的帽子有被风吹掉的可能;如果你顶着强风前行,会感到很吃力。举重运动员举起的杠铃质量越大越困难,谁最终能举起的杠铃质量大,谁的力气大,获奖等级高。相扑运动员身高体壮、力大无比,他想推动一名普通人很容易,但是一名普通人想推动他却很难,如图 1-2 所示。

洪水会冲垮桥梁,地震会毁坏房屋,泥石流会毁灭村庄。这些现象让我们深感做一名建造各种生产、生活设施的土木工程师的责任是多么的重大。

科学是现代工程师的法宝,人类科学体系中的力学知识,能够为土木工程师认识自然力、利用自然力、抵抗自然力提供思维方法和分析手段。有了力学知识,力不仅可以被感知,而且可以被描述、被分析、被掌控。土木工程专业的学生应当学会从理论上分析力,从实践中测试力。



图 1-2 人的推力

1.1.2 力的三要素

人们通常从大小、方向、作用点三个方面描述力,这三个方面又被称为力的三要素。力的大小度量单位是牛顿,用英文字母 N 表示。

放在桌上的物体有多重,它压在桌子上的压力便有多大。要知道物体对桌子压力的大小,把这些物体放到秤上称一称便知。要知道拎菜篮子的力有多大,同样可以用秤来称菜篮子。称量工具如图 1-3 所示。

如图 1-4 所示,想知道斜拉桥的拉索中的力有多大,又不能将拉索切断用弹簧秤拉一拉,怎么办? 目前,工程中常用四种方法测试索力:压力表测试法、压力传感器测定法、磁通量法和频率法。目前,斜拉索均使用液压千斤顶张拉。

(1) 压力表测试法:该方法的原理就是根据千斤顶张拉油缸中的液压推算千斤顶的张拉力,并认为千斤顶的张拉力就等于拉索索力。所以,只要通过精密压力表或液压传感器测定油缸的液压,就可求得索力。此法不适用于已安装好的拉索索力测定。

(2) 压力传感器测定法:张拉时,在张拉连杆上粘贴应变片或利用穿心式压力传感器,也可在锚头和锚座之间安装测力传感器,进而通过二次仪表的读数得到千斤顶的张拉力。使用时传感器必须与千斤顶配合使用,所以该方法也只限于施工阶段的索力测试。

(3) 磁通量法:对任一种铁磁材料,在实验室进行几组应力和温度下的试验,建立磁通量变化与结构应力及温度的关系后,即可用来测定由该种材料制造的拉索索力。该法所用的关键仪器是电磁传感器(E-M 传感器),这种传感器由两层线圈组成,除磁化拉索外,它不会影响拉索的力学及物理特性。磁通量法是利用放置在索中的小型电磁传感器,测定磁通量变化,根据索力和温度与磁通量变化的关系,推算索力。

(4) 频率法:这是一种间接方法,它是据索力与索的振动频率之间存在对应关系的特点,在已知索长度、两端约束情况和分布质量等参数时,将高灵敏度的拾振器绑在斜拉索上,拾取拉索在环境振动激励下的振动信号,经过滤波、信号放大、A/D 转换和频谱分析即可测出斜拉索的自振频率,进而由索力与拉索自振频率之间的关系获得索力。

以上关于斜拉桥中拉索索力大小测定的讨论,有待在今后的专业课中进一步学习。由此实例讨论可见,弄清土木工程设施构(部)件中力的大小是土木工程师重要的工作内容之一。

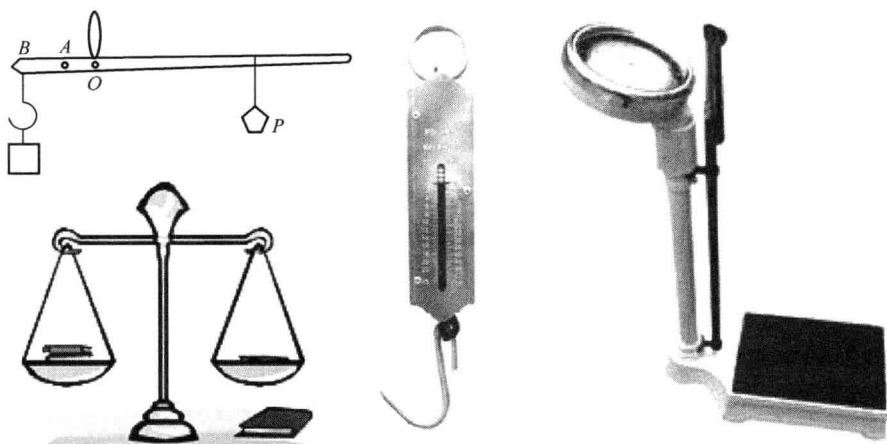


图 1-3 称量工具

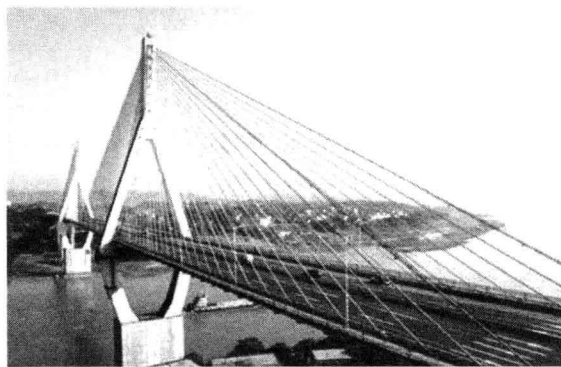


图 1-4 斜拉桥中的斜拉索

力的方向是描述力的“三要素”之一。当两匹力量相同的马,同时从两个相反的方向拉一辆马车时,马车停在原地不动;但是,当两匹力量相同的马,同时从车头所指的方向拉一辆马车时,马车可能会飞奔起来。中学物理课中有一道题:“两人在河两岸用绳子拉小船使其在河流中行驶,甲的拉力是 200 N ,方向与航向间的夹角为 60° ,乙的拉力是 $200\sqrt{3}\text{ N}$ 。若是小船能在河流中间沿直线行驶,那么乙用力的方向如何?小船受到两拉力的合力是多少?”。通过求解该题,我们可以认识到力的方向和大小同样重要,客观存在的力是有方向的,力的方向和大小同时存在构成了力。在数学中,把有方向的量称为矢量。力是矢量,或者说,用矢量来描述力更为准确。

仅有大小和方向不能全面地描述力,客观世界中,我们能感知力的存在是因为物体与物体之间相互作用,如果没有这种相互作用存在,讨论力的大小和方向就没有实际意义。有相互作用,便有作用位置,或者说作用范围,这个作用范围集中抽象成一点,便是力的作用点。当小朋友用力推相扑运动员的身体时,推力的作用点便在小朋友和相扑运动员身体接触的地方。斜拉桥的拉索对桥跨结构的拉力作用在拉索和桥跨结构的接触点上,在工程中,该点一定要牢固,否则一旦失去了拉力的作用点,拉索的拉力也就不存在了。

地球对我们身体的引力即重力的作用点在哪里呢?我们身体的所有部位都有质量,因此,所有部位都是各部位重力的作用点。当身体站直,如果把身体分为左右两边,那么,左边的重力合力作用在左边的各质点重力的合力作用点上,右边的重力合力作用在右边的各质点重力的合力作用点上。如果把身体的全部重力当成一个力(总合力),那么,这个力的作用点一定在身体中。

如果房屋下面的土层均匀而松软,但是房屋结构的质量分布不均,各部分所受重力大小不一,比如东南角是六层楼,而其他部位为三层到四层,地下采用了浅埋伐板基础,东、南、西、北各方向基础伸出外墙的距离基本一致,此时,房屋很可能向东南角倾斜。其原因是房屋的重力作用点不在基础的几何中心,而是向东南方向偏移了。如图1-5所示,船在水中,船上的人都站到船的一边,船便会翻,道理和软土上重心偏离基础形心的房屋倾斜一样。

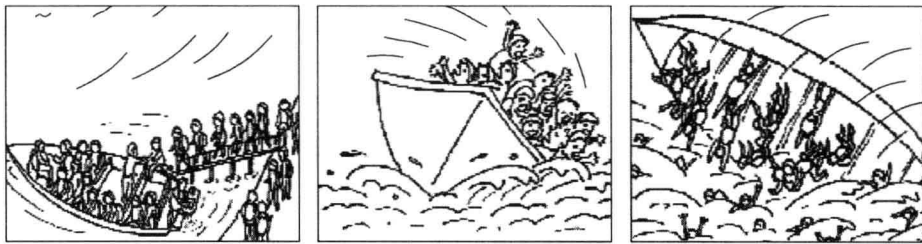


图1-5 人向一边集中压翻了小船

力使物体绕着转动点转动的效果,不仅和力的大小有关,而且和力的方向与作用点有关。力的大小和转动点到力的作用线之间的垂直距离的乘积称为力矩,力矩是度量力引起物体转动或产生转动趋势的物理量,综合反映了力的大小、方向和作用点,其度量单位是牛顿·米,用英文字母表示为 $N \cdot m$ 。古代生活中的秤和现代生活中的天平,以及工程建设中常用的塔吊(图1-6)都运用了支点两侧力矩相等而平衡的原理。



图 1-6 运用力矩平衡原理的塔吊

1.1.3 外力与内力

对于一个物体来说,另一个物体施加于这个物体的力称为外力。内力是同一物体内部各部分之间的相互作用力。

土木工程设施所受外力通常有荷载和支座反力两种。荷载指的是使结构或构件产生内力和变形的力及其他因素(如温度变化引起的热胀冷缩);或习惯上指施加在工程结构上使工程结构或构件产生效应的各种直接作用。

通常房屋上常见的荷载有结构自重、楼面活荷载、屋面活荷载、屋面积灰荷载、吊车荷载、设备动力荷载以及风、雪、裹冰、波浪等自然荷载。当外部的荷载过大时,房屋可能被压垮(图 1-7)。



图 1-7 雪荷载过大压垮加油站的屋顶

桥梁上常见的荷载有结构自重、各种交通荷载,例如各种汽车、平板挂车、履带车、电车以及各种非机动车和人群荷载。桥梁结构处在自然环境之中,要经受气候(如、风、雨、雪等)、水文等种种复杂因素(外力)的影响。当车辆荷载过大时,桥梁可能会被压垮(图1-8)。



图1-8 车辆荷载过大压垮桥梁

为了使土木工程设施抗震,重要的设施都要考虑地震荷载的影响。

支座反力是“理论力学”“材料力学”“结构力学”(又称土木工程专业的三大力学)里面的一个词汇,也可以叫做支座的约束反力,是一个支座对于被支撑物体的支撑力。如果以地面以上的土木工程设施为研究对象,地面以下的基础对其相应的地面以上的土木工程设施支撑和约束力便是支座反力。显然,地面以上的土木工程设施的支座反力也是它的外力。支座不同,支座对于被支撑物体的支撑和约束力种类也不同,常见的支座有活动铰支座、固定铰支座、固定支座、滑动支座四种。对于静定结构来说,支座反力数值可以通过静力平衡求解。

在未受外力作用时,内部各质点间就已存在着相互作用的力(如分子间的相互作用力),它使各质点处于相对平衡状态,从而物体才能保持一定的形状,这种力称为物体的固有内力,即自然状态粒子结合力,土木工程学科通常不讨论这种内力。土木工程学科着重讨论因外力或温度变化等因素影响而产生的与物体发生变形和破坏有关的附加内力,下文简称为“内力”。

各类土木工程设施的骨架都是构件(如梁、板、柱、块等)的组合。假想用刀把构件切开,切开后露出的内部平面称为截面。

截面露出后,截面上的内力也露出来,这些内力大体上可分为拉力、压

力、弯曲力、剪切力和扭转力(图 1-9)。弯曲力又称弯矩,扭转力又称扭矩。截面内力是由外力引起的,因外力种类不同,截面内力种类也相应变化。比如用力拉一根绳子,绳子中的截面上只有拉力。沿柱子纵轴心用力压一根柱子的,柱子中的截面上只有压力。如果压柱子的压力偏离了轴心,那么,柱子中的截面内力不仅有轴压力而且有弯矩。一根只承受竖向荷载的梁,通常其截面中只有弯矩和剪力。

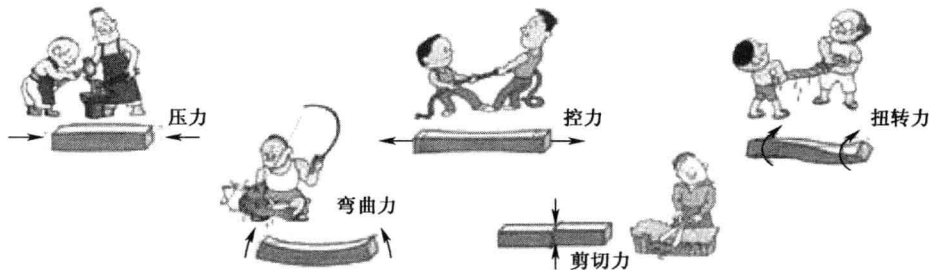


图 1-9 内力的五种形式

1.1.4 应力与强度

当外力引起构件的截面上各处材料的纤维(这里所说的纤维并非指在构件中埋入了大量的纤维状物质,而是假想构件被划分成若干细小的纤维柱)上内力分布均匀时,单位截面面积上的内力便是应力。应力定义为内力除以内力分布点占有的截面面积。有时,外力引起构件的截面上各处材料的纤维上内力分布不均匀,如果用总内力除以总截面面积只能得到平均应力,得不到截面各处纤维的实际受力情况。这时,可以用局部内力(记为 ΔN)除以相应的局部面积(记 ΔA)得到局部应力。当局部面积 ΔA 非常小(接近于零)时,应力可以近似代表截面上局部某点的内力。

按截面应力方向分,垂直于截面方向的应力称为正应力(记为 σ),平行于截面方向的应力为剪应力(记为 τ),正应力和剪应力的作用点均在截面内(图 1-10)。可以用高等数学方法表示正应力和剪应力,即

正应力定义为

$$\sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta N}{\Delta A} = \frac{dN}{dA} \quad (1.1.1)$$

剪应力定义为

$$\tau = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta T}{\Delta A} = \frac{dT}{dA} \quad (1.1.2)$$