

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2021.05.015

欢迎按以下格式引用:张桂民,刘侯轩,董纪伟,等.采矿工程专业材料力学课程教学对应案例分析[J].高等建筑教育,2021,30(5):107-116.

采矿工程专业材料力学课程教学对应案例分析

张桂民^{a, b}, 刘侯轩^a, 董纪伟^a, 罗宁^a

(中国矿业大学 a. 力学与土木工程学院; b. 深部岩土力学与地下工程国家重点实验室, 江苏 徐州 221116)

摘要:材料力学课程是采矿工程专业较重要的专业基础课。收集、整理并讲授与专业相关的教学案例,可以有效提高材料力学课程的教学效果。在科学技术的推动下,中国采矿工程行业蓬勃发展,获得较多优秀成果,同时也有失败的教训。如果将这些成果及教训作为教学案例展示给采矿工程专业大学生,将会使得课堂教学更生动。依据材料力学的章节安排,分别列举与采矿工程专业相关案例,包括:非全长粘结锚杆的轴向拉伸、矿柱的轴向压缩、锚杆托盘的剪切和挤压、巷道穿越断层时的剪切、矿用钻机钻杆的扭转、顶板的固支梁和悬臂梁假说、单轴和三轴压缩条件下岩石的强度理论、掘进机传动轴的组合变形、单体支柱的压杆失稳以及竖井罐笼的坠落事故等,分别对应于材料力学课程各个章节,为授课教师课堂教学提供案例参考。

关键词:采矿工程;材料力学;案例教学;对应案例

中图分类号:G642.3; TD3 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2021)05-0107-09

材料力学作为大部分理工科学生的专业基础课,课程教学中注重理论和实验相结合,为设计工程实际构件提供必要的理论基础。为提高材料力学课程的教学效果,特别是培养学生的工程意识和解决实际问题的综合能力,授课教师尝试多种教学方法^[1-10]。近年来,在课程教学中开展案例教学,加快了我国高校教学改革步伐,尤其是针对不同专业开展不同案例教学,对提高教学质量起重要作用^[3-9]。

对材料力学课程开展案例教学,首先,需要授课教师遵从基础理论服务工程实践的理念,列举与所授专业相关的工程实践案例。其次,利用这些案例诱导式地启发学生构建力学模型。最后,根据课程章节开展力学强度、刚度和稳定性等方面的分析研究。不难看出,开展案例教学的第一个关键步骤是搜集和整理与专业相关的材料力学教学案例^[6-9]。将工程实践前沿问题引入课堂,还可

修回日期:2020-06-22

基金项目:国家自然科学基金项目(41872777;51504243);中国矿业大学教学研究项目(2021YB07;2020ZD02)

作者简介:张桂民(1985—),男,中国矿业大学力学与土木工程学院副教授,博士,主要从事力学与土木工程方面的教学与研究工作,(E-mail) gmzhang@cumt.edu.cn。

以保持专业知识与时俱进的先进性^[10]。

中国各高校普遍采用的材料力学教材大多以机械相关的结构或构件为教学背景,较少涉及采矿工程专业案例^[11-15]。即使中国矿业领域最高学府中国矿业大学,全校材料力学教材亦采用严圣平教授主编的《材料力学(第二版)》。在该教材中,各章节例题和习题均为机械工程结构或构件,较少有与采矿工程专业相对应的教学案例^[15]。授课时发现,因教材中涉及的例题和习题大多针对传统机械类专业,导致一部分学生学习积极主动性不高。然而,一旦提及与专业相关的构件或案例时,往往可以调动学生的学习兴趣。

因此,作为任课教师,有必要且也有责任通过多种途径收集和整理与采矿工程专业相关的代表案例,再将这些案例与抽象的课堂理论结合起来讲授,增加学生的参与度,激发学生的学习兴趣 and 积极主动性。

一、材料力学课程章节设置与目标

目前,开设采矿工程本科专业的普通高等学校有30余个。由于教务安排、教材选择、学生层次的不同,各个高校材料力学课程章节安排和授课内容均有差异,即使是同所高校授课内容亦会根据政策变化而有针对性的调整。以中国矿业大学为例,2018—2019学年以前,采矿工程专业开设材料力学课程工程力学A2,共80个学时,包括64个理论学时和16个实验学时;2018—2019学年开设材料力学课程工程力学B2,删去动载荷和交变应力、能量方法等章节,课程学时压缩至56个学时,包括46个理论学时和10个实验学时。

目前,中国矿业大学开设工程力学B2课程,教学目标是研究杆件在承受各种荷载时的力学性能,主要讲授杆件的轴向拉伸与压缩、剪切、扭转、弯曲内力、弯曲应力、弯曲变形、应力和应变分析、强度理论、组合变形、压杆稳定等内容。通过该课程的学习,学生掌握将实际构件抽象为力学模型的方法,掌握杆件内力、应力和变形分布规律的基本原理和方法,掌握分析杆件强度、刚度和稳定性问题的理论与计算,具备计算能力和一定的实验能力。

二、采矿工程中材料力学教学的代表案例

(一) 轴向拉伸与压缩

轴向拉伸与压缩是杆件变形的4种基本形式之一。杆件的受力特点是其受到一对大小相等、方向相反、作用线与杆件轴线相重合的作用力。在受到轴向作用力之后,杆件沿其轴线方向均匀的伸长或缩短,亦即杆件上任意两个横截面沿着杆件轴线方向产生相对平行移动。

1. 轴向拉伸

锚杆是采矿工程中涉及轴向拉伸的最典型杆件之一。1912年,德国的谢列兹矿最先采用锚杆对井下巷道进行支护。其后,锚杆支护因结构简单、成本低、施工方便及工程适应性强等特点,被广泛应用于各类矿山的开采建设之中。在中国煤矿生产中,每年新掘进的锚喷支护的井巷工程长达2000 km,截至2015年,采用锚杆支护的煤矿巷道达支护总量的70%以上^[16]。此外,锚杆不仅可以用于矿山,还可以用于其他工程技术中,如对深基坑、高边坡、交通隧道和水工坝体等进行主体加固。

经过百余年的发展,各式锚杆被发明出来以满足不同的需求。相对于日益成熟的锚杆支护工程实践,锚杆支护作用机理的研究相对滞后。从锚杆支护诞生至今,学者相继提出诸如悬吊理论、组合梁理

论、组合拱(压缩拱)理论、最大水平应力理论以及巷道围岩峰后剪胀变形模型等。上述理论有其显著优点的同时,也有其局限性,因此,对锚杆支护作用机理的研究在持续开展。目前,被普遍接受的理论认为,锚杆支护通过深入围岩体内部的锚杆杆体,改变围岩本身的力学状态,提高了岩体的整体强度,从而在巷道围岩体内形成一个完整而稳定的承载圈,最后,在与围岩共同作用下实现维护巷道稳定的目的。

在各式锚杆中,非全长粘结锚杆属于典型的受拉构件。外露的一端经由螺母、托盘与巷道壁连接,另一端通过锚固剂与岩土体粘结,如图1所示。整根非全长粘结锚杆可以分为自由段和锚固段两部分。其中,自由段将锚杆头部由螺母施加的拉力传至锚固段,其功能是对锚杆杆体施加预应力;锚固段则通过树脂等锚固剂将预应力筋与围岩体粘结,其中,锚固剂可以增大锚固段与围岩体的粘结摩擦作用,增加整个锚固段的承压作用,最终将自由段的预应力传至围岩体深处。

可见,如果取锚杆自由段为研究对象,则其受一对大小相等、方向相反、作用线与轴线方向一致的轴向拉伸作用。据此,可以计算得到锚杆自由段的应力和变形情况,进而开展强度校核。

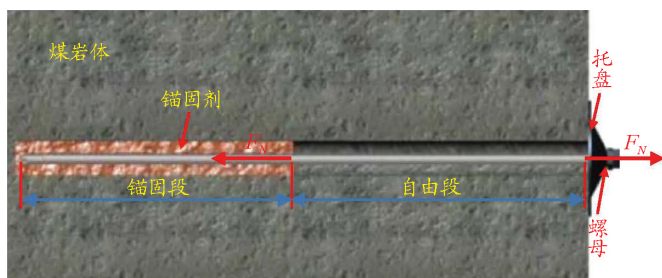


图1 非全长粘结锚杆锚固系统示意图

2. 轴向压缩

在采矿生产中,为保护井下人员安全以及巷道的完整,会预留一部分矿体作为矿柱。中国金属矿山因采用房柱式方法开采,其矿柱大多为正方形或长方形;煤矿开采则更多的采用条带式开采,因而矿柱多为长条形。无论哪种形状,矿柱都可以依靠其自身的支撑能力维护矿山采空区的稳定。图2为煤矿条带开采时矿柱受力状态简图。在顶底板作用下,矿柱主要承受轴向压缩载荷作用(近似为分布载荷 q_1 和 q_2)。一旦获取顶底板载荷,便可计算矿柱轴向压缩时的应力和变形,进而开展矿柱强度校核。

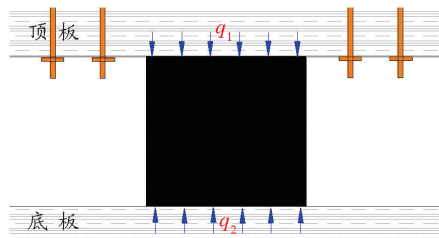


图2 矿柱受力状态简图

在压缩条件下,矿柱会依次经历弹性变形、塑性变形,甚至被压缩破坏,进而导致灾害事故,因而需要评估矿柱的稳定性。影响矿柱稳定性的因素较多,主要包括矿体本身的强度、矿柱尺寸(宽度和矿柱)、开采深度和上覆岩层重度等。采场动压(冲击地压)对矿柱稳定性的影响也较为显著。因而,矿柱稳定性研究一直是矿山压力与岩层控制的重点。

(二) 剪切与挤压的实用计算

因受到一组大小相等、方向相反、作用线相距较近的平行力系作用,构件会沿着两组平行力系

的界面发生相对错动,这种变形形式被称为剪切。承受剪切作用的构件,一般也会承受挤压作用,所以剪切和挤压通常是同时出现的。

在采矿工程设备中,承受剪切与挤压作用的连接件亦较多,包括锚杆、锚索、螺栓、铆钉、键等,其中,锚杆托盘亦承受剪切和挤压的作用。在高地应力和动压巷道中,有些矿井回采巷道甚至出现锚杆托盘因剪切挤压变形过大而破坏崩落的现象^[17],如图3(a)所示。为此,工人将锚杆外露端用钢丝挂在锚网上如图3(b),一旦托盘断裂崩出,钢丝将吸收大部分弹性势能,避免伤害附近的工作人员。

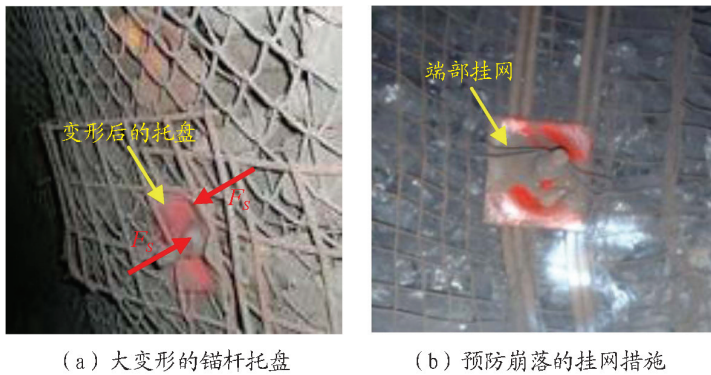


图3 承受剪切和挤压作用的锚杆托盘

在回采过程中,巷道有时需要穿越断层。由于断层上下盘(或左右盘)之间的相对移动,导致断裂面两侧巷道产生相对运动,即巷道承受部分剪切载荷(图4)。同时,在断层面附近岩体极度破碎,需要采取相关措施对巷道加强支护,所采用的锚杆和锚索亦可能因剪切作用而破断。

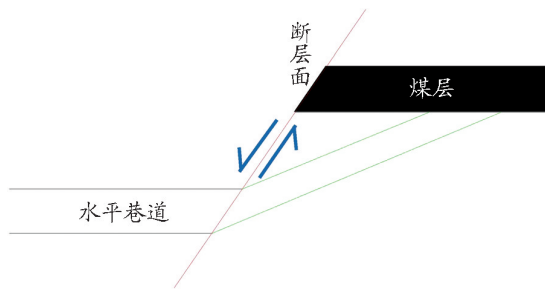


图4 水平巷道穿越正断层时承受的剪切作用

(三) 圆轴扭转

在采矿工程设备中,有较多构件的主要变形形式是扭转,主要变形特点是相邻横截面绕着构件轴线做相对转动,如气动锚杆钻机、地质钻孔钻机和探放水钻机等钻杆。此外,滚筒式采煤机和巷道掘进机的传动轴也受扭转作用。

矿井水灾又称透水,是中国煤矿中常见的主要灾害之一,不但影响煤矿的正常生产,而且还会造成人员伤亡,甚至会淹没整个矿井和采区。当掘进工作面或者采煤工作面接近老空区、老巷道、老钻孔、断层构造和不明区域时,就需要提前开展超前探放水工作,此时需要用矿井探放水钻机,如图5所示。探放水钻机主要包括液压泵、操控箱、前后油缸、升降油缸、液压马达和钻杆等部件。其中,钻杆在液压马达作用下持续钻动并深入地层,承受来自岩体和液压马达的一对转向相反的外力偶作用,其变形形式属于扭转。



图5 矿井探放水钻机

根据《煤矿防治水规定》^[18]第九十八条,探放老空积水的超前钻距,根据水压、煤(岩)层厚度和强度及安全措施等情况确定,但最小水平钻距不得小于 30 m;而根据第九十七条,探水钻孔除兼作堵水或者疏水用的钻孔外,钻孔孔径一般不得大于 75 mm。可见,探放水钻机的钻杆又细又长而且中空,对其扭转变形和应力状态的设计和校核十分必要。

(四) 梁弯曲理论

杆件的轴线在变形后成为曲线,这种变形形式称为弯曲变形。凡是以弯曲为主要变形的杆件,通常称为梁。材料力学主要讲授梁在纯弯曲时的内力、应力与变形。梁的弯曲理论在采矿工程中应用非常广泛^[19],主要用来预测巷道和采场顶、底板的破断和垮塌等,如固支梁假说和悬臂梁假说等。

对常见的运输顺槽,由于沿着倾斜方向的长度远大于其沿走向暴露的跨距,因此,可将其顶板视为一段由工作面煤壁支撑、另一端由边界煤柱支撑的固支梁,如图 6(a)所示。此时,如果顶板之上的岩层强度较低,则其上覆岩层的重量 q_1 将通过顶板的固支梁传递到巷道两端的煤壁和煤柱上。于是,根据材料力学固支梁理论可以获得煤壁和煤柱上的支反力,以及顶板内的应力分布和变形情况,从而对煤壁、煤柱和顶板进行强度和稳定性校核。这一顶板固支梁模型,亦被称为固支梁假说。

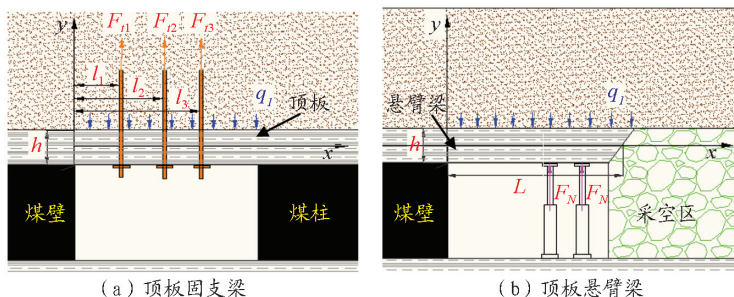


图6 顶板固支梁和悬臂梁模型示意图

悬臂梁假说由德国的施托克于 1916 年提出,得到英国和苏联学者支持。该假说认为,工作面和采空区上方的顶板可认为一端固定于岩体内、另一端处于悬伸状态的悬臂梁,如图 6(b)所示。依据材料力学悬臂梁理论,该假说可以较好地解释工作面近煤壁处顶板下沉量小且支架载荷也小,而距离煤壁越远则两者均较大的现象。随着采煤的推进,悬臂梁外伸端逐渐增长,在达到一定长度后其在固定端处会产生破断,并产生有规律的周期性折断现象。可见,悬臂梁假说可以解释工作面前方

出现的支撑压力及工作面出现的周期来压现象。

(五) 应力状态与强度理论

材料力学研究的另一个主要问题是应力状态和强度理论。根据工程生产经验,当作用在构件上的外部作用力达到一定的数值时,如果构件由脆性材料构成,则将在构件内部某一点产生破坏;如果由塑性材料构成,则构件开始失效。

采矿工程中关于应力状态和强度理论的应用可以用于解释和判别各类岩石的强度和破裂模式问题。其中,最大拉应力强度理论可以较好地解释岩石拉破坏,因此,可以作为岩石的抗拉强度准则;最大伸长线应变强度理论可以解释岩石单轴压缩时产生的劈裂破裂^[20](图7(a));在接近三向压缩条件时,大部分岩石的损伤破坏为塑性破坏^[20]如图7(b),因此,可以用第三和第四强度理论来判别。

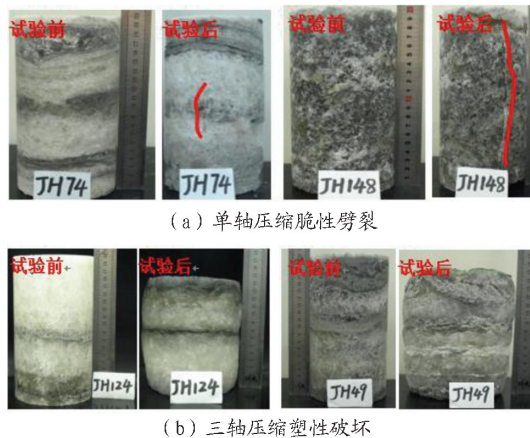


图7 盐岩不同压缩条件下的破坏模式

(六) 组合变形

在材料力学中,由两种或两种以上基本变形(轴向拉伸与压缩、剪切、扭转和弯曲)组合的情况,称为组合变形。在实际采矿中,大多数构件或者结构受到的作用都是产生两种或者两种以上基本变形的载荷,如偏心受压的单体支柱将产生压缩和弯曲的组合变形,滚筒采煤机和巷道掘进机等设备上摇臂内的传动轴则承受压缩和弯曲的组合作用。

巷道掘进机是煤矿采掘设备的一种,主要由截割装置、输送装置、牵引装置和控制装置等组成(图8)。在掘进过程中,截割装置需要顶在煤岩体上,因此,传动轴会受到来自煤岩体的反作用力;其次,截割装置需要持续的转动才可以不断地切割煤岩体,所以传动轴还受扭转作用。可见,掘进机传动轴需要着重演算压缩和扭转的组合变形。



图8 巷道掘进机及其受力

(七) 压杆稳定

单体液压支柱是采矿工程中应用广泛的支护用具,其利用液体压力产生的工作阻力实现升柱和卸载的目的。早在 1973 年,中国煤炭科学研究总院率先成功研制活塞式单体液压支柱,并于 80 年代在全国推广,逐步替代 20 世纪 60 年代初诞生的单体金属摩擦支柱。到 20 世纪 90 年代末,中国又成功研制柱塞悬浮式单体液压支柱,实现单体支护设备的第 3 次飞跃^[21]。目前,单体液压支柱可以分为悬浮式、双伸缩悬浮式、DN 内注式和玻璃钢等类型,主要由缸体、活柱和各种阀等部件组成。单体液压支柱主要用于矿井的顶板支护,可以通过阀门控制实现恒定阻力支护,属于恒阻式单体支柱。然而,液压支架被大规模普及,当前的单体液压支柱主要用于工作面的端头支护和临时支护等,以弥补液压支架的不足。

在一般的煤矿巷道中,单体液压支柱的支护位置和受力情况如图 9(a)所示。单体支柱在工作时,会受到来自顶板和底板的一对大小相等、方向相反、作用线与单体支柱轴线相重合的轴向压缩载荷的作用。如果把单体支柱看作一个变截面的直杆,可以将其简化为承受轴向压缩载荷作用的杆件。

然而,作为承受轴向压缩载荷作用的单体支柱,在某些情况下需要考虑压杆稳定问题。近年来,切顶留巷技术被提出并应用,该技术在浅部应用时,仅使用单体支柱即可取得较好的维控效果。然而,当进入深部后,深部切顶留巷来压速度快、强度大,常造成巷内单体支柱失稳破断,如图 9(b)所示,从而导致沿空留巷初期严重变形甚至报废^[22]。因此,需要校核单体支柱的受力状态,果断采取增设液压支架、加长单体支柱支护范围等措施加强支护。

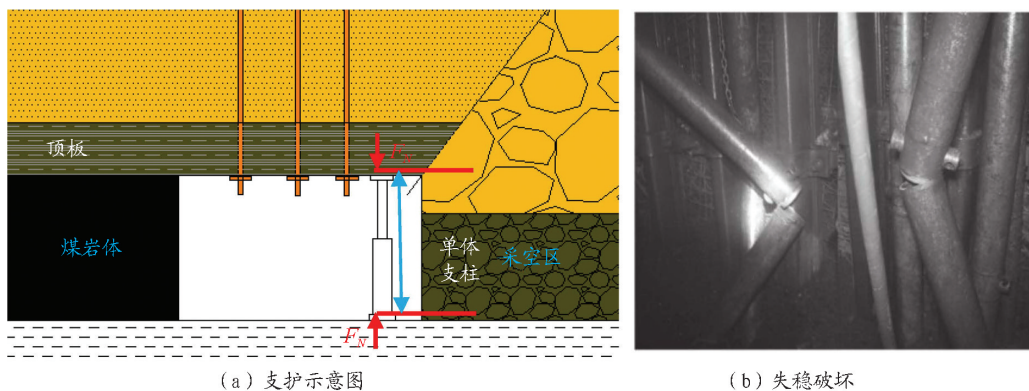


图 9 单体液压支柱巷道支护示意图及其失稳破坏

此外,随着大采高、一次采全高等采煤方法的日益推进,工作面端头支护以及临时支护所必需的单体支柱的长度越来越长。譬如,2018 年 3 月 20 日,神东煤炭集团上湾煤矿成功实现 8.8 m 超大采高智能综采^[23],随之需要端头支护和临时支护的单体高度至少为 8.8 m。如此高的单体支柱,必然需要开展压杆失稳的演算,避免产生不必要的事故。

(八) 动载荷与交变应力

当构件本身处于加速运动状态,或者受到处于运动状态的物体作用时,则构件受到的载荷就是动载荷。在动载荷作用下,构件内部各点会有速度的改变,亦即产生了加速度。煤矿开采工程中有较多承受动载荷和交变应力作用的案例。卷扬机加速起吊罐笼时,卷扬机吊索受惯性力作用;炮采时,炸药对煤体的爆破力也属于动载荷;顶板破断时,对煤柱和支护设备的冲击载荷,也可以归类为动载荷的范畴;采场顶板周期性破断对煤岩体周期性的冲击力,在某种意义上则可归类为交变应力

的范畴。

在以竖井开拓的地下矿山中,罐笼井是矿山的主要提升通道。罐笼井的提升设备主要有提升机、罐笼、钢丝绳、天轮、井架及其附属装置等。如果卷扬机提升速度过快,或者突然刹停下降中的罐笼,均会导致钢丝绳因动载荷过大而断裂。例如,2009年10月,湖南冷水江一矿山因刹车失灵导致罐笼坠落事故,造成26人死亡,5人受伤^[24];2012年3月15日,山东省苍山县石门铁矿副井罐笼钢丝绳断裂,导致罐笼坠落井底,造成13人遇难^[25]。提升过快或者突然刹停时,罐笼对钢丝绳的作用力是一种动载荷,通过简单计算不难发现该动载荷是静载荷的数倍,提升钢丝绳过程中易因超载而断裂。如果将这些事故案例引入课堂作为动载荷章节的教学案例,显然可以提高学生课堂上的学习兴趣。

采矿工程专业授课教师可以将上述案例以PPT的形式融汇到课件中,激发学生的学习兴趣 and 积极性。相应的,学生可以从这些案例分析过程中感受材料力学理论的生动形象,真正做到理论知识的灵活运用于实践。然而,需要经常性的收集和分析教学案例。作为采矿工程专业授课教师,需要在生产实践中更多地关注与专业相关的热点和难点问题,从中提炼出适合材料力学课程的教学案例或代表性实例,将它们融入课件并讲授于学生,从而调动学生的学习积极性。

三、结语

材料力学课程是采矿工程专业较重要的专业基础课。收集、整理并讲授与专业相关的教学案例,能有效提高材料力学课程的教学效果,激发学生的学习兴趣。依据材料力学课程章节安排,列举与采矿工程专业相关代表案例,包括非全长锚杆的轴向拉伸、矿柱的轴向压缩、锚杆托盘的剪切和挤压、巷道穿越断层时的剪切、矿用钻机钻杆的扭转、顶板的固支梁和悬臂梁假说、单轴和三轴压缩条件下岩石的强度理论、掘进机传动轴的组合变形、单体支柱的压杆失稳以及竖井罐笼的坠落事故等。这些案例亦可为授课教师课堂教学改革提供重要参考。

参考文献:

- [1]倪振强.普通本科院校土木工程专业材料力学课程教学探索[J].高等建筑教育,2015,24(1):51-53.
- [2]李炜明.土木工程材料力学课程教学的整体理论体系及其内在逻辑关系[J].高等建筑教育,2015,24(4):67-69.
- [3]张先忠,闫祥梅.土木工程专业案例教学应用及成效[J].管理工程师,2015,20(1):69-71.
- [4]袁立群,崔诗才,赵庆双.新工科背景下土力学案例教学研究[J].高等建筑教育,2019,28(2):58-62.
- [5]王迎超,耿凡,张成林.岩石力学课程的现状与案例教改思路探讨[J].高等建筑教育,2013,22(6):51-55.
- [6]曹惠,尹晓丽,张潇华.启发式教学在材料力学课程中的探索与实践[J].高教论坛,2018(3):70-72.
- [7]赵春香,于月氏,盖芳芳.材料力学案例教学的实践与研究[J].大学教育,2015,4(10):148-149.
- [8]张桂民,王贞硕,董纪伟,等.土木工程专业材料力学课程教学典型案例分析[J].高等建筑教育,2020,29(1):181-188.
- [9]张桂民,王贞硕.暴雪后公交候车亭顶棚坍塌事故的力学分析[J].力学与实践,2019,41(3):283-287.
- [10]吴守军,闫宁霞.当前本科工程力学教学改革的几点探索[J].高教学刊,2015(21):42-43,45.
- [11]刘鸿文,吕荣坤.材料力学实验[M].4版.北京:高等教育出版社,2017.
- [12]孙训方,方孝淑,关来泰.材料力学[M].北京:高等教育出版社,2013.
- [12]罗迎社.材料力学[M].北京:高等教育出版社,2013.
- [13]郭战胜.材料力学[M].上海:同济大学出版社,2013.
- [14]闫晓鹏,武琰.材料力学[M].北京:清华大学出版社,2013.
- [15]严圣平,马占国.材料力学[M].2版.北京:科学出版社,2018.

- [16] 康红普, 林健, 吴拥政, 等. 锚杆构件力学性能及匹配性[J]. 煤炭学报, 2015, 40(1): 11-23.
- [17] 张后全, 缪协兴, 茅献彪, 等. 基于动力无损检测技术的煤巷锚杆支护设计研究[R]. 徐州: 中国矿业大学, 2015.
- [18] 国家安全生产监督管理总局, 国家煤矿安全监察局. 煤矿防治水规定[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2009.
- [19] 钱鸣高, 石平五, 许家林. 矿山压力与岩层控制[M]. 2版. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2010.
- [20] 张桂民, 王李娟, 陈彦龙, 等. 基于界面沉积特征的薄互层盐岩储气库稳定性与地表沉降研究[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2016.
- [21] 郝旭, 鄢瓦尼, 朱维兵, 等. 外注式单体液压支柱的静强度分析[J]. 液压与气动, 2012(12): 24-27.
- [22] 陈上元, 何满潮, 郭志飏, 等. 深部沿空切顶成巷围岩稳定性控制对策[J]. 工程科学与技术, 2019, 51(5): 107-116.
- [23] 新华网. 世界第一大采高采煤工作面安全回采超千万吨[EB/OL]. (2019-02-04) [2020-06-18]. http://www.xinhuanet.com/energy/2019-02/04/c_1124085122.htm.
- [24] 新华社. 湖南冷水江一矿山发生罐笼坠落事故 26人死亡 5人受伤[EB/OL]. (2009-10-09) [2020-06-18]. http://www.gov.cn/jrzq/2009-10/09/content_1434168.htm.
- [25] 中国新闻网. 山东苍山铁矿罐笼坠落事故 13死原因初步查明[EB/OL]. (2012-03-16) [2020-06-18]. <http://www.chinanews.com/gn/2012/03-16/3747934.shtml>.

Research on related cases for the teaching of material mechanics in mining engineering

ZHANG Guimin^{a,b}, LIU Yuxuan^a, DONG Jiwei^a, LUO Ning^a

(*a. School of Mechanics and Civil Engineering; b. State Key Laboratory for Geomechanics and Deep Underground Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, P. R. China*)

Abstract: Material mechanics is an important professional basic course for mining engineering. Collecting, collating and teaching related cases of mining engineering can effectively improve the teaching effect. Driven by science and technology, mining engineering in China has achieved vigorous development, including many achievements and failure cases. If these cases are selected as teaching cases, they can make the course lively. Based on the curriculum of material mechanics, several representative cases related to mining engineering are listed, including the axial tensioning of non-full-length anchors, axial compression of the mining pillar, shearing and extrusion of anchor trays, shearing of the horizontal roadway crossing normal fault, twist of the drill pipe of mining rigs, hypotheses of the fixed beam and cantilever beam for the roof, strength theory of rocks under uniaxial or triaxial compression, combined deformation of the transmission shaft of the roadheader, the instability of the compressive single hydraulic prop, and the fall accidents of the shaft cage. They correspond to each chapter in the course of material mechanics, and can provide case reference for the classroom teaching of instructors.

Key words: mining engineering; material mechanics; case teaching; related cases

(责任编辑 邓云)