

采矿工程中力学问题的特点

Characteristics of Mechanics in Mining Engineering

徐小荷

(东北大学 沈阳 110006)

我国是采矿大国,1992 年开采矿石总量达 26.85 亿吨,从事矿业的职工约 2 100 万人。

人类采矿活动空间是地球表面岩层几百米到几千米的范围,约为地壳厚度的百分之一二,仅为地球半径的万分之一二。

一、采矿工程力学背景

矿业力学问题有很多特点。如果说一般固体力学的背景是用材料建立起一个稳定的结构,采矿却是要打破亿万年来稳定的地层,形成一个新的平衡空间,去开采所需的资源。开采就要破碎岩石,变岩体为岩块,变大块为小块,变小块为粉末。新的平衡空间就要防止岩石的破碎,用支柱、衬砌、充填等方法去维护它,至少在采矿期间保持一个平衡的空间。因此,采矿力学的背景就是如何打破平衡和建立一个新的平衡空间。

二、岩体的本构模型

采矿工程的对象是自然界的地质,称为岩体。它是长期遭受到地质运动而被破坏过的岩石,也是具有多种层次的结构体,包括(地壳)板块、地块、断层、裂隙、层理、节理等。岩体的力学本构不仅取决于被这些不连续面所切割成的块体性质,还被这些断裂面所控制。不论作为多层次结构的岩体,还是早先地质运动的产物,现今仍然具有很大的地应力,地应力也影响着岩体的本构性质。

采矿不仅打破了原始的应力平衡,还干扰了地下水(油、气)渗流的平衡。水(油、气)对岩体的断裂面乃至岩石本身都有严重的影响。

现今矿山岩石力学有很大进展,已从经典的材料力学和弹性力学中脱颖而出,近代计算力学方法诸如有限元、边界元、离散元、块体力学和反演分析等已得到广泛应用。在弹塑性理论基础上,流变力学、粘弹塑性理论、断裂力学和损伤力学也在岩石力学

中应用和发展。但是岩石力学“声誉高,信誉低”,究其原因,是没有把岩体的地质存在和力学结合起来,也就是说没有恰当的岩体本构模型。为此有三个问题必须解决:

1. 如何描述岩体有层次的结构,或用统计或用分形几何,还应揭示这些结构的发育规律,避免用一种模式描述复杂的地质现象。

2. 如何实际测量岩体的结构,岩体是自然生成物,不可挑剔,不能重复,全面测量力所不及,典型测量代表性很差。如果有地层 CT,可能是一种解决问题的好方法。

3. 岩体的本构关系不是岩块的本构关系,很难实际测定,加上地下水的作用,更难在实验室试验。计算机仿真有很大前景。

三、岩体的破坏模式

岩体的破坏不只存在目前惯用的库伦—莫尔判据一种。“非坏即好”的强度理论不能说明破坏的过程。除了强度破坏之外,还出现失稳破坏。岩体失稳有两种,一是结构体几何失稳,如冒顶、片帮等破坏。另一种是动力失稳,岩爆即属于这一种。动力失稳研究得很不够,它是由于介质不均,或动力不均,导致了部分区域的介质软化,周围介质中积蓄的弹能顷刻之间转移到已软化的部份,使之越加软化,骤然破坏释放出能量(抛出、震动和声响)。最近用突变理论研究此类现象取得了初步成果。

采矿中岩体破坏模式和时间有极大关系。岩体爆破的时间以微秒计,凿岩、粉碎时间以毫秒计,巷道收敛,顶板垮落以数日计,露天滑坡、地表沉陷以数年数十年计,时间跨度达 13 个数量级,它的破坏模式差别极大。

采矿破坏了地层的水、油、气的平衡。流体在岩石、断裂面之间发生渗入、逸出作用,出现固—液耦合的力学问题,还使岩石及其结构面性质发生很大改变。如一些结构面被润滑,微裂隙降低表面能,一

大型海上工程中的关键力学问题

Main Problems on Mechanics in Large-scale Engineering on the Sea

邱大洪

(大连理工大学, 教授 大连 116203)

能源是我国国民经济发展的战略重点,石油、天然气是我国重要的能源之一。我国海洋石油天然气的勘探和开发始于60年代初,首先从渤海开始,其后在北部湾、珠江口、东海、黄海等海区也陆续开展了勘探和开发。海上油气资源的勘探和开发,需要在海上提供面积足够大,适于重型装备进行作业的场地。因此,常常需要建造大型海上工程结构。大型海上工程结构就其力学性能来讲,大致可以分成三类:一类是漂浮在海面上的浮式或系留式结构(如半潜式平台、张力腿平台、单点系泊装置等);一类是固定在海床上的固定式结构(如导管架平台、重力式平台、人工岛等);另一类是可迁移式结构,它们在作业期间固定在海床上,而在迁移时则漂浮在海面(如座底式平台、自升式平台等)。

海上工程所处的环境条件十分严酷和复杂。在某些岩石吸水膨胀、风化等,从而加速其破坏甚至成为破坏的主导原因。

四、解决采矿力学问题的特殊路径

采矿工程不象盖高楼筑大坝,事先做好精密的调查研究和力学计算,然后按图施工;矿石是廉价原料,开始只作必要的勘探,许多地质细节和力学数据,是在工程进行中获得的,在工程进展过程中不断调整或修改开采参数,因此从开采中反馈信息是十分重要的环节。新奥法就是利用巷道收敛的信息反馈,来指导支护时机取得成功的一例。采矿工程破碎和稳定在时间上的顺序和空间上的布局,往往在很大程度上影响其工程效果。开采完了,工程存在的价值也就没有了,从这个意义上讲,采矿工程具有暂时性。

力学的理论,要回答采矿工程实施过程中,要收集哪些信息才是有效的,和便于指导下一步施工的。平常位移比应力要更易于测量,更易于取得准确数据,声发射也比较便于进行,如何利用这些资

料来指导工程实践是一个值得研究的问题。

我国海域,影响工程结构力学行为的最重要的几个环境因素是风浪、流、冰、海床的工程地质特性和海域的地震。弄清这些环境因素及它们与工程结构相互作用中的力学问题将是提高工程设计可靠性和经济性的一项有重要意义的基础性研究。此外,海上工程建设和海上油气资源的开发还将带来一系列的环境污染问题需要解决。

海上波浪主要是由风的作用而形成的,而后发展成风浪,并向风区以外传播形成涌浪。它们一般是不规则的和多向的,通常可以用海浪谱来描述。目前研究得较为成熟的是不考虑方向分布的海浪频谱,考虑方向分布的方向谱的研究也有一定进展,国外已提出不少频谱和方向谱计算模式,但由于海区环境的复杂性,对我国海域的适用性(特别是沿岸浅海和极浅海区)尚待进一步研究。国内也

料来指导工程实践是一个值得研究的问题。

采矿有许多影响因素和未知条件,它又是远离平衡的不可逆过程,岩体结构性质显然是非线性,很可能会出现浑沌现象。采矿也不需要奢求精密结果,有个十有八九的可靠性就不错了,昂贵的代价、旷日持久的计算难受欢迎,力学分析的可靠性是个值得研究的问题。

五、采矿工程中现实的重大力学课题

笔者认为,近期应优先资助的采矿工程中的重大力学课题有以下几个方面:油井钻凿轨迹制导(一般钻井);地层致裂和渗流(遇采油、瓦斯、地热时,测地应力所需);自然或强制崩落矿石的规律;采场地压预报和控制;软岩巷道的维护;露天陡坡的可靠性及其监测;岩爆机制及其预防;开采引起的地表沉陷和对构筑物的影响;硬岩非爆炸破碎方法;岩石的爆破力学和矿岩的粉碎力学。

(责任编辑 刘先曙)