

# 岩石工程失稳破坏及其研究思路与方法

王来贵 黄润秋 张倬元

(成都理工学院工程地质研究所 成都 610059)

## 1 岩石工程常见的失稳破坏

岩石工程常见的失稳破坏主要体现在以下几个方面:

### 1.1 边坡工程的失稳破坏

边坡工程的失稳破坏, 主要可分为以下2种:

(1) 边坡变形过程的失稳破坏。主要包括几何非线性大变形发生的失稳和物理非线性变形诱发的失稳。几何非线性大变形是指三维几何尺寸相差悬殊, 如顺层滑坡和直立型边坡的倾倒, 其特点是系统失稳时并未达到岩石的强度极限; 物理非线性诱发的失稳是指在边坡发生连续小变形的条件下而发生的变形失稳, 其特点是边坡已处在强度极限后的状态, 边坡失稳时释放大量的弹性能。

(2) 边坡不稳定的滑动或滚动过程。主要是指已经破坏的边坡, 形成明显的不连续面, 变形在不连续面上不连续不协调, 滑体沿着主滑面滑动或滚动, 其特点是滑动或滚动越来越快, 越来越偏离原来的位置和失去原来的运动状态。

### 1.2 采掘诱发地震

采掘诱发地震一般称为岩爆, 煤炭部门称为煤爆或冲击地压。根据煤(岩)体受力状态, 采掘诱发地震可分为3种:

#### (1) 煤(岩)体压应力型失稳

煤(岩)体压应力型失稳受力特点是煤(岩)体内仅受压应力作用。煤体受压后, 如果其承载能力随煤体变形的增加而迅速降低, 系统是不稳定的, 就会诱发失稳。

#### (2) 顶底板受拉应力型失稳

顶底板受拉应力型失稳的受力特点是顶底板含有承受大于抗拉强度的拉应力区域, 发生的开裂失稳扩展。

#### (3) 断层走滑受剪型失稳

1997年3月24日收到来稿。

作者 王来贵 简介: 男, 1962年生, 博士, 现任副教授, 主要从事岩石力学系统稳定性理论及应用和煤成气渗流方面的研究工作。

断层走滑受剪型失稳是指在采掘工作面推进至断层附近时,引起断层本身的突然错动,猛烈释放能量的现象。其受力特点是断层承受相对较大的剪应力作用。

### 1.3 水库诱发地震

库区地震,主要可分为2种:

(1) 库区岩体变形失稳破坏。主要是指库区岩体宏观连续变形物理非线性诱发的岩体失稳。失稳时释放大量的弹性能而形成地震。

(2) 库区岩体沿不连续面不稳定滑动。主要是指库区岩体含有明显的不连续面,变形不连续不协调,岩体沿着主滑面不稳定滑动,同时释放能量。

### 1.4 有效破碎岩石

岩石(矿石)的破碎或凿岩破碎过程是岩石变形失稳破坏的过程,如何有效利用、控制岩石破碎失稳是岩石工程失稳的另一课题。

### 1.5 多种作用下的岩石工程失稳

多种作用下岩石工程失稳是指除了外力之外,还有气体(如瓦斯)共同作用下的失稳(瓦斯突出),水与岩石共同作用下的雨季滑坡,以及振动诱发下的滑坡、岩爆等。

## 2 岩石工程失稳破坏的统一研究思路与方法

纵观岩石工程的失稳破坏现象,可从所有的岩石工程中归纳、抽象出岩石力学系统的概念,即岩石及其结构体在外力的相互作用下,与围岩、支护及其工程地质、自然环境共同组成一个力学系统,该系统由若干个子系统或分系统组成,每个子系统具有各自本身的运动规律,反过来子系统组成的总系统又具有整体的功能特性。岩石力学系统两种失稳破坏形式可分为:

### 2.1 岩石变形力学系统失稳破坏

岩石变形力学系统是指在外力的作用下,岩石宏观结构随时间的变形协调连续的力学系统。一般来说,岩石变形力学系统又可分为几何大变形系统和物理非线性系统两种形式。

### 2.2 岩石刚体运动力学系统失稳破坏

岩石力学刚体运动系统是指在外力的作用下,岩石结构变形不协调、不连续破坏后以刚体运动为主的力学系统。常见的岩石刚体运动力学系统又可分为岩石块体沿含有明显不连续面的刚体滑动和块体中部分块体沿不连续面滚动两种形式。

这样就可将岩石工程失稳问题归纳成统一研究思路,即将工程地质、岩石力学、广义系统科学以及非线性科学有机融合、交叉和应用。其步骤是:

(1) 建立岩石力学系统失稳成灾孕育过程的数学力学模型,采用微分方程组或势能函数描述岩石力学系统的运动状态,同时将状态变量剖分成两部分,与结构稳定性有关的实

质变量和与之无关的非实质变量;

(2) 分析系统状态变量, 即非实质变量描述的是快豫方程组, 实质变量描述的是慢豫方程组。依据协同学原理, 子系统变化快、阻尼大的为快豫变量; 子系统变化慢、阻尼小的为慢豫变量。但系统中慢豫变量在系统稳定性的临界点连续缓慢变化, 而快豫变量在临界平衡点却迅速变化。慢豫变量支配着系统演化的进程和结果。

(3) 寻找支配系统演化进程的一组控制变量。与慢豫变量对应, 控制参量只有量的改变, 而没有质的变化, 也就是控制参量并未给系统提供如何相变的信息。由于控制变量的改变决定着状态参量的大小和性质, 演化过程是控制变量驱动状态参量不断产生量变以致质变的过程。研究结果证实, 岩石变形力学系统的控制变量是系统的广义刚度系数矩阵, 而岩石刚体运动力学系统的控制变量是系统的阻尼系数矩阵。

(4) 外界对岩石力学系统稳定性的影响, 当然体现在对系统控制变量的影响上。故要研究控制变量的变化规律及水和振动效应对控制变量的影响结果。

(5) 研究控制变量在系统演化过程中的变化规律, 就可确定该系统失稳成灾的演化、孕育过程。

(6) 在研究系统演化、孕育过程的基础上, 使系统失稳前, 用调整控制变量的方法来防治岩石力学系统失稳成灾。

从岩石力学系统及其子系统相互作用、相互影响、相互协调、相互干扰、相互约束和相互反馈的角度分析岩石力学系统失稳成灾的孕育过程, 同时用人为调整控制变量的方法来防治岩石力学系统失稳成灾是一个新的思路和方法。通过理论分析是可行的, 在防治煤矿冲击地压方面用注水或放炮松动来调整控制变量, 即系统广义刚度系数, 已取得了初步效果。

## ROCK ENGINEERING INSTABILITY AND GENERAL STUDY RULE

Wang Laigui Huang Runqiu Zhang Zhuoyuan

(Engineering Geology Institute, Chengdu Institute of Technology, Chengdu 610059)