

工程地质研究中的优势面分析方法

夏月云

(湖南省水利水电勘测设计研究总院 长沙市 410007)

【摘 要】 文章主要研究了优势面理论的主要内容和工作方法，并从区域稳定性研究和评价问题、地基稳定性分析和评价问题来探讨工程地质问题的评价与优势面分析方法。

【关键词】 工程地质研究 优势面理论 区域稳定性 地基稳定性

1 工程地质研究的基本问题

工程地质研究中有两个最基本的问题，即区域稳定性与地基稳定性和环境工程地质问题。

区域稳定性主要是指地基不动？地基稳定性指地基好不好？区域稳定性和地基稳定性是两个不同而又密切相关的概念。在区域稳定性良好的情况下，则主要是研究地基稳定性问题；在区域稳定不利的情况下，则找寻工程地质条件相对良好的地基可以改善建筑物稳定条件。

地基的区域稳定性问题，一般是以活断层的研究和评价为基础。断层的活动性，既可以地震活动的形式表现出来，又可以断层蠕动和小错动的形式出现。前者通过确定地震烈度反映其影响；后者研究不多，对其实际意义现在还无法做出恰当的估计。

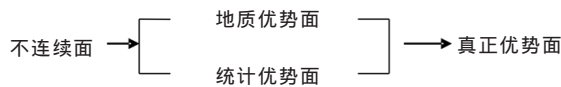
地基稳定性则以地基的坚实性作为评价的标准。构造破碎带、软弱结构面所形成的不稳定岩体、软弱岩石、淤泥质软土等，构成地基稳定性问题。

人类的工程活动，会使地质条件的自然平衡遭到破坏，从而危害人们的生活，这就是环境工程地质问题，环境工程地区的主要表现为地面沉降和塌陷、诱发地震、滑坡泥石流、水库坍岸、水土流失等，对此类问题本文不详述。

2 优势面理论的主要内容和工作方法

不管是区域稳定性还是地基稳定性都会受到某一主要构造带、某一组结构面或某几组结构面组合的控制和影响，这种控制和影响区域和地基稳定性的主要构造带和结构面，西方地质工作者称之为优势面。在我国，南京大学罗国煜教授从 20 世纪 50 年代开始潜心研究影响工程建筑地基稳定性的主导因素，经过大量的实践，形成了优势面分析的系统理论。该理论包括有三个方面内容：两类优势面观点、区域稳定与边坡稳定分析相结合的观点、新构造分析的观点。

何为优势面？南京大学罗国煜教授给它的定义是：指对区域稳定性和岩体（地基）稳定性起控制作用的结构面，并把那些数量少、性质差，对区域稳定性或地基稳定性影响大的结构面称之为地质优势面；把通过野外节理测量，室内图解统计所找出来的某些方位上最发育的裂隙群，即优势趋向面实质为数量优势面，称为统计优势面。地质优势面反映性质优势，统计优势面反映数量优势，将二者结合进行分析，找到真正的优势面。并得到优势面分析理论认识模式。



它分为 A 线和 B 线两种工作方法（图 1）。

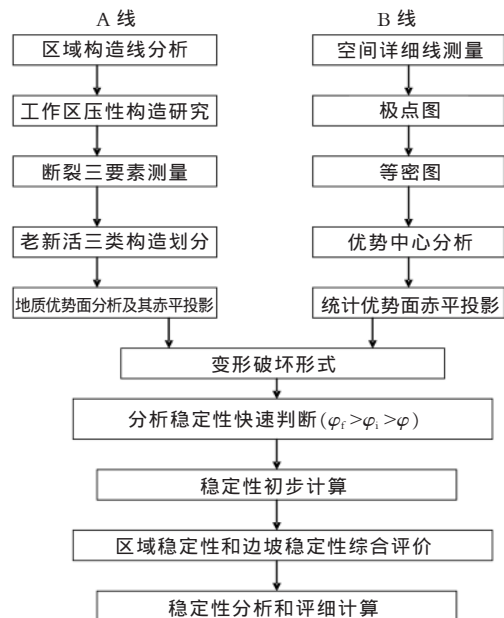


图 1 优势面分析理论认识模式

根据优势面理论分老、新、活三类构造的观点和方法,找出地质优势面——A线工作方法。地质优势面的确定依据三个基本概念,即按成因观点划分结构面;突出时间分析的主要因素;注意结构面与变形空间的几何关系。

应用图解分析法(将其详细线测量改为空间详细线测量)对工作区各种结构面作系统的量测和制图,得出统计优势面——B线工作方法。最后按地质分析(包括图解分析)和系统工程分析方法,进行两类优势面的组合分析,求取真正优势面和边坡(坝基)变形破坏的真正工程地质模型。

这样分析问题,既考虑到地质因素,又为防止主观和遗漏而采用统计学的方法加以配合,使我们对客观的认识更准确。

3 工程地质问题的评价与优势面分析方法

3.1 区域稳定性研究和评价问题

(1) 区域稳定性概念。

对于区域稳定性概念,我国目前存在有三种观点。

第一种观点认为:区域稳定性是指内力作用引起的构造活动,特别是断裂活动,地震活动对于工程建设地区稳定性的影响。这种影响通过活断裂的蠕动、错动和地震对工程造成危害。因此,研究途径重点抓活断层的特征、发展条件及现今构造应力场的分析,提出了根据优势面分析方法划分老、新、活三类构造的概念,即所谓活断层主要是指影响全新世的断裂,这是南京大学地质系肖楠森、罗国煜等教授的观点。第二种观点认为:区域稳定性是指一个地区的地壳是否正在产生差异性升降,水平错动、火山活动、断裂活动、特别是足以引起地震发生的剧烈活动和邻区可能发生的地震等地壳活动,以及由于地震引起的区域性物理地质作用,如断裂活动、岩崩、滑坡、砂土液化、粘土塑流、地面不均匀沉降等对地区安全的影响程度,这种观点认为研究对象主要是内动力引起的地质作用。为此,重点要找出活动性构造体系,复合体系等;研究地壳升降、第四纪与地貌;研究地震迁移,强度、震级、发震时间、地点等;最后综合考虑各种因素进行稳定程度分区和稳定性评价。

第三种观点认为:区域稳定性是指工程建设地区,现今地壳及其表层在内、外动力(以内力为主)的综合作用下的稳定程度,以及这种稳定程度与工程建筑之间的相互作用和影响。研究范围较广,包括构造活动(特别是断裂活动)、火山活动、地震活动、水热活动、区域物理地质作用以及人类工程活动引起的区域稳定性问题。研究途径应从构造体系分析着手,研究构造发育历史和演化过程;进一步研究活动构造体系特征及现今地应力场,以及发震断裂与地震震中的关系,发震的时空规律,从而确定不同烈度的地震危险区。由于不同区域有着不同的现今地壳活动特征和强度,以致产生不同的外引力作用,因此有着不同类型的物理地质作用的区域分布和活动规律。在评价区域稳定性时应综合考虑各种因素,分别动力作用类型及其作用强度。进行稳定性区划和稳定性评价。以便采取不同的防御和处理措施。

(2) 地震影响评价。

地震影响评价是为工程抗震设计服务的。现行工程抗震的设防标准依据于基本烈度,因此烈度评价是主要的方法。近些年来,又发展了地震地面反应分析方法,以提高评价的精度。

基本烈度是地震对一特定地区的人,人工结构以及地面影响的尺度。地震学家用以表示已发地震所造成的破坏程度,以宏观破坏现象为其等级划分标准。

对于工程地质工作者来说,最主要的是了解基本烈度是如何确定的。

基本烈度的确定:对一般工程可以直接查烈度区划图,重要的工程则要专门调查研究才能确定。

我们知道,地震危险区可能震级的大小和震源深度是决定烈度大小的基本因素。危险区的确定主要是找活动的深断裂带——地震构造带。

(3) 活动性的断裂研究。

优势面理论给我们提供了一种新的研究方法,它从优势面的四个指标出发(时间、规模、距离、活动周期)着重研究优势面的特征或叫活动性断裂的特征,它是区域稳定性研究的基础,包括两个方面:

- 区域性大断裂(深断裂)活动性研究。采取的工作方法有:卫星影像目视判释及计算机数字图像处理编制“卫片图像计算机处理及断裂构造图”,深部构造的地球物理资料分析,编制新生代沉积等厚线图,注意突变带、历史强震和近期弱震分布是指示断裂再活动性的最实际的标志;地质追索验证及用剖面法取样测断层年龄,断裂两侧的形变位移资料分析,断裂带火成岩性质可指示断裂切割深度——一般是切割深度显示超基性岩>中酸性岩>无火性岩。

- 工作区活动性断裂研究。其工作内容主要有航片解释,中比例尺图根据优势面理论划分老、新、活三类构造,活动性断裂直接标志,区域稳定性评价的原则和具体评价。

根据活动性断裂的危害为发震、错动和蠕动的基本观点,显然活动性断裂的查明即抓住了问题的根本。新构造断裂特别是活动断裂发育的地区,显然是区域稳定性较为不利的地区。

从地质力学观点来看,活动的构造体系扭震构造,活动性断裂带为发震构造。同一个活动构造体系也是不均一的,有的部位相对稳定,有的部位较活动,经常是某一个构造带——活动构造带最为活跃。在范围很大的活动构造带中最新活动的活动断裂带可能是强震位置,为发震构造,是我们工作中需特别注意的重点。

3.2 地基稳定性分析和评价

与构造有关的地基稳定性问题,主要有山体稳定性、地面稳定性和岩体稳定性问题。

山体稳定性最典型的例子是河谷飞采峰式构造对大坝坝基稳定性的影响,大坝接头处如果是一个没有根基的浅的推复构造显然是不利的(图2)。

地面稳定性,主要是水库岸坡塌陷、沉降和岩溶区溶洞洞顶坍塌等。

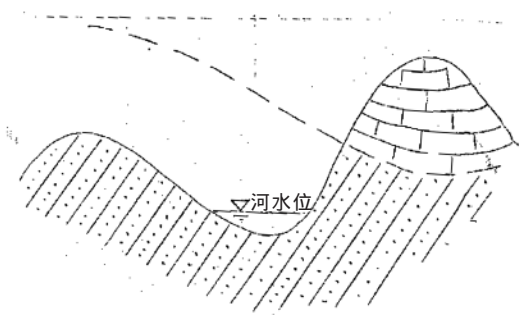


图2 山体稳定性构造示意图

岩体稳定性包括地下洞室、坝基和岩体边坡稳定等几个主要方面。

坝基和边坡的稳定性问题性质相近,都取决于区域稳定条件和结构面的性质及其组合关系,下面一并论述。

大家知道,岩石边坡的变形和破坏,通常是沿着岩体内存在的地质不连续面——结构面发生的。因此从事工程地质的人们都注意不连续面的研究。南京大学罗国煜教授的从不连续面——优势面的研究观点是一大发展。也就是说在研究边坡(或坝基)过程中,人们注意不连续面,但不是所有不连续面对边坡研究具有同等意义,只有那些控制和影响边坡(坝基)稳定的结构面才具有研究意义。运用两类优势面的分析方法,找出边坡(坝基)优势面就是这种对边坡(坝基)变形和稳定起主要作用的结构面。根据这一观点,优势面必须具有特定的性质、数量和产状,因此它在概念上不能等同于一般的边坡软弱结构面。优势面分析的工作方法和程序在前面已介绍。

通过两类优势面的综合分析得到的边坡优势面,可直接用于边坡稳定性的分析和评价(附表)。

附表 坝址右岸边坡优势面分析表(湖南某水电工程)	
项 目	分析结果
岩 组	变质砂岩
岩体结构	碎裂结构
边坡产状	290°/SE∠35~45°
地质优势面	70°/NE∠65°,345°/NE∠50°
统计优势面	100°/NE∠75°,60°/SE∠80°,290°/NE∠55°
边坡真正优势面组合分析图解	<div><p>快速判断($\varphi_i > \varphi_j > \varphi$)交点落在危险区,产生楔形滑动</p><p>$g_1: 70^\circ/\text{NW} \angle 65^\circ$ $g_2: 345^\circ/\text{NW} \angle 50^\circ$</p></div>

在罗国煜教授关于两类优势面理论的分析方法指导下,笔者有幸和罗教授及其带领的边坡研究组一起对湖南敷溪口坝址右岸边坡进行了研究。工作从两类优势面的划分和研究入手,分析了坝区各种类型边坡变形的基本特征,把室外研究与室内模拟实验有机地结合起来,并运用电子计算机进行了有限单元法的数学力学模拟,建立了以两个稳定性相结

合为基础,两类优势面的研究为依据,有限单元法和数学分析方法相配合的工程地质综合分析计算方法对敷溪口右岸边坡的稳定性进行了分析评价,认为敷溪口右岸边坡变形属蠕变变形,并提出了蠕变边坡工程地质条件的评价原则,取得了相应的成果。

罗国煜教授的优势面理论另一观点是运用新构造分析的方法进行边坡稳定性研究。他认为,了解地区新构造运动史,特别是近期新构造运动特征,对于了解地质背景,评价边坡稳定性现状,推断边坡变形发展趋势以及分析边坡变形机制很有帮助。例如用新构造观点把河谷岸坡分为上升区、下降区、地震危险区三个区来分析边坡的稳定性。

● 上升区。边坡随河流下切而加高,使控制稳定性的地质优势面外露,不稳定岩体的位能增大,因而边坡变形向不稳定的一面发展。

● 下降区。河流的堆积作用使边坡变矮变缓,阶地堆积物覆盖了那些控制性的地质优势面,不稳定岩体的势能减小且又受变形空间的约束,边坡发展趋势于稳定。如湖南敷溪口坝址右岸上游,有一体积为 74 万 m³ 的滑坡。野外工作过程中的同志原认为滑坡处于极限平衡状态,耽心水库建成蓄水后,发生再次滑动,引起涌浪问题。罗教授运用新构造分析认为,该区第四纪以来边坡虽然经历过滑动,但其后经过相对稳定和下降运动阶段,形成阶地堆积物反压滑体,使今日滑坡体处于稳定状态。根据罗教授意见,后补充做了野外地质调查和硃探、钻探工作,证明了罗教授的意见是正确的。

● 地震危险区。新构造运动,特别是现代构造运动强烈的地区,往往是地震危险区。在这样的地区分析边坡稳定时,必须考虑地震力的作用。在地震惯性的作用下,使滑体下滑力增加,抗滑力减少以及引起边坡中孔隙水压力和裂隙水压力增加等,可导致滑坡产生。

新构造分析的观点认为,新构造断裂对坝基和边坡稳定性起控制用,新断裂最可能构成影响坝基和边坡稳定性的主要优势面,主要影响表现为以下几个方面:

(1) 断裂方向往往构成滑坡的线状分布和指向,因新构造断裂多为地下水的通道,所以其上常发育山崩、滑坡、地陷,且具有方向性和覆盖性的特点。

(2) 沿新构造断裂往往构成带状和囊状风化,而成为边坡软弱部位。新构造断裂是风化营力的活动场所,在适合的条件下,可以形成很深的风化破碎带。

(3) 新构造断裂使周围结构面松动。在新构造断裂发育的部位,其周围若有较老的结构面时,已胶结或闭合的老结构面因受构造断裂的影响而发生局部松动,继之有可能成为新的优势面。

在工程地质研究中采用优势面理论分析方法,使地质分析和力学计算更密切地结合起来,体现了工程地质的主导作用,为工程地质人员提供了一个新的认识模式。

(收稿日期:2009-04-08)