

岩土工程 若干问题研究

——油新华论文集

煤炭工业出版社

岩土工程若干问题研究

——油新华论文集

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

岩土工程若干问题研究: 油新华论文集 / 油新华编著.

北京: 煤炭工业出版社, 2008. 8

ISBN 978 - 7 - 5020 - 3304 - 0

I. 岩… II. 油… III. 岩土工程 - 文集 IV. TU4 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 055142 号

煤炭工业出版社 出版

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

北京房山宏伟印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 7³/₄

字数 175 千字 印数 1—500

2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

社内编号 6109 定价 20.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

内 容 提 要

本书共收集论文 21 篇，内容涉及土石混合体和地铁施工方面的知识，具体包括土石混合体的概念和分类、土石混合体边坡的细观处理技术、土石混合体实测结构模型、随机结构模型的生成技术以及地铁隧道施工等方面的技术研究。

本书内容是作者多年来工程实践的经验总结，内容丰富，符合实际，适合从事岩土工程的技术人员参考阅读，也可供相关专业的院校师生学习参考。

自序

经过长时间的筹划，本书终于羞涩地和大家见面了。

自1998年到北京攻读博士学位以来，至今已有10年时间，先后在北方交通大学、中科院地质与地球物理研究所和北京城建集团从事多项课题研究和多项地铁工程的施工，积累了一定的施工经验，取得了一定的科研成果，其中《土石混合体实测结构模型的自动生成技术》一文在2005年“北京市第八届优秀青年科技论文评选”活动中获二等奖，《广州地铁五号线珠猎区间综合施工技术》在2007年获得北京城建集团科技进步一等奖，并出版《土石混合体》一书。

本书收录了作者自1999年以来在国内各杂志期刊上发表的论文21篇，其中包括土石混合体方面的论文7篇，地铁施工方面的论文8篇，其他方面的6篇。这些论文是作者在不同时期从事科学研究和工程实践的成果，内容主要包括土石混合体的概念和分类、土石混合体模型的自动生成、原位试验、物理模拟试验、数值模拟试验以及关于地铁隧道施工技术方面的研究。

理论源于实践，反过来又指导实践。本书的很多文章和内容说不上是什么理论，但它是来自于实践的一些经验总结和科技创新，希望此书的出版对从事岩土工程和地铁工程施工技术人员给以帮助。

由于作者水平所限，文中不当之处，恳请读者给予批评指正。

目 次

非轴对称荷载下立井围岩的应力应变分析及其应用·····	1
降雨诱发滑坡的作用机理及其预测预报·····	7
国外离心模型试验技术在边坡工程中的应用与现状·····	12
空间有限元网格自动生成算法的初步研究·····	17
白衣庵滑坡原状土的渗透性试验研究·····	23
土石混合体的随机结构模型及其应用研究(摘要)·····	27
土石混合体野外水平推剪试验研究·····	28
土石混合体的分类建议·····	33
土石混合体边坡的细观处理技术·····	39
土石混合体实测结构模型的自动生成技术·····	44
土石混合体的随机结构模型及其生成技术研究·····	49
土石混合体边坡数值模型的自动生成技术·····	56
基于项目部的招投标模式初探·····	61
不良地质条件下热力管道的施工技术·····	65
地铁施工风险的综合分析系统·····	70
地铁施工关键技术问题·····	80
地铁车站施工方法的综合决策·····	88
基坑围护桩施工地下障碍物的处理·····	92
盾构施工筹划原则及影响因素分析·····	96
隧道施工遇地下构筑物的处理·····	102
城市轨道交通工程造价的全过程控制·····	108
后记·····	115

非轴对称荷载下立井围岩的应力应变 分析及其应用*

摘 要 采用基于分离变量法的有限元半解析法,对立井在非轴对称荷载作用下开挖过程中的应力应变的动态变化情况进行了分析,得出了立井围岩位移和应力随开挖的变化规律,并结合支护分析提出了井壁支护设计与施工的最优方法,为立井井筒的设计和施工提供了新的思路,具有重要的理论价值和广泛的应用前景。

关键词 分离变量法 端部效应 空间轴对称 荷载释放系数

0 前言

将井筒视为无限长且将围岩视为各向同性线弹性体的应力分布已有精确的解析解^[1-3],但如果考虑井底的存在和边开挖边支护的施工特点以及立井承受非轴对称荷载的情况,则问题变得很复杂。此时用解析法求解时,井底的边界条件很难确定,而且不能得出精确的解析解,国内外也一直未见有此方面的文献。事实上,立井井筒都是有限长且边开挖边支护的,而且在实际工程中总是作用着这样或那样的非轴对称荷载。可见,对此问题进行研究有着重要的理论意义和广泛的应用前景。

立井承受两向不等压的非轴对称荷载,首先应采用分离变量法将荷载在 θ 方向上展开成傅立叶级数,利用物体在几何上的对称性,把一个非轴对称问题转化成一组轴对称问题来求解,通过应力-应变分析得出了在井底端部效应的影响下,立井围岩位移、应力随开挖的变化规律。然后考虑有支护的情况,提出了一种确定最优支护厚度、最优支护刚度、最优支护时间的方法。

1 计算模型和方法

考虑到立井结构特点和计算精度的要求,可以采用环形等腰直角三角形单元。又因岩体的局部开挖仅对一定的区域有明显的影 响,故计算范围可选为水平以 $5R$ 为界,垂直方向以井底向下 $6R$ 为界,如图1所示。为模拟井筒开挖,可采用等效节点荷载的方法^[1],此时取井深为 $H=nR$,分别对 $n=1, 2, \dots, 10$ 进行计算。

在考虑支护时,可仅改变原来外层单元的厚度和材料常

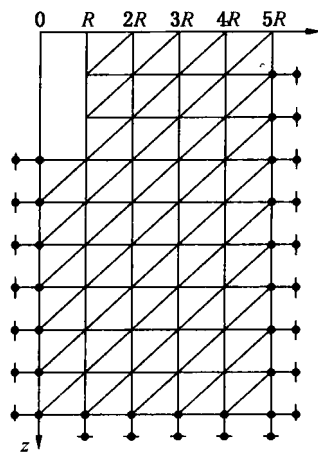


图1 立井模型的计算网格

* 本文发表在《湘潭矿业学院学报》,2000,15(1)。

数。因为开挖和支护不可能同时进行,所以说对于紧跟工作面的支护应当考虑到在支护完成并能发挥作用之前围岩的自由变形。支护前围岩的变形及支护刚度和支护发挥效应的时间对围岩最终变形的影响可以通过不断施加“反荷载”来模拟分析确定。

通常情况下,立井在竖直方向上受自重,水平方向受非均匀压力(图2)。对于任一横截面来说其受力情况如图2b所示,根据分离变量法将图2b中的非轴对称荷载化为图2c、图2d两种轴对称情况,然后分别求解,叠加后即得原问题图2b的解。图中:

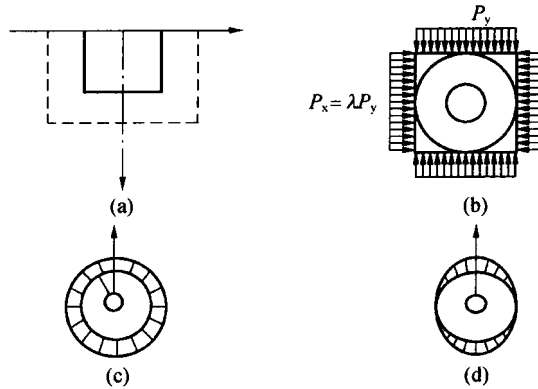


图2 轴对称结构非轴对称荷载实例

$$P_y = \frac{\mu}{1-\mu} \gamma z \quad P_x = \lambda P_y \quad (1)$$

式中 γ ——立井围岩介质的容重;

μ ——岩石的泊松比;

λ ——水平方向上的非均匀压力系数。

对 $\lambda=0$ 、 $\lambda=1/2$ 、 $\lambda=1/3$ 3种情况的详细研究结果见参考文献[4],这里由于篇幅有限,仅对 $\lambda=0$ 进行讨论。

2 计算结果的整理与讨论

2.1 位移随开挖的变化规律

图3所示为某时刻不同 θ 角井筒周边径向位移随开挖的变化规律。从图3中可以看出,在开挖面前后方一定距离内,由于井底的端部效应而引起的径向位移的变化规律。在开挖面前方约1.5倍井径的范围内即有不同程度的位移,在开挖面推进到两倍的井径距离以后位移才达到其最终值。

利用图3a的数值计算结果可以回归出井底端部效应影响时的围岩位移释放函数:

$$u_s = u_0 \left[1.0643 - 0.7143 \exp \left(-1.204 \frac{s}{d} \right) \right] \quad (2)$$

式中 u_0 ——距井底相当远时围岩的位移;

d ——井筒荒直径;

s ——计算点至井底的距离;

u_s ——至井底距离为 s 的计算点的位移。

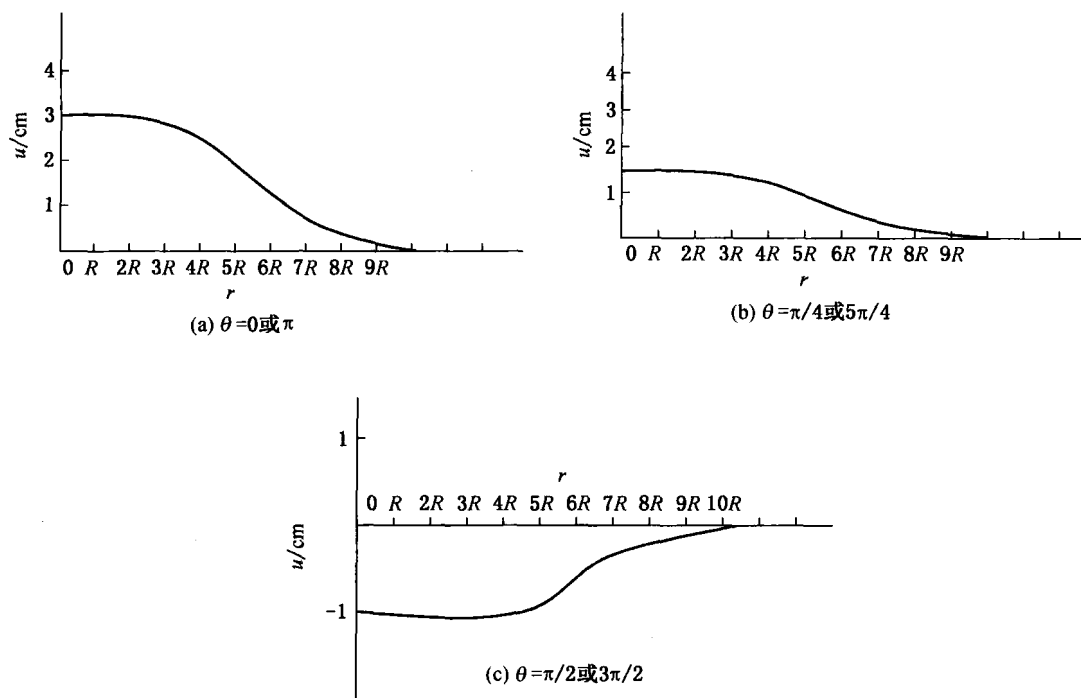


图3 $n=6$ 时围岩径向位移随开挖的变化规律

2.2 应力随开挖的变化规律

图4给出了 $z=5R$ 水平处井筒周边不同 θ 角处应力受开挖的变化规律。

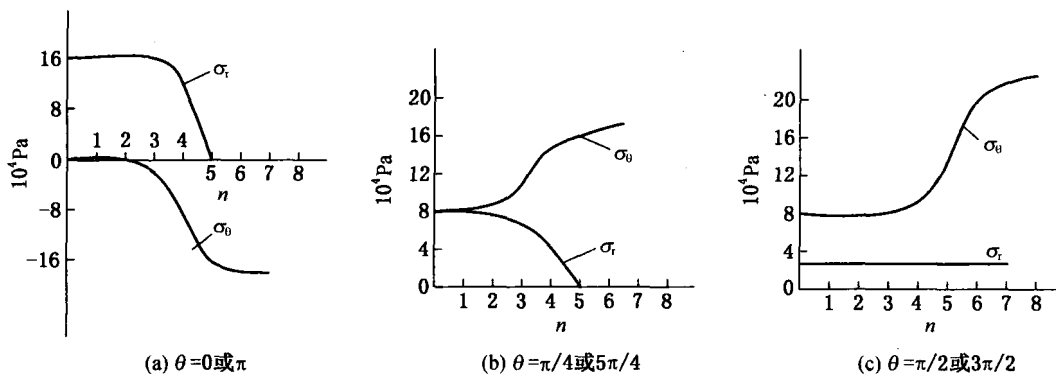


图4 $z=5R$ 水平应力随开挖的变化规律

2.3 考虑支护时最佳支护参数的确定

假设不支护时井筒周边释放的全部位移量为 u_0 ，支护前井筒周边释放的位移量为 Δu_0 ，则荷载释放系数为 $A = \frac{\Delta u_0}{u_0}$ ，它表示支护前围岩所释放的位移占不支护时井筒周边全部释放位移量的比率。设在离井底 L 处施加支护，则图5给出了不同 L 时的 A 值，它表明支护离开挖面越近，即 L 值越大， A 值越小，此时支护前井筒周边变形越小，受空间效应

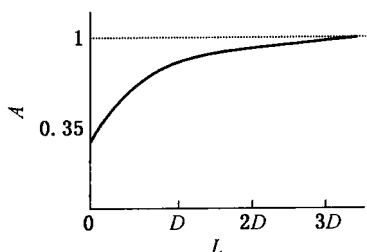


图5 A 与 L 的关系

的影响越大,所以围岩位移释放量越小,当 L 较大时,开挖面对井筒周边的变形约束消失,这时 $A=1$ 。根据数值计算的结果可以回归出 A 与 L 之间的关系式为

$$A = a + be^{-\frac{L}{b}} \quad (3)$$

式中 a, b ——回归系数,其中 $a=1.4070, b=-1.1570$;

α ——经验系数, $\alpha=-1.012$;

D ——井筒直径。

2.3.1 最佳支护时间的确定

图6给出了塑性区的大小与 A 的关系 (R_0 为塑性区半径, R 为井筒半径)。从图中可以看出:支护设置的越晚,即支护前井筒周边释放的位移量 Δu_0 越大, A 越大,则洞周塑性区越大。由围岩支护共同作用原理可知,在围岩稳定的前提下,扩大塑性区半径 R_0 ,就可降低为维护极限平衡状态所需的支护抗力。但当支护抗力小到一定程度时,塑性区就会出现急剧扩大,围岩周围出现松动圈,从而导致井筒失稳、破坏。根据这个原理就可以找出最优支护时间。在图6中找出曲线开始急剧上升的一点,它在横轴上的坐标即为最优支护时间的 A 值。然后再根据式(3)即可求出在何时进行支护可达到最佳效果。

2.3.2 最佳支护刚度的确定

图7给出了 A 与支护材料弹性模量 E_c 和围岩弹性模量 E 之比 ($m = \frac{E_c}{E}$) 之间的关系(这里假定支护厚度一定,即厚跨比 $n = \frac{T}{R}$ 一定, T 为支护厚度, R 为井筒半径)。

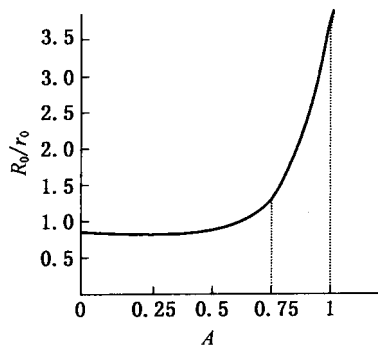


图6 R_0/r_0 与 A 的关系

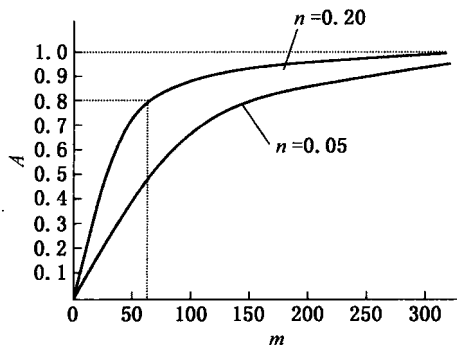


图7 A 与 m 的关系

从图7中可以看出以下两点:

(1) A 值随着 m 值的增加而增加,在 m 较小时增加速率很大;在 m 较大时,增加速率减小,其间呈双曲线关系。当 m 达到一定值后,继续提高支护材料的弹性模量并不能有效地减小洞周围岩位移及应力差 ($\sigma_r - \sigma_\theta$),因而试图通过采取高弹性模量的支护材料来保证井筒稳定性的做法,其效果是不显著的。

(2) 根据图7可以粗略地确定支护的最优刚度,即在双曲线曲率最大处取一点,根据此点在 m 轴上的坐标即可算出最优支护刚度。

2.3.3 最佳支护厚度的确定

图8给出了支护的厚跨比 n 与 A 的关系。从图中可以看出以下两点：

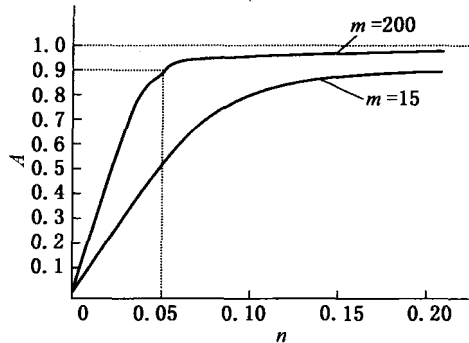


图8 A 与 n 的关系

(1) A 值随着支护厚跨比 n 的增加而增加，在 n 值较小时，增加速率较大；在 n 值较大时，增加速率减小。当厚跨比 n 达到一定数值后，继续提高 n 值并不能有效地减小洞周围岩位移及应力差 ($\sigma_r - \sigma_\theta$)，因而试图通过单独增加支护厚度的方法并不能有效地保证井筒稳定性。

(2) 从图8可以确定在 E_c 一定的情况下支护的最优厚度，同样在 $m=200$ 的曲线上取曲率最大的一点，根据其在 n 轴上的坐标值即可求出最优支护厚度。

3 工程实例

山东新汶矿务局某一立井井筒半径为5m，围岩平均弹性模量为 2.5×10^{10} Pa，泊松比为0.2，平均容重为 2.6×10^3 kg/m³，所处地域原岩应力主要为北东方向水平应力，大小为 2.5×10^6 Pa。根据介绍的方法可以求出井筒的最优段高，即当井筒施工至5.59m的时候开始支护效果最佳，支护的最优弹性模量为 1.52×10^{12} Pa，最优支护厚度为25cm。

4 结束语

在井筒的实际工程中，总是作用着这样或那样的荷载。对任意分布的非轴对称荷载，原则上都可以利用分离变量法将其分解为 n 个对称的或反对称的荷载之和，然后分别求解，叠加后即得原问题的解。

针对立井在竖直方向上承受自重，水平方向上承受非均匀压力的非轴对称情况进行了半解析法的有限元分析，得出了立井围岩位移和应力随开挖的变化规律，最后根据荷载释放系数 A 和 L , m , n 的关系提出了一种确定最佳支护时间、最佳支护厚度和最佳支护刚度的方法。

参 考 文 献

- [1] 于学馥, 刘怀恒, 等. 地下工程围岩稳定性分析 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1983.
- [2] 金丰年, 钱七虎. 隧洞开挖的三维有限元计算 [J]. 岩石力学与工程学报, 1996, 15 (3): 193-199.

- [3] 王渭明. 千米立井井壁应力分析及设计问题探讨 [J]. 煤炭学报, 1993, 18 (5): 505 - 509.
- [4] 油新华. 立井开挖与支护空间问题的研究 [O]. 山东: 山东矿业学院, 1998.

降雨诱发滑坡的作用机理及其预测预报*

摘 要 在参考大量文献的基础上,总结了降雨诱发滑坡的特点,对降雨诱发滑坡的作用机理进行了深入的研究,得出了降雨诱发滑坡预测预报的几种方法,最后提出了一些滑坡预防的措施。

关键词 降雨 诱发 滑坡 预测

0 前言

滑坡是世界上危害最大、影响因素最多、最难预测的自然灾害之一,而在促使滑坡产生与复活的影响因素中,降雨无疑是最主要的因素之一。自然界中除人为因素、地震等影响外,大多数的滑坡都是在降雨作用期间发生的。1982年7月中旬,川东地区特大连续性暴雨,发生了10万处以上的大小滑坡和崩塌,这说明了降雨对滑坡的影响之巨大。

降雨虽是一个不确定的变量,但它是自然影响因素中最经常发生的,它的作用与其他一系列的外动力作用以及力学作用机制相关联。例如,降雨饱和岩石,增大容重;岩土受湿,力学强度降低;雨水下渗、地下水位升高和流动,产生动静水压力和扬压力;使河水暴涨暴跌,不仅冲刷岸坡,淘蚀坡脚,渗入渗出坡体,而且造成岸坡的附加荷载;冲沟和坡面冲刷、破坏坡体,同时可能毁坏了保持坡体平衡的关键部位等。总之,这一系列由降雨引发的现象正是岸坡失稳和发生滑坡的根源。因此研究降雨与滑坡的关系、暴雨诱发滑坡的作用机理以及由此而引起的预测预报方法和采取何种预防措施,对于日常生活和生产实践有着极其重要的理论指导意义和实际操作意义。

在这些方面,国内外的学者已经进行了大量的研究工作^[1-17],并得出了一些比较有意义的结论,摸索出了一套比较实用的研究方法,给生活和实践带来了巨大的好处,创造出了较为可观的经济效益和社会效益。但是,这些研究都建立在一定区域、时段或一定地质条件和环境条件的基础上,有着一定的适用范围,因此有必要在这些研究成果的基础上,总结出一些具有普遍性的规律,为生产和实践提供切实可行的研究方法和手段。

1 降雨诱发滑坡的特点

滑坡发生的规模、大小、方式、范围以及时空和地域的特点与诱发滑坡的原因有着密切的关系。降雨诱发的滑坡有着与其他形式滑坡完全不同的特点。在一定的地区和国家,其降雨的时间和空间有着一定的特点和规律,而且随着每年降雨量的不同及降雨分布规律的差异,在滑坡的分布区域、数量多少、规模大小及危害程度等方面都有所不同。王少东、孔纪名、Kim等人对降雨滑坡的分布规律和特点都作过详细的调查和研究^[4,6,9],综合他们的研究成果可以看出降雨滑坡具有以下的特点:

* 本文发表在《第六届全国工程地质大会论文集》,2000.

(1) 滑坡产生的密集程度与当地的地形、地貌、地层岩性及构造条件等密切相关,也与各地当年的降雨量和降雨强度具有重要的关系,一般情况下,随着各地降雨量和降雨强度的增大而加剧。

(2) 降雨滑坡发生的时空规律和规模大小随着每年降雨量和降雨分布规律的不同而不同。在遭受大范围、长时间的暴雨后,滑坡一般具有来势猛、成灾快、分布面积广、规模大等特点。

(3) 在地貌条件和岩性条件都基本相同时,降雨滑坡受累计降雨量和日降雨量的控制。当累计降雨量超过一定阈值时,开始出现一些小型滑坡。表现在实际现象中,即在降雨过程的第1天或第2天中,开始出现少量的小型滑坡,这些滑坡多属于覆盖层顺层滑坡或坡积层滑坡,规模较小。但当累计降雨量或日降雨量超过一定阈值后,即在降雨过程的后几天中,滑坡大量发生,且规模较大。

了解了滑坡随降雨的变化关系,就可以分析降雨对滑坡的作用机理,进而掌握滑坡预测预报的方法,并为滑坡的预防提供正确的思路和可靠的手段。

2 降雨诱发滑坡的作用机理分析

地质体的稳定性取决于地质体的成分、结构及环境条件形成的力的平衡。滑坡环境条件的变化表现为对滑坡岩土体的加载以及改变其结构和力学性能等,通常情况下是降低滑坡体的稳定性能。一旦环境条件的变化打破了坡体物质、结构条件共同形成的力的平衡,则诱发滑坡产生和复活。

众所周知,环境条件的变化主要是指水文地质条件的变化,水对坡体稳定性的影响是极其重要且贯穿滑坡的全过程。降雨诱发滑坡就是通过降雨等地表水转化为地下水而起作用的。在此方面,人们已经对降雨诱发滑坡的作用机理进行了非常深入的研究。

王天国、肖文举、王少东和谢守益等人从某一地区或某些典型滑坡的实例出发,分析了降雨和滑坡的关系,研究了降雨诱发滑坡的作用机理,得出了一些相同的结论^[1,2,4,8]。他们认为降雨侵入斜坡体后起了3个方面的破坏作用:

(1) 雨水漫流,侵入坡体后在某一局部形成较高的水头,从而在坡体内造成较高的孔隙水静水压力和动水压力,并且饱和岩土体、增加视密度,提高了坡体的下滑能力。

(2) 雨水侵入坡体所造成的地下水浮力,降低了滑体自重所产生的岩土体抗滑摩阻力。

(3) 侵入坡体的雨水通过滑动面上岩土体的软化性能和水解性能,降低了滑动面岩土体的抗剪强度,有利于坡体的滑动。

正是由于这3个方面的破坏作用,大幅度地降低了坡体的稳定性。在一定的条件下,滑坡就会发生或复活,从而造成巨大的地质灾害,严重影响着人们的生命和财产安全。而这3个方面的作用在滑坡形成的过程中影响是不一样的,具体表现在:

(1) 在滑移面的形成过程中,前两个方面的作用是主要的,第3个方面暂时处于次要的地位。但在滑动面形成以后,又成为雨水排泄的主要通道,使坡体内的孔隙水压力和地下水的浮力相应减少,滑速将逐渐减弱。

(2) 流动的地下水对滑动面的冲刷破坏作用和整个滑动面上岩土体的软化、水解性能将继续发展,使滑坡体处于长期不稳定状态,并且由于已经有了一个滑动过程和滑面的存

在, 每年雨季都有可能产生新的滑动, 反映出各种老滑坡普遍具有的滑动变形特征。

(3) 在滑坡的诱发过程中, 第 3 个方面的作用占主要位置。当处于极限平衡状态的斜坡再一次接受雨水时, 将使斜坡产生两个效应: 一是部分雨水渗到可能的滑移面上继续对其软化, 使其强度进一步降低; 二是大部分雨水滞留在土、石孔隙、裂隙中, 增加土体的重力(静水压力)和动水压力, 当岩、土的重量增加到大于下伏软弱结构面的抗剪能力时, 便产生滑动。

上述的分析也表明, 前期降雨量和当日降雨量对滑坡的影响是不同的。在这方面, Olivier、Polloni、Brand、Wolle 等都作过比较认真的研究^[12,13,15,17]。Olivier、Polloni 和 Wolle 都强调了降雨历史即前期降雨量在滑坡形成中的重要作用, 而 Brand 则认为前期降雨量的作用不大。当然, 这都是建立在一定地区和一定地质条件的基础上的, 在对待某一具体问题还是要具体问题具体分析, 根据当地的特点, 得出当地的降雨滑坡的主要影响因素。

另外, Kim 分析了降雨和滑坡发生之间的关系, 得出了滑坡的区域性特点, 建立了滑坡发生与降雨强度之间的关系, 并通过一系列的试验研究了降雨强度对滑坡的重要作用^[9]。他认为降雨强度通过改变坡体的渗透作用而控制着滑坡的发生、发展和复活。在一定的范围内, 随着降雨强度的增加, 滑坡发生的速率加快, 时间提前, 这当然也与平时所观察到的现象相吻合。

以上这些是对各种降雨滑坡机理的普遍认识。还有人某一类型的滑坡进行了专题研究。王发读在浅层堆积物滑坡的特征及其与降雨亲和关系定性分析的基础上, 得出了降雨对浅层堆积物滑坡的影响机理^[7]。他针对滑坡发生的不同阶段把降雨的作用分成了以下 4 种类型, 即初始激发启动作用、改变岩土性状, 解除“自锁”作用、渗透浮托助推作用、整体增荷加压作用。由于降雨在滑坡形成中的这 4 种作用, 从而诱发了浅层堆积物滑坡。

综上所述, 降雨滑坡不仅与当地的地形、地貌、地层岩性构造条件有关, 而且与各地当年的降雨量和降雨强度有着极其重要的关系。前者是滑坡形成的内因, 后者是滑坡发生、发展的直接外因条件, 而且是最主要的影响因素。因此研究降雨对滑坡的影响机理有着极其重要的意义。只有研究降雨滑坡的机理, 才能有针对性地进行预防和治理。

3 降雨诱发滑坡的预测预报

滑坡研究的一个主要目的就是要较为准确地提出滑坡位移值以及失稳破坏时间, 探求预警警戒值, 以便指导防灾减灾。滑坡的预测预报基于对滑坡因素和滑坡机理的正确认识和分析, 在此基础上预知滑坡发生的空间位置、时间和速率等。预测的方法主要有工程地质类比法、稳定性系数计算法、滑坡推力计算法、滑坡演变历史推断法、位移速率-时间曲线图解法等。但由于降雨滑坡有其独特的特点而具有与众不同的研究方法。综观近年来的研究资料^[6,7,9,10,11,14,16]可以看出, 在降雨滑坡预测方面, 数理统计方法正在显示它的优势, 并逐步占据了十分重要的地位。总结起来, 可以分为以下几种方法:

(1) 滑坡-降雨关系曲线法。这种方法主要是在降雨与滑坡的相关性分析的基础上, 提出降雨诱发滑坡的雨量临界值。孔纪名在分析了日降雨量和累计降雨量与滑坡事件的关系以后, 提出了在累计降雨量超过 100mm 时, 各地就开始出现一些小型滑坡。而当累计降雨量超过 200mm、日降雨量超过 100mm 时, 就出现大量的滑坡^[6]。王发读在浅层堆积

物滑坡位移量和降雨量的相关性分析的基础上,建立了二元回归预测模型,通过降雨量的预测数值,对应求出滑体位移值,然后结合宏观迹象分析进行预测预报^[7]。Kim 则建立了滑坡与降雨强度之间的预测模型,作为预测滑坡的报警系统,得出了小型、严重型和灾难型滑坡的临界雨强值^[9]。但是 C. W. W. Ng 却认为以降雨强度作为滑坡的报警信号有可能是不恰当的,而应该以前期降雨量来进行研究^[11]。

(2) 样本分析法。张年学等人则以每年最大一次降雨量为统计样本进行统计分析,然后通过实例分析,确定并提出产生滑坡的阈值参数,最后通过概率分析,给出滑坡产生或复活的降雨概率^[10]。这种方法的优点在于它并不是简单地以雨量或雨强临界值来预测滑坡是否发生,而是根据概率分析的方法给出滑坡发生的可能性有多大。

(3) 时间序列分析法。Cascini 等人建立了一个包括水文地质模型的数学模型系统,它在实时获取的降雨量或渗透压力数据的基础上,利用时间序列分析的方法,得出滑坡发生的概率,从而达到实时预报的效果^[16]。

(4) PC (Precipitation Coefficient) 法。这种方法在于计算出考虑连续降雨量,并将最近降雨量而不是前一段时间降雨量放在比较重要位置的降雨系数 (PC)^[14]。PC 的计算公式为

$$PC = \sum_{i=1}^n \frac{P_i \lambda^{n-i}}{PT}$$

式中 P_i ——第 i 天的降雨量;

PT ——规定年限内的最大降雨量;

λ ——小于 1 的系数,它取决于坡体材料的排水能力和本地区的水文地质条件。

通过对某一地区滑坡历史和降雨历史的研究和统计分析,计算每一定时段的 PC 曲线,找出滑坡发生时的 PC 值,就可以找出临界 PC 值,然后就可以对滑坡进行预测。

(5) 动态位移分析法^[3]。殷坤龙的方法基于这样的事实:降雨过程中及其延后的一段时间内,地下水的变化是很复杂的,是一个动态的过程,总体是经历一个逐渐上升而后又逐渐下降的过程,正是由于这种变化而引起坡体稳定性系数的变化。在稳定性系数 K 的计算公式中,滑体饱水部分的铅直厚度 h_0 是一个动态变化的量,它随下渗量和沿滑动面方向上的排泄量而呈现升降变化,从而引起稳定性的变化。令 $K=1$, 求出临界 h_0 值,根据 h_0 的变化,确定累计位移,进行滑坡的位移量预测。

以上这几种方法各有其优缺点,这要根据当地的水文地质条件以及降雨特点进行灵活运用,以达到预期的效果,为生活和生产服务。

4 降雨诱发滑坡的防治措施

滑坡在我国特别是四川、云南等省份特别普遍,且成灾规模大、范围广,给人民的生命财产和国家的各项基本建设事业造成了重大损失。因此一定要做好滑坡的预测预报工作,同时要采取一定的防治措施,避免降雨对滑坡的进一步影响而造成更大的灾害。

(1) 今后在农村居民点建设、工业交通选场、选线中,都要着眼于山地灾害的防治工作,以使本地区保持良好的水文工程地质条件。

(2) 以预防为主、生物措施为辅,并与适当的工程措施相结合,坚持山、水、林、田、路综合治理的方针。

(3) 对出现险情的滑坡应及时排水、填缝、削坡减载、去掉危石,受到危及的房屋要搬迁,必要时可采取锚固、修挡土墙、打抗滑桩等工程措施。

参 考 文 献

- [1] 王天国,等. 云阳县暴雨滑坡初探 [J]. 滑坡分析与防治. 重庆:科学技术文献出版社重庆分社, 1984.
- [2] 肖文举. 四川忠县“82.7”暴雨滑坡总结 [J]. 滑坡文集.
- [3] 殷坤龙. 滑坡位移的动态分析——大气降雨对滑坡的影响 [J]. 水文地质工程地质, 1990 (3).
- [4] 王少东. 四川雨季滑坡规律的初步探讨 [J]. 滑坡文集.
- [5] 殷坤龙, 晏同珍. 滑坡预测及相关模型 [J]. 岩石力学与工程学报, 1996 (15).
- [6] 孔纪名, 陈自生. 川东 89.7 暴雨过程中的红层滑坡 [J]. 滑坡文集.
- [7] 王发读. 浅层堆积物滑坡特征及其与降雨的关系初探 [J]. 水文地质工程地质, 1995 (1).
- [8] 谢守益, 徐卫亚. 降雨诱发滑坡机制研究 [J]. 武汉水利电力大学学报, 1999 (1).
- [9] S. K. Kim, W. P. Hong, Y. M. Kin. Prediction of rainfall - triggered landslides in Korea [M]. International symposium on landslide, 1991.
- [10] Zhang nianxue, Sheng Zhuping. Probability analysis of rain - related occurrence and revival of landslides in Yunyang - Fengjie area in Sichuan [M]. International symposium on landslide, 1991.
- [11] C. W. W. Ng, Q. Shi. Influence of rainfall intensity and duration on slope stability in unsaturated soil [J]. Quarterly Journal of Engineering Geology, 1998. 31, 105 - 113.
- [12] M. Olivier, F. G. Bell, C. A. Jerny. The effect of rainfall on slope failure, with examples from the greater Durban area. 7th international IAEG Congress.
- [13] G. Polloni, M. Ceriani, S. Lauzi, et al. Rainfall and soil slipping events in Valtellina [M]. International symposium on landslide, 1991.
- [14] F. Capecchi, P. Focardi. Rainfall and landslides: Research into a critical precipitation coefficient in an area of Italy [M]. 4th international conference on soil mechanics and foundation engineering, 1989.
- [15] E. W. Brand, J. Premchitt, H. B. Phillipson. Relationship between rainfall and landslides in HongKong [M]. 4th international conference on soil mechanics and foundation engineering, 1989.
- [16] L. Cansini, P. Versace. Relationship between rainfall and landslide in a gneissic cover [M]. 4th international conference on soil mechanics and foundation engineering, 1989.
- [17] C. M. Wolle, W. Hachich. Rain - induced landslides in southeastern Brazil [M]. 4th international conference on soil mechanics and foundation engineering, 1989.