

土锚设计 (二)

韩学广

(续接上期)

2.2 土坡稳定分析圆弧法

2.2.1 基本原理

根据土坡极限平衡稳定进行计算。自然界均质土坡失去稳定, 滑动面呈曲面, 如图 5 所示。通常滑动曲面接近圆弧, 可采用圆弧计算, 称为圆弧法。

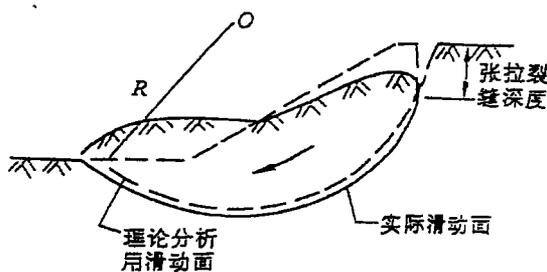


图 5 均质土坡滑动面

圆弧法最初是由瑞典科学家研究出来的。位于北欧斯堪的纳维亚半岛东半部, 呈南北向狭长地形的瑞典, 存在大面积冰川时期和冰川后期沉积的厚层高灵敏度粘土。在修建房屋、铁路时扰动土的结构降低了土的强度, 导致多次大规模滑坡, 造成大量生命财产损失。瑞典政府组织国家铁路岩土工程委员会研究防治滑坡, 该委员会在大量实地滑坡调查的基础上, 研究了滑坡稳定分析圆弧法, 于 1916 年由贺尔汀 (H. Hultin) 和裴德逊 (Pettersson) 首先提出, 后由费伦纽斯 (W. Fellenius) 修改并在世界各国普遍推广应用, 被太沙基认为是现今岩土工程中的一个里程碑。

当土坡沿 \widehat{AB} 圆弧滑动时, 可视为土体 $\triangle ABD$ 绕圆心 O 转动。取土坡度 $1m$ 长度进行分析:

(1) 滑动力矩 M_T , 由滑动土体 $\triangle ABD$ 的自重 在滑动方向上的分力产生。

(2) 抗滑力矩 M_R , 由滑动面 \widehat{AB} 上的摩擦力和粘聚力产生。

(3) 土坡稳定安全系数 K

$$K = \frac{\text{抗滑力矩}}{\text{滑动力矩}} = \frac{M_R}{M_T} = 1.1 \sim 1.5$$

安全系数 K 的取值, 根据建筑物的规模、等级、土的工程性质、土的强度指标 c 、 ϕ 值的可靠程度及地区经验等因素综合考虑。如重要工程密云水库大坝, $K=1.5$; 临时性小工程, $K=1.1$ 。参照规范。

(4) 试算法确定 K_{min}

由于上述滑动面 \widehat{AB} 是任意选定的, 不一定是 最危险的真正滑动面。所以通过试算法, 找出安全系数最小值 K_{min} 的滑动面, 才是真正的滑动面。为此, 取一系列圆心 O_1, O_2, O_3, \dots 和相应的半径 R_1, R_2, R_3, \dots , 可计算出各自的安全系数 K_1, K_2, K_3, \dots , 取其中最小值 K_{min} 的圆弧来进行设计。

2.2.2 计算步骤

(1) 用坐标纸, 按适当的比例尺绘制土坡剖面图, 并在图上注明土的指标 γ 、 c 、 ϕ 的数值。

(2) 选一个可能的滑动面 \widehat{AB} , 确定圆心 O 和半径 R 。在选择圆心 O 和圆弧 \widehat{AB} 时, 尽量使 \widehat{AB} 的坡度陡, 则滑动力大, 即安全系数 K 值小。此外, 半径 R 应取整数, 使计算简便。

(3) 将滑动土体竖向分条与编号, 使计算文 便而准确。分条时各条的宽度 b 相同, 编号由坡脚 向坡顶依次进行, 如图 6 所示。

(4) 计算每一土条的自重 Q_i

$$Q_i = r b h_i$$

式中 b —土条的宽度, m ;

h_i —土条的平均高度, m 。

(5) 将土条自重 Q_i 分解为作用在滑动面 \widehat{AB} 上的两个分力 (忽略条块之间的作用力)。

$$\text{法向分力 } N_i = Q_i \cos \alpha_i$$

$$\text{切向分力 } T_i = Q_i \sin \alpha_i$$

其中 α_i 为法向分力 N_i 与垂线之间的夹角, 如图 6 所示。

(6) 计算滑动力矩

$$M_T = T_1 R + T_2 R + \dots = R \sum_{i=1}^n Q_i \sin \alpha_i$$

式中 n —土条的数目。

(7) 计算抗滑力矩

$$\begin{aligned} M_R &= N_1 \operatorname{tg} \phi R + N_2 \operatorname{tg} \phi R + \dots + c L_1 R + c L_2 R + \dots \\ &= R \operatorname{tg} \phi (N_1 + N_2 + \dots) + R c (L_1 + L_2 + \dots) \\ &= R \operatorname{tg} \phi \sum_{i=1}^n Q_i \cos \alpha_i + R c L \end{aligned}$$

式中 L_i —第 i 个土条的滑弧长度, m ;

L —圆弧 \widehat{AB} 的总长度, m 。

(8) 计算土坡稳定安全系数

$$K = \frac{M_R}{M_T} = \frac{R \operatorname{tg} \phi \sum_{i=1}^n Q_i \cos \alpha_i + R c L}{R \sum_{i=1}^n Q_i \sin \alpha_i} = \frac{\operatorname{tg} \phi \sum_{i=1}^n Q_i \cos \alpha_i + c L}{\sum_{i=1}^n Q_i \sin \alpha_i}$$

(9) 求最小安全系数 K_{\min} , 即找最危险的圆弧。重复步骤 (2) ~ (8), 选择不同的圆弧, 得到相应的安全系数 K_1, K_2, K_3, \dots , 取其中最小值即为所求的 K_{\min} 。

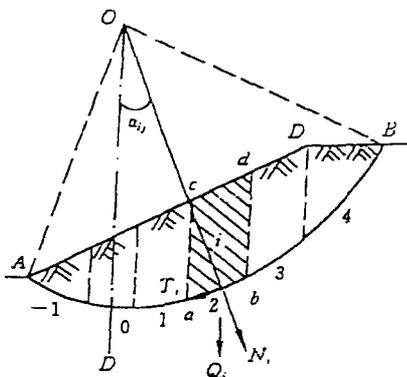


图 6 土坡稳定分析圆弧法

由上述可知, 土坡稳定计算工作量大。初学者计算一个滑动圆弧需 2 小时左右。大型水库大坝稳定计算, 上、下游坝坡每一种水位需计算 50~80 个滑动圆弧, 画出安全系数的等高线, 才能找出最小的安全系数 K_{\min} 。现在可以用计算机进行计算, 则可节省时间, 加快速度。但对中小型土坡或简单土坡, 则手算仍较方便。

这种方法多用在路堑边坡及工程山丘边坡稳定验算上。

为满足工程稳定及满足安全系数, 除岩土体自身抗滑力外, 不足部分采用锚杆 (索) 等措施。锚杆 (索) 抗力则采用前边的方法。

2.3 锚杆抗拔问题

2.3.1 锚杆抗拔作用分析

当锚杆受力时, 非锚固段的钢筋 (钢绞线) 可自由伸长, 因此非锚固段中不能灌浆锚固。钢筋受拉后即传到锚固段, 在锚固段中通过钢筋 (钢绞线) 与周边水泥砂浆的握裹力而传递到砂浆中, 再通过砂浆与周围土层的摩阻力传递到整个锚固段地层中去。因此锚杆抗拔受力有以下几个因素:

- (1) 钢筋 (钢绞线) 有足够的截面承受拉力;
- (2) 锚固段的砂浆对钢筋 (钢筋线) 的握裹力要能承受极限拉力;
- (3) 锚固段土层对砂浆摩阻力要能承受极限拉力;
- (4) 挡土桩、土体、锚杆在最不利条件下能保持整体稳定。

2.3.2 钢筋与砂浆的握裹力

图 7 为锚杆中钢筋受拉力后, 钢筋与砂浆、砂浆与土层所产生的力的情况。

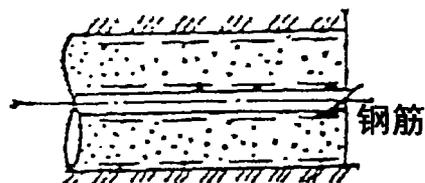


图 7 锚杆纵向剖面受力图

钢筋与砂浆握裹力与长度关系公式为：

$$\frac{\pi}{4} d^2 \sigma_s = \pi d L \mu$$

式中 d — 直径

σ_s — 钢筋抗拉强度

L — 握裹长度；

μ — 钢筋与砂浆握裹力 (25~40kgf/cm²)

上式写成 $L = \frac{\sigma_s d}{4 \mu}$

2.3.3 锚杆孔壁土与砂浆的极限摩阻力

锚杆土层与砂浆的极限摩阻力，取决于土的性质、土的内摩擦角、粘聚力，取决于锚杆的埋置深宽。锚杆周面上的极限摩阻力可由试验抗拔数据积累资料确定，也可用公式计算出数值为根据再计算锚固长度，施工前应作抗拔试验以验证设计数据。一般灌浆锚杆采用

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \psi + c$$

式中 τ — 抗剪强度 (kgf/cm²)；

σ — 孔壁周边法向应力 (kgf/cm²)；

ψ — 土的内摩擦角 (度)；

c — 土的粘聚力 (kgf/cm²)。

上式亦可用 $\tau = K_0 \gamma h \operatorname{tg} \psi + c$ 来表达。

K_0 为土压系数，砂上层取 $K_0=1$ ，粘土取 $K_0=0.5$ ， γ 为土的容重， h 为锚杆覆盖上的厚度 (m)。

根据经验和计算，一般灌浆锚杆的锚固段(有效长度)为 10m 左右，联邦德国资料认为 6~7m 最为经济。因此钢筋与砂浆的握裹长度，可以不予考虑，实际抗拔试验表明位移是从土层与砂浆之间开始的，最后破坏也是由于上层与砂浆间的摩

阻力达到极限而产生的。

2.4 锚杆(索)的锚固长度及非锚固长度

2.4.1 计算参数(某工程)

根据地质勘探资料的计算参数 $\gamma = 1.9 \text{t/m}^3$ ， $\psi = 37^\circ$ (砂层③中)， $K_0=1$ ，施工机械做成的倾角为 13° ，锚杆孔径 $\Phi 140 \text{mm}$ ，锚杆间距 1.5m，如图 8 所示。

2.4.2 求非锚固段长度(即 a_c)

$$ab = (13 + 2.3 - 4.5) \operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\phi}{2}) = 10.8 \operatorname{tg} 26.5^\circ = 5.38 \text{m}$$

在三角形 acb 中 $\angle abc = 90^\circ - 26.5^\circ = 63.5^\circ$

$$\text{在三角形 } abc \text{ 中 } \angle acb = 180^\circ - 13^\circ - 63.5^\circ = 103.5^\circ$$

根据正弦定律 $\frac{ab}{\sin acb} = \frac{ac}{\sin abc}$

$$ac = \frac{ab \sin abc}{\sin acb} = \frac{5.38 \times \sin 63.5^\circ}{\sin 103.5^\circ} = 4.95 \text{m}$$

非锚固段(自由段) = 4.95m

2.4.3 求锚固段长度

已算出锚杆在间距 1.5m 时所受水平分力为 34.48tf，则轴力应为 $\frac{34.48}{\cos 13^\circ} = 35.38 \text{tf}$ 。

$$\tau = K_0 \gamma h \operatorname{tg} \psi + c$$

式中 $K_0=1$

$c=0$ 砂层

如图 8 所示先假定锚固长度为 10m，0 点为锚固段中心，则 $a_0 = ac + c_0 = 4.95 + 5 = 9.95 \text{m}$

$$h = 4.5 + a_0 \sin 13^\circ = 6.74 \text{m}$$

$$\tau = 1 \times 1.9 \times 6.74 \times \operatorname{tg} 37^\circ = 9.65 \text{tf/m}^2$$

如果假定安全系数(对临时性锚杆(索))为 1.5

$$\text{锚固长度} = \frac{35.38 \times 1.5}{0.14 \pi \times 9.65} = 12.5 \text{m}$$

原假定 10m 予以修正

$$h = 4.5 + (4.95 + \frac{12.5}{2}) \sin 13^\circ = 7.02 \text{m}$$

$$t = 1.9 \times 7.02 \times \operatorname{tg} 37^\circ = 10.05 \text{tf/m}^2$$

$$\text{锚固长度} = \frac{35.38 \times 1.5}{0.14 \pi \times 10.05} = 12 \text{m}$$

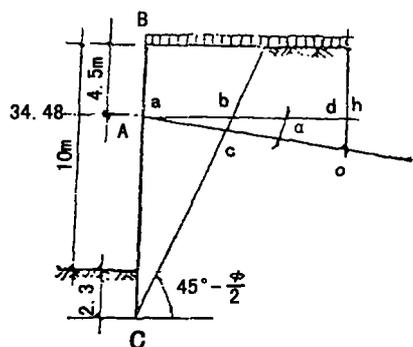


图 8 锚杆锚固段计算示意图

设计锚固长度应为 12m。

计算极限摩阻力每米应为

$$10.05 \times 0.14 \pi = 4.42 \text{tf/m}$$

实际锚固长度可以根据试验锚杆(索)实验所得数据算出每米极限摩阻力,除以设计单根总力即得锚固长度。锚固长度不是无限制的长度,德国的资料认为 6—7m 最为经济,而北京工程所测数据 10m 为最良好,软弱土质如天津 18m 仍有应力反映。

五、锚固段受力图(见图 9、10、11)

锚固段长度,不同受力分布与不同灌浆方法而不同。如采用压力灌浆二次劈裂灌浆等不同方法,受力分布也不相同。

截止目前所有锚杆(索),压力分散型,拉压分散型的受力状态更为良好。

六、部分国家岩土锚杆(索)采用的安全系数(见表 1)

必须十分慎重地对待锚杆的安全系数。

(1)根据锚索的设计工作年限及破坏后可能

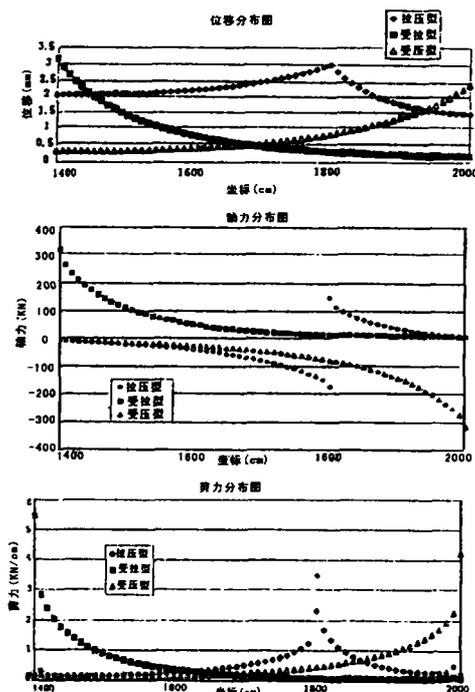


图 9 拉压型、受拉型受压型 位移、轴力剪力分布图

造成的危害程度,严格按我国规范要求,采用相应的安全系数。

(2)在塑性指数大于 17 或地下水发育并有侵蚀性的地层中安设永久性锚杆,其安全系数不得小于 2.2。治理滑坡的永久性锚索,安全系数 K 应不小于 2.0。

(3)为检验锚索是否满足安全系数的要求,根据工程和有关规范作试验。

七、岩土锚固工程设计理论的现状

岩土工程和地下工程的共同特点是建筑物与岩土地基或者其周围的岩土体形成了密切的共同作用体系。由于这些地基和围岩是由千变万化的地质体所构成,因此上述体系的力学稳定性分析以及岩体工程建筑物和地下工程建筑物的设计理论历来均是研究者们十分关注的难题。在本节的叙述中主要涉及岩土边坡和深基坑等岩体锚固工程的稳定分析和设计计算程序问题,同时也叙述了一些有关地下工程稳定性分析的计算程序。

岩土锚固工程的分析和设计方法,总体上讲可以分为三大类,其中第一类是以极限平衡理论为基础的分析计算方法;第二类是以数值计算为基础的

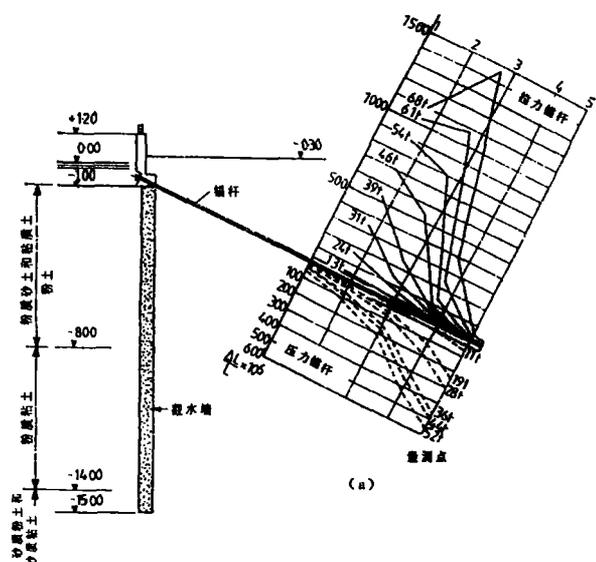


图 10 压力型锚索和拉力型锚索荷载分布图

分析计算方法, 目前这种方法已开发出了为数众多的计算程序; 第三类是集成分析计算方法, 这类方法是工程软件发展的趋势之一, 它的思路是: 将工程地质研究、理论分析、数值计算、工程设计、未来预测以及 AutoCAD 绘图等均集成在一个软件中。下面简单介绍这三类方法及其各自的分析软件的主要特点。

1、极限平衡为基础的分析计算软件

(1) 土质边坡稳定分析软件 SLIDE

这是由加拿大多伦多大学岩土工程课题组开

发的交互式土质边坡稳定性分析软件, 由前后处理模块(Slide.exe)和计算模块(Comp-87.exe)组成。通过处理模块的执行建立边坡几何形状, 并由菜单提示输出必要的参数, 计算后直接输出稳定性指标。

(2) 理正岩质边坡稳定分析软件

本软件适用范围较广泛, 它可用于二维滑动体模型(滑裂面直线或折线), 三维楔形体模型, 夹层、互层、透体等任意复杂的岩土模型; 还能考虑地震作用, 张裂隙作用, 裂隙水作用, 锚杆

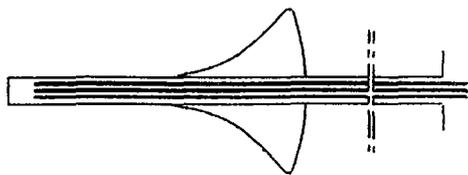


图 11-1 拉力型锚索水泥砂浆体与孔壁间剪应力沿内锚固段长度分布状态

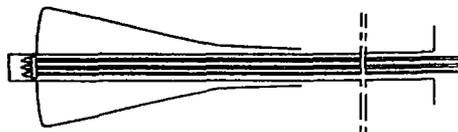


图 11-2 压力型锚索水泥砂浆体与孔壁间剪应力沿内锚固段长度分布状态

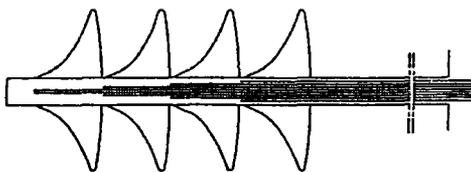


图 11-3 拉力分散型锚索水泥砂浆体与孔壁间剪应力沿内锚固段长度分布状态

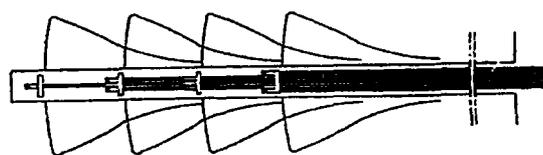


图 11-4 压力分散型锚索水泥砂浆体与孔壁间剪应力沿内锚固段长度分布状态

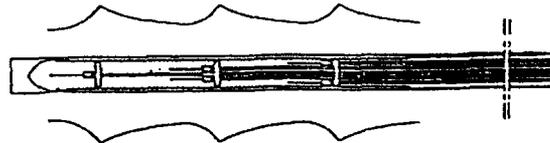


图 11-5 拉压分散型锚索水泥砂浆体与孔壁间剪应力沿内锚固段长度分布状态

图 11 锚固段长度不同受力分布图

表 1 岩土锚杆(索)的安全系数

国家	规范	出版年代	安全系数	
			临时锚杆	永久锚杆
瑞士	SIA191	1977/95		1.8、1.8、2.0
美国	PTI-Recom	1979/95		2.0
英国	BS8081			2.0
英国	DD81	1982		2.0
国际预应力协会 FIB	Recom	1982		2.0
前苏联	Recom	1982		2.0
日本	ISFDI-77	1977/92		2.0
中国	CECCS22:90	1990	1.4、1.6、1.8	1.8、2.0、2.2
中国	GBJ85-86 (修订报批稿)	待出版	1.4、1.6、1.8	1.8、2.0、2.2
中国香港	Model Speci	1984	1.6、1.6、1.8	2.0

* 美国规范规定对锚索预应力筋的安全系数是 1.67。

作用和任意方向的外荷作用等影响因素；作为计算结果，它可以输出安全系数-临界加速度系数的关系曲线，安全系数-坡度关系曲线，安全系数-坡角关系曲线，以及结构面上的正压力、下滑力、岩体重力和各种几何参数等计算结果。以上性能使本软件具有较好的实用性。

(3) 三维楔形体滑动分析与计算软件 WINTAM

该软件是对岩质含有四面楔形体的边坡进行分析的计算软件，此楔形体是由两个结构面交叉组成的，计算中忽略了转矩的影响，但考虑了各潜在滑动面具有不同的抗剪强度、张裂隙的存在、楔形体顶面的倾斜度、地下水压力的变化以及外力的影响等等。而外力可以是荷载、锚固力和地震力所引起的。

(4) 一般滑动模式分析与计算软件 GENSAM

本软件程序能够对任何给定潜在滑动面形状的边坡进行稳定性分析。

2、有限差分法为基础的分析计算软件

本节介绍的FLAC是以有限差分法为基础而编制的分析软件程序。它可以进行土质、石质和其他材料的三维结构受力特性模拟和塑性流动分析。FLAC程序中采用的“显式拉格朗日”算法和“混合-离散分区”技术能够非常准确地模拟材料的塑性破坏和流动。由于无须形成刚度矩阵，因此，基于较小内存空间就能够求解三维岩土工程问题。

3、有限单元法为基础的分析计算软件

(1) NOLM 二维弹塑性静力分析软件

该软件主要用于岩土工程的应力-应变分析、稳定性分析，以及对地震和地质科学中的某些数值模拟分析。在单元类型上，它除了包含岩体间断性的节理单元、无限区域单元节理单元、边界位移单元之外，还包含模拟金属锚杆和混凝土中钢筋的杆单元，模拟隧道中抗剪薄衬砌单元。在前处理中，该程序包含了各种弹塑性材料模型，并且在各种模型中都包含金属材料的应变强化、温

度软化、以及岩土介质的应变软化和渗水软化等特性。另外，该程序还能模拟岩土工程的任何开挖与支护过程以及研究施工过程中岩石的松动和灌浆加固对应力的影响。尽管该程序存在数据文件准备工作量大、材料模型中的参数较难确定、后处理要求使用绘图仪等缺点，但是由于它的上述特点正是其他程序中所欠缺的，因此它仍是经常被选用的程序之一。

(2) NCAP 二维有限元分析软件

NCAP程序包括NCAP-2D二维非线性有限元程序，NCAP-VEP粘弹性有限元程序以及NCAP-BAI粘弹性程序反分析程序等系列。本程序主要用于地下工程（最初用于地下矿山采场和巷道）的应力分析、位移计算以及地应力和岩体参数的反分析。由于程序前期处理均具有较实用的功能，因此，它是地下工程中有较广泛应用的实用性程序。

(3) 2σ 和 3σ 有限元分析软件

2σ （二维）、 3σ （三维）程序所有操作都是在图形环境中进行。首先用内藏的高性能作图系统绘出结构物的图形，然后为其指定边界条件和施工顺序，系统即能生成各种有限元数据并进行分析计算。本系统适用于土木工程，岩土工程和地下工程中的复杂问题分析（如阶段施工、开挖、开采、填土筑坝、支护、接触等）。它包括非线性分析、弹塑性分析、接触碰撞分析、热应力分析、惯性力分析、自动进行施工阶段分析等等。系统还具有交互方便的图形和数据处理功能。由于以上特点，该程序已在国内工程界得到较广泛的应用。

(4) ANSYS 有限元软件

ANSYS程序是一种大型通用有限元分析软件，它广泛地应用于航空航天、汽车、造船、铁路、电子、机械、地矿、水利、土木、核能、石化、生物、医学、轻工等领域，以其极强的分析功能覆盖了几乎所有的工程问题。另外，它的前后处理也达到很广阔的范围。尽管该程序有如此强大的

分析功能,并且在岩土工程中也具有对岩石材料模型和模拟岩石开挖和回填过程的能力,但是由于该程序超强的通用性,因此使得它在岩土工程中应用的广泛性远不及专门为岩土工程开发的专用程序 FLAC。另外,它在考虑岩土工程特性和分析相应工程的专门问题时还存在不足,因此目前在岩土工程中应用尚不算广泛。当然,在遇到容量特别大和参数复杂的工程问题时还应考虑用它。

4、边界元法为基础的分析软件

(1) EXAMINE 边界元分析软件

该软件是专为分析和计算地下工程围岩应力而开发的二维边界元分析软件。目前已开发了三维边界元程序。它由前处理模块 MODEL, 计算模块 COMPUTE 和后处理模块 INTERPRET 组成。由于程序完全由菜单控制,操作极为方便,从而大幅度地提高了数值计算效率。本程序在采矿地下工程中已得到广泛应用。其不足之处是只采用了弹性分析方法以及仅有应力输出而无位移输出,因此在这两方面尚有待进一步开发。

(2) BMP 边界元分析软件

该软件程序是针对地下工程开发的与典型类比分析法相配套的边界元分析软件。典型类比法是在选定的典型工程岩体力学参数已知,而初始地应力参数通过位移反分析取得或已知的前提下,以典型工程最具代表性的洞周位移值为基准,反馈和修正数值分析程序(如修正锚喷支护抗力或接触应力值),使该数值分析结果充分接近该典型工程位移基准值。其中 BMP 软件由于输入数据不多,故数据准备工作量不大。计算中可以模拟锚杆支护、锚喷网支护和钢拱架支护。但是由于该程序中没有前后处理模块,在应用上还显得不方便。BMP90 程序则进行了明显的改进,在前后处理上增加了实用性技术,尤其在数据输入和图形输出等方面为程序的广泛应用提供了条件。

5、离散元法为基础的分析软件

目前国内有二维、三维离散元块体滑落分析软件。离散元法又有动态松弛与静态松弛法。

6、基坑支护分析软件

以上各类软件是针对岩土边坡或者地下工程分析设计而开发的,本节主要介绍深基坑工程分析的软件。

(1) 深基坑支护之星软件

该软件是针对土质深基坑支护设计的适用范围很广的分析计算程序。首先对土压力、水土压力(分或合)以及地面荷载等外力参数有一套符合规范的计算方法;其次,它能对不同支护类型,例如悬臂桩(墙)结构,桩锚结构以及水泥土重力墙等进行分析和设计;另外,它还采用信息化动态设计方法,具有最后输出为设计图形等优点。该程序在使用中是比较方便的。

(2) 89003 深基坑喷锚支护设计软件(1.0版)

本软件可根据地层力学参数和初步方案要求完成基坑锚喷支护设计,计算结果为确定锚杆的设计值,根据锚杆拉拔试验对土体和锚杆的粘结强度进行修正和限定,并进行支护后的安全验算。输出部分除显示设计剖面图、计算书之外,还能根据输入数据输出施工组织设计和材料概算表。

(3) 深基坑支护结构计算软件 F-SPW

该软件主要用于计算悬臂式、桩锚式支护结构的内力及位移。本软件特点是能针对不同设计规范的要求,提供了以朗金土压力为基础的经典法以及包含了三种不同土压力分布模式的“m法”、“c法”和“k法”等计算方法。该模块程序对于不同土压力模式的支护结构计算提供了方便。

7、岩土工程分析与设计的集成软件

(1) 岩土工程集成分析系统 GLAS

GLAS(Geoengineering Integrated Analysis System)系统软件的指导思想是:将工程地质研究、理论分析、数值计算、工程设计和趋势预测等集成在一个软件中,实现集参数取值、分析

计算和工程设计、预测于一体的集成系统。GLAS 软件包含如下模块：岩土工程数据库 GeoData；岩土工程计算机辅助设计 GeoCAD；有限元与离散元与前处理程序 GeoNet；有限元分析程序 GeoFEM；离散元分析程序 GeoDEC；地下工程反分析程序 GeoBack；后处理程序 GeoDraw；综合分析程序 GeoAns(包括支护设计方案、破坏模式推理网络、岩体稳定性分析、工程类比法、预测理论等等)。该程序由于它的内容大型化、数据传递自动化和分析结果可视化，使它可能成为岩土及地下工程综合分析设计的优选工具。

(2) 地下采矿智能分析集成系统软件 MIAS

MIAS(Mining Integrated Analysis System) 系统软件是一种集信息管理、支护设计和事故预测于一体的集成软件。它包含三个模块：采矿信息管理系统 MIAS(含地质资料和安全信息子系统)；采矿辅助设计系统 MADS(含围岩节理统计分析、支护设计神经网络和采矿围岩应力分析子系统)；采矿事故预测系统 MAPS。本软件对于采矿领域的信息和安全管理是一种十分实用的集成软件，但是使用中还存在一定的局限性。

除以上软件外，还有煤巷锚杆支护设计系统软件 BOLT 和地基处理智能辅助设计系统 IDSGI 等

集成软件，分别在煤矿地下巷道支护设计和软土地基处理的设计方面有较大实用性。

参考资料

- 1、徐祯祥，《岩土锚固技术与西部开发》，人民交通出版社，2002 年。
- 2、韩学广，《全国高层建筑机械化施工实例》，北京建设部机械化研究院出版，1989 年。
- 3、韩学广，《基础工程实例》，浙江大学出版社，1990 年。
- 4、韩学广，《岩土工程中的锚固技术》，北京地震出版社，1990 年。
- 5、韩学广，《国际岩土锚固工程技术研讨会论文集》，万国学术出版社，1996 年。
- 6、韩学广，《桩锚护壁体系在高水位软土质中的应用》[M]，北京建筑工业出版社，1994 年。
- 7、韩学广，《深基坑桩锚护壁体系》[R]，北京，中国岩土锚固工程协会，1995 年。
- 8、韩学广，《综述中国岩土锚固工程》[R]，北京，中国岩土锚固工程协会，1996 年。
- 9、施文华，《锚杆在沈阳中山大厦深基坑工程中的应用》，北京，冶金部建筑研究院技术情报出版，1987 年。

●信息窗●

OVM 公司参与润杨大桥建设

主跨达 1490 米的润杨长江公路大桥悬索桥，主跨位居世界第三、国内第一，其锚碇基础采用五层地连墙，深度达 50 多米。该桥锚碇、环氧喷涂钢绞线等预应力产品采用柳州欧维姆机械有限责任公司的产品，其中北锚碇的预应力专项施工由柳州欧维姆工程有限公司负责。在施工过程中，

OVM 公司的工程人员克服工期紧、低温大风天气等困难，加班加点，高质量地完成了锚碇的安装工作，满足了大桥总体施工进度要求，以实际行动赢得了业主和施工单位的赞誉。

(编辑部)