成都水文队“工程地质与地质灾害”培训班

地质灾害勘察

任光明　教授

成 都 理 工 大 学

二〇〇七年十二月

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

地质灾害勘察主要内容

1 概述
2 地质灾害勘察方法概述
3 滑坡地质灾害的勘察
4 崩塌灾害的勘察

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

1 概述

1.1 地质灾害的定义与类型

(1) 地质灾害是指由于自然的、人为的或综合的地质作用，使地质环境产生突发的或渐进的破坏，并对人类的生命财产造成危害的地质作用和事件。

从灾害事件的后果看：凡是对人类生命财产和生存环境产生影响或破坏的地质事件和作用都属于地质灾害范畴；

从致灾的动力条件来看：由地球内、外动力地质作用和人类活动而使地质环境发生变化的地质现象和事件均属于地质灾害。

地质灾害的种类：包括火山、地震、崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降、地裂缝、岩溶塌陷、瓦斯爆炸与矿坑突水、水土环境异常导致的各种地方病、沙质荒漠化、水土流失等。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

(2)环境地质调查技术规范的定义：地质灾害是指由于自然产生或人为诱发的地质作用，对人民生命财产、生活环境和国家建设事业造成的危害。简言之，即地质作用造成的灾害。

地质灾害按其发展过程可分为两类，一类为缓变性灾害，以较缓慢的作用过程对人类造成危害，如地面沉降等；另一类为突发性灾害，骤然发作成灾，如崩塌、滑坡、泥石流、地震等。

(3) 根据《地质灾害危险性评估技术要求》（国土资发[2004] 69号附件一）的定义：是指自然因素或者人为活动引发的危害人民生命和财产安全的山体崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降、不稳定斜坡等与地质作用有关的灾害。

地质灾害的类型：崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降、不稳定斜坡

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

1.2 地质灾害的属性特征

（1） 地质灾害的必然性与可防御性

通过研究灾害的基本属性，揭示并掌握地质灾害发生、发展的条件和分布规律，进行科学的预测预报和采取适当的防治措施，就可以对灾害进行有效的防御，从而减少和避免灾害造成的损失。

（2）地质灾害的随机性和周期性

地质灾害发生的时间、地点和强度等具有很大的不确定性；受地质作用周期性规律的影响，地质灾害还表现出周期性特征。

（3）地质灾害的突发性和渐进性

突发性地质灾害大都以个体或群体形态出现，具有骤然发生、历时短、爆发力强、成灾快、危害大的特征，如地震、火山、滑坡、崩塌、泥石流等均属突发性地质灾害；渐进性地质灾害指缓慢发生的，以物理的、化学的和生物的变异、迁移、交换等作用逐步发展而产生的灾害，如这类灾害主要有土地荒漠化、水土流失、地面沉降。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（4）地质灾害的群体性和诱发性

在某些特定的区域内，受地形、区域地质和气候等条件的控制，地质灾害常常具有群发性的特点。崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝等灾害的这一特征表现得最为突出，这些灾害的诱发因素主要是地震和强降雨过程。

（5）地质灾害的成因多元性和原地复发性

不同类型地质灾害的成因各不相同，大多数地质灾害的成因具有多元性，往往受气候、地形地貌、地质构造和人为活动等综合因素的制约。如川藏藏公路沿线的古乡冰川泥石流，一年内曾发生泥石流70多次。

（6）地质灾害的区域性

地质灾害的形成和演化往往受制于一定的区域地质条件，因此其空间分布经常呈现出区域性的特点。据统计，90％以上的“ 崩、滑、流”地质灾害发育在我国大陆斜坡的第二级阶梯山地及其与第一和第三级阶梯的交接部位；第三阶梯东部平原的地质灾害类型主要为地面沉降、地裂缝等。按地质灾害的成因和类型，中国地质灾害可划分为四大区域：（a）以地面沉降、地面塌陷和矿井突水为主的东部区；（ b）以崩塌、滑坡和泥石流为主的中部区；(c）以冻融、泥石流为主的青藏高原区和（d）以土地荒漠化为主的西北区。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（7））地质灾害的破坏性与“建设性”

地质灾害对人类的主导作用是造成多种形式的破坏，但有时地质灾害的发生可对人类产生有益的“建设性”作用。例如，流域上游的水土流失可为下游地区提供肥沃的土壤；山区斜坡地带发生的崩塌、滑坡堆积为人类活动提供了相对平缓的台地，人们常在古滑坡台地上居住或种植农作物。

（8））地质灾害影响的复杂性和严重性

地质灾害的发生、发展有其自身复杂的规律，对人类社会经济的影响还表现出长久性、复合性等特征。

（9））人为地质灾害的日趋显著性

（10）地质灾害防治的社会性和迫切性

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

1.3 地质灾害的分级

地质灾害分级反映了地质灾害的规模、活动频次及其对人类与环境的危害程度。地质灾害的分级方案有：

地质灾害规模等级划分标准表（环境地质调查技术要求）

指标 \ 灾害等级 / 灾种		特大型	大型	中型	小型
崩塌	体积(10^4m^3)	≥100	10～100	1～10	＜1
滑坡	体积(10^4m^3)	≥1000	100～1000	10～100	＜10
泥石流	体积(10^4m^3)	≥50	50～5	5～1	＜1
	流域面积(km^2)	≥200	200～20	20～2	＜2
岩溶塌陷及采空塌陷	影响范围(km^2)	≥20	20～10	10～1	＜1
地裂缝	影响范围(km^2)	≥10	10～5	5～1	＜1
地面沉降	沉降面积(km^2)	≥1000	100～1000	50～100	＜50
	累计沉降量(m)	≥2.0	2.0～1.0	1.0～0.5	＜0.5
海水入侵	入侵范围(km^2)	≥500	500～100	100～10	＜10

注:① 泥石流规模等级指标中：体积，指固体物质一次冲出量；流域面积，主要在1:25万调查时采用；
② 泥石流和地面沉降规模等级的两个指标不在同一级次时，按从高原则确定。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

危害对象等级划分(滑坡崩塌泥石流灾害详细调查规范)

危害等级		一级	二级	三级
危害对象	城　　镇	威胁人数＞100人，直接经济损失＞500万元	威胁人数10—100人，直接经济损失100—500万元	威胁人数＜10人，直接经济损失＜100万元
	交通干线	一、二级铁路,高速公路及省级以上公路	三级铁路，县级公路	铁路支线，乡村公路
	大江大河	大型以上水库，重大水利水电工程	中型水库，省级重要水利水电工程	小型水库，县级水利水电工程
	矿　　山	能源矿山，如煤矿	非金属矿山，如建筑材料	金属矿山，稀有、稀土矿

地质灾害灾情与危害程度分级标准(滑坡崩塌泥石流灾害详细调查规范)

灾害程度分级	死亡人数（人）	受威胁人数（人）	直接经济损失（万元）
一般级（轻）	＜3	＜10	＜100
较大级（中）	3～10	10～100	100～500
重大级（重）	10～30	100～1000	500～1000
特大级（特重）	＞30	＞1000	＞1000

注：①灾情分级，即已发生的地质灾害灾度分级，采用“死亡人数”或“直接经济损失”栏指标评价；
②危害程度分级，即对可能发生的地质灾害危害程度的预测分级，采用“受威胁人数”或“直接经济损失”栏指标评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

地质灾害勘察主要内容

1 概述
2 地质灾害勘察方法概述
3 滑坡地质灾害的勘察
4 崩塌灾害的勘察

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2 地质灾害勘察方法概述

（1）工程地质测绘及遥感技术的应用
（2）工程地质物探与勘探（勘探包括钻探与坑探）。
（3）工程地质测试技术（野外、室内试验）
——岩土体的物理力学性质
（4）工程地质监测及反分析
（ 5）室内准备与整理工作

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2.1 工程地质测绘

（1）基本概念

工程地质测绘（岩土工程基本术语标准）是对勘察场地的工程地质条件进行现场观察、量测和描述，并将有关地质要素以图例、符号表示在地形图上的勘察工作方法。

工程地质测绘是通过搜集资料、现场调查、观察、量测、描绘等基础地质理论方法和遥感影像判释（RS）、地理信息系统（GIS）、全球卫星定位系统（GPS）等新技术新方法获取与工程建设直接或间接相关的各种地质要素和岩土工程资料，并把这些资料反映在标准地形底图或地质图上，为初步评价建设场地工程地质环境及场地稳定性、工程地质分区合理布置勘察工作量提供依据的一种勘察技术方法。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（2）作用

工程地质测绘最发挥作用的地区是那些基岩裸露或出露条件较好的地区。

1)通过工程地质测绘，大范围内掌握区内工程地质条件发育、分布规律及内在联系，为下一步勘察工作奠定基础。

2)通过工程地质测绘，对建筑场地的比选、配置起作用；能够大范围地掌握地质灾害发育的基本特征；

3)工程地质测绘的作用随下列因素而变化：

a.勘察阶段

b.地区的研究程度

c.设计建筑物的类型 、地质灾害体类型等

d.地质条件的复杂程度

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

(3)工程地质测绘的研究内容

在工程地质测绘过程中，应自始至终针对工程建筑、地质灾害体开展综合研究，以查明场区或地质灾害体及其附近地段的工程地质条件和预测建筑物或地质灾害体与地质环境间的相互作用为目的。

1）地形地貌

查明地形、地貌特征及其与地层、构造、不良地质作用的关系，划分地貌单元。工程地质测绘和调查中，地形地貌研究的内容有：

（a）调查地貌的成因类型和形态特征、划分地貌单元、分析各地貌单元的发生、发展和相互关系；

（b）调查地貌单元与其岩性、构造和不良地质现象的关系；

（c）调查地形的形态及其变化情况；

（d）调查褶皱的性质及其与各种地形要素的关系；

(e) 调查阶地的分布及其特征

(f) 各种地貌形态和地貌单元的发展演化历史。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2)地层性

地层岩性是工程地质条件最基本的要素，也是研究各种地质现象、地质灾害的基础，对其研究不仅是认识地质构造的需要，而且也是研究工程地质条件其它要素的物理基础。调查的主要内容:

(a)确定地层的时代和填图单位；

(b) 岩土的成因、分布、性质和岩相，分析岩性岩相变化及其工程地质特性;

(c) 岩、土体的层序、接触关系、厚度及其变化规律(横向和纵向组合、成层条件及空间分布);

(d)岩土的工程性质等。 岩石和土是最基本的工程地质要素，一切地质体的组成物质。它参与地质结构的组合，决定地形地貌和自然地质作用的发育特征，控制地下水的分布和矿产分布。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

3) 地质构造

地质构造不仅决定区域地壳稳定性的首要因素，也是选择工程建设场地的主要依据及评价岩土体稳定性的基础因素。

a. 现代构造活动与活断层是决定区域稳定性的重要因素。例如：区域地壳稳定性。

b. 地质构造限定了各种性质不同的结构面的空间分布；各种性质不同的岩土体的空间位置、地表形态，破坏了岩体的均一性与完整性以及岩体中各种软弱结构面的位置。岩体的均一性与完整性与岩性、地质构造有关。

c. 评价岩体的稳定性也要研究地质构造，用来判明岩体的结构特征和各种不连续面的发育程度及其相互组合关系（斜边坡稳定性、坝基抗滑稳定性等）。

d. 地质构造控制着地貌、水文地质条件、物理地质现象的发育和分布。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

工程地质测绘对地质构造研究的内容:

①岩层产状及各种构造型式的分布、形态和规模;

②软弱结构面(带)的产状及其性质，包括断层的位置、类型、产状、断距、破碎带宽度及充填胶结情况;

③岩土层各种接触面及各类构造岩的工程特性;

④挽近期构造活动的形迹 、特点及与地震活动的关系等。

4) 水文地质条件

对水文地质条件研究是为解决和防治与地下水活动有关的岩土工程问题及地质灾害评价与防治提供资料。

在滑坡地段研究地下水的埋藏条件、出露情况、水位、形成条件以及动态变化，以判定其与滑坡形成的关系。因此水文地质条件也是一项重要的研究内容。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

5)物理地质作用与现象（不良地质作用与现象）

研究不良地质现象要以地层岩性、地质构造、地形地貌和水文地质条件的研究为基础，并搜集气象、水文等自然地理因素资料。研究内容包括：各种不良地质现象(滑坡、崩塌、泥石流、冲沟、河流冲刷、岩体风化卸荷、岩溶等)的分布、形态、规模、类型和发育程度，分析它们的形成机制和发展演化趋势，并预测其对工程建设的影响。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

(4) 工程地质测绘的方法与程序

1)测绘方法

工程地质测绘的方法与一般地质测绘相近，主要是沿一定观察路线做沿途观察和在关键地点（或露头点）上进行详细观察描述。选择的观察路线应当以最短的线路观测到最多的工程地质条件和现象为标准。

①实地测绘法

a. 路线法：沿一定路线，穿越测绘场地，把各种地质现象标绘在地形图上：中、小比例尺。

b. 布点法：根据不同比例尺预先在地形图上布置一定数量的观察点及观察路线：大、中比例尺。

c. 追索法：沿地层走向或某一构造线方向布点追索。

②像片成图法

利用地面摄影或航空（卫星）摄影的像片，先在室内进行解释，划分地层岩性、地质构造、地貌、不良地质现象等，并在像片上选择若干点和线，然后去实地进行校核，给成图。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2)测绘程序

① 室内准备阶段：了解地质情况与问题，资料收集与研究（区域地质、遥感、气象、水文、地震、物探、工程地质勘察资料、建筑经验），明确工程地质测绘和调查中需要重点解决的问题，编制工作计划，利用已有遥感影像资料，如对卫星照片、航测照片进行解译，对区域工程地质条件做出初步的总体评价，以判明不同地貌单元各种工程地质条件的标志。

② 踏勘

③测绘阶段

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2.2 工程地质勘探（物探与勘探）

2.2.1工程地质物探解决的主要问题

（1）地质结构探查与诊断

勘探目的是了解场地的工程地质条件、文地质条件、基底构造、区域地壳稳定性，以期对场地的适宜性进行评价和为工程设计提供依据。

可查明：第四系覆盖层结构、基岩界面形态及其埋深、岩体风化带厚度、地下水埋深、岩溶发育规律、岩溶洞穴形态、自然地质现象的分布及其厚度等。

在地质灾害勘察中：物探能初步查明滑坡、崩塌、泥石流空间分布状态、地质结构及滑床埋藏情况、软弱夹层的分布、覆盖层厚度等；工作中应根据地质灾害类型和调查需要，因地制宜地选择物探方法。对于单一方法不易明确判定的地质灾害体，可采用二种或二种以上的物探方法

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

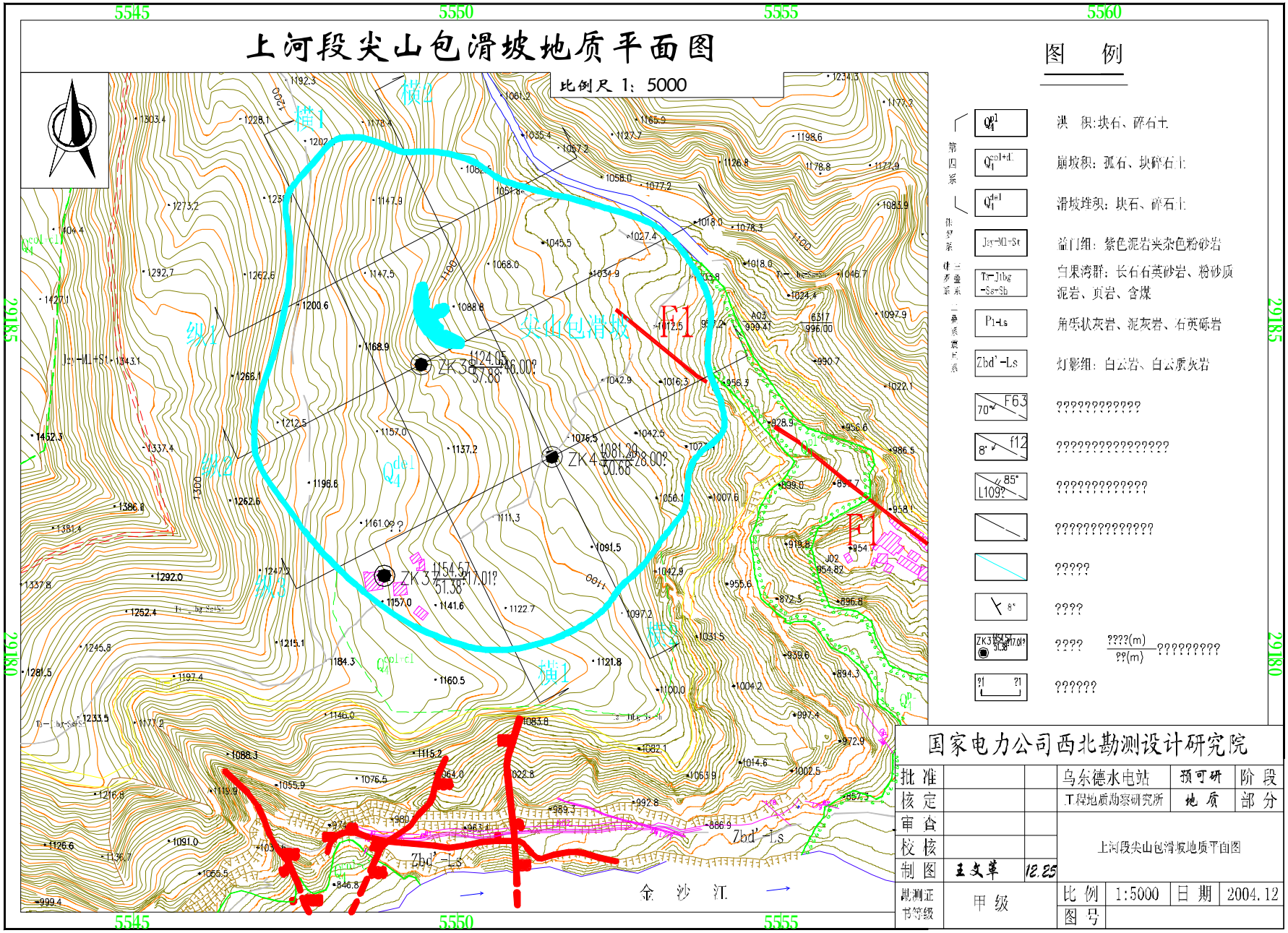
常用物探方法及其在灾害勘察中的应用范围

物探方法	应用范围
电测深法、电剖面法、浅层折射波法、浅层反射波法、瑞利波法、瞬变电磁法、层析成像、综合测井、声波法、无线电波透视、测氡法	初步查明崩塌、滑坡、泥石流范围、厚度和结构
电测深法、电剖面法、瞬变电磁法、浅层折射波法、浅层反射波法、高密度、探地雷达、综合测井	初步查明覆盖层厚度和基岩面埋深

（2）工程构筑物的检测——桩基质量检测、地基处理效果检测、施工质量检测、地下埋设物的检测（地下管道、洞室、古墓等）。

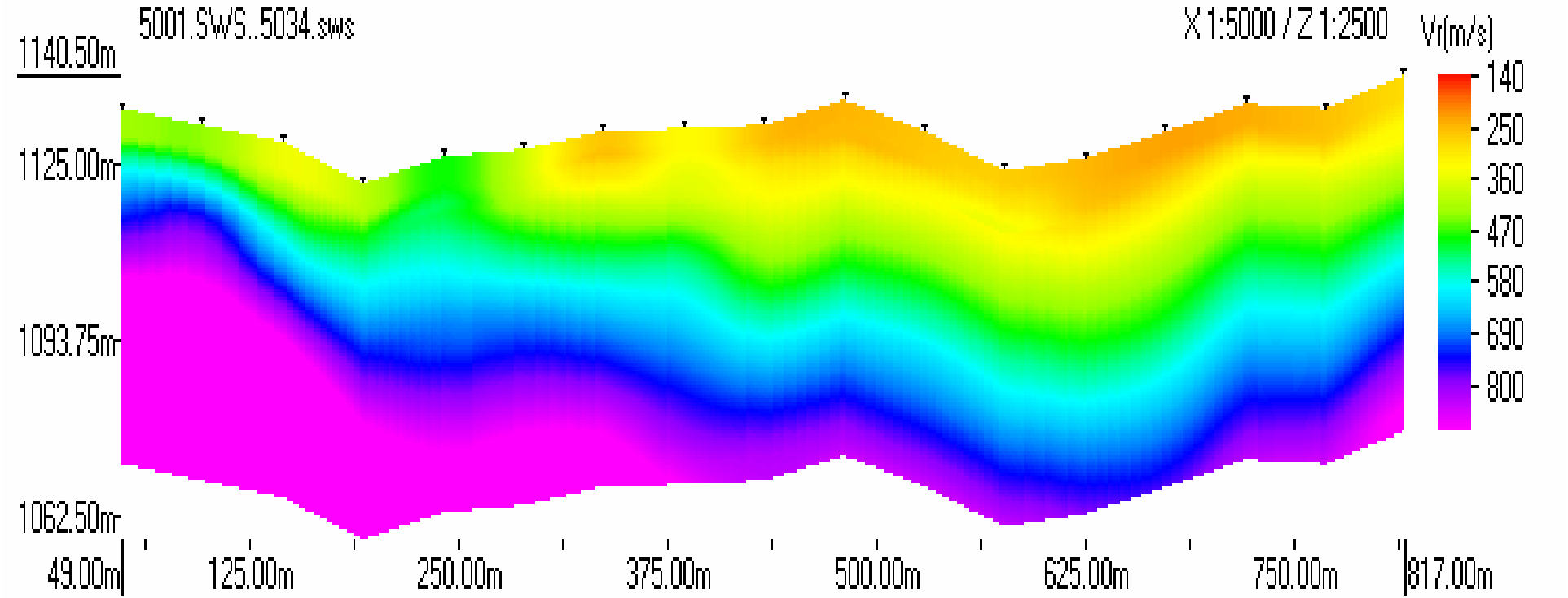
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

上河段尖山包滑坡地质平面图



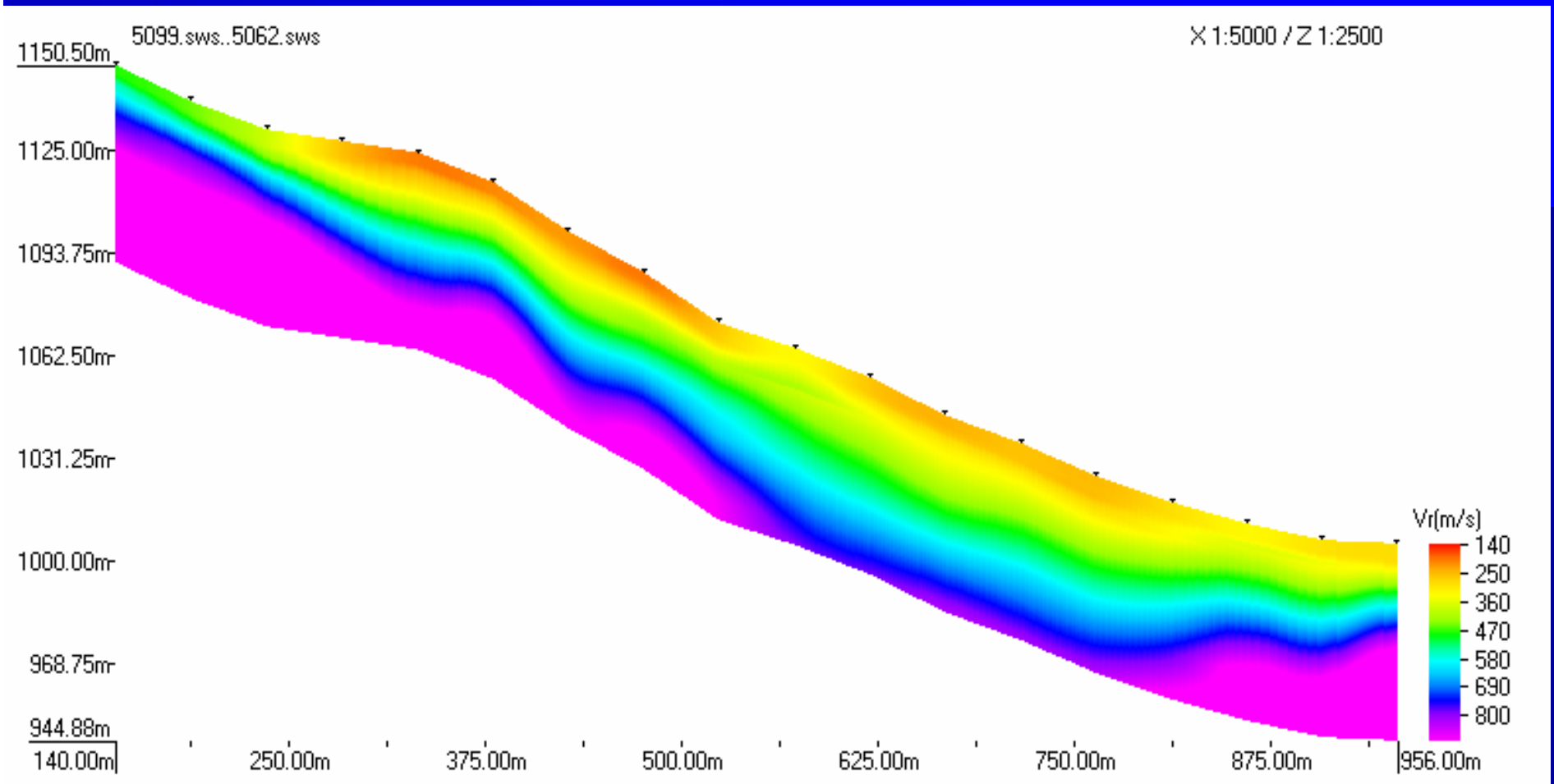
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

尖山包滑坡位于金沙江左岸，其前缘高程为970m～1050m，后缘高程1150～1220m，钻孔揭露最大厚度46m，平均厚度25.3m，总方量1040万m^3



尖山包滑坡JHM01测线瑞雷波勘探地层映像图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

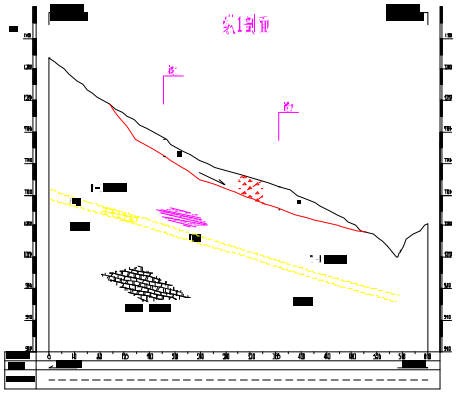


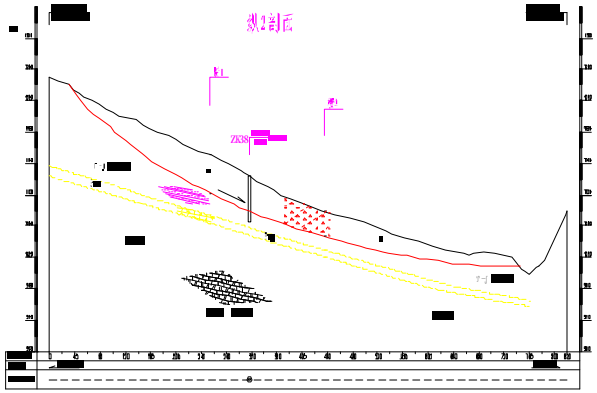
尖山包滑坡JHM03测线瑞雷波勘探地层映像图

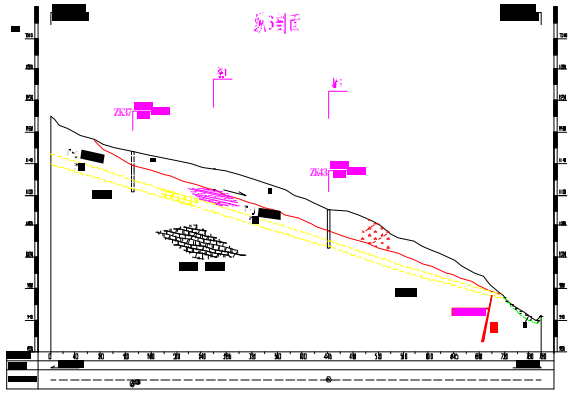
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

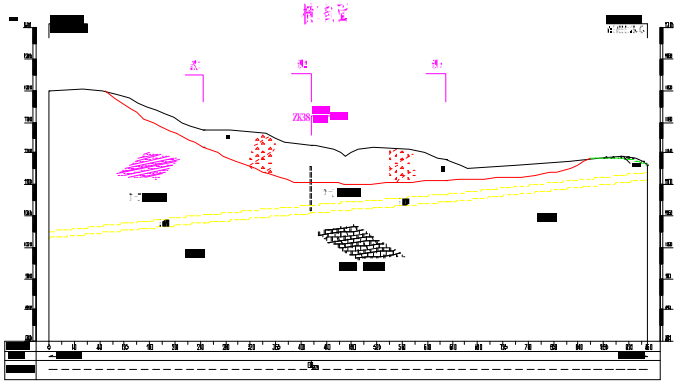
尖山包滑坡工程地质纵、横剖面图

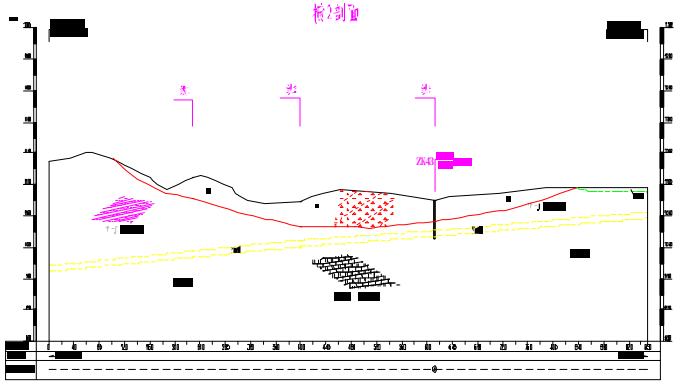
比例尺　1：2000











图例

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2.2.2工程地质勘探（钻探与坑探）

工程地质勘探包括钻探与坑探两种技术工程——勘探工程

(1)工程地质钻探

钻探是广泛用于工程地质勘察的勘探手段，一般要在工程地质测绘及物探等工作基础上合理布置钻探工作。

通过钻探获得的岩心进行统计，可获得岩心采取率、岩心获得率和岩石质量指标(RQD)等定量指标.

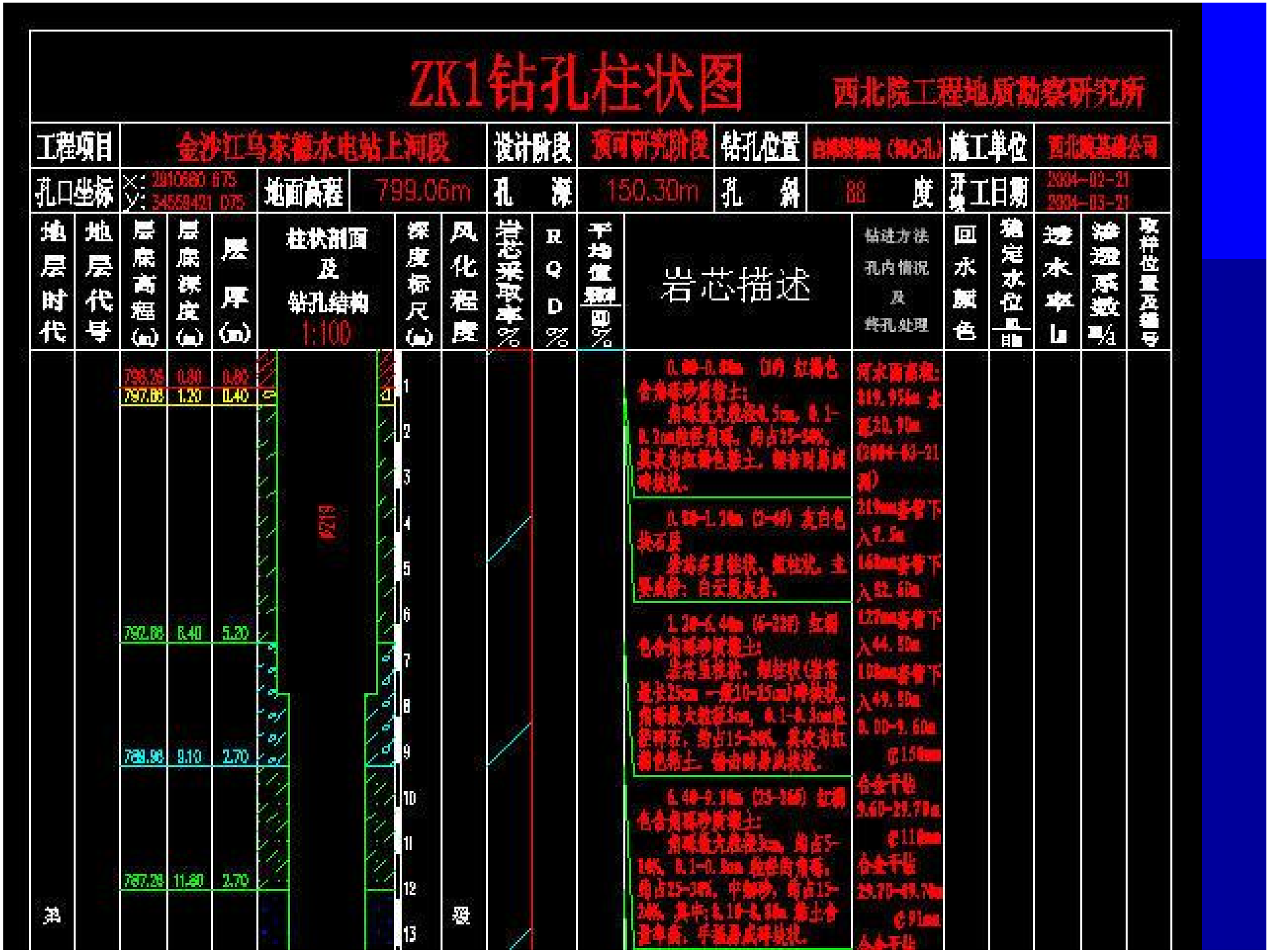
岩芯采取率：指本回次所取岩芯的总长度与本回次进尺的百分比。总长度包括比较完整的岩芯破碎的碎快、碎屑及碎粉物质。

岩芯获得率：指本回次比较完整的岩芯长度与本回次进尺的百分比。不计入不成形的破碎物质。

岩石质量指标（RQD）：指本回次岩芯长度大于10cm的柱状岩芯长度与本回次进尺的百分比。

岩石质量指标是岩体分类和评价地下洞室围岩质量的重要指标。该指标只有在统一标准的钻进操作条件下才具有可比性。按照国际通用标准，应采用直径75mm(N型)双层岩心管金刚石钻头的钻具。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

岩体风化程度与RQD、完整性系数对应关系（据Dearman，A.H.Merritt）

风化类型	RQD（%）	完整性系数（Kv）	岩体质量好坏
新鲜岩石	90~100	0.8~1.0	很好
微风化	75~90	0.6~0.8	好
弱风化	50~75	0.4~0.6	一般
强风化①	25~50	0.2~0.4	差
强风化②	0~25	0~0.2	很差

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

(2) 工程地质坑探

——人工或机械开挖形成的，可供工程地质人员直接观察的坑、洞、井等。

1）工程地质坑探工程的类型及适用条件

坑探工程也叫掘进工程、井巷工程，它在工程地质（或岩土工程）勘探中占有一定的地位。与一般的钻探工程相比，特点是：勘察人员能直接观察到地质结构，准确可靠，且便于素描；可不受限制地从中采取原状岩土样和用作大型原位测试。尤其对研究断层破碎带、软弱夹层和滑动面(带)等的空间分布特点及其工程性质等更具有重要意义。

坑探工程的缺点是：使用时往往受到自然地质条件的限制，耗费资金大而勘探周期长；尤其是重型坑探工程不可轻易采用。

常用的坑探工程有：探槽、试坑、浅井、竖井(斜井)、平硐和石门(平巷)。其中前三种为轻型坑探工程，后三种为重型坑探工程。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

各种坑探工程的特点和适用条件

名称	特　点	适 用 条 件
探槽	在地表深度小于3~5m的长条形槽子	剥除地表覆土，揭露基岩，划分地层岩性，研究断层破碎带；探查残坡积层的厚度和物质、结构
试坑	从地表向下，铅直的、深度小于3~5m的圆形或方形小坑	局部剥除覆土，揭露基岩；作载荷试验、渗水试验，取原状土样
浅井	从地表向下，铅直的、深度5~15m的圆形或方形井	确定覆盖层及风化层的岩性及厚度；作载荷试验，取原状土样
竖井(斜井)	形状与浅井相同，但深度大于15m，有时需支护	了解覆盖层的厚度和性质，作风化壳分带、软弱夹层分布、断层破碎带及岩溶发育情况、滑坡体结构及滑动面等；布置在地形较平缓、岩层又较缓倾的地段
平硐	在地面有出口的水平坑道，深度较大，有时需支护	调查斜坡地质结构，查明河谷地段的地层岩性、软弱夹层、破碎带、风化岩层等；作原位岩体力学试验及地应力量测，取样；布置在地形较陡的山坡地段
石门(平巷)	不出露地面而与竖井相连的水平坑道，石门垂直岩层走向，平巷平行	了解河底地质结构，作试验等

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2.2.3 工程地质勘探的布置

（1）布置勘探工作的总要求

勘探布置工作总的要求，以尽可能少的工作量取得尽可能多的地质资料。为此，作勘探设计时，必须要熟悉勘探区已取得的地质资料，并明确勘探目的和任务。将每一个勘探工程都布置在关键地点，且发挥其综合效益。在勘察的各个阶段中，勘探坑孔的合理布置，坑孔布置方案的设计必须建立在对工程地质测绘资料以及区域地质资料充分分析研究的基础上。

(2)勘探总体布置形式

1）勘探线：按特定方向沿线布置勘探点（等间距、或不等间距），了解沿线工程地质条件，绘制工程地质剖面图。

2)勘探网：勘探网选布在相互交叉的勘探线及其交叉点上，形成网状。（方格状、三角状、弧状等）用于了解面上的工程地质条件，绘制不同方向的剖面图。

3)结合建筑物基础轮廓,一般工程建筑物设计要求，勘探工作按建筑物基础类型、型式、轮廓布置，并提供剖面及定量指标.

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（3）工程地质勘探工作布置的一般原则

1）勘探工作应在工程地质测绘基础上进行——有目的、针对性。

2）无论是勘探的总体布置还是单个勘探点的设计，都要考虑综合利用——突出重点，点、线、面相结合。

3)勘探布置应与勘察阶段相适应。

4)勘探布置应随建筑物的类型和规模、勘察对象而异。

5)勘探布置应考虑地质、地貌、水文地质等条件。一般勘探线应沿着地质条件等变化最大的方向布置。勘探点的密度应视工程地质条件的复杂程度而定，而不是平均分布。为了对场地工程地质条件起到控制作用，还应布置一定数量的基准坑孔(即控制性坑孔)，其深度较一般性坑孔要大些。

6)在勘探线、网中的各勘探点，应视具体条件选择不同的勘探手段，以便互相配合，取长补短，有机地联系起来。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2 .3 工程地质试验

在工程地质、岩土工程勘察、地质灾害勘察过程中，为了取得工程设计所需要的反映岩土体物理、力学、水理性质指标，以及含水层参数等定量指标 ，需要对研究的土体的性质进行准确的测试工作。

（1）室内试验

（2）现场试验

2 .4 长期监测

（1）长期观测是在长期观测站上观测工程地质条件的某些要素如水文地质条件、物理地质作用以及各种工程地质作用等随时间变化的规律，了解其变化的过程和发展趋势，用以预测和评价它们对工程建筑和地质环境的影响。

长期观测必须在查明工程地质条件基础上进行。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（2）工程地质观测根据观测时期分为*定期观测*和*不定期观测*，定期观测是按固定的时间间隔，不定期观测是为某一专门目的而进行的短期观测。

（3）工程地质观测根据性质划分为与建筑物有关的地下水动态观测、物理地质现象观测、建筑物变形和沉降观测。

(4)监测技术

1)地下工程位移量测技术

a. 收敛量测：借助收敛计量测两个分别埋设于岩面或支护壁面上的测点之间，沿着连线方向变化的相对位移。

b. 钻孔伸长量测：利用伸长计对沿钻孔埋设的各测点间的相对位移所做的测试。

c. 倾斜量测：用倾斜仪量测两点之间的相对倾斜量。

d. 裂缝量测：

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2)斜（边）坡工程位移量测技术

a.收敛计

b.钻孔伸长计——用于监测某一可能滑动体和边坡岩体内的变形与开裂。

c.钻孔倾斜仪——用于确定滑动面位置及其滑动量——预测、评价。

d．光学仪器——经纬仪、水准仪、激光测距仪、全站仪。

e．GPS——利用卫星进行绝对位置监测，速度快、精度高。

斜坡岩土体变形观测

3)孔隙水压力监测技术

采用孔隙水压力仪，对岩土体孔隙水压力随时间变化规律的动态观测。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

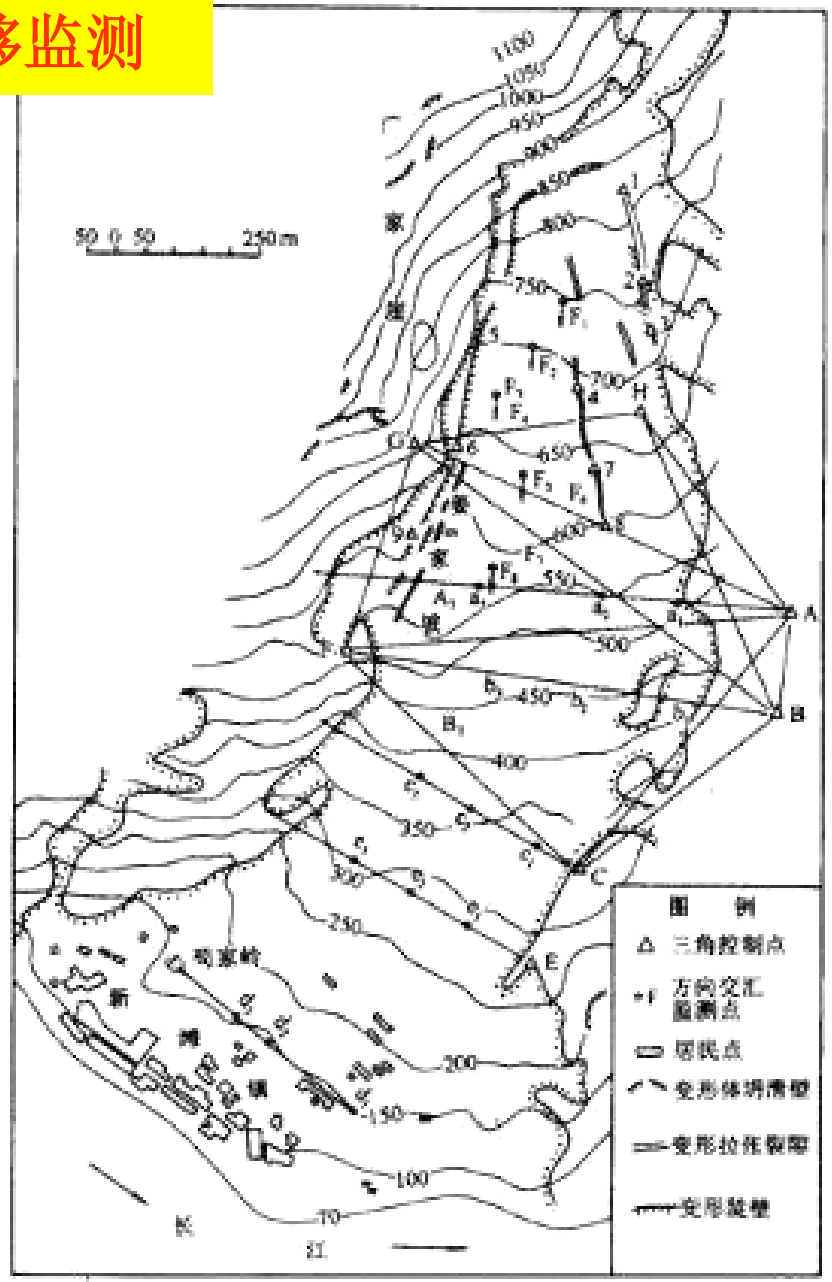
（5）岩土体变形监测

岩土体变形监测内容广泛，主要包括各种斜坡地质灾害和各类工程（各种地基基础工程、边坡工程和地下工程）所涉及的岩土体内部的压缩、拉伸及剪切变形和表面位移量的监测。

对于边坡工程和滑坡监测，一是正确判定其稳定状态，预测位移、变形的发展趋势，作出边坡失稳或滑坡临滑前的预报；二是为边坡、滑坡的整治提供科学依据以及检验整治的效果。监测内容可分地面位移监测、岩土体内部变形和滑动面位置监测以及地下水观测。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

1) 地面位移监测

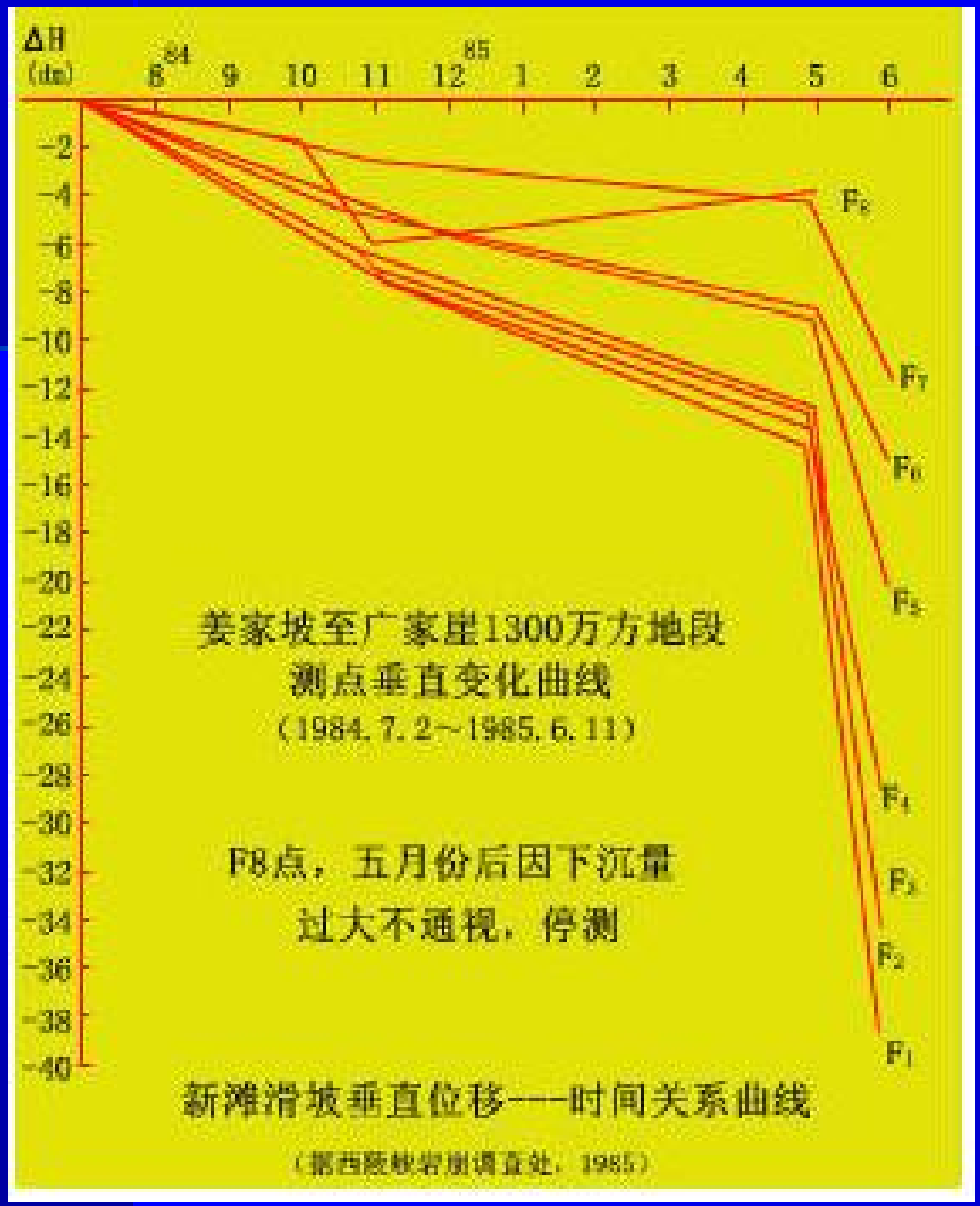


新滩滑坡地面位移观测点平面布置图

（葛洲坝岩崩调查处，1985）

左图为长江三峡新滩滑坡地面位移观测点平面布置图，测点主要集中布置在地面位移量较大的姜家坡一带。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

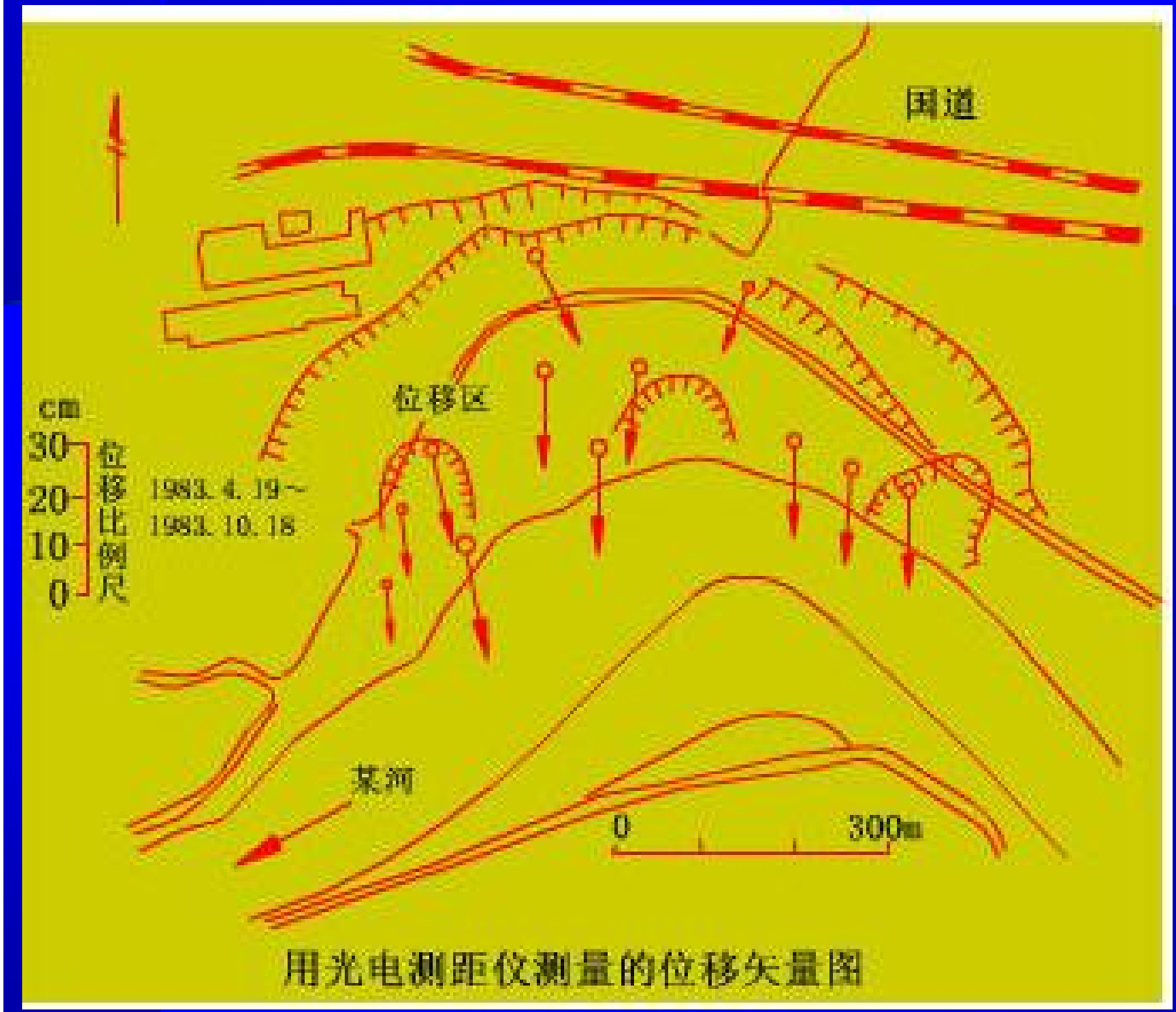


新滩滑坡垂直位移－时间关系曲线

监测结果应整理成曲线图，并以此来分析滑坡或工程边坡的稳定性发展趋势，作临滑预报。

右图为新滩滑坡铅直位移－时间关系曲线，可以清晰地看出，该滑坡从1985年5月开始铅直位移量显著增大，到6月12日便发生了整体下滑，滑坡方量约 $3\times10^{7}\ m^{3}$。由于临滑预报非常成功，避免了人员伤亡的重大事故。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn



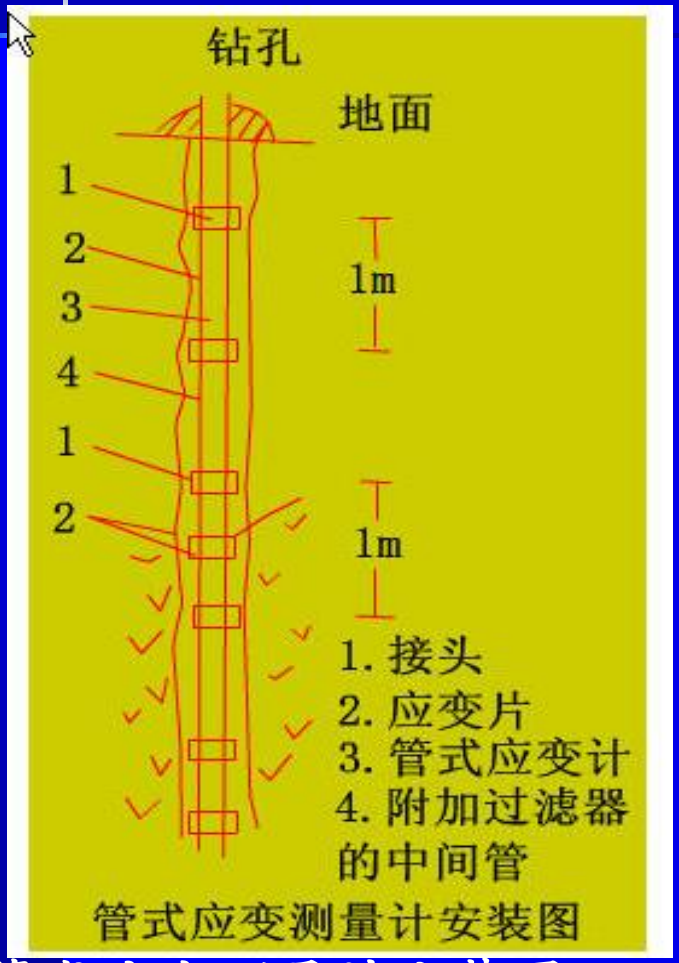
用光电测距仪测量的位移矢量图

日本某滑坡用光电测距仪监测所获得的位移矢量图，可以看出滑坡的位移范围、方向和各部位位移量的大小。铁路线和国道位于滑坡位移区之外，不受该滑坡的影响。

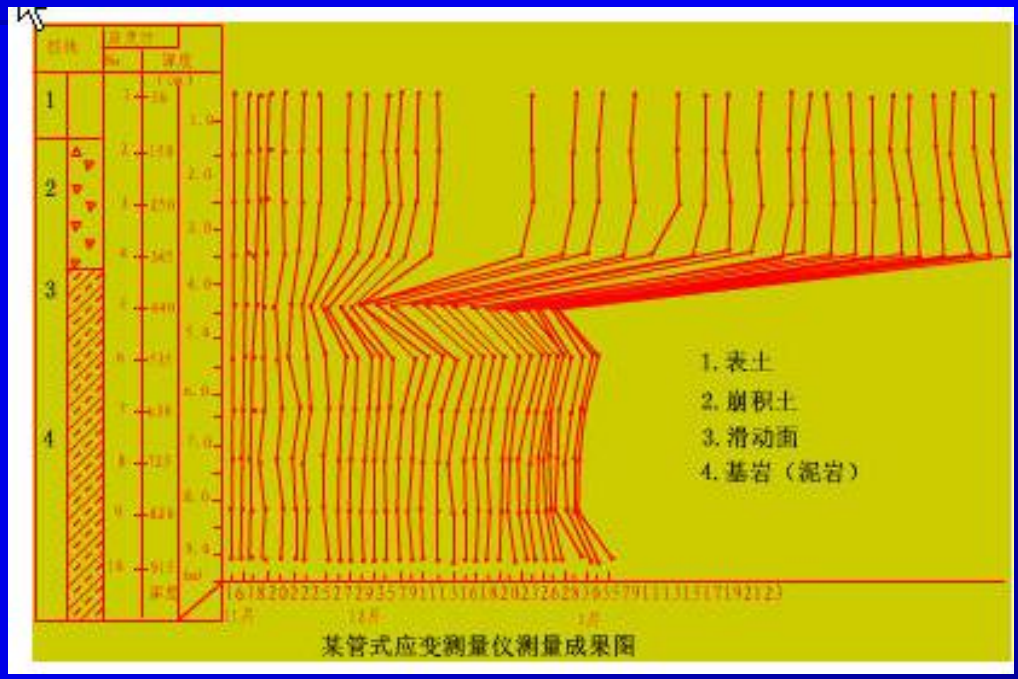
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2）岩土体内部变形和滑动面位置监测

准确地确定滑动面位置是进行滑坡稳定性分析和整治的前提条件，它对于正处于蠕滑阶段的滑坡效果显著。目前常用的监测方法有：管式应变计、倾斜计和位移计等。它们皆借助于钻孔进行监测的。



管式应变测量计安装图



某管式应变测量仪测量成果图

某滑坡用管式应变计监测的成果，滑动面深度为4.4m。

此法较简便，在国内外使用最为广泛。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

倾斜计是一种量测滑坡引起钻孔弯曲的装置，可以有效地了解滑动面的深度。该装置有两种型式：一种是由地面悬挂一个传感器至钻孔中，量测预定各深度的弯曲（右图）；另一种是钻孔中按深度装置固定的传感器（下图）。其监测结果如图11所示，滑动面深度为3.5m。

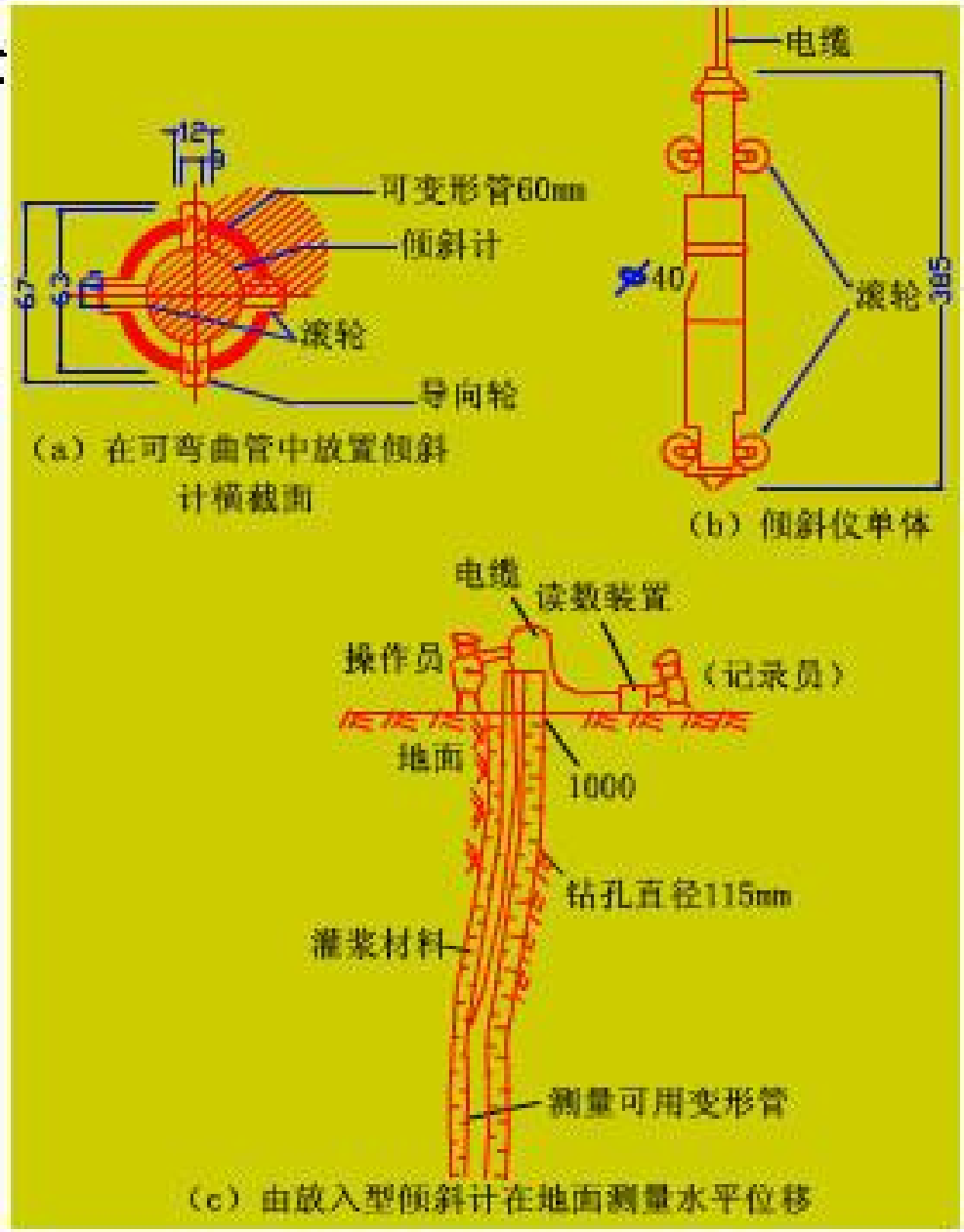
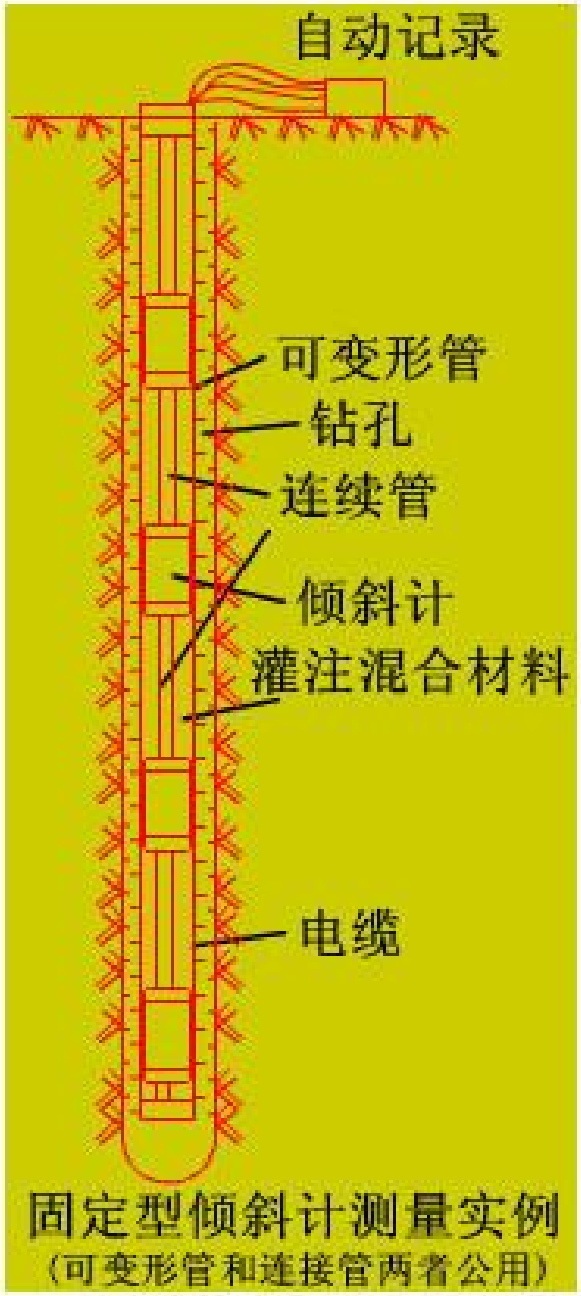
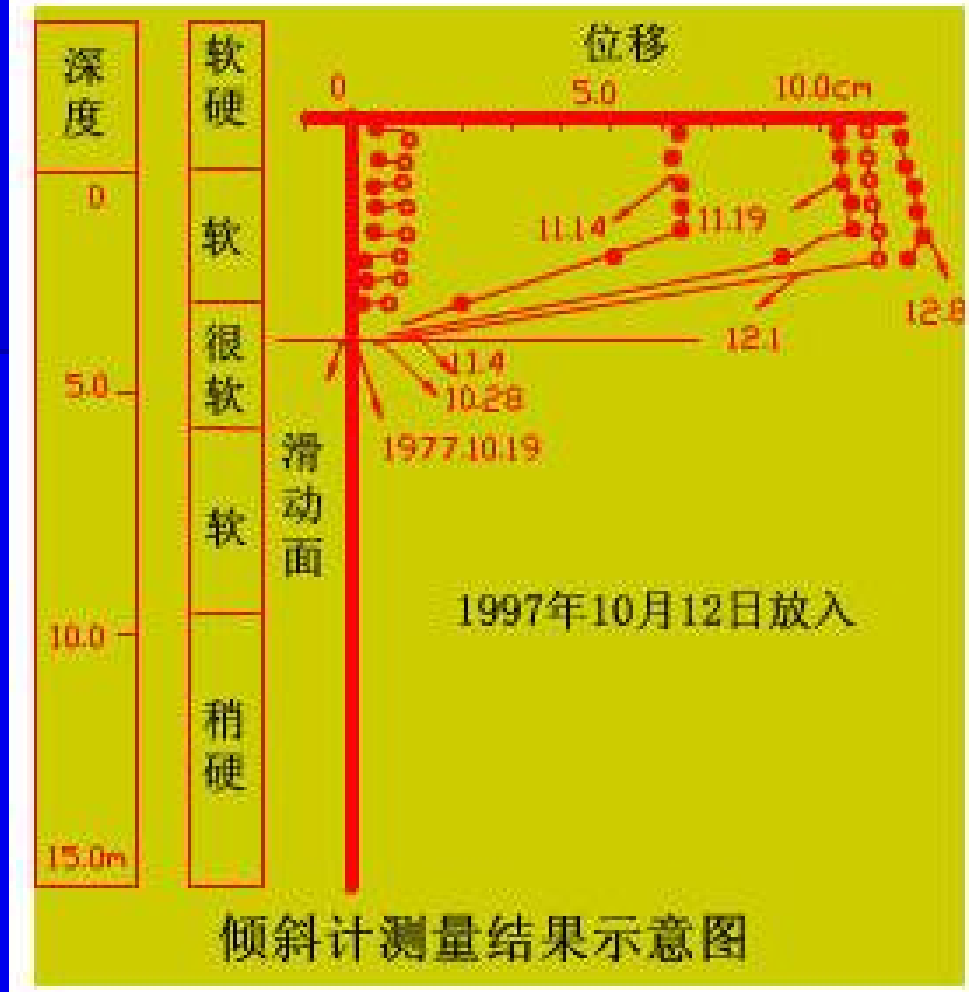


图9 放入型倾斜计测量实例

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn





放入型倾斜计测量实例

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

地质灾害勘察主要内容

1 概述
2 地质灾害勘察方法概述
3 滑坡地质灾害的勘察
4 崩塌灾害的勘察

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

3 滑坡地质灾害的勘察

3.1 滑坡的概念

斜坡上岩、土体以各种方式顺坡向下的运动，统称为滑坡。它是地表起伏不平的地形形成过程中经常发生的一种地质作用。

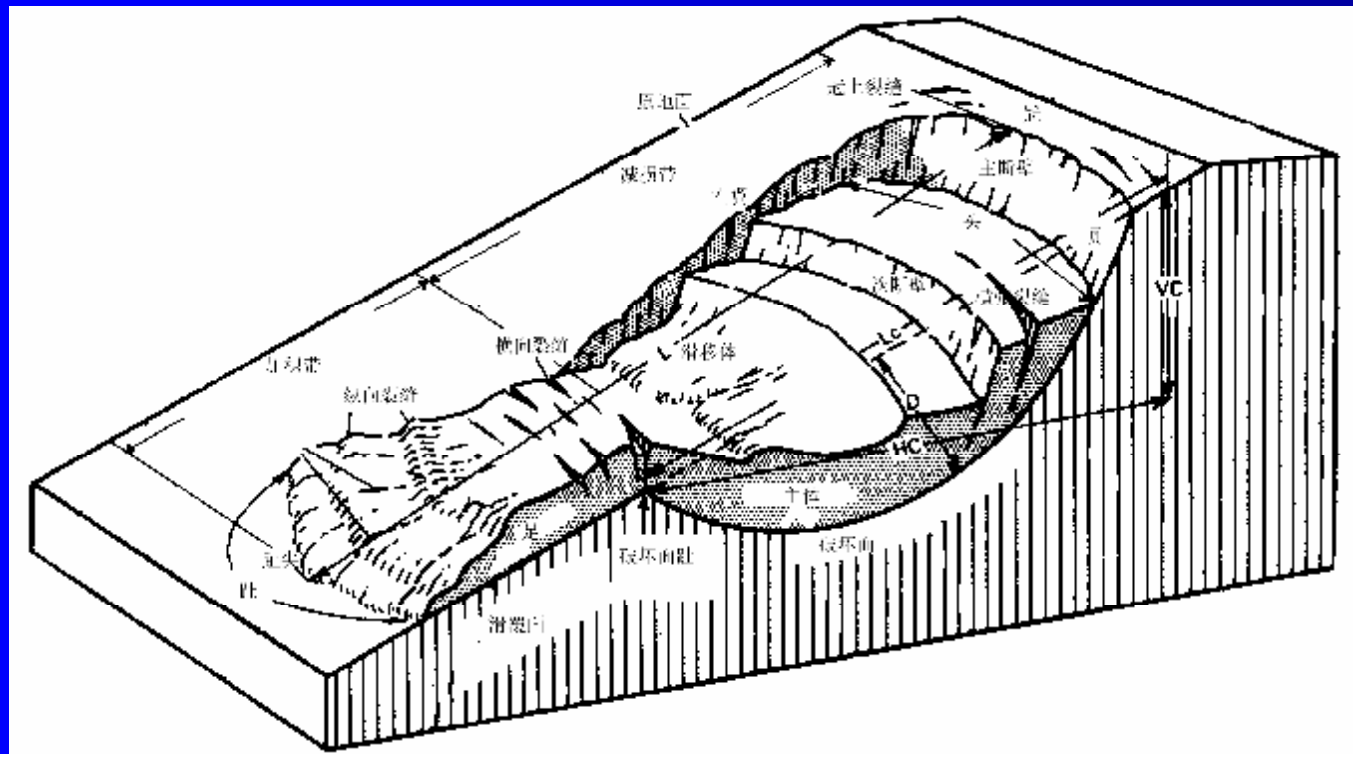
滑坡是发生在斜坡上的以重力为主导的外动力地质作用，是斜坡上的剥蚀作用。在地质上与滑坡属同义词的还有斜坡运动（**slope movement**）、块体运动（**mass movement**）或块体消耗（**mass wasting**）。

滑坡作用对人民生命财产和国家经济建设事业造成的危害称为滑坡灾害，前者为致灾作用，后者为受灾对象。

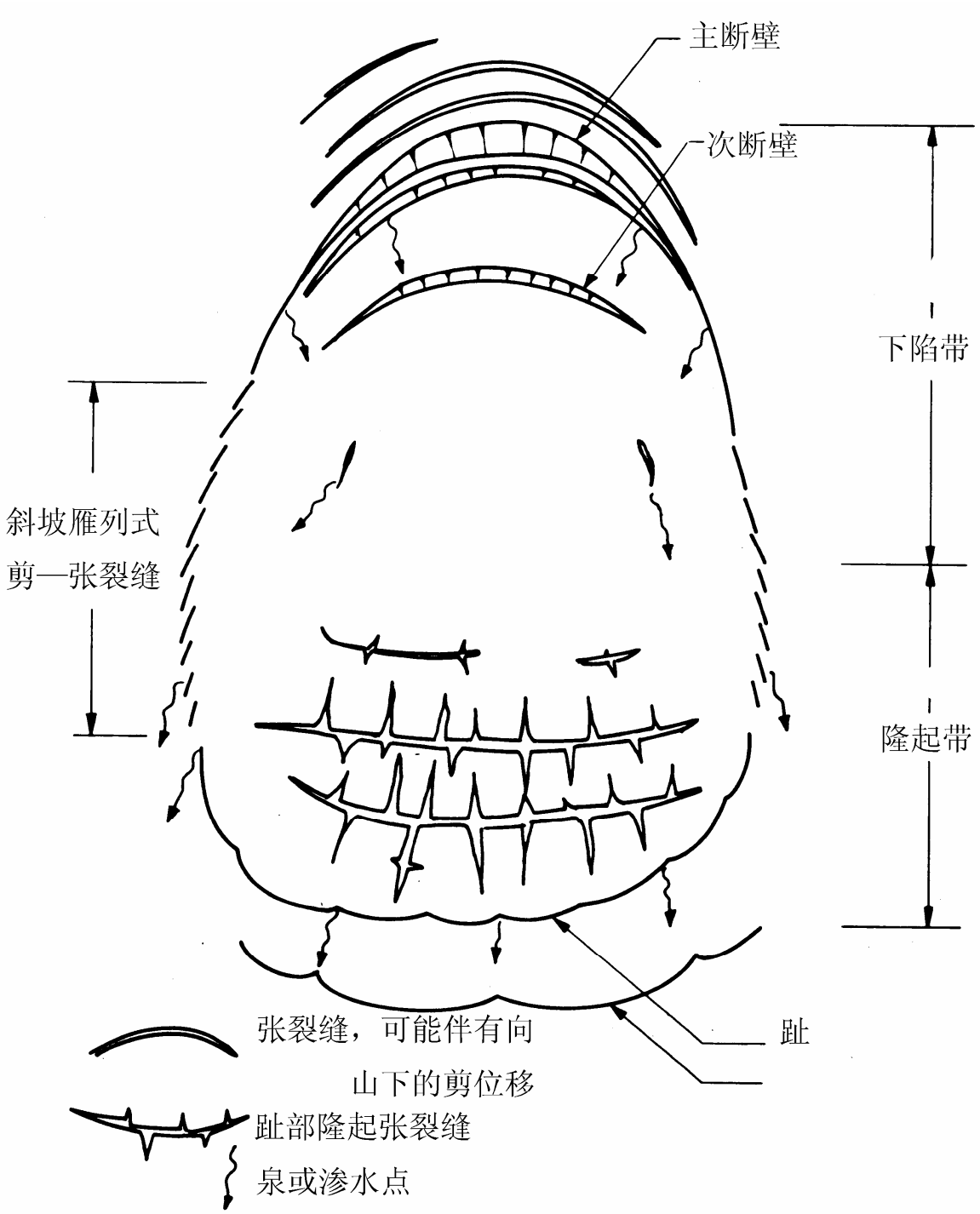
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

3 .2 滑坡的识别

n　识别滑坡是滑坡勘察的先决条件。滑坡发生前后均会有相应的变形迹象产生，如滑坡滑动后地表出现的各种微地貌形态，滑坡处于临界稳定状态时地表出现的各种裂缝，古滑坡体上原生树木的独特生长姿态，以及滑坡体上附属建筑物、构筑物的变形开裂等等，都是识别滑坡，进而判断滑坡是稳定、临界稳定或即将失稳破坏等发生发展进程的有效证据。

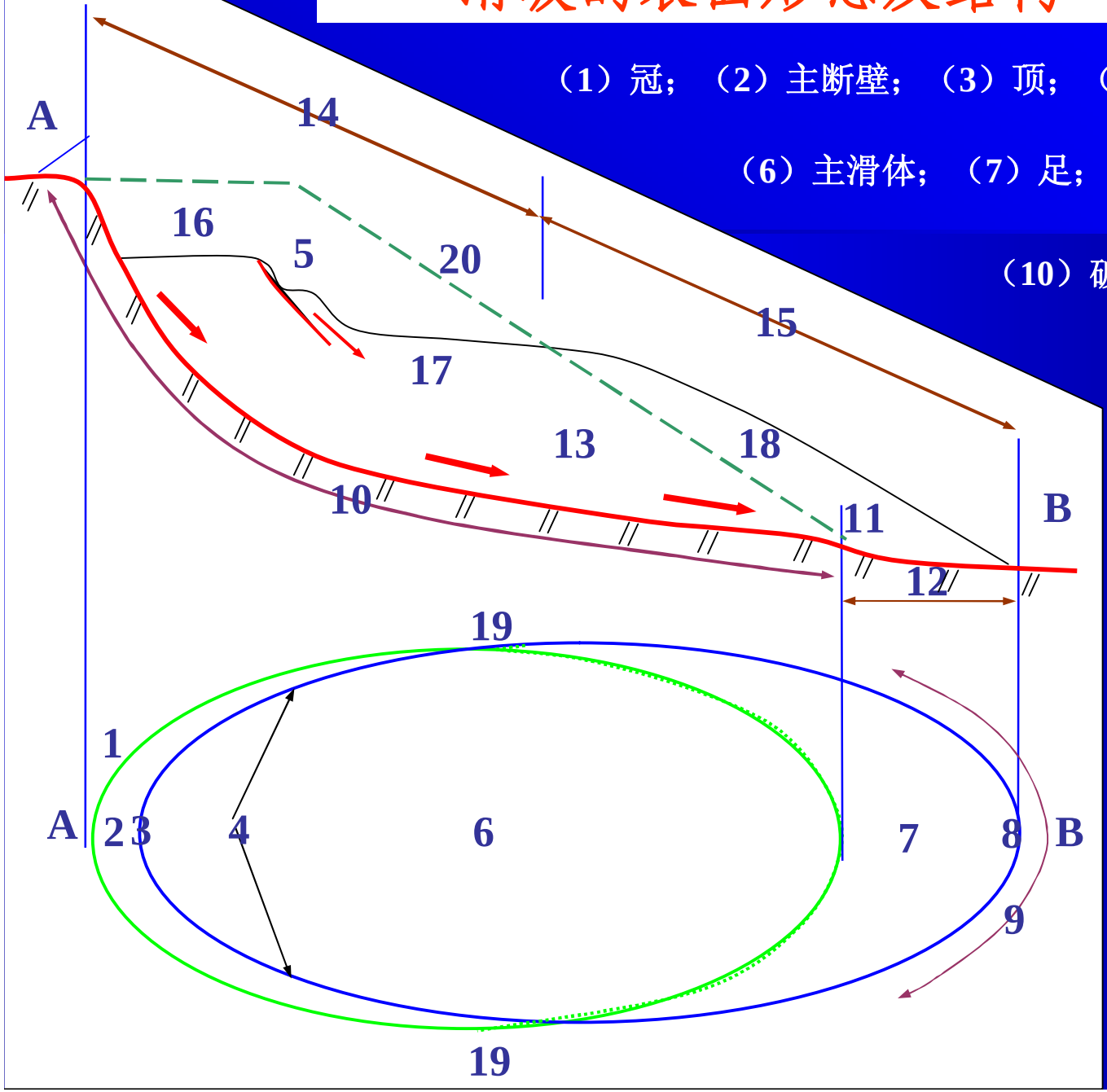


PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

滑坡的表面形态及结构



（1）冠；（2）主断壁；（3）顶；（4）头；（5）次断壁；

（6）主滑体；（7）足；（8）趾尖；（9） 趾

（10）破坏面；（11）破坏面趾

（12） 滑覆面

（13）滑移体

（14）减损带

（15）加积带

（16）减损坳陷

（17）减损体

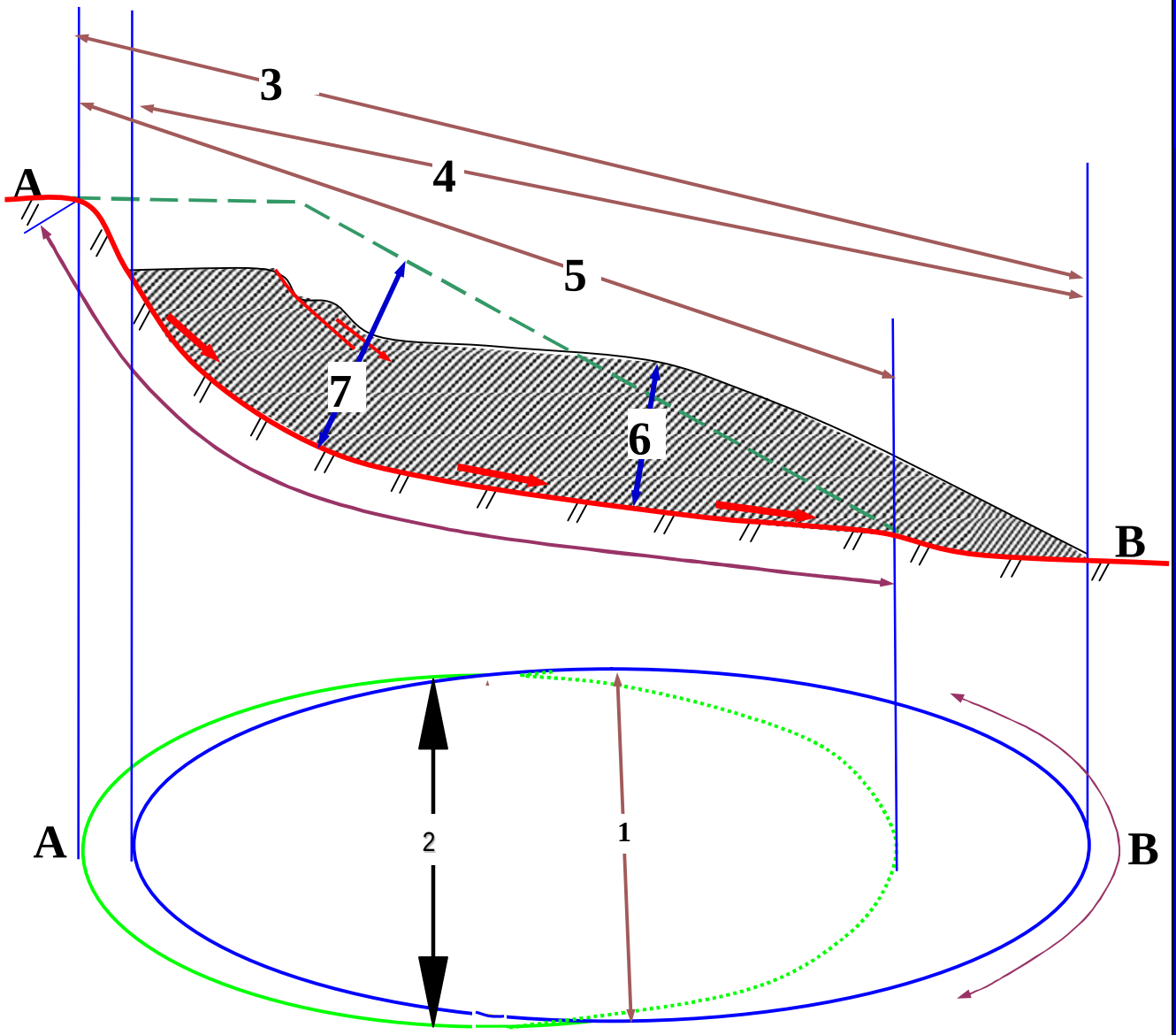
（18）加积体

（19）侧翼

（20）原始地面

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

滑坡的度量



（1）滑移体宽度 Wd

（2）破坏面宽度 Wr

（3）总长度 L

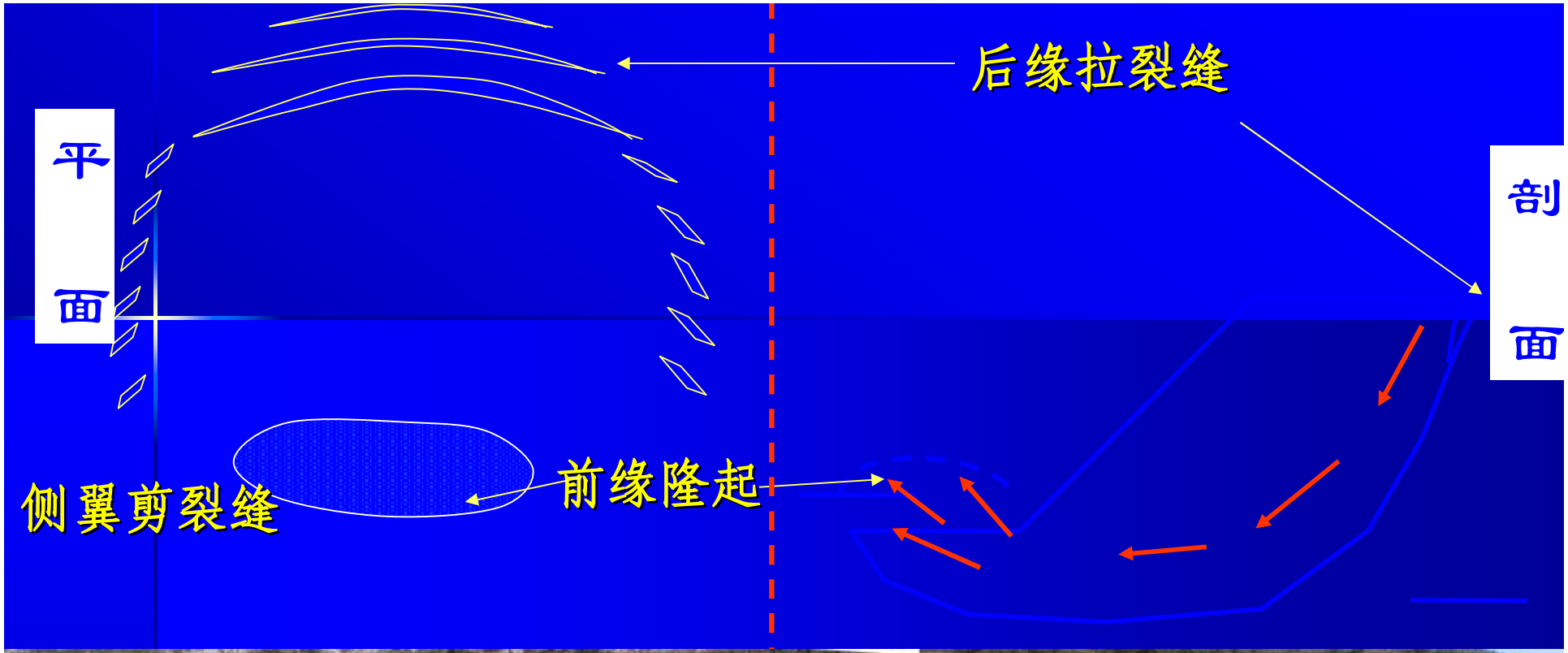
（4）滑移体长度 Ld

（5）破坏面长度 Lr

（6）滑移体厚度Dd

（7）破坏面深度D_r

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn



甘肃洮河28滑坡后缘特征



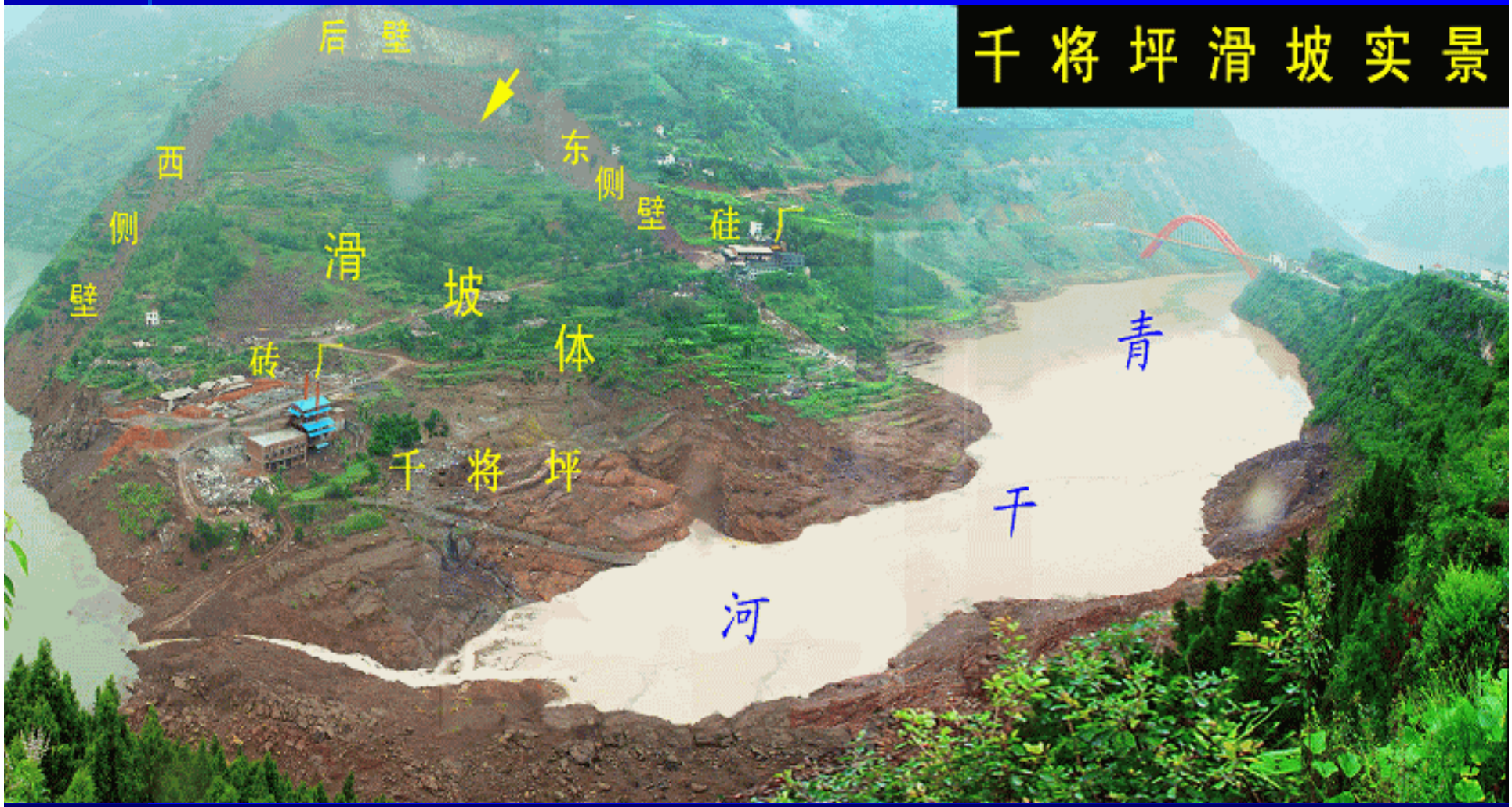
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn



甘肃洮河28滑坡总体特征

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

(1)新近发生的滑坡识别标志



2003年7月13日 三峡库区沙镇溪发生千将坪滑坡，致使24人失踪。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（2）古（老）滑坡的识别标志

标　志		内　　容
类别	亚类	
形态	宏观形态	圈椅状地形、双沟同源、坡体后部平台出现洼地，与周围河流阶地、构造平台或风化差异平台不一致的大平台地形、不正常河流弯道，圈椅状地形、“大肚子”斜坡等
	微观形态	后倾台面地形、小台阶与平台相间、马刀树、坡体前方或侧边出现擦痕或镜面、表层坍滑广泛
地层	老地层	明显的产状变动、架空、松弛、破碎、大段孤立岩体掩覆在新地层之上、大段变形岩体位于土状堆积物之中
	新地层	变形或变位岩体被新地层掩覆、山体后部洼地出现局部湖相地层、变形或变位岩体上覆湖相地层、上游方出现湖相地层
变　形等		古墓或古建筑变形、构成坡体的岩土结构零乱或强度低、开挖后易坍滑、斜坡前部地下水呈线状出露、古树等被掩埋
历史记载访问材料		发生滑坡或变形的记载和口述

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（3）稳定滑坡识别标志

（1）主滑体已堆积于前缘地段，堆积坡面已较平缓密实，建筑物无变形迹象；

（2）滑坡壁多被剥蚀夷缓，壁面稳定，多长满草木；

（3）河流已远离滑坡舌，不再受洪水淘刷，植被完好，无坍塌现象；

（4）滑坡两侧自然沟谷稳定；

（5）地下水出露位置固定，流量、水质变化规律正常。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（4）具有发生滑坡条件的斜坡识别标志

（1）堆积土组成上陡下缓的斜坡，岩（土）体中含有软弱夹层或不利于斜坡稳定的结构面；

（2）破碎岩石组成的陡峻山坡；

（3）岩浆岩、变质岩风化带组成的斜坡；

（4）断层破碎带中的谷坡；

（5）堆(坡)积层下伏不透水层，并具临空面的斜坡；

（6）由软岩组成或夹软弱夹层的顺层地区，特别是倾角在10°～30°的斜坡；

（7）膨胀岩（土）地区边坡；

（8）填筑土基底松软、地下水发育或积水，填筑前基底处理不当的斜坡；

（9）不适当的工程施工导致斜坡稳定条件发生恶化。

易滑地层：砂泥岩互层、灰岩与页岩互层、粘土岩、板岩、软弱片岩及凝灰岩等；土体中的裂隙粘土和黄土类土等。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

3.3 滑坡的分类—滑坡主要类型分类（滑坡防治工程设计与施工技术规范）

类型	亚　类	特　征　描　述
堆积层(土质)滑坡	滑坡堆积体滑坡	由滑坡等形成的块碎石堆积体，沿下伏基岩或体内滑动
	崩塌堆积体滑坡	由崩塌等形成的块碎石堆积体，沿下伏基岩或体内滑动
	崩滑堆积体滑坡	由崩滑等形成的块碎石堆积体，沿下伏基岩或体内滑动
	黄土滑坡	由黄土构成，大多发生在黄土体中
	粘土滑坡	由粘土构成。如昔格达组、成都粘土等
	残坡积层滑坡	由花岗岩风化壳、沉积岩残坡积等构成，浅表层滑动
	人工弃土滑坡	由人工开挖堆填弃渣构成，次生滑坡
岩质滑坡	近水平层状滑坡	由基岩构成。沿缓倾岩层或裂隙滑动，滑动面倾角≤10°
	切层滑坡	由基岩构成。沿顺坡岩层或裂隙面滑动
	切层滑坡	由基岩构成。滑动面与岩层层面相切。常沿倾向坡山外的一组软弱面滑动
	逆层滑坡	由基岩构成。沿倾向坡外的一组软弱面滑动，岩层倾向山内，滑动面与岩层层面相切
变形体	危岩体	由基岩构成。岩体受多组软弱面控制，存在潜在滑动面
	堆积层变形体	由堆积体构成。以蠕滑变形为主，滑动面不明显

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

滑坡其他因素分类

有关因素	名称类别	特　征　说　明
滑体厚度	浅层滑坡	滑坡体厚度在lOm以内
	中层滑坡	滑坡体厚度在10～25m之间
	深层滑坡	滑坡体厚度超过25m
运移形式	推移式滑坡	上部岩层滑动，挤压下部产生变形，滑动速度较快，滑体表面波状起伏，多见于有堆积物分布的斜坡地段
	牵引式滑坡	下部先滑，使上部失去支撑而变形滑动。一般速度较慢，多具上小下大的塔式外貌，横向张性裂隙发育，表面多呈阶梯状或陡坎状
发生原因	工程滑坡	由于施工开挖山体或建筑物加载引起的滑坡。还可细分为： (1)工程新滑坡：由于开挖山体或建筑物加载所形成的滑坡； (2)工程复活古滑坡：久已存在的滑坡，由于“斩腰切脚”引起复活的滑坡
	自然滑坡	由于自然地质作用产生的滑坡。按其发生的相对时代，可分为古滑坡、老滑坡、新滑坡
现今稳定程度	活滑坡	发生后仍继续活动的滑坡。后壁及两侧有新鲜擦痕，滑体内有开裂、鼓起或前缘有挤出等变形迹象
	死滑坡	发生后已停止发展，一般情况下不可能重新活动，坡体上植被较盛，常有居民点
发生年代	现代滑坡	现今正在发生滑动的滑坡
	老滑坡	全新世以来发生滑动，现今整体稳定的滑坡
	古滑坡	全新世以前发生滑动的滑坡，现今整体稳定的滑坡
滑体体积	小型滑坡 (小型崩塌)	$<10\times10^4m^3$ $(<1\times10^4m^3)$
	中型滑坡 (中型崩塌)	$10\times10^4m^3\sim100\times10^4m^3$ $(1\times10^4m^3\sim10\times10^4m^3)$
	大型滑坡 (大型崩塌)	$100\times10^4m^3\sim1000\times10^4m^3$ $(10\times10^4m^3\sim100\times10^4m^3)$
	特大型滑坡 (特大型崩塌)	$1000\times10^4m^3\sim10000\times10^4m^3$ $(100\times10^4m^3\sim1000\times10^4m^3)$
	巨型滑坡 (巨型崩塌)	$>10000\times10^4m^3$ $(>1000\times10^4m^3)$

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

3.4 滑坡地质灾害勘察的目的、任务、勘察阶段及一般规定

(1) 滑坡灾害勘察的目的

通过测绘、勘探和测试工作，了解滑坡的性质、规模和动态特征等，为评价滑坡稳定性和滑坡整治设计提供依据。

（2） 滑坡地质灾害勘察的主要任务

查清滑坡的类型、范围、形态，分析滑坡的成因和机制，获取合理的抗剪强度指标；分析滑坡的稳定性，预测滑坡的发展趋势，评估滑坡的灾情，研究滑坡的防治条件，确定滑坡的防治方案及监测方案。

滑坡勘察成果是进行滑坡项目决策、设计和施工的重要依据，直接关系到滑坡防治工程的经济效益、社会效益和环境效益。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

1）以灾情评估为重点

在勘察时，应重点做好滑坡灾情的评估，给出各种评估数据，详细分析滑坡可能造成的损失。首先要对可能产生的地质事件影响范围和程度做出估计；然后对地质灾害影响范围内的生命、财产、工农业资产和工程设施（包括城乡居民数量、建筑设施、生命线工程、河道、水库、水源等）可能造成的损失做出评估;同时要对滑坡灾害区内的名胜古迹、文物的重要性和可能造成的破坏做出评估，以及对该滑坡灾害区的政治地位做出评估；还要对与人类活动有关的环境影响做出分析。实际上，滑坡灾情评估是要对经济影响、社会影响、环境影响做出综合评价。

2) 研究防治条件

一是能不能防治，二是该不该防治。一般来说，内动力产生的滑坡，如地震滑坡，不能采用工程治理，只能采用躲避和防御措施，减轻它的危害和损失。外动力诱发的滑坡，一般可以采用工程手段加以治理。但要考虑值不值得治理的问题，该不该治理的依据是滑坡的治理效益。滑坡治理效益有3 个方面：①经济效益；②社会效益；③环境效益。这3 个方面都要在勘察中弄清楚。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

滑坡治理的经济效益是指如果对该滑坡进行治理所需要的投资估算额与对该滑坡不进行治理而产生可能滑坡所造成的经济损失估算额之比。比例越小，防治效益就越高，越值得治理。若这个比例愈大，说明投资大，那么治理的意义就不大。孙广忠建议这个比例为1：20 比较合适，也有的专家认为比例为1：10 即可进行治理。这个差别是可能的，因为还应考虑滑坡治理的社会效益和环境效益。滑坡治理的社会效益是指治理给社会造成的影响，如保护名胜古迹、文物以及该地区的政治地位；环境效益主要考虑滑坡治理后对宏观经济效益及长远生态环境的影响。

3)与防治方案衔接

滑坡勘察要密切与滑坡防治方案研究相结合。研究防治方案的基本依据是滑坡的成因和机制。滑坡勘察是为滑坡防治方案研究做准备。在滑坡勘察中必须查清：①滑坡的区块划分情况，即区分稳定区和不稳定区，确定主滑带；②滑坡滑动面的形态；③滑坡面上孔隙水压力的分布；④土的抗剪强度参数。这样才能为滑坡的防治设计提供充足的资料。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（3） 滑坡勘察的阶段性

滑坡的勘察一般分为：可行性研究勘察、初步设计勘察、施工图设计勘察 .

1）可行性研究勘察

论证滑坡的存在，圈定滑坡边界、评价滑坡防治的必要性和可能性，并提出滑坡防治意见。

2） 滑坡初步设计勘察

论述滑坡防治工程类型、场地布设，为优化治理工程方案提供工程地质和岩土力学依据。

3）施工图设计勘察

施工图设计勘察是在充分分析、利用初步设计勘察成果的基础上，对滑坡治理工程场地和轴线地基展开有针对性的工程地质测绘、勘探、测试工作，为滑坡治理工程设计、施工提供详细的工程地质资料和岩土体物理力学性质指标参数。对治理工程措施、结构型式、埋置深度及工程施工等提出地质建议 。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（4） 一般规定

1）工程地质勘察宜按设计阶段循序渐进地进行，按不同设计阶段要求，查清滑坡的成因、类型、规模、范围、稳定状态、滑动面（带）特征、主滑方向及危害性，提出防治方案建议，供设计参考。

2）勘察分为可行性研究勘察、初步设计勘察、施工图设计勘察（详细勘察）三个阶段。对于规模较小的或现有资料表明，滑体及其周边地质条件较简单的滑坡，可根据实际情况将可行性研究勘察、初步设计勘察合并为一个勘察阶段。

3）滑坡地质灾害勘察应充分搜集分析现有资料，并进行实地踏勘，重视地质测绘、工程勘探、岩土物理力学参数测试、资料综合分析和报告、图件编制过程中的每个环节，保证地质资料准确可靠。

4）应根据勘察阶段、区域及滑坡地质条件的复杂程度、滑坡类型、勘察手段的适宜性，经济、合理地开展综合勘察工作。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

3 .5 滑坡地质灾害的勘察

- 勘察常用的方法
- ——工程地质测绘:最主要、最基本
- ——地质勘探(包括物探、钻探和坑探)
- ——试验
- ——长期观测
- ——勘察资料的分析整理

滑坡地质灾害勘察，主要用工程地质测绘、钻探、槽探、物探等方法相结合进行，重点查明滑坡体、滑带和滑床的结构特征，应特别了解滑带的基本性状和物理力学特征。

可采用主—辅剖面相结合的方法，沿滑坡主滑动方向，详细查明滑坡体的结构，根据滑坡复杂程度和工程重要性，确定一至数条主剖面，并布置辅助剖面。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

3 .5.1 滑坡的测绘

(1)基本要求

1）地质测绘前，应充分收集地形图，区域地质资料、遥感图像、气象、水文、地震、降雨资料，前人滑坡调查和监测资料，以及当地防治滑坡的经验。

2）图上宽度大于2mm的地质现象必须描绘到地质图上，对评价滑坡形成过程及稳定性有重要意义的地质现象，如裂缝、鼓丘、滑坡平台、滑动面（带）、前缘剪出口等，在图上宽度不足2mm时，应扩大比例尺表示，并注示实际数据，地质界线图上的误差不应超过2mm—测绘精度要求。

3）采用全面勘查的方法，地质点间距以保证地质界线在图上的精度为原则，一般控制在图上距离2~5cm内。结合滑坡防治工程的重要性可适当加密或减稀。

4）在地质界线被覆盖或不明显地段，必须保证足够数量的人工露头，尤其是滑坡边界、剪出口附近应配合必要的坑（槽）探。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

5）测绘比例尺可根据滑坡规模在1：200 ~1：2000 之间选用，但用于滑坡整治设计的测绘比例尺为1：200 ~ 1：500 。

测绘的范围向周围扩展，扩展的范围要视现场具体情况来确定，一般以该滑坡的斜坡为中心，将调查向外扩展2 ~3 倍或4 ~5 倍。

（2）滑坡区基本特征调查

1)查明滑坡区地形地貌特征

岸坡受河道冲刷、淤积变化情况及历史变迁

2)与滑坡形成有关的地层岩性、产状、软硬岩层的组合、厚度、风化状态、岸坡结构

3）地质构造特别是软弱夹层以及层间错动带的分布、岩体中结构面发育特征

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

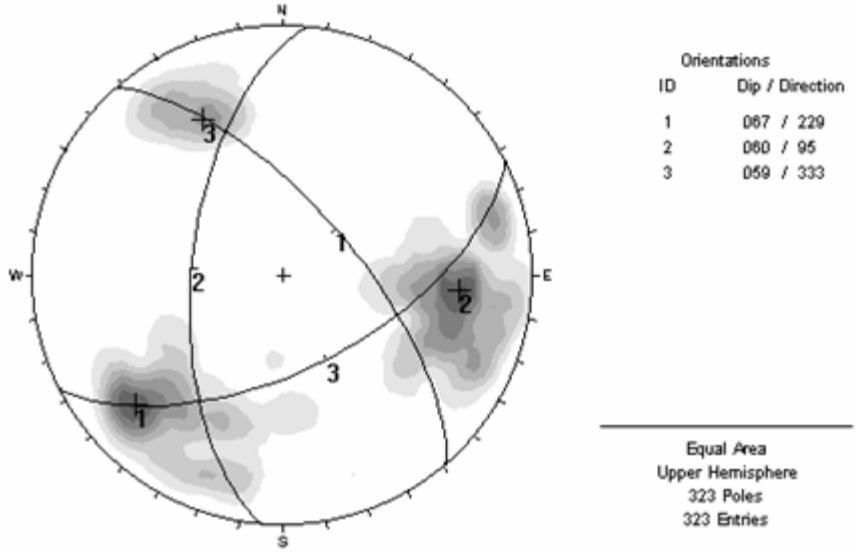


图 3.12　滑坡区岩体节理裂隙等密图

通过对滑坡区节理裂隙的调查，可以研究这些结构面与滑坡边界的关系。

4)水文地质条件

a、滑坡及周边沟系发育特征，径流条件、地表水、大气降水与地下水的补排关系；

b、 井、泉、水塘、湿地位置，井、泉的类型、流量及季节性变化情况;

c、含水层的位置、性质、厚度，岩土体的透水性，地下水的水位、水质及其变化，地下水的径流、补给及排泄条件。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（3）滑坡体特征调查

①查明滑体形态及规模;

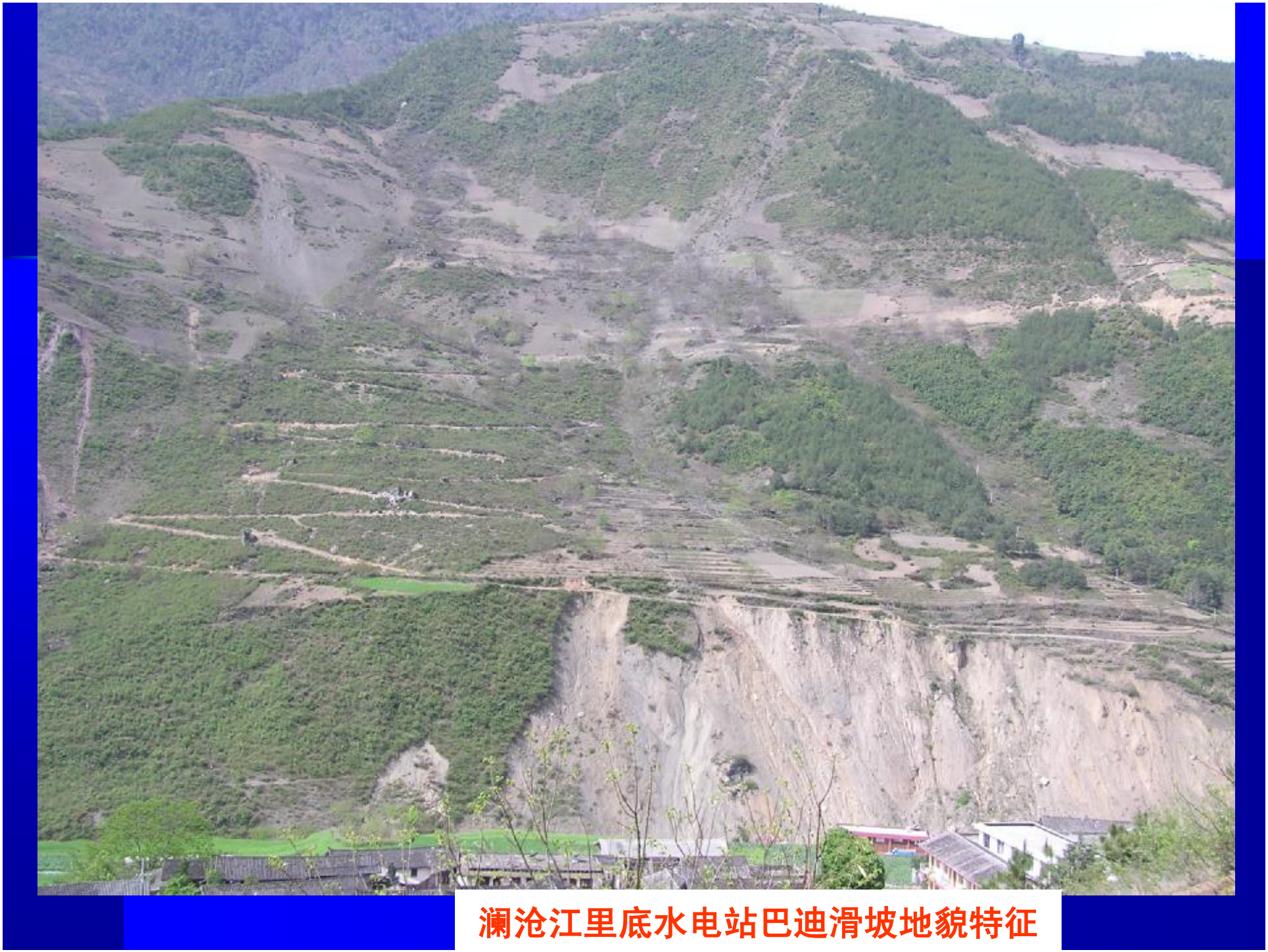
②查明滑坡体边界特征：后缘滑坡壁的位置、产状、高度及其壁面上擦痕方向；滑坡两侧界线的位置与性状；前缘出露位置、形态、临空面特征及剪出情况；以及露头上滑坡床的性状特征等。

③查明滑坡体表部特征：滑坡微地貌形态（后缘洼地、台坎、前缘鼓胀、侧缘翻边埂等），裂缝的分布、方向、长度、宽度、产状、力学性质及其它前兆特征。

④调查了解滑面特征：根据边界、表部特征及活动情况和有关勘查成果，取得有无贯通的滑动面及其层数、位置（埋深及与其它结构面的关系）。分析研究滑面及滑带的性状特征（物质成分、物理力学性质及含水、隔水情况）。

⑤分析研究滑坡体内部特征。滑坡体的岩体结构、岩性组成、松动破碎情况及含泥、含水情况，滑带的数量、形状、埋深、物质成分、胶结状况，滑动面与其它结构面的关系。滑体内地下水的赋存、活动情况。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn



澜沧江里底水电站巴迪滑坡地貌特征

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（3）变形活动特征调查

①确定是初发性滑坡或复活性滑坡;

② 地面裂缝、房屋、水渠、道路、古墓等的变形性质、位移、分布位置、形状特征、延伸长度、充填情况，裂缝产生的时间及变化情况;植被、醉汉林和马刀树的分布;井、泉、水塘的突然干枯或浑浊现象。

③调查目前活动状况及其变形活动阶段（孕育及初始蠕变阶段、均匀滑移阶段、加速变形阶段，剧烈变形及破坏阶段→休止阶段;

④滑动的方向、滑距及滑速，分析滑坡滑动的方式和力学机制。进行滑坡现状稳定性评价和发展趋势分析。

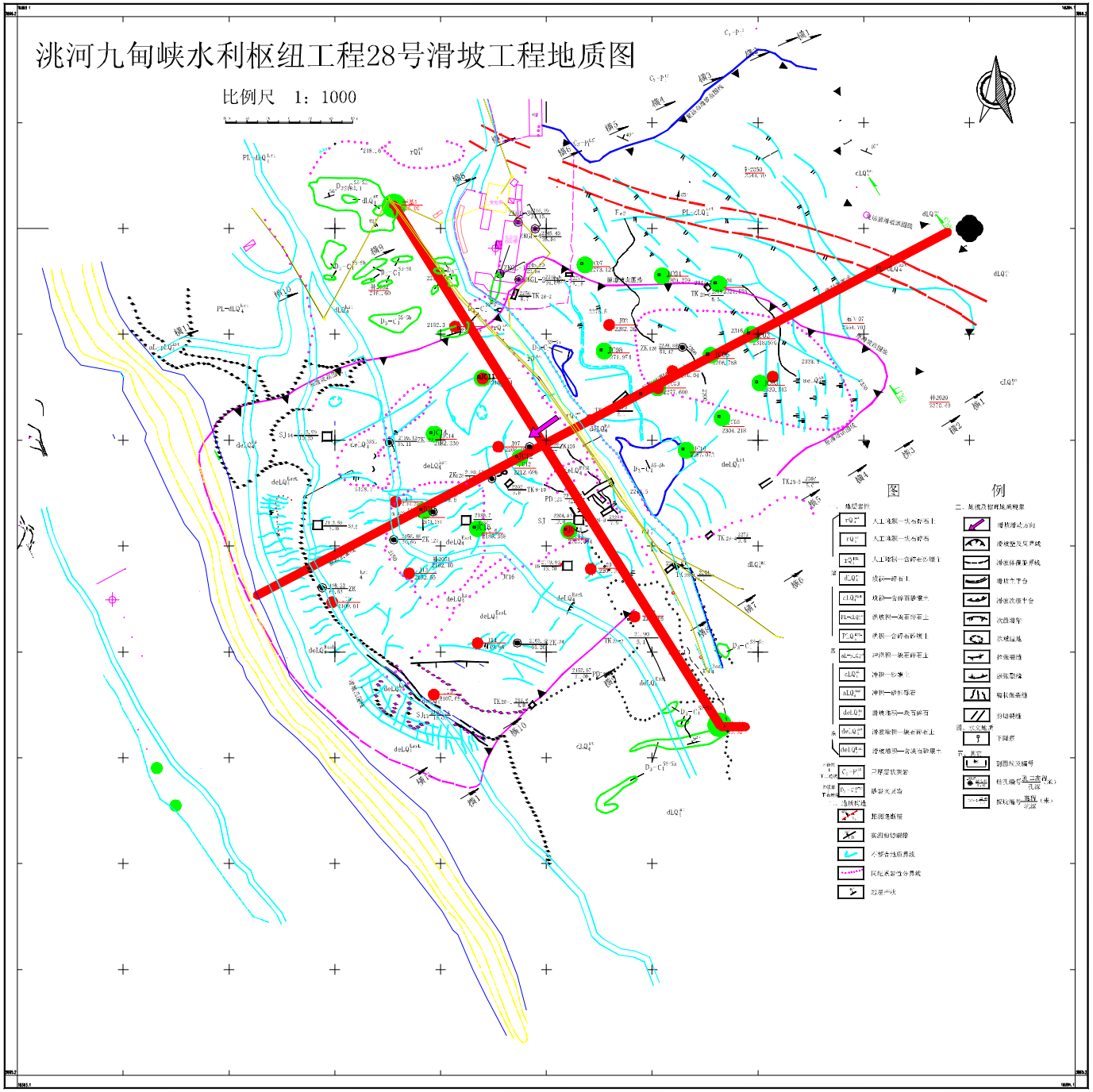
（4）诱发环境因素调查

（5）滑坡危害及成灾情情况

（6）当地滑坡灾害的勘查、工程治理措施等的调查

滑坡勘查成果应包括：地质背景和形成条件，形态要素、性质和演化，平面图、剖面图，岩土工程特性指标，稳定分析，防治建议等。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

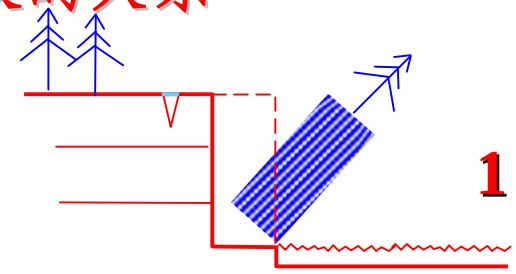
滑坡活动性与植被的关系

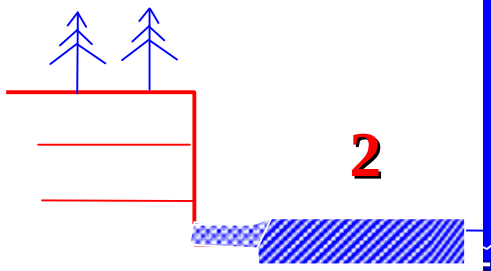
活动滑坡（1）

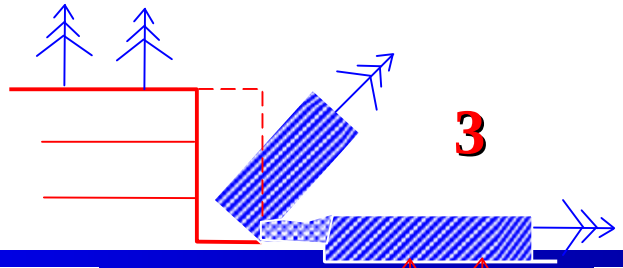
暂停滑坡（2）

复活滑坡（3）

静止滑坡（5-8）





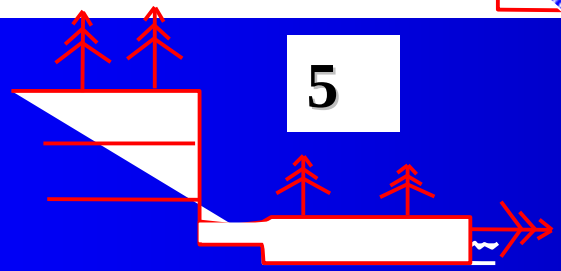


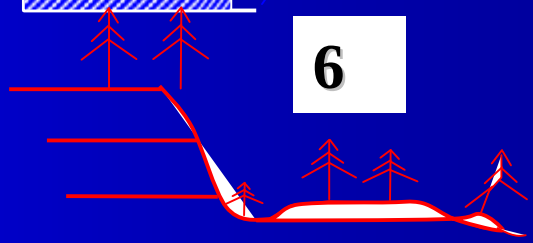
休眠滑坡（5）

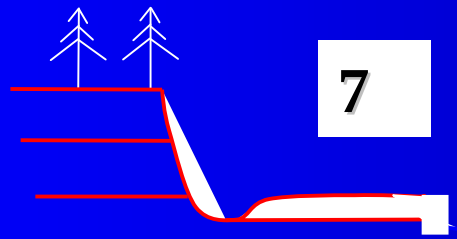
遗弃滑坡（6）

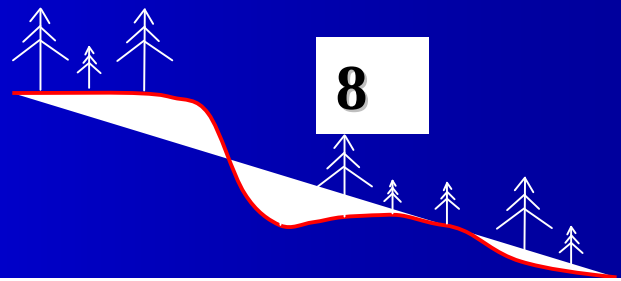
加固滑坡（7）

残余滑坡（8）









PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

滑坡调查内容

调查对象	调　查　要　点
滑　坡　区	1、滑坡所处的地理位置、地貌部位、斜坡形态、地面坡度、相对高度，沟谷发育、河岸冲刷、堆积物、地表水以及植被。 2、滑坡体周边地层及地质构造。 3、 水文地质条件
滑　坡　体	1、形态与规模：滑体的平面、剖面形状，长度、宽度、厚度、面积和体积。 2、边界特征：滑坡后壁的位置、产状、高度及其壁面上擦痕方向；滑坡两侧界线的位置与性状；前缘出露位置、形态、临空面特征及剪出情况；露头上滑床的性状特征等。 3、表部特征：微地貌形态(后缘洼地、台坎、前缘鼓胀、侧缘翻边埂等)，裂缝的分布、方向、长度、宽度、产状、力学性质及其它前兆特征。 4、内部特征：通过野外观察和山地工程，调查滑坡体的岩体结构、岩性组成、松动破碎及含泥含水情况，滑带的数量、形状、埋深、物质成分、胶结状况，滑动面与其它结构面的关系。 5、变形活动特征：访问调查滑坡发生时间，目前的发展特点(斜坡、房屋、树木、水渠、道路、坟墓等变形位移及井泉、水塘渗漏或干枯等)及其变形活动阶段(初始蠕变阶段、加速变形阶段、剧烈变形阶段、破坏阶段、休止阶段)，滑动方向、滑距及滑速，分析滑坡的滑动方式、力学机制和目前的稳定状态
滑坡成因	1、自然因素：降雨、地震、洪水、崩塌加载等。 2、人为因素：森林植被破坏、不合理开垦，矿山采掘，切坡、滑坡体下部切脚，滑坡体中—上部人为加载、震动、废水随意排放、渠道渗漏、水库蓄水等。 3、综合因素：人类工程经济活动和自然因素共同作用
滑坡危害	1滑坡发生发展历史，破坏地面工程、环境和人员伤亡、经济损失等现状。 2、分析与预测滑坡的稳定性和滑坡发生后可能成灾范围及灾情
滑坡防治	调查滑坡灾害勘查、监测、工程治理措施等防治现状及效果

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

附表 2—1　滑坡调查表

名称				地理位置	省　县(市)　乡　村　社				
野外编号		滑坡时间	□老滑坡 □现代滑坡 发生时间： 年　月　日 时　分		坐标(m)	X： Y：	海拔(m)	冠	
室内编号								趾	
					经度：　°　′　″		纬度：　°　′　″		
滑坡类型	□崩塌 □倾倒 □滑动 □侧向扩离 □流动 □复合				滑体性质	□岩质 □碎块石 □土质			

滑坡环境									
地质环境	地层岩性			地质构造		微地貌	地下水类型		
	时代	岩性	产状	构造部位	地震烈度	□陡崖 □陡坡 □缓坡 □平台	□孔隙水 □潜水 □裂隙水 □承压水 □岩溶水 □上层滞水		
自然地理环境	降水量(mm)			水　文					
	年均	日最大	时最大	洪水位(m)		枯水位(m)	滑坡相对河流位置		
							□左 □右 □凹 □凸		
原始斜坡	坡高(m)	坡度(°)	坡　形		斜坡结构类　型		控滑结构面		
			□凸形 □凹形 □平直 □阶状				类型		
							产状		

滑坡基本特征							
外形特征	长度(m)	宽度(m)	厚度(m)	面积(m^2)	体积(m^3)	坡度(°)	坡向(°)
	平面形态			剖面形态			
	□半圆 □矩形 □舌形 □不规则			□凸形 □凹形 □直线 □阶梯 □复合			
结构特征	滑体特征				滑床特征		
	岩性	结构	碎石含量(%)	块度(cm)	岩性	时代	产状
		□可辨层次 □零乱	(体积百分比)				
	滑面及滑带特征						
	形态	埋深(m)	倾向(°)	倾角(°)	厚度(m)	滑带土名称	滑带土性状
地下水	埋深(m)	露　头		补给类型			
		□上升泉 □下降泉 □溢水点		□降雨 □地表水 □人工 □融雪			
土地使用	□旱地 □水田 □草地 □灌木 □森林 □裸露 □建筑						

现今变形迹象	名　称	部　位	特　征	初现时间
	□拉张裂缝 □剪切裂缝 □地面隆起 □地面沉降 □剥、坠落 □树木歪斜 □建筑变形 □渗冒混水			

影响因素		
	地质因素	□节理极度发育 □结构面走向与坡面平行 □结构面倾角小于坡角 □软弱基座 □透水层下伏隔水层 □土体/基岩接触 □破碎风化岩/基岩接触 □强/弱风化层界面
	地貌因素	□斜坡陡峭 □坡脚遭侵蚀 □超载堆积
	物理因素	□风化 □融冻 □胀缩 □累进性破坏造成的抗剪强度降低 □孔隙水压力高 □洪水冲蚀 □水位陡降陡落 □地震
	人为因素	□削坡过陡 □坡脚开挖 □坡后加载 □蓄水位降落 □植被破坏 □爆破振动 □渠塘渗漏 □灌溉渗漏
	主导因素	□暴雨 □地震 □工程活动

稳定性分析					
复活诱发因素	□降雨 □地震 □人工加载 □开挖坡脚 □坡脚冲刷 □坡脚浸润 □坡体切割 □风化 □卸荷 □动水压力 □爆破振动				
目前稳定状况	□稳定 □基本稳定 □不稳定	已造成危害	毁房(间)	死亡(人)	直接经济损失(万元)
发展趋势分析	□稳定 □基本稳定 □不稳定	潜在威胁	威胁户数	威胁人口	威胁资产(万元)
监测建议	□定期目视检查 □安装简易监测设施 □地面位移监测 □深部位移监测				
防治建议	□避让 □裂缝填埋 □加强监测 □地表排水 □地下排水 □削方减载 □坡面防护 □反压坡脚 □支挡 □锚固 □灌浆 □植树种草 □坡改梯 □水改旱 □减少振动				
群测人员		村长		电话	

滑坡示意图

平面图

剖面图

调查负责人：　　填表人：　　审核人：　　填表日期：　　年　月　日

调查单位：

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（7）滑坡稳定性野外判别依据

1）滑坡稳定性野外判别依据（环境地质调查规范）

滑坡要素	不稳定	较稳定	稳定
滑坡前缘	滑坡前缘临空，坡度较陡且常处于地表迳流的冲刷之下，有发展趋势并有季节性泉水出露，岩土潮湿、饱水	前缘临空，有间断季节性地表迳流流经，岩土体较湿，斜坡坡度在30～45°之间	前缘斜坡较缓，临空高差小，无地表迳流流经和继续变形的迹象，岩土体干燥
滑体	滑体平均坡度＞40°，坡面上有多条新发展的滑坡裂缝，其上建筑物、植被有新的变形迹象	滑体平均坡度在25～40°间，坡面上局部有小的裂缝，其上建筑物、植被无新的变形迹象	滑体平均坡度＜25°，坡面上无裂缝发展，其上建筑物、植被未有新的变形迹象
滑坡后缘	后缘壁上可见擦痕或有明显位移迹象，后缘有裂缝发育	后缘有断续的小裂缝发育，后缘壁上有不明显变形迹象。	后缘壁上无擦痕和明显位移迹象，原有的裂缝已被充填

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2）《工程地质手册》第四版中

(a)根据地形地貌特征来判断滑坡稳定性

根据地貌特征判断滑坡稳定性　　表 6-2-4

滑坡要素	相对稳定	不稳定
滑坡体	坡度较缓，坡面较平整，草木丛生，土体密实，无松塌现象，两侧沟谷已下切深达基岩	坡度较陡，平均坡度 30°，坡面高低不平，有陷落松塌现象，无高大直立树木，地表水泉湿地发育
滑坡壁	滑坡壁较高，长满了草木，无擦痕	滑坡壁不高，草木少，有坍塌现象，有擦痕
滑坡平台	平台宽大，且已夷平	平台面积不大，有向下缓倾或后倾现象
滑坡前缘及滑坡舌	前缘斜坡较缓，坡上有河水冲刷过的痕迹，并堆积了漫滩阶地，河水已远离舌部，舌部坡脚有清渐泉水	前缘斜坡较陡，常处于河水冲刷之下，无漫滩阶地，有时有季节性泉水出露

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

(b)工程地质与水文地质条件对比

1. 下伏基岩呈凸形的，不易积水，较稳定；相反，呈勺形，且地表有反坡向地形时，易积水，不稳定。

2. 滑坡两侧及滑坡范围内同一沟谷的两侧，在滑动体与相邻稳定地段的地质断面中，详尽的对比描述各层的物质组成，组织结构、不同矿物含量和性质，风化程度和液性指数在不同位置上的分布等，借以判断山坡处于滑动的某一阶段及其稳定程度。

3. 分析滑动面的坡度、形状、与地下水的关系，软弱结构面的分布及其性质，以判定其稳定性及估计今后的发展趋势。

（三）滑动前的迹象及滑动因素的变化

分析滑动前的迹象，如裂缝、水泉复活、舌部鼓胀、隆起等，以及引起滑动的自然和人为因素如切方、填土、冲刷等，研究下滑力与抗滑力的对比及其变化，从而判定滑坡的稳定性。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

3 .5.2 滑坡地质灾害的勘探

(1)勘探目的

在充分分析现有地质资料及工程地质测绘成果的基础上，有针对性的综合布置勘探工作。其主要目的是:

（1）查明滑体厚度、物质组成、结构特性、空间分布特征，特别是滑动面埋深、空间分布，滑动面（带）厚度、性质;

（2）查明地下水类型、埋深、透水性、空间分布及动态变化;

（3）结合勘探进行水文地质测试，在钻孔中采取岩土样进行物理力学试验，布置长期监测点，必要时可利用钻孔进行有关物探测量。

勘探方法以工程地质钻探为主，硐探、竖井勘探及地球物理勘探为辅，配合地面测绘开展必要的坑（槽）探。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

滑坡勘探方法适用条件　　表 6-2-3

勘探方法	适用条件及部位
井探、槽探	用于确定滑坡周界和滑坡壁、前缘的产状，有时也为现场大面积剪切试验的试坑
深井（竖斜）	用于观测滑坡体的变化，滑动带特征及采取不扰动土试样等。深井常布置在滑坡体中前部主轴附近。采用深井时，应结合滑坡的整治措施综合考虑
洞　探	用于了解关键性的地质资料（滑坡的内部特征），当滑坡体厚度大，地质条件复杂时采用。洞口常选在滑坡两侧沟壁或滑坡前缘，平洞常为排泄地下水整治工程措施的部分，并兼做观测洞
电　探	用于了解滑坡区含水层、富水带的分布和埋藏深度，了解下伏基岩起伏和岩性变化及与滑坡有关的断裂破碎带范围等
地震勘探	用于探测滑坡区基岩的埋深，滑动面位置、形状等
钻　探	用于了解滑坡内部的构造，确定滑动面的范围、深度和数量，观测滑坡深部的滑动动态

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

(2) 勘探线和勘探点的布置要求

勘探线和勘探点的布置应符合下列要求:

（1）勘探线的布置视勘查阶段和滑体规模大小而定，沿滑动方向布置一定数量的纵向勘探线，其中主轴线方向为控制性纵向勘探线，在主轴线两侧至少各布置1条辅助纵向勘探线，其线间距不宜大于200m，一般为50~100m；垂直滑动方向，以纵勘探线上的勘探孔（竖井）为基础，根据实际情况布置适量的横勘探线，在滑坡体转折处和可能采取防治措施的地段也应布置横勘探线；

（2）控制性纵勘探线上的勘探点不得少于3个，点间距控制在30~50m，一般不超过40m。其余勘探线上勘探点的数量、点间距应根据勘查阶段及实际情况而定，但点间距不应超过80m。纵、横勘探线端点均应超过滑坡周界30~50m。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（3）勘探孔的深度应穿过最下一层滑动面（带），进入稳定岩土层，控制性勘探孔必须深入滑动面（带）以下5~10m，其它一般性勘探孔应达到滑动面（带）以下5m。勘探孔穿过滑动面（带）的深度，若遇重大地质缺陷，应适当加深勘探孔的深度。

（4）勘探工作布置中应注意或存在的问题:

1)布置勘探剖面应结合宏观变形破坏迹象，有针对性的。纵剖面应与滑坡主滑方向一致。

2）在准备设置工程措施部位应尽可能地布置勘探工作。

3）勘探深度应穿过最下一层滑面，并进入稳定地层3～5m。

4）勘探工作应根据勘察阶段按照相关规范执行，深度应适中。

5）应针对不同的勘探对象选择合适的勘探手段和方法。

6）不要过于注重实物工作量，要有针对性的。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

石 坪 台 滑 坡 工 程 地 质 平 面 图

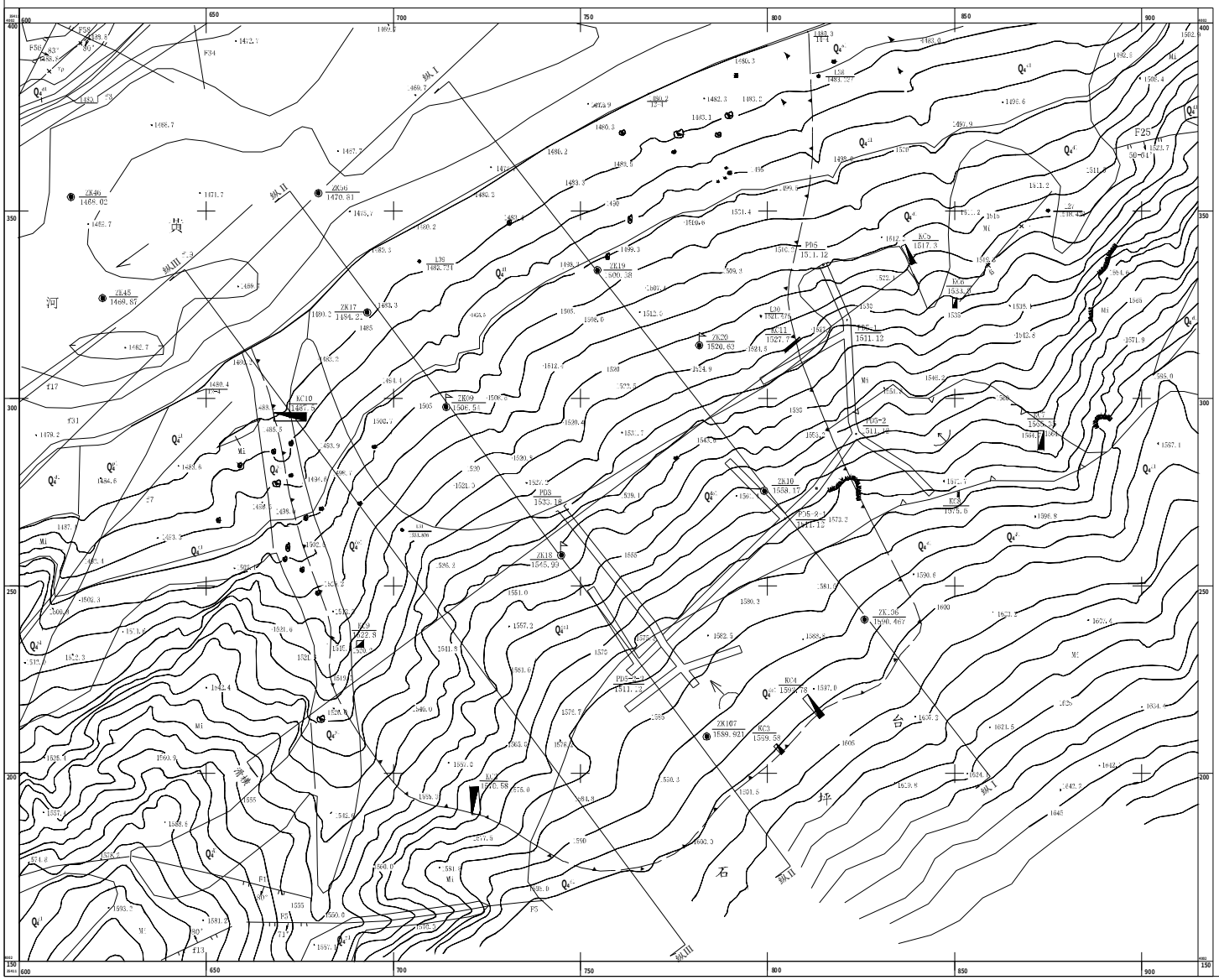
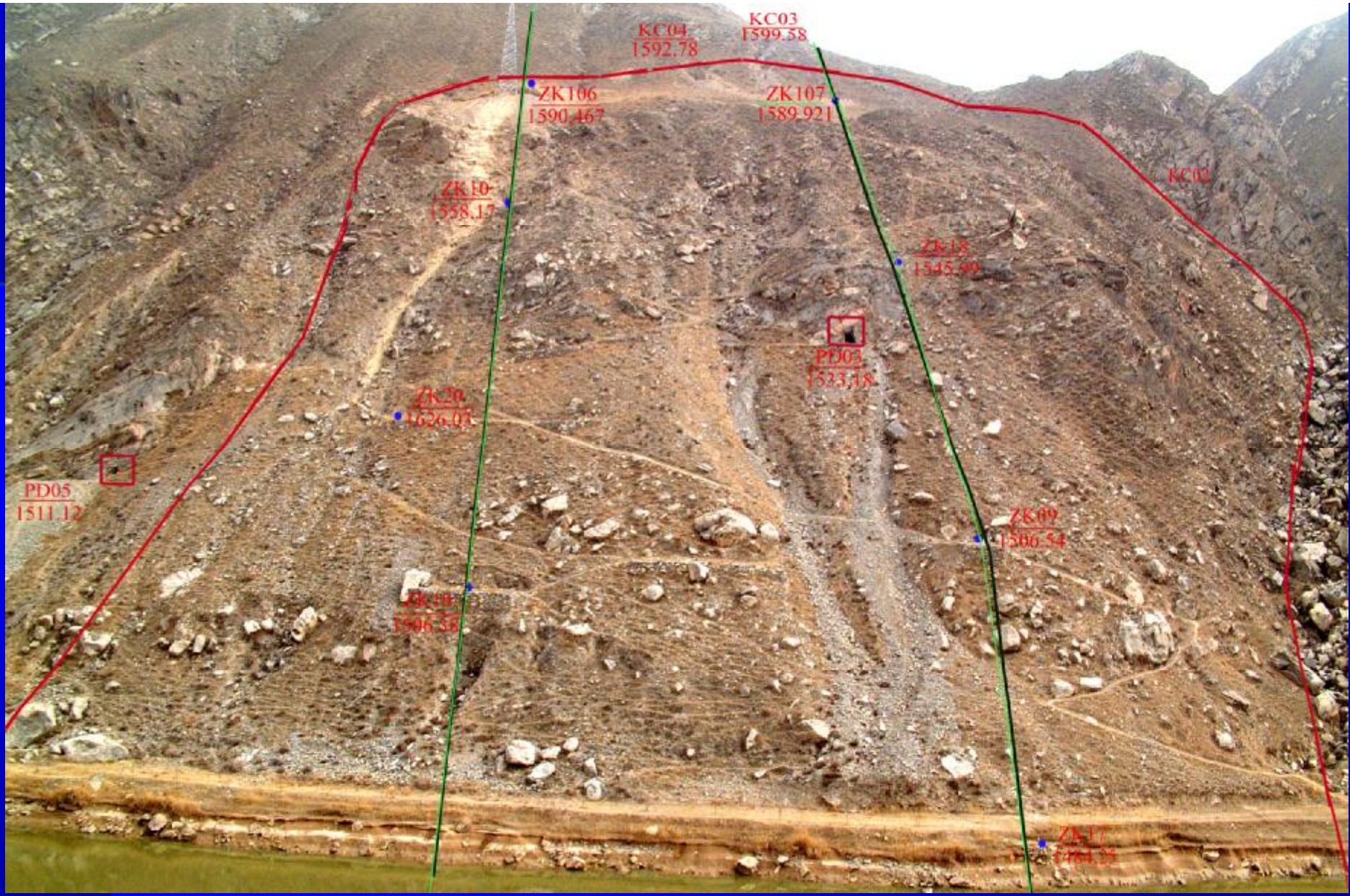


图 例

- Q_4^{al} 冲积沙卵砾石
- Q_4^{dl} 坡积碎石土
- Q_4^{pl} 洪积块石、碎石土
- Q_4^{del} 滑坡堆积块石、碎石土
- Mi 前寒武系皋兰山群条带状混合岩
- γ_5^2 加里东期花岗伟晶岩脉
- 1.逆断层及编号 （虚线为推测）
- 2.平硐揭露逆断层及编号
- 1.正断层及编号 （虚线为推测）
- 2.平硐揭露正断层及编号
- 层间断层及编号（虚线为推测）
- 性质不明断层及编号(虚线为推测)
- 地层不整合分界线 同时代岩层分界线
- 岩层片理产状
- 滑坡体及滑动方向(虚线为推测)
- 倾倒岩体及倾倒方向
- 钻孔及编号 地面高程（m
- 地下水长期观测孔
- 平硐及编号 地面高程（m
- 坑槽及编号 地面高程（m
- 正常蓄水位线
- 剖面编号及观望方向

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn



黄河小峡水电站石坪台滑坡全貌图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

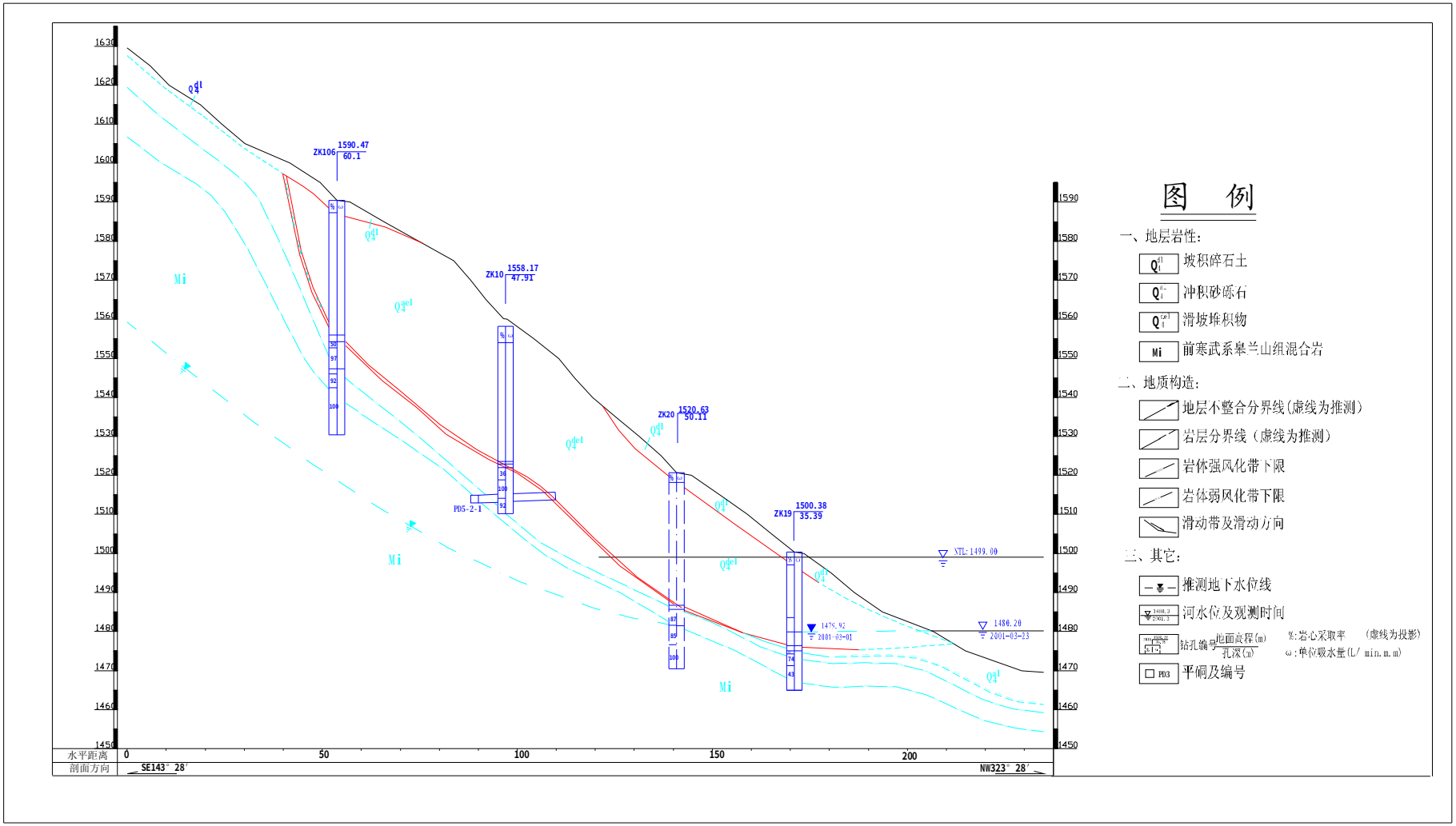
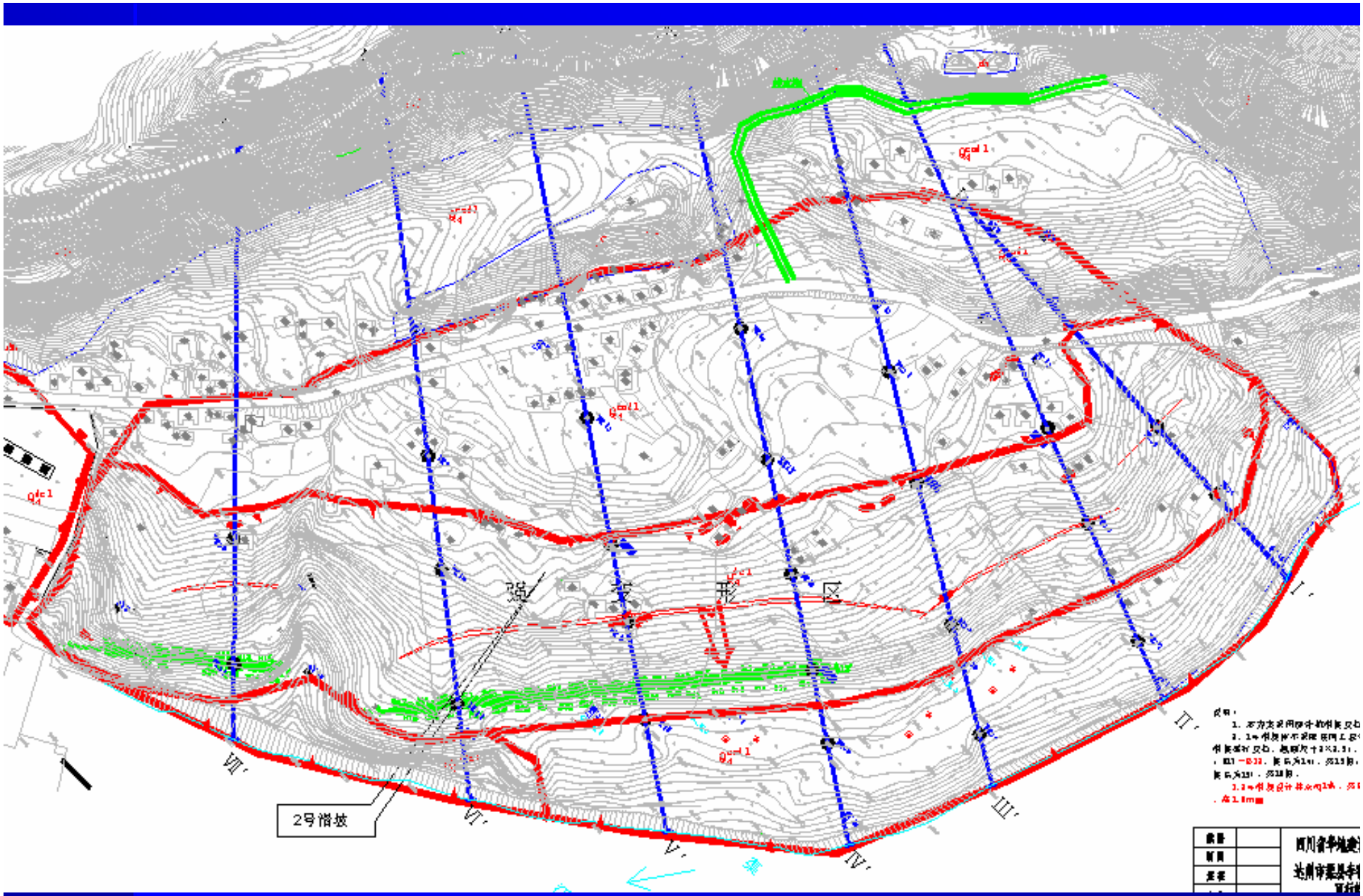


图3.8　石坪台滑坡工程地质纵Ⅰ剖面图(1: 500)

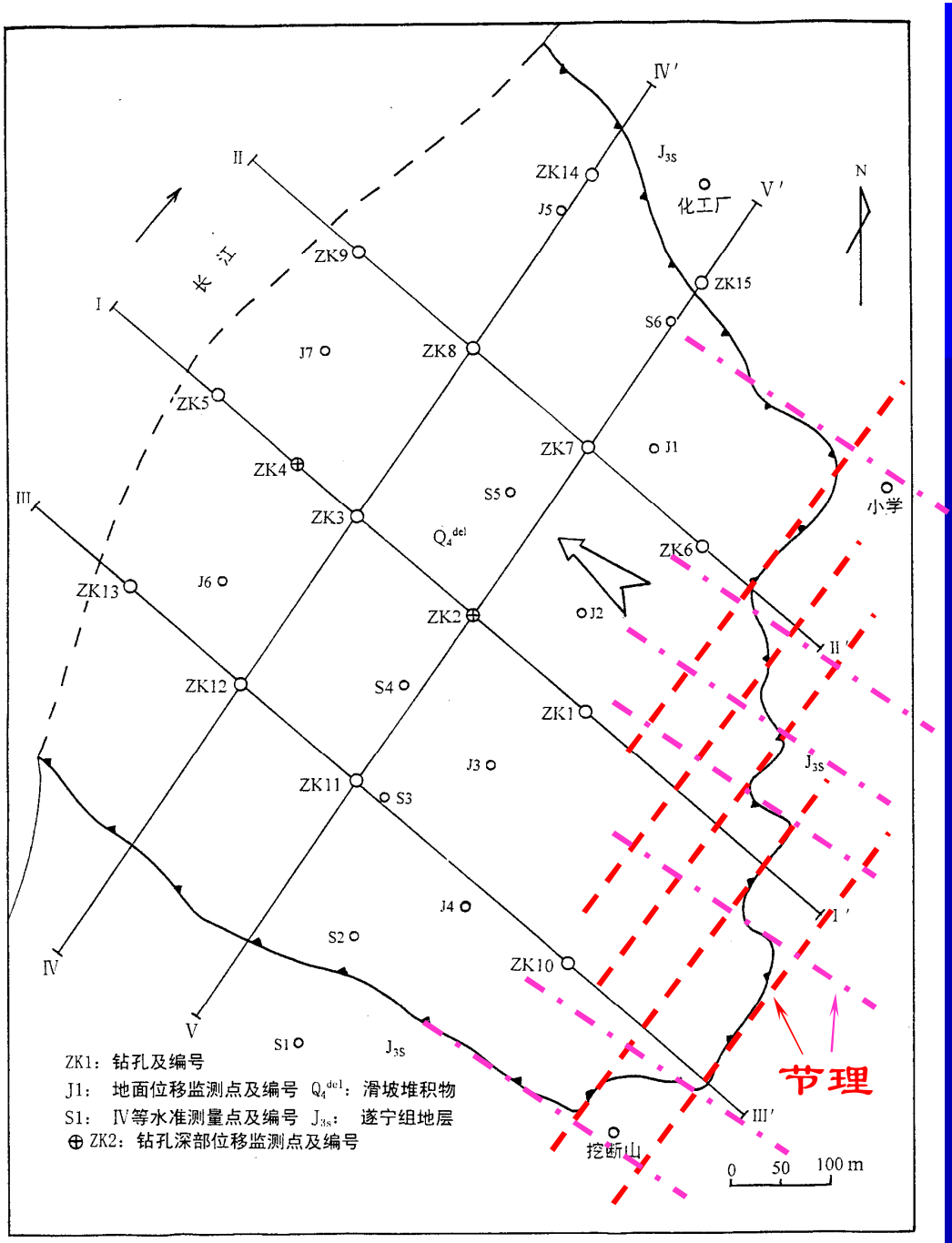
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn



渠县李馥乡南阳碥滑坡

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

麻柳咀滑坡平面示意图



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

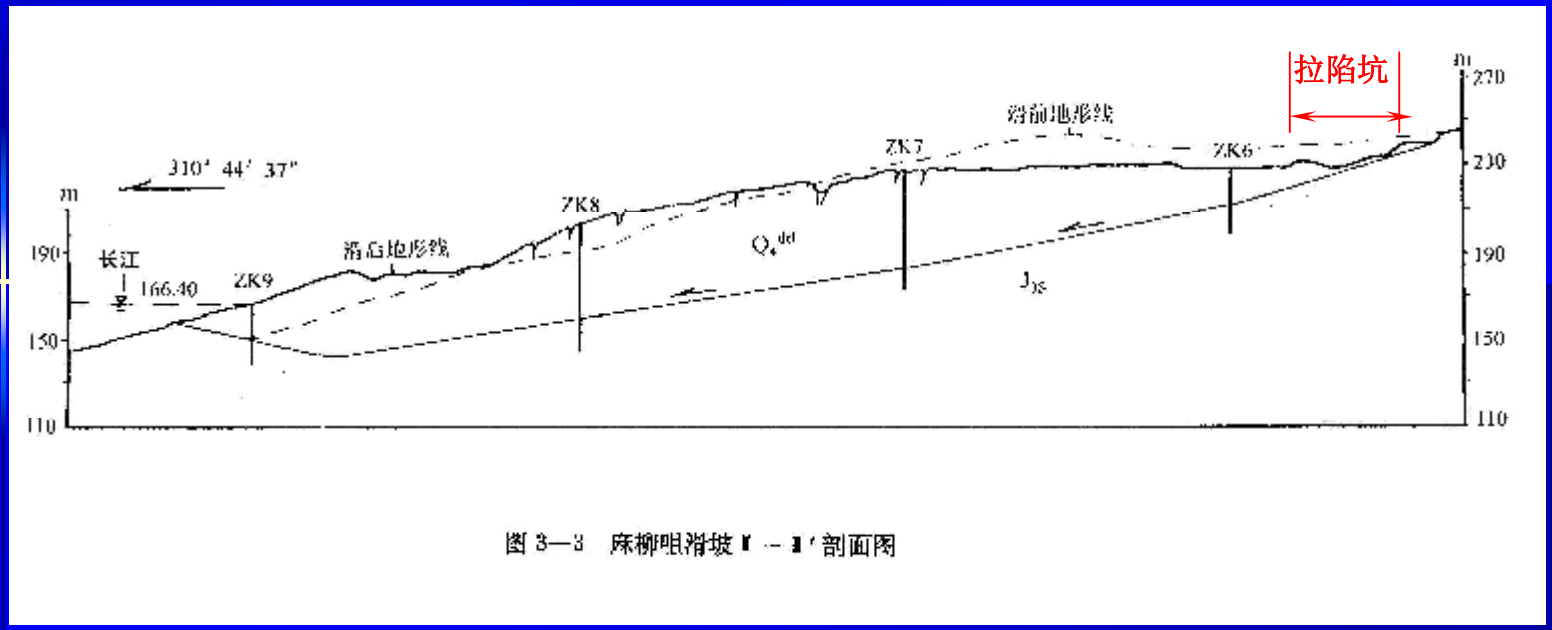


图 3—3　麻柳咀滑坡Ⅰ—Ⅰ′剖面图

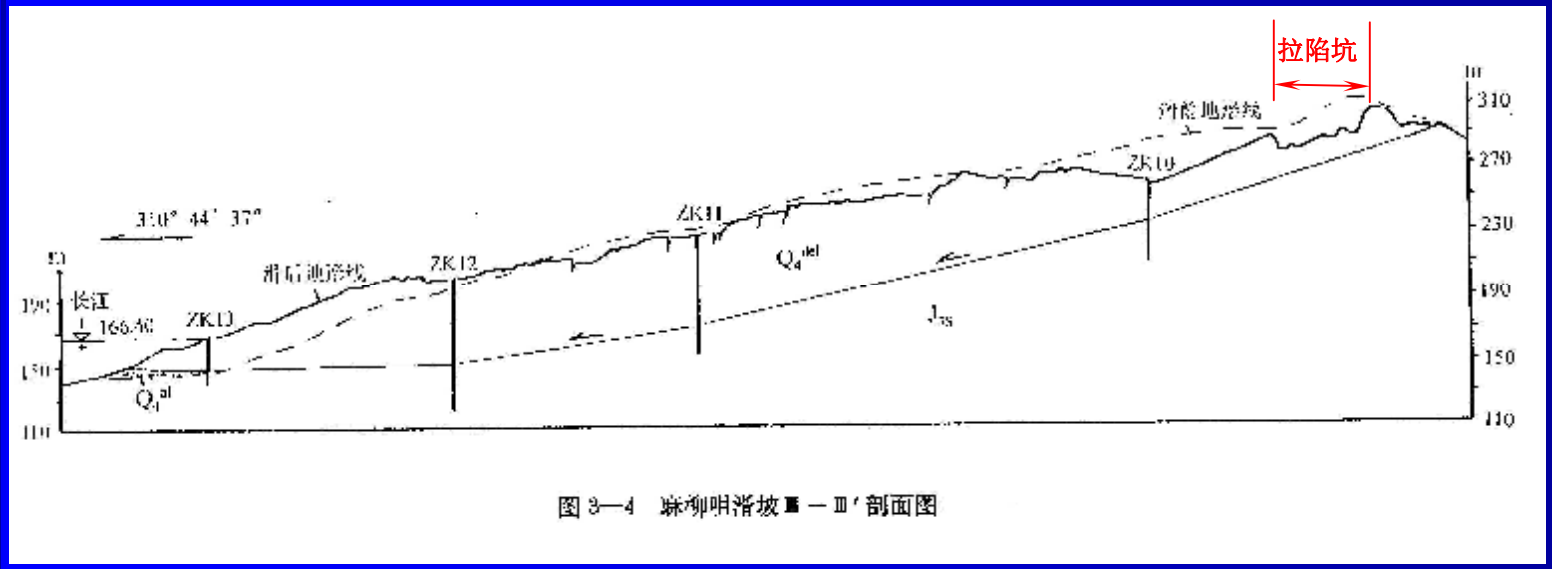


图 3—4　麻柳咀滑坡Ⅱ—Ⅱ′剖面图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

3 .5.3 试验

滑坡室内外试验应符合下列要求：

①满足滑坡稳定性评价及治理设计需要为目的；

②应取代表性的岩、土、水样，进行物理力学试验及水化学分析；

③中型以上滑坡按要求进行原位抗剪强度试验和现场水文地质测试；

④滑带土、滑体、岩土体的基本物理指标测试

⑤滑动带应取原状土样进行试验，当无法采取原状土样时，可取保持天然含水量的扰动土样做重塑样试验；滑带土的C、φ值测试采用与滑坡受力条件进行试验，获得峰值及残余值抗剪强度

⑥进行滑坡堆积体或潜滑移体各类工程地质岩土的室内原状样常规三轴压缩试验，直剪试验与压缩试验，确定土的C、φ值，压缩模量及其它强度与变形指标

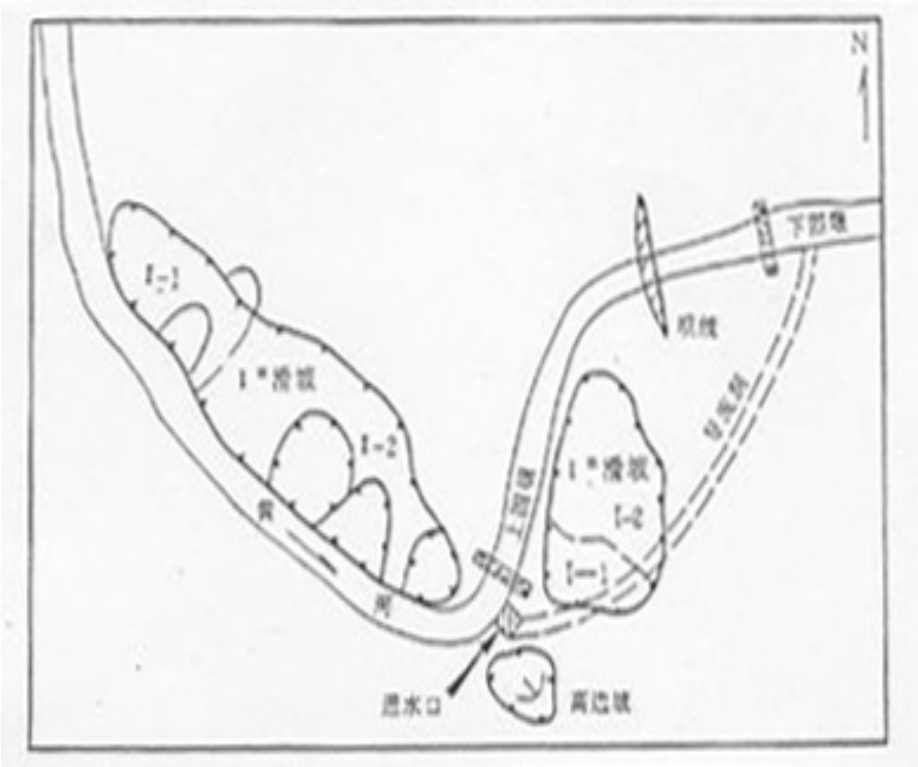
提供滑体天然容重、饱和容重、滑带土的峰值和残余抗剪强度、滑床地基承载参数、地下水位以及孔隙水压力等参数，推荐出合理的设计参数。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

3 .6 滑坡成因机制的分析

滑坡的成因机制既关系到滑坡滑面强度参数的选取，也与滑坡的治理措施密切相关。——必须加强对测绘资料、勘探资料进行综合分析。

（1）黄河李家峡水电站II号滑坡



坝高155m，库容16.5亿m^3，装机200万千瓦



水库1996年12月26日下闸蓄水

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

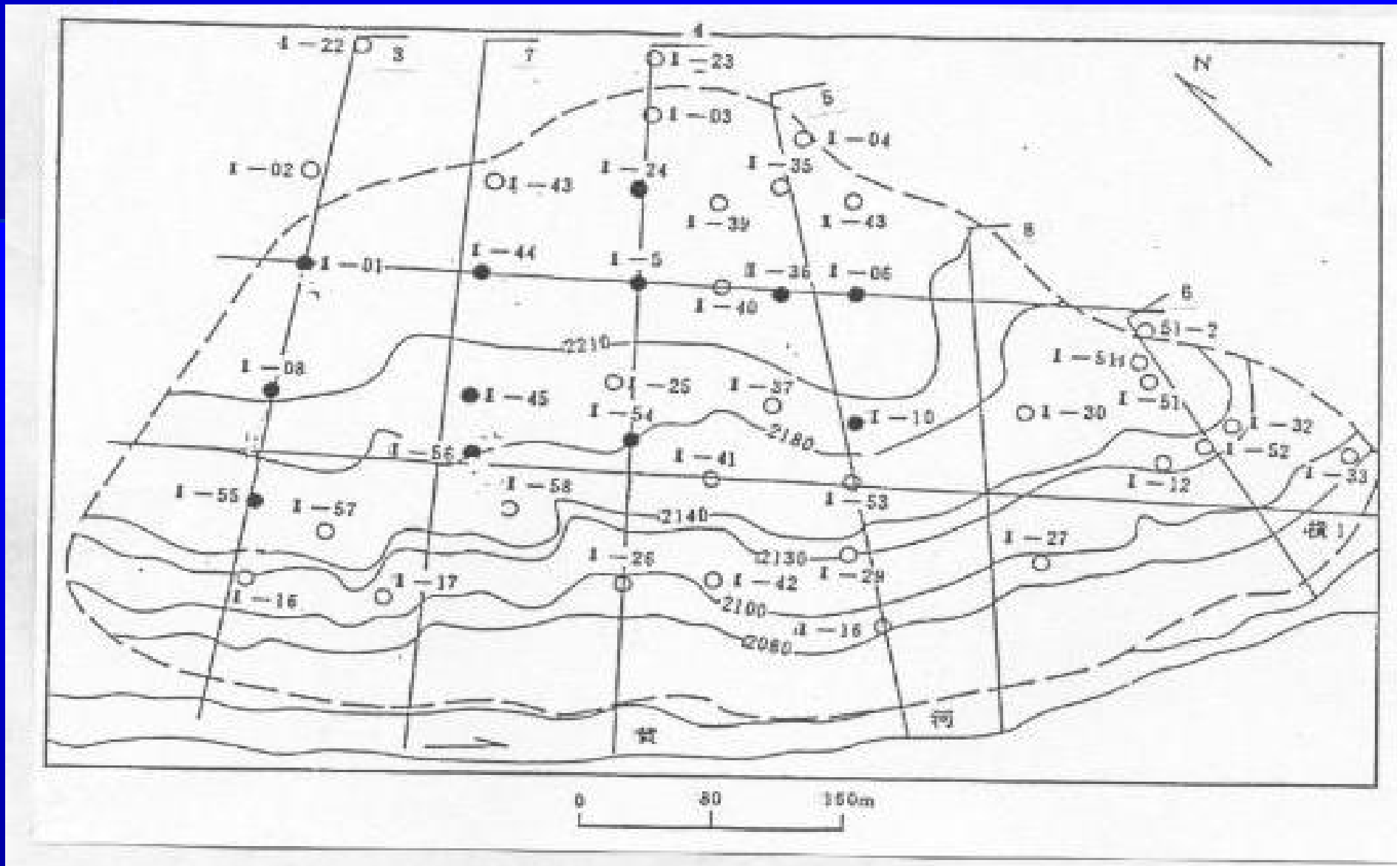
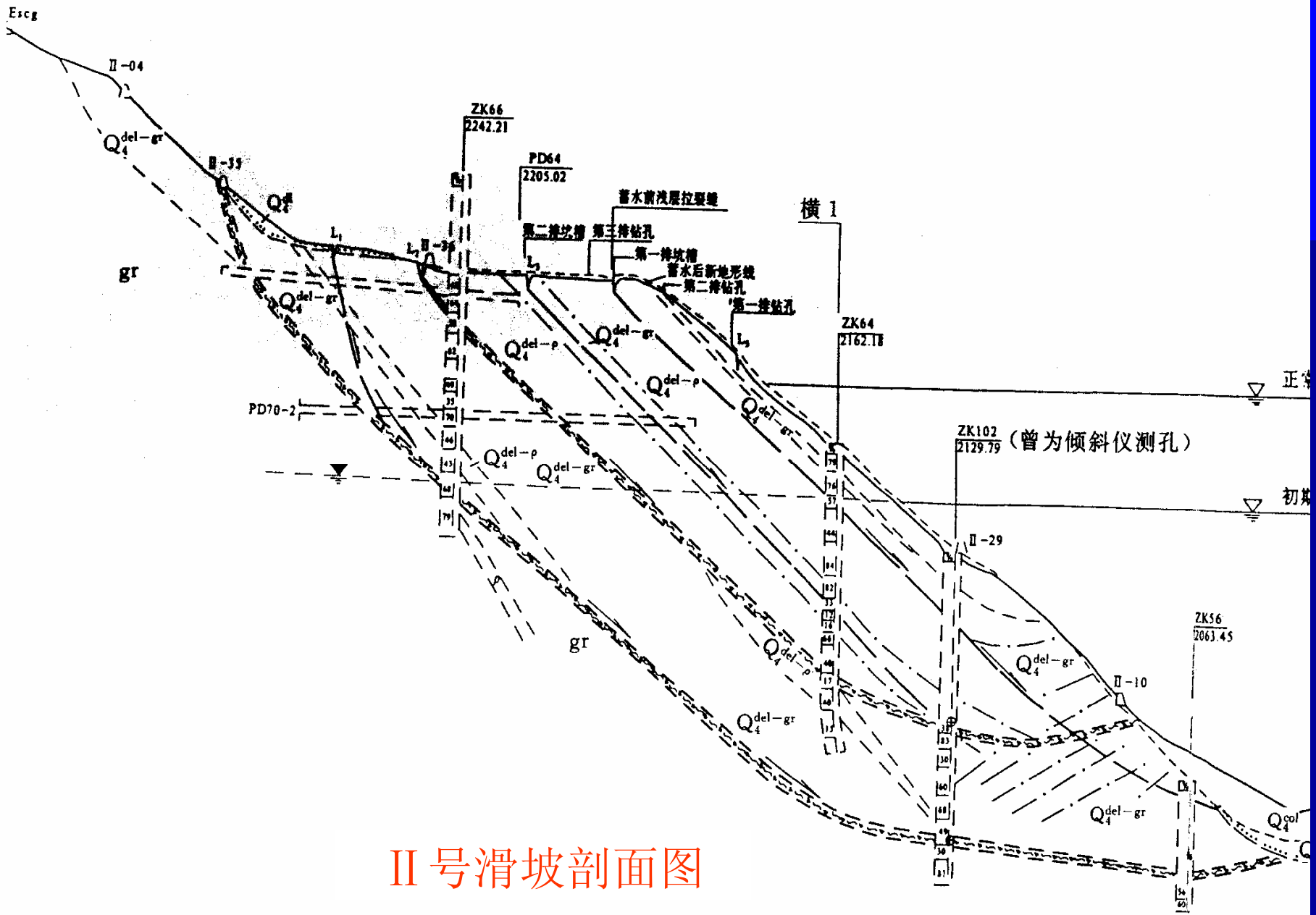


图2—2　Ⅱ号滑坡代表性大地监测点位置

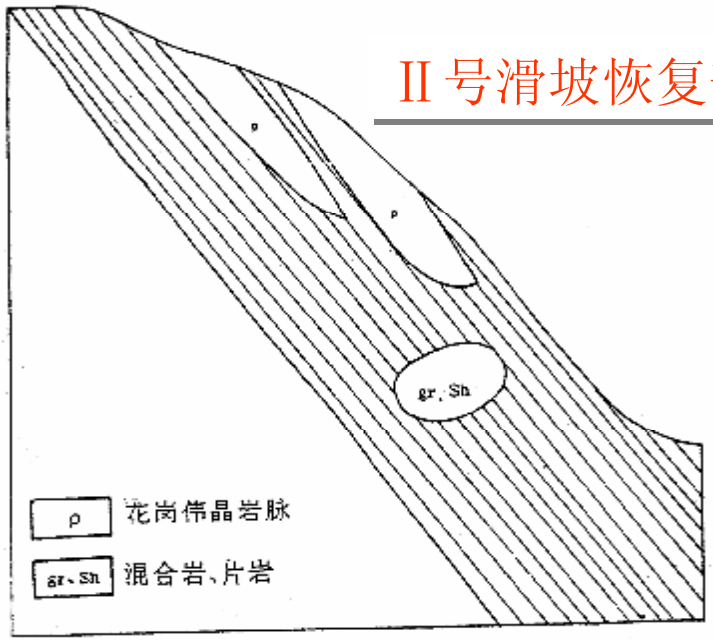
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn



II 号滑坡剖面图

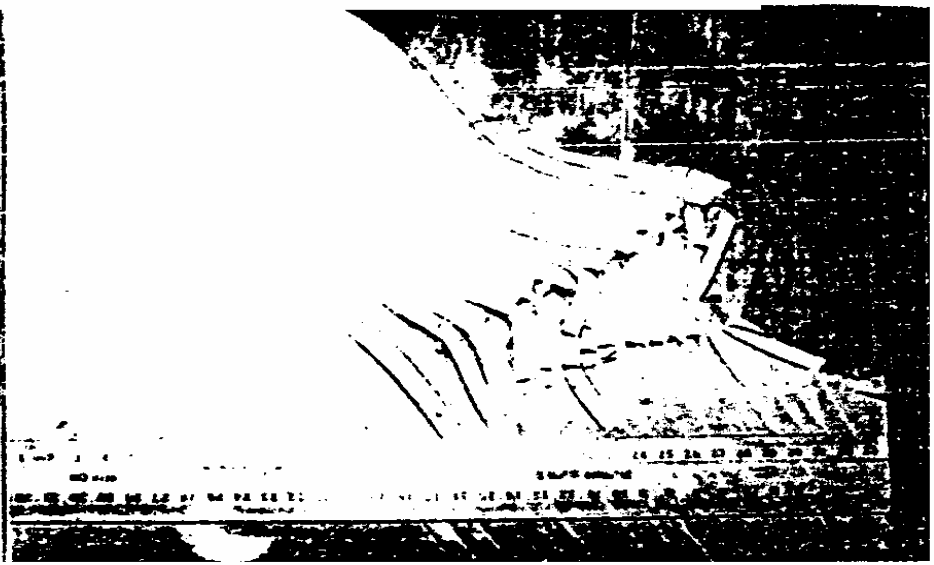
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

II号滑坡恢复剖面



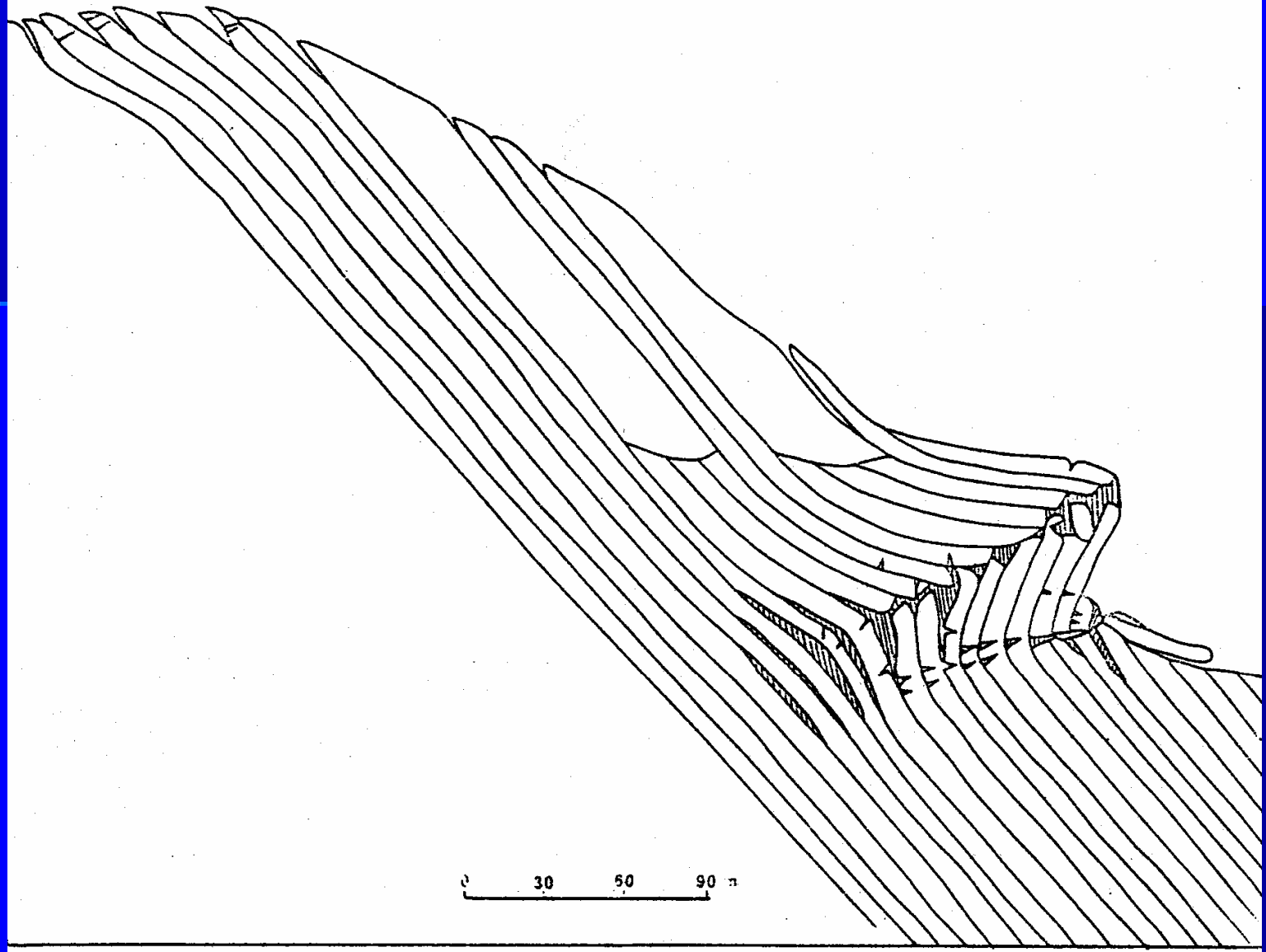


中期模型变形迹象



模型最终破坏迹象

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn



模型最终破坏迹象素描

黄河李家峡水电站II号滑坡模型试验成果

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

Ⅱ号滑坡切层段滑带土颗粒组成

试样编号	物理性质		颗粒组成(%，mm)								
	密度 g/cm³	含水量 %	>40	20–40	2–20	0.1–2	0.1～0.05	0.05～0.005	<0.005	定名	说明
2号槽	1.98	2.84	12.8	17.2	55	7.1	2.6	2.9	2.4	微含细粒土的砾石	小于0.1mm的7.9% 大于2mm的85%
1号槽	1.89	3.72	2.4	22.6	37	25	3.3	6.5	3.2	微含细粒土的砾石	小于0.1mm的13% 大于2mm的62%
Ⅱ-1	2.13	17.76			32	26.5	6.5	27	8	含细砾土的砂	小于0.1mm的35% 大于2mm的32%

注：Ⅱ-1为西北院取样、试验资料

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

Ⅱ号滑坡顺层滑移段滑带土颗粒组成及物理性质

试样编号	取样单位	天然密度 γ g/cm³	天然含水量 w %	比重 G	干密度 γ_d g/cm³	孔隙比 e	饱和度 S_r %	液限 W_L %	塑限 W_P %	颗粒组成(%，m.m) 大于2	2～0.05	0.05～0.005	小于0.005
S_{42}	42号洞 90m	2.28	7.14	2.76	2.13	0.30		43	19.5		25.8	25.39	49.43
S_{48-1}	48号洞 21m	2.13	18.84	2.76	1.79	0.54		29.5	17.2		49.0	33.0	18.0
S_{43-2}	48号洞 21.3m	2.07	15.32	2.78	1.80	0.54		30.0	18.0		59.0	29.0	12.0
S_{52-1}	52号上支洞 35m	2.13	15.30	2.90	1.85	0.57		41.0	23.5		38.5	30.0	31.5
S_{52-2}	52号下支洞 50m	2.22	4.47	2.77	2.13	0.30		23.0	15.4		58.0	14.5	27.5
S_{56}	56号洞 125m	2.17	19.50	2.93	1.82	0.61		24.0	18.6		64.84	22.78	12.38
S_{44}	44号洞 130m	2.27		2.75				37.3	14.8		22.8	32.3	44.9
S_{53}	54号洞 81m							38.6	19.8		53.0	29.0	18.0
S_{54}	42号洞 89m	2.28	19.92		1.90			42.0	17.7		22.0	36.0	42.0
S_{55}	44号洞 130m							33.2	14.7		34.0	32.0	34.0
S_{56}	46号洞 63m							35.2	18.2		56.0	26.0	18.0
S_{81}		2.04	16.5	2.76	1.75	0.58		37.9	23.4		83.0	11.3	5.7
S_{82}		2.15	12.0	2.78	1.92	0.45		32.8	20.3		89.5	7.2	3.3
S_{59}	42号洞 90m	2.22	13.8	2.76	1.95	0.42	90.7	35.2	16.3	11	32	48	9.0
S_{60}	42号洞	2.20	16.13	2.75	1.89	0.455	97.5	43.5	22	2	17.5	48.5	32.0
S_{61}	46号洞	2.15	17.25	2.71	1.83	0.481	95.2	33.4	17.5	6	34.0	34.0	26.0
S_{62}	52号上支洞	2.07	19.77	2.74	1.73	0.584	92.8	41.2	23.0	6	26.5	50.5	15.0
S_{63}	52号下支洞	2.14	18.5	2.83	1.81	0.564	92.8	33.9	20.0	17	56.0	15.0	12.0
66-Z-1	66号洞	2.09	13.65	2.77	1.839	0.506	74.7	34.0	23.0				
66-Z-2	66号洞	2.10	13.96	2.77	1.843	0.503	76.9	34.1	23.0				
66-Z-3	66号洞	2.11	15.90	2.77	1.821	0.521	84.5	34.0	23.0				
66-Z-4	66号洞	2.112	13.23	2.77	1.882	0.472	77.6	34.0	23.0				
66-Z-5	66号洞	2.09	11.01	2.77	1.883	0.471	64.7	34.0	23.0				
66-Z-6	66号洞	2.114	10.48	2.77	1.913	0.448	67.8	34.0	23.0				
42-1	42号洞 84m	2.22	12.9	2.81	1.966	0.43	83.1	34.0	21.4				
42-2	42号洞 84m	2.06	13.4	2.77	1.816	0.525	70.7	34.0	22.8				
42-3	42号洞 84m	2.21	13.67	2.81	1.944	0.445	86.3	34.1	21.4				
42-4	42号洞 84m	2.212	12.18	2.81	1.972	0.425	80.5	34.1	21.4				

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

Ⅱ号滑坡滑面附近滑带土颗粒组成及物理性质

试样编号	取样单位	天然密度 γ g/cm³	天然含水量 w %	比重 G	干密度 γ_d g/cm³	孔隙比 e	液限 W_L %	塑限 W_P %	颗粒组成(%，m.m)			
									大于 2	2～0.05	0.05～0.005	小于 0.005
S_{42}	42 号洞 90m	2.28	7.14	2.76	2.13	0.30	43	19.5		25.8	25.39	49.43
S_{60}	42 号洞 90m	2.20	16.13	2.75	1.89	0.455	45.3	22	2	17.5	48.5	32.0
S_{52-1}	52 号上支洞 35m	2.13	15.30	2.90	1.85	0.57	41.0	23.5		38.5	30.0	31.5
S_{52-2}	52 号下支洞 50m	2.22	4.47	2.77	2.13	0.30	23.0	15.4		58.0	14.5	27.5
S_{61}	46 号洞	2.15	17.25	1.71	1.83	0.481	33.4	17.5	6	34.0	34.0	26.0
S_{44}	44 号洞 130m	2.27		2.75			37.3	14.8		22.8	32.3	44.9
S_{53}	54 号洞 81m						38.6	19.8		53.0	29.0	18.0
66-Z-4	66 号平洞	2.112	13.23	2.77	1.882	0.472	34.0	23				
坝址 f35	坝址 31 号洞	2.16	7.64	2.72	2.01	0.353	30.5	17.4	0.37	40.13	35.5	24

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

蓄水前参数作了各种试验：小、中、大、重塑剪切

取值方案	取值依据	地下水位以上								地下水位以下			
		非暴雨季节				连降暴雨情况				稳定流变阶段		加速流变阶段	
		稳定流变阶段		加速流变阶段		稳定流变阶段		加速流变阶段					
		f	C 100KPa	f	C 100KPa	f	C 100KPa	f	C 100KPa	f	C 100KPa	f	C 100KPa
Ⅰ	重塑样试验成果	0.431	0.50	0.36	0	0.41	0.48	0.335	0	0.40	0.46	0.31	0
Ⅱ	中型剪试验成果	0.405	0.19	0.36	0	0.385	0.19	0.335	0	0.365	0.19	0.31	0
Ⅲ	峰值群中线	0.414	0.19	0.36	0	0.397	0.19	0.335	0	0.380	0.19	0.31	0
Ⅳ	峰值群下线	0.345	0.19	0.30	0	0.329	0.19	0.286	0	0.313	0.19	0.272	0

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

切层段参数

取值方法	地下水位以上		地下水位以下	
	f	C (MPa)	f	C (MPa)
点群中值	0.898	0.015	0.82	0.015
点群低值	0.795	0.01	0.71	0.01

顺层段参数

对应方案	地下水位以上	
	f	C（MPa）
方案Ⅱ	0.349	0.016
方案Ⅲ	0.372	0.016
方案Ⅳ	0.278	0.015

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

反算参数： 与蓄水前给的参数基本一致

表3—6

剖面	计算滑体	天然密度 (g/cm^3)	饱和密度 (g/cm^3)	调参特征水位（m）	反算的滑面强度参数*							
					顺 层 段				切 层段			
					f	f_w	C (MPa)	C_w (MPa)	f	f_w	C (MPa)	C_w (MPa)
纵 5	主滑体	2.50	2.60	2130	0.405	0.330	0.019	0.019	0.800	0.720	0.015	0.010
	靠山内的次滑面对应滑体	2.50	2.60	2129.5	0.405	0.350	0.019	0.019	0.850	0.790	0.015	0.010
	靠山外的次滑面对应滑体	2.50	2.60	2106	0.405	0.350	0.019	0.019	0.850	0.790	0.015	0.010
纵 4	主滑体	2.50	2.60	2130	0.405	0.325	0.019	0.019	0.800	0.710	0.015	0.010
	次滑体	2.50	2.60	2130	0.405	0.310	0.019	0.019	0.800	0.700	0.015	0.010
纵 7	主滑体	2.50	2.60	2140	0.405	0.310	0.019	0.019	0.800	0.700	0.015	0.010
	次滑体	2.50	2.60	2140	0.405	0.375	0.019	0.019	0.835	0.755	0.015	0.015
纵 3	主滑体	2.50	2.60	2130	0.415	0.343	0.019	0.019	0.810	0.720	0.015	0.010
纵 10	主滑体	2.50	2.60	2130	0.405	0.330	0.019	0.019	0.800	0.710	0.019	0.010

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

II号滑坡稳定性与库水关系

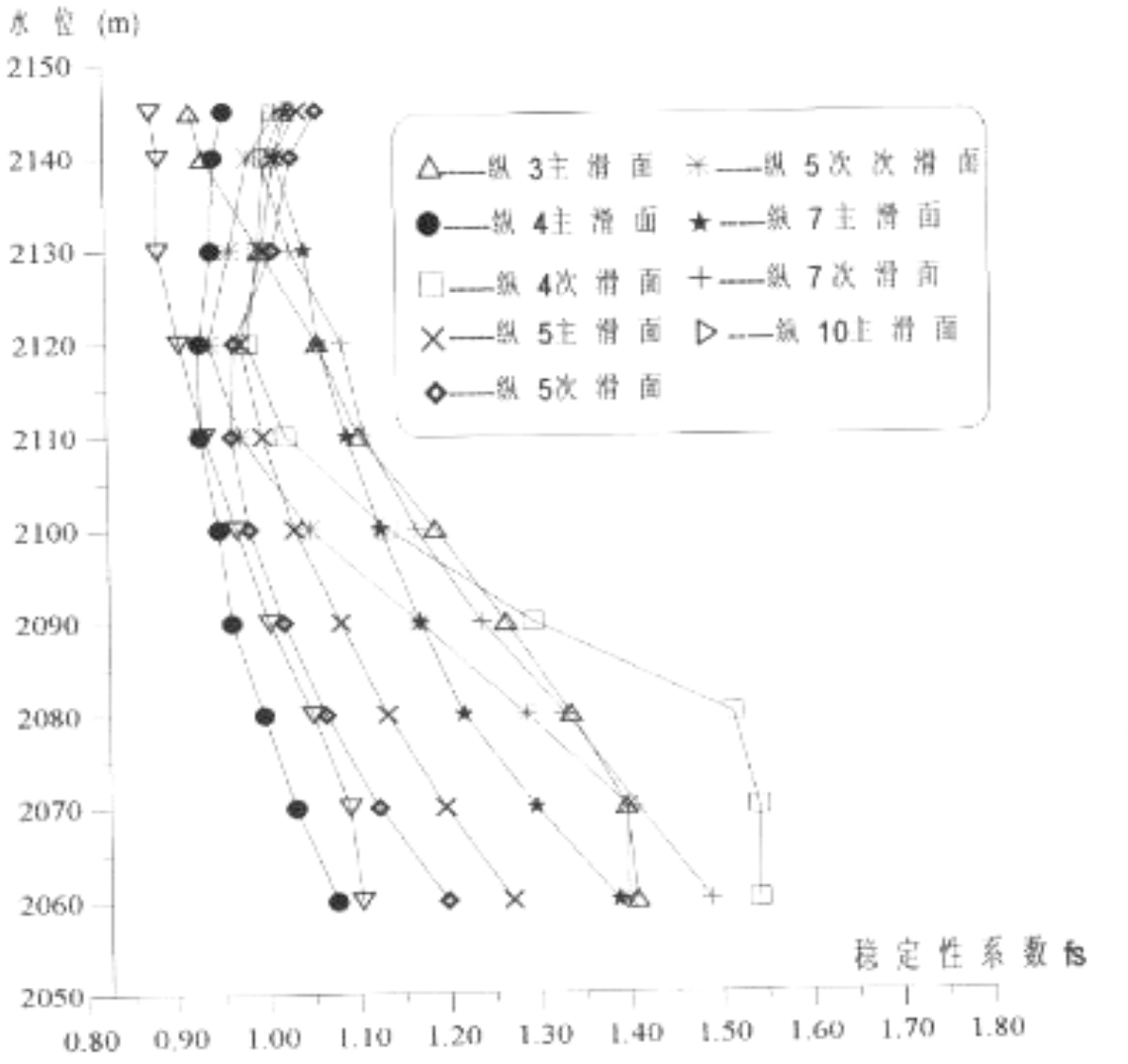


图4—17 初期蓄水Ⅱ号滑坡稳定性系数与库水位关系

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

II号滑坡蓄水后稳定性

表4—2

纵5主滑体	水位(m)	2060	2070	2080	2090	2100	2110	2120	2130	2140	2145
	稳定性系数	1.2683	1.1945	1.1321	1.0812	1.0314	0.9976	0.9734	0.9982	1.0131	1.0390
纵5靠山内次滑坡	水位(m)	2060	2070	2080	2090	2100	2110	2120	2130	2140	2145
	稳定性系数	1.1968	1.1213	1.0635	1.0186	0.9848	0.9624	0.9659	1.0103	1.0310	1.0595
纵靠山外次滑体	水位(m)	2060	2070	2080	2090	2100	2110	2120	2130	2140	2145
	稳定性系数	1.3953	1.3953	1.2836	1.1673	1.0478	0.9726	0.9389	0.9623	0.9842	1.0161
纵4主滑体	水位(m)	2060	2070	2080	2090	2100	2110	2120	2130	2140	2145
	稳定性系数	1.0748	1.0306	0.9956	0.9609	0.9975	0.9278	0.9284	0.9418	0.9461	0.9576
纵4次滑体	水位(m)	2060	2070	2080	2090	2100	2110	2120	2130	2140	2145
	稳定性系数	1.5408	1.5408	1.5128	1.2931	1.1322	1.0225	0.9808	0.9931	1.0032	1.0240
纵7主滑体	水位(m)	2060	2070	2080	2090	2100	2110	2120	2130	2140	2145
	稳定性系数	1.3857	1.2945	1.2163	1.1686	1.1257	1.0894	1.0581	1.0439	1.0132	1.0266
纵7次滑体	水位(m)	2060	2070	2080	2090	2100	2110	2120	2130	2140	2145
	稳定性系数	1.4873	1.4061	1.3277	1.2361	1.1647	1.1091	1.0845	1.0289	0.9975	1.0028
纵3次滑体	水位(m)	2060	2070	2080	2090	2100	2110	2120	2130	2140	2145
	稳定性系数	1.4057	1.3940	1.3338	1.2627	1.1866	1.1028	1.0577	0.9963	0.9343	0.9198
纵10主滑体	水位(m)	2060	2070	2080	2090	2100	2110	2120	2130	2140	2145
	稳定性系数	1.1025	1.0892	1.0494	1.0026	0.9671	0.9325	0.9060	0.8833	0.8848	0.8768

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

滑坡后缘出现大量拉裂缝



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

水库蓄水后从右岸看II号滑坡



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（2）韩城电厂边坡

韩城电厂为一典型坑口电站,建于为其供煤的象山煤矿井口附近。煤矿主采煤层为下石盒子组(P_1)厚 1.7 m 的 3# 煤层和山西组(C_3)厚 24 m 的 5# 煤层。

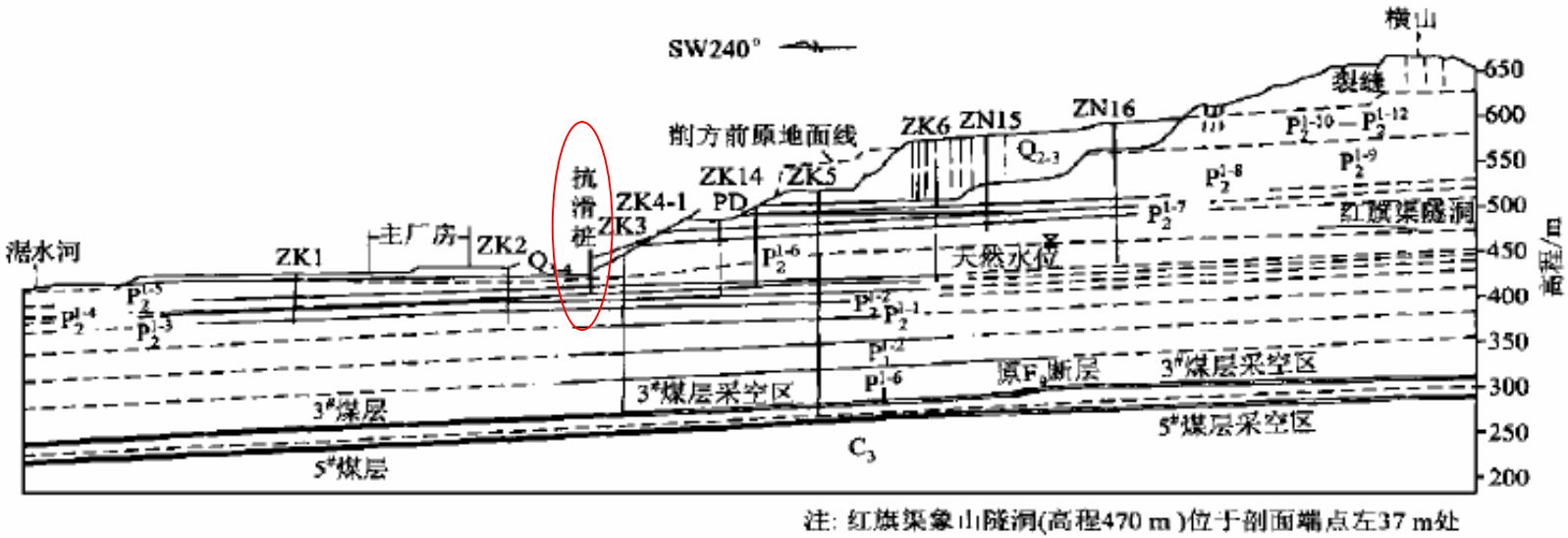
1978 年以来,随着地下采空区由横山主峰东侧向西、向厂房区不断扩展,1982 年 5 月发现厂房区建筑物出现了明显的变形。同年 12 月开始对厂内建筑物进行了升降变形监测。至 1985 年 4 月,观测发现厂区地面产生 N15°W 方向长约 250 m,宽近 80 m 的上隆带,最大上隆高达 58.5 mm,为防止建筑物产生不可承受的变形,1985—1990 年实施了以抗滑桩为主体、以稳定滑坡制止滑坡前缘隆起为目标的整治工程。

整治后的监测工作表明,横山西坡向南西方向位移和厂区的上隆变形并未终止,且时有加剧。抗滑桩也连同山坡岩体一起向 SW244°方向移动,且速度两度剧增,分别达到 5 mm/月和 4 mm/月。厂区多个建筑物变形破裂加剧,必须进行应急处理,1995—1996 年委托前电力工业部西北勘测设计院进行以排水为先导的应急整治。

配合应急整治,开展了现场工程地质勘察和室内相似材料物理模拟和离散元数值模拟。研究发现,原来判定引起厂区上隆的深层岩质滑坡并不存在,而厂区下伏近水平产状砂泥岩互层确已产生了多层层间错动。层间错动使层间离层、岩体扩容,于是产生了向山前的侧推力。在侧推力长期作用下,厂区下伏砂泥岩互层产生了轻微地向上隆起变形,形成一个西翼陡、东翼缓的微型上隆长丘。人为引起的岩体中孔隙水压力的增高,曾使变形两度加剧。为了将变形速率降至厂房建筑物能承受的水平,采取了排水隧洞降低横山西坡地下水位的措施。监测资料表明,排水起到了良好的效果,变形速率已降到低于历史最低水平。

资料引自：张倬元等，地下采掘环境效应的一个特殊实例，地学前缘，2001，Vol.8,No.2

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn



注: 红旗渠象山隧洞(高程470 m)位于剖面端点左37 m处

图 2　由横山顶峰经韩城电厂至湄水河地质剖面图

Fig. 2　Engineering geological profile from summit of Hengshan mountain across Hancheng power plant to Jushui river

1985－1990年实施的第一期整治工程措施为: (1) 坡体前部抗滑桩支挡：73根长约35m; (2) 坡体中后部削方减载，花费5000多万元。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

移,约向东扩展到抗滑桩附近。

3.3 多个层间错动带的发现

在厂区及横山西坡布置有多个深部位移监测孔,以钻孔倾斜仪监测地下位移。图 6 为钻孔倾斜

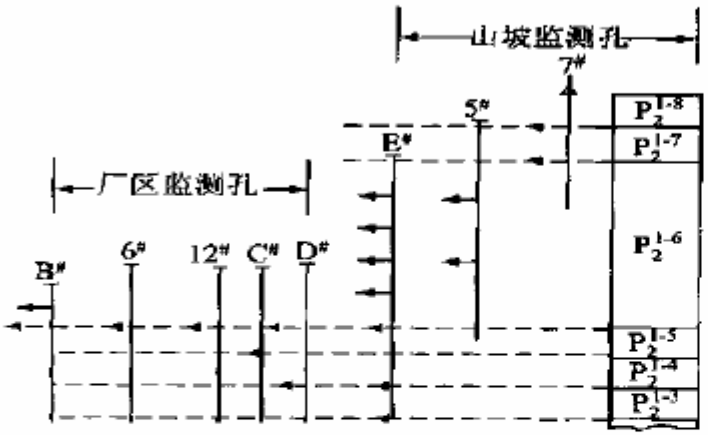


图 6 钻孔倾斜仪发现的深部蠕滑面位置示意图

Fig. 6 Schematic illustration of the creep sliding surfaces discovered by bore-hole inclinometers

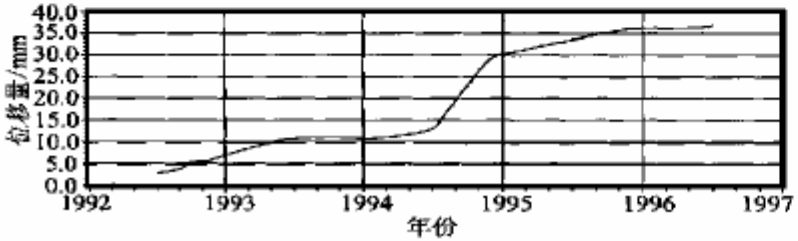


图 7 E# 孔 64.566.5 m 处蠕滑面的累积位移曲线

4 应急整治过程中对隆起机制的研究

鉴于第一次大规模抗滑整治后,横山西坡和厂坪区的变形并未终止而是继续增大,所有抗滑桩也已“坐船”。1994 年 5—11 月变形速率又成倍跃增,主厂房结构出现了新的变形,如不重新治理电厂已难于安全运行。1995 年 3 月电力部西北勘测设计研究院承担了应急整治任务。

从已有多年监测资料的分析认识到,孔隙水压力变化明显地控制了变形速率的变化,西北勘测院首次提出了以排水为先导的应急治理方案。考虑到第一次整治未能奏效原因在于对变形机制的认识不确切,配合应急整治开展了地质勘察,并委托成都理工学院进行地质力学模型模拟和离散元数值模拟,以便再现变形全过程,验证变形的成因机制,预测各种控制变形的工程措施的合理性和有效性。

4.1 地质勘察研究

4.1.1 地面变形迹象

(1) 地面沉陷。通过 1995 年 6 月至 1996 年 12 月的地面垂直位移监测发现,横山西坡(抗滑桩以东

第一期整治后，变形不仅没有停止，反而有加剧和向深部发展的趋势。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

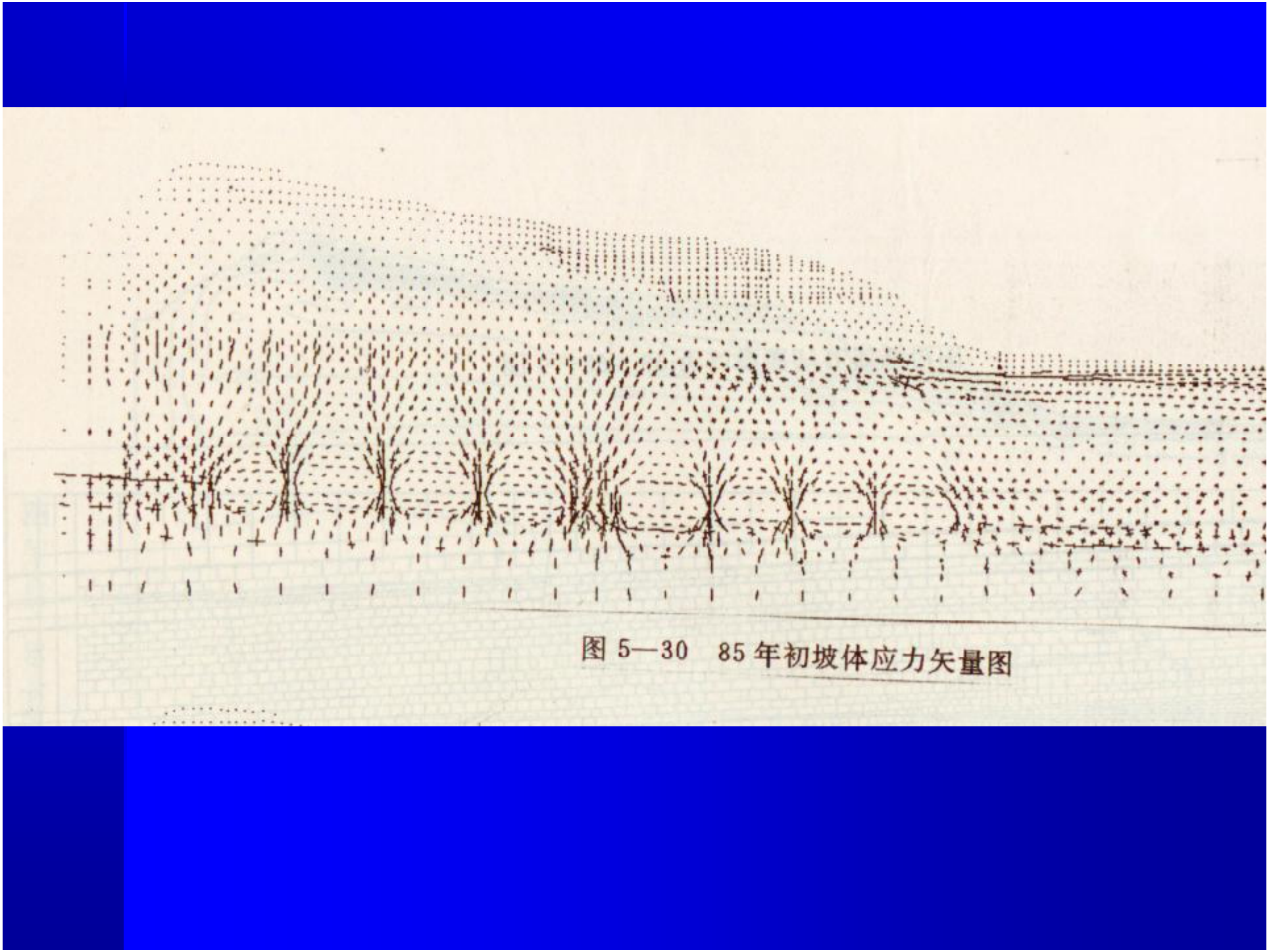


图 5—30　85 年初坡体应力矢量图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

5.1 排水洞排水治理效果

1994 年 6 月,因红旗渠漏水致使厂区上隆速率骤升之后,当年 11 月红旗渠即停止输水进行整治。此后,抗滑桩部位的位移速率逐渐下降,至 1995 年 7 月降至 1.4 mm/月(参见图 7)。1995 年 10 月,开始在抗滑桩以东实施排水洞工程。排水平洞洞底标高为 395 m。首先开进口斜井。1995 年 10 月斜井开挖中即开始排水,排水量为 28 m^3/h,该月水平位移速率即降为 1.09 mm/月。地下排水系统施工前后斜坡上和厂区各测点水平位移量和位移速率的变化如表 2 所示。表列数据可见,排水措施实施后水平位移速率已有显著下降,表明排水对降低变形的位移速率确有效果。图 7 也显示了这一趋势性变化,1995 年 10 月以后水平位移曲线显著转缓。至排水洞工程完成时,厂区各测点水平位移速率已普遍降至 0.5 mm/月以下,如 1996 年 6 月 4# 锅炉 1 号测点测得垂直位移速率为 0.38 mm/月。虽然变形仍持续进行,但其速率已大大降低,达到了降至历史最低水平的预期目标。

表 2 排水工程施工前后测点水平位移对比表

Table 2 Comparison between the displacements before and after the execution of dewatering treatment

测点位置	1995 年 7—9 月		1995 年 10—12 月	
	水平位移量/mm	水平位移速率/(mm·月$^{-1}$)	水平位移量/mm	水平位移速率/(mm·月$^{-1}$)
浓缩池北(6 点)	7.51	2.50	4.28	1.43
马泵桩(10 点)	4.86	1.62	1.11	0.37
应急桩(8 点)	4.46	1.15	1.62	0.54
根治桩(40 点)	3.42	1.14	2.75	0.92
4# 水塔 3# 点	3.90	1.30	1.70	0.56
A 排柱 A_{1-4}	0.90	0.30	0.70	0.23
C 排柱 16 - 14	2.10	0.70	0.70	0.23
D 排柱 12 下	1.70	0.57	1.10	0.37

排水只能通过降低孔隙水压力和提高蠕滑面上摩擦系数来提高抗滑阻力,从而降低位移速率,而不能减小累计增大的侧推力。模型试验结果表明,排水降低位移速率有一个有效期,超过有效期其降低位移速率的作用即行失效。V108 测点曲线转缓时

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

变,需要对模型换算为原型的有效期作必要修正。经修正的有效期为 3.37 a。根据最新监测成果[①],近年来厂区地基变形一直以年位移总量 2 mm 的低速率持续进行。

5.2 其它可能治理措施的有效性

缓解厂坪区隆起变形可通过两个途径,其一是应力解除,即消除或削弱采空区冒落带上覆岩体向厂坪区的侧推力,截断侧推力的传递途径;二是增加抗力,即增加厂坪区以东砂泥岩层之间的抗滑阻力和厂坪下覆岩层的抗弯能力,以控制关键部位的位移量和位移速率。模型和数值模拟中模拟了厂坪区降深 10 m,20 m 的排水,截断侧推力的应力解除和预应力 6 000 kN 锚深 75 m 的 300 根预应力锚索等多种方案,效果以预应力锚索方案最好,降深 20 m 的厂坪排水有效期为 20 a,而应力解除法由于有应力解除带附近的岩体稳定问题和已弯曲隆升的厂坪部位的回降控制问题,所以此法有较大风险,选用这一方案应慎重。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

3.7 滑坡稳定性评价及治理措施建议

（1）滑坡稳定性评价应根据滑动面类型和物质成分，选择有**代表性的分析断面**——应选用主滑体(区)与滑坡的主滑方向一致剖面作为计算剖面。一般要求一个主剖面、数个辅助剖面。

（2）选择有**合适的计算方法**——复杂形态和结构的斜坡稳定性分析一般都采用极限不平衡推力法。

在《岩土工程勘察规范》：圆弧型滑面用一般条分法(瑞典条分法)；折线型滑面一般采用不平衡推力法(传递系数法)。

此外还可参考有限单元法、有限差分法、离散元法等进行综合考虑。计算方法可参照《滑坡防治工程设计与施工技术规范》DZ0240—2004中的第4.3条执行。

根据滑坡位置、规模、影响因素、滑坡前兆、滑坡区的工程地质和水文地质条件，以及稳定性评价等结果的综合判定，分析发展趋势和危害程度，提出滑坡的治理建议。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

地质灾害勘察主要内容

1 概述
2 地质灾害勘察方法概述
3 滑坡地质灾害的勘察
4 崩塌灾害的勘察

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

4 崩塌地质灾害的勘察

拟建工程场地或其附近存在对工程安全有影响的危岩或崩塌时，应进行危岩和崩塌勘察。危岩和崩塌勘察宜在可行性研究或初步勘察阶段进行，应查明产生崩塌的条件及其规模、类型、范围，并对工程建设适宜性进行评价，提出防治方案的建议。

4.1 崩塌地质灾害的基本特征

（1）崩塌及其运动形式

崩塌是指陡崖前缘的不稳定岩（土）体，主要在重力作用下，突然崩坠塌落的现象。未崩坠塌落之前的不稳定岩（土）体称为危岩体。

崩塌运动的形式主要有两种：一种是脱离母岩的岩块或土体以自由落体的方式而坠落，另一种是脱离母岩的岩体顺坡滚动而崩落。前者规模一般较小，从不足1 m^3 至数百立方米；后者规模较大，一般在数百立方米以上。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

按崩塌形成机理分类及特征

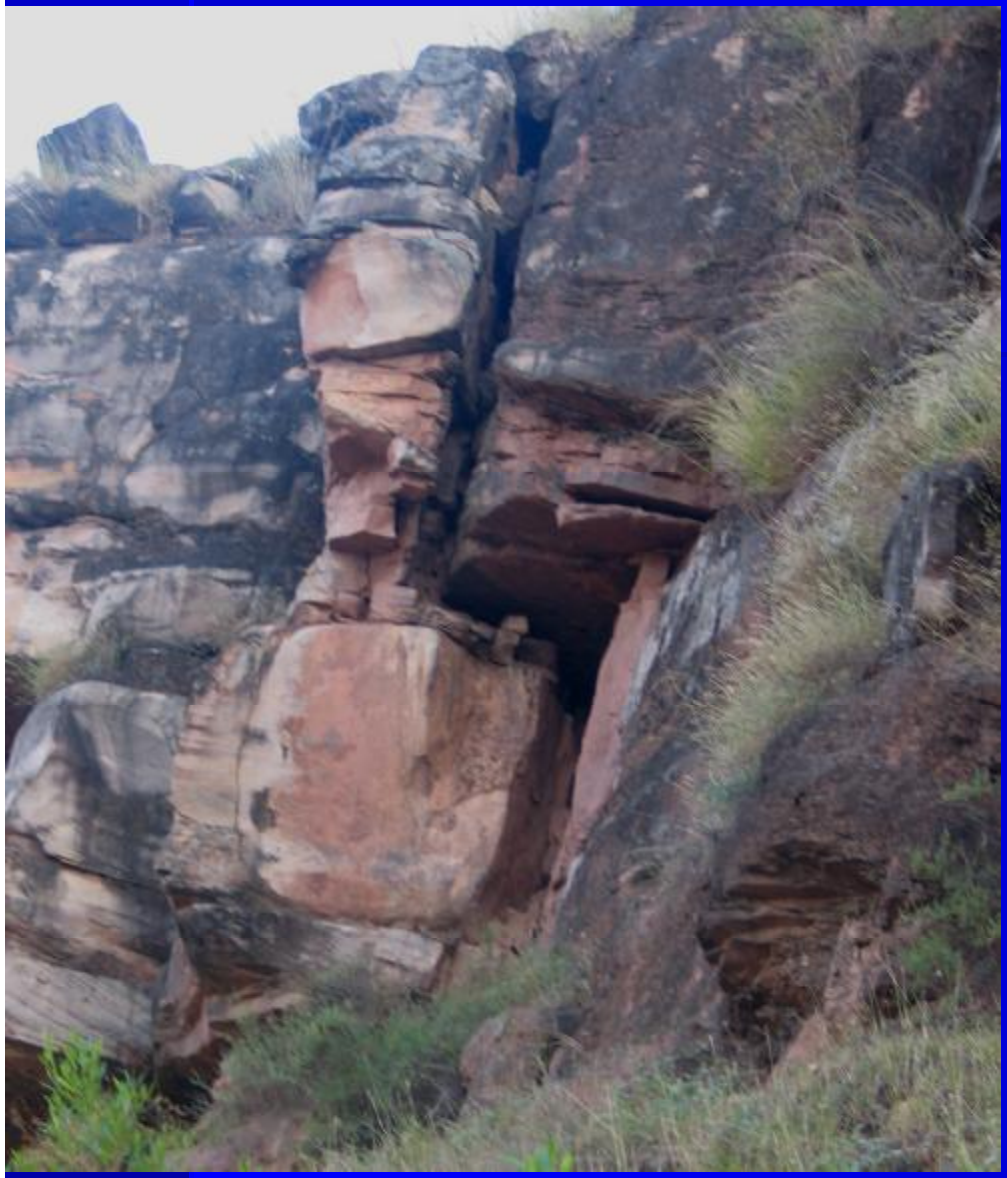
类型	岩性	结构面	地形	受力状态	起始运动形式
倾倒式崩塌	黄土、直立或陡倾坡内的岩层	多为垂直节理、陡倾坡内~直立层面	峡谷、直立岸坡、悬崖	主要受倾覆力矩作用	倾倒
滑移式崩塌	多为软硬相间的岩层	有倾向临空面的结构面	陡坡通常大于55°	滑移面主要受剪切力	滑移
鼓胀式崩塌	黄土、粘土、坚硬岩层下伏软弱岩层	上部垂直节理，下部为近水平的结构面	陡坡	下部软岩受垂直挤压	鼓胀伴有下沉、滑移、倾斜
拉裂式崩塌	多见于软硬相间的岩层	多为风化裂隙和重力拉张裂隙	上部突出的悬崖	拉张	拉裂
错断式崩塌	坚硬岩层、黄土	垂直裂隙发育，通常无倾向临空面的结构面	大于45°的陡坡	自重引起的剪切力	错落

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

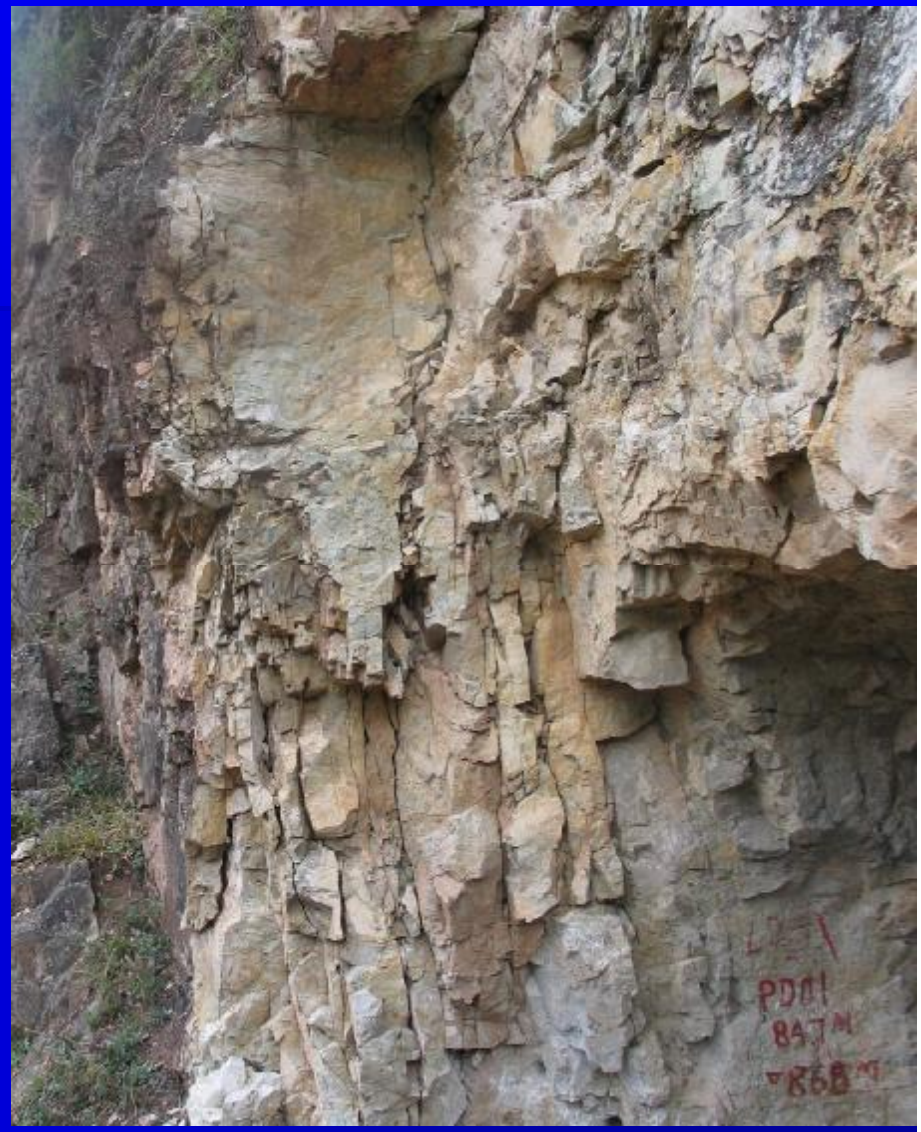
崩塌分类（环境地质调查技术要求）

依据	分类名称		特 征 说 明
动力成因	自然动力型	地震型崩塌	因地震作用而诱发的崩塌
		卸荷型崩塌	由于斜坡岩体应力、地应力的卸荷回弹引起的崩塌
		降雨型崩塌	由于雨水集中渗灌降低了危岩体的稳定性而形成的崩塌
		侵蚀型崩塌	由于强烈侵蚀坡脚，造成山坡过陡或悬空而形成的崩塌
	工程动力型	切蚀型崩塌	因人工切削坡脚而造成的崩塌
		洞掘型崩塌	地下洞室开挖顶板下沉引起上覆岩体失稳而造成的崩塌
		爆破型崩塌	爆破振动引起的崩塌
动力形式	滑移式崩塌		危岩体因沿软弱基座蠕滑抛出而产生的崩塌
	坠落式崩塌		因软弱基座被掏空而产生的崩塌
	倾倒式崩塌		危岩体主要受倾伏力矩作用倾倒破坏产生的崩塌

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

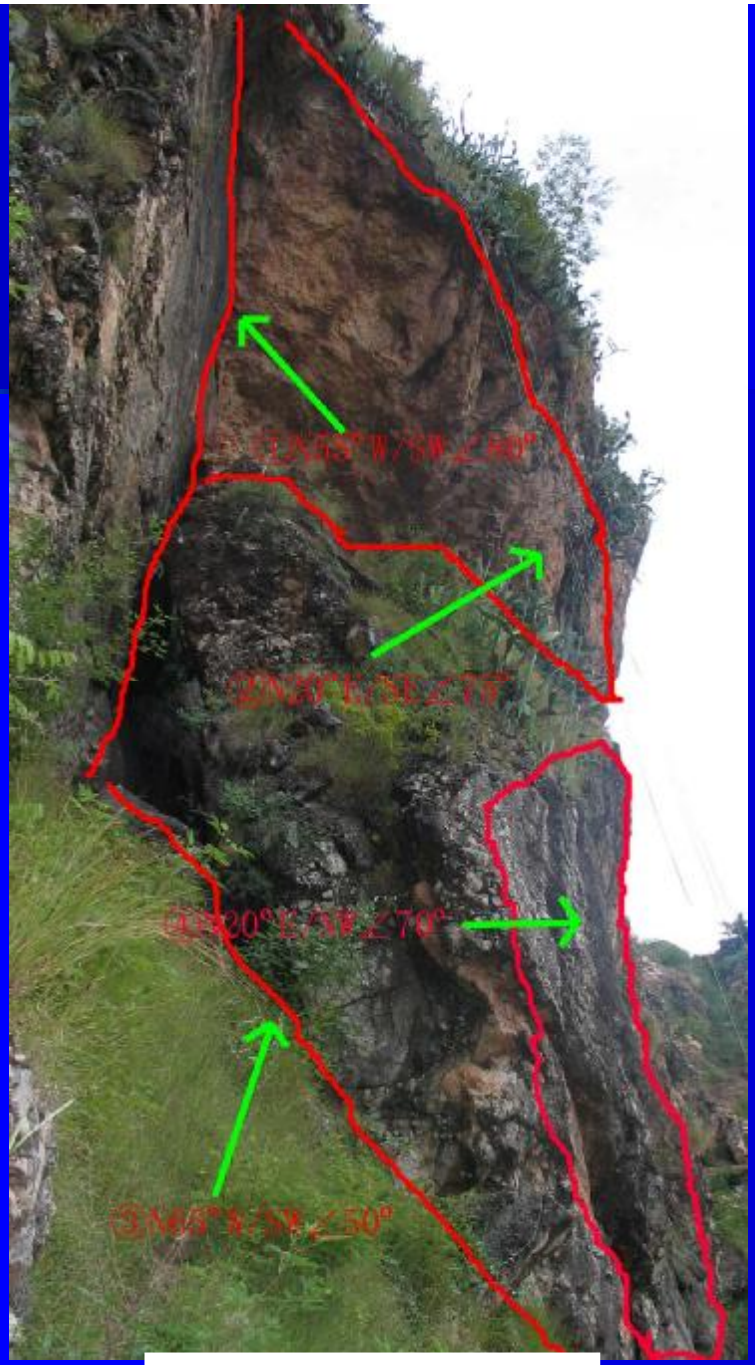


乌东德水电站左岸三叠系白果湾群
厚层砂岩的拉裂型变形



乌东德水电站坝址岩体的卸荷张裂特征

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn



倾倒式崩塌体

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

4.2 崩塌(危岩体)灾害的测绘

（1）崩塌灾害测绘比例尺(滑坡崩塌泥石流灾害详细调查规范)

1）测绘平面图比例尺宜在1:500—1:2000;

2）测绘剖面图比例尺宜在1:100—1:1000之间。

对主要裂缝应专门进行更大比例尺测绘和绘制素描图。

(2) 崩塌区的地质环境条件及诱发动力因素调查

①地形地貌特征;

②地层岩性及地质构造特征:包括岩（土）体结构类型、斜坡组构类型。重点查明软弱（夹）层、断层、褶曲、裂隙、裂缝、岩溶、采空区、临空面、侧边界、底界（崩滑带）以及它们对崩塌的控制和影响;

③水文地质条件;

④ 崩塌变形发育史和崩塌类型。崩塌发生的次数、规模、发生时间、崩塌前兆、崩塌方向、崩塌运动距离、堆积场所、崩塌规模、诱发因素、变形发育史、崩塌发育史、灾情等;

⑤查明人为孕灾因素（如切蚀、硐掘、爆破等）的强度、周期以及它们对崩塌变形破坏的作用和影响

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

(3)先期崩塌体特征调查

已有崩塌的产出、运移、堆积特征及其灾害现状

(4)潜在崩塌体（危岩体）可能的变形破坏及成灾情况调查

①查明危岩体的性状特征，包括危岩体赋存环境、形成条件，边界及内部组构（重点是软弱夹层的分布及特征）及含水情况;

②查明山体裂缝的分布、组数及展布方向、长度、宽度和可测深度与推断深度;

③查明危岩体稳定情况：根据危岩体块、段的位移及裂缝的深、宽变化迹象和块体稳定分析评价危岩体稳定性;

④查明崩塌产生后沿可能的运移斜坡，在不同崩塌方量条件下崩塌运动的最大距离。在峡谷区，要重视气垫浮托效应和折射回弹效应的可能性及由此造成的特殊运动特征;

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

⑤查明崩塌可能到达并堆积的场地的形态、坡度、分布、高程、岩性、产状及该场地的最大堆积容量。在不同崩塌方量条件下，崩塌块石越过该堆积场地向下运移的可能性，最大可能崩方量的最终堆积场地;

⑥初步划定崩塌造成的灾害范围，进行经济损失等调查和灾情趋势分析;

⑦分析预测可能派生的灾害类型（如涌浪、堵河形成滑坡、泥石流等）、规模，及其成灾范围，进行经济损失调查评估;

(5) 调查了解崩塌灾害的勘查、监测、工程治理措施等防治现状及效果，提出防治建议。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

测绘调查表

项目名称：　　图幅名：　　图幅编号：

名称				地理位置	可	用	区	防御	
整外编号		剖数类型	□自然 □人工 □参照 □主要		出标(m)	经度：　　°　　′　　″	标高(m)	数值	
统一编号						纬度：　　°　　′　　″		数据	

高程平均	地质平均	地层参数			地质构造		地质数	地下水
		时代	参数	严格	构造部位	地层角度	□地岩 □地数 □数数 □平分	□凡面水 □数面水 □参照水

地质平均	地质平均	降雨量(mm)			水文			土地利用
		年均	最大降雨量		土水位(m)	枯水位(m)	剖数与周期位置	□耕地 □草地 □灌木 □森林 □降雨 □湿地
			日	时				
							□血冷 □海冷 □四冷 □凸冷	

高程基本情况	外形情况	数高(m)	数长(m)	数度(m)	数度(°)	数向(°)	数面形态
							□凸 □四 □点 □坏

结构情况	参照	参考结构				剖数结构类型
		结构类型	厚度	数值编号	数度(长-度-高(m))	

结构情况	参照	控制面结构				命具化学厚度(m)	侧数数据厚度(m)
		类型	严格	长度(m)	间隔(m)		

结构情况	主要	土构名称及情况			下伏层参情况		
		名称	密实度	湿度	时代参数	严格	规模(m)
			□密 □中 □稀 □松				

地下水	规模(m)	可头	补给类型
		□上升泉 □下降泉 □湿地	□降雨 □地表水 □融雪 □人工

原令图形题标题象	名称	部位	情况	初期时间

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

		□[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible]			

可能大的[illegible]	□[illegible] □[illegible] □人工[illegible] □开[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible]

[illegible]	□[illegible] □[illegible] □[illegible]	今后变化趋势	□[illegible] □[illegible] □[illegible]

已造成危害	死亡人数	受伤人数	[illegible](m)	[illegible](m)	其它危害	直接损失(万元)	间接损失(万元)
		户 [illegible]					

[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]	

潜在危害	威胁人口(人)		威胁资产(万元)	

[illegible]	□[illegible] □[illegible] □[illegible]
[illegible]	□[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible] □[illegible]
示意图	平面图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

4.3 崩塌(危岩体)灾害的勘探

（1）勘探方法应以物探、剥土、探槽、探井等山地工程为主，可辅以适量的钻探验证。

（2） 危岩体和崩塌体应有不低于1条的实测剖面，每勘查剖面的勘探点不少于3个。

（3） 勘探孔的深度应穿过堆积体或探至拉裂缝尖灭处。

勘查成果包括：危岩体和崩塌区的范围、类型，稳定性与危险程度，以及防治措施的建议。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

4.4 危岩体的稳定性评价

坠落式危岩稳定性按下式计算（图 10－59－30）：

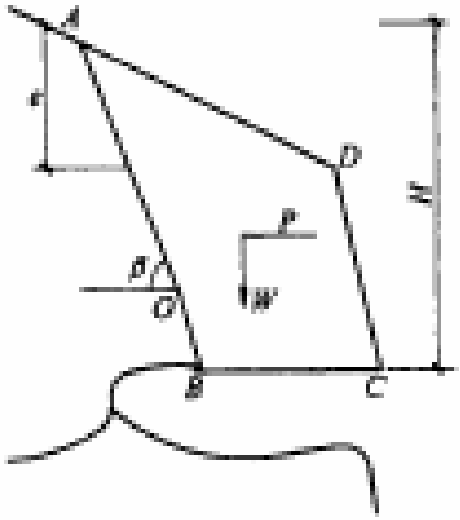


图 10－59－30　坠落式危岩计算模型

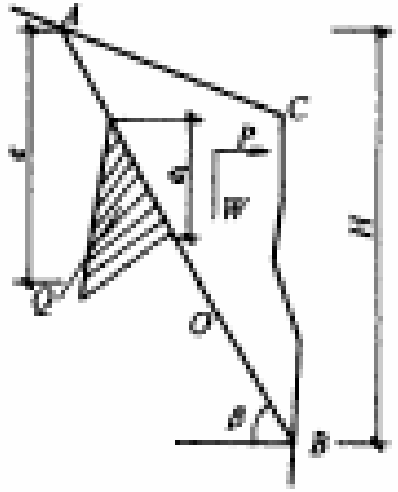


图 10－59－31　滑塌式危岩计算模型

对荷载组合一，

$$K_c = \frac{W\cos\beta \cdot \mathrm{tg}\varphi + c\dfrac{H}{\sin\beta}}{W\sin\beta} \qquad (10-59-55)$$

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

对荷载组合三，

$$K_f = \frac{(W\cos\beta - P\sin\beta) \cdot \mathrm{tg}\varphi + c\dfrac{H}{\sin\beta}}{W\sin\beta + P\cos\beta} \qquad (10-59-56)$$

二式中 K_f——稳定性系数；

P——地震力（kN/m）；

c——后缘裂隙粘聚力（kPa）

W——危岩体自重（kN/m）；

φ——后缘裂隙内摩擦角（°）；

其余符号见图（10－59－30）。

滑塌式危岩稳定性按下式计算（图 10－59－31）：

对荷载组合一，

$$K_f = \frac{(W\cos\beta - Q) \cdot \mathrm{tg}\varphi + c\dfrac{H}{\sin\beta}}{W\sin\beta} \qquad (10-59-57)$$

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

对荷载组合三，

$$K_c = \frac{(W\cos\beta P\cos\beta - Q) \cdot \mathrm{tg}\varphi + c\dfrac{H}{\sin\beta}}{W\sin\beta + P\cos\beta} \qquad (10-59-59)$$

三式中 Q——裂隙水压力（kN/m）；其余符号同前或见图 10－59－31。

对荷载组合二，当危岩体的重心位于倾覆点（取基座岩层中风化外缘点）外侧时，倾倒式危岩稳定性按下式计算：

$$K_c = \frac{\dfrac{1}{2}[\sigma_t]\dfrac{(H-e)^2}{\sin^2\beta}}{W \cdot a + Q\left(\dfrac{1}{3}\cdot\dfrac{e_1}{\sin\beta} + \dfrac{H-e}{\sin\beta}\right)} \qquad (10-59-60)$$

对荷载组合二，当危岩体的重心位于倾覆点内侧时，倾倒式危岩稳定性按下式计算：

$$K_c = \frac{W \cdot a + \dfrac{1}{2}[\sigma_t]\dfrac{(H-e)^2}{\sin\beta}}{Q\left(\dfrac{1}{3}\cdot\dfrac{e_1}{\sin\beta} + \dfrac{H-e}{\sin\beta}\right)} \qquad (10-59-61)$$

对荷载组合二，当危岩体的重心位于倾覆点内侧时，倾倒式危岩稳定性按下式

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

计算：

$$K_t=\frac{\frac{1}{2}[\sigma_t]\frac{(H-e)^2}{\sin^2\beta}}{W*a+P*h_0+Q\left(\frac{1}{3}*\frac{e_1}{\sin\beta}+\frac{H-e}{\sin\beta}\right)} \quad (10-59-62)$$

对荷载组合三，当危岩体的重心位于倾覆点内侧时，倾倒式危岩稳定性按下式计算：

$$K_t=\frac{W*a+\frac{1}{2}[\sigma_t]\frac{(H-e)^2}{\sin^2\beta}}{P*h_0+Q\left(\frac{1}{3}*\frac{e_1}{\sin\beta}+\frac{H-e}{\sin\beta}\right)} \quad (10-59-63)$$

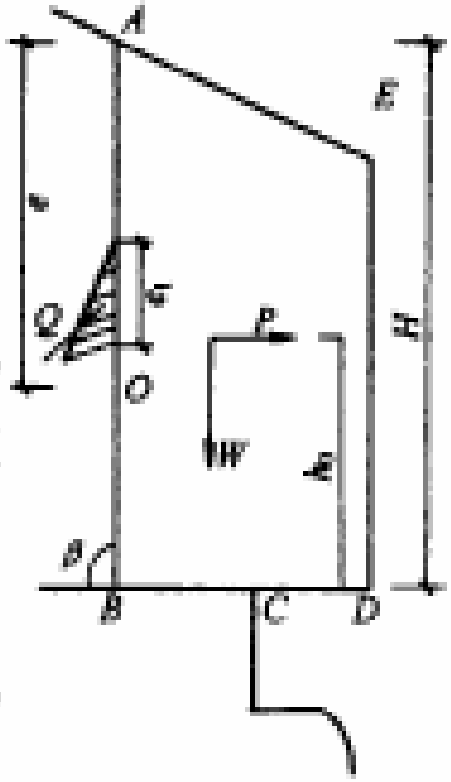


图 10-59-32 倾倒式危岩计算模型

四式中 e——裂隙深度（m）；

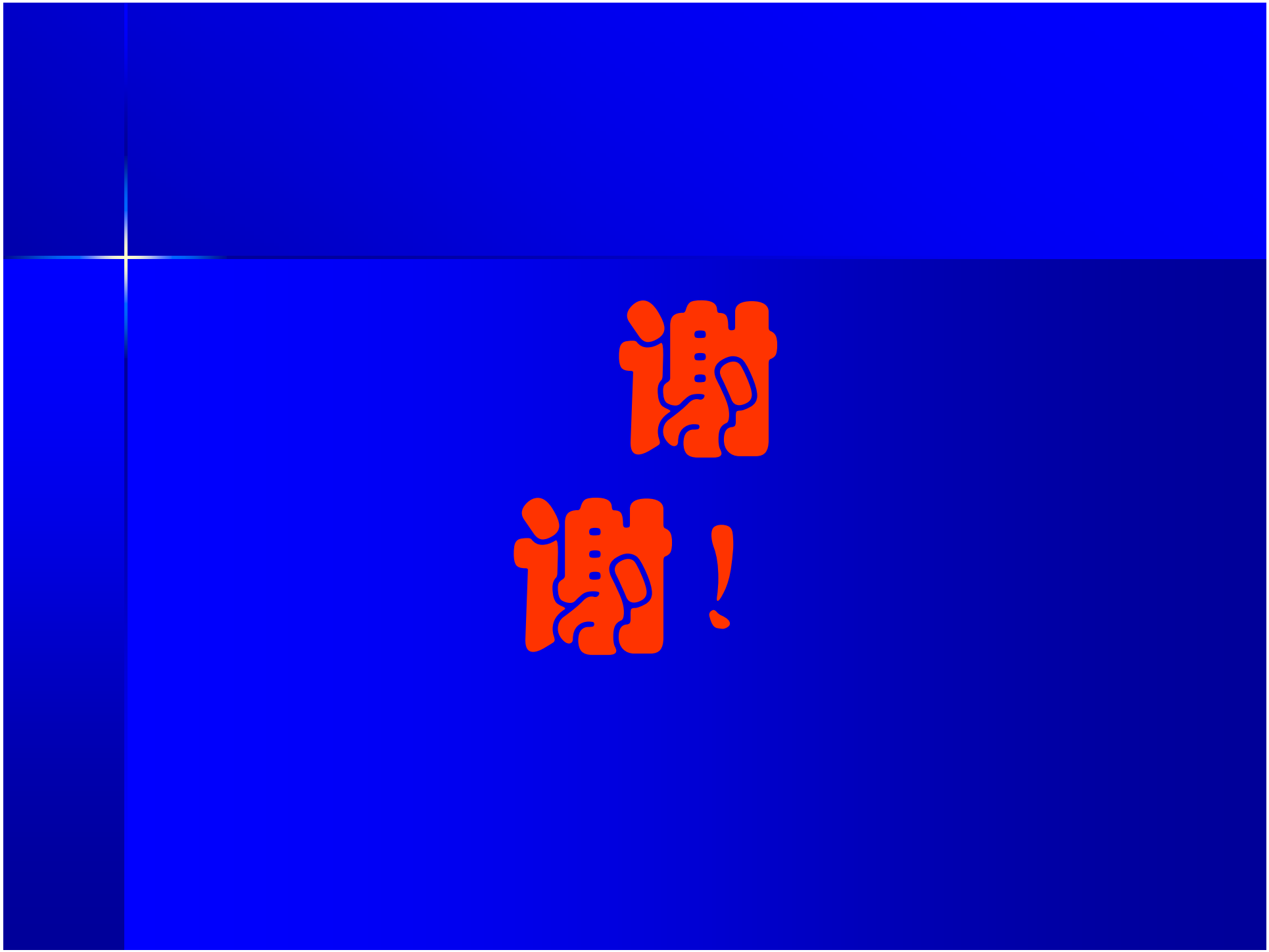
e_1——裂隙充水深度（m）；

a——危岩体重心作用点距倾覆点的水平距离（m）；

h_0——地震力距倾覆点的垂直距离（m）；

$[\sigma_t]$——危岩体抗拉强度（kPa），取岩石抗拉强度标准值的0.7倍。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn