

黄土滑坡

勘测技术与评价方法

HUANGTU HUAPU

KANCE JISHU YU PINGJIA FANGFA

龙建辉 著

地质出版社

黄土滑坡勘测技术与评价方法

龙建辉 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

滑坡地质灾害是黄土地区最常见、危害最严重的地质灾害类型之一。随着我国西部大开发的快速推进和人类工程活动的日益频繁,黄土滑坡的发生愈加活跃、规模越来越大。本书作者通过对黄土滑坡的钻探技术手段、宏细微观变形破坏特征、滑带土的物理特性差异特征、地球物理探测技术、稳定性评价理论与方法等方面的研究,力图为黄土滑坡勘测与合理评价及科学整治提供一些新的理论研究成果和经验积累。

本书可供黄土滑坡治理工程人员与地质科技人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

黄土滑坡勘测技术与评价方法/龙建辉著. —北京:
地质出版社, 2011. 6

ISBN 978 - 7 - 116 - 07239 - 8

I. ①黄… II. ①龙… III. ①黄土区—滑坡—勘测
IV. ①P642. 22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 109385 号

责任编辑: 郑长胜

责任校对: 杜 悦

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324575 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010) 82310749

印 刷: 北京天成印务有限责任公司

开 本: 787 mm × 960 mm ¹/₁₆

印 张: 5.75

字 数: 120 千字

版 次: 2011 年 6 月北京第 1 版

印 次: 2011 年 6 月北京第 1 次印刷

定 价: 20.00 元

书 号: ISBN 978 - 7 - 116 - 07239 - 8

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

序 言

如果说 19 世纪是产生“主义”的世纪，是人类在意识形态领域最活跃的时期之一；那么 20 世纪就是产生“理论”的世纪，是人类在科学技术领域的又一次繁荣。除量子力学和相对论这些彻底改变传统科学思维的经典理论外，所谓的模糊数学理论、混沌理论、分形理论、灰色理论、系统论、协同论等，其名称就足以令人眼花缭乱了。21 世纪也许就是这些理论开花结果的世纪。在我国，每种理论只要一露头角，就有后继者为其开辟一片天地，找到广阔的用武之地。在工程地质领域，此风可谓盛行，至今不衰，本来是典雅的理论，遭人滥用，却成为华而不实、不折不扣的“包装品”，连其初创者也望而兴叹。那些引领学术方向的“印刷品”，更是热衷于对这类作品进行“炒作”，无形中起到了推波助澜的作用。这使本专业的理论研究离工程实际越走越远。

工程地质是以岩、土、水作为研究对象的，它们都是天然材料，在长期的地质历史时期形成的。因此其复杂性、不确定性和隐蔽性使我们无法完全了解，或者是了解了也难以刻画其真实面目。如果做不到对实际地质条件的如实反映和正确表达，采用何种理论方法就无足轻重了。由 Coulomb, Rankine, Terzaghi, Skempton, Taylor, Bishop 等奠定的经典土力学理论已经几十年甚至百余年而仍被工程技术人员广为应用，这些理论之所以经得住历史的考验，不是因为其精深，而是其简约而实用。相对理论而言，工程地质实践方面的探索和研究还远远落后，面对大量实际工程问题还缺乏有效的解决手段，这就不得不以高昂的经济投入来分担风险。因此，工程地质工作的重心仍然是针对解决实际问题在技术和方法上的突破。

中国西北地区的黄土滑坡就是诸多工程地质问题中的一种，造成的人员伤亡和经济损失是巨大的。特别在黄土地区公路建设中，

由于工程扰动，造成的滑坡是最大的危害。如陕西黄陵至铜川的高速公路是我国在黄土山区修建的第一条高速公路，施工过程中导致27处滑坡复活，滑坡勘察治理费用达2亿元，占计划投资将近10%，部分治理工程在后期运营中失效，持续威胁着正常通行。黄土属于非饱和土，对水敏感，其特殊性质使黄土滑坡在勘察和评价中的一系列问题至今并未解决。其中的关键问题就是滑动面的确定及强度参数的取值。针对该类问题，本人主持完成了陕西省交通科技项目“黄土滑坡有效勘测技术与评价方法研究”，对钻探技术、滑动面鉴定方法、强度参数测试与取值都做了有意义的探索，应该说研究成果不乏实用意义。但是按照惯例，项目结束，提交报告，专家鉴定，万事大吉。

即便是采取一种积极的态度去推广一项成果，也是困难重重。目前的勘察市场将利益最大化作为目标，技术推广需要成本，包括资金、设备和耐心。投资者往往重视看得见的效益，却看不到提高质量带来的潜在效益，勘察资料不准确导致滑坡治理花的冤枉钱难以计数，所谓的研究成果也只能束之高阁了。

本书作者曾是我的硕士研究生，博士期间是我的助手，自始至终参加了这个项目，随我跑了很多滑坡现场。毕业后就职太原理工大学，在当地也是滑坡方面的专家，学生有此成绩，老师自然欣慰，主动要求写此序，以祝贺作者及其项目的共同劳动成果能得以面世，广为人知，为黄土滑坡勘测研究与治理贡献微薄之力。

长安大学地质工程系

李同录

2011年3月31日于西安

前 言

位处我国西北部的黄土高原，黄土分布范围广、沉积厚度大；由于现代地壳不断隆起，使发育在黄土地区的网状河流水系向下切割，形成了为数众多的黄土斜坡。这些黄土斜坡在长期自然营力作用和人类工程活动的影响下多易发生滑坡，沿水系往往形成滑坡带或滑坡群。滑坡地质灾害是该地区最常见、危害最严重的地质灾害类型之一，每年造成的灾害损失在 20 亿 ~ 30 亿元。特别是近十几年来，随着我国西部大开发的快速推进和人类工程活动的日益频繁，黄土滑坡的发生愈加活跃、规模越来越大，自然吸引不少学者和工程技术人员对其进行深入探索和研究。目前，在黄土滑坡的成因类型、破坏机理、诱发因素、监测预警、防治理论与技术等方面已取得了一系列理论成果和经验积累。

而实践中，黄土滑坡的勘测技术与评价方法仍是困扰工程技术人员两个难点问题。一个是为科学合理评价滑坡稳定状态提供最基础的地质数据，其技术难点表现在两个方面：一是缺乏有效的技术手段准确确定黄土滑坡的滑动面位置，二是难以准确确定黄土滑坡滑动面抗剪强度；另一个是为滑坡的工程应用与防治措施提供理论依据与技术支撑，目前计算滑坡稳定性和滑坡推力的理论方法不完善，无法给滑坡治理工程设计提供可靠的参数。两者的任一偏颇都会导致对滑坡认识的偏差甚至得出错误的结论。这两方面的研究虽不乏成果，但系统地针对黄土滑坡的探测技术和评价方法仍有待提升，作者在攻读硕士、博士学位期间便在导师的悉心指导下一直从事这方面的课题研究。

本书是在交通科技项目——黄土滑坡有效勘测技术与评价方法研究（项目编号：02-09K）——的研究报告基础上整理而成。全书共 6 章：第 1 章绪论，介绍了课题的研究背景和选题意义；第 2 章黄土滑坡钻探技术的研究，开发了一套适合黄土滑坡勘探的钻

具；第3章黄土滑坡滑动面的识别指标确定，从宏观、细观及微观等方面研究了滑带土的物理特性、电阻率特性、矿物成分等；第4章黄土滑坡有效的地球物理探测方法研究，从滑坡物质结构差异性特征中探寻用简易的电阻率法来进行黄土滑坡滑带位置的探测；第5章黄土滑坡滑动面抗剪强度的研究，论述了抗剪强度的物理意义，并建立了其与物性指标之间的相关关系式；第6章为滑坡稳定性评价方法的研究，改进了计算模型，提出了两种黄土滑坡稳定性评价的实用方法。

本书源于作者的博士论文和导师的交通科技项目支撑，全书由龙建辉统筹执笔，长安大学张常亮博士参与了第6章的编写，作者导师、长安大学李同录教授对该书进行了认真审阅并作序，编写过程中还得到了李萍博士的具体指导和全力帮助。在此一并表示真诚的谢意！

囿于作者水平，成稿仓促，文中不乏错误甚或纰漏，不妥之处敬请各位同行专家批评指正。

作 者

2011年3月

目 录

序言

前言

1 绪 论	(1)
1.1 研究背景	(1)
1.2 研究的目的是和意义	(2)
1.3 国内外研究现状	(2)
1.4 研究内容及技术路线	(4)
1.4.1 黄土滑坡钻探工艺的研究	(4)
1.4.2 黄土滑坡有效的地球物理探测方法研究	(5)
1.4.3 黄土滑坡滑动面的识别指标确定	(5)
1.4.4 滑动面抗剪强度的研究	(5)
1.4.5 滑坡分析评价方法的研究	(6)
2 黄土滑坡钻探技术的研究	(8)
2.1 各种传统钻探方法及适用条件	(8)
2.2 双管单动钻头的效果试验	(9)
2.3 黄土滑坡钻探技术的改进与试验	(13)
2.3.1 黄土滑坡钻探的特殊要求	(13)
2.3.2 钻具的改进思路及原理	(15)
2.3.3 双管空心螺旋钻钻探效果试验	(16)
3 黄土滑坡滑动面的识别指标确定	(19)
3.1 研究对象的选定	(19)
3.2 滑动面识别的宏观标志	(22)
3.2.1 后缘串珠状落水洞-拉裂错落	(22)
3.2.2 探槽和探井中揭露滑动带	(24)
3.2.3 钻孔中揭露的滑动带	(25)
3.3 微观标志	(27)
3.3.1 取样与制样	(27)
3.3.2 滑带土的微观结构特征	(28)
3.4 物理指标标志	(31)

3.5	化学成分的特点	(36)
4	黄土滑坡有效的地球物理探测方法研究	(38)
4.1	地球物理方法的特点	(38)
4.2	黄土的电阻率特性	(39)
4.3	探槽中滑带附近电阻率测试	(41)
4.4	钻孔电阻测深的应用	(42)
4.4.1	工程概况及问题	(42)
4.4.2	测试方法及效果	(44)
5	黄土滑坡滑动面抗剪强度的研究	(46)
5.1	抗剪强度的特征值及其测定	(46)
5.1.1	滑带土抗剪强度的特征值	(46)
5.1.2	抗剪强度的测定方法	(47)
5.2	残余强度的探讨	(48)
5.3	黄土滑坡启动强度研究	(50)
5.3.1	滑坡启动强度的特点	(50)
5.3.2	黄土滑坡测量与原始地形恢复	(51)
5.3.3	启动强度的反分析	(54)
5.3.4	启动强度参数的取值	(60)
6	滑坡稳定性评价方法的研究	(63)
6.1	二维极限平衡法的一般特点	(63)
6.2	极限平衡法的基本方程	(66)
6.3	通用计算模型	(69)
6.3.1	基本模型	(69)
6.3.2	假定条间力的方向	(70)
6.3.3	假定条间力的位置	(72)
6.4	各种常用极限平衡法的简化条件	(74)
6.5	潜在滑坡最危险滑动面的确定	(77)
6.6	程序实现及应用	(79)
	参考文献	(82)

1 绪 论

黄土分布在我国北方的干旱、半干旱地区，分布面积广，沉积厚度大。其中我国中部的黄土高原北起毛乌素沙地南缘，南至秦岭，东邻太行山，西至六盘山，是中国乃至世界上黄土厚度最大、地层最全、发育最典型的地区，黄土最厚处达 300 余米。黄土高原现代地壳不断隆起，发育在该地区的网状河流水系向下切割，形成高边坡。这些高边坡在长期自然营力的作用下则发生滑坡，沿水系往往形成滑坡带和滑坡群，而水系两侧又是人类工程和经济活动十分活跃的地带，因此对黄土滑坡的研究具有重要的工程意义和社会意义。

1.1 研究背景

近年来的工程建设中遇到大量黄土滑坡，针对这些滑坡已做了卓有成效的勘测、设计和治理，积累了较丰富的经验。同时也认识到了一些技术难点问题，主要有以下方面：

(1) 缺乏有效的技术手段准确确定滑动面位置。黄土滑坡的滑动面主要反映在土体结构的改变，其物质成分变化不大，因而滑动面的鉴别主要是看黄土的原生结构是否发生变化。尽管通过探井、探槽可以揭露滑动面进行辨认，但这些勘探工程只限于在滑坡周界布置，很难揭露到主滑面。钻探在滑坡勘探中有其他方法不可替代的作用，这就要求在黄土滑坡钻探中，不能破坏土的结构，要求全孔无扰动连续取心，而目前采用工民建勘察中的各种钻探工艺都很难达到这一要求，因而在钻孔中确定滑动面也就成为一项难题。

(2) 难以准确确定黄土滑坡滑动面抗剪强度。由于黄土滑坡的滑动面不易鉴别，通过试验确定 c 、 φ 值时，取滑带土样很困难。目前常采用反算法确定 c 、 φ 值，但必须明确滑坡当前的稳定性，这需要有经验的专业人员判定，也具有一定的随意性。同时黄土的结构强度高，遇水或扰动时，强度衰减幅度大，黄土滑坡各部分含水量不同，其强度指标变化很大，采用综合 c 、 φ 法反算时，与实际有较大出入。在反算时，也常用两个剖面联立求解 c 、 φ ，但很少有收敛解，这显然是滑动面位置不确切或对滑坡稳定性判断不准确的原因，因而 c 、 φ 值的确定是又一个技术难题。

(3) 计算滑坡稳定性和滑坡推力的理论方法不完善,无法给滑坡治理工程设计提供可靠的参数。目前用于滑坡稳定性评价的方法主要是极限平衡法。极限平衡法有十多种,其中在我国各类工程规范中最常出现的是推力传递法。近年来我们对同一滑坡采用不同方法进行稳定性计算时,其稳定系数很接近,其他一些学者也有类似的认识,这说明在众多方法中,采用任一种是可行的。主要问题反映在滑坡推力的计算上,按照目前采用的推力传递法,滑坡推力对安全系数的敏感度很高,按规范给定的设计安全系数,算出的滑推力相当大,使抗滑工程难以实施。铁路部门的滑坡专家徐邦栋也指出,对于规模巨大而具有多级的滑坡,其安全系数 K 增大 0.05,可使设计计算的滑坡推力成倍增大。而实际上滑体上某些地段的推力不一定出现。因而我们一直认为,采用现有的方法计算滑坡推力比实际可能发生的大得多,按此设计使抗滑工程十分庞大,难以实施,造成不必要的浪费。分析其原因,主要是计算模型不合理,为此滑坡分析在理论上尚有待完善。

1.2 研究的目的是和意义

在黄土滑坡勘测与评价中,以上三个技术难点中的任一项对滑坡治理工程都是具有至关重要的影响,因而本文的研究目的就是力图解决这些技术难题。通过现场钻探试验,探索一套黄土滑坡钻探的工艺和方法;通过现场鉴定和室内试验,确定黄土滑坡滑动带识别标志;提出抗剪强度的取样、测试及反算方法,并提供黄土滑坡滑动带抗剪强度指标的经验值及其与物理指标和物质组成的关系;改进现有的计算模型,使计算物理模型与地质模型更为接近,提高滑坡稳定系数和下滑推力的计算精度。

近年来,黄土地区公路建设的规模日益加大,一些工程不可避免地要穿过已有的滑坡区或高边坡区,从而引发了老滑坡的复活或新滑坡的发生,给工程造成了巨大损失。已建成通车的铜黄高速公路就是典型的一例,滑坡是该公路建设中的突出地质问题,在建的延黄高速公路、榆靖公路滑坡问题同样存在。愈向北,地形条件愈复杂,黄土的性质愈差,滑坡的危害愈严重。因此对黄土滑坡勘测技术与评价方法的研究对公路建设有特殊的意义。

1.3 国内外研究现状

在滑坡勘测技术上,除了简便的坑、槽、硐探外,钻探和物探也是必要手段。对于一般的岩质滑坡,由于滑床和滑体物质结构和物性差异大,常规

的钻探和物探方法在国内外均被采用。而黄土滑坡为我国特有,国外在这方面的报道较少。国内一些专家在滑坡钻探方面也在不断地努力,特别是铁路部门做了许多有意义的改进。20 世纪 50 年代初他们曾采用螺旋钻及人力冲击钻进行土质滑坡钻探,因岩心似散土,不能反映土体结构特征,找不出滑动面而被淘汰。铁道部铁道科学院西北研究所根据他们的工程实践,提出了在黄土中采用无泵反循环钻进,可保证取得较完整的岩心且不漏掉含水层,若遇到软弱土层或在滑带附近,可用锤击钻杆使岩心管压入而取出完整岩心。我们采用该方法在黄土中钻探时,发现孔底反循环必须反复上下提钻,对黄土扰动更大,土样几乎被搅成泥浆,因此该方法不易被一般钻探技术人员掌握,难以推广。

在工程钻探中,为了提高岩心采取率,也常用双层单动岩心管。这一方法主要用于半岩质岩层和风化破碎岩层,在黄土滑坡钻探中很少被采用。我们在西气东输工程的黄土隧洞勘探中,对深部的老黄土配置泥浆,采用岩心钻回转钻进,能采取很好的完整岩心,须选用失水量小,护壁性能好的泥浆,避免水分过多被黄土吸收而坍孔,而且水分也会渗入岩心对岩心有影响。但在黄土滑坡钻探中,这一方法尚待检验。总之,目前国内用于工程钻探的方法很多,但在黄土滑坡钻探方面,还未总结出专门的工艺方法,以便采取原状岩心用于滑动面的鉴定。

物探是滑坡勘探中常用的手段,主要用于确定滑体边界和物质结构、滑床的形态、滑坡中地下水的分布及流向、流速,这在国内外都有许多成功的应用实例。普遍采用的方法有人工浅层地震、电法、电磁波法(地质雷达)。也有人受断层带控制的滑坡(如郧山滑坡)采用测氦法确定滑坡范围,采用浅层测温的方法确定滑坡含水情况。浅层地震在滑坡勘探中常采用反射波或面波,如果滑动面较深,采用反射波法,浅则采用面波法。电法适合于各种深度的滑坡,地质雷达探测深度不超过 15m。采用物探方法的前提是滑床与滑体物性差异大,如果黄土滑坡下部为基岩或第三系泥岩,采用人工浅层地震和电法都具有良好的效果。但若上下都为黄土层,其物性差异不大,各种物探方法的效果都不明显,导致结果的不准确和多解性。总之,物探在黄土滑坡勘察中的应用,目前还存在一定困难,特别是物性差异不大时,测试结果与实际出入较大,因此还需研究更有效的方法。

滑带土的抗剪强度指标的确定,国内外目前最常用的方法是取样测试和反算法,室内测试数据往往因离散性大,给取值带来一定困难。我国铁路部门长期以来投入了大量技术力量和资金对铁路沿线滑坡进行研究,对许多滑坡做现场剪切试验,取得了可靠的抗剪强度参数,并汇总了各类滑坡的试验

值和反算值,以便于同行们进行类比参考。反算是被公认的较为科学的方法,如果能查明滑坡目前的稳定状态,给出其稳定系数,即可反算 c 、 φ 值,再利用该值进行抗滑设计计算。有人将反算比喻为将滑坡本身作为一个实体模型进行现场测试,这无疑是更为科学的一种方法。反算时要求有精确的滑坡断面和准确的滑动面,多个断面联立反算时,各断面稳定系数应相近。在黄土滑坡中,以上方法都是可用的。

滑坡理论分析方法的研究由来已久,目前用于工程设计的滑坡稳定性分析大多采用二维极限平衡法,二维极限平衡法目前已有十多种,最为经典的方法有: Fellennus 法、Bishop 法、Janbu 法、Morgenstern - Spence 法、Sarma 法等。而我国工程界最常用的是推力传递法,该方法不仅能算出滑坡稳定系数,而且也可以给定安全系数,算出滑坡推力,用于抗滑工程设计。工程实践表明二维极限平衡方法虽然在理论上已很完善,但其物理模型存在着局限性。因此许多人致力于三维极限平衡法的研究。从 1976 年至今,滑坡三维极限平衡计算方法的研究有了一定的发展,但这些方法有的存在计算精度的问题,有的存在实用性的问题。目前所提出的三维极限平衡分析法,都可认为是基于二维极限平衡法分析时所获得的经验,三维计算结果普遍反映出安全系数比二维高的特点,而且三维分析方法可以得出滑坡体内部各部分的受力情况,从而为滑坡治理设计提供更具体的参数。可以认为三维分析方法比二维有更大的改进,但方法有待于进一步完善。

总之,尽管二维极限平衡法有很多不足,但自 1965 年 Morgenstern - Price 法产生后,其计算模型已很完善,此后的大量研究都没有实质性的进展;三维极限平衡法理论上具有许多优势,但发展缓慢,各种模型因需要一系列苛刻的限制而使其失去了实际意义,一般技术人员很难掌握三维建模技术,因此离工程实际应用还很遥远。

1.4 研究内容及技术路线

根据黄土滑坡勘测评价中存在的技术问题和国内外研究现状的不足,本课题确定的研究内容有以下方面:

1.4.1 黄土滑坡钻探工艺的研究

钻探是探测滑动面位置的必要手段,通过钻探能连续采取不扰动的岩心,使滑带土不被扰动或遗漏,才能保证准确确定滑动面的位置。该项研究的途径是以现有的钻探方法为基础,通过现场试验改进工艺达到预期目的,研究

思路按以下两方面考虑:

(1) 钻探机具采用工程常用的 150 型油压回转钻机, 黄土滑坡厚度一般在 10 到 30 余米之间, 极个别达 80 到 100 余米, 采用 150 型可以满足动力要求。一般工程钻探的孔径为 108 ~ 127mm, 黄土滑坡钻探口径宜选用 146 ~ 219mm, 口径愈大, 对土样的扰动愈小, 但对机器性能要求愈高。

(2) 按照传统工艺, 采用岩心管回转钻进, 必须采用循环液, 土样中会因渗入水而变软, 很容易破坏土的结构; 若采用冲击或螺旋钻回转, 不需要循环液, 土样不浸水, 但土样结构也会完全扰动。因此工艺方面主要是对钻具加以改进, 通过现场试验确定各项工艺的有效性和技术参数, 探讨一种简单可行的方法。

1.4.2 黄土滑坡有效的地球物理探测方法研究

地球物理探测常用于滑坡探测, 本文不对传统做法做重复性的试验探讨。主要是针对黄土滑坡滑床与滑体物质成分差异不明显的特点, 对现有方法做必要的改进, 寻求一种简单易行的方法。主要将电法作为备选方案加以改进, 技术思路是: 通过在钻孔中加入电介质, 因滑坡体、滑床和滑带的渗透性不同和物质成分的差异对电介质的吸附能力不同, 都可能造成较大的电性差异, 可通过电测井与钻孔揭露情况进行对比, 分析该方法的有效性和有关技术参数, 电介质可采用对环境无污染的离子, 如 NaCl。

对于物性差异大的滑坡, 如滑床下有基岩或钙质结核层, 常用的物探方法是有效的, 不作为本项目研究重点。

1.4.3 黄土滑坡滑动面的识别指标确定

在现场工作中即使从钻孔中取出完整的滑带土样, 也需有经验的技术人员才能识别出来, 有时在探槽和探井中, 确定滑带也有一定难度。由于黄土的结构特征十分明显, 宏观上可看到大孔隙、针状孔隙, 微观上为架空结构, 孔隙与土颗粒的比例高达 1:1。滑动带受过剪切错动, 原生结构必然改变, 因此通过仔细辨认是可以识别的。在该项工作中, 我们在黄土滑动带中取样, 分析其物质成分的变化, 观察微观结构和宏观结构特征, 最终确定出简便易掌握的滑带识别标志, 以便一般工程技术人员通过现场观察和室内常规分析就可以确定。

1.4.4 滑动面抗剪强度的研究

通过探槽或浅井揭露出一些典型的滑动面, 平行取样在室内做各种排水

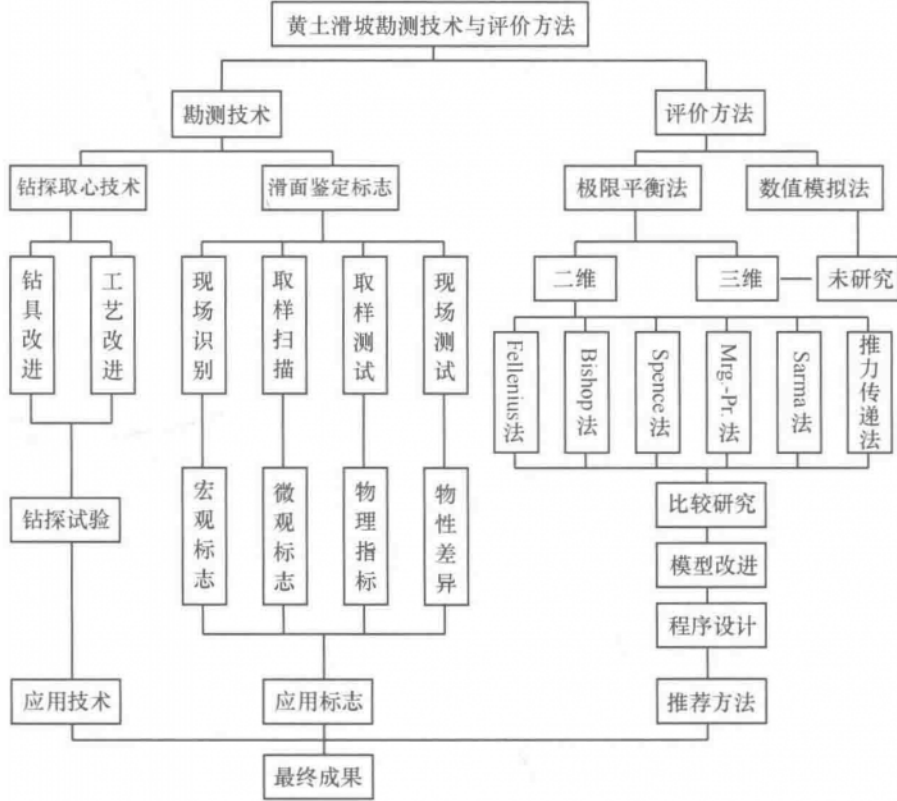


图 1-1 本文研究的技术路线

和固结条件下的直剪和三轴剪切试验，获取一批黄土滑坡滑动面的抗剪强度指标的可靠数据，并测定其相关的物理性质参数，分析它们之间的相关关系，以便在实际工程中，能通过常规试验结果经验地确定其抗剪强度，弥补室内试验的不足。同时对已有滑坡进行野外调查和测量，恢复其滑动之前的地形，再对其参数进行反算，获得其真实的强度参数，将反算强度参数与试验参数比较分析，确定强度参数的试验和分析方法。

1.4.5 滑坡分析评价方法的研究

本书注重工程实用性的研究，通过探讨我国工程界所用方法的不足，推广应用国际上已成熟的更为完善的方法，因此不涉及三维极限平衡法和数值模拟方法的研究。国内在工程实践中广泛采用推力传递法，该方法只满足力的平衡，不满足力矩平衡，又假定条间力的方向平行于底滑面，许多学者对该方法和其他方法作了比较研究，认为推力传递法存在理论缺陷，国外不用该方法。国内之所以被广为应用，是因其模型简洁，易于理解，计算也简单，

通过列表手算就可以完成。而 Morgenstern - Spence 法在国外则作为常规的方法,该方法满足所有力和力矩平衡,只需要对条间力的方向做出合理的假定,但求解复杂,必须编程实现。本书旨在对二维极限平衡法进行系统的对比研究,通过编程实现对 Morgenstern - Spence 法的推广应用,并对 Janbu 法改进,使其与 Morgenstern - Spence 法相互验证。

根据以上内容,本书按图 1-1 的技术路线开展研究。总之,通过本项目的系统研究,建立黄土滑坡实用可行的勘测技术和更为先进科学的评价方法,提高黄土滑坡勘探的精度和评价结果的可靠性,为滑坡治理工程设计服务。

2 黄土滑坡钻探技术的研究

黄土滑坡钻探技术要解决的关键问题是全孔无扰动连续取心,以保证滑带土不被扰动或遗漏。为此,通过反复进行现场钻探试验,对钻探工艺和钻具不断改进,研制了一种适合黄土连续取心的钻头和工艺,该钻头结合了传统的螺旋钻和岩心钻的特点,在无循环液的情况下可取得完整岩心,用于黄土滑带土的提取。试验研究总体分两阶段进行,第一阶段是对传统钻探工艺存在的问题通过试验进行了分析讨论,由此提出了改进思路;第二阶段是对传统工艺作了改进,并对改进工艺进行了钻探试验,对其效果做了评价。

2.1 各种传统钻探方法及适用条件

目前国内各行业对滑坡钻探都没有明确的技术标准,但大多数规范规定滑坡钻探应采用干钻,不宜加水,但滑坡钻探并不满足于此,滑坡钻探与一般的工程钻探目的有本质不同。一般工程钻探是揭露地层结构,并在特定的深度采取原状土样。在不取样的位置,钻孔土样结构是可以扰动的,根据土的颜色、状态和包含物现场鉴别土的特征,在需要采取土样的位置,采用专门的取土器采取原状土样,用于室内试验和土的鉴别。最后根据现场描述结合在相应土层中取得的原状土样及其室内试验指标综合划分地层。

滑坡勘探的主要目的是揭露滑动带或滑动面的位置,而该位置往往是预先不知道的,厚薄变化也很大,可能为一层或多层,如果不慎,则很容易一钻穿过而被遗漏。而黄土滑坡滑动面更不易识别。黄土的特点是含水量低、强度大、结构特征明显,按常规钻探方法,钻孔土心极易受到扰动,识别滑带土更为困难。

在工程勘察中,黄土地层最常用的钻探方法是冲击钻、螺旋回转钻和回转岩心钻。

冲击钻采用管状钻头,通过钻头上方的冲击锤将其击入土中,土心随钻头下潜进入管内,再敲击管壁,将土倒出。大量钻探表明,该钻探对土样完全扰动,仅适合土层鉴别,无法采取不扰动土心,其扰动因素来自三方面:一是冲击过程中,管壁与土的摩擦很大,土心环周承受很大的下拉摩擦力,该力是在循环冲击作用下往复作用,使管内的土心成“千层饼”状;二是冲