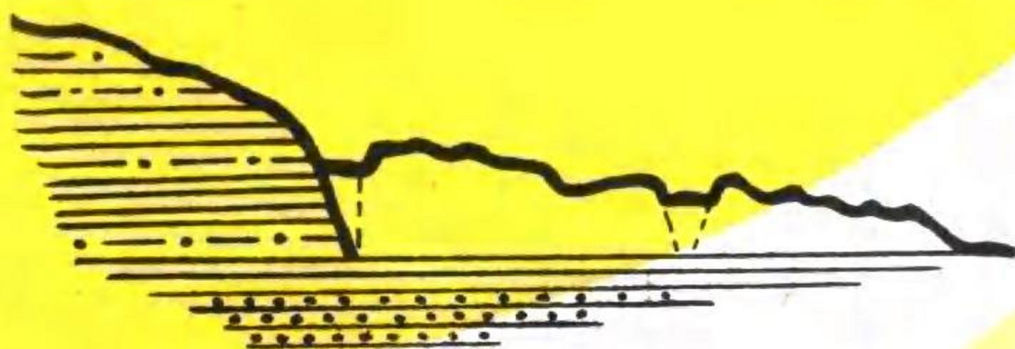


滑坡文集

(第十二集)

滑坡文集编委会 主编

中国铁道出版社



滑 坡 文 集

(第十二集)

滑坡文集编委会 主编

中 国 铁 道 出 版 社

1997年·北京

(京)新登字 063 号

图书在版编目(CIP)数据

滑坡文集 第十二集/《滑坡文集》编委会编. --北京:中国铁道出版社,1996
ISBN7-113-02421-1

I. 滑… II. 滑… III. 铁路-滑坡-防治-文集 IV. U216.41-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 13240 号

内 容 简 介

本集计有论文 21 篇,主要内容有:铁路山坡病害治理等综合研究报告;滑坡原因分析及整治措施;边坡稳定性分析以及有关滑坡勘测技术的文章等。文集最后附有每篇文章的英文提要,以便于国际交流。

本文集可供工程地质工作者和土建工程设计者参考。

滑 坡 文 集

(第十二集)

滑坡文集编委会主编

*

中国铁道出版社出版发行

(北京市宣武区南菜园街甲 72 号)

责任编辑 安鸿逵 张苍松 封面设计 薛小卉

各地新华书店经售

河北省遵化市胶印厂印刷

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:11 字数:262 千

1997 年 2 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:1—2000 册

ISBN7-113-02421-1/TU·513 定价:22.70 元

滑坡文集编辑委员会

(甘肃省兰州市民主东路 365 号,730000)

主任委员: 李 嘉(铁道部科学研究院西北分院)

副主任委员: 徐邦栋(铁道部科学研究院西北分院)

委 员: (以姓氏笔画为序)

马 骥(铁道部科学研究院西北分院)

于济民(铁道部科学研究院西北分院)

王少东(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所)

王传仁(交通部第一公路勘察设计院)

王恭先(铁道部科学研究院西北分院)

叶宗荣(铁道部第三勘测设计院)

刘光代(铁道部科学研究院西北分院)

刘祥海(西南交通大学)

池淑兰(西南交通大学)

陈 健(中国铁道出版社)

陈自生(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所)

陈德基(水电部长江勘测技术研究所)

陆玉琰(铁道部第二勘测设计院)

余正祥(铁道部第二勘测设计院)

孟英喆(铁道部第一勘测设计院)

居恢扬(上海铁道大学)

施以仁(中国铁道出版社)

徐凤鹤(铁道部第四勘测设计院)

徐峻龄(铁道部科学研究院西北分院)

晏同珍(中国地质大学、武汉)

常务编委: 刘光代(铁道部科学研究院西北分院)

徐峻龄 (铁道部科学研究院西北分院)

秘 书: 廖小平(铁道部科学研究院西北分院)

目 录

一、滑坡综合研究报告

1. 治理铁路山坡病害在施工阶段和运营中地质工作的内容及作用..... 徐邦栋(1)
2. 滑坡防治研究的技术理论 晏同珍(10)
3. 抗滑试桩空间非线性有限元分析及设计参数的研究 李克才 池淑兰(18)
4. 坡体平面旋转运动的初步研究 王振铎(30)
5. 锚固洞与抗滑桩的联合结构分析 洪永文(37)
6. 高速远程滑坡的动力分析和运动模拟 廖小平 徐峻龄 郑 静(45)
7. 滑坡的丛集性、再生性及其二项分布律..... 晏同珍(50)
8. 高速远程滑坡研究现状综述 徐峻龄(54)

二、滑坡的原因分析及整治措施

9. 试论岩层风化带滑坡 陆玉琰(65)
10. 桑树坪专用线7号隧道滑坡灾害整治..... 于世兴(72)
11. 图珥线17公里工程滑坡的产生与整治 张汉卿 王志军(78)
12. 镇江市山体滑坡刍议..... 李钧民(83)
13. 东海某码头浅海海底滑坡的特征..... 于济民(89)
14. 襄渝铁路白河车站杨家沟滑坡大型抗滑桩施工实例 马志贤 徐邦栋(100)

三、边坡稳定性分析

15. 边坡稳定性分析的 Fuzzy 数学模型 李文秀(115)
16. 引起岩体工程滑坡的因素及其稳定性分析 蒲友林 张照财(120)
17. 岩体结构特征与岩石高边坡的稳定性 马惠民 郑静(125)

四、滑坡勘测技术

18. 遥感技术在南昆线小德江古滑坡勘测中的应用 李海明(133)
19. 几种滑坡勘测技术简介 于济民(139)

五、译 文

20. 斜坡破坏发生时间的预报..... 译者:王恭先(146)
21. 世界滑坡编目的进展 戴维 M·克如丹 威廉 M·布朗 III 译者:马原生(152)

Proceedings of Landslides

Volume Twelve

Content

A. The comprehensive Reports on Landslide Research

1. The Content and Affect of Geological Work on Control Railway slope Failure during its Construction and Transportation Xu bangdong(1)
2. Technological Theories of Some Researches in the Landslide Control Yan Tongzhen(10)
3. Three-dimensional Nonlinear Finite Element Analysis for Antislid Test Pile
..... Li Kecai, Chi Shulan(18)
4. The Preliminary Research of Slope Plane Rotation Wang Zhenduo(30)
5. An Analysis of Combined Construction of Filling-gallery Anchor and Anti-slide Pile
..... Hong Yongwen(37)
6. Mechanical Analysis and Movement Simulation for High speed and Long Distance Landslide
..... Liao Xiaoping, Xu Junling, Zheng Jing(45)
7. Clustered and Rejuvenated Characters of Landslides and Their Binomial Distribution Laws
..... Yan Tongzhen(50)
8. A Summary of present Research on High Speed and Long Distance Landslide
..... Xu Junling(54)

B. Reason Analysis and Landslide Control

9. Discussion on the Rock Mantle Landslide Lu Yulong(65)
10. Treatment for the Disaster of No. 7 Tunnel of SANGSHUPING Special Railway Landslide
..... Yu Shixing(72)
11. The Origin and Control of a Engineering Landslide Located at 17KM of Tumen-Hunchun Railway Line Zhang Hanqing, wang zhijun(78)
12. A rustic Opinion on Mountain Landslide in Zhenjiang City Li Junmin(83)
13. Characteristic of Shallow sea Submarine Landslide at Certain Wharf in East Sea
..... Yu Jimin(89)
14. Yangjiagou Landslide at Baihe Station along Xiangyu Line—Example of Large Anti-Slide Pile Construction MA Zhixian, Xu Bangdong(100)

C. Analysis of Slope Stability

- 15. Fuzzy Model of Analysis for Slope Stability Li Wenxiu(115)
- 16. Analysis for Stability on Induced Factors of Rock Mass Engineering Landslide
..... Pu Youlin,Zhang zhaocai(120)
- 17. Rock Structure Feature and Stability of Rock High Solpe Ma Huimin,Zhengjing(125)

D. Landslide Survey Technology

- 18. Application of Remote Sensing Technology in the Survey of Xiaodejiang Ancient Landslide of
Nan-Kun Railway Li Haiming(133)
- 19. The Brief Introduction of Some Landslide Survey Technology Yu Jiming(139)

E. Translation

- 20. Forecasting Occurrence of Slope Failure ... (S. Hayashi) translator;Wang Gongxian(146)
- 21. Progress Towards the World Landslide Inventory
..... (David M. Cruden,William M. Brown ■)translator;Ma Yuan Shen(152)

治理铁路山坡病害在施工阶段和运营中 地质工作的内容及作用

铁道部科学研究院西北分院 徐邦栋

提 要

本文除介绍在施工阶段及运营中地质工作的内容及作用外,并举实例叙述对山坡病害快速定性及进行整治设计的具体作法。同时,吁请有关方面在山坡病害发生之前,开展工程地质普查和变形监测工作。

关键词: 山坡病害 地貌形态 地质定性 设计参数 应急工程

国内对许多山坡病害的治理,特别是铁路在新建期和运营阶段,为人们事先发现而有足够时间按正常勘测设计施工程序、确实摸清地质条件可按图施工而全无改动的原设计甚少、除非该病害工点是对生产中重要设施者、已出现明显的直接危害,且是自变形出现至产生破坏为时长久、属发展缓慢类型者,始可能办到。

作者从事山区崩坍、滑坡和水害的治理和研究已40余年,遇到的多数是新建项目在施工阶段出现的大、中型山坡病害和运营中发生的威胁安全或造成部分停产的崩坍、滑坡事件,一般总是情况紧急、亟待解决。作为技术人员常要在短暂的期限内摸清病害的重要实质及主要地质条件,始可提出下述对策完成初勘时的任务。

(一)按危害而提出临时对策及应急措施,防止灾害的形成或扩大,以尽可能维持不间断运转为目的;同时要预计到治理需要的大致工作量、工程量和费用、以及治理得失,其可靠度和精度只能视掌握的病情和地质条件的深度而异。故在初勘中以满足提供决策时是否必要整治的技术依据为目标。

(二)对决策要整治者,首要依据对病情及发展条件两者有比较正确的判断始可估计出距大破坏的时限,而提出相应减缓变形速率的措施、提出能在大破坏前可顺利建成稳住病害的工程措施、和设计需要的地质资料为范围。

(三)在收集资料方面,大多数因缺少按正常工作程序需要的时间而为难;但在可能给予的时限内提出的地质资料仍要求保证“对地质定性能正确、各设计参数的上下限的预计能准确”;如此在配合施工过程中始能做到逐步补充设计需要的定量地质资料以满足修正设计的要求,而不误施工、不造成较大损失为主。

(四)在短期内收集的地质资料要满足定性正确和参数可能变化的尺度可靠。按作者经验,地质工作按下述的先后顺序与内容进行可以办到:(1)在初勘中从地貌形态、变形形迹、山体构

造格局、和坡体结构四者内下功夫,可达到为病害迅速定性;(2)继对几个关键点用相适应的勘探方法予以核对而概略定量,为决策时做方案的依据;(3)属抢险和应急工程部分要留有余地,以便在施工中可按监测资料和地质编录资料及时对初勘中的病害定性予以验证和补充,而使之变做根治工程的内容之一;(4)对根治措施的地质工作,要在病害定性基础上采用监测、地貌和地质调查、地质力学测绘三者结合以核对、补充和完善病害的定性;在测绘基础上有目的安排各种物探对初勘中概略的定量予以验证和达到半定量的精度,然后在物探的成果上对关键点为准确定量和工程措施的需要而布置少量的钻探、坑槽探或井探与洞探。其中井探与洞探以能布置在今后可能利用为工程措施的一部分者,可节省工程费用;同时要利用坑、槽、井、洞探为取样做室内外试验和监测场地,利用钻孔等开展长期的地下监测工作和为工程设计收集资料兼做各种必要的强度和物理指标的测试工作。工程设计可先采用工程地质比拟法完成;上述正常程序设计所需要资料的提出,在工程施工基本完成前达到能及时核对设计赶上修改、补充和完善设计而不误工期和不造成过大工程损失为合格。

上述四点为施工阶段和运营中的地质工作应能满足的最低要求,是使地质勘查工作分为病害定性、病害定量和整治工程设计需要三阶段有目的区别、有机的结合、有顺序的连续完成,特别要求地质人员在施工期能全过程配合,并及时利用各种资料随时纠正分析判断不切实际者以适应复杂而不断的变化。

二

山坡的地质环境是在不断变动中,地貌演变即适应其变动。各生产设施在修建期和建成后5~10年内,山坡为适应环境的改变常易产生病害;故施工阶段和运营中要有必不可少的地质工作,才能适应变化的山坡和补充勘测设计阶段对地质工作的遗漏或未能暴露明显者。以下分三点论述:

(一)山坡病害生成地段的地质条件复杂者居多,有在勘测设计阶段不易发现或发现后亦不易摸清者,更多的是当时技术力量不足和技术水平欠缺而遗漏者。凡此种均要在施工阶段及运营中逐渐暴露,所以施工及运营中针对以下所述各点要力求有地质力量和费用,经过普查后有计划、有层次、按照轻重缓急逐步完成。例如:

1. 隧道方面:铁路通过破碎岩层地段或其它不良地质地段,在50年代经历宝成、鹰厦的新建和宝天改建,曾总结“少挖高坡、多修隧道”,“少选傍山隧道群、多采用长隧道穿山梁的方案”等,在60年代以后确实避免了新线修建和旧线改建期许多路堑坍方被迫改明洞或增加大面积的支护工程;但是亦非因此而不需要在施工和运营中开展正规的地质工作。如正在修建的宝中线堡子梁长隧道,目前已因隧道施工引起洞顶老滑坡的后部复活造成隧道衬砌变形;已通车多年的宝成线桑树梁隧道北口明洞于1991年因洞顶滑坡滑动造成两次严重破坏,现以临时加固维持通车下进行改线中;成昆线毛头马1#隧道和宝天线K105长隧道均因洞顶滑坡作用造成隧道变形,目前正在重新地质勘查以供决策加固或改线中。

2. 桥梁方面:以往通过沟壑、洼地和陡坡路堤,在多雨地带确因地质工作不够、施工不重视基底处理,在铁路修建的施工阶段和运营中每逢雨季常发生突然急剧滑走的事件,一时抢修不及、十分被动;自60年代以来新线建设中多以栈桥跨过为主,的确减少不少灾害。但不能因此而忽略施工阶段和运营中对之进行正规的地质工作。有如贵昆线于修建期在水城一带对山坡软

土的沟谷、洼地,施工中大量改桥渡过;因斜坡软土的滑动而使许多墩台改变设计、加深基础置于软土层之下。与之同时因山体滑坡推坏刚建成的贵昆线格里大桥,迫使在铺轨后于维持过材料下全部填死,改为抗滑高路堤而过。同样在成昆线北段会仙桥一带,因山体滑坡推动了过轿溪的9孔大桥在南岸的墩、台,亦在铺轨过材料车下被迫填死6孔以支顶山体。凡此皆是在施工阶段进行了抢险地质工作,一面维持临时通车、一面整治病害。

3. 站场方面:山区站场在50年代多选择在缓坡地段,因未认识到而常置于老滑坡体上。例如宝成北段西坡车站、聂家弯车站、谈家庄车站、白水江车站、马蹄湾车站和横现河车站等均因勘测设计阶段地质工作欠缺、在大量开挖下引起老滑坡复活,在施工阶段组织力量补充了大量地质工作而后逐一治住。为此在60年代以来修建成昆等线吸取此教训,但仍未能避免在施工期出现成都南站狮子山滑坡群、甘洛车站2#滑坡、乃托车站滑坡等再次进行地质勘察,实因受当时技术水平所限、老滑坡地貌迹象不明显而忽视所致,特别埋藏滑坡因无迹象而更难在选线中发现。1980年7月在运营中的成昆线铁西车站老滑坡的复活,更是人为灾害;该处在勘测设计文件中已指明“忌在坡脚采石,引起滑坡复活”,而运营中反而开辟料场在大量采石下引起灾害,不计长期断道等间接损失,仅直接整治费用逾千万元,既说明运营期山区地质工作的重要,又反映建立滑坡法规之必要。

(二)尚有许多本是稳定的山坡,因人为开挖或施工不当造成的病害,更应在施工和运营中有地质工作者相配合或事先有计划进行地质工作,始可事先或及时处理而不影响修建工期,以及不致被动。姑且不论50年代经验不足,70年代中几条山区新线仍在施工阶段滑坡、崩坍严重。例如:

1. 太焦线在新建时红岩地区8km中仅因沿岩层倾向线路一侧展线产生大小滑坡达17处之多。在勘测设计时仅发现红岩一处为老滑坡,所以基本上都是在施工之后始发现而造成被动的局面。

2. 枝柳线在大庸至吉首间的山区,在修建期施工阶段山坡病害亦较严重,由于勘测设计时做了大量地质工作,情况稍好。

3. 最为严重者在陕西梅七线K40~K70间,于施工前仅提出滑坡3处,施工中出现大小滑坡共37处,其中以沿各种土层之层间及基岩顶面滑动者为主,工程滑坡数量之巨与施工方法不当不无原由,值得重视。

上述三例可反映山区铁路于构造区中坡体结构复杂和岩性不良的地段通过者,在勘测设计阶段仍重视地质工作不够,未能预计施工中可出现大量施工病害;当前的施工队伍亦未配备足够的地质力量于事先发现隐患,仅在出现病害再组织勘查而造成被动。

(三)山坡病害是随着时间的推移而不断变化有新生者,特别在破坏原山体平衡之后前10年间,因地质环境的改变而新的病害逐渐形成。为此运营中的地质工作非但不可或缺,在山坡不良地质地段更应加强,随时监视病害的新生、变形的发展,要消灭隐患于初始则可达到工程量小、而效果显著。例如:

1. 在超固结土或半岩质地段开挖的路堑及隧道,常在大自然中暴露5~10年因松弛和受水而坍塌鼓道者;如能在发现坡面出现松弛和在隧道底监测出应力变化之时立即采取相应防范措施,其工程量少而作用大。此类事例在运营中特别多,尤以多雨湿热地区的表现突出,应列为运营期的地质工作内容之一。

2. 不少山坡病害由于养护失当促成。宝成线北有10处滑坡,在修建期采取了单纯减重或在

前部堆堤抗滑整治,运营10年左右均已复活而另行加固。虽说在设计原则上有问题,但与地面排水不畅、未及时疏干不无原因,未能监视水文地质条件的变化而造成恶化亦有关系,此应列为运营中地质工作的内容之一。同样如宝天线许多泥石流事故,多因对沟上游的黄土崩塌、滑坡忽略了经常调查与处理有关,在运营中亦应列为地质工作的内容之一,并在调查、预测和报警基础上及时处理而避免灾害。

3. 桥墩台周围的局部冲刷和主流改道以及隧道漏水,目前运营中已注意到调查、监视和处理,但对其地质条件、水文条件和水文地质的变化等方面的工作进行不多;特别对隧道所在山坡的滑坡、错落和蠕变对隧道的不利作用以及水库前沿坍岸对隧道的影响注意较少,此应是运营中地质工作的重要内容之一。

以上所述仅是铁路运营中与山区病害有关的、显而易见的地质工作的主要内容与范围,至今尚未突出于运营单位议事日程之上,大多数是在出现威胁行车安全或已造成事故之后而进行勘察,十分被动。如若能从整治费用中划分一部分用于平时有计划的地质工作,既可变被动为主动,亦可在“治早、治小”下反使维持生产运转在线路方面的总费用降低。对拟改线地段应先在临时加固下多在科学论断的依据上做有如变形监测、地质调查和应力与强度的测试等实际工作,要能及时占有足够的资料,说明在已做足够的加固措施下尚不足以阻止危害行车的变形仍在发展或从经济技术比较中可证明立即投资改线绕避的必要时再上为宜。如此可达到合理投资、多办事。

三

施工阶段和运营中治理具体山坡病害的地质工作之重点与内容和顺序,是随具体工点的条件不同而异,特别是病害处于变形的阶段和离大破坏的时限而异。当前施工和运营中的现状,常在大、中型山坡病害发生有明显迹象之后才提到议事日程,故病害往往是在发展中而具有抢险性者居多。

在运营中对保证正常安全运输为第一位,故对山坡病害首要抢通维持临时通车,且一切加固措施需在通车条件下进行。非万不得已不干扰行车,所以许多正常的地质工作为顾及行车安全而无法实施,被迫在边勘测设计、边施工的方式进行。

新建铁路施工阶段的整治山坡病害亦有铺轨前后之分。铺轨后有维持过材料车的要求,非万不得已不改线报废既有工程。未铺轨者受修建计划总工期的控制,大多数亦受病害发展速率的时限控制而被迫在施工中补做地质工作。事实上,在施工和运营中整治山坡病害至今尚无一定规范可循,历来皆随具体病害工点的性质和地质环境以及当事各方的条件和要求而灵活运用;但总需在获得正确的地质定性和对设计需要的各参数有准确的上、下限尺度之概略定量,始可决策整治的方案及采用的工程措施。同时采用的方案和工程措施要能保证可顺利施工完成,治住病害、治快而省,一劳永逸、根治为主。以下举一实例介绍成昆线在新建施工阶段出现的会仙桥滑坡治理中地质工作的内容、主要作法和其作用。

(一) 病害概况

会仙桥山坡病害位于过轿溪大桥至百家岭长隧道北口(约长400m)间,轿溪右(东)岸高百余米的陡山坡坡顶具大平台的地段。山体上部40余米为具陡坡的硬岩盖于下部60m软岩堆积体缓坡之上。勘测设计中虽未认出其为错滑体,但亦考虑形态不佳,在选线中已安排线路中心

仅挖1m,以上、下挡墙加固而过。

1966年施工后,在7月份几场大雨下坡体发生严重变形:(1)坡顶平台上产生顺山坡的贯通裂缝,长300m;(2)从南端冲沟中见一切穿上部全部灰岩、向河倾 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 新生的大裂缝,直达沟底;(3)平台上地裂缝以外的岩体已下错1m多,并将铁路的上、下挡墙挤坏,使北端过轸溪的4号会仙大桥在南岸的8号台、9号墩移动;(4)在半坡于上陡与下缓交界一线出现了水泉湿地;(5)特别在路面以下突出河中呈残缺不全、垅状的堆积体下,于轸溪水中见一由黑色炭质页岩组成的软层呈半磨盘状微微隆起。凡此种种迹象,反映了整个坡顶地裂缝以外的山坡直至溪底已形成一在老错落基础上发育的滑坡,分两层出口在复活中:一在半坡陡缓交界以下挤出,一在溪底剪出。山坡病害处于由微动向大滑动过渡阶段,近百万方的岩体有在近期突然滑走的可能。

当时北边5号会仙大桥与南边2km多百家岭长隧道均已建成;一旦滑下,在此山间深沟无任何便线条件,可否稳住和如何稳住滑坡,并能在顺利铺轨和过材料车下可采用那些工程措施就地整治以保证运营期的长期安全。否则改线,非但增大投资,且需推迟成昆全线总修建工期达一年之久。

在此特殊条件下对滑坡的研究,必需迅速而正确,不能按常规办法进行地质工作。作者按后述作法于5~6天内摸清病害实质与地质定性资料,提出就地整治方案,于一个月内完成整治措施的工程设计图纸。9月底开工,至12月底竣工。采用:(1)于山坡上减重 $12.1\times 10^4\text{m}^3$ 、在坡脚堆填支挡 $7.3\times 10^4\text{m}^3$ 为主的措施逐渐稳住整个山体;(2)在路堑内侧上挡墙处新建抗滑挡墙及墙后支撑盲沟群以阻止坡体自半坡滑出;(3)在河底抗滑堤的堤脚一带修岸边挡墙,并将轸溪改走对岸;(4)在病害区周围及坡体上修浆砌截排水沟和灌溉渠等工程措施。

在施工过程中,按后补的地质资料检算,其结果与按工程地质比拟计算求得者相符。

(二)山坡抢险的地质工作

1. 山坡病害的地质定性工作主要依据对当地地貌形态的分析判断,在关键部位(半坡陡缓交界以下)钻出一孔之后而定案:

(1)宏观上轸溪在两岸为不对称山坡,稳定的左(西)岸由三叠系 T_2 中厚层状的完整灰岩组成,陡壁高百余米一坡至顶,位于正断层上盘。病害发生的右(东)岸,坡顶宽广的平台表层覆盖了一层砂粘土,上部40多米由破碎灰岩组成、岩坡达 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$;下部60m表层为页岩风化土夹泥灰岩及灰岩块组成的堆积土石,坡度 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 。两者构成上硬、下软的岩体结构,为产生病害的基础。两岸岩层均向山里倾,故判断轸溪位于断层带部位,沿背斜轴部发育生成。

(2)病害所在右岸坡体地形外貌系错落转化为滑坡之典型形态。从坡体上风化破碎的薄层页岩与泥灰岩互层之抗压强度的状态分析,经受不住上复40余米的陡岩对之产生的压应力而曾经错落无疑;下部60m缓坡和前部陡斜坡曾遭水流冲刷等分析,反映曾经滑动过。目前岸边水下出现的黑色炭质软岩呈半磨盘状隆起,反映坡基滑坡的前缘出口已经生成,同时亦反映其滑动已由整体微动向大滑动过渡中。

(3)作者抵现场勘察了坡顶平台上贯通的长300余米之地裂缝,见其是齿状由走向北北东的弯张裂面与走向北东东的扭裂面两组相交组成,因其与当地发育的结构面一致而判断滑坡已深入基岩。沿山坡而下,只见在半坡出水处岩坡已呈垅状微具外隆,由坡顶直至河床之间未见后缘弧状内凹裂缝等,此反映滑坡为一整体,在半坡陡缓交界处并无前后分级现象;半坡出水带可形成上层滑坡的出口,目前的垅状应在老错滑形成之后再形成,而上层滑带水的出露既

说明错床顶的部位,也反映上层滑带已形成。当勘察至河边见河岸下垅状的前缘已残缺不全,系错滑后为历次洪水冲走将半所致,不难判断溪水的冲刷为促使滑坡复活的长期作用之一。待从轸溪水中见到前述沿岸边河底下一半磨盘状的黑色炭质岩层隆起后,即证实老滑体已深至河床之下、老坡基滑坡在复活中;按此现状分析河床以下的炭质岩层应更软弱,河床下切将是当前及今后促成山坡病害扩大的主因之一。

(4)综观当地轸溪两岸的基岩暴露部位和岸边坍塌与错滑体之分布,据之而逆推出河流的发育过程。从两岸坍塌与错滑之形态与河道外形相结合,不难推断出本工点在下部缓坡的范围内应为错滑体掩盖于河床部分;否则该是软弱基岩构成了垅状凸出体,将无法判断前部抗滑地段的范围与结构,亦无从立即找出整治工程措施所需的尺寸。因此要求立即在现铁路山侧、缓坡的后中部先钻一孔深入现河床标高以定案,经勘探、果然在现河床标高处钻出卵石层,证实上述分析判断的可靠性,完成了地质定性工作。

2. 山坡病害地质定量工作的主要依据是对实测地形及滑坡断面的分析判断,在标出实际部位的地裂缝、不同岩性的基岩露头及产状、水泉湿地和在地貌上的变形形迹,以及取得正确的主滑带岩土并经验证后始可定案。应用作者的工程地质比拟计算可求出滑坡在各个部分的设计推力,供整治方案中工程措施设计的依据。本工点做法如下:

(1)在地形图上(图1),找出从现场指定的后缘凹入弧的主轴点与前缘垅突出的出口点之间的连线,即为老错滑体的主轴(图2);量得该线的指向与基岩倾向基本一致,此反映其与阶梯状结构山坡变形的规律相符,而定案。在此断面上填绘各变形迹象、与基岩中各组裂面的产状,以及过湿带等水文地质点。

(2)将垂直于基岩层面的弯张大裂面绘于基岩老陡坎后缘裂缝处和断面上坡度显然转折的节点部位,大体按 58° 向溪倾斜(当地基岩向山倾 32°),如此绘出断面内以上部硬灰岩为主部分、可能的前后块体的分级。在下部 T_2 页岩中应产生卸荷裂面或顺后缘错壁在重力下错作用下生成的配套压性面,其向溪倾角在 30° 为底错带;经现场调查在 T_2 岩组中有此组裂面,因而主滑带的倾角按之定案。此滑出老滑床在半坡的错滑体应盖于以 T_2 页岩风化土为主夹泥灰岩及灰岩块的洪坡积堆积层之上;该洪坡积层在半坡水泉出口处倾斜为 18° ,故据之按 18° 绘出半坡滑坡出口段的滑带。如此从已钻的钻孔资料上而勾出滑坡地质定量的断面,具两层出口与按形迹判断者一致。后经补钻各钻孔绘出的地质断面基本上亦与之接近,证明从成因上分析判断的地质概略定量资料可靠。

(3)对滑坡各段滑带生成的依附面已如上述所断定,则相应的抗剪强度指标亦可从其岩性及所在地质环境分析、结合经验拟出。其后缘滑带系 T_2 及 T_2 岩组的张裂面属外摩擦性质,因面陡不存水,综合 ϕ 应在 $45^\circ \sim 50^\circ$ 之间;主滑带由压性面(已挤碎的页岩土夹泥灰岩为主)的岩屑状土组成,呈中塑状,其 ϕ 为 20° 、 C 在 $5 \sim 10\text{kPa}$ 之间;出口段的滑带由洪坡积组成者, $\phi = 18^\circ$ 、 $C = 10 \sim 15\text{kPa}$;出口带为河底黑色炭质页岩土,在饱水下 ϕ 应大于 10° 、而 C 在 $15 \sim 20\text{kPa}$ 之间。按上述各指标检算各层滑坡,求出稳定度 K 在 0.95 至 0.98 之间,其与按变形迹象分析者彼此符合;后因反算所求出主滑段与出口段的滑带指标 $\phi = 20^\circ$ 、 $C = 5\text{kPa}$ 与之接近,故采用反求指标计算推力。

(4)一些整治工程措施,如坡脚回填抗滑堤的范围与尺寸,按当时变形迹象判断拟定,求出河侧堆填应满足的土石量始可阻止滑坡自河底以下挤出。事后炭质岩土的试验强度 $\phi = 9^\circ 15'$ 、 $C = 27.5\text{kPa}$ 求得当时基底承压稳定系数略小于 1 ,其与微微隆起的迹象一致;上述按实地变形

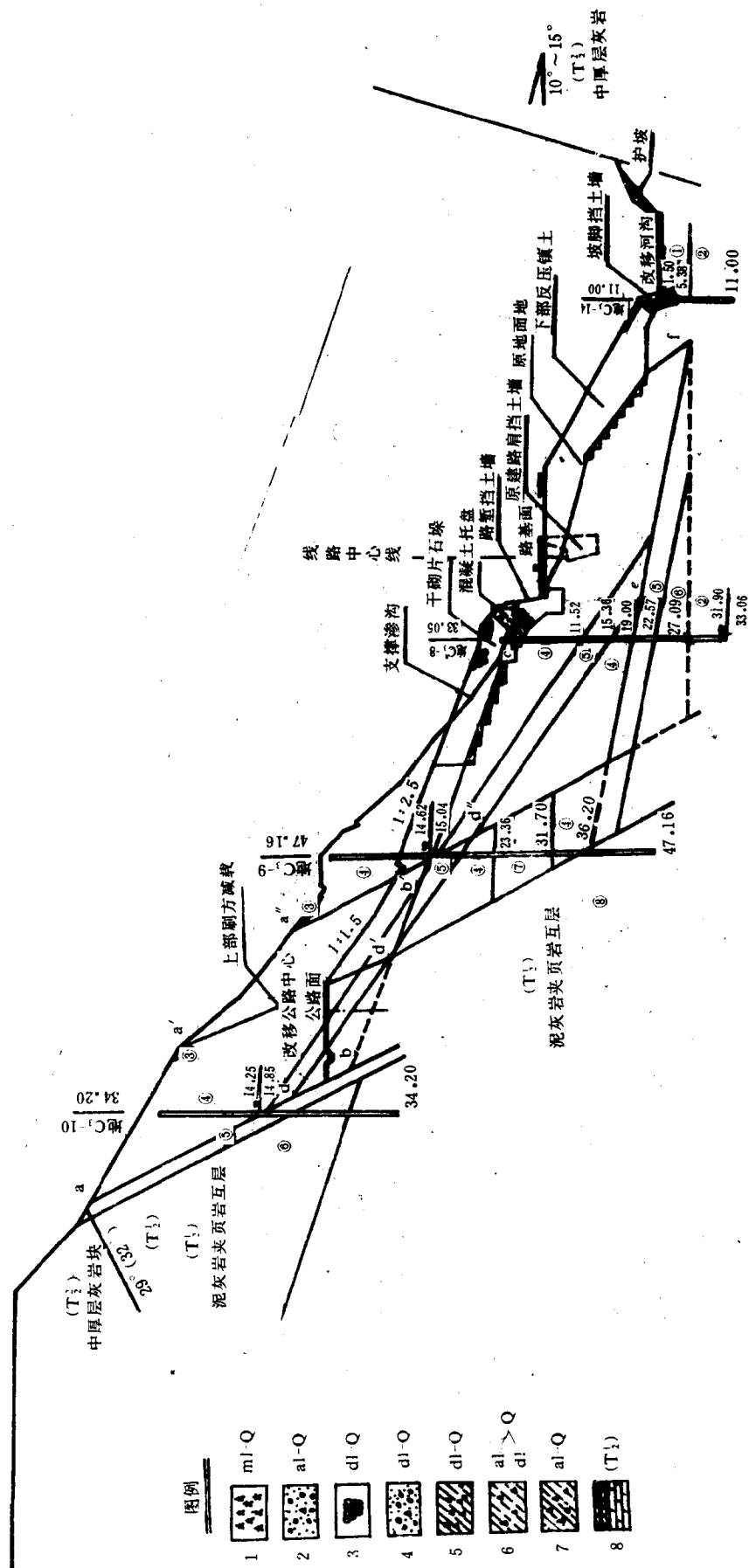


图2 会仙桥错落转化滑坡轴向剖面图

1——人工弃土;2——卵石、砾石夹砂;3——胶结的灰岩块;4——碎、块状土状;5——碎石状土;6——砂粘土夹碎石;7——砂粘土夹卵石、圆砾;8——泥灰岩夹页岩。

范围布置的回填量计算,安全系数稍大于1.25,合乎规范要求。

3. 针对由形态和变形迹象两者分析得出如前述老滑坡复活的主次要原因,提出的相应对策、首要采用能随工程进展而逐步减缓滑动速率的工程措施;该措施应为当时施工力量可以办到者,并能在山坡恶化允许的时限内能顺利完成。各项措施定案的地质依据:

(1)在错落的后部减重为根治下部软岩受压揉皱和蠕动的措施,并可减缓半坡滑出的速率;减重与前部堆填对下层滑坡为随工程进展可逐步减轻恶化的有效措施。其减重除按滑坡推力计算要求外,亦考虑了下伏风化破碎软岩的承载强度。

(2)采用工程地质比拟法,比照轸溪上游稳定河段的各水力参数,设计新河的纵横断面,改之沿对岸流。为阻止新河床下切导致滑坡向深层发展,对新河河床全部用浆砌片石铺底;由于受右岸回填量的控制及新河造床流量需要的流水面积与之矛盾,而在右岸堆堤与新河之间设立坡脚挡墙一道,同时亦防止水流对右岸的冲刷。此措施至今已27年未发生变形,应可肯定。

(3)在原路堑内侧上挡部位,就半坡滑坡可能挤出的上、下限,改建为抗滑挡墙及墙后支撑盲沟群;此是参照当时的水泉出露的上限标高及其潮湿范围,以及应疏干的体积不少于20%布置的。同时要求在上部减重后进入旱季再施工;为保证可顺利完成先分段、马口、跳槽砌墙,再逐条施工墙后支撑盲沟群,系适应开挖变形中的软岩所需。

(4)最后完成山坡上各条截、排水沟和改移并加固半坡上农田用灌溉水渠,以及平整地表、打扫战场。

(5)为避免春融期各滑带岩土因水汽的湿化而大动,故要求各项主要治理措施限期于当年年底竣工。

4. 验收中核对了地质与初勘中判断者基本一致,因而无善后增补工程。

(1)该项工程如期于9月底开工至12月底完成。作者于元旦再至现场,检查减重后的岩坡,见预定的部位露出灰绿色页岩土组成的老滑带,证实了初勘中对之分析无误;山坡原已松弛的岩土已基本密实并在挤紧中,监测资料也反映山坡已稳住而验收。

(2)施工之初曾将减重之土先堆于北端桥墩台处,反使滑坡推力集中引起墩台移动量增大,随即纠正而将土石堆于中段阻止了滑坡的局部移动;此亦反映该滑体为一整体的分析无误。

结 语

施工阶段及运营中的地质工作是客观需要,不可或无,不论谁承担均应安排费用与力量,可纠正勘测设计中之失误与遗漏,亦能适应施工不当和意料不到的、或因工程修建后环境改变的影响。同时此项地质工作更具战略性,需有全盘计划,根据每条铁路的特点分层次的先开展影响全局者,并兼顾局部有威胁行车者,确有轻、重、缓、急之分。为此本文不欲将之纳入规范式、列出条款,将之僵化;文中各点如能谈清其实质、并对待之精神而灵活应用,本人认为已如愿以偿。请读者指正。

滑坡防治研究的技术理论^①

中国地质大学·武汉 晏同珍

提 要

本文主要涉及近一二十年来国内外有关滑坡重点文献,讨论了其防治研究的技术理论问题。文中侧重了巨大高速远程滑坡的假说、学说和机制探讨,包括孔隙水压力说、气压力说、气垫层假说、规模控制机制说、滑动摩擦热熔融机制说、颗粒流-碎屑流说、总斜率包含线交汇法说以及碳酸盐岩土 CO₂ 释放说等。讨论了滑坡地区的工程地质测绘制图的理论问题。分析了滑坡或潜在滑坡的水文地质条件与河谷堤坝上下游的谷坡稳定性。研究了滑坡勘探与监测技术,主要涉及电法及地震探与地音、位移监测等。评价了水库区滑坡稳定性及其力学计算和预测以及防治工程问题。

关键词: 滑坡防治 技术理论 巨大高速远程滑坡 工程地质测绘 水文地质条件 滑坡勘探与监测技术 水库滑坡稳定性评价与预测

滑坡产生于特定的地质环境,是在以重力为主的自然营力或其与人类工程建设活动相互作用下而发生和发展的。随着现代各类工程活动的大力开展,国内外越来越多地涉及到性质和规模不同的滑坡。如意、捷、美、日、加、俄、西以及我国等的铁道、坝库岸边、水道及露天采场的滑坡,可见诸有关书刊。这些都是发生于现今的地表滑坡。而不同地质历史时期的滑坡,也已逐渐发现并进行研究,这包括构造地质学中的一部分“重力滑动构造”。由于它与古滑坡构造特性在许多方面近似于掩覆体,所以就引起了构造地质界的论战,而且事实上两者很容易相互混淆。贾柯贝(Jacoby, 1978)对岩石滑坡与板块构造两者的机制异同点做过对比,认为:板块可视为巨大范围的岩石滑坡,两者都是由于物质分布的非均一性和重力的不稳定性而导致位移的,移动的相似基础是软弱“导向面”。对岩体滑坡而言,那就是软弱地层面或不连续面系统;而对板块则为低粘滞度的岩流圈。而且,滑坡和海底扩张两者之中,流体压力是很重要的。所谓重力的不稳定性概念是指物质分布有着过剩的位能,而该位能可以通过运动得到释放。所以滑坡也可理解为斜坡岩土体能量释放的特定表现形式。

一、巨大滑坡的一些假说或形成机制——跨世纪课题

如果滑坡释放的面波能量 E 用地震震级 M 关系式 $\log E = 12 + 1.8M$ 表达,当 $M \geq 4.4$,即

^① 原文于1981年作为武汉地质学院科技资料内部刊印交流,现不时仍有同行索求。有鉴于文中所提问题仍有探讨价值,特此发表,本文略有删补。