

滑坡整治及防治工程养护

马永潮 编著



中国铁道出版社

滑坡整治及防治工程养护

马永潮 编著

中国铁道出版社

1996年·北京

图书在版编目(CIP)数据

滑坡整治及防治工程养护/马永潮编著.-北京:中国铁道出版社,1996

ISBN 7-113-02308-8

I.滑… I.马… II.①铁路-滑坡-防治②铁路线路-维修 N.U216.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 04185 号

滑坡整治及防治工程养护

马永潮 编著

*

中国铁道出版社出版发行

北京市宣武区南菜园街 72 号

责任编辑 张苍松 封面设计 李 晶

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印刷

开本:787×1092 毫米 1/32 印张:11.875 字数:261 千

1996 年 9 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:1—3000 册

ISBN7-113-02308-8/TU·492 定价:15.30 元

前 言

在山区、丘陵地区修建铁路、公路、矿山、工厂和水利工程的时候,常常遇到崩塌、落石、滑坡、错落、坍塌、溜坍、泥石流、风化剥落和冲刷等边坡变形现象。其中滑坡是山坡变形中规模大、数量多、危害严重,性质复杂,而且具有一定规律的一种不良地质现象。滑坡严重的会中断交通、堵塞河道、掩埋村镇、摧毁工厂、破坏农田,给人民的生命财产造成巨大损失。

我国幅员辽阔,是多山国家,滑坡分布较广。因此,必须做好滑坡的预防整治、预测、预报、测试和判别工作,掌握滑坡发生和发展的规律,及时采取治理措施,加强滑坡区的排水、防护和加固建筑物的养护。在滑坡的整治和防治工程的养护中应该贯彻“预防为主、修养并重、综合整治、排水第一”和“治早、治小”的原则,及时消灭滑坡的危害,达到防患于未然。

为了做好滑坡的整治、测试、预报和防治工程养护工作,作者收集了全国著名的几条山区铁路(宝成、宝天、襄渝、阳安、鹰厦、成昆、梅七等)和工厂、矿山等有关整治滑坡的科研、设计、施工及防治工程的养护经验,以及国外近几年来所发生的滑坡地质灾害和整治工程措施、监测手段。内容广采博取,选材侧重实践经验,编写成本书,以供从事铁路、公路、冶金、水电、建筑、煤炭和地质部门的科技人员、管理干部及技术工人参考。

至此,我向对本书提供过宝贵资料和意见的单位和个人表示衷心感谢。

作 者

1995年10月于西安

目 录

第一章 概 述	1
第一节 滑坡的危害.....	1
第二节 滑坡的含义	13
第三节 滑坡的形态、要素、特征	15
第四节 滑坡裂缝产生的机理	26
第二章 滑坡的类型及形成条件	30
第一节 滑坡类型	30
第二节 滑坡分布	36
第三节 各类滑坡的特征	49
第四节 滑坡形成的条件	94
第五节 滑坡的发展阶段.....	115
第六节 降雨量与滑坡的相互关系.....	119
第三章 滑坡整治	126
第一节 整治原则.....	126
第二节 整治措施.....	130
第四章 滑坡测试	233
第一节 滑坡测试目的.....	233
第二节 测试方法.....	234

第三节 资料分析·····	267
第五章 滑坡的预测、预报、判识·····	281
第一节 滑坡预测·····	281
第二节 滑坡预报·····	288
第三节 滑坡判识·····	291
第六章 滑坡的勘测、调绘、勘探·····	302
第一节 滑坡勘测·····	302
第二节 滑坡调绘·····	303
第三节 滑坡勘探·····	305
第四节 水文勘测·····	309
第五节 滑坡航测·····	311
第七章 滑坡稳定性的分析·····	321
第一节 滑坡稳定性的定性分析·····	321
第二节 滑坡稳定性的定量计算·····	327
第八章 滑坡区排水工程和防护加固设备的养护·····	344
第一节 填平坑洼、夯实裂缝·····	344
第二节 地表排水设备的养护·····	346
第三节 地下排水设备的养护·····	357
第四节 滑坡区防护和加固设备的养护·····	363
第五节 保护植被、搞好水土保持·····	364
第六节 地下水动态观测·····	365
参考文献·····	368

第一章 概 述

第一节 滑坡的危害

滑坡是山区、丘陵地区常见的病害。滑坡又叫“走山”、“垮山”、“地移”等,它与地震、崩塌、泥石流一样,是一种危害很大的不良自然地质现象。

美国、前苏联、日本、意大利、瑞士、印度、前捷克斯洛伐克和中国等都是滑坡较多,受危害严重的国家。

1806年9月12日瑞士罗斯堡滑坡,约4000万 m^3 ,死亡457人。据海姆(Heim, 1932)所述,仅瑞士,因滑坡灾害曾有5000人死亡。

1893年在印度恒河上流曾因滑坡形成了一个长7km的临时湖,“坝”溃决后,给下游造成了水灾。

1925年美国怀俄明州的格罗斯-丈特河谷,约3800万 m^3 的岩石顺石炭系粘土岩层滑下,堵河形成60m深的湖,当湖水从“坝”顶溢流后,“坝”即崩溃。美国每年因滑坡造成的损失达数亿美元。

1963年10月9日意大利北部的瓦依昂特水库的一侧发生滑坡,库岸近3亿 m^3 岩体以25~30m/s的速度下滑,水库中5000万 m^3 的水被挤出,激起250m高的巨大涌浪,漫溢坝顶百余米,泻坝的洪水冲毁了下游的一座城和几个小镇,约2000人死于非命。造成了世界上最大的水库失事事件。

前苏联的高加索、黑海沿岸、伏尔加河流域以及贝加尔湖岸等地区,都是滑坡灾害十分严重的。每年因滑坡给国民经济

造成的损失达数亿卢布。

前捷克斯洛伐克有一条铁路,建成 6 年后,由于受滑坡的威胁而停止运营。

1911 年帕米尔发生的巴尔坦克滑坡有 48 亿 m^3 土石参与滑动,是迄今世界上规模最大的滑坡。

日本、前捷克斯洛伐克、意大利等国家曾对全国范围内滑坡的分布作过系统调查。日本有滑坡 5584 处,占地近 15 万公顷;前捷克斯洛伐克有滑坡 9164 处,占地 6 万公顷;意大利受滑坡威胁的面积占全国土地面积的 1/3。

日本拥有 1.2 亿多人口,土地面积 37.7 万 km^2 ,山区占 80% 以上。山区经常发生滑坡,给铁路、道路、房屋、学校、工厂、以及人民的生命财产带来严重灾难。日本滑坡多发生在新潟、神奈川、长野、岛根等,详见表 1—1。

日本近年发生的主要滑坡灾害统计 表 1—1

发生年月日	位 置		规 模 (防护区 域面积)	受 灾 情 况
	都道府 县名	都市、町村		
1947. 5. 19	新 潟	西颈城郡能生町栅口	200 公顷	倒坏房屋 53 户,耕地 50 公顷
1953. 7. 26	神奈川	足柄下郡箱根町	24.2 公顷 800000 m^3	死亡 10 人
1954	高 知	长冈郡大丰町西峰	(275 公顷)	房屋移动 42 户,原野 53 公顷,耕地 659 公顷
1957. 4. 12	新 潟	中鱼沼郡津南町樽田	(78 公顷)	死亡 18 人
1960	郡 马	高崎市鼻高町	337 公顷	国道及一级河流隆起,倒坏房屋 15 户,桥梁倒坏 1 座
1962. 4. 8	新 潟	东颈城郡松之山町		水田 349.9 公顷,旱地 780 公顷,倒坏房屋 371 户,渠道 5400m,街道 14800m

续上表

发生年月日	位 置		规 模 (防护区 域面积)	受 灾 情 况
	都道府 县名	都市、町村		
1961. 7. 16	富 山	水見市胡桃	324. 2 公顷	人家被害 87 户, 受害 面积 324. 2 公顷
1965	福 井	今立郡今立町大滝	0. 3 公顷 (8. 77 公顷)	毁坏房屋 4 户, 死亡 10 人
1978. 5. 18	新 潟	中颈城郡、妙高高原町 新赤仓	900000m ³	全坏房屋 14 户, 半坏 6 户、国道 300m 死 13 人
1983. 7. 23	岛 根	滨田市	1. 5 公顷	死亡 15 人, 负伤 1 人, 毁坏房屋 8 户
1984. 9. 14	长 野	木曾郡王滝村	4. 5 公顷	死亡 13 人, 负伤 1 人, 房屋全坏 8 户, 半 坏 4 户, 局部破损 8 户
1985. 2. 15	新 潟	西颈城青海町	1. 8 公顷	死亡 10 人, 负伤 4 人, 房屋全坏 5 户, 半 坏 2 户
1985. 7. 26	长 野	长野市地附山	31. 5 公顷	死亡 26 人, 负伤 4 人, 房屋全坏 52 户, 滑坡体土石方量 360 万 m ³

我国幅员辽阔,有 70%的地区,地质地理条件十分复杂,滑坡分布尤为广泛,西南、西北、华东、中南和华北的山区,丘陵以及黄土高原地区都有大量滑坡分布,亦是世界上受滑坡危害比较严重的国家之一。很早以前史书上就有“山崩堵江”,“移山湮谷”,“地移淹村”的详细记载。历次山区地震中几乎都有崩塌、滑坡造成的灾害。

据史书记载,唐永昌元年,即公元 689 年陕西省华县赤水南岸滑坡,摧毁了一个 30 余户人家的村庄,赤水被堵。1505 年临夏沙子沟岩石滑坡,“滑动八里”,“田地房屋人畜皆被埋没”。

宋宁宋庆元二年,即公元 1196 年,浙江省黄岩县,发生一滑坡,滑动时响声如雷,滑动停止后其上草木、坟墓完好如初,而滑坡原来所在的地方已成水潭。

1922 年,云南绿劝县澜泥沟北岸滑坡,淹埋两个村庄和 200 多亩农田,两村居民见山势欲崩,于数月前迁行他处,幸免于难。1935 年,四川会理县沙坝沟发生崩塌性滑坡,毁坏了上下崖巴村的房屋,居民伤亡 280 余人。

1945 年,南方某露天矿南帮滑坡深达 200 余米,滑坡切断了运输提升线路而严重影响生产,清理下滑的物质用了十余年时间,到 1957 年为止,总共清出 750 m^3 。

1967 年,四川雅砻江上流某地发生崩塌性大滑坡 6800 m^3 的土石顷刻间滑入河谷,形成高达 $175 \sim 355 \text{ m}$ 的天然堆石坝,雅砻江堵塞断流 9 天 9 夜。溢流溃坝,形成 40 m 高的洪水,毁坏了下流的一些农田房屋。由于各级党政领导重视,及时发出溃坝预报并组织群众作好搬迁工作,避免了人身伤亡事故。

1978 年 6 月 11 日 10 时,在陕西省蓝田县敬家村发生了一次黄土大滑坡,滑体长 210 m ,宽 50 m ,高 90 m ,体积约百余万 m^3 ,如图 1—1。滑坡在瞬间发生,使 44 户住房被掩埋、毁坏,人民财产遭受到很大的损失。由于这次滑坡过程有明显的短临前兆:地面普遍上拱隆,形成大小的土丘——“膨胀包”;滑坍前 5~6 天泉水突然干涸;深井在滑坍前几天翻花冒泡的前象。故此,事先有所提防,人身伤亡较少。

甘肃省舟曲县泄流坡为典型的老滑坡区,本世纪内曾发生过 6 次大规模快速滑动,均堵塞白龙江,造成严重危害。缓慢滑动几乎连年不断。整个老滑坡体总长约 2600 m ,起自上方白家南侧垭口,下至白龙江河床,前后缘高差达 720 m 以上。

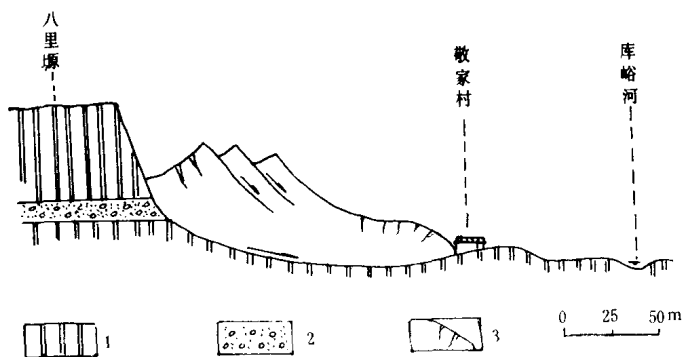


图 1—1 蓝田敬家村滑坡剖面示意

1—第四系黄土；2—古河床堆积；3—滑坡体前缘、后缘裂缝。

滑坡体平均宽约 400m，厚度约 50m，滑动土石方量约 4000 万 m^3 。1981 年 2 月 8 日该滑坡又开始快速滑动，至 14 日严重堵塞白龙江，形成了 40m 高的天然堆石坝，回水 4.5km，蓄水约 1300 万 m^3 。总水平位移量约 600~700m。滑体平均滑速为每昼夜 16~17m，有时甚至更高。

1983 年 3 月 7 日甘肃省东乡发生滑坡，滑体约 5000 万 m^3 ，土石在一分钟时间内顷刻下滑，掩埋三个村庄，伤亡人数逾 200 人，破坏农田 3000 亩。

1985 年 6 月 12 日湖北省秭归县城东约 15km 的长江北岸发生新滩滑坡，滑体 5000 万 m^3 突然滑下，推毁了新滩镇，堵江 1/3，在江中激起 54 米高的巨浪，波及上下流江段 42km，被迫停航 12 天。该滑坡长 2300m，沿江宽约 700m，上部宽 300~400m，厚约 40~45m。滑坡西侧为一高 200~400m 的石灰岩陡壁，基底为志留系的页岩，页岩和灰岩之间有一薄煤层，岩层倾向山内，由于该地区对于两条活动断层之间，又加煤层被采空，石灰岩陡壁不断产生崩塌，堆积于页岩沟槽和缓

坡上,巨厚的崩积物沿页岩风化层产生滑动。这里历史上曾发生多次崩塌和滑坡阻断长江航道。

该滑坡大体上分上下两级,上级出口在 480~500m 高程,下级可分东、中、西三块,东块为整体滑动,西块几乎成为泥石流,中块较小。滑动过程为上级因崩塌加载先开始滑动,经过二年的发展,滑下后,推动下级向江滑动,其断面示意图,如图 1—2。

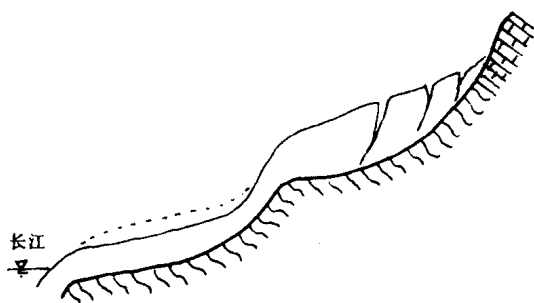


图 1—2 新滩滑坡断面示意图

1985 年 9 月 17 日零时 25 分,陇海线葡萄园西滑坡群的东端 K1362+500~700 一号滑坡发生滑动,滑体约 135 万 m^3 ,摧毁路堤及线路设备 250m,中断行车 65 时 35 分,幸被坍方落石看守工及时发现,将 446 次旅客车被拦在距滑坡地点 400 余米处停车,避免了一起重大旅客列车颠覆事故。目前,山体上部还有近 100 万 m^3 的土体严重破碎,可能再次发生滑动。在 1986 年采取了两跨渭河及长大旱桥的过河改线方案,以使彻底绕避滑坡群的危害。如图 1—3 为葡萄园一号滑坡正视图。

滑坡在铁路建设和运输中的危害性亦甚大。给铁路站场、桥梁和隧道都造成过危害,给山区建设和铁路的运营维修带

来严重的影响。在解放以前对滑坡灾害仅仅是记述而已,很少研究其发生发展的规律和整治方法。那时修建的铁路,大都分布在平原和沿海地区,地形地质条件比较简单。个别地段(如昆河线和京广线南段)出现了崩塌滑坡也未引起人们的重视,致使后来修建陇海铁路宝天段时,在选线中就未估计到其危害之大,而选走地形地质条件复杂的渭河河谷,以致施工时就出现大量坍方,接轨后因坍方滑坡而“十天九断道”,被喻为中国铁路的“盲肠”。

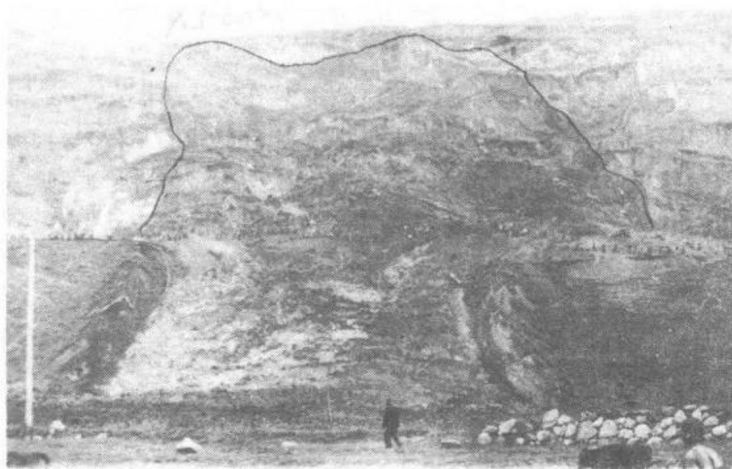


图 1—3 陇海线葡萄园一号滑坡正视图

新中国成立后,随着社会主义建设事业的发展,大量开发山区经济,修建山区铁路,如在 50 年代修建宝兰、新建宝成、鹰厦等线路时,由于地质力量薄弱、技术水平和经验不足,施工后出现了大量病害。如宝成线在 1956 年接轨后,一场大雨竟有几十处崩塌滑坡发生,致使运输瘫痪。全线较大规模的滑坡有 75 处,崩塌 357 处。这引起了铁道部和中央领导的重视,

在中国共产党第八次全国代表大会上,许多首长的发言中都提到了上宝成铁路的崩塌滑坡及其防治的问题。后来铁道部成立宝成坍方滑坡委员会,组织专门力量对该线路病害进行了一年多的整治,才正式通车。

鹰厦、外福两线的病害是通车后逐渐暴露而恶化的,到1962年两线累计断道时间竟超过了三个月,严重地影响了战备运输。当年底铁道部组织有关部门进行普查共查出大小病害1018处,增加投资近1亿元,经过三年整治,才扭转了运输的被动局面。

在西南三线铁路建设中,吸取了以往的经验教训,在选线中就避开不少大型崩塌和滑坡集中的地段,但是由于地形地质条件十分复杂,施工中仍出现了如贵昆线的二梯岩、扒挪块、格里桥、成昆线的会仙桥、甘洛、乃托、白云岩等滑坡。只是由于当时西南工地指挥部及时组织力量进行了勘测和整治,没有贻误工期。尽管如此,通车后,又出现了弯高老滑坡的复活。1980年雨季铁西滑坡使200万 m^3 岩体骤然滑下,掩埋铁路160m,中断行车达40天。

滑坡对铁路交通运输的危害主要表现在以下几方面:

一、破坏线路、中断行车

缓慢移动的滑坡常常造成路基和线路上拱、下沉、外挤、挡墙变形及侧沟破坏。滑坡一旦滑下,则掩埋路基、推毁线路设备。路基部分或整体滑动的路堤滑坡使线路悬空,难易修复。譬如:1959年元月宝成线K122处发生黄土崩塌性滑坡,土体30万 m^3 瞬间下滑,把铁路线推到100m以外的嘉陵江中,堵塞了河道,中断行车数日。

又如:宝成线略阳—王家沱K216+623~683鲁光坪4

号隧道南口系古老滑坡。在 1981 年 8 月连日大雨、暴雨后,于 20 日 6 点 20 分钟,滑坡复活山体突然发生崩塌性滑坡 4 万 m^3 ,破坏线路 200m,轨道也被推入嘉陵江内,并将鲁光坪 4 号隧道南口右侧挡土墙大部推倒,洞口全部堵死,如图 1—4。当时崩滑体内有巨石 6 块,最大一块达 720 m^3 。雨季中,岩体内有一股泉水从岩层裂隙中外涌。后来采取大爆破清除孤石,用机械清除崩塌体。中断行车 595h30min,严重地影响了国民经济和战备运输。



图 1—4 宝成线鲁光坪崩塌性滑坡图

二、危害站场、砸坏站房

山区铁路,要在深山峡谷中找一段地势较平坦能设站的地方是很不容易的,而那些峡谷中的宽谷段,又常常是古老滑坡发育的地方。如宝成线的西坡、淡家庄、白水江等滑坡;成昆线的甘洛、乃托、红石岩、铁西等滑坡;贵昆线的大海哨滑坡,均位于车站上,由于站场挖方较多,常促使古老滑坡复活。在施工期间曾为整治这些滑坡花费了巨大投资,运营以后尚未稳定的滑坡也一直威胁站场的安全。永安至加福 27km 处滑坡移动将站场股道抬高,不得不拆除股道以整治滑坡。宝成线观音山车站滑坡,自开站以来经过多次勘测和整治。1976 年山体出现裂缝 7 条,长达 365m,宽达 10~200mm;1981 年 8 月 21 日大雨后裂缝加宽加深,上部支护墙与山体脱离,裂缝宽最大到 760mm,有的裂缝已下错达 0.4~0.7m,严重威胁车站安全。

三、桥梁墩台推移,隧道明洞摧毁

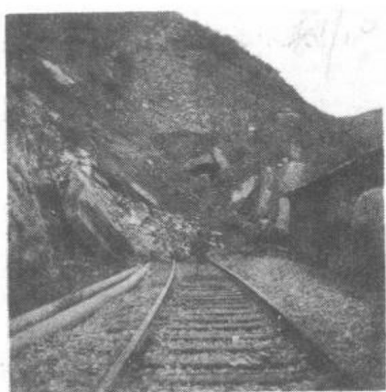
滑坡对山区桥梁、隧道、明洞也带来了严重破坏。如 1966 年 8 月成昆线的会仙 4 号桥,在铺轨架桥前,由于滑坡病害使桥台被推移 38cm,7 号墩被推移了 7cm,当时无法铺轨架梁,用军便梁通过。又如贵昆线格里桥通车后,由于滑坡病害推动了桥台,并把桥墩推断,最后只得把桥填死改成了路堤。

其他如梅大支线的大深桥,成昆线的玉田三线桥、耳足桥、铁西双线桥、贵昆线的树舍桥等均受到滑坡的破坏和威胁,不得不作抗滑工程来保证桥梁的安全。

就隧道来讲,如贵昆线的二梯岩隧道、成昆线的白石岩 2 号隧道、襄渝线的赵家塘隧道均因滑坡而发生错断和位移,侵

入隧道净空,严重威胁着运输的安全。

1981年8月21日大雨,陕西略阳电厂专用线2号隧道口的明洞被滑坡彻底摧毁,如图1—5。



四、肇成行车事故,人身伤亡严重

1974年9月成昆线弯高滑坡造成一列货车颠覆。

1981年8月16日4时 在宝成线丁家坝~大滩间 K293+365,因山体滑塌造成812次货车颠覆7辆,电力机车翻入嘉陵江中,中断行车62h11min。

图1—5 明洞摧毁

1981年9月4日宝成线军师庙K313崩塌性滑坡,摧毁工棚,13名职工殉难。给国家和人民生命造成了巨大的损失。为了保证铁路畅通和行车安全,历年来国家给予铁路投资不少。据原西安铁路局统计,为给改善和防治陇海线宝天段的线路病害而用于基建、大修、防洪的费用达2.49亿元,用于宝成线宝上段约1.29亿元,合计3.78亿元。1981年的两宝水害抢建工程费4.10亿元,就这两项总投资即达7.88亿元。再如鹰厦、外福两线在1962年普查出大小路基病害1018处,整治病害增加投资也近1亿元。当然,造成线路病害的原因很多,线路病害的类型也不少,这些投资并不是完全用于滑坡病害的整治,但是这给我们提出了一个问题,我们应该如何有效的