

铁路公路灾害防治

孙遇祺 马 骥
〔俄〕弗·帕·季托夫 弗·达·卡扎尔诺夫斯基 主编
(. , ,
. ,)

中 国 铁 道 出 版 社
俄 罗 斯 运 输 出 版 社
(“ ”)

1998年·北京

(京)新登字 063 号

北京市版权局著作权合同登记图字:01-97-1837 号

内 容 简 介

本书是一部由中国、俄罗斯两国学者合作编著的有关铁路与公路灾害防治的专著。它包括了对各类自然灾害的防治,不同特殊条件下路基的处理及一系列相应的新技术。书中反映了中国、前苏联以及其他国家在这一领域的基本成就。

本书的读者对象是铁道工程与公路工程方面的科学研究人员和工程技术人员;它也可作为高等学校相关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

铁路公路灾害防治/ (俄)基诺夫, (俄)卡扎尔诺夫斯基主编;孙遇祺,马骥译. -北京:中国铁道出版社,1998.8

ISBN 7-113-02972-8

.铁... . 基... 卡... 孙... 马... . 铁路线路-灾害-防治
公路-灾害-防治 .U 216.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 11248 号

铁路公路灾害防治

孙遇祺 马骥

[俄]弗·帕·季托夫 弗·达·卡扎尔诺夫斯基 主编

中国铁道出版社出版发行

(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

北京兴顺印刷厂印 各地新华书店经售

1998年12月第1版 第1次印刷

开本:787x 1092 1/16 印张:32.25 字数:790千字

印数:1—1000册

ISBN 7-113-02972-8/TU · 576 定价:68.00元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前 言

铁路和公路的基本结构物是路基。铁路路基的总建筑长度约占铁路线路长度的 93%。很大一部分铁路与公路是山区铁路和山区公路。中国的山区铁路约占铁路总营业里程的 66%。因此,在铁路和公路上,地质的和其他自然灾害主要发生在路基地段。从中国的统计资料可知,1994 年在 71 338km 的线路上,存在着路基病害 81 082 处,长达 11 055 延长公里,约占铁路运营总长度的 15.5%。这些病害严重地制约着运输能力的提高,威胁着铁路行车的安全。

多年来,中国和前苏联的学者和建设者们在防治铁路、公路的自然灾害方面,进行了卓有成效的研究工作,取得了许多成功的经验,出版了一批有价值的著作。

为了发展道路防灾方面的科学研究和工程实践,同时为了加强在科技图书出版方面的国际合作,于 1989 年 9 月 14 日在莫斯科中国铁道出版社社长李雨生和前苏联运输出版社社长弗·帕·季托夫签署了两国共同编著并以中、俄文本同时出版《铁路公路灾害防治》一书的协议。1990 年 5 月在北京举行了中苏双方的第一次工作会晤。当时确定了这部书的内容大纲、双方作者的编写分工以及出版计划。但是后来由于众所周知的原因,这部书的出版被延迟了。在全部编著和翻译工作完成后,直到 1997 年 5 月,才在莫斯科举行了中俄双方的第二次工作会晤。会晤的参加者们最终讨论了与这部书的出版有关的一些问题。

参加这部编著工作的中方作者有:

孙遇祺(前言,第四章第一、二、四节,第五章(A),第九章第三、五节;翻译第二章,第三章第三、四、六节,第四章第五节,第五章(B),第六章,第八章);

马骥(第三章第一、二、五、七节,第九章第一、二、四节,第十章,参加了第一章,第四章第三节,第七章的翻译工作);

阳昌秀参加了第一章、第四章第三节和第七章的部分翻译工作。

俄方作者有:

弗·帕·季托夫(第五章(B),第七章第二、三、四、五、六节,第八章第四节);

弗·达·卡扎尔诺夫斯基(第三章第三节,第四章第五节,第七章第一、四、六节);

格·阿·费德托夫(第一章);

扎·伊·罗戈金娜(第二章);

伏·伊·采里科夫(第三章第四节,第八章第一、二、三节);

阿·卡·鸠宁(第三章第六节);

弗·弗·萨温(第四章第三节);

塔·弗·波塔杜耶娃(第四章第五节);

列·萨·扎基洛夫(第五章(B));

阿·伊·斯科利亚德涅夫(第六章);

帕·格·皮士科夫(第七章第二、三节,第八章第四节)。

依据协议,第五章应由中国作者编著,书稿是如期由中国作者完成的。后来,过了一段时间,俄方作者也提供了这一章的书稿。这两份书稿各有特色,反映着两国在风害防治领域里的最新成就。因此,我们决定同时采用这两份书稿。这样便出现了两个第五章,即第五章(A)和第五章(B)。

这部书的内容力图包容中、俄以及独联体的有关国家在铁路公路灾害防治的理论与实践方面所取得的成就。

这部书的问世是在科技图书的编著和出版方面进行国际合作的一次很成功的尝试。我们相信,它对进一步扩大学术界、出版界以及与本书内容有关的专家之间的国际交流必将起到促进作用。

作 者

1997年5月

目 录

第一章 地表水对路基有害作用的防治.....	1
1.1 地表水对路基和排水设施冲蚀的防治	1
1.2 桥头、海岸、港口和水库路基病害的防治	6
1.3 浸水路堤边坡的整体稳定性的计算.....	14
1.4 波浪作用下浸水路堤边坡的局部稳定性计算.....	17
1.5 冲沟地区道路路基的防护.....	20
第二章 地下水对路基有害作用的防治	23
2.1 地下水的作用.....	23
2.2 治理地下水调节路基湿度.....	27
2.3 道路冰椎的防治.....	31
第三章 道路斜坡作用的防治	35
3.1 道路斜坡作用的类型.....	35
3.2 道路上的滑坡及防治.....	36
3.3 道路岩堆的防治.....	60
3.4 道路崩塌现象的防治.....	62
3.5 泥石流的防治.....	85
3.6 雪崩的防治.....	91
3.7 抗滑新结构物	120
第四章 路基的地基中有害作用的防治.....	136
4.1 路基的地基中有害作用的实质与分类	136
4.2 软弱地基上路基的稳定性与坚固性	138
4.3 岩溶发育地区的路基	171
4.4 黄土分布地区的路基	178
4.5 融化地基上的路堤	196
第五章(A) 道路风害防治	210
5A.1 风力作用的实质与一般特性	210
5A.2 移动沙丘区的道路	229
5A.3 道路雪埋的防治	242
第五章(B) 道路风害防治	262
5B.1 风力作用的实质与一般特性	262
5B.2 移动沙丘区的道路	266
5B.3 道路雪埋的防治	280
第六章 盐渍土及人工灌溉地区的道路.....	290

6.1	盐渍化过程的产生条件及其实质	290
6.2	利用盐渍土修筑铁路与公路的条件	293
6.3	“潮湿型”盐土上的道路	296
6.4	人工灌溉区的道路	303
第七章	路基本体土中的问题.....	310
7.1	冻胀的防治	310
7.2	土的胀缩变形的防治	312
7.3	路堤与路堑边坡的整体与局部稳定性	324
7.4	运营期间高路堤的变形	334
7.5	永冻区和寒冷区的特殊问题	356
7.6	车辆动荷载对铁路路基顶面和公路路基受力层的作用	367
第八章	地震和大爆破施工条件下的路基.....	377
8.1	地震作用的传播	377
8.2	路基稳定性分析中地震作用的计算	406
8.3	路堤的地基与本体中土的振动液化的预防和其他抗震措施	416
8.4	钻孔爆破法施工的路基特点	422
第九章	路基防护与加固中的新技术.....	428
9.1	落石警报系统	428
9.2	滑坡的变形监测	432
9.3	加筋土	444
9.4	土钉	458
9.5	土工合成材料	466
第十章	土的加固与改良.....	487
10.1	用石灰改善土的性能.....	487
10.2	用水泥改善土的性能.....	490
10.3	灌浆.....	492
10.4	热加固.....	495
	主题词索引.....	501

1.	.....	1
1.1	.....	1
1.2	.....	6
1.3	.....	14
1.4	.....	17
1.5	.....	20
2.	.....	23
2.1	.....	23
2.2	.....	27
2.3	.....	31
3.	.....	35
3.1	.....	35
3.2	.....	36
3.3	.....	60
3.4	.....	62
3.5	.....	85
3.6	.....	91
3.7	.....	120
4.	.....	136
4.1	.....	136
4.2	.....	138
4.3	.....	171
4.4	.....	178
4.5	.....	196
5( ).	.....	210
5().1.	.....	210
5().2.	.....	229

5() .3.	.....	242
5( )	,	..... 262
5() .1.	.....	262
5() .2.	.....	266
5() .3.	.....	280
6.	.....	290
6.1.	.....	290
6.2.	.....	293
6.3.	“ ”	..... 296
6.4.	.....	303
7.	,	..... 310
7.1.	.....	310
7.2.	,	..... 312
7.3.	.....	324
7.4.	.....	334
7.5.	.....	356
7.6.	.....	367
8.	.....	377
8.1.	.....	377
8.2.	.....	406
8.3.	.....	416
8.4.	,	..... 422
9.	.....	428
9.1.	.....	428
9.2.	.....	432
9.3.	.....	444
9.4.	.....	458
9.5.	.....	466
10.	.....	487
10.1.	.....	487
10.2.	.....	490

10.3.	.....	492
10.4.	.....	495
	.....	501

C o n t e n t s

<u>Chapter one</u> :Control the harmful effects about the surface water along roadbed	1
1.1 Preventing erosions of surface water from roadbed and drainage construction	1
1.2 Protecting Roadbed in both side of bridge, coast, port and reservoir area	6
1.3 Calculating the whole slope stability of inundated embankment	14
1.4 Calculating the local slope stability of inundated embankment under waves effecting	17
1.5 Roadbed in gully developing area	20
<u>Chapter two</u> :Control the harmful effects about the groundwater along roadbed	23
2.1 The effects of groundwater	23
2.2 Governing groundwater and adjusting moisture of roadbed body	27
2.3 Control the ice cone on roadbed	31
<u>Chapter three</u> Control the harmful effects of roadbed on slope	35
3.1 The types of slope action	35
3.2 Landslides on roadbed and their control	36
3.3 roadbed on avalanche	60
3.4 Control the collapse	62
3.5 Control the mud-rock flow	85
3.6 Control the snow slipe	91
3.7 New constructions to stabilize landslide	120
<u>Chapter four</u> :Control the harmful effects in subgrade of roadbed	136
4.1 The substance and their classify of harmful effects in subgrade of cut and embankment	136
4.2 Stability and firmness of roadbed on weakly subgrade	138
4.3 Roadbed on Karst developing area and mining cave area	171
4.4 Roadbed on loess area	178
4.5 Embankment on thaw subgrade	196
<u>Chapter five(A)</u> :Control the wind disaster of roadbed	210
5(A).1 The substance of wind action and general characteristics	210
5(A).2 Roadbed on moving sand dune area	229
5(A).3 Control the buried roadbed by snow	242
<u>Chapter five(B)</u> :Control the wind disaster of roadbed	262
5(B).1 The substance of wind action and general characteristics	262

5(B) .2 Roadbed on moving sand dune area	266
5(B) .3 Control the buried roadbed by snow	280
<u>Chapter six</u> :Roadbed on saliferous area and artificial irrigate area	290
6.1 The generated conditions of salinization and its substance	290
6.2 The conditions to construct railway and highway with saline soil	293
6.3 Roadbed on moist saline soil	296
6.4 Roadbed on artificial irrigate area	303
<u>Chapter seven</u> :The problems in roadbed body	310
7.1 Control the frozen heave	310
7.2 Control the swell shrinking deformation of soil	312
7.3 The overall and local stability of cut and embankment slope	324
7.4 The deformation of high embankment in running period	334
7.5 The specific problems in permafrost and chilliness area	356
7.6 The effects of locomotive and transportation loading on pavement of railway and highway roadbed	367
<u>Chapter eight</u> :Roadbed under earthquake and large blasting condition	377
8.1 The propagation of earthquake action	377
8.2 How to consider the earthquake action in roadbed stability analysis	406
8.3 The preventive measurements of vibratory liquification of embankment and its subgrade, other anti-earthquake measurements	416
8.4 The characteristics of roadbed constructing by bore-hole blasting method	422
<u>Chapter nine</u> :Some new technologies on roadbed protection and stabilization	428
9.1 The signal system of rock fall alarm	428
9.2 The deformation monitor of landslide	432
9.3 reinforced earth	444
9.4 Soil nailing	458
9.5 geosynthetics	466
<u>Chapter ten</u> :Soil reinforcement and improving	487
10.1 Improving soil property with lime.	487
10.2 Improving soil property with cement.	490
10.3 Grouting	492
10.4 Heating stabilization	495
Index of key words	501

第一章 地表水对路基有害作用的防治

1.1 地表水对路基和排水设施冲蚀的防治

地表排水系统是用来防止路基过分潮湿而使路基发生破坏,防止路面底层土承载力降低以及防止地表水的冲蚀作用。

为了排泄地表水,路基和路面要修筑成凸形,并修筑侧向排水沟,有时也可用取土坑来排泄地表水,或设置蒸发池,也需修筑截水的天沟使水沿斜坡流出道路,修筑桥和涵洞使侧沟或其它地表径流的水在路基下部通过以及修筑其它能将地表水引出路基的建筑物等。

路面的中心到路肩的横向坡度取决于路面的形式(表 1-1-1),路面纵向坡度越小(即越平坦),其横向坡度就要求越大,这是因为水可停留在低的地方而向路面和路面以下的土中渗透,但是,汽车行驶又要求小的横向坡度,因此,路面的横坡应采用保证水流动的最小坡度值。

公路路面的横坡

表 1-1-1

道路等级和汽车行驶地带	各种气候区的横坡(%)			
a 和 b 级道路				
汽车通过部分为两面坡	15	20	25	15
汽车通过部分为单面坡				
第一和第二行驶地带	15	20	20	15
第三和其次行驶地带	20	25	25	20
、 级道路	15	20	20	15

注:卵石和碎石路面的横坡为 20% ~ 30% ,由当地材料加固的土路面和由石碴铺的桥面横坡应增大为 30% ~ 40% 。

路肩的横坡应比路面的横坡大,这是因为在天气不好的情况下,汽车通过时使路肩出现不平顺,水就能够停滞在土中而使路基土过湿。

根据路基土的种类和路面的形式,路肩的横坡要比路面横坡大 20% ,换句话说,路肩的横坡应为 40% ~ 60% 。

汽车通过部分的横断面一般设计成抛物线形或中间为 2m 长的圆弧而两边用斜线连结的复合线形状,路面为抛物线断面的横坡应是断面曲率最大部分的坡度同路肩坡度两者的平均值。

在 、 级的道路上,路肩应使用浆砌混凝土板、碎石或卵石进行防护,其宽度不小于 0.75m ,其余部分用浆砌的碎石、卵石和土或种草的方法来防护,对 、 级道路来说,路肩要整平压实,并栽种矮小的草以形成草土覆盖层,若用坚硬材料作防护层时,其宽度可缩小到 0.5m 。

在 ~ 级的道路上,若该地段的纵坡大于 30‰、路堤高度大于 4m 以及纵断面为凹形时,为了防止路基边坡和路肩被冲蚀,应设计纵向排水沟(图1-1-1)用来汇集和排泄路面沿纵

向流过来的水,然后在适当的位置处用钢筋混凝土管(沿边坡逐节铺设)将纵向排水沟中的水排出路基以外(图 1-1-2)。

为了排泄路基上的水,应该用图 1-1-3 所示的各种形式的排水沟。

图 1-1-1 道路的纵向排水沟

图 1-1-2 逐节连结的钢筋混凝土管

在路堑和不高的路堤中,可修建侧沟用来排泄雨水和融雪时路面上与侧沟附近的水,使路基上部土体干燥(还有蒸发作用),但是,当水不能够排除而且长期停留在侧沟中时,侧沟就成为水渗入路堤和使路基土含水量过大的主要原因,所以,只有侧沟中的水能很快排出的情况下,侧沟才能起到较好的作用。

在不透水土中和不能够形成地表径流的条件下,侧沟可做成梯形,其底宽为 0.4 ~ 0.5m,深度为 0.7 ~ 0.8m,路堑侧沟的边坡坡度为 1 : 1.5,低路堤侧沟的内侧边坡坡度为 1 : 3。

如果路基处在地表水能够很快排泄的干燥地带、而且地下水又很深时,侧沟可做成深度不小于 30cm 的三角形,其边坡坡度为 1 : 3,因为该坡度汽车可以行驶(必要时);在砂性土、碎石土和卵石土等任何时候均能很快吸受水的土中,可不设侧沟。

在细的砾岩、碎石或松而易于风化的岩石路堑中,可修建深度不小于 30cm、坡度为 1 : 1 的梯形侧沟;在坚硬的岩石路堑中,可修建三角形侧沟,其深度不小于 30cm,内坡度为 1 : 3,外坡度可为 (1 : 0.5) ~ (1 : 1),根据土的类型而定。平原地区侧沟的深度,可根据运营经验在上述范围内选定,必要时(即水可能从周围涌入时),用水力计算的方法检算侧沟的通过能力。

检算中所用洪水发生的频率依道路的等级而不同,这时候确定之侧沟的深度,应使路面上各种排水设施的底部均高出侧沟底 20cm 以上。

在水力计算中,按下列概率值计算:

道路等级	1	2	3
超过计算洪水位的概率(%)	1	2	3

侧沟中的水应排泄到距道路 500m 以外的低地。如果道路沿斜坡通过,可在路基下面铺设

涵管以排泄山侧的水,在路堑与路堤的交界处,可将路堑侧沟中的水排泄到路堤的取土坑内或沿地表使它流向远处的低地。

- 1—边沟,取土坑;
- 2—护道;
- 3—取土坑;
- 4—挡水埝;
- 5—天沟;
- 6—弃土堆。

图 1-1-3 各种形式的排水沟

(a)联结侧向取土坑的沟;(b)梯形和三角形侧沟;(c)天沟。

如果要将水引入取土坑时,则在土方工程结束之前,应将取土坑的底仔细平整,坡度为20‰(背向路堤);若其底部宽度大于6m时,也可作成两边向中部倾斜的凹形断面;如果取土坑的纵坡小于5‰时,为了使吊沟中的水能顺利地排到取土坑的中部,应将吊沟的底宽作成0.4~0.5m,而由取土坑向外排泄的排水沟应进行防冲刷加固。

禁止将路堑侧沟中的水引入到路堤的上方,路堤上游的排水沟可将水引入到路堑的天沟中,而下游的排水沟应将水引出到远离道路的地方。

排水沟:它的作用是将侧沟中的水或道路附近的水排泄到低地处,它的断面一般同侧沟一致,为了使水顺利通过并减少土方工程,排水沟的纵坡应设计成土稳定条件下的最大坡度。

为了避免排水沟被冲蚀或淤积,排水沟和其它水流的连结应该用平顺的曲线,该曲线的半径不得小于排水沟表面宽度的10倍。

天沟:它的作用是截断沿山坡流向道路的水,并将它排泄到最近的桥涵建筑物、取土坑或低地中去。一般情况下,天沟的断面为梯形,其尺寸由水力计算确定,在计算中应按照天沟距分水岭的距离计算其汇水面积的增大,因此,天沟的断面应根据每段汇水面积的增大程度来选择,有时也可用一些小天沟(有一定间距)来代替一个大天沟。天沟位置的选择应放置在土不会

被水冲刷的地方。为了避免由于天沟的突然堵塞而使土过分潮湿,造成路堑边坡的塌陷或坍滑,天沟与堑顶的距离应不小于 5m,当山坡横坡缓于 1:5 时,在天沟与堑顶之间可用挖天沟的土修筑挡水捻,以防止天沟的水过满而流向道路。

水沿侧沟、排水沟和天沟的流速取决于这些沟的纵坡、横断面、水流深度和沟壁的粗糙度,当流速小于 0.4~0.6m/s 时,水中悬浮的土颗粒可产生沉降并形成沉积物,这时候沟被堵塞,水将在沟中停滞。为了不使水在沟中停滞,在第一气候区的 I~II 级道路上,其天沟的纵坡应不小于 5‰,在该气候区的 III~IV 级道路上,应不小于 3‰,如果不能满足这个条件,路面的标高应明显地高于地表水的常水位。

在纵坡较大的路段,侧沟要加固,其加固措施要根据道路及其附近流来的水量,通过水力计算而确定之,计算中应考虑到水流量的逐渐增大。

如果沟的断面不是通过水力计算而确定时,可采用表 1-1-2 所示的加固形式与纵坡的关系,该表是在多年实践基础上而编制的。

沟 底 的 纵 坡

表 1-1-2

加 固 类 型	坡 度 (%)	
	砂 性 土	粘 性 土
没有防护	小于 10	小于 20
草皮防护	10 ~ 30	20 ~ 30
铺砌防护	30 ~ 50	30 ~ 50
跌水和管道	50	50

如果沟底的纵坡很大时,可作成有跌水的阶梯形,跌水部分用预制的钢筋混凝土构件或就地灌注的混凝土、浆砌片石修筑而成;若有泥石流通过时,沟底可修筑填石的栅栏,而紧靠跌水的地段,沟底应铺砌加固,两跌水之间沟底的坡度应设计成不需加固或相应于某一种加固形式的坡度。

在平坦的草原这样气候区中修筑 III~IV 级道路时,水不能沿侧沟或排水沟由道路附近流进天然的低地中,故应在道路的外侧修筑蒸发池,该池为周围有小土堤以阻止水流入的坑,当然,它也可以用深度为 0.4m 的取土坑来代替,不过这时候取土坑距道路的距离应比一般情况下的要求要大点。每一个蒸发池的容积应不大于 200~300m³,也可按两次降雨之间的时间内,该坑内的水能蒸发完的原则进行设计,一般情况下,其深度不大于 1.5m,常水位应比路肩标高低 0.6m。这种蒸发池只能设置在高蒸发量(降雨量不大,年平均气温高和有强风的地方)的地带,前苏联欧洲部分的北部和中部就是这样,该地区由于存在不透水的土而使其沼泽化。设置蒸发池时还要求道路附近用地的排水,如果不经常维修蒸发池,该池内就会长满野草,并且会向周围扩大,因此,在排水困难的地段,通常应设计成路肩高到不需设置排水沟或蒸发池的路堤。

在道路通过干沟、小河、冲沟或山洪的地段时应设置泄水建筑物,使雨水和融雪水通过它而流走,这种建筑物的数量取决于气候条件和地形,不过大型建筑物的造价约为高等级道路总价的 8%~15%,因此,合理地设计这类建筑物或正确选择它们的结构形式为工业化生产的产品,对降低道路的造价具有很大的作用。

桥和涵洞是主要的泄水建筑物,而让水溢过路基的过水建筑物用得较少。

桥和涵洞这类泄水建筑物可让水通过路基而不破坏道路及其附属建筑物,保持了道路连续性。在选择这类建筑物时,既要遵循经济原则,又要满足上述要求,因此,是一个较为复杂