

东北黑土区道路状况对切沟发育的影响研究

王雯^{1,2}, 张天宇^{1,3}, 董一帆^{1,2}

(1. 北京师范大学 地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875;

2. 北京师范大学 防沙治沙教育部工程研究中心, 北京 100875; 3. 北京师范大学 地理与遥感学院, 北京 100875)

摘要: 采用GPS野外定点测量的方法,对东北黑土区鹤北小流域切沟长度进行了调查,经室内Arcinfo处理及统计分析,获取了鹤北流域沟长特征及其与道路状况的关系。研究结果表明:(1)从数量关系看,鹤北流域道路长度与切沟长度存在一定关系,表现在土质路面的道路对切沟影响较大;流域谷底和坡面下部道路长度与切沟长度关系最密切。(2)鹤北小流域切沟分布与道路分布关系密切,道路两侧约25 m范围内切沟长度增长迅速,是治理的重点区域。

关键词: 东北黑土区; 切沟; 道路; 长度

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)04-0177-03

中图分类号: S157.1

Effects of Road on Gully Development in Black Soil Area of Northeastern China

WANG Wen^{1,2}, ZHANG Tian-yu^{1,3}, DONG Yi-fan^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. MOE Engineering Center of Desertification and Blown-sand Control, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 3. School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Through field GPS surveying and dealing with the data that got from field, the relationships between gully length and road length as well as the characteristics of gullies in different buffers with different radius of road in Hebei small watershed of Northeastern China were analyzed. The following conclusions were acquired: (1) the quantitative relation suggested a relationship between road length and gully length existed, especially in valley and the lower slope, unpaved road and gully length had a strong relationship. (2) Gully distribution was closely related with road distribution. The buffer of road with the range of 25 meters was the most risky area where gully easily happened, so road was an important factor for affecting gully happening.

Keywords: black soil area of Northeastern China; gully; road; length

切沟在东北黑土区广泛分布,沟蚀在黑土区水土流失中占据重要位置。据张学俭等人^[1]调查,黑土区内现有侵蚀沟25万多条,侵吞耕地约 $5.90 \times 10^5 \text{ hm}^2$,其中仅黑龙江省就有大型侵蚀沟约 1.4×10^5 条,侵吞耕地达 $1.40 \times 10^5 \text{ hm}^2$;据松辽水利委员会2004年进行的典型调查推算,吉林省松花江上游地区侵蚀沟占地面积达 $8.20 \times 10^4 \text{ hm}^2$;根据孟令钦等人^[3]的调查,仅吉林省榆树市刘家乡沿松花江沿岸的15 km范围内,形成深度达10~40 m的大型切沟就有49条,沟壑密度达 4.44 km/km^2 ,实测的土壤侵蚀模数达 $1.10 \times 10^4 \text{ t}/(\text{km} \cdot \text{a})$ 。因此,切沟侵蚀是造成黑土地区水土流失的主要原因之一,严重威胁着黑土区农业生产资源,恶化农业生态环境,危及我国的粮食安全。

研究表明^[4],人为因素在切沟发育形成中起主导作用,人类不合理的开发利用可加速切沟的形成。道路作为一种特殊的土地利用方式显著改变了土壤、植被和水文特征^[5],对切沟的形成具有重要意义^[4,6-7],目前道路对切沟发育造成的影响研究仅限于在道路路面侵蚀机理的研究上^[6],主要通过人工降雨分析路面性质对土壤侵蚀的加速作用,忽略了切沟自身侵蚀发育的问题,因此目前多数道路侵蚀研究仍属于坡面侵蚀研究的范畴,对于分析道路侵蚀与切沟侵蚀二者关系的研究很少。

鉴于上述原因,本研究通过野外切沟及道路数据采集,经室内数据处理,分析东北黑土区小流域道路与切沟在数量和空间分布上的关系,从而明确道路对切沟发育的影响程度,完善道路侵蚀可加速切沟形成

收稿日期: 2010-12-16

修回日期: 2011-01-23

资助项目: 国家重点基础研究(973) 发展规划项目“中国主要水蚀区土壤侵蚀过程与调控研究”(2007CB407204); 水利部公益性行业科研专项经费项目“东北黑土区水土保持措施效益评估及防治技术”(201001026)

作者简介: 王雯(1983—),女(汉族),甘肃省靖远县人,硕士研究生,研究方向黑土区水力侵蚀研究。E-mail: wenyusihe@gmail.com。

及发育的理论论断,进而为切沟预防及防治提供技术支持。

1 研究区概况

研究区为黑龙江省九三农垦分局鹤山农场,处于小兴安岭向松嫩平原过渡的漫川漫岗地带,地形起伏不大;气候属寒温带大陆性半湿润气候区,降雨年际变化大,分布不均,集中在 7—9 月,占全年 64%;该区属于典型黑土区,土地利用以农耕地为主,耕地坡度一般为 $1^{\circ} \sim 3^{\circ}$,其占土地总面积的比例达 90%。小流域道路多属自然型道路,用途为农机作业,路面以土质为主,道路表面无覆盖物,道路宽度约为 8 m。

2 研究方法

野外使用手持 GPS(精度 ≤ 15 m)在小流域每个切沟沟头及沟尾定位,沟身部分以 10 m 间隔距离定位。对于道路数据采集,同样使用手持 GPS 沿道路走向定点。

室内处理中,首先将 GPS 定点输入 GIS 软件 ArcGIS 中,获取经纬度坐标数据,使用 ArcGIS 编辑模块,用直线将采集的 GPS 定位点连接,然后利用 ArcGIS 中属性更新模块获取每条切沟及道路的长度。鹤北小流域又分为次一级小流域,共 9 个(图 1),针对获取的切沟及道路数据,提取每个次一级小流域内的道路及切沟数据。

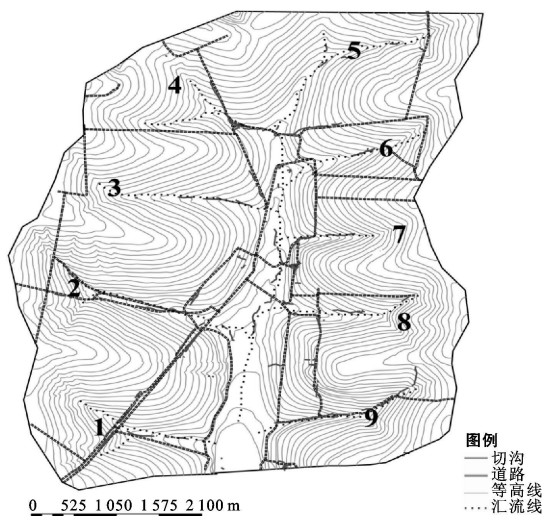


图 1 鹤北小流域道路与切沟分布

3 结果与讨论

统计结果表明,鹤北小流域切沟总长度为 19.09 km,沟壑密度高达 0.69 km/km^2 。对每个次一级小

流域内的切沟进行数量统计发现,2、7 和 9 号流域切沟长度较大,其中 2 号流域切沟长度最大;3、4、6 号流域切沟长度较小,其中 6 号流域切沟长度最小。

3.1 鹤北流域切沟的空间分布

3.1.1 鹤北流域切沟总体分布 流域切沟分布谷底(汇流线附近)和坡面存在明显差异。通野外调查及室内分析发现,1—9 号小流域的谷底汇水线上都有切沟生成(图 1),部分小流域切沟数量多,发育剧烈,如 2、7 和 9 号小流域;部分小流域谷底切沟数量少,且以浅沟发育为主,如 4 和 5 号小流域;还有部分小流域的切沟发育主要沿道路延伸,从图 1 中可以明显看出 4、6 和 7 号小流域的切沟发育沿着道路轨迹延伸,即使道路不是沿汇流线方向延伸的。进一步调查发现,流域谷底切沟发育剧烈的小流域谷底汇流线上都有道路。鹤北小流域中切沟发育最剧烈的 3 个小流域(2、7 和 9 号小流域)谷底都有道路,其中 2 和 9 号小流域谷底道路基本是沿汇流线延伸的,并且贯穿整个流域谷底;7 号流域有部分路段在小流域谷底。此外,在坡面上除了坡度较大的区域内切沟的分布位置与道路无太大关系外,其它切沟均分布在道路两侧。如除 7 和 9 号流域部分坡度大于 5° 的地方产生切沟外,其它坡面沟都分布在道路两侧。

总体来说,从谷底和坡面两种地形位置来看,鹤北小流域的切沟特点为:每个小流域的谷底汇水线上都有切沟生成,谷底有道路的小流域谷底切沟发育剧烈;在坡面上除了坡度比较大的地区,切沟的分布位置与道路无太大关系外,其它切沟均分布在道路两侧。从上述切沟分布特征来看,无论切沟发育位置在坡面还是谷底,鹤北小流域的切沟发育与该地区的道路分布关系密切。

3.1.2 鹤北流域道路两侧切沟分布 分析道路两侧切沟长度分布特征,在道路两侧分别以 5、10、15、...、100 m 为范围构建缓冲区,使用 ArcGIS 缓冲区分析功能,分析在不同范围下切沟长度分布特征。结果显示,在鹤北流域,随缓冲区范围增大,缓冲区内切沟长度增大。在 0~25 m 的增大过程中,缓冲区范围内切沟长度急剧增加,呈线性增长态势,增长率为 14%,到 25 m 缓冲区时,缓冲区面积为小流域总面积的 8.2%,而在此面积范围内的切沟长度已达鹤北小流域切沟总长 77% 以上;在 25 m 缓冲区以后,切沟长度增长态势变缓,呈指数增长,增长率为 3%,当缓冲区范围为 100 m 时,缓冲区面积仅为总面积的 28.9%,而切沟长度所占比达到 96.1%。说明鹤北流域内的切沟基本分布在道路两侧 100 m 范围内,而 25 m 范围是切沟急剧增长的区域,需要重点治理。

对9个次一级小流域道路缓冲区进一步分析,结果显示在25 m缓冲区内,2和4号小流域沟长分别占小流域内沟长的90%以上;7号和9号在75%~80%之间;1,5,6,8号小流域比例在58%~70%之间;3号小流域比例非常小,仅为28.9%。由此看出,道路对切沟的发育促进作用还受到其它因素的影响。

3.2 小流域道路长度对切沟发育的影响

经统计,鹤北小流域道路总长47.40 km,其中土质道路40.60 km,占道路总长的85%;而切沟总长为19.09 km,切沟与道路总长度比大约为2:5,而切沟与土质道路的长度比达到了1:2,说明鹤北小流域的切沟主要受土质道路的影响。对鹤北流域每个次一级小流域切沟与道路长度做相关关系分析,结果显示切沟长度与所有道路长度的相关性不是很明显,相关系数仅为0.38,这是因为鹤北流域的主要道路类型为水泥路和土质道路,水泥路仅有一条,占道路总长的14%,且经过地区多与汇水线交叉,汇流作用不是很明显,因此水泥路在鹤北小流域不具有代表性。进一步研究土质道路与切沟长度之间的关系,分析结果显示切沟长度与土质道路长度的相关性比较明显,二者相关系数达到了0.53。切沟的形成和发育受很多因素影响,鹤北流域道路与切沟相关性能达到0.53,说明在鹤北流域土质道路对切沟的影响是非常大的。

对每个小流域的切沟与土质道路长度之间的关系进行进一步研究发现,5和7号流域切沟长度与道路的长度比最大,分别为4:5和7:10;从切沟和道路分布图(图1)中可以看出,5号和7号小流域除了少量汇流线上的切沟外,其它的切沟主要分布在道路边上。4号和6号流域长度比最小,主要是因为小流域内的道路主要分布在坡面上方,上方水量较少。由此可以看出道路对切沟发育的影响程度还与道路在小流域中所处的地貌位置有关。

3.2.1 不同地貌部位道路与切沟的相关关系 鹤北小流域道路由当地土地部门规划后建设,主要考虑流域间距离及便捷程度,多呈直线分布,且主要分布在坡面中下部及谷底,这对鹤北流域切沟的发育提供了有力条件。道路所处流域地貌位置不同,对降雨的汇流作用也不同,从而影响切沟的发育和发展。

对鹤北小流域不同地貌位置切沟与道路做长度相关分析发现,坡上部和中部的道路对切沟长度的影响不是很大,位于坡面下部和谷底的道路对切沟的发育影响较大,线性相关系数分别为0.67和0.57。

3.2.2 处于不同坡面位置的道路与不同地貌位置的切沟相关关系分析 在降雨条件相同的情况下,切沟的形成严格受局地地貌条件的控制,由于位于不同的坡面位置,受到不同位置的道路的影响也是不同的。

坡面沟受坡面道路的影响较大,而谷底沟则同时受到坡面道路和谷底道路的影响。研究结果表明,坡面道路对坡面沟的影响不是很大,二者的线性相关系数仅为0.095;谷底道路与谷底沟的相关关系较为明显,相关系数为0.59,同时,坡面道路对谷底沟也有一定影响的,线性相关系数为0.23。

3.3 讨论

从鹤北小流域切沟空间分布特征可以看出,鹤北小流域切沟的分布主要受汇流线和道路两种线性因素影响。在自然因素下,切沟的形成只受到受到自然状态下临界条件的影响,也就是只受汇流线控制。道路的建设,改变了下垫面的地形和植被覆盖,改变了降雨发生时,径流汇集的路径,同时加大了径流的汇集量,从而加速切沟的产生和发育。

调查结果显示,在道路两侧约25 m的范围内,切沟长度增长迅速,切沟长度数量达到了切沟总量的77%以上,因此,可以认为在鹤北小流域道路两侧25 m范围是切沟防治的主要区域。

在图1中已经看到,若在小流域谷底存在道路,小流域切沟长度往往较大,鹤北小流域9个小流域中切沟长度最大的3个小流域:2,9和7号小流域谷底均有道路,其中2和9号谷底道路贯穿整个小流域,7号小流域谷底有部分道路。若小流域谷底无道路,而在小流域坡面存在道路时,小流域切沟总长比例则明显较小,也就是说地形因子及流域面积仍是切沟产生主要因素。鹤北小流域切沟长度与道路长度之间存在一定关系,但其相关性随路面性质、地貌部位的不同而存在区别。具体表现出土质路面,谷底和坡下部的切沟受道路的影响更显著。

总之,无论从道路缓冲区范围来看,还是从道路长度来看,道路的存在对切沟形成发育存在重要促进作用,但这一促进作用的程度受到路面性质、地貌部位等因素的影响。道路对切沟产生具有重要影响,究其原因,与鹤北流域独特的自然条件及土地利用方式有关。首先,鹤北流域以土质道路为主,道路表面覆盖物较少。道路经过农机压实和家畜的踩踏,导致路面下沉,同时农机车辙易形成线状洼地,这些洼地在产流过程中起到了集水作用。其次,研究表明^[8],道路压实后,土壤入渗率低,导致径流系数增大,从而引起道路两侧切沟产生发育。第三,道路与切沟是相互影响的,一般在道路附近切沟形成后,往往会危及道路路面,在此情况下,人们往往将道路向没有切沟一侧扩展,这就导致切沟发育的进一步加剧。这是道路切沟普遍分布在路边的原因。

(下转第184页)

[参 考 文 献]

- [1] 胡小龙, 郭建英, 兰登明, 等. 浑善达克沙地退化草场的封育效果及其评价[J]. 内蒙古农业大学学报, 2007, 28(1): 63-65.
- [2] 曹永翔, 张克斌, 王海星, 等. 宁夏盐池封育区植被数量特征波动研究[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(8): 154-157.
- [3] 郑翠玲, 曹子龙, 王贤, 等. 围栏封育在呼伦贝尔沙化草地植被恢复中的作用[J]. 中国水土保持科学, 2005, 3(3): 78-81.
- [4] 王燕, 王辉, 李永兵, 等. 干旱荒漠区封育沙地植被群落特征变化研究[J]. 水土保持通报, 2009, 29(5): 40-44.
- [5] 宝音陶格涛, 陈敏. 退化草原封育改良过程中植物种的多样性变化的研究[J]. 内蒙古大学学报: 自然科学版, 1997, 28(1): 87-91.
- [6] 孙宗玖, 安沙舟, 马金昌. 围栏封育对草原植被及多样性的影响[J]. 干旱区研究, 2007, 24(5): 669-674.
- [7] 范燕敏, 孙宗玖, 武红旗, 等. 封育对山地草地植被及土壤特性的影响[J]. 草业科学, 2009, 26(3): 79-82.
- [8] 李景刚, 贾树海, 赵国平, 等. 围栏封育对退化草原土壤性质的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(1): 280-282.
- [9] 刘长娥, 安沙舟, 孙宗玖, 等. 围栏封育对新疆伊犁绢蒿草地的影响[J]. 草业科学, 2008, 25(10): 10-14.
- [10] 郑翠玲, 曹子龙, 赵廷宁, 等. 浑善达克沙地南缘农牧交错带弃耕地植被的演替规律[J]. 中国水土保持学, 2005, 3(1): 72-76.
- [11] 呼格吉勒图, 杨劼, 宝音陶格涛, 等. 不同干扰对典型草原群落物种多样性和生物量的影响[J]. 草业学报, 2009, 18(3): 6-11.
- [12] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 ②: 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15(3): 268-277.
- [13] 欧芷阳, 杨小波, 吴庆书. 尖峰岭自然保护区扩大区域植物多样性研究[J]. 生物多样性, 2007, 15(4): 437-444.
- [14] 茹文明, 张金屯, 张峰, 等. 历山森林群落物种多样性与群落结构研究[J]. 应用生态学报, 2006, 17(4): 456-4566.
- [15] 郭艳萍, 张金屯, 刘秀珍. 山西天龙山植物群落物种多样性研究[J]. 山西大学学报: 自然科学版, 2005, 28(2): 205-208.
- [16] 赵淑清, 方精云, 宗占江, 等. 长白山北坡植物群落组成、结构及物种多样性的垂直分布[J]. 生物多样性, 2004, 12(1): 164-173.
- [17] 左万庆, 王玉辉, 王凤玉, 等. 围栏封育措施对退化羊草草原植物群落特征影响研究[J]. 草业学报, 2009, 18(3): 12-19.
- [18] 宋阳, 严平, 张宏, 等. 荒漠生物结皮研究中的几个问题[J]. 干旱区研究, 2004, 21(4): 339-443.
- [19] 张克斌, 卢晓杰, 李瑞, 等. 北方农牧交错带沙地生物结皮研究[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(4): 147-151.
- [20] 赵允格, 许明祥, 王全九, 等. 黄土丘陵区退耕地生物结皮对土壤理化性状的影响[J]. 自然资源学报, 2006, 21(3): 44-448.

(上接第 179 页)

由于地表径流汇集, 切沟往往形成在道路下坡, Nessyen 研究^[8]发现, 在埃塞俄比亚高地地区, 道路建成后, 路段下坡即产生 9 条新的切沟, 而在距路段以下 100~500 m 距离则出现了 7 条切沟。这一结果与本研究结果相似, 也进一步验证了道路地貌部位可影响切沟发育的事实, 对流域道路规划提出重要挑战。

4 结 论

(1) 从数量关系看, 鹤北流域道路长度与切沟长度存在一定关系, 表现在土质路面的道路对切沟影响较大, 从地貌部位上考虑, 流域谷底和坡面下部道路长度与切沟长度关系最密切; 坡面道路与坡面沟长度关系不大, 谷底沟同时受到坡面道路和谷底道路的影响, 与坡面和谷底道路长度关系密切。

(2) 鹤北小流域切沟分布与道路分布关系密切, 道路两侧约 25 m 范围内, 切沟长度增长迅速, 是治理的重点区域。次一级不同小流域 25 m 缓冲区内切沟所占比例又存在较大差异, 与道路空间分布有关, 如谷底有道路存在的小流域切沟长度较大。

[参 考 文 献]

- [1] 张学俭, 武龙甫. 东北黑土地水土流失修复[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007.
- [2] 李全, 杨岳奉, 孟令钦, 等. 松花江流域防洪规划[R]. 长春: 松辽水利委员会, 2004.
- [3] 孟令钦, 李勇. 东北黑土区沟蚀研究与防治[J]. 中国水土保持, 2009(12): 40-42.
- [4] 于章涛, 伍永秋. 黑土地切沟侵蚀的成因与危害[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2003, 39(5): 70-705.
- [5] 史志华, 陈利顶, 杨长春, 等. 三峡库区土质道路侵蚀产沙过程的模拟降雨试验[J]. 生态学报, 2009, 29(12): 6785-6792.
- [6] 张科利, 徐宪利, 罗丽芳. 国内外道路侵蚀研究回顾与展望[J]. 地理科学, 2008, 28(1): 119-123.
- [7] 伍永秋, 刘宝元. 切沟、切沟侵蚀与预报[J]. 应用基础与工程科学学报, 2000, 8(2): 134-142.
- [8] Jan Nyssen, Jean Poesen, Jan Moeyersons, et al. Impact of road building on gully erosion risk: A case study from the northern Ethiopian highlands[J]. Earth Surface Processes and Landforms, 2002, 27: 1267-1283.