

文章编号: 1004-4574(2008) 03- 0130- 04

黑龙江省公路风吹雪灾害形成机理与分布特征

张家平, 武 鹤, 孟上九, 高 伟, 魏建军

(黑龙江工程学院 土木工程系, 黑龙江 哈尔滨 150050)

摘要: 分析了风吹雪灾害形成的因素和机理, 并结合黑龙江省 4条主要公路的风吹雪灾害调查数据, 对该省公路风吹雪灾害的分布特征进行了分析。结果指出, 气候和地形条件, 特别是公路路线走向、路基横断面形式以及路基高度对风吹雪灾害的形成具有主导作用。

关键字: 风吹雪; 灾害; 公路; 黑龙江省

中图分类号: U418.5⁺6 文献标识码: A

Formation mechanism and distribution characteristics of snowdrift on highway in Heilongjiang Province

ZHANG Ji-ping WU He MENG Shang-jiu GAO Wei WEI Jian-jun

(Department of Civil Engineering Heilongjiang Institute of Technology, Harbin 150050, China)

Abstract The cause and mechanism of snowdrift formation were analyzed. Combining with investigated data of snowdrift disaster on four main highways in Heilongjiang Province, the distribution characteristics of the snowdrift in the province were discussed. Result shows that the climate and topography, specially the trend of the highway line, the cross section and height of the roadbed have predominant effect on the snowdrift disaster.

Key words snowdrift; disaster; highway; Heilongjiang Province

风吹雪系指风携带着雪粒在空气中运动的一种天气现象。我国风吹雪多发生在高纬度、高海拔和地形起伏变化大的积雪地区。黑龙江省是我国位置最北、纬度最高的省份, 属寒温带大陆性季风气候, 冬季受西伯利亚冷空气入侵, 漫长而寒冷, 最低温度可达零下 40多℃, 每年 10月至次年 4月为降雪期, 降雪量大, 积雪时间长。

黑龙江省现有公路 14万多 km, 其中县以上公路 2万多 km。由于受特殊地理位置和气候的影响, 冬季公路雪灾频发, 风雪流成灾严重, 每年干线公路雪阻里程都在 400 km 以上, 严重时甚至达到 1000多 km, 给当地社会经济发展和人民生活带来严重影响。黑龙江省公路风吹雪灾害的分布范围主要是东部和东北部的牡丹江、鸡西、佳木斯、双鸭山、鹤岗和伊春市、三江平原地区以及哈尔滨东部的部分市县。

研究风吹雪灾害的形成过程、运动规律和沉积条件, 这对有效预防公路风吹雪灾害具有重要的基础作用和现实意义。

1 风吹雪灾害形成机理分析

风吹雪灾害的形成必须具备 3个条件: 即大量的雪和能使雪起动运行的风以及地表障碍物。降雪和积

收稿日期: 2007- 08- 21 修订日期: 2007- 10- 26

基金项目: 黑龙江省自然科学基金资助项目 (E200412)

作者简介: 张家平 (1964-), 男, 副教授, 主要从事道路工程与冰雪灾害方向的教学和研究工作. E-mail: zhang_jiaping_1234@163.com

雪是风吹雪的物质来源; 而风是风吹雪形成的动力; 障碍物是改变风速流场, 进而导致气、雪分离, 使雪产生沉积的破坏力量。

1.1 雪粒的启动风速

风是风吹雪形成的动力条件。风携带着分散的雪颗粒运行形成多相流, 在一定的条件下, 使雪粒子发生运动(蠕动、跳移、悬移), 最后由于风速的减小形成沉积, 逐步在公路上形成深厚的积雪。

当风速接近雪粒的启动风速时, 雪粒有一个从动而不移(蠕动或振动)的过程, 这时的风速称之为临界风速。在临界风速时, 雪颗粒并没有真正运动起来。

当风速达到能使雪粒发生滑移和迂回滚动, 在滚动中相互发生碰撞, 并在气流空吸作用下形成离开雪表面作较低高度的跃移运行, 而且跃移雪粒不断增多时, 雪颗粒即发生运动, 这时的风速称之为“启动风速”。

启动风速的大小既与积雪本身物理力学性质(如雪粒粒径、积雪密度、积雪雪粒形状、积雪深度、积雪雪粒的温度、积雪雪粒的湿度、积雪雪粒的硬度、粘滞系数等)有关, 又与外界条件(如太阳辐射、气温、地面粗糙度等)有关。一般低温情况下, 雪粒的启动风速为 $3 \sim 8 \text{ m/s}$ 。启动风速是判断是否会发生风吹雪的临界条件。

日本曾以风速和温度为条件测定降雪时雪粒跳跃运动的发生条件, 即发生风吹雪的临界风速。图 1 显示了当风速超过曲线 I 时将发生贴地吹雪, 超过曲线 II 时将发生断续高空吹雪, 超过曲线 III 时将发生连续高空吹雪。并做出规定, 当风速超过曲线 I 时需要警戒, 风速超过曲线 II, III 时就会给道路交通带来危害。以此判定风吹雪对公路交通的影响和危害程度。

1.2 雪粒的物理性质

发生风吹雪的条件和程度还与雪的物理性质有关。这里主要研究雪的粒径、密度和温度。

雪的粒径: 雪的粒径大小并不是一成不变的, 在温度、湿度等其它相同条件下, 新下的雪粒径较小, 在搬运过程中由于雪粒间的相互撞击和粘合作用, 雪粒径随之增大。随着时间和阳光的辐射, 雪也会发生变质作用, 在变质过程中雪的粒径也会发生变化。一般说来雪的粒径大小对启动风速和雪粒子运动有着很大的影响。粒径小的启动风速小, 易产生风吹雪。在同样的风速情况下, 粒径的大小对吹雪的强度影响也不同, 粒径小的吹雪强度高。一般认为启动风速随雪的粒径的平方根($D^{1/2}$)的增大呈线性增加。

雪的密度: 疏松的新雪, 密度一般小于 0.1 g/cm^3 , 较小的风速就能启动。经过风吹雪多次搬运后, 积雪密度不断增加, 可达到 $0.3 \sim 0.4 \text{ g/cm}^3$, 需要较大的风速才能够启动。所以雪的密度对启动风速和移雪强度影响较大。密度小的雪, 启动风速小, 移雪强度越大。有关研究表明: 低温吹雪时, 启动风速与积雪密度呈线性变化关系, 后逐渐呈指数变化关系。

雪的温度: 在积雪密度等变化较小的条件下, 当气温从 -23°C 升至 -6°C 时, 1 m 高处的启动风速变化在 $3.7 \sim 4.3 \text{ m/s}$ 之间, 变化不是很大。当气温升高到 -3°C 以上时发生风吹雪需要的风速显著提高, 当气温接近 0°C 时, 由于积雪的含水量增大, 雪粒之间的粘聚力显著增加, 只有启动风速增至 7.6 m/s 以上时, 雪粒才能启动。有时因积雪的含水量过高, 遇到低温时, 表面冻结成坚硬的冰壳, 甚至无法启动。总之, 气温对雪的物理性质会产生影响, 由于积雪物理性质的改变, 而造成启动风速大小的差异。正如图 1 所表现的那样, 一般来说启动风速随气温的升高会有所增加。

1.3 雪粒的沉积条件

使风速减弱或发生涡旋的障碍物。如遇到适宜的地形或地物形成一个涡旋减速区, 当风速迅速降低到启动风速以下时, 就将促使风和雪的依存关系破裂, 进而导致气、雪分离, 雪粒就在减速区附近沉积, 并不断累积扩大, 严重时埋没道路, 阻断交通。据调查, 黑龙江省风吹雪积雪深度最严重时可达到 5 m 。

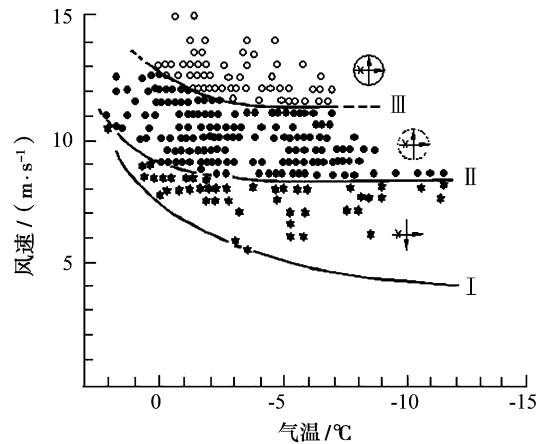


图 1 风速和温度对风吹雪发生的影响

Fig 1 Influence of wind speed and temperature on occurrence of snow drift

2 黑龙江省公路风吹雪灾害分布特征的调查分析

2.1 风吹雪灾害与道路主要因素的关系

2005-2006年和2006-2007年两个冬季我们与黑龙江省公路局合作先后对黑龙江省内的S202绥北公路、G010同三公路、G202黑大公路、G015绥满公路,进行了风吹雪灾害实地调查。并重点对风吹雪灾害发生频率(发生路段长度占调查路段总长度的比值)与地形类别、路基横断面形式、路线走向、不同路基高度的关系进行了分析和研究。图2图3图4图5图6即为对所得数据分析后的统计结果。

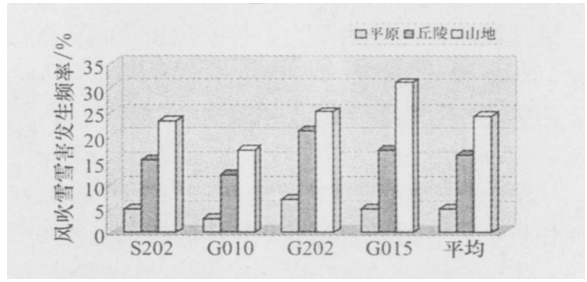


图2 风吹雪灾害发生频率与地形类别关系图
Fig.2 Relationship between occurrence frequency of snowdrift disaster and kind of topography

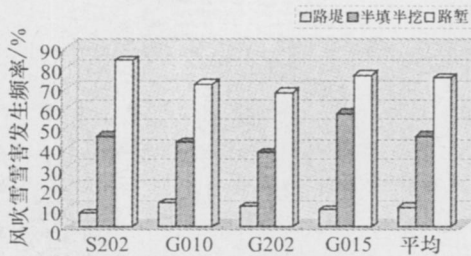


图3 风吹雪灾害发生频率与路基横断面形式关系图
Fig.3 Relationship between occurrence frequency of snowdrift disaster and cross-section shape of roadbed

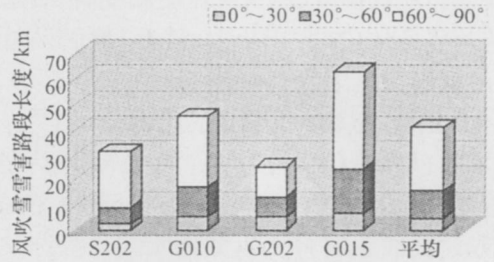


图4 风吹雪灾害与路线走向关系图
Fig.4 Relationship between snowdrift disaster and trend of route

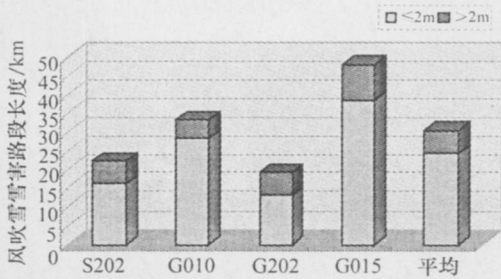


图5 风吹雪灾害与路堤高度关系图
Fig.5 Relationship between snowdrift disaster and height of embankment

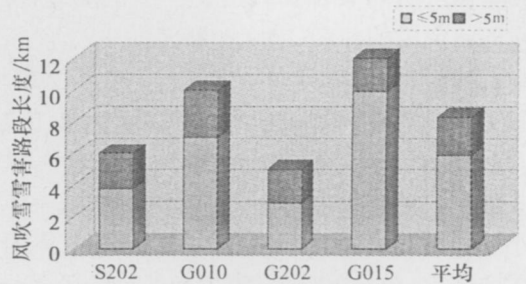


图6 风吹雪灾害与路堑深度关系图
Fig.6 Relationship between snowdrift disaster and depth of road cuts

2.2 调查结果分析

由图2调查结果可见,不同地形类别条件下风吹雪灾害发生的频率由小到大的次序是:平原<丘陵<山地。地形起伏变化越大的地区,靠近地表的风速流场的改变也越大,导致风速流场的复杂变化和差异分布,因而公路发生风吹雪灾害的频率也就越大。因此黑龙江省山地丘陵地域是公路风吹雪灾害频发的地理条件。

由图3的调查结果反映出,不同的路基横断面形式导致发生风吹雪灾害的频率和危害程度是有差别的。路堑发生的频率和危害最大,其次是半填半挖,而路堤最小。这主要是由横断面几何结构所形成的各自典型的风速流场所决定的。但值得注意的是,由于公路建设中路堤实际所占的里程比重都很大,因此恰恰是路堤发生风吹雪灾害的总量往往最大。

由图 4 的调查结果说明, 公路风吹雪灾害发生的频率和程度同公路走向与主导风向的夹角有很大关系。夹角小, 特别是公路走向与主导风向趋于平行时, 风吹雪灾害发生的频率和危害就越小, 甚至根本不发生, 因为风雪流在路面上沿着路的方向前进, 风速变化不大, 不易产生公路风吹雪雪阻。反之, 夹角越大, 特别是公路走向与主导风向接近垂直时, 发生风吹雪灾害的频率和危害也越大, 这是路堤的屏障作用, 导致风雪流的减速、蜗旋进而沉积的结果。由于黑龙江省冬季风的主导方向是西北风、西风和西南风, 因此黑龙江省南北走向的公路要比东西走向的公路发生风吹雪灾害的机率大得多, 这和实际的调查结果也是一致的。

图 5 和图 6 的调查结果则显现出, 公路风吹雪灾害的发生同路基高度有更直接的关系。对于路堤, 近 80% 的风吹雪灾害发生于填土高度小于 2m 的矮路堤, 高路堤发生风吹雪灾害的情况比较少。对于路堑, 近 70% 的风吹雪灾害发生于挖土深度小于 5m 的浅路堑, 大于 5m 以上的深路堑很少或根本不发生风吹雪雪灾。产生上述现象的原因是: 路堤高度的差异和改变, 必然引起地表风速流场的不同变化和重新分布。

3 结论

风吹雪灾害的形成, 是基于气候因素和地形条件两方面共同作用的结果, 即雪和风的结合在一定条件下形成风雪流, 当遇有适宜的地形、地物条件时, 导致风速的急剧改变和减小, 就会沉积而形成雪害。

本文在分析了风吹雪灾害形成机理的基础上, 结合黑龙江省 4 条主要干线公路风吹雪灾害的调查数据, 对黑龙江省公路风吹雪灾害的分布规律和特征进行了分析与研究, 得出如下 3 点结论:

(1) 风吹雪灾害的发生发展同气候条件 (风速、风向、气温等), 雪粒的物理性质, 地形地貌和地表植被, 以及公路路线走向, 路基断面形式, 路基填挖高度等密切相关, 影响因素多而复杂。

(2) 贴地气层风速流场的变化与分布将最终决定风吹雪雪粒的启动、运行、沉积及其平面分布。黑龙江省风吹雪灾害主要发生在地势起伏变化大的山地或丘陵。

(3) 公路的修建改变了自然地面的平衡, 一定条件下的路线走向、路基横断面形式以及路基填挖高度等所形成的人工地形、地物常常会改变地表风速流场, 促进风吹雪灾害的形成。

参考文献:

- [1] 郭丹奇, 柳春红, 吴春玉. 公路风吹雪的形成和影响因素分析 [J]. 煤炭技术, 2003 22(8): 112-113
- [2] 王中隆. 风雪流及其防治研究 [M]. 兰州: 兰州大学出版社, 2001
- [3] 王凤双, 赵书成, 等. 公路风吹雪雪害调查与分析 [J]. 黑龙江交通科技, 2004 11: 10-11.
- [4] 竹内正夫. 吹雪和道路交通 [R]. 北海道开发局, 2003 145-170.
- [5] 陈晓光, 李俊超. 风吹雪对交通的危害及对策研讨 [J]. 公路, 2001, 6 113-118.