



# 天气现象影响公路低能见度的特征

杨晓丹, 狄靖月

中国气象局公共气象服务中心, 北京 100081

**摘要** 公路能见度的优劣与气象条件密切相关,影响公路能见度的天气现象主要有雨、雪、雾、霾、沙尘等。本研究利用全国间隔为5km的气象站2002年9月至2010年3月逐日地面气象观测资料,以及全国2413个自动气象站2008年1月1日至12月31日逐小时能见度及地面气象观测资料,分析了天气现象对公路能见度的影响。根据高速公路上行驶车辆对能见度的要求,结合中国大陆地区的实际情况,确定低能见度范围是水平能见度距离小于1000m,考虑到不同距离的低能见度对交通运输造成的影响程度不同,将低能见度划分为3个等级。利用统计学方法分析了影响高速公路的天气现象(雨、雪、雾、沙尘)的时空分布特征,以及全国1h降水与能见度的相关关系。研究表明,不同天气现象影响低能见度的时段不同;影响公路低能见度的主要天气现象中,就影响程度而言,雾对低能见度的影响最大;从影响范围上,各区域有所不同,新疆南疆盆地、内蒙古西部、青海北部等地区主要受沙尘影响,东北、华北、西南等地受雨雪影响较大,江南和华南等地主要受降雨影响。

**关键词** 高速公路;低能见度;天气现象

中图分类号 P49

文献标志码 A

DOI 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.32.009

## Characteristics of Effect of Low Visibility Weather Phenomena on the Highway

YANG Xiaodan, DI Jingyue

Public Meteorological Service Center, China Meteorology Administration, Beijing 100081, China

**Abstract** Studying and mastering the meteorological factors influencing highway visibility and its correlation are the basis of highway visibility forecast. The weather phenomena influencing highway visibility mainly include rain, snow, fog, haze, dust etc. In this study, daily surface meteorological observation data from the meteorological stations at a distance of 5 kilometers a (from September in 2002 to March in 2010), and hourly visibility and surface meteorological observation data from the 2413 automatic meteorological stations (from January 1 to December 31 in 2008) are utilized. the characteristics of the temporal and spatial distribution of rain, snow, fog on the national highway and the relationship between the 1 hour rainfall and visibility are studied and analyzed by means of statistical methods. (1) Compared with other weather phenomena, the effects of fog on the visibility is the largest, and the low visibility range resulted from fog effect is mostly below 200 m, the frequency distribution of rain, snow and dust in time is uniform, and the influence of low visibility ranges in 500~1000m. (2) In each area of China, the main weather phenomenon that affects low visibility of highway are different. Basin in the south of Xinjiang and Inner Mongolia and other places are more influenced by dust; Northeast, North China, Tibet and other places are affected by rain and snow; South and southeast of Tibet are mostly influenced by rain. (3) The higher frequency regions with low visibility caused by precipitation are mainly the Yangtze River Basin, south of the Yangtze River, Southern China and other places. At the same time, there is negative correlation between rainfall intensity and visibility, but not to lump together. (4) The probability of low visibility in the snow weather is higher than that in rainfall weather. For snow weather, low visibility of 200~500m occurs commonly, and in the rain, the probability of the low visibility of <200m appears higher than the low visibility of 200~500m.

**Keywords** highway; low visibility; weather phenomena

收稿日期: 2013-04-02; 修回日期: 2013-07-24

基金项目: 公益性行业(气象)科研专项项目(GYHY201306043)

作者简介: 杨晓丹, 工程师, 研究方向为应用气象, 电子信箱: yangxd@cma.gov.cn

## 0 引言

公路交通安全直接受天气条件的影响。影响公路能见度的天气现象主要包括雨、雪、雾、霾、沙尘等。其中,雾是影响公路能见度的最主要天气因素之一,能见度小于200m的大雾引发的交通事故呈逐年上升趋势。据统计,高速公路上因浓雾影响造成的交通事故,约占事故总数的1/4,雾天高速公路的事故率是平时的10倍<sup>[1]</sup>。

国外对雾的研究主要是从气体及粒子对光吸收与散射理论出发,探讨包括大气条件、湍流参数、粒子特性等在内的各种因素,对雾降低能见度的影响效果;从雾的各微观物理量如雾滴粒径分布、雾含水量等角度研究雾的消光作用;也有通过入射光波长与雾滴粒子直径的对比研究雾消光与入射光波的关系。

中国对高速公路雾及能见度的研究起步较晚,仅有的几项实验性研究更侧重于讨论雾对机场能见度的影响。孟燕军等<sup>[2]</sup>参照气象学上对能见度的分级,将高速公路能见度分为7级,探讨了北京地区及两条高速公路的各级能见度的逐年、逐月变化趋势。王川<sup>[3]</sup>通过对陕西省17个代表站1991—2000年雾日进行统计分析,总结出陕西省高等级公路大雾遵循一定的季节性、地域性,省内南北有明显差异。徐虹等<sup>[4]</sup>应用4个气象站1990—1997年秋冬季大雾资料,对西宝、西铜、西渭高速公路的大雾进行了气候分析。田小毅等<sup>[5]</sup>分析了沪宁高速公路江苏段26套交通气象自动监测站每分钟一次的能见度、相对湿度、温度、风向风速等低能见度浓雾天气过程的实时资料,证实了浓雾具有较强的地域性特征。吴兑等<sup>[6]</sup>研究了南岭山地浓雾的气候规律,研制开发了4种南岭山地京珠高速公路云岩雾区的能见度预报方法。冯民学等<sup>[7]</sup>提出通过建设高速公路环境气象监测站,以研究局地观测站气象要素演变与能见度变化的规律和特征。陶双成等<sup>[8]</sup>以沪蓉高速公路东段多年来的雾资料为基础,分析了高速公路沿线地区雾的分布规律和特征,讨论了能见度与雾微观物理量的关系。

本文根据高速公路上车辆行驶对能见度的要求,确定低能见度范围,并按照不同距离低能见度对交通运输造成的不同程度影响,将低能见度划分等级,利用2002—2010年全国气象站逐日地面气象观测资料,运用统计学方法研究分析影响不同等级低能见度的天气现象的特征及其相关关系。

## 1 资料和方法

### 1.1 气象观测资料

本研究所用的资料是基于全国1367个气象站点2002年9月至2010年3月低能见度(雨、雪、雾、沙尘)的逐日地面气象观测资料,以及全国2413个自动气象站2008年1月1日至12月31日逐小时能见度及地面气象观测资料。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 资料的质量控制

本研究所用资料的时段较短,但为了保证资料的准确性和完整性,要求资料必须满足以下条件:①每年能见度缺测

的资料日数不超过年总日数的10%;②能见度观测资料必须在特定变化范围(能见度范围:0~30km)内。

#### 1.2.2 计算方法和分析方法

为了对中国大陆地区低能见度有全面了解,参照《中华人民共和国公安部关于加强低能见度气象条件下高速公路交通管理的通告》中有关高速公路上车辆行驶对能见度的要求,结合中国大陆地区的实际情况,确定低能见度范围是水平能见度距离小于1000m。考虑到不同距离的低能见度对交通运输造成的影响程度不同,将低能见度划分为3个等级(表1),利用统计学方法分析了全国高速公路雨、雪、雾的时空分布特征,以及全国1h降水与能见度(V)的相关关系。

表1 低能见度等级划分

Table 1 Classification of low visibility

等级	能见度/m	能见度鉴定
1	$V < 200$	最差
2	$200 \leq V < 500$	差
3	$500 \leq V < 1000$	较差

## 2 天气现象公路低能见度的特征

对2002年9月至2010年3月影响公路低能见度的主要天气现象雨、雪、雾、沙尘出现次数进行统计(表2)可以看出,在08:00、14:00和20:00时,全国主要公路低能见度(<1000m)的天气现象主要是雾,其次是雨、雪和沙尘。分析低能见度天气现象的时间分布,特点较为突出的是雾,大多出现在08:00,这是因为雾多数都是在早晨出现,下午和夜间出现雾的概率明显低于上午;沙尘出现次数在时间分布上与雾不同,主要出现在14:00和20:00,沙尘很大程度上受风的影响,一般情况下,午后较易出现大风天气;雨和雪出现的频次在时间分布上则较为均匀。从影响程度分析,在08:00和20:00,雾对低能见度的影响范围大部分小于200m,对公路交通的影响很大;在各时刻,雨、雪和沙尘对低能见度的影响多为500~1000m范围,其次为200~500m。由此可见,在影响频次和影响程度上,雾对于低能见度的影响都最大。

表2 影响公路低能见度的天气现象出现次数

Table 2 Occuring frequencies of weather phenomenon causing low visibility

时间	雾/次	沙尘/次	雨/次	雪/次	能见度/m
08:00	42149	20	1817	20	<200
	24859	37	1708	396	200~500
	33024	64	4094	841	500~1000
14:00	1410	39	949	173	<200
	1459	46	638	177	200~500
	3059	176	1546	741	500~1000
20:00	2657	48	987	138	<200
	1475	53	475	133	200~500
	2637	157	1368	522	500~1000

各个时次影响公路低能见度的天气现象频次的空间分布见图 1 (本地图取自国家测绘地理信息局出版的 1:400 万全国基础地理信息图),可以看出,不同时次和不同区域,影响公路低能见度的天气现象不同。08:00 影响各路段低能见度最主要的天气现象是雾,新疆南疆盆地、内蒙古西部、青

海北部等地区受沙尘影响,西藏西部和南部等地受雨雪天气影响;14:00 和 20:00,影响各路段低能见度的天气现象分布较 08:00 有所变化,受雾影响的范围明显缩小,内蒙古、西北地区大部、青藏高原等地区主要受沙尘天气影响,东北、华北、西南等地受雨雪影响,江南和华南等地主要受降雨影响。

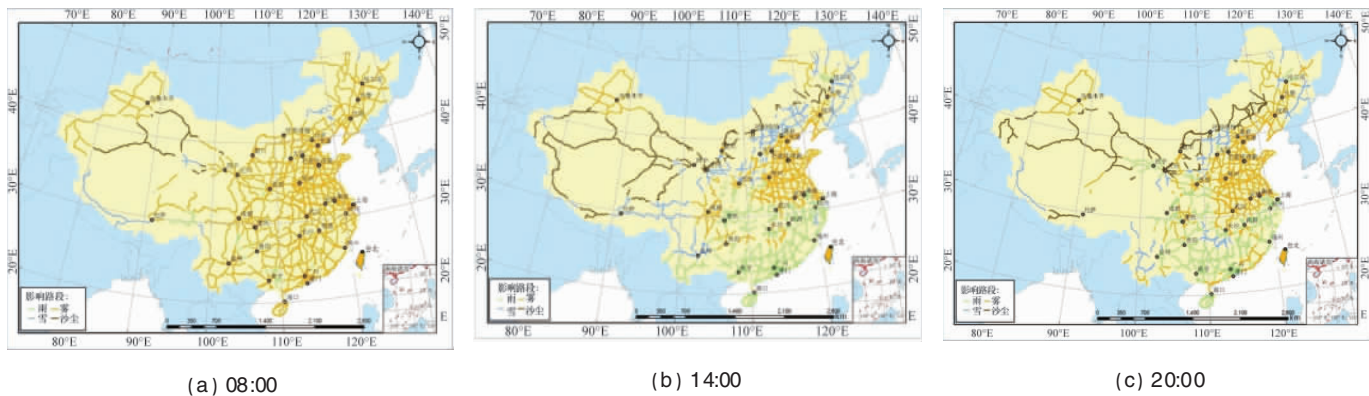


图 1 2002—2010 年 08:00、14:00 和 20:00 影响公路低能见度的主要天气现象分布

Fig. 1 Distribution map of the main weather phenomenon influencing visibility of highway at 08:00, 14:00 and 20:00 from 2002 to 2010 years

### 3 雾影响公路低能见度的特征

#### 3.1 影响公路低能见度雾的时空变化特征

##### 3.1.1 雾的年变化特征

雾主要发生在上午,因此选取 08:00 时的观测值对雾进行统计分析。图 2 是 2003 至 2009 年 08:00 时全国高速公路沿线 1367 个站点的能见度分别为 500~1000m、200~500m 和 <200m 的情况下,平均每个站雾出现天数的年际变化曲线。可以看出,7 年间,各个不同低能见度范围,雾出现天数的峰值出现在 2003 年和 2006 年;在所有出现的雾天气中,低能见度 <200m 的雾出现频率最高,其次是低能见度为 500~1000m 的雾。

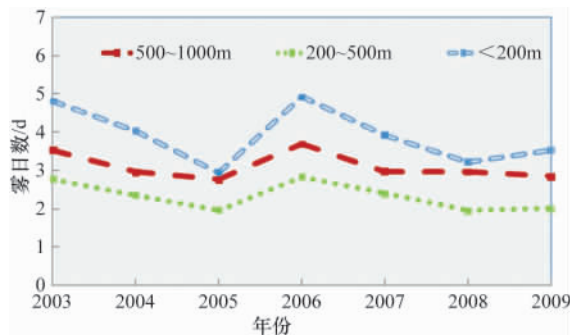


图 2 2003—2009 年平均每个站雾日数的年际变化

Fig. 2 Interannual variation curve of the average station fog days from 2003 to 2009

##### 3.1.2 雾的季节变化特征

图 3 为 1367 个站点 2002 年 12 月至 2010 年 2 月各个季节影响低能见度雾出现日数的变化曲线。由图 3 可以看出,4 个季节中,全国公路沿线 1367 个站点在冬季低能见度雾出现的频次最多,秋季次之,夏季出现的天数最少。可见,秋冬季较易形成雾,对低能见度的影响比较大。

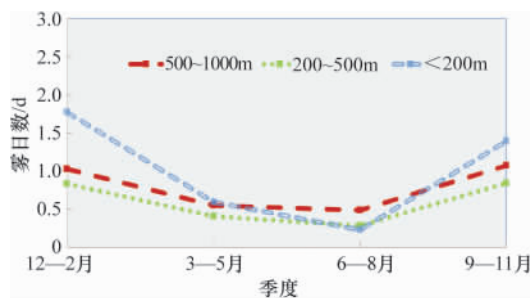


图 3 2002 年 12 月至 2010 年 2 月雾日数的季节变化  
Fig. 3 Quarter variation curve of fog days from 2002 December to 2010 February

##### 3.2 雾的空间分布特征

图 4 为 2003—2009 年影响低能见度的雾的频次在公路上的空间分布图。由图 4 可以看出,雾影响低能见度频次最高的地方主要是云南、贵州、四川、重庆等地区,其次为中国

东部地区。

在能见度<200m的情况下,雾影响低能见度频次最高的

地方为云南南部等。由于地形和局地条件的影响,雾的分布很不均匀,山区和沿海地区发生雾的日数较多。

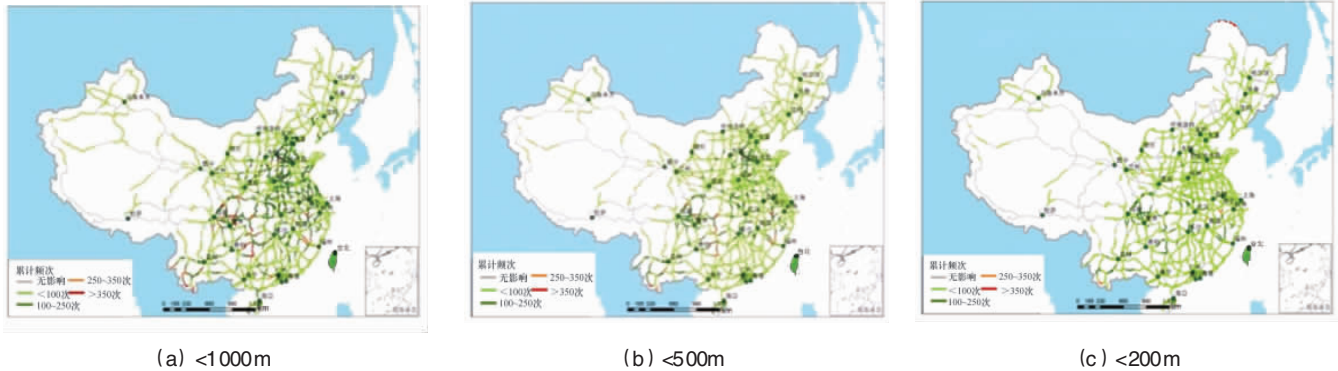


图4 2003—2009年引起低能见度雾的空间分布

Fig. 4 Low visibility distribution of fog space from 2003 to 2009

#### 4 降水影响公路低能见度的特征

##### 4.1 降水影响低能见度的空间特征

降水是影响公路低能见度的另一个重要的天气现象。经过数据质量控制后,研究所用的资料中只有2008年的1h降水资料缺测的日数不超过年总日数的10%,满足研究的需要。因此以下研究中均采用2008年的1h降水资料。

如图5所示,由于长江流域和江南地区多降雨,因此,降水引起低能见度出现频次较高的地区主要是在长江流域和江南地区。

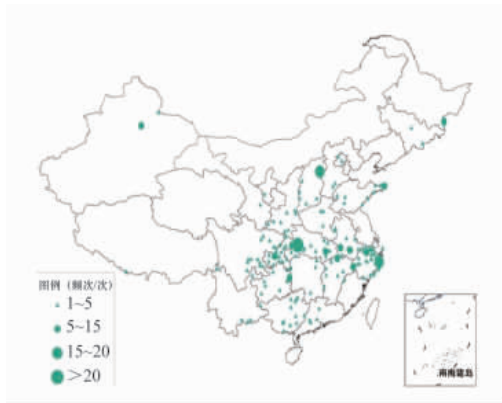


图5 2008年降水引起低能见度频次的空间分布

Fig. 5 Frequency space distribution of low visibility caused by precipitation in 2008

##### 4.2 低能见度与雨强相关特征分析

图6(a)为2008年各时次1h平均雨强与能见度相关关系变化曲线,在08:00—20:00,特别是在9:00—12:00和15:00—20:00,雨强( $R$ )和能见度( $V$ )之间呈很高的负相关性,即雨强较强时能见度较低,当雨强较弱时能见度较高,随着雨强的逐渐增强能见度逐渐降低。但从整个时间序列看,在09:00,15:00和18:00,能见度最低,不足200m,出现最低能见度的时刻并不是雨强最强时,而是滞后于最强降水,当雨强

在10~15mm/h时能见度一般也较低,不足500m。随着雨强的减弱能见度逐渐增高,从其散度图(图6(b))可以看出,1h平均雨强与能见度拟合并不完全呈负相关,在雨强较小时,也对应着较多的低能见度样本。是因为在降雨天气时,低能见度除受雨强的影响外,可能还与降水持续时间、当地气温、该地区地形以及降雨时伴随的其他影响能见度的天气现象(如雾等)有关。

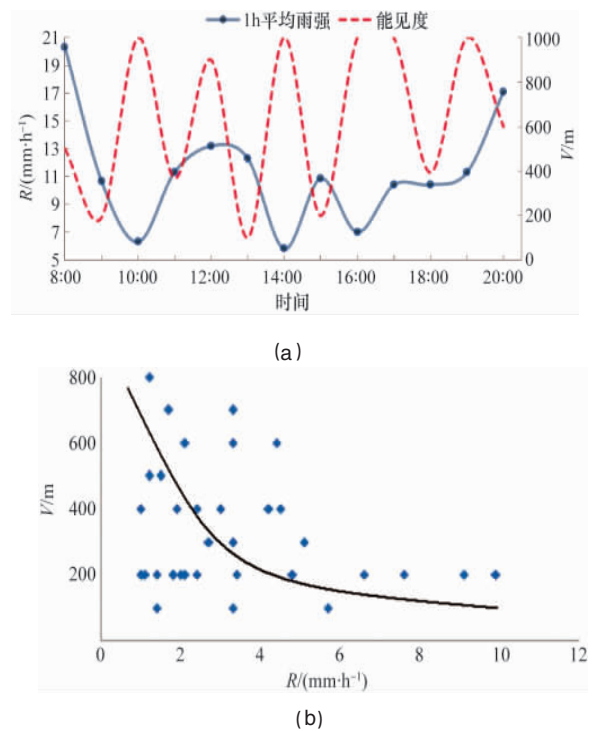


图6 2008年各时次1h平均雨强与能见度变化曲线(a)和变化散度(b)(2413个自动站)

Fig. 6 One hour average rainfall intensity and visibility curve in 2008 (a) and changes divergence (b) (2413 automatic stations)

### 4.3 降水天气出现低能见度的概率分布

图7是2002年9月至2010年3月降雨和降雪天气出现低能见度的概率分布。研究中所用降水资料均为每6h地面观测资料,降水量值为6h降水。

在降雨情况下(图7(a)),各个降水阈值范围(阈值范围是指图中横坐标所示0~<1,1~<2,2~<3,3~<4,4~<5,5~<6,6~<7,7~<8,8~<9,9~<10,10~<11,11~<12,12~<13,13~<14,14~<15,15~<16,16~<17,≥17;mm)内,各个等级低能见度的变化受降雨量影响不明显。其中,500~1000m的低能见度出现概率最大,其次是<200m的低能见度,200~500m的低能见度出现概率最小。

在降雪情况下(图7(b)),各个降雪阈值范围内(阈值范

围0~<1,1~<2,2~<3,3~<4,4~<5,5~<6,6~<7,7~<8,8~<9,9~<10,10~<11,11~<12,12~<13,13~<14,14~<15,15~<16,16~<17,≥17;mm),500~1000m的低能见度出现概率最大,其次是200~500m的低能见度,<200m的低能见度出现概率最小。随着降雪量级的增高,低能见度出现的概率逐渐增大,由此可见,低能见度出现的概率与降雪量级有明显的非线性相关关系,降雪量越大,低能见度出现的概率越大。

比较图7(a)、(b)可以看出,在降雪天气下低能见度出现的概率要大于降雨天气,因此,在降雪天气下更容易出现低能见度。同时,在降雪天气下,较易出现200~500m的低能见度;而在降雨天气下<200m的低能见度出现概率大于200~500m的低能见度。

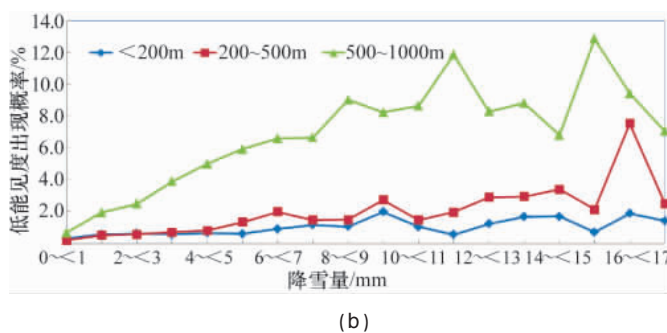
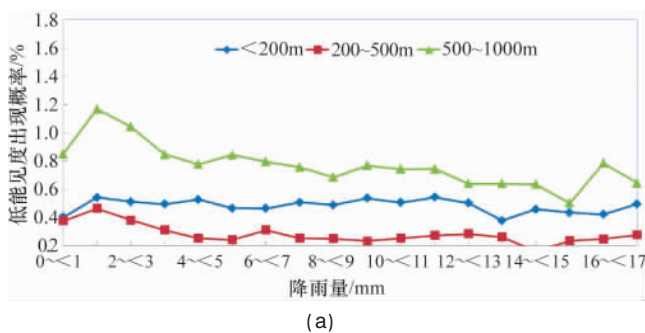


图7 2002年9月—2010年3月降雨(a)和降雪(b)天气出现低能见度的概率分布

Fig. 7 Probability distribution of weather-reduced low visibility in March from 2002 September to 2010 year. (a) rainfall; (b) snow

### 4.4 影响低能见度的降水概率分布

图8是2002年9月至2010年3月影响低能见度的降水概率分布,横坐标表示降水量范围(6h降水),与图7不同的是,纵坐标是表示在不同低能见度范围内,一定范围降水出现的频次占所有降水天气出现频次百分率(在统计中,去除了过去天气现象中出现沙尘和雾的天气样本),表征一定范围的降水对低能见度的贡献。考虑到雨量很小(微量)时,能见度也会出现较低的情况,可能是受到其他因子的影响,因此对雨量很小的样本暂不考虑。

在降雨情况下(图8(a)),影响各个等级低能见度范围内,0~3mm降雨量出现的概率最大,随着降雨量的增大,各个等级低能见度范围内降雨出现的概率逐渐减小,这主要是因为弱

降雨天气出现的频率高于较强降雨天气。但当降雨量在16~17mm以上时,对影响低能见度的贡献变大,可见相对于其他强度的降雨,16mm以上的强降雨天气更易造成低能见度。

降雪情况下(图8(b)),影响各个等级低能见度降雪出现概率变化趋势与降雨较为一致,较强降雪对影响低能见度的贡献小于弱降雪。200~500m低能见度范围内,降雪量在12~13mm以上的降雪出现的概率高于其他等级低能见度,可见,12~13mm以上的降雪对影响200~500m低能见度的贡献更大一些。

对比图8(a)、(b),在出现各个等级低能见度的范围内,降雪天气出现的概率高于降雨天气,可见与降雨天气相比较,降雪天气更容易造成低能见度。

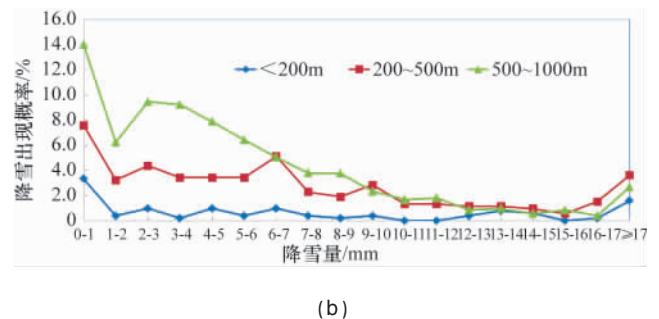
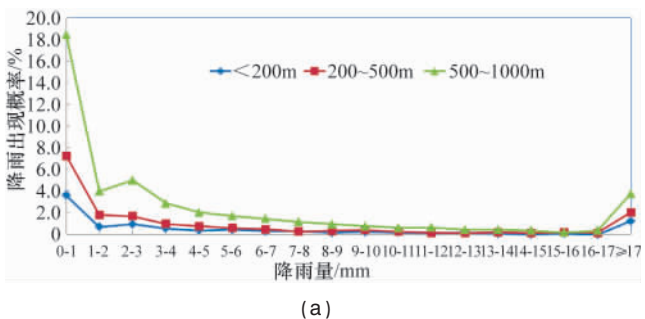


图8 2002年9月至2010年3月影响低能见度的降雨(a)和降雪(b)概率分布

Fig. 8 Probability distribution of weather affecting visibility from 2002 September to 2010 March : (a) rainfall; (b) snow

### 5 沙尘影响公路低能见度的特征

对 2002 年 9 月至 2010 年 3 月 1367 个站的样本进行分析, <500m 和 <200m 的低能见度样本中, 沙尘出现的频次很少, 无法有效地体现时空分布情况, 因此本研究仅对受沙尘影响 500~1000m 范围的低能见度进行分析。

在 08:00、14:00 和 20:00, 由沙尘引起的低能见度具有较

强的局地性, 主要集中在我国西北和华北北部地区。受沙尘影响的低能见度出现次数在 14:00 和 20:00 多于 08:00, 从图 9 可看出, 出现频次较多的区域是新疆西部和南部、青海北部、甘肃西部、内蒙古中部和西部等地, 主要是因为上述地区干旱少雨, 地表比较干燥松散, 在有大风天气出现时, 会将大量沙尘卷入空中, 形成沙尘天气, 造成水平能见度降低。

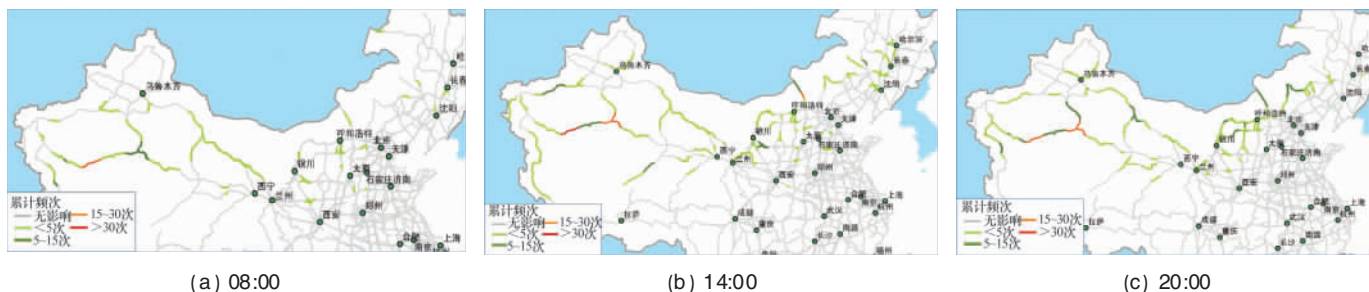


图 9 2002 年 9 月至 2010 年 3 月受沙尘影响 500~1000m 范围的低能见度在 08:00、14:00 和 20:00 时出现频次的空间分布  
Fig. 9 Space frequency distribution of low visibility between 500 and 1000 m caused by dust at 08:00, 14:00 and 20:00 from 2002 September to 2010 March

### 6 结论

(1) 相对于其他天气现象, 雾对能见度的影响范围较大, 受到雾影响的低能见度范围大部分是在 200m 以下, 雨、雪和沙尘在时间上的频次分布则较为均匀, 影响的低能见度范围主要在 500~1000m。

(2) 在不同时段和不同区域, 影响公路低能见度的天气现象有所不同。影响各路段低能见度的天气除了雾以外, 新疆南疆盆地、内蒙古西部、青海北部等地区主要受沙尘影响, 东北、华北、西南等地受雨雪影响较大, 江南和华南等地则主要受降雨影响。

(3) 降水引起低能见度频次较高的地区主要为长江流域、江南、华南等, 雨强 5mm 以上的低能见度雾主要在长江流域。同时, 雨强和能见度之间有一定的负相关性。

(4) 多数时段, 雨强和能见度之间呈很高的负相关性, 即雨强较强时能见度较低, 反之当雨强较弱时能见度较高, 随着雨强的逐渐增强能见度逐渐降低。但从整个时间序列来看, 出现较低能见度的时刻并不是雨强最强的时候, 而是雨强在 10~15mm/h 时能见度较低, 一般不足 500m。

(5) 降雪天气时低能见度出现的概率要大于降雨天气。降雪天气较易出现 200~500m 的低能见度, 而降雨天气时 <200m 的低能见度出现的概率大于 200~500m 的低能见度。

(6) 在出现各个等级低能见度的范围内, 降雪天气出现的概率高于降雨天气, 可见与降雨天气相比较, 降雪天气更容易造成低能见度。

#### 参考文献 (References)

[1] 田华, 王亚伟. 京津塘高速公路雾气候特征与气象条件分析[J]. 气象, 2008, 34(1): 66-71.

Tian Hua, Wang Yawei. Meteorological Monthly, 2008, 34(1): 66-71.  
 [2] 孟燕军, 赵习方, 王淑英, 等. 北京地区高速公路能见度气候特征[J]. 气象科技, 2001(4): 27-32.  
 Meng Yanjun, Zhao Xifang, Wang Shuying, et al. Meteorological Science and Technology, 2001(4): 27-32.  
 [3] 王川. 陕西省高等级公路大雾的气候规律分析[J]. 陕西气象, 2002(5): 15-17.  
 Wang Chuan. Journal of Shaanxi Meteorology, 2002(5): 15-17.  
 [4] 徐虹, 朱爱荣, 张宏, 等. 高等级公路秋冬季大雾的气候分析和概念模型[J]. 陕西气象, 1999(2): 16-18.  
 Xu Hong, Zhu Aierong, Zhang Hong, et al. Journal of Shaanxi Meteorology, 1999(2): 16-18.  
 [5] 田小毅, 吴建军, 严明良. 高速公路低能见度浓雾监测预报中的几点新进展[J]. 气象科学, 2009, 29(3): 414-420.  
 Tian Xiaoyi, Wu Jianjun, Yan Mingliang. Journal of the Meteorological Sciences, 2009, 29(3): 414-420.  
 [6] 吴兑, 邓雪娇, 游积平, 等. 南岭山地高速公路雾区能见度预报系统[J]. 热带气象学报, 2006, 22(5): 417-422.  
 Wu Dui, Deng Xuejiao, You Jiping, et al. Journal of Tropical Meteorology, 2006, 22(5): 417-422.  
 [7] 冯民学, 袁成松, 卞光辉, 等. 沪宁高速公路无锡段春季浓雾的实时监测和若干特征[J]. 气象科学, 2003, 23(4): 435-445.  
 Feng Mingxue, Yuan Chengsong, Bian Guanghui, et al. Journal of the Meteorological Sciences, 2003, 23(4): 435-445.  
 [8] 陶双成, 汪平, 邓顺熙. 环境雾对高速公路能见度影响分析[C]//第四届亚太可持续发展交通与环境技术大会论文集. 北京: 人民交通出版社, 2005: 621-625.  
 Tao Shuangcheng, Wang Ping, Deng Shunxi. Environmental impact analysis of fog on highway visibility [C]//The Fourth Asia-Pacific Conference on Sustainable Development of Traffic and Environmental Technology. Beijing: China Communications Press, 2005: 621-625.

(责任编辑 侯澄芝)