

京津塘高速公路大雾天气气候特征及其对交通的影响^{*}

周 慧¹, 解以扬², 高 鹰¹

(1. 天津市气候中心, 天津 300074; 2. 天津市气象科研所, 天津 300074)

摘 要: 利用京津塘高速公路沿线5个气象站(北京、武清、北辰、东丽和塘沽)1971~2006年的地面观测资料分析发现, 近36年该高速公路沿线的大雾日数呈微弱下降趋势, 具有明显的年际、季节、日变化特征和地域差异; 秋、冬季是大雾多发期, 大雾持续时间多数为8 h, 且冬季大雾有越靠近沿海雾日越多的特征; 同时, 还发现京津塘高速公路出现辐射雾的几率明显多于平流雾。在此分析的基础上, 探讨了雾天气对交通安全的影响及控制策略。

关键词: 高速公路; 大雾; 气候特征; 交通安全; 影响

中图分类号: U412.36⁺6; P426.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2008)03-0048-06

0 引言

根据气象观测规范^[1]定义, 大雾是指大量微小水滴浮游空中, 使水平能见度 $V_v < 1$ km 的天气现象, 其中, 水平能见度 $V_v < 500$ m 为浓雾。大雾和浓雾是常见的灾害性天气, 高速公路因交通流量大、车速快, 遇大雾和浓雾天气时常常会酿成多车追尾相撞的特大交通事故。在国外常有几百辆车相撞的交通事故。有资料表明, 在德国因雾引发的交通事故死亡率高达10%, 1995年在美国加利福尼亚至纽约方向的高速公路上, 因大雾引发的一场世界上最大的交通事故, 共造成300多辆车相撞, 死伤100多人^[2]; 中国已经进入突发事件的高危期, 2003年我国因交通事故损失2000亿元^[3]。我国也有数十辆车追尾相撞的恶性交通事故发生, 1997年12月17日08时左右, 因雾天能见度低, 造成京津塘高速公路发生了40余辆汽车追尾, 伤亡50人的特大交通事故^[4]。

迄今, 国内学者对雾的研究很多。如刘小宁、张洪政、李庆祥和朱燕君对我国大雾的气候特征及变化进行了初步解释^[5]; 冯民学、袁成松和卞光辉等应用沪宁高速公路AMW自动气象站实测资料和相应的环流背景场, 对春雾形成的物理过程

作了研究分析, 揭示了春雾形成过程中的若干特征^[6]; 张光智、边林根和王继志等对2001年2月北京及周边罕见大雾过程进行了综合分析, 对大雾的形成、发展、持续等不同阶段边界层动力、热力特征及层结结构演变特征进行分析^[7]。本文着重分析京津塘高速公路大雾天气气候特征及成因, 旨在认识该条高速公路大雾天气气候变化的特征和规律性, 探讨雾天对高速公路交通安全的影响, 为更好地开展京津塘高速公路气象服务提供气候背景。

1 京津塘高速公路大雾天气的气候特征

1.1 研究区域和资料来源

京津塘高速公路西起北京, 东至塘沽, 全长142.7 km。本文主要利用京津塘高速公路沿线的北京、武清、北辰、东丽和塘沽5个国家气象观测站1971~2006年间观测站天气现象、能见度、相对湿度等观测资料, 分析京津塘高速公路沿线大雾天气的气候特征。

1.2 大雾天气的年际变化特征

统计1971~2006年京津塘高速公路年平均大雾日数变化曲线(图1a), 可以看出, 京津塘高速

^{*} 收稿日期: 2007-12-13

基金项目: 国家科技部项目之一“影响城市群高速路安全的高危险天气预报系统”子专题——“京津塘高速公路沿线高危险天气的气候特征与数值释用方法研究”(资助(2005DIB3J09))

作者简介: 周慧(1960-), 女, 天津人, 高级工程师, 主要从事气候预测, 气候影响评价和科研。

E-mail: shihui_zhou@yahoo.com.cn

公路沿线年平均大雾日数为 20.1 d, 最多的 1990 年 36.2 d, 最少的 1986 年仅 9.2 d。近 36 年大雾日数呈微弱下降趋势, 且具有明显的年际变化, 1970 年代大雾偏多, 年平均为 22.7 d; 1980 年代大雾日数呈明显下降趋势, 年平均大雾日数为 18.7 d, 比 1970 年代减少 4 d; 1990 年代初至中期大雾日数有所增加; 近 10 年来华北大部地区持续干旱少雨, 加上蒸发量明显大于降水量, 空气湿度降低, 大雾日数总体呈下降趋势, 年平均为 19.7 d, 比 1970 年代减少 3 d。

2006 年平均大雾日数为 27.2 d, 为 1995 年以来大雾日数最多的一年。我们认为, 秋、冬季极涡位置偏北, 冷空气活动势力减弱, 偏北大风天气明显偏少, 平均相对湿度偏达 64%, 高于近 30 年气候平均值(61%), 是造成 2006 年秋冬季大雾天气偏多的主要原因之一。

大雾日数的年际变化在京津塘高速公路沿线存在一定差异。图 1(b) 为京津塘高速公路沿线平均大雾日数分布。北京年大雾日数呈减少趋势, 减少速率达 4.7 d/10 a; 武清和塘沽年大雾日数有所减少, 但变化不显著, 减少速率分别达 0.8 d/10 a 和 0.2 d/10 a; 而北辰和东丽年大雾日数却表现出上升的态势, 增加速率分别为 1.4 d/10 a 和 2.3 d/10 a。

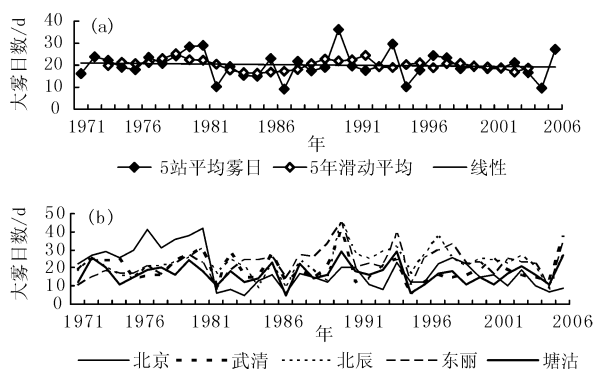


图1 京津塘高速公路逐年大雾日数变化曲线
(a) 沿线平均; (b) 5 站

1.3 大雾的季、月变化特征

大雾天气在京津塘高速公路沿线虽然一年四季都有发生, 但其季节变化十分显著。图 2 给出 1971~2006 年京津塘高速公路沿线大雾天气的季、月变化曲线和冬季平均大雾日数与同期平均相对湿度的关系。全年大雾日数主要集中于秋、冬季, 各站平均大雾日数占全年平均大雾日数的 71.0~86.5%。冬季大雾日数最多, 平均大雾日数为 6.0~10.6 d, 北京最少为 6.0 d, 塘沽和东丽最多为

10.4~10.6 d; 秋季平均大雾日数次多, 为 4.2~8.4 d; 夏季平均大雾日数为 0.6~3.6 d; 春季大雾日数最少, 平均大雾日数为 1.3~1.8 d。可见, 京津塘高速公路沿线大雾天气有明显的季节变化特征, 且在冬季有越靠近沿海大雾日越多, 夏、秋季有靠近沿海大雾日减少的特点(图 2a)。

京津塘高速公路沿线大雾日有显著的月变化规律, 各站 3~6 月大雾日较少, 5 月最少, 平均仅为 0.3 d。8 月开始大雾日数呈波动上升的趋势, 每年的 10 月至次年的 2 月为大雾多发期, 12 月最多, 平均为 4 d(图 2b)。

冬季大雾日数与相对湿度关系密切, 从陆地向沿海湿度逐渐增加, 大雾日数也有同样增多的倾向(图 2c)。

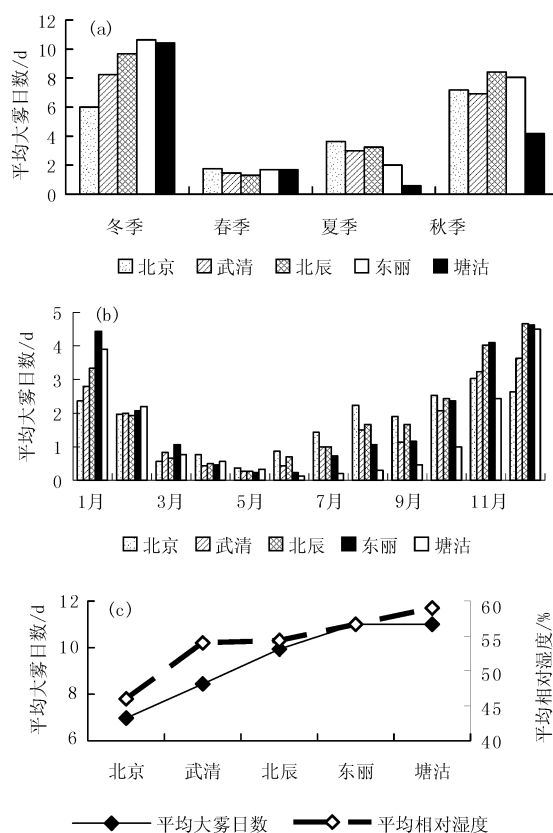


图2 大雾天气季、月变化及大雾日数与湿度关系

1.4 大雾的日变化特征

分析近 10 年大雾资料可以看出, 京津塘高速公路沿线的大雾天气具有明显的日变化特征。大雾一般在夜间至清晨日出前开始生成, 春、夏季于 10 时前减弱或消散, 秋、冬季可持续到 10~11 时。以塘沽为例, 1997~2006 年的 10 年间共出现 162 d 大雾日, 其中, 夜间至清晨(20~08 时)形成大雾 126 d, 占总数的 77.8%。在 126 d 中有 62% 的大雾在日出后 2~3 h 以后消散; 19% 的大雾在日落后(18~20 时)消散;

还有 19% 的大雾一直维持到次日以后消散。

1.5 不同类型大雾出现的几率

表 1 给出京津塘高速公路沿线各站常见不同类型大雾出现的几率。可以看出, 京津塘高速公路沿线出现辐射雾的几率明显高于其它雾, 各站出现辐射雾的几率除塘沽为 56.2% 外, 其它站均超过 85%。沿线各站出现平流雾的几率显著低于辐射雾, 除靠近沿海的塘沽出现平流雾的几率相对较高为 30.2% 外, 北京出现平流雾的几率仅为 6.8%, 其它站也均不足 10%。有些大雾过程具有辐射雾与平流雾交替出现的特征(混合雾), 这类雾在沿线各站出现的几率差异不大, 在 0.4% ~ 4.3%。还有一些大雾天气与锋面过境相伴, 维持时间较短, 这类雾出现的几率在 0.5% ~ 9.3%, 同样也是靠近沿海的塘沽出现锋面雾的几率相对高为 9.3%。以上分析不包括局地团雾。

表 1 京津塘高速公路沿线 5 个站不同大雾出现的几率

雾类型	北京	武清	北辰	东丽	塘沽	平均
辐射雾	85.80	86.50	89.00	87.30	56.20	80.96
平流雾	6.80	9.40	9.30	9.30	30.20	13.00
混合雾	3.40	3.60	1.70	0.40	4.30	2.68
锋面雾	4.10	0.50	0.80	3.00	9.30	3.54

1.6 大雾持续时间

大雾在秋、冬季比其他季节持续时间长, 持续时间多数在 8 h 左右, 也有个别情况持续时间超过 10 h。而在其他季节出现的大雾, 一般持续时间约在 2 ~ 4 h。近 10 年来持续时间最短的大雾出现在塘沽, 2000 年 12 月 18 日 10:51 起雾, 11:12 消散, 持续时间仅 21 min, 此次过程为锋面雾; 而持续时间最长的大雾出现在北辰, 1997 年 12 月 16 日凌晨起雾, 直至 18 日 11:50 消散, 持续时间超过 54 h, 为平流雾。

秋、冬季常会出现间断性大雾现象, 如 1997 年 12 月 24 ~ 29 日、2002 年 12 月 13 ~ 18 日和 2006 年 1 月 12 ~ 16 日, 均出现了 5 ~ 6d 的间断性大雾。2006 年 1 月 12 ~ 16 日塘沽出现连续多日大雾情况。1 月 12 日 18:40 起雾, 雾区浓度不断加强, 最小能见度 100 m, 到 13 日 03:35 雾消时, 大雾持续了 9 h; 14 日 06:45 ~ 14:45 大雾再现, 持续达 8 h; 14 日 20:00 大雾重现并不断加强; 最小能见度 100 m, 到 15 日 13:30 以后雾区消散, 大雾持续了 17.5 h; 15 日 22:38 开始起雾, 1 h 以后消散。从此次持续多日的大雾过程分析发现, 在傍晚到夜间或清晨日出前时段内最易起雾, 上午或维持或逐渐减弱, 午后消散, 到晚上又开始增强。

2 京津塘高速公路大雾天气的成因分析

2.1 辐射雾

京津塘高速公路沿线最常见的雾以辐射雾为主, 一般出现在晴朗无云、小风、低温、高湿的气象条件下, 具有明显的日变化。辐射雾在秋、冬季最多。沿线各站秋、冬季出现晴天(平均总云量 < 2 成)日数的几率是 39% ~ 45%, 晴天有利于辐射降温; 沿线各站秋、冬季气温日较差相对较大, 夜间辐射降温明显, 一般在清晨日出前气温最低, 雾常常最浓, 而日出后, 地面温度逐渐升高, 雾则逐渐消散; 秋、冬季大气层结比较稳定, 雾日通常伴随逆温的出现, 湍流交换较弱, 逆温层下风速较小, 在湿度大的条件下, 有利于大雾天气形成。而夏季虽然空气湿度大, 但气温较高, 对流性天气较多, 不利于大雾天气形成。春季多风, 也不利于雾的形成。

另一方面, 大气中的污染物是雾中凝结核的主要来源。近年来京津塘区域经济的快速发展, 车流量明显增加, 机动车尾气污染逐年加重, 使大气中凝结核增加, 当空气中湿度较大时, 形成雾的几率也随着增加。

2006 年 12 月 1 日的大雾天气就是典型的辐射雾。此次过程从凌晨 03:30 开始, 京津塘高速公路沿线各站先后出现的大雾天气, 由于夜间地面辐射冷却, 使贴近地面的空气层中的水汽达到饱和而凝结成雾。各站能见度均小于 500 m, 最小能见度仅 30 m, 由于大雾天气影响, 途径天津的京津塘等 8 条高速公路全部关闭。日出气温升高, 08:00 前后各站大雾逐渐消散。

2.2 平流雾

平流雾的产生与辐射雾不同, 主要成因是暖湿空气流经较冷的下垫面时, 水汽冷却达到饱和, 凝结而形成平流雾。分析发现, 在京津塘高速公路沿线, 出现平流雾时多伴有偏东风。由于偏东风携带了大量的湿空气, 叠加到冷地表时, 凝结成雾。平流雾具有浓度大、范围广、厚度大等特点, 有时伴有降水天气, 雾的持续时间一般较长, 且一天中任何时间都可能出现, 日变化不明显。离海最近的塘沽, 出现平流雾的几率最大。

京津塘高速公路沿线出现平流雾的典型个例是 1997 年 12 月 16 ~ 19 日。此次过程, 气压场很弱, 偏东风风速为 2.3 ~ 4.3 m/s, 持续时间较长, 沿海暖湿空气源源不断地输送到京津地区, 水汽

非常充沛,最小相对湿度达到 86%~90%,形成了平流雾。由于雾的范围较大,致使京津地区多条高速公路被迫封闭。

2.3 混合雾(辐射雾和平流雾)

2002 年 12 月 1 日,在京津塘高速公路沿线的北辰曾出现了典型的混合雾过程。12 月 1 日夜间起雾,至当日 11:20 大雾消散,属于辐射雾。当天 15:18,偏东风加强,带来充沛水汽,又形成平流雾。

2.4 锋面雾

京津塘高速公路也有少量的锋面雾。产生锋面雾的大气状况是,锋两侧气温差别比较显著,锋面移动相对缓慢,坡度较小,锋下冷空气层结稳定,气压梯度缓和,风力小,湍流较弱。位于锋面之上的湿空气遇冷达过饱和时凝结成雾;或者锋面上雨滴遇冷蒸发,水汽增多,当水汽多得不能被冷空气容纳时形成锋面雾。锋面雾具有随锋面移动的特点,一般持续时间短,不受日变化影响。如:1999 年 10 月 24 日 09:13~10:18 京津塘高速公路沿线的塘沽出现了短暂的大雾,属于锋面雾。

2.5 团雾

值得注意的是,京津塘高速公路沿线常有团雾现象出现。通过对驾驶员及高速公路管理局走访调查分析发现,京津塘高速公路极易形成团雾的路段有:京津塘高速杨村以北 61 km 附近两侧池塘,78 km 附近大桥,110~130 km 两侧荒地和北京段 12~35 km 处。高速公路沿线两侧低势低洼,多农田、鱼塘和水沟,尤其是在天津段两侧共有鱼塘、湿地 51 处,河道数条。在这种地形条件下,蒸发到空气中的水汽分布极不均匀,为高速公路部分地段团雾的产生提供了湿度条件。这种团雾在气象站常规观测资料中无法统计。鉴于团雾危害极大,建设加密的高速公路气象监测网监测团雾的生消尤为重要。

3 雾对交通安全的影响及控制策略

雾天对京津塘高速公路交通安全影响很大,主要表现在大气能见度的降低使得司机可视距离缩短,造成对车辆控制困难,以致于发生交通事故;大雾导致司机对车距的判断发生错觉,出现误判而引发交通事故;在合适的温湿条件下,大雾天气时路面极易形成薄霜,车辆打滑造成翻车、追尾;冬季大雾天气时,还会造成车窗内侧有水汽凝结,使司机视线受损^[8]。笔者对驾驶员及高

速公路管理局的调查也表明,多数情况下驾驶员主观认为的安全速度及间距与实际需要的安全速度及间距往往相差较大,主观判断的可视距离小于绝对安全间距。是大雾引发高速公路交通事故的原因之一。如 2005 年 11 月 5 日早晨 8:01~08:25,受大雾影响,京津塘高速公路出京 21~27 km 范围内,连续发生了 10 余起交通事故,造成十几辆大货车被撞毁,1 人死亡。

鉴于大雾对高速公路交通安全的影响,交通管理部门通常在雾天采取封闭高速公路的措施。然而,雾天封路则严重影响高速公路的运行效益,也给很多人的出行带来诸多不便。因此,改进雾天高速公路的控制策略逐渐得到重视。

美国是世界上拥有高速公路最多的国家,高速公路密度达到 1 km/100 km²。美国联邦公路管理局运输办推出了道路天气管理计划,形成了恶劣天气条件下高速公路通行管理的技术特色。如犹他州、田纳西州、卡罗来纳州的能见度预警或提示系统,维吉尼亚州天气事故检测系统。这些系统功能强大,包括信息收集、传输、模拟和公路与天气条件信息发布等,并为道路用户提供安全、可靠、及时的公路条件和行使策略^[9]。近年来国内的高速公路雾区交通管理发展迅速,与公路基础设施建设同步采用先进技术建设了沿路气象站,能够对雾天的能见度进行检测;在广东的京珠国道、江苏的沪宁高速公路上,交通管理部门与气象部门合作,开展雾的监测和预测,按照雾的严重程度分别采用限速、局部关闭、全线关闭等控制措施(表 2)^[10]。

4 结论

通过分析京津塘高速公路大雾天气气候特征及其对交通的影响,得到以下几点结论和建议。

(1) 近 36 年京津塘高速公路沿线的大雾日数呈微弱的下降趋势,且具有明显的年际变化,1970 年代大雾天气偏多,1980 年代大雾日数比 1970 年代减少 4 d;1990 年代初至中期大雾日数有所增加;近 10 年大雾日数总体呈下降趋势。

(2) 京津塘高速公路沿线大雾天气一年四季都有发生,但具有明显的季、月变化特征。秋、冬季是京津塘高速公路大雾多发期,占全年平均大雾日数的 71.0%~86.5%。春、夏季大雾较少。各月中,5 月最少平均仅为 0.3 d,12 月最多平均为 4 d。

表 2

雾区交通监控策略

事故	雾浓度与能见度	交通流	监控策略	限速	联动措施
无交通事故	≥ 200 m 轻雾	正常	交通法规宣传等	80 km/h	路政部门(交警)将移动标志车在雾区前 500 m 处, 开启闪烁警灯
		临界	提醒注意交通安全		
		拥挤	限速, 通知前方交通拥挤		
无交通事故	100 ~ 200 m 中等雾	正常	限速, 通知前方有雾, 注意交通安全; 黄色雾灯	60 km/h	交警路政巡逻; 医疗、消防、救援部门待命
		临界	限速, 通知前方有雾, 注意交通安全; 黄色雾灯		
		拥挤	限速, 通知前方有雾, 保持车距 100 m; 黄色雾灯; 提示交通分流		
无交通事故	50 ~ 100 m 大雾	正常	限速, 通知前方有雾, 保持车距 50 m; 黄色雾灯	40 km/h	在雾区路段设置活动护栏, 放行车辆 2 ~ 5 辆/min。严禁超限车辆驶入, 交警、路政巡逻、其他相关部门待命
		拥挤	限速, 通知前方有雾, 保持车距 50 m; 黄色雾灯		
	≤ 50 m 浓雾、雾墙	正常	通知前方有雾, 强制保持车距(按时间间隔放车)	20 km/h 或关闭	①在雾区路段设置活动护栏, 放行车辆 2 辆/min; ②采用巡逻车带领车队方式通过
有交通事故	≥ 200 m 轻雾	临界	暂时关闭交通, 提示交通分流		
		拥挤	关闭交通		
		拥挤	关闭交通		
有交通事故	< 200 m 有雾	正常	限速, 通知前方交通事故性质	40 km/h	交警、路政按各自职责出路事故
		临界	通知前方交通事故性质		
		拥挤	通知前方交通事故性质, 提示交通分流		
有交通事故	< 200 m 有雾	正常	通知前方交通事故性质; 封路; 强制分流	20 km/h 或关闭	交警、路政按各自职责出路事故
		临界	通知前方交通事故性质; 封路; 强制分流		
		拥挤	通知前方交通事故性质; 封路; 强制分流		

(3) 京津塘高速公路沿线的大雾天气具有明显的日变化特征。以塘沽为例, 一般多在夜间至清晨日出前生成; 有 62% 的大雾在日出后 2 ~ 3 h 以后消散, 19% 的大雾在日落后 (18 ~ 20 时) 消散, 一直维持到次日以后消散的大雾占 19%。

(4) 京津塘高速公路沿线的大雾绝大多数是辐射雾, 其次是平流雾, 还有少量的混合雾和锋面雾; 沿线一些路段还常常出现局地团雾, 与地形地貌有关。冬季大雾有越靠近沿海雾日越多的特征, 沿海地区平流雾较多。

(5) 大雾天气在秋、冬季比其他季节持续时间长, 一般持续时间在 8 h 左右, 个别情况持续超过 10 h。而在其他季节出现的大雾, 一般持续时间约在 2 ~ 4 h。

(6) 京津塘高速公路的大雾或浓雾使能见度降低, 影响到驾驶员的观察和判断。为减少因大雾或浓雾造成的灾害, 交通管理部门应与气象部门合作, 根据监测预测的能见度及时采取全部关闭、分段关闭或限速措施。

参考文献:

- [1] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 21 - 27.
- [2] 袁成松, 边光辉, 冯民学, 等. 高速公路上低能见度的监测与预报[J]. 气象, 2003, 29(11): 36 - 40.
- [3] 吴光伟, 王松华, 程俐. 城市防灾减灾对策研究[J]. 灾害学, 2006, 21(2): 40 - 45.
- [4] 李卫民, 李爱民, 吴兑. 高速公路雾区预测预报与监控系统[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005: 1 - 9.
- [5] 刘小宁, 张洪政, 李庆祥, 等. 我国大雾的气候特征及变化初步解释[J]. 应用气象学, 2005, 16(2): 220 - 229.
- [6] 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.
- [7] 张光智, 边林根, 王继志, 等. 北京及周边地区雾形成的边界层特征[J]. 中国科学: D 辑, 2005, 35(S0): 78 - 83.
- [8] 张颀, 冯建设. 济青高速公路大雾天气气候特征及其影响[J]. 气象, 2005, 31(2): 70 - 73.
- [9] 李卫民, 李爱民, 吴兑. 高速公路雾区预测预报与监控系统[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005: 13 - 20.
- [10] 李卫民, 李爱民, 吴兑. 高速公路雾区预测预报与监控系统[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005: 115 - 118.

Climatic Characteristics of Dense Fog along Jing-Jin-Tang Expressway and the Influence on Traffic

Zhou Hui¹, Xie Yiyang² and Gao Ying¹

(1. *Tianjin Climate Center, Tianjin 300074, China;*

2. *Tianjin Meteorological Institute, Tianjin 300074, China*)

Abstract: The analysis on the data of 5 meteorological stations (Beijing, Wuqing, Beichen, Dongli and Tanggu) along Jing-Jin-Tang expressway from 1971 to 2006 shows that the dense fog days along Jing-Jin-Tang expressway in recent 36 years indicates a declining trend, with obvious inter-annual, seasonal, daily and regional changes. Autumn and winter are the frequent periods of dense fog. The most of dense fogs last about 8 hours. It is of characteristics that dense fog days are more in winter in coast areas than that of other area. At the same time, the probability of radiation fog is more than advection fog along Jing-Jin-Tang expressway. Base on the analysis, the strategy for controlling the influences of fogs to traffic is discussed.

Key words: expressway; dense fog; climatic characteristics; traffic safety; influence

.....
(上接第 43 页)

Fuzzy Four-element Connection Number Based Security Evaluation Model for Flood Control Engineering System

Deng Chaoxian¹, Jin Juliang¹, Wang Zongzhi² and Wu Chengguo¹

(1. *School of Civil Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;*

2. *State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China*)

Abstract: Watershed flood control engineering system is a complex system consisted of random, fuzzy, unascertainable uncertainties, which has taken up the main part of the flood disaster management. Comprehensive security evaluation of the system can provide an important basis for flood disaster management. Fuzzy four-element connection number is the promotion of the identical, discrepancy and contrary connection number in set pair analysis theory, which can be used to analyze the uncertainty of the system more deeply. In this paper, security evaluation model for flood control project is established by using fuzzy four-element connection number to describe the relationship between the evaluated object and the evaluation criterion. Its result is reasonable and easy-understanding, and reflects the dynamic relationship between the evaluated object and the evaluation criterion. The security of a watershed flood control engineering systems is evaluated by using the model. Its result is consistent with that of other methods such as matter element method.

Key words: flood disaster management; flood control engineering; security evaluation; set pair analysis; fuzzy four-element connection number