

京沪沿线强降水频率及大风频率分布特征

张 强 杨贤为 张永山 邹旭恺

(国家气象中心气候中心, 北京 100081)

摘要 文章利用京沪铁路沿线气象站的降水量和风速资料, 统计分析了京沪铁路沿线各站严重影响高速列车行驶安全的两大气象因子——强降水和大风的分布特征, 并给出了多年一遇的时雨量和多年一遇的日极大风速值, 为京沪高速铁路设计提供科学的气象参数。

关键词 京沪高速铁路 强降水和大风 分布特征

引言

暴雨、大风、降雪、风沙及泥石流等气象灾害都会给列车运行造成困难, 甚至对铁路设施造成破坏。京沪铁路临近我国东部沿海, 受季风气候影响, 台风暴雨发生频繁。强降水和大风是严重影响京沪铁路尤其是高速铁路运行安全的两大主要气象灾害^[1]。众所周知, 暴雨洪水可冲毁铁路和桥梁, 造成铁路交通中断或列车脱轨、颠覆等事故; 大风对铁路桥梁、车辆、电讯设备等也可造成很大危害, 强风暴不但可导致列车晚点, 甚至可使高速运行的列车倾覆, 对人民的生命、财产构成巨大威胁。每年我国因强降水造成铁路中断达 100 次以上; 造成列车脱轨、颠覆重大灾害事故, 平均每年近 6 次; 兰新铁路风口地区, 1961 ~ 1982 年大风吹翻列车 10 多次^[1]。因此, 充分了解铁路沿线强降水、大风分布状况及发生频率对于铁路设计施工和列车安全行驶都具有十分重要的意义。

为了适应京沪高速铁路立项和建设的需要, 我们收集、整理了京沪沿线主要站点的多年逐日、逐时降水量资料和风速资料, 对不同降水强度级别和不同风速级别的资料进行归类统计并获得各级别时雨量及各级别日极大风速出现的次数和频率; 同时, 在历年逐日降水量资料分析的基础上, 依据一定的指标对北京至上海铁路沿线的降水强度进行分区。

1 研究范围、资料年代和统计项目

在分析京沪沿线不同级别的强降水频率分布特征时, 本研究采用的气象资料取自北京、沧州、济南、徐州、南京、上海等 6 站 1954 ~ 1999 年历年逐时降水 (R_h) 资料, 按 R_h 分别为 25 ~ 30、30 ~ 35、35 ~ 40、40 ~ 45、45 ~ 50、50 ~ 70 mm, 及 $R_h > 70$ mm 等 7 个时雨量级别分别计算各月及全年的出现次数和频率 (频率以次数/月或次数/年来表示)^[2], 并统计了 5、10、20、50、100 年一遇的 1 h 雨量^[3]; 同时, 根据北京、天津、沧州、济南、德州、兖州、徐州、蚌埠、南京、常州、上海等 11 站 1951 ~ 2000 年历年逐日降水 (R_d) 资料对北京至上海沿线周围内的降水强度进行分区。此外, 在 1951 ~ 1997 年的时段内, 选取了逐日极大风速 ($V_{\max}$) 记录比较完整 (观测资料年数为 10 年以上) 的北京、天津、沧州、德州、济南、蚌埠、南京、上海等 8 站分别统计历年 $V_{\max} \geq 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $V_{\max} \geq 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $V_{\max} \geq 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $V_{\max} \geq 35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $V_{\max} \geq 40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 等 5 个风速级别出现的次数和年出现概率, 并统计了 5、10、20、50、100 年一遇日极大风速值。

2 强降水频率分布特征

气象学规定, 时雨量 $R_h \geq 16 \text{ mm}$ 的降雨为暴雨, 本研究划定的时雨量级别均在暴雨标准之上。表 1 列出北京、沧州、济南、徐州、南京、上海等 6 站

不同雨量强度级别的年出现频率统计结果,各月出现频率统计结果表略,从中可归纳出如下特征。

表 1 各级别时雨量年出现频率 a^{-1}

R_h 级别	北京	沧州	济南	徐州	南京	上海
25 ~ 30 mm	0.67	0.68	1.07	1.00	0.85	1.00
30 ~ 35 mm	0.54	0.45	0.59	0.73	0.59	0.46
35 ~ 40 mm	0.30	0.53	0.41	0.48	0.24	0.41
40 ~ 45 mm	0.26	0.18	0.24	0.18	0.26	0.22
45 ~ 50 mm	0.13	0.21	0.22	0.21	0.17	0.15
50 ~ 70 mm	0.24	0.34	0.22	0.18	0.11	0.09
≥ 70 mm	0.02	0.0	0.11	0.09	0.0	0.0
≥ 25 mm	2.17	2.39	2.85	2.88	2.22	2.33

2.1 强降水出现时段由北向南呈增多趋势

图 1 是北京至上海沿线 6 站 $R_h \geq 25$ mm 出现时段。由图 1 可见,从北京至上海各站出现时雨量 $R_h \geq 25$ mm 的时段从 4 个月至 7 个月不等。北京、沧州出现在 6 ~ 9 月,济南出现在 4 ~ 9 月,徐州出现在 5 ~ 10 月,南京出现在 4 ~ 9 月和 11 月,上海出现在 4 ~ 10 月。

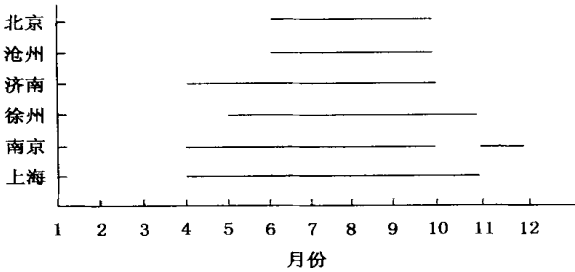


图 1 北京等 6 站时雨量 $R_h \geq 25$ mm 的出现时段

2.2 强降水频率具有中间多南北两头少的分布特点

图 2 是北京到上海沿线各站时雨量 $R_h \geq 25$ mm 出现的频次。图 2 显示北京至上海沿线各站 $R_h \geq 25$ mm 的年平均次数以徐州最多(2.88 次),其次为济南(2.85 次),这说明京沪线中段强降水频率相对较高。位于京沪线北段北京、沧州的时雨量 $R_h \geq 25$ mm 的年平均次数分别为 2.17 和 2.39 次,位于京沪线南段的南京、上海分别为 2.22 和 2.33 次,强降水频率均明显低于徐州、济南。

2.3 各级别强降水频率随着级别增大频率减小

由表 1 可知,北京至上海各站时雨量在 25 ~ 30 mm 的年频率为 0.67 ~ 1.07 a^{-1} ,45 ~ 50 mm 的年频率降为 0.13 ~ 0.22 a^{-1} , $R_h \geq 70$ mm 的年频率仅有 0 ~ 0.11 a^{-1} 。

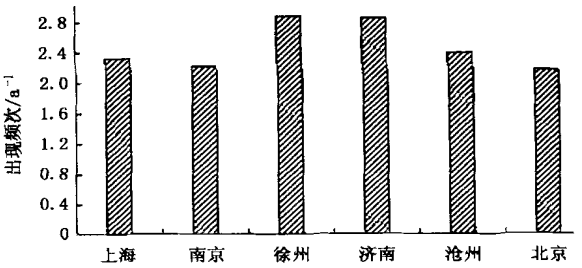


图 2 北京等 6 站时雨量 $R_h \geq 25$ mm 的平均次数

2.4 高强度降水(时雨量 $R_h \geq 70$ mm)主要出现在京沪线中段

北京等 6 站中出现时雨量 $R_h \geq 70$ mm 的站点为济南、徐州、北京 3 站,其年频率分别为 0.11、0.09、0.02 a^{-1} ,其余 3 站均无发生。这一级别的雨量济南站在 1954 ~ 1999 年期间共出现 5 次,徐州站在 1965 ~ 1967 及 1970 ~ 1999 年期间共出现 3 次,北京在 1954 ~ 1999 年期间出现过 1 次。各站自 1954 年至 1999 年有记录的极大时雨量分别是:北京 126.4 mm,出现在 1959 年;沧州 69.6 mm,出现在 1984 年;济南 89.7 mm,出现在 1962 年;徐州 83.5 mm,出现在 1997 年;南京 56.9 mm,出现在 1970 年;上海 63.2 mm,出现在 1969 年。

2.5 多年一遇时雨量分布

表 2 给出了京沪沿线 6 站 5、10、20、50、100 年一遇时雨量,由此可见,多年一遇时雨量京沪线北段大于南段,中段济南最大,其百年一遇时雨量达 94.7 mm。综合表 1 和表 2 结果说明京沪线北部总的降水量虽然较少,但特别强降雨北部出现概率大于南部。在京沪高速铁路设计中中北部要更加注重考虑强降雨的影响。

表 2 北京等 6 站多年一遇时雨量值 mm

站名	5 年一遇	10 年一遇	20 年一遇	50 年一遇	100 年一遇
北京	49.5	55.8	62.0	70.5	76.2
沧州	51.3	60.4	68.6	78.3	84.8
济南	53.7	64.3	74.6	85.8	94.7
徐州	53.1	62.0	69.8	79.9	87.2
南京	44.5	50.3	55.1	60.4	64.8
上海	41.1	47.6	52.8	59.6	64.5

3 降水强度分区

本研究以北京至上海沿线 11 个站点 1951 ~ 2000 年逐日雨量资料的统计结果来进行降水强度分区。具体步骤为首先分别统计各站累年各月及年

日雨量 $R_d \geq 50 \text{ mm}$ (暴雨) 和 $R_d \geq 25 \text{ mm}$ (大雨) 的日数,接着归纳、分析京沪沿线暴雨日数和大雨日数的地理分布特征,然后综合考虑上述分布特征并制定相应的指标,最后依据所立指标进行分区。

3.1 京沪沿线暴雨日数分布特征

北京等 11 站各月及年的暴雨日数统计结果如图 3 所示。暴雨日数总体趋势从北向南增多,但北京至沧州不但不增,反而从 2.3 天减少至 1.8 天;沧州至徐州明显增多,从 1.8 天增加到 3.0 天;徐州至上海变化不大,大体维持在 3.0 天左右。暴雨日数出现的月份从北向南亦呈增多趋势。

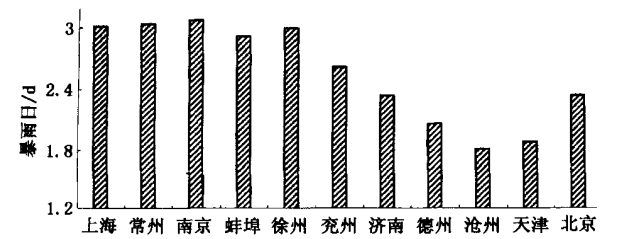


图 3 北京等 11 站日雨量 $R_d \geq 50 \text{ mm}$ 的年平均日数

3.2 京沪沿线大雨日数分布特征

上述各站月及年大雨日数统计结果(图 4)同暴雨日数的分布趋势一样,大雨日数从北向南也不断增加,而且南北差距更大,最多的站点(上海)和最少的站点(天津)相差 5.6 天。北京至德州段大雨日数变化不大,为 6.0 ~ 6.4 天之间;德州至徐州段大雨日数急剧增多,从 6.1 天增加到 9.4 天;蚌埠和徐州大雨日数相仿,但蚌埠至上海段变化又较大,从 9.5 天增加到 11.6 天。

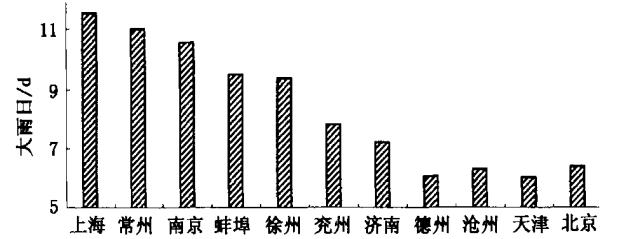


图 4 北京等 11 站日雨量 $R_d \geq 25 \text{ mm}$ 的年平均日数

3.3 京沪沿线降水强度分区

综合考虑暴雨日数与大雨日数的分布规律,依据一定的暴雨日数及大雨日数级别指标,将京沪沿线按降水强度差异分为 4 个区,各区划定的指标和所属站点如表 3 所示。京沪铁路北段(德州以北)属

一般降水强度区,京沪铁路中北段(济南至兖州段)属中等降水强度区,京沪铁路中南段(徐州至蚌埠段)属较强降水强度区,京沪铁路东南段(南京至上海段)属强降水强度区。从中不难看出,在降水强度日数变化不大的南北两端,同一降水强度分区所含的站点较多;在降水强度日数变化较大的铁路中段,同一分区所含的站点较少。

表 3 京沪线降水强度分区

级别	强度区	站名	分区指标	
			$R_d \geq 50.0 \text{ mm}$	$R_d \geq 25.0 \text{ mm}$
			年平均日数/d	年平均日数/d
I	一般降水	北京	< 2.5	< 7.0
		天津		
		沧州		
		德州		
II	中等降水	济南	2.0 ~ 3.0	7.0 ~ 9.0
		兖州		
III	较强降水	徐州	2.5 ~ 3.0	9.0 ~ 10.0
		蚌埠		
IV	强降水	南京	> 3.0	> 10.0
		常州		
		上海		

4 大风出现频率分布特征

表 4 列出北京等 8 站出现不同级别极大风速的总次数、年平均次数和年发生概率等统计结果,从中可归纳出如下分布特征。

4.1 随着风速级别提高出现概率急剧减小

在 $V_{\max} \geq 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 风速级别,京沪线各站每年平均发生 3.0 ~ 19.2 次,年发生概率(发生该级别日极大风速的年数与全部统计年数之比)为 81 % ~ 100 %,表明绝大多数年份均出现过 $V_{\max} \geq 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的日极大风速。在 $V_{\max} \geq 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 风速级别,各站年平均次数为 0.35 ~ 2.4 次,年发生概率为 24 % ~ 86 %,即约有半数年份出现过 $V_{\max} \geq 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的日极大风速。在 $V_{\max} \geq 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 风速级别,各站年平均次数只有 0.03 ~ 0.44 次,年发生概率为 3 % ~ 17 %,说明只有极少数或少数年份出现过 $V_{\max} \geq 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的日极大风速。在 $V_{\max} \geq 35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 风速级别,除少数站点(德州、蚌埠、南京)偶有出现,其余各站均无出现。在 $V_{\max} \geq 40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 风速级别,所有站点均无出现。

表 4 京沪沿线 8 站日极大风速出现次数及概率

站名	$V_{\max} \geq 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$					$V_{\max} \geq 25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$					$V_{\max} \geq 30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$					$V_{\max} \geq 35 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$					统计时段
	总次数	年平均次数	出现年数	统计年数	年发生概率(%)	总次数	年平均次数	出现年数	统计年数	年发生概率(%)	总次数	年平均次数	出现年数	统计年数	年发生概率(%)	总次数	年平均次数	出现年数	统计年数	年发生概率(%)	
北京	182	6.3	27	29	93	19	0.66	8	29	28	1	0.03	1	29	3						1951 ~ 1968 1971 ~ 1975 1992 ~ 1997
天津	269	19.2	14	14	100	34	2.4	12	14	86	6	0.43	4	14	29						1955 ~ 1968 1971 ~ 1990
沧州	179	9.0	19	20	95	27	1.4	10	20	50	4	0.20	3	20	15						1965 ~ 1994 1955 ~ 1997
德州	137	4.6	27	30	90	29	0.97	14	30	47	6	0.20	5	30	17	1	0.03	1	30	3	1951 1958 ~ 1988 1993 ~ 1997
济南	590	13.7	41	43	95	110	2.6	26	43	60	19	0.44	7	43	16						1951 ~ 1991 1993 ~ 1997
蚌埠	112	3.0	30	37	81	13	0.35	9	37	24	3	0.08	3	37	8	1	0.03	1	37	3	1952 ~ 1993
南京	174	3.8	44	46	96	22	0.48	17	46	37	5	0.11	4	46	9	1	0.02	1	46	2	
上海	138	3.3	36	42	86	20	0.48	15	42	36	2	0.05	2	42	5						

4.2 北方站点大风次数明显多于南方站点

在 $V_{\max} \geq 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 风速级别, 济南及以北站点所出现的年平均次数明显大于蚌埠及以南站点; 在 $V_{\max} \geq 25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 风速级别, 这一特点同样明显。

4.3 北方站点大风次数空间变率大, 南方站点大风次数空间变率小

在 $V_{\max} \geq 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 级别, 济南及以北站点的年平均次数为 4.6 ~ 19.2 次不等, 相互之间差别很大, 如北京至天津从 6.3 次跃至 19.2 次, 德州至济南从 4.6 次剧升到 13.7 次; 蚌埠及以南站点的年平均次数为 3.0 ~ 3.8 次, 彼此差别很小。 $V_{\max} \geq 25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 级别的年均次数分布同样如此, 济南及以北站点为 0.66 ~ 2.6 次, 蚌埠及以南站点为 0.35 ~ 0.48 次。

4.4 多年一遇日极大风速值

表 5 分别给出了京沪沿线 8 站 5、10、20、50、100 年一遇日极大风速值, 由此可见, 多年一遇日极

表 5 北京等 8 站多年一遇日极大风速 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$					
站名	5 年一遇	10 年一遇	20 年一遇	50 年一遇	100 年一遇
北京	25.5	27.0	28.6	30.8	33.0
天津	31.0	33.0	34.5	36.5	38.0
沧州	28.5	31.0	32.8	35.0	37.0
德州	29.5	31.8	33.8	36.0	38.0
济南	30.0	31.6	33.5	35.5	37.0
蚌埠	26.0	29.0	31.5	34.0	35.5
南京	27.0	29.2	31.2	34.0	36.2
上海	27.2	29.0	30.2	31.5	32.5

大风速度京沪线南北段差别不十分明显, 中段天津至济南稍大些, 其百年一遇日极大风速值达 37 ~ 38 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; 这可能与中部属华北平原地区有关。

5 小结

(1) 强降水和大风是严重影响铁路交通安全的主要气象灾害, 对京沪沿线强降水频率及大风频率分布特征的综合分析, 对于京沪高速铁路的设计、施工和安全运行保障具有重要的参考价值。

(2) 京沪线强降水出现的时段从北方的 4 个月逐渐增多至南方的 7 个月。时雨量 $R_h \geq 25 \text{ mm}$ 的强降水频率以京沪线中段(济南至徐州) 为最高, 南北两头较低; 时雨量 $R_h \geq 70 \text{ mm}$ 的高强度暴雨也主要发生在京沪线中段。

(3) 日降水量 $R_d \geq 50 \text{ mm}$ 的暴雨日数和日降水量 $R_d \geq 25 \text{ mm}$ 的大雨日数总体呈由北向南增多趋势。依据暴雨日数和大雨日数的分布特点, 京沪沿线可分成 4 个降水强度区。

(4) 京沪线各站每年平均有 $V_{\max} \geq 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的日极大风速 3 ~ 19 次不等, 但随着风速级别提高, 各站出现的次数和概率急剧降低。

(5) 京沪线北方站点(济南以北) 大风次数明显多于南方站点(蚌埠以南); 北方站点之间大风次数空间变率大, 南方站点之间大风次数空间变率小。

参考文献

- 1 朱瑞兆. 应用气候手册. 北京: 气象出版社, 1991
- 2 王树廷, 王伯民. 气象资料的整理和统计方法. 北京: 气象出版社, 1984
- 3 么枕生, 丁裕国. 气候统计. 北京: 气象出版社, 1990

THE ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF SEVERE PRECIPITATION FREQUENCY AND STRONG WIND FREQUENCY ALONG THE HIGH SPEED RAIL WAY FROM BEIJING TO SHANGHAI

Zhang Qiang Yang Xianwei Zhang Yongshan Zou Xukai
(National Climate Center , Beijing 100081 , China)

Abstract : Severe precipitation and strong wind are very danger to the safety running conditions of the high speed railway . Based on the data of precipitation and wind speed along the railway from Beijing to Shanghai , the distribution characteristics of the two main meteorological factors were computed and analyzed , and the maximum of precipitation and wind speed that occur for decades are also be calculated . These scientific meteorological parameters are useful in the design of high speed railway from Beijing to Shanghai .

Key words : high speed railway from Beijing to Shanghai , severe precipitation and strong wind , distribution characteristics