

高菊霞, 杨碧轩, 杨舟. 西安市周边大气电场特征分析 [J]. 陕西气象, 2015 (2): 27-31.

文章编号: 1006-4354 (2015) 02-0027-05

西安市周边大气电场特征分析

高菊霞, 杨碧轩, 杨舟

(陕西省防雷中心, 西安 710014)

摘要: 利用西安周边 7 个大气电场探测站 2010—2011 年有效样本, 分别计算各站的大气电场强度平均值、最大值、最小值, 电场强度平均值世园站最大, 长安站最小, 电场强度最大负极值出现在临潼站 (-81.7 kV/m), 电场强度最大正极值出现在秦都区 (39.64 kV/m)。根据影响范围将样本分为区域性 (3 个县区站及以上) 和局地性 (3 站以下) 雷电过程两类, 7 个探测站共有雷电天气过程样本 24 d, 其中局地性 19 d, 区域性 5 d。对典型区域性雷电天气过程进行分析, 结果表明: 电场强度平均值对雷电的发生有指示性, 如果大气电场强度大于平均值, 预示探测站上空有带电荷的雷暴云在发展; 大气电场强度曲线中抖动跳变、第一个正负极值、最大负极值和最大正极值 4 个特征量对雷电天气的出现有明显预警指示, 一级预警 (电场值为 2 kV/m) 提前量为 4~86 min, 平均提前量约 22 min, 抖动跳变预警平均提前量约 18 min。

关键词: 大气电场; 雷电; 监测; 预警

中图分类号: P427

文献标识码: A

大气电场监测, 即探测方圆 15 km 范围内晴天和雷暴天气条件下大气平均电场强度大小和极性的连续变化, 也可以探测闪电放电所引起的电场变化。雷电的发生总是与大气电场密切相关, 当大气电位梯度^[1]达到大气的击穿电位梯度时, 将会有雷电的发生。一般空气介质击穿电位梯度大约为 3×10^{13} V/m, 若空气介质中有半径为 1 mm 的水滴, 击穿电位梯度降低为 1×10^{13} V/m。当有闪电发生时, 大气电场仪指示的大气电场值会出现明显不规则振动。因此, 根据地面大气电场的变化, 可判断探测站上空雷暴云中电荷变化, 对闪电事件进行有效监测和预警。

陕西省于 2009 年底, 在华山、临潼、长安县及咸阳的秦都区建立 4 台大气电场仪, 用于雷电的实时监测和预警预报研究。为了做好 2011 年西安世界园艺博览会气象服务保障工作, 在西

安城区、泾河气象站和博览会园区又建立了 3 台大气电场监测仪, 大气电场监测在园艺博览会气象服务中发挥了重要作用。柴瑞等^[2]分析了 12 次雷暴过程, 发现电场的快变抖动和闪电的发生具有 0-1 化关系; 王振会等^[3]根据雷暴云电场特征, 结合雷达等观测资料, 提出一个利用电场幅值阈值和差分阈值方法, 为进行电场测站的首次地闪的雷暴临近预报方法; 朱男男等^[4]指出大气电场仪曲线在雷暴发生前 15~50 min 有剧烈变化。国内还有许多关于大气电场预警预警方面的研究成果^[5-7], 但都缺乏针对特定区域、电场特征量的基础性研究, 本研究填补了这方面的空白。

1 资料处理分析

7 个探测站分别为临潼站、秦都区站、长安区站、华山站、泾河站、西安市气象局站及世界博览会园区站, 分布在西安市的东南西北 4 个方

收稿日期: 2014-09-28

作者简介: 高菊霞 (1972—), 女, 汉族, 陕西眉县人, 学士, 高级工程师, 从事雷电监测、预报、预警业务服务和雷电临近预警研究。

基金项目: 2013 年度陕西省气象局预报员专项 (2013Y-11)

向,可以有效监测西安上空雷暴特征。资料样本为7个站2010—2011年大气电场监测数据。通过与雷暴观测实况、闪电定位及其他天气现象对比分析,对各站资料进行筛选,华山、临潼、长安县和秦都区有效资料为2010年4月—2011年10月,西安、泾河、世园站可用资料为2011年5—12月。7站资料样本集中在4—10月,其中临潼、秦都区、长安和华山站样本在300 d以上,泾河站和西安站样本为165 d,临潼站样本最多为352 d,世园站样本最少为87 d。华山站2011年4—10月资料,平均值在 $-0.878\ 6\sim 0.89\ \text{kV/m}$ 之间,数据值不可用,可用样本仅有2010年4—6月的77 d。华山、世园站样本较少,对总结雷电预警指标因子和预警门限值、预警等级和报警时间调整会产生一定影响。

2 特征分析及典型个例

2.1 各个探测站特征量

对每个探测站的样本资料进行对比分析(表1)可知,西安周边的平均电场强度值为 $-0.197\ 5\sim 0.837\ 54\ \text{kV/m}$,最大值为 $39.64\ \text{kV/m}$,最小值为 $-81.7\ \text{kV/m}$,当雷暴云接近西安地区上空时,西安地区的地面平均电场波动明显。长安区和华山站地面平均电场以负极性为主,而临

潼、秦都区、泾河、西安和世园站地面平均电场以正极性为主。进入4月,陕西全省气温开始回升,春季、初夏、盛夏、初秋是每年雷电发生的主要季节,由于每个阶段的天气气候特征不同,天气影响系统以及水汽输送差别较大,使每个月的大气平均电场存在很大差异。由于大气电场探测最大范围为 $15\ \text{km}$,有效范围仅有 $10\ \text{km}$,逐站分析各月大气电场特征比较有意义,临潼站8月平均电场强度最大,电场最小值月变化呈“V”字形变化,其中7月负极性最大;秦都区站8月电场平均值最大,电场最大值出现在6月,电场最小值出现在9月,6—8月正极性,9—10月负极性;长安站负极性最大值出现在6—7月,正极性最大值出现在8月,主汛期6—8月电场变化波动明显;泾河站电场平均值月变化呈“V”字型,7—8月电场最大值正极性强度较大,电场最小值负极性强度也大,本站电场波动明显,极性变化也明显;西安站电场强度最大值月变化为 $2\sim 5\ \text{kV/m}$,变化幅度小,最小值月变化为 $-1\sim 9\ \text{kV/m}$,变化幅度大;世园站样本少,安装高度较高,电场变化曲线较明显,预警应用效果好;华山站海拔高、样本少,资料代表性差。

表1 各个探测站的大气平均电场强度最大值、最小值和平均值

kV/m

站名	临潼	秦都区	长安	华山	泾河	西安	世园
平均电场强度	0.054 98	0.659 76	-0.197 5	-0.122 82	0.084 22	0.183 28	0.837 54
最大电场强度	15.45	39.64	26.9	30.79	25.16	5.085	23.24
最小电场强度	-81.7	-25.2	-32.6	-22.9	-26.4	-8.56	-18.6
电场极性	正极性	正极性	负极性	负极性	正极性	5—7月负极性, 8—10月正极性	正极性

2.2 典型个例

对有明显波动和跳变的样本与监测实况对比分析,结果表明,在雷电天气发生前期或者发生过程中,大气电场曲线波动比较明显,雷电天气过程样本最多的是临潼站有14个,最少的是秦都区和华山站为4个,7个探测站共有54个过程样本。3站及以上同时发生雷电天气的过程定

义为区域性雷电天气,有5个过程样本;3站以下同时发生雷电天气的过程为局地性雷电天气过程,有49个样本,且局地强对流特征明显。西安区域性雷电天气出现较少,5次天气过程中西安、临潼、长安、泾河、秦都区和世园站 $10\ \text{km}$ 范围内有强雷电发生,特别是2011年7月17日、8月15日和8月25日发生闪电几百次,电

场强度曲线变化非常明显, 很有代表性。各个天气过程闪电和电场特征见表 2。

表 2 2011 年 3 次区域性雷电天气过程闪电和电场特征

日期	特征量	长安	泾河	临潼	秦都区	世园	西安
7 月 17 日	闪电频次 (10 km 内) / 次	3	6	42	34	7	7
	首次闪电发生时间	21: 15	20: 27	20: 41	20: 20	20: 30	20: 30
	闪电结束时间	21: 38	21: 44	21: 43	21: 19	21: 44	21: 44
	达到 2kV/m 报警时间	20: 42	20: 05	19: 15	19: 49	20: 39	20: 18
	预警提前时间/min	32	22	86	31	-9	12
	抖动跳变时间	20: 52	20: 07	20: 34	19: 51	20: 28	20: 14
8 月 15 日	闪电频次 (10 km 内) / 次	5	135	110	179	91	78
	首次闪电发生时间	22: 17	21: 39	21: 09	21: 16	21: 45	21: 45
	闪电结束时间	22: 44	23: 54	22: 49	22: 44	23: 50	23: 50
	达到 2kV/m 报警时间	22: 00	21: 48	—	20: 53	21: 10	未报警
	预警提前时间/min	17	-9	—	23	35	—
	抖动跳变时间	22: 04	21: 34	—	21: 18	21: 30	22: 04
8 月 25 日	闪电频次 (10 km 内) / 次	102	57	32	37	74	72
	首次闪电发生时间	16: 38	16: 15	18: 29	16: 07	17: 23	17: 23
	闪电结束时间	20: 31	21: 13	22: 11	18: 09	19: 37	19: 37
	达到 2kV/m 报警时间	16: 34	17: 17	未报警	16: 07	17: 10	17: 57
	预警提前时间/min	4	-62	—	0	13	-34
	抖动跳变时间	16: 28	17: 14	—	16: 39	17: 22	17: 39

2.2.1 2011 年 7 月 17 日 西安周边 6 个探测站在其 10 km 范围内都有闪电发生, 其中临潼站最多为 42 次, 各站电场波动与闪电发生时段基本相符, 一级报警 (电场强度为 2 kV/m) 平均提前约 32 min, 最短提前 9 min, 最长提前 86 min, 抖动跳变预警提前量也较明显。选取泾河、临潼、秦都区和西安四站说明这次过程电场变化特征 (图 1)。07 时开始, 临潼站大气电场强度大于平均值, 最大负极值 -8.623 kV/m 出现在 20: 55, 最大正极值 5.6 kV/m 出现在 20: 50, 首次闪电发生在 20: 41, 一级报警发生在 19: 15, 提前预警 86 min, 抖动跳变出现在 20: 34, 比首次闪电早出现 7 min。秦都区站 19: 00 开始电场强度大于平均值, 明显的波动出现在 19: 30 以后, 19: 49 达到一级报警, 比首次闪电发生早 31 min, 19: 51 出现抖动跳变, 比首次闪电发生提前 29 min。泾河站电场强度明显

抖动跳变和极值出现在 20: 00, 20: 05 达到一级报警, 首次闪电发生在 20: 27, 提前 22 min 预警, 抖动跳变发生在 20: 07, 提前 20 min 预警, 最大负极值 -3.255 kV/m 出现在 21: 17, 最大正极值 3.463 kV/m 出现在 20: 52。西安站电场强度 20: 14 出现明显抖动跳变, 比首次闪电早 16 min, 第一个最大负极值 -6.815 kV/m 出现在 20: 16, 比首次闪电提前 14 min。

2.2.2 2011 年 8 月 15 日 6 个探测站 10 km 范围内均发生高频度闪电, 秦都区站闪电最多 179 次, 其次泾河站 135 次, 电场波动和闪电发生时段基本相符, 电场特征量提前预警明显, 除临潼资料有误, 西安站未报警, 其余 4 站提前预警时间平均 25 min, 最短提前 17 min, 最长提前 35 min, 抖动跳变预警提前量也较明显。选取秦都区、泾河、长安和世园四站说明这次过程电场变化特征 (图 2)。秦都区站大气电场强度从 20: 00

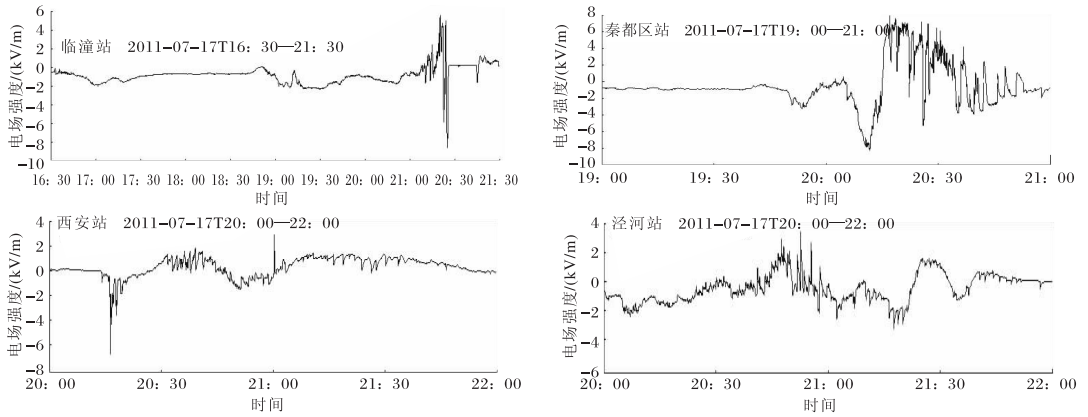


图1 2011-07-17 西安周边四站大气电场变化

开始大于平均值并出现波动, 20:53 达到一级报警, 比首次闪电发生提前 23 min, 21:18 开始第一次抖动跳变, 比首次闪电发生晚 2 min, 此后电场值不断升高, 波动明显, 闪电密集发生。长安站大气电场强度 00—22 时在平均值附近波动, 22 时达一级报警, 比首次闪电提前 17 min, 长安站 10 km 范围内发生闪电 5 次, 最大负极值 -26.452 kV/m 出现在 22:23, 最大正极值 17.29 kV/m 出现在 22:28。泾河站大气电场强度 00—21 时一直小于平均值, 21:34 发

生首次抖动跳变, 比首次闪电提前 5 min, 最大负极值 -9.82 kV/m 出现在 23:30, 最大正极值 5.43 kV/m 出现在 23:56。世园站大气电场强度 00—21:00 电场强度一直在平均值附近波动, 21:13 出现第一个正极值, 比首次闪电提前 32 min, 最大负极值 -11.835 kV/m 出现在 22:29, 最大正极值 8.752 kV/m 出现在 22:11, 10 km 范围内首次闪电出现在 21:45, 一级预警提前 35 min, 首次抖动跳变提前 15 min。

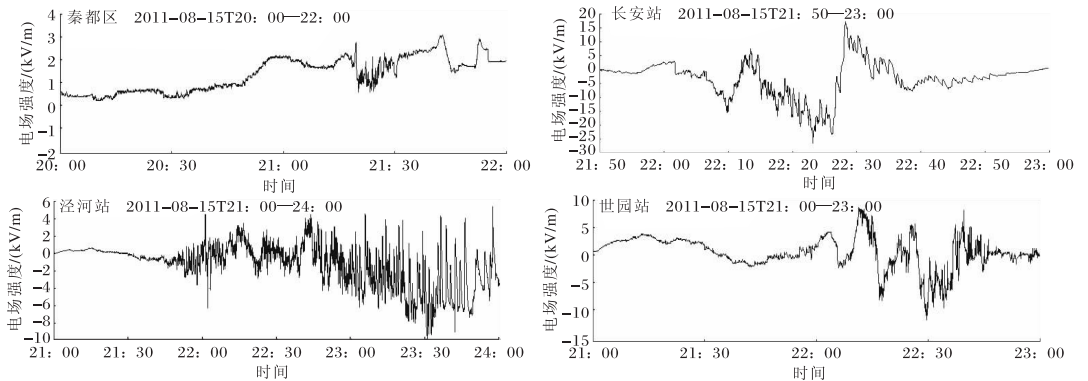


图2 2011-08-15 西安周边四站大气电场变化

2.2.3 2011年8月25日 6个探测站 10 km 范围内均发生较高频度闪电, 其中长安站最多 102 次, 雷电过程伴有短时暴雨和大风, 电场波动和闪电发生时段基本相符, 电场变化提前预警特征较弱, 仅长安站和世园站分别提前 4 min 和 13 min, 临潼站未报警, 泾河和西安站一级预警比首次闪电晚, 秦都区站首次闪电和一级预警同时发生,

长安和泾河站抖动跳变预警提前量较明显。选取秦都区、西安、长安和世园四站说明这次过程电场变化特征 (图 3)。秦都区站大气电场强度从 16:00 开始大于平均值并出现波动, 16:07 达到一级报警, 与首次闪电同时发生, 16:39 开始第一次抖动跳变, 比首次闪电发生晚 32 min, 闪电密集发生同时电场值不断升高, 抖动跳变明显。

长安站大气电场强度最大负极值 -17.645 kV/m 出现在 17: 18, 最大正极值 18.737 kV/m 出现在 17: 35, 16: 28 出现首次抖动跳变, 比首次闪电发生提前 10 min, 一级预警发生在 16: 34, 比首次闪电提前 4 min。西安站闪电发生在 17: 23—19: 37, 最大正极值 2.078 kV/m 出现在 18: 31,

一级预警出现在 17: 57, 比首次闪电发生晚 34 min, 预警特征不明显。世园站大气电场强度 17: 00—20: 00 大于平均值, 17: 10 达到一级预警, 比首次闪电发生提前 13 min, 17: 22 出现首次抖动跳变, 比首次闪电发生提前 1 min, 闪电持续约 2 h, 在测站 10 km 范围发生闪电 74 次。

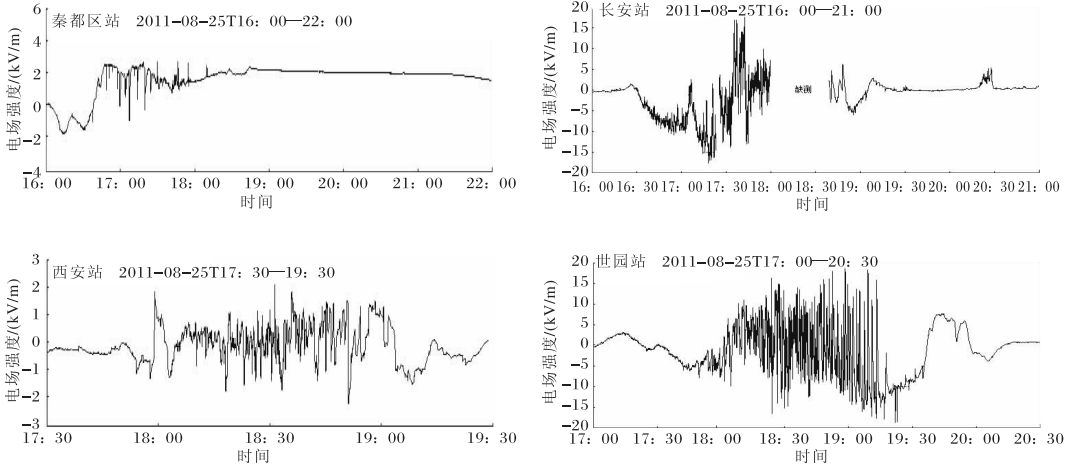


图3 2011-08-25 西安周边四站大气电场变化

3 结论

(1) 对 7 个探测站的有效样本进行分析, 计算各站大气电场强度平均值、最大值、最小值, 其中世园站电场强度平均值最大, 长安站最小。电场强度最大负极值 -81.7 kV/m 出现在临潼站, 最大正极值 39.64 kV/m 出现在秦都区。

(2) 雷电过程样本可分为两类: 一是区域性雷电过程, 影响范围在三县区及以上; 二是局地性雷电过程, 影响范围在三县区以下。共有雷电天气过程 24 d, 其中局地性 19 d, 区域性 5 d。

(3) 电场强度平均值对雷电的发生有指示性, 大气电场强度大于平均值预示探测站上空有带电荷的雷暴云发展; 抖动跳变、第一个正负极值、最大负极值和最大正极值四个电场特征量对首次闪电的发生预警明显; 一级预警(电场值为 2 kV/m) 提前量在 4~86 min, 平均提前量约 22 min, 抖动跳变预警平均提前量约 18 min。

(4) 大气电场资料单一、特征量少, 须结合天气形势、雷达、卫星等资料才能真正做到雷电天气有效预警。

参考文献:

- [1] 黄荣辉. 大气科学概论 [M]. 北京: 气象出版社, 2005: 25-30.
- [2] 柴瑞, 王振会, 肖稳安, 等. 大气电场资料在雷电预警中应用 [J]. 气象科技, 2009, 37 (6): 724-728.
- [3] 王振会, 徐栋璞, 曾庆锋, 等. 利用地面大气电场和雷达资料进行雷电临近预报方法 [J]. 科技导报, 2012, 30 (14): 42-48.
- [4] 朱男男, 宫全胜, 易笑园, 等. 地面大气电场资料在强对流天气预报中的应用 [J]. 气象科技 2010, 38 (4): 423-426.
- [5] 徐斌, 张颖, 贾焕玉, 等. 西藏羊八井地区近地晴天大气电场周期变化 [J]. 高原气象, 2009, 28 (2): 314-318.
- [6] 潘家利, 王明亮, 吴海, 等. 基于大气电场的雷电监测预警技术研究 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (3): 94-98.
- [7] 罗林艳, 祝燕德, 王智刚, 等. 基于大气电场与闪电资料的雷电临近预警方法 [J]. 成都信息工程学院学报 2010, 25 (5): 524-530.