

# 北京地区不同天气条件下近 地面大气电场特征<sup>\* 1</sup>

吴 亭<sup>1)2)</sup> 吕伟涛<sup>1)</sup> 刘晓阳<sup>2)</sup> 董万胜<sup>1)</sup> 张义军<sup>1)</sup>

李成才<sup>2)</sup> 王美华<sup>2)</sup> 杨 晶<sup>3)</sup> 李长河<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>(中国气象科学研究院,北京 100081) <sup>2)</sup>(北京大学物理学院大气科学系,北京 100871)

<sup>3)</sup>(北京市气象局装备保障中心,北京 100089)

## 摘 要

利用 2004 年 8 月—2005 年 11 月近地面大气电场仪的观测资料,对北京地区不同天气条件下近地面大气电场特征进行分析。结果表明:北京地区晴天近地面大气电场日变化呈双峰双谷,谷值分别出现在北京时 05:00 和 12:00,峰值分别出现在 07:00 和 23:00,并且表现出一定的季节变化;晴天大气电场的变化与气溶胶含量的变化有密切关系,两者呈正相关;晴天大气电场与绝对湿度之间也表现出很强的相关性,在一定程度上反应了水汽对大气电场的作用;沙尘天气下风速均达到一定强度,近地面大气电场为负值,并且变化剧烈,电场强度与 PM<sub>10</sub> 之间呈现较强的负相关,而电场强度与风速之间没有表现出明显的相关性。

**关键词:** 大气电场; 气溶胶; 绝对湿度; 沙尘天气

## 引 言

一个地区大气电场的变化同时决定于全球因素和局地因素,对于北京这样一个人口密集、工业发达的城市,局地因素占主导作用,这些局地因素主要包括气溶胶含量、水汽含量、云量及云的类别、闪电、降水,以及其他多种气象要素和人为因素<sup>[1]</sup>。大气电场对各种要素变化有着敏锐的反应,对一个地区大气电场特征的研究,有助于分析各种相关的天气过程,对该地区气候特征的研究也有重要意义<sup>[2]</sup>。

虽然对地面大气电场的观测已经有一百多年的历史<sup>[3]</sup>,地面大气电场以及电场变化观测也已经广泛用于对云体带电情况以及闪电放电等研究中<sup>[4-5]</sup>,但对其变化规律依然缺乏全面了解,主要原因在于地面大气电场同时受到各种条件的作用,而在对地面大气电场进行观测的同时,通常没有足够多的气象要素同步观测,难以对大气电场变化规律进行全面分析<sup>[6]</sup>。本工作中,在北京大学物理楼楼顶架设的电场仪附近有日照、相对湿度、温度、雨量、云高、

风速、能见度、PM<sub>10</sub> 等的同步测量,结合这些数据,对晴天近地面大气电场特征、大气电场与气溶胶和水汽之间的关系以及沙尘天气下近地面大气电场特征进行深入研究。这些研究有助于了解北京地区大气的电特征,并能够通过大气电特征在一定程度上揭示北京地区的气候特征。

## 1 数据资料

本文使用的数据主要包括 2004 年 8 月—2005 年 11 月在北京大学物理楼楼顶(距地面约 15 m)测量得到的大气平均电场、日照、相对湿度、温度、雨量、云高、风速、能见度和 PM<sub>10</sub> 数据,总体情况见表 1。本文所使用的绝对湿度数据是通过相对湿度与温度计算得出的。

需要说明的是:在城市地区很难找到理想的环境(足够大的平坦地面)来对地面大气电场进行观测,比较高的物体会严重影响其附近电场分布,甚至会造成极性变化。本文采用的电场数据均测量自楼顶,虽然与地面大气电场之间并不是理想的线性关

\* 国家自然科学基金项目(40605004)和科技部公益性行业科研专项经费项目(GYHY2007622)共同资助。

2008-05-20 收到, 2009-02-13 收到再改稿。

表 1 同步观测资料的总体情况

Table 1 General information of synchronous data

| 数据名称             | 时间范围                  | 采集频率      | 备注                                       |
|------------------|-----------------------|-----------|--|
| 大气电场             | 2004-08-12—2005-11-02 | 10 次/s    | 测得晴天近地面大气电场平均值约为 0.9 kV/m                |
| 日照               | 2004-08—2005-11       | 2~3 min/次 | 可判断有无太阳直射                                |
| 相对湿度             | 2004-08—2005-11       | 1~2 min/次 |  |
| 温度               | 2004-08—2005-11       | 1~2 min/次 |  |
| 雨量               | 2004-08—2005-11       | 1~2 min/次 | 最小单位为 0.2 mm                             |
| 云高               | 2004-08—2005-11       | 10 min/次  | 云底高度                                     |
| 风速               | 2004-08—2005-11       | 10 s/次    |  |
| 能见度              | 2004-08—2005-11       | 1 min/次   |  |
| PM <sub>10</sub> | 2004-12—2005-11       | 5 min/次   | 粒径在 10 μm 以下的颗粒物浓度,单位为 μg/m <sup>3</sup> |

系,但两者之间呈正相关,在极性上是一致的。因此,本文的分析结果对于认识地面大气电场变化规律以及了解地面大气电场与其他要素之间的关系有参考意义。

## 2 晴天近地面大气电场日变化

### 2.1 晴天定义

对晴天大气电场进行研究首先需要对晴天有明确定义,这种定义必须有量上的明确规定,才可以唯一确定能够归为晴天的数据。根据具体的情况(如同步气象观测资料的情况),这种定义会有不同,如:在 Israelsson 等<sup>[6]</sup>的研究中由于缺少与电场记录同步的气象观测数据而将电场值在 0~250 V/m 之间的数据都归为晴天的数据;Latha<sup>[7]</sup>给出的晴天定义为天空中云量少于 3/8,风速小于 4 m/s,没有降水;Harrison<sup>[8]</sup>给出的晴天定义为没有降水,没有低云,天空中的积状云少于 3/8,平均风速小于 8 m/s。在本研究中,根据日照、云高、雨量、风速等的同步观测资料,采用下述标准来挑选晴天:09:00(北京时,下同)至 16:00 之间 90% 以上的时间有太阳直射,没有降水,平均风速小于 8 m/s,没有低云,最后,从电场记录本身来看,没有明显的大扰动过程。通过这种标准,在 2004 年 8 月 12 日—2005 年 11 月 1 日之间共选出了 173 d 晴天。

当然,这种挑选晴天的方法有一定缺陷,首先是日照资料只能用来分析白天的情况,至于晚上是否为晴天就无法判断,另外,由于云高仪在部分时间内缺少维护,云高资料有一部分不可靠,这使得有些时候不能判断天空中云的状况。事实上,除非有现场观测,很难设置一个晴天的绝对标准来挑选晴天,Israelsson 等<sup>[6]</sup>认为在 0~250 V/m 之间的电场数

据都为晴天数据,但即使有雷暴发生,部分时段内电场值仍然有可能处于这个范围内。然而,如果没有足够气象资料的话,只能尽量充分利用现有的资料来挑选晴天。

### 2.2 测量结果

将选出的 173 d 晴天电场数据求平均日变化,同时,将一年分成夏半年(5—10 月)和冬半年(11 月—次年 4 月),分别求出平均日变化(如图 1 所示)。可以看到,晴天近地面大气电场日变化基本上为双峰双谷型,峰值出现在 07:00 和 23:00,谷值出现在 05:00 和 12:00。这与陆地上很多观测结果是基本一致的<sup>[9]</sup>。晴天近地面大气电场还表现出一定的季节差异,除 13:00—15:00,冬半年平均日变化中各点的值都大于夏半年的值,这与现有理论也是符合的<sup>[10]</sup>。

同时,北京地区晴天近地面大气电场  $E$  日变化也表现出一些特征:① 02:00—03:00 出现一个小峰,这很可能是全球性普遍日变化机制的反映。全球性普遍日变化机制产生单峰单谷的晴天地面大气电场日变化,通常峰值出现在 02:00—03:00<sup>[11]</sup>。② 14:00—15:00 出现另一个小峰,这个小峰在夏季平均日变化曲线中更加明显,而在冬季平均日变化曲线中基本消失。这个小峰可能是由于扰动天气所致。如 2.1 节中对晴天定义的论述,由于资料有限,挑选出的晴天中不可避免地会包含一些扰动天气过程,而扰动天气过程更容易在夏季午后发生。③ 与其他地区相比,北京地区晴天近地面大气电场日变化曲线的第 1 个谷较弱,持续时间较短,而第 2 个谷较强,持续时间也较长,第 1 峰谷差值只有约 0.2 kV/m,而第 2 峰谷差值达到了约 0.8 kV/m。由于第 2 个谷与午后强烈的空气对流有关,因此这一特点可能反映了北京地区午后空气对流非常活跃。

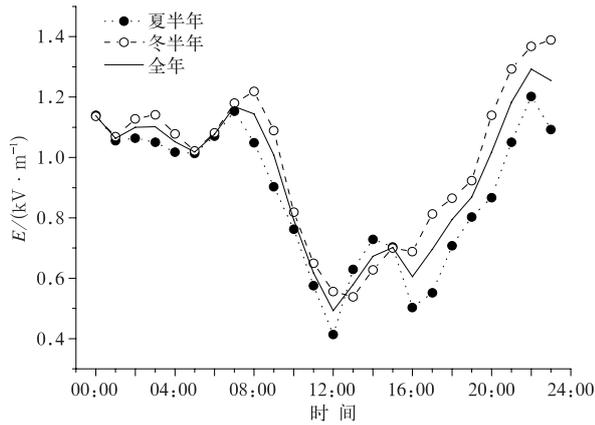
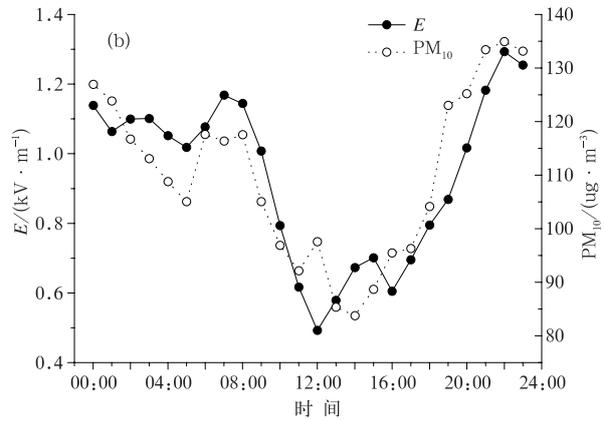
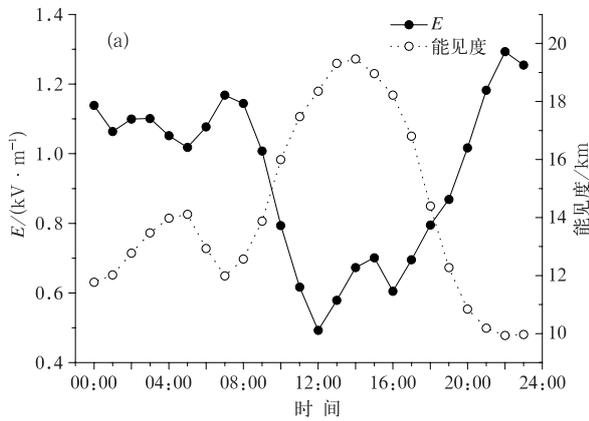


图1 晴天近地面大气电场日变化

Fig. 1 Diurnal variation of fair-weather atmospheric electric field near the earth's surface

图2 晴天近地面大气电场与能见度(a)、PM<sub>10</sub>(b)的平均日变化Fig. 2 Mean diurnal variation of fair-weather atmospheric electric field and visibility(a), PM<sub>10</sub>(b)

对地面电势,  $R$  为整层晴天气柱电阻,  $\lambda$  为地面(观测点处)大气电导率。对时间  $t$  求微商, 得:

$$\frac{1}{E} \frac{dE}{dt} = \frac{1}{V} \frac{dV}{dt} - \frac{1}{R} \frac{dR}{dt} - \frac{1}{\lambda} \frac{d\lambda}{dt} \quad (1)$$

由式(1)可知, 晴天地面大气电场  $E$  的相对变化同时取决于  $V, R, \lambda$  的相对变化。  $V$  也有日变化, 但在有明显人为污染的地区  $V$  的变化对地面电场变化的作用不显著, 通常可以不考虑<sup>[7,13]</sup>, 另外,  $R$  的相对变化总是比  $\lambda$  的相对变化小得多<sup>[14]</sup>, 因此主要考虑  $\lambda$  变化对地面大气电场的作用, 而  $\lambda$  的大小与空气中气溶胶粒子浓度有关。

气溶胶粒子能够吸收大气轻离子从而使大气轻离子变成大气重离子, 由于大气轻离子的迁移率比大气重离子的迁移率约大两个数量级<sup>[9]</sup>, 因此大气导电性主要由大气轻离子决定。当大量大气轻离子

### 3 气溶胶与大气电场

晴天近地面大气电场日变化与气溶胶浓度的变化有密切的关系。图 2a, 2b 分别是晴天大气电场与能见度、PM<sub>10</sub> 的平均日变化曲线。从图 2 可以看到, 能见度和 PM<sub>10</sub> 的日变化曲线均为双峰双谷型, 与晴天大气电场日变化之间的相关系数分别达到了 -0.92 和 0.87, 能见度与 PM<sub>10</sub> 都能够在很大程度上反映空气中气溶胶的含量<sup>[12]</sup>, 它们与晴天大气电场日变化之间的强相关性说明了气溶胶与大气电场之间的密切联系。

晴天地面大气电场  $E = \frac{V}{R\lambda}$ , 其中  $V$  为电离层相

与气溶胶粒子结合成为大气重离子时, 大气导电性 ( $\lambda$ ) 就会减小, 从而大气电场就会增强, 因此, 大气电场与观测点附近的气溶胶浓度成正相关。

### 4 水汽对大气电场的影响

#### 4.1 电场强度与绝对湿度之间的相关性

水汽对大气电场作用的原理与气溶胶有相似之处, 但也有不同。气溶胶粒子能够吸收大气轻离子使其变成大气重离子从而降低空气的电导率, 水汽分子也容易与大气轻离子结合, 但大气轻离子与水汽分子结合在一起并不会成为大气重离子, 只是迁移率会有所减小, 随之大气导电性也会有所减小, 从而使大气电场强度增强。可见, 水汽与气溶胶一样与大气电场呈正相关。但是, 从作用机制就可以看

出,水汽对大气电场的作用比气溶胶要弱得多,水汽只是通过减小大气轻离子的迁移率来影响大气电场,但由于影响大气电场的因素很多,很多情况下水汽对大气电场的影响并不能完全表现出来。

这里使用绝对湿度来研究水汽与大气电场的关系,绝对湿度是指单位体积空气的水汽质量,也就是水汽密度,它能够直接反映空气中水汽含量。在考查绝对湿度与大气电场的关系时,首先会发现两者的晴天平均日变化之间有很强的相关性,图 3a 是晴天近地面大气电场和绝对湿度的平均日变化,可以看到,两者的相关性很好,相关系数达到了 0.96。而具体到某一天的日变化,可以看到,两者在某些情况下也会呈现出相似的变化波形,图 3b 是 2004 年 10 月 16 日大气电场和绝对湿度的日变化,两者不仅总的日变化趋势很一致,并且在大约 09:00 之前,两者几乎同步出现了若干个峰谷变化。

#### 4.2 电场强度与绝对湿度相关性分析

当考查两个要素之间的相关性时,应该注意到,两个要素之间有很高的相关性并不能说明两者之间

一定存在相互作用。绝对湿度与电场强度的平均日变化之间的相关系数达到了 0.96,但并不能简单地说明这种高度相关就是由水汽对大气电场的作用造成的,其中可能也体现了共同因素对两者的作用,比如空气对流以及气溶胶的变化<sup>[15]</sup>。午后对流比较强烈,它同时将气溶胶和水汽向大气高层输送,使近地面层的气溶胶含量和水汽含量都出现谷值,由于气溶胶含量与大气电场强度成正相关(见第 3 章),此时大气电场强度与水汽含量一样出现谷值,这样的相似变化很可能是两者晴天平均日变化高度相关的主要原因。

图 3b 中大气电场和绝对湿度日变化曲线也在一定程度上表现出了图 3a 中平均日变化的特点,比如午后都出现谷值;大约 09:00 之前,大气电场和绝对湿度几乎同步出现了几个持续 1~2 h 的峰谷变化,这个时间长度上的变化可以排除空气对流等的共同影响,因此更能说明水汽对大气电场的作用。总的来说,绝对湿度与大气电场之间的相关性很明显,可以在一定程度上说明水汽对大气电场的作用。

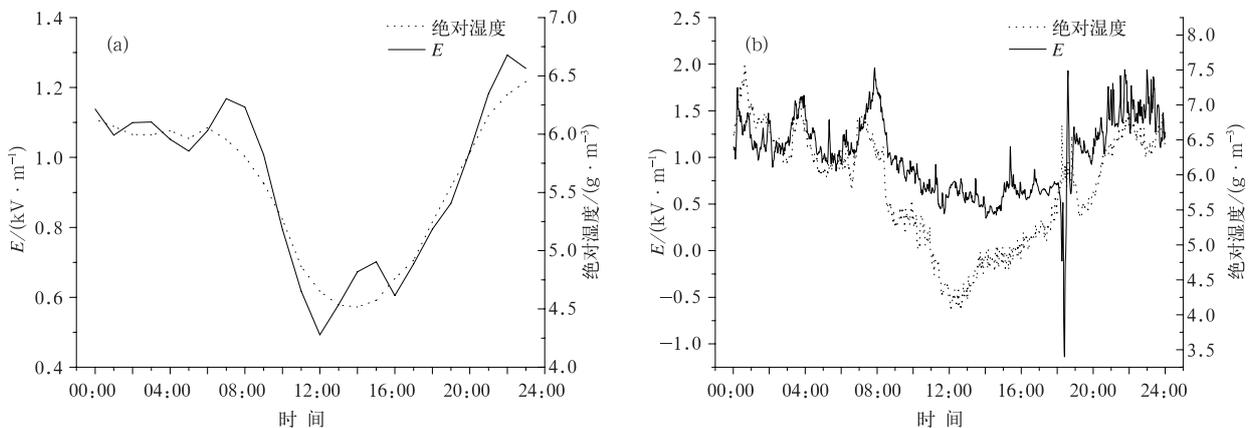


图 3 近地面大气电场与绝对湿度日变化 (a)晴天平均, (b)2004 年 10 月 16 日

Fig. 3 Diurnal variation of atmospheric electric field and absolute humidity

(a) mean variation in fair weather, (b) on 16 Oct 2004

## 5 沙尘天气对大气电场的影响

### 5.1 沙尘天气下近地面大气电场特点

由于风的作用沙粒在空气中剧烈运动,能够显著影响大气电场。沙粒对电场的作用机理与气溶胶粒子的不同之处主要在于沙粒本身带有可观的电荷,气溶胶粒子虽然也可以与大气轻离子结合而带电,但通常只能带 1 个单位电荷,并且成为大气重离

子后对大气导电率贡献很少,而沙粒带电量要大得多,通常为  $10 \mu\text{C}/\text{kg}$  量级<sup>[15]</sup>。沙粒的带电机理与对大气电场的影响机制还不非常明确,通常认为,沙粒带电是由粒径不同的沙粒之间摩擦所引起<sup>[16]</sup>,而电场异常变化主要是由运动沙粒造成的<sup>[17]</sup>。

图 4 给出了 2005 年 3 月 23 日和 4 月 19 日两次典型的沙尘天气下电场强度、 $\text{PM}_{10}$  及风速的变化曲线,其中电场数据每分钟求平均, $\text{PM}_{10}$  和风速数据每 5 min 求平均,数据全部采集自北京大学物理

楼楼顶,高度约 15 m。从图 4 可以看到,沙尘天气下大气电场变化具有明显的特点:一是大气电场值均为负值。在沙尘到来之前和过去之后,电场值均在 0 附近变化;沙尘到来后,电场值迅速下降,并且始终保持为较大的负值。二是大气电场值变化剧

烈,图 5 给出了 2005 年 4 月 19 日 19:30—21:30 沙尘天气下大气电场的变化,可以看到,电场变化迅速,变化幅度很大,通常在 5 min 之内变化幅度在 5~10 kV/m。

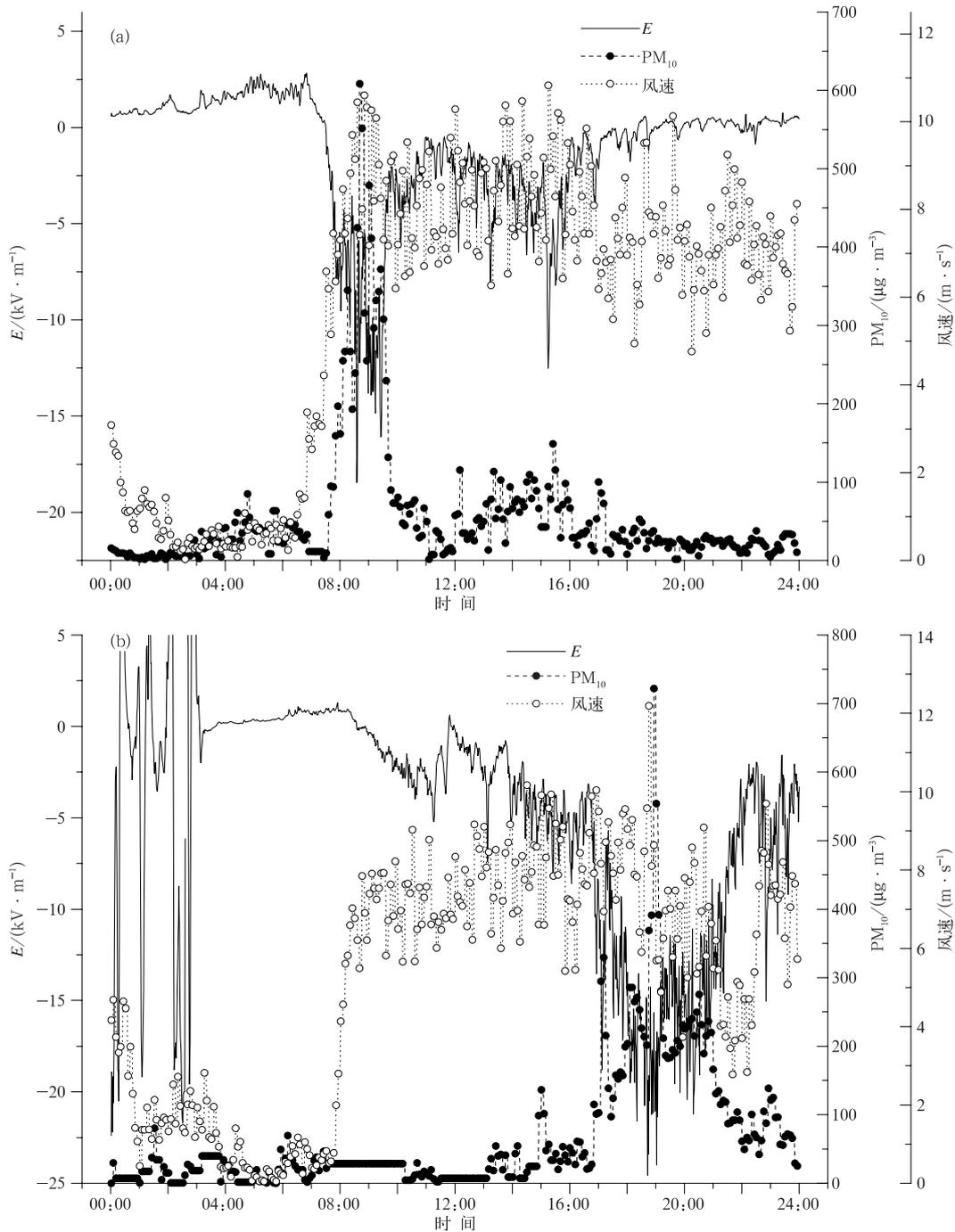


图 4 沙尘天气下大气电场、 $PM_{10}$ 及风速日变化 (a)2005年3月23日, (b)2005年4月19日  
Fig. 4 Diurnal variation of atmospheric electric field,  $PM_{10}$  and wind speed in dusty weather on 23 Mar 2005 (a) and 19 Apr 2005 (b)

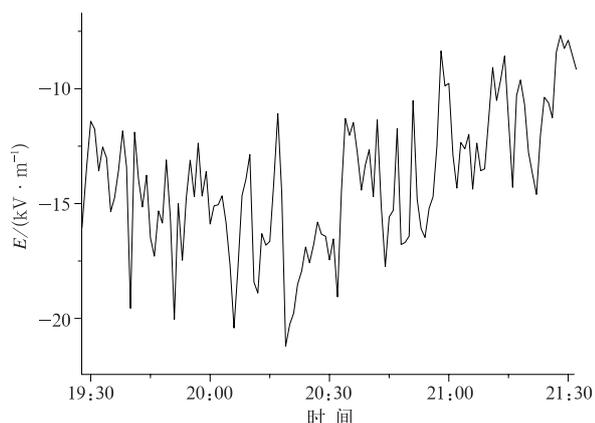


图 5 2005 年 4 月 19 日沙尘天气下电场的剧烈变化

Fig. 5 Rapid change of electric field in dusty weather on 19 Apr 2005

沙尘天气下大气电场强度的绝对值与  $PM_{10}$  呈很好的正相关,在上文中已经看到,晴天下大气电场强度与  $PM_{10}$  也呈很好的正相关(图 2b),两者一致,只是电场极性相反。另外,值得注意的是  $PM_{10}$  通常表示粒径在  $10 \mu\text{m}$  以下的颗粒物,而沙粒的粒径通常要比这大得多, $PM_{10}$  只能在一定程度上反映沙粒的量。这些现象也反映了沙粒带电的复杂性,值得在风沙电现象的研究中加以注意。

沙尘天气下大气电场为负值,但变化较大,从负的几千伏每米到负的几十千伏每米,沙尘持续时间也有长有短。表 2 列出了 2004 年 8 月 12 日—2005 年 11 月 1 日几次明显的沙尘过程的持续时间,电场、 $PM_{10}$ 、风速的平均值及极值。

表 2 各次沙尘天气的持续时间,电场、 $PM_{10}$ 、风速的平均值及极值Table 2 Duration of each dust event, average and extreme value of electric field,  $PM_{10}$  and wind speed

| 日期         | 持续时间/min | 电场强度/( $\text{kV} \cdot \text{m}^{-1}$ ) |         | $PM_{10}/(\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})$ |       | 风速/( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) |       |
|------------|----------|--|---------|---|-------|---------------------------------------|-------|
|            |          | 平均值                                      | 极值      | 平均值   | 极值    | 平均值                                   | 极值    |
| 2004-12-04 | 195      | -0.515                                   | -2.563  | 26.66                                       | 68.9  | 6.98                                  | 11.68 |
| 2005-01-28 | 257      | -3.507                                   | -12.207 | 37.30                                       | 95.2  | 6.15                                  | 12.44 |
| 2005-01-29 | 119      | -3.837                                   | -11.425 | 27.58                                       | 64.6  | 5.44                                  | 9.72  |
| 2005-01-31 | 586      | -4.245                                   | -17.700 | 78.89                                       | 306.8 | 7.73                                  | 14.64 |
| 2005-03-11 | 535      | -2.994                                   | -12.060 | 32.66                                       | 144.7 | 5.05                                  | 10.60 |
| 2005-03-12 | 446      | -0.749                                   | -3.613  | 8.582                                       | 73.8  | 6.07                                  | 11.38 |
| 2005-03-17 | 447      | -1.750                                   | -8.496  | 26.54                                       | 85.2  | 7.53                                  | 12.50 |
| 2005-03-23 | 482      | -4.458                                   | -22.705 | 121.53                                      | 608.3 | 8.29                                  | 14.00 |
| 2005-04-06 | 168      | -6.525                                   | -15.283 | 127.82                                      | 432.5 | 7.02                                  | 10.70 |
| 2005-04-14 | 232      | -9.504                                   | -21.899 | 322.18                                      | 686.2 | 7.08                                  | 11.78 |
| 2005-04-19 | 277      | -14.498                                  | -27.734 | 225.15                                      | 721.8 | 7.38                                  | 14.26 |
| 2005-04-20 | 246      | -2.752                                   | -9.252  | 68.54                                       | 174.4 | 7.97                                  | 13.86 |
| 2005-04-21 | 518      | -1.596                                   | -13.012 | 36.60                                       | 112.2 | 7.78                                  | 13.98 |
| 2005-04-28 | 260      | -9.085                                   | -23.828 | 268.80                                      | 549.5 | 6.36                                  | 11.23 |
| 2005-04-30 | 226      | -5.928                                   | -18.994 | 99.42                                       | 384.1 | 8.25                                  | 14.86 |
| 2005-05-07 | 378      | -8.529                                   | -32.568 | 97.26                                       | 615.5 | 7.92                                  | 15.82 |
| 2005-05-11 | 283      | -1.773                                   | -15.478 | 67.89                                       | 263.8 | 1.52                                  | 5.01  |

## 5.2 电场强度与 $PM_{10}$ 、风速的相关性分析

将表 2 中电场的平均值与  $PM_{10}$  的平均值作线性拟合(图 6a),两者相关系数为  $-0.83$ ,而将电场与  $PM_{10}$  的极值作线性拟合(图 6b),相关系数达到了  $-0.90$ 。 $PM_{10}$  能够在一定程度上表征沙粒的量,从电场强度与  $PM_{10}$  之间高度的相关性可以看出,在沙尘天气时大气电场强度与空气中沙粒的含量有密切的关系。

沙尘天气还总是伴随着大风,从表 2 可以看到,各次沙尘天气风速的平均值基本都在  $5 \text{ m/s}$  以上,而极值通常在  $10 \text{ m/s}$  以上,但风速与电场强度之间并没表现出明显相关,两者均值和极值的相关系数

分别为  $-0.26$  和  $-0.36$ 。理论上,风速越大,沙粒运动速度越大,相互间的碰撞越剧烈,沙粒所带电荷也越大,从而对大气电场的影响也越大,但风速与电场强度的数据并没有表现出这一点。

沙尘天气下近地面大气电场强度的变化主要取决于两个因素,一是沙粒的量,二是风速。很多情况下,电场强度与风速的相关性并不明显,这主要是因为空气中尚没有足够的沙粒或是沙粒含量本身有了明显的变化。如图 4b 中,08:00 左右风速的突然增大并没有使电场强度突然减小,此时是沙尘过程的起始,从  $PM_{10}$  的曲线可看出此时空气中沙粒的含量还较低;再如图 4a 中,08:00 以后风速基本上维持在

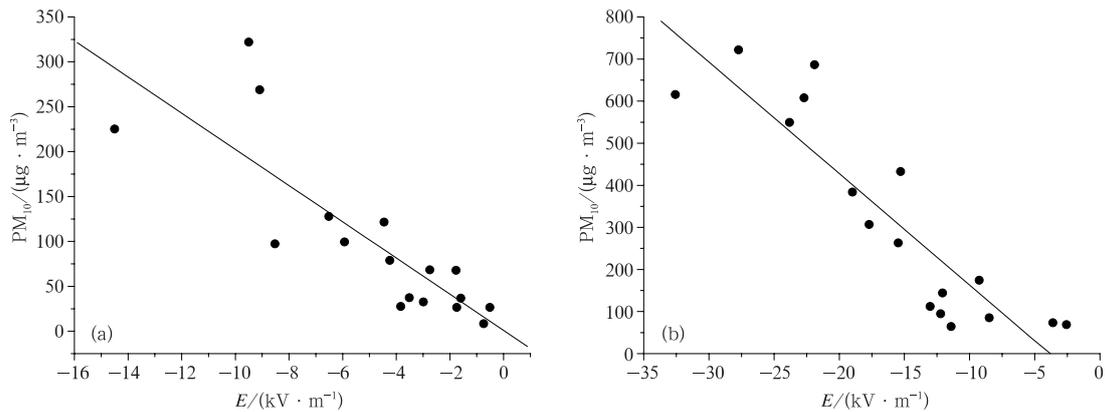


图 6 各次沙尘天气中电场值与  $PM_{10}$  线性拟合 (a) 平均值, (b) 极值

Fig. 6 Linear fitting of average value (a) and extreme value (b) of electric field and  $PM_{10}$  in dusty weather

8 m/s 左右,但电场强度有明显的变化,这种变化主要是由于空气中沙粒含量的变化。由于这些因素,沙尘天气下风速都能达到一定的强度,但风速与电场强度之间没有表现出明显的相关性,空气中沙粒的含量与电场强度之间有着更直接的关系。

## 6 结 论

通过对 2004 年 8 月—2005 年 11 月北京大学物理楼楼顶测量得到的持续近 15 个月的大气平均电场数据及多种同步气象资料的分析,探讨了不同天气条件下近地面大气电场的变化特征,主要得出以下结论:

1) 北京地区晴天近地面大气电场日变化主要呈现双峰双谷的变化波形,谷值分别出现于 05:00 和 12:00,峰值分别出现在 07:00 和 23:00。大气电场也有季节变化,总的来看,冬半年的电场值普遍比夏半年高。

2) 晴天近地面大气电场的变化与空气中气溶胶含量有密切关系,气溶胶通过大气轻离子对大气电场产生作用,两者呈正相关。

3) 晴天近地面大气电场的平均日变化与绝对湿度的平均日变化有很高的相关性,具体到某一天的日变化,两者也会出现一些同步的峰谷变化,这些相似变化体现了水汽对大气电场的作用。

4) 沙尘天气下风速均达到一定的强度,近地面大气电场为负值,电场值变化迅速,变化幅度大。电场强度和  $PM_{10}$  之间有很强的相关性,而电场强度与风速之间没有表现出明显的相关。

致 谢:本文数据来自北京大学物理学院大气科学系的日常

观测资料,感谢大气科学系各位老师和同学在数据采集过程中付出的辛勤劳动。

## 参 考 文 献

- [1] Chalmers J A. Atmospheric Electricity. London: Pergamon Press, 1957: 112-114.
- [2] Rycroft M J, Israelsson S, Price C. The global atmospheric electric circuit, solar activity and climate change. *J Atmos Sol Terr Phys*, 2000, 62: 1563-1576.
- [3] Rakov V A, Uman M A. Lightning: Physics and Effects. Cambridge: Cambridge University Press, 2003: 73-75.
- [4] Harrison R G. The global atmospheric electrical circuit and climate. *Surveys Geophys*, 2004, 25: 441-484.
- [5] 张义军, 孟青, 马明, 等. 闪电探测技术发展和资料应用. *应用气象学报*, 2006, 17(5): 611-620.
- [6] Israelsson S, Tammet H. Variation of fair weather atmospheric electricity at Marsta Observatory, Sweden, 1993—1998. *J Atmos Sol Terr Phys*, 2001, 63: 1693-1703.
- [7] Latha R. Diurnal variation of surface electric field at a tropical station in different seasons: A study of plausible influences. *Earth Planets Space*, 2003, 55: 677-685.
- [8] Harrison R G. Long term measurements of the global atmospheric electric circuit at Eskdalemuir, Scotland, 1911—1981. *Atmos Res*, 2004, 70: 1-19.
- [9] 孙景群. 大气电学基础. 北京: 气象出版社, 1987: 59-60; 29.
- [10] Adelman E J, Williams E R. Seasonal variation of the global electrical circuit. *J Geophys Res*, 1996, 101(D23): 29679-29688.
- [11] Williams E R, Heckman S J. The local diurnal variation of cloud electrification and the global diurnal variation of negative charge on the earth. *J Geophys Res*, 1993, 98(D3): 5221-5234.
- [12] 张玉香, 胡秀清, 刘玉洁, 等. 北京地区大气气溶胶光学特性临测研究. *应用气象学报*, 2002, 13(特刊): 136-143.
- [13] Bennett A J, Harrison R G. Atmospheric electricity in different weather conditions. *Weather*, 2007, 62: 277-283.
- [14] Israel H. The Atmospheric Electric Field and Its Meteorological

- logical Causes. Chicago: University of Chicago Press, 1953.
- [15] Zheng Xiaojing, Huang Ning, Zhou Youhe. Laboratory measurement of electrification of wind-blown sands and simulation of its effect on sand saltation movement. *J Geophys Res*, 2003, 108 (D10): 4322-4330.
- [16] Latham J. The electrification of snowstorms and sandstorms. *Q J R Meteorol Soc*, 1964, 90: 91-95.
- [17] 黄宁, 郑晓静. 风沙流中沙粒带电现象的实验测试. 科学通报, 2000, 45(20): 2232-2235.

## Characteristics of Atmospheric Electric Field near the Earth's Surface Under Different Weather Conditions in Beijing

Wu Ting<sup>1)2)</sup> Lü Weitao<sup>1)</sup> Liu Xiaoyang<sup>2)</sup> Dong Wansheng<sup>1)</sup> Zhang Yijun<sup>1)</sup>  
Li Chengcai<sup>2)</sup> Wang Meihua<sup>2)</sup> Yang Jing<sup>3)</sup> Li Changhe<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> (Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

<sup>2)</sup> (Department of Atmospheric Sciences, School of Physics, Peking University, Beijing 100871)

<sup>3)</sup> (Beijing Meteorological Equipment Support Center, Beijing 100089)

### Abstract

Based on the measurements of atmospheric electric field and various meteorological elements from the rooftop of a building (about 15 m high), the characteristics of atmospheric electric field in different weather conditions are analyzed. Criteria to select fair-weather days are set according to the data of solar radiation, height of cloud base, precipitation amount and wind speed. As a result, 173 days out of nearly fifteen months are determined as fair-weather days. Data of electric field as well as visibility, concentration of PM<sub>10</sub> and absolute humidity of these days are averaged respectively to describe their mean diurnal variations and correlations between electric field and various factors. The result indicates that the diurnal variation of electric field in fair-weather exhibits a double oscillation with trough at 05:00 and 12:00 and peak at 07:00 and 23:00 (Beijing time). The seasonal variation of electric field is also obvious.

Variation of fair-weather atmospheric electric field is closely related to the variation of aerosol concentrations. Aerosols can absorb small ions, which dominate the conductivity of air. As the concentration of aerosol increases, the concentration of small ions decreases, and the conductivity decreases as well. Finally, the electric field increases. As a result, the fair-weather atmospheric electric field is positively correlated with the aerosol concentrations.

Mean diurnal variation waveshape of absolute humidity in fair weather is similar with that of atmospheric electric field. Under some conditions absolute humidity and electric field also exhibit almost simultaneous fluctuations lasting for several hours. These characteristics show the influence of water vapor on atmospheric electric field.

In dusty weather, electric field measured at the observatory remains highly negative and changes rapidly. Various quantities in several strong dust events are turbulent to study relationships between different elements. Result shows that there is a strong correlation between electric field and PM<sub>10</sub> which reflects the concentrations of sand particles. However, in most cases, there is no obvious correlation between electric field and wind speed. Theoretically, atmospheric electric field in dusty weather is simultaneously determined by quantity of sand particles and wind speed. But the result indicates that the quantity of sand particles plays more important role in the change of atmospheric electric field.

**Key words:** atmospheric electric field; aerosol; absolute humidity; dusty weather