

文章编号: 1006-4354 (2006) 02-0036-05

宝鸡热电厂近地层温度场、风场及大气稳定度特征分析

陈建文, 刘敏茹, 何晓媛

(陕西省气象科学研究所, 西安 710014)

摘 要: 根据 2005-03-12—28 在宝鸡热电厂建设区取得的大气边界层污染气象资料, 以及 MM5 中尺度气候数值模式, 模拟了 2004-07-13—27 地面至 1 500 m 范围大气边界层温度场、风场资料, 分析评价区近地层风场特征和温度场层结特征, 为电厂工程设计、建设布局及大气污染治理提供依据。根据 MM5 模式模拟结果, 能较好反映近地层大气温度层结和风场主要特征, 说明 MM5 模式在近地层大气温度和风模拟中, 有一定的应用前景。

关键词: 边界层; 污染气象; 特征分析

中图分类号: P421 **文献标识码:** B

宝鸡热电厂 2×300 MW 工程建设区位于宝鸡市陈仓区底店, 地处千河河谷, 位于 107°16'E、34°23'N, 海拔高度约 560 m, 与陈仓区气象站相距约 6 km, 河谷为西北—东南走向。为了解建设区污染气象条件及变化规律, 于 2005-03-12—28 在建设区设置大气探测点, 对建设区的低空风场、低空温度场等, 进行每日 8 次 (02、07、09、11、14、17、19、21 时) 实地观测。并运用 MM5 中尺度气候数值模式, 模拟了 2004-07-13—27 地面至 1 500 m 范围大气边界层温度场、风场。对

资料进行统计、计算, 分析评价区近地层温度层结特征、近地层风场特征及混合层特征、不同大气稳定度分布频率等。

1 低空温度场特征

1.1 温度场基本特征

1.1.1 3 月温度场基本特征 3 月, 地面最高气温出现在 17 时, 为 8.2℃, 最低气温出现在 07 时, 为-0.2℃。从地面到 1 500 m 高度层, 日平均气温变化范围为-4.1~4.3℃。日平均温度递减率为 0.56℃/hm, 夜间 02 时平均温度递减率

收稿日期: 2005-10-11

作者简介: 陈建文 (1967-), 男, 陕西南郑人, 高工, 主要从事大气环评、气候分析及应用研究。

的对城市热岛效应进行监测研究。

4.2 咸阳市有明显的城市热效应, 热岛呈多中心非均匀特征, 中部最强, 东西较弱, 热岛总体效应可由强、弱程度不同的次生热岛“合成”。春季是热岛效应发展最强的季节, 夏、秋、冬季相对较弱。热岛效应有明显的日变化。咸阳市由东至西分布有 4 至 5 个热中心, 市区北部的温度变化梯度非常明显, 市区北面有多个冷中心, 市区南部的温度变化梯度相对较小, 与咸阳市自然地理环境和城市功能分布相吻合, 表明热岛效应明显

受地理环境的影响, 其影响范围可达 70~80 km², 是咸阳市城区面积的 1.63~1.86 倍。

参考文献:

- [1] 刘玉洁, 杨忠东. MODIS 遥感信息处理原理与算法 [M]. 北京: 科学出版社, 2001: 198-201.
- [2] 董超华, 章国材, 邢福源, 等. 气象卫星业务产品释用手册 [M]. 北京: 气象出版社, 1999: 181-186.
- [3] 刘安麟, 范建忠, 刘海英, 等. 农业遥感与农业气象研究 [M]. 北京: 气象出版社, 2000: 53-54.

最小,为 $0.31^{\circ}\text{C}/\text{hm}$,并随时间推移逐渐增大,白天 17 时达到最大,为 $0.78^{\circ}\text{C}/\text{hm}$ 。300 m 以下受湍流热交换影响较大,气温日振幅较大,300 m 以上受湍流热交换影响较小。1 000 m 以下各高度层最低气温出现在 07 时,最高气温出现在 17 时;1 000 m 以上平均最高气温出现在 19 时,最低气温出现在 07 时。从图 1 看,19 时到次日 07 时接地逆温明显,09—14 时低空逆温较强;平均最高气温,02 时在 105 m 高度,07 时在 75 m 高度,09、11、14 时在地面,19 时在 25 m 高度,21 时在 75 m 高度。

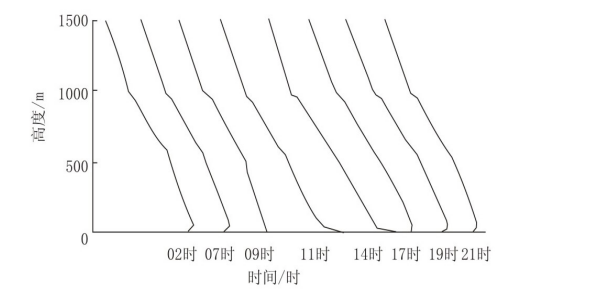


图 1 宝鸡热电厂 3 月各时刻平均温度廓线

1.1.2 7 月温度场基本特征 7 月,地面最高气温出现在 14 时,为 28.7°C ,最低气温出现在 05 时,为 21.2°C ,平均气温 24.0°C 。从地面到 1 500 m 高度层,日平均气温变化范围为 $10.8\sim 28.7^{\circ}\text{C}$ 。19 时到次日 05 时平均最高温度出现在 50 m 高度,其余时间在地面。由于湍流热交换能力较强,100 m 以下受湍流热交换影响较大,气温日振幅较大,100 m 以上受湍流热交换影响较小,温度变化明显趋缓。各高度层最低气温出现在 07 时,200 m 以下最高气温出现在 14 时,200~800 m 高度最高气温出现在 14 时,800~900 m 高度最高气温出现在 21 时,900 m 以上出现在 19 时。从图 2 看,19 时到次日 07 时接地逆温明显,日平均温度递减率为 $0.838^{\circ}\text{C}/\text{hm}$,05 时平均温度递减率最小,为 $0.682^{\circ}\text{C}/\text{hm}$,并随时间推移逐渐增大,14 时达到最大,为 $1.115^{\circ}\text{C}/\text{hm}$ 。

1.2 逆温特征

1.2.1 逆温的时间变化特征 3 月接地逆温从 19 时前开始形成,随后,出现频率、厚度和强度

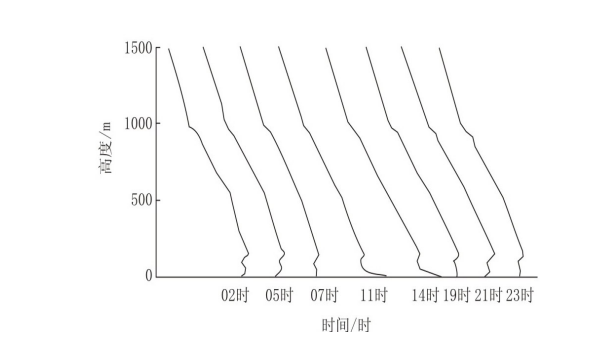


图 2 宝鸡热电厂 7 月各时刻拟合平均温度廓线

随时间变化逐渐增大,到次日 02 时出现频率和厚度达最大;07 时厚度开始减小,但强度达到最大;随后逐渐消散,到 09 时全部消散。09—17 时基本不出现接地逆温。低空逆温在 07—14 时前后出现较为频繁,09—11 时最为频繁,17 时到次日的 02 时出现较少。日出后,随着地面吸收太阳辐射逐渐增温,接地逆温逐渐离开地面形成第一层低空逆温,随后底部高度逐渐抬高,强度逐渐增大,厚度逐渐减小,14 时底部高度最高;19 时前后,接地逆温逐渐形成,低空逆温底部高度逐渐下降(见表 1)。

7 月接地逆温从 19 时前后开始形成,随后,出现频率、厚度和强度随时间变化逐渐增大,到 23 时出现频率和厚度达最大,之后,出现频率逐渐减小,厚度基本维持在 50.0 m,强度逐渐增大,02 时强度达最大,07 时后开始逐渐消散,09—17 时基本不出现接地逆温。由于太阳辐射强烈,对流旺盛,低空逆温出现频率、强度和厚度均低于 3 月。低空逆温在 02—11 时之间出现,14 时到 23 时基本不出现;逆温强度 07 时最强,05 时最弱;逆温厚度在 100~200 m 之间;逆温底部高度在 350~650 m 之间(见表 2)。

1.2.2 逆温的空间变化特征 3 月观测期间接地逆温出现较为频繁,频率 48.9%,平均强度 $1.21^{\circ}\text{C}/\text{hm}$,厚度 300 m 以下,有时可延伸到 400 m,500 m 以上没有接地逆温出现。厚度 100 m 以下的接地逆温出现频率最高,其次为高度 100~200 m 的接地逆温,厚度 300 m 以上的接地逆温很少出现,观测期间只出现 2 次,其强度相对较小。低空逆温也较为频繁,各高度均有出现,但

厚度和强度均不大。底高 100 m 以下的低空逆温强度最大，但厚度最小，底高在 300~400 m 之间的低空逆温强度最小，底高 200~300 m 的低空逆温厚度最大（见表 3）。

表 1 宝鸡热电厂 3 月逆温时间变化特征值

时 间		02 时	07 时	09 时	11 时	14 时	17 时	19 时	21 时
接 地 逆 温	频率/%	92	73	0	0	0	0	60	90
	强度/（℃/hm）	1.13	1.68	——	——	——	——	0.49	1.44
	厚度/m	190.0	104.1	——	——	——	——	64.2	130.0
低 空 逆 温	频率/%	42	64	90	82	55	46	40	50
	强度/（℃/hm）	1.06	0.62	0.77	1.01	1.25	0.49	0.98	0.44
	厚度/m	79.0	123.7	100.3	113.8	89.0	123.0	86.3	124.3
	底高/m	622.0	517.1	524.4	625.0	1 007.0	803.5	818.8	780.7

表 2 宝鸡热电厂 7 月逆温时间变化特征值

时 间		02 时	05 时	07 时	11 时	14 时	19 时	21 时	23 时
接 地 逆 温	频率/%	44	56	330	0	33	78	90	
	强度/（℃/hm）	4.97	4.58	3.06	——	——	1.88	3.24	2.65
	厚度/m	50.0	50.0	50.0	——	——	50.0	65.0	70.0
低 空 逆 温	频率/%	22	11	11	22	0	0	0	0
	强度/（℃/hm）	0.62	0.28	0.78	0.65	——	——	——	——
	厚度/m	125.0	200.0	100.0	100.0	——	——	——	——
	底高/m	650.0	350.0	350.0	350.0	——	——	——	——

表 3 宝鸡热电厂 3 月不同高度层逆温出现频率及强度

高度/m		<100	100~200	200~300	300~400	400~500	>500
接 地 逆 温	出现频率/%	16.1	12.6	8.0	1.1	1.1	——
	平均强度/（℃/hm）	1.56	1.17	1.45	1.13	0.74	——
	最大强度/（℃/hm）	3.70	1.68	1.77	——	——	——
低 空 逆 温	出现频率/%	6.9	5.7	4.6	9.2	4.6	14.9
	平均强度/（℃/hm）	0.94	0.79	0.82	0.47	0.62	0.90
	最大强度/（℃/hm）	1.50	2.00	2.33	1.11	1.00	1.93
	平均厚度/m	59.2	82.0	145.0	75.6	102.5	110.8

7 月接地逆温平均出现较少，出现频率 38.9%，平均强度 2.80℃/hm，厚度 200 m 以下，200 m 以上没有接地逆温出现。低空逆温主要出现在底高 200~500 m，出现频率 11.6%，平均强度 0.60℃/hm，平均最大强度 1.11℃/hm，平均厚度 167.3 m（见表 4）。

1.3 低空逆温特征比较

3 月第一层低空逆温出现较频繁，平均出现频率 58.6%，平均底部高度 415.9 m，平均厚度 99.7 m，平均逆温强度 0.45℃/hm；第二层低空逆温出

现相对较少，但平均逆温强度大于第一层，其平均出现频率为 26.4%，平均底部高度 676.2 m，平均厚度 100.2 m，平均逆温强度 0.56℃/hm。夏季第一层低空逆温出现较少，平均出现频率 9.4%，平均底部高度 450.0 m，平均厚度 125.0 m，平均逆温强度 0.59℃/hm；第二层低空逆温基本没有出现。可见，3 月一、二层低空逆温均比夏季出现频繁，夏季第二层低空逆温基本没有出现，第一层低空逆温底高、厚度和强度略大于 3 月。表明 3 月近地层污染物垂直扩散能力弱于夏季。

表 4 宝鸡热电厂 7 月不同高度层逆温出现频率及强度

高度/m		<100	100~200	200~300	300~400	400~500	>500
接地逆温	出现频率/%	36.1	2.8	—	—	—	—
	平均强度/ (°C/hm)	3.24	2.35	—	—	—	—
	最大强度/ (°C/hm)	7.40	3.61	—	—	—	—
低空逆温	出现频率/%	0.0	0.0	1.4	4.2	4.6	1.4
	平均强度/ (°C/hm)	—	—	0.98	0.47	0.62	0.32
	最大强度/ (°C/hm)	—	—	—	1.11	1.00	—
	平均厚度/m	—	—	250.0	166.7	102.5	150.0

2 近地层风场特征

2.1 主导风向及主导风向下的平均风速

3 月, 近地层 50~100 m 高度主导风向以偏北风为主, 在 150~1 500 m 高度之间, 主导风向以东南风 (SE) 为主, 次多风向基本以东东南 (ESE) 风为主。50 m 高度层主导风向为北风 (N), 频率 12.4%, 风速 2.0 m/s; 次多风向为东东南风 (ESE), 频率 11.3%, 风速 4.2 m/s。100 m 高度层主导风向为北西北风 (NNW), 频率 14.6%, 平均风速 2.1 m/s, 次多风向为东东南风 (ESE), 频率 11.5%, 平均风速 5.0 m/s。150 m 高度层主导风向以东东南风 (ESE) 为主, 频率 14.6%, 平均风速 5.7 m/s; 次多风向为东南风 (SE), 频率 11.5%, 平均风速 4.4 m/s。200 m 高度层主导风向以东东南风 (ESE) 为主, 频率 14.6%, 平均风速 5.8 m/s; 次多风向为东南风 (SE), 频率 12.5%, 平均风速 4.6 m/s。400 m 高度层主导风向为东南风 (SE), 频率 24.2%, 平均风速 6.2 m/s, 其次为东东南风 (ESE), 占 10.5%, 平均风速 5.8 m/s。600 m 高度层主导风向为东南风 (SE), 频率 21.5%, 平均风速 6.9 m/s; 次多风向为东东南风 (ESE), 频率 16.1%, 平均风速 5.6 m/s。

7 月, 近地面 50~500 m 高度主导风向和次主导风向以偏东风为主, 550~1 500 m 高度最多风向和次多风向以偏南风为主。50 m 高度层主导风向为东东南风 (ESE), 频率 32.9%, 平均风速 6.0 m/s。100 m 高度层主导风向为东东南风 (ESE), 频率 38.4%, 平均风速 7.1 m/s, 次多风向为东风 (E), 频率 12.8%, 平均风速 5.5 m/s。150 m 高度层主导风向以东东南风 (ESE) 为主,

频率 38.4%, 平均风速 7.6 m/s; 次多风向为东风 (E), 频率 12.8%, 平均风速 5.9 m/s。200 m 高度层主导风向为东东南风 (ESE), 频率 38.8%, 平均风速 7.9 m/s; 次多风向为东风 (E), 频率 11.9%, 平均风速 6.2 m/s。400 m 高度层主导风向为东东南风 (ESE), 频率 18.7%, 平均风速 9.0 m/s, 其次为东南风 (SE), 频率 17.8%, 平均风速 6.5 m/s。600 m 高度层主导风向为东东南风 (ESE), 频率 13.2%, 平均风速 10.5 m/s; 次多风向为南西南风 (SSW), 频率 11.9%, 平均风速 6.5 m/s。

2.2 风速廓线

3 月, 50~450 m 以下平均风速随高度增加较快, 风速由 2.4 m/s 增加到 4.3 m/s。之后, 平均风速随高度波动变化, 并呈缓慢增加的趋势。450 m 以上风速随高度的变化较小, 大气污染物容易扩散。根据数值模式模拟结果, 7 月, 50~400 m 以下平均风速随高度增加较快, 风速由 4.7 m/s 增加到 6.9 m/s。400 m 以上大气污染物容易扩散。可见, 风速随高度呈指数增长, 并在近地层变化较大, 不利于大气污染物的垂直扩散, 但有利于水平扩散。

2.3 低空风的日变化

2.3.1 风向 3 月, 02 时以北西北风 (NNW) 为主, 频率为 31.8%, 08 时以东风 (E) 为主, 频率为 21.6%, 11 时以北风 (N) 为主, 频率为 18.3%, 14—20 时以偏东南风居多, 其中南东南风 (SSE) 占 25.0%, 东东南风 (ESE) 占 14.6%。7 月, 11 时以东风 (E) 为主, 频率为 39.8%, 23 时以南东南风 (SSE) 为主, 频率为 29.2%, 其余时间以东东南风 (ESE) 为主, 各时次频率, 02

时为 36.1%，08 时和 14 时均为 37.0%，20 时占 39.2%。

2.3.2 风速 3 月风速有着明显的日变化。50 m 高度 14 时风速最大，为 3.0 m/s；02 时风速最小，为 1.5 m/s。200 m 高度仍以 14 时风速最大，为 3.9 m/s，02 时风速最小，为 1.8 m/s。日风速呈波动变化。400 m 高度层平均风速仍然在 02 时最小，但最大风速出现在 08 时。600 m 高度的风速变化与 400 m 高度趋势相似，最大值出现在 08 时，为 5.2 m/s。600 m 以上平均风速逐渐减小，02 时出现最小值，为 2.7 m/s。7 月平均风速的日变化在各高度层表现一致，08 时风速最小，14 时最大，且随高度升高风速加大。可见，风速与湍流交换关系密切，其强度决定向上传递速度。

3 大气稳定度

大气稳定度是研究大气扩散规律和湍流运动的重要气象参数。根据 Pasquill 分类，四季中，中性类 (D) 和稳定类 (E—F) 出现频率均较高在 30% 以上；不稳定类 (A—B) 和弱不稳定类 (C) 出现频率均较低在 20% 以下。A—B 类出现频率以夏季为最大占 19.3%，其次是春季占 13.3%，秋季为 11.8%，冬季最小为 6.0%；C 类以夏季较频繁为 14.1%，其次是冬季和春季均占 11.3%，秋季出现频率较小为 6.0%；D 类以春季出现最多为 44.6%，其次为秋季占 39.3%，夏季为 37.2%，冬季最少为 30.5%；E—F 类以冬季出现最多出现频率达 52.1%，其次为秋季占 41.4%，春季 30.8%，夏季最少为 29.4%。总体来看，中性类和稳定类出现频率均较高，不稳定类和弱不稳定类出现频率较低，不利于大气污染物扩散；另外，由于冬、夏两季太阳辐射量差额较大，使得两季大气湍流运动强弱差异甚大，冬季的 E—F 类频率远大于夏季，而冬季的 A—B 类频率又远小于夏季，这正是冬季大气污染较夏季严重的重要原因之一。

4 各风向、风速下稳定度频率

根据陈仓区气象站 2001—2003 年气象资料，冬季在主导风向 W—NW 流型下，E—F 类总频

率 24.8%，其中当风速 < 1.5 m/s 时频率 9.2%，当风速为 1.6~3.0 m/s 时频率 14.5%。在 E—ESE 风向下，E—F 类总频率 9.7%，其中当风速 < 1.5 m/s 时频率 3.8%，当风速为 1.6~3.0 m/s 时频率 4.4%。其次是 D 类，总频率 6.5%，其中，当风速为 1.6~3.0 m/s 时频率 3.4%。

夏季在主导风向 ENE—ESE 流型下，E—F 类总频率 8.9%，其中当风速 < 1.5 m/s 时频率 2.9%，当风速为 1.6~3.0 m/s 时频率 4.9%。在 WSW—WNW 风向下，E—F 类总频率 9.3%，其中当风速 < 1.5 m/s 时频率 2.6%，当风速为 1.6~3.0 m/s 时频率 6%。D 类总频率 13.1%，其中，当风速 1.6~3.0 m/s 时频率 6.5%。

5 混合层特征

大气边界层中，大气热力和机械湍流的共同作用形成混合层，它是热力和机械湍流共同作用的结果，混合层高度是反映大气扩散能力的重要物理量。

3 月弱不稳定类 (C) 混合层高度最大，平均高度为 1 621.7 m，最大高度为 2 141.9 m；其次为不稳定类 (A、B)，平均高度为 1 248.6 m，最大值为 3 134.5 m；中性类 (D) 混合层高度显著降低，平均为 371.4 m，最大高度为 1 385.0 m；稳定类 (E、F) 混合层高度最低，平均仅为 140.3 m，最大高度也只有 258.0 m。

夏季，仍以弱不稳定类 (C) 混合层高度最大，平均高度为 1 740.1 m，最大高度为 2 839.3 m；其次为不稳定类 (A、B)，平均高度为 1 153.1 m，最大值为 3 134.5 m；中性类 (D) 混合层高度显著降低，平均为 557.4 m，最大高度为 1 385.0 m；稳定类 (E、F) 混合层高度最低，平均仅为 135.0 m，最大高度也只有 365.9 m。

可见，宝鸡热电厂建设项目所在地 7 月和 3 月太阳辐射、地面逆辐射均较强，温度的垂直梯度和时间变化较大，使得大气热力和湍流运动较强，不稳定度和弱不稳定度条件下，混合层高度均较高，有利于大气污染物的垂直扩散、输送。