

2011年7月17日一次雷暴大风、短时暴雨过程分析

姚静, 袁媛, 胡启元, 马晓华 (陕西省气象台, 陕西西安 710015)

摘要 利用 NCEP 再分析资料以及自动站、多普勒雷达、卫星红外云图等气象资料, 对 2011 年 7 月 17 日 14:00~21:00 陕西省一次雷暴大风、短时暴雨天气进行了分析。结果表明, 此次强对流天气受东北冷涡后部冷槽和低值系统影响, 底层的暖湿气流、高层的冷平流以及不稳定层结共同作用形成; K 指数分布看, 陕西大部分地区为 24~36 °C 的高能区, 表现为不稳定层结特征; 陕西延安以南地区的 SI 指数为 -2~0 °C, 陕南东部 SI 指数 < -4 °C, 与强对流天气对应较好, 特别是在负值大值区的下游更是强对流易发区域; 卫星云图上, 对流云团经过的地方, 对应陕西省发生了短时强对流天气; 多普勒天气雷达回波强中心达 50 dBz 以上, 与之同时次的速度图上出现了强的辐合中心。

关键词 雷暴大风; 短时暴雨; 天气过程; 诊断分析; 陕西省

中图分类号 S161 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)16-05149-04

强对流风暴主要产生雷雨大风、冰雹和短时强降水等强对流天气, 是河南省主要灾害性天气之一, 其来势猛、强度高、生命史短、危害大, 每年发生频繁, 给人民群众和工农业生产带来很大危害。如 2005 年 5 月 30 日下午到晚上陕西出现了一次大范围强对流冰雹大风天气, 30 日 15:00 最大风速达 28 m/s, 咸阳市的旬邑县最大冰雹直径达 60 mm, 据不完全统计, 这次过程造成了近 20 万 hm^2 农田受灾或绝收, 直接经济损失近 5 亿元。

强对流天气的发生、发展主要依靠大气的热力、动力条件, 其中最重要的是中层有干空气或中低层有逆温层和强垂直风切变。近几年, 随着探测和数值模拟手段的提高, 强对流天气的预测水平有了很大的提高。张芳华等对 2005 年 7 月 12 日上海飚线天气过程分析发现, 处在干冷、下暖湿的不稳定大气层结中, 对流层上层干冷空气的侵入和边界层暖湿气流强烈辐合是飚线天气的触发机制; 飚线以断续线型与后续线型相结合的回波型式形成, 在对流单体的右侧不断新生单体, 最终连接成弓状回波带, 产生雷雨大风等强对流天气^[1]。李云川等利用新一代天气雷达产品建立了河北省冰雹、大风、强降水识别指标^[2]; 张晰莹等分析表明虽然弱冰雹云回波强度弱无典型雹云特征, 但速度特征明显, 具有明显的中尺度辐合辐散特征等^[3]。笔者利用 NCEP 再分析资料以及自动站、多普勒雷达、卫星红外云图等气象资料, 采用天气动力学诊断方法和强天气分析技术, 对 2011 年 7 月 17 日 14:00~21:00 陕西省一次雷暴大风、短时暴雨天气过程的环流背景、物理量场进行分析, 探讨这次强对流天气过程的系统演变特征和触发机制, 提高对此类强对流天气发生发展机理的认识水平。

1 过程概况与灾情

1.1 过程概况 7 月 17 日 14:00~16:00 商洛部分地区开始出现雷暴, 洛南、商州、柞水等地区出现短时暴雨, 17:00~19:00 宝鸡、榆林、汉中以及商洛、咸阳部分地区均出现短时暴雨、雷暴大风。20:00~21:00 逐渐停歇。之后各地雷达回波减弱, 天气逐渐转好。据自动站统计, 7 月 17 日 08:00~

21:00 发生雷暴 53 站次、6 级以上短时大风 10 站次(府谷、长武、白河、镇巴、旬邑、永寿、淳化、富县、泾阳、陈仓), 据区域站(图 1)统计, 短时暴雨 67 站次, 强降水主要时段为 14:00~21:00。这次强对流天气范围大、强度高、持续时间长(达 10 h), 灾害性天气类型多, 有雷暴、短时强降水和大风; 短时大风站数多, 全省共出现 10 县大风天气; 且跨越了陕北、关中、陕南地区。

1.2 灾情 7 月 17 日, 商洛市商州区 7 个镇遭受冰雹和大风袭击, 据初步统计, 农作物受灾面积 813.9 hm^2 , 成灾面积 443.6 hm^2 , 因灾减产粮食 200 万 kg, 直接经济损失 530 万元, 其中农业经济损失 454 万元; 镇安县米粮镇遭受冰雹袭击, 全镇农作物受灾面积 544.7 hm^2 , 其中 467.3 hm^2 玉米出现倒伏, 77.3 hm^2 烤烟不同程度遭受冰雹袭击和大风灾害, 有 7 700 多株核桃树受灾, 减产 38 500 kg, 有 30 多棵大树被风吹倒, 导致电力中断 2 h, 灾害造成直接经济损失达 311.5 万元。17 日, 宝鸡市陈仓区慕仪镇以及凤翔横水、彪角、虢王 3 个乡镇遭受冰雹袭击持续足有 20 min, 冰雹多为乒乓球大小, 人根本无法在室外活动, 多处农田种植的作物几乎全部被毁, 2 000.0 hm^2 农作物受灾。

2 高空形势场分析

7 月 17 日 08:00, 500 hPa 中高纬度是西低东高的形势(图 2a), 在内蒙古地区有一冷涡, 冷涡的后部不断有冷空气下滑, 这股冷空气影响陕西省的关中和陕北大部分地区, 自内蒙冷涡中心到陕西省陕南地区有一明显的槽, 且与之配合较好的有一温度槽存在, 有利于强对流天气的发生。700 hPa 陕西省处于暖湿的温度脊中(图 2b), 暖平流自甘肃中东部到陕西省中部, 另外在陕南西部地区有一弱的切变存在; 850 hPa 陕西省自北向南有一竖切变(图 2c)。在陕西上空基本形成了上冷下暖, 低层暖平流、中高层冷平流的冷涡天气形势, 高空冷涡底部引导冷空气南下与暖湿气流激烈交汇, 造成剧烈的强对流天气。地面图上, 关中西部、陕南东部均存在辐合线。因此, 整层的辐合上升、底层的暖湿气流、高层的冷平流以及不稳定层结为强对流的发生提供了有利条件。

3 中尺度综合分析

7 月 17 日 08:00 200 hPa 自内蒙古到陕西省陕南地区冷槽非常强盛; 500 hPa 内蒙中部为一冷涡, 在冷涡后部有一低

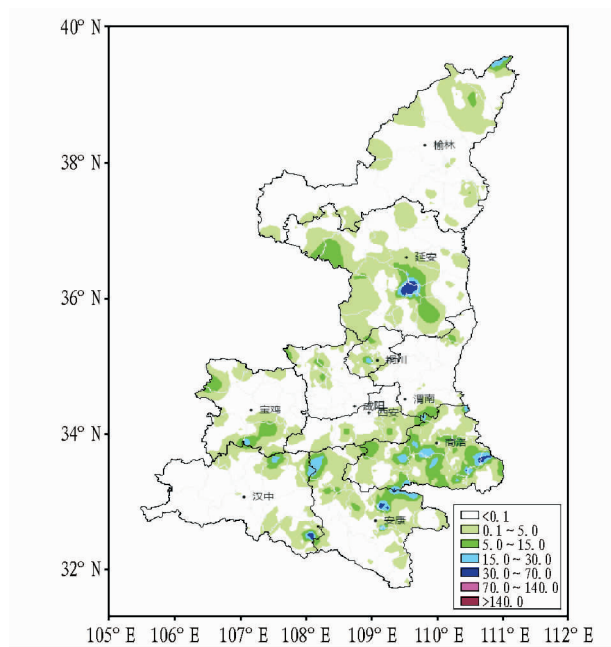


图1 2011年7月17日08:00~18:00陕西区域站降水量

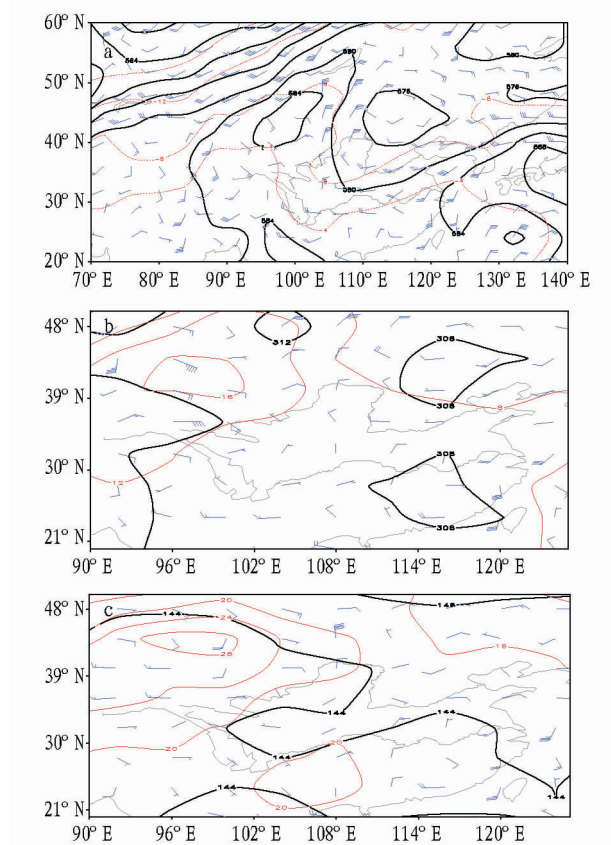


图2 2011年7月17日08:00 500 hPa(a)、700 hPa(b)和850 hPa(c)高空形势与风场、温度场

槽,即在陕北、关中有一低槽;700 hPa在陕西省陕南有一切变,并处于暖平流中,850 hPa陕西省自北向南有一竖切变。陕西省大部分地区 $T_{850} - T_{500}$ 为 25°C ,处于不稳定状态(图3)。在7月17日15:00~16:00地面自动站陕西省陕北、关中西部以及陕南东部均存在辐合线(图4)。因此,整层的辐合上升以及底层的暖湿气流、高层的冷平流和不稳定层结为

强对流的发生提供了有利条件^[4]。

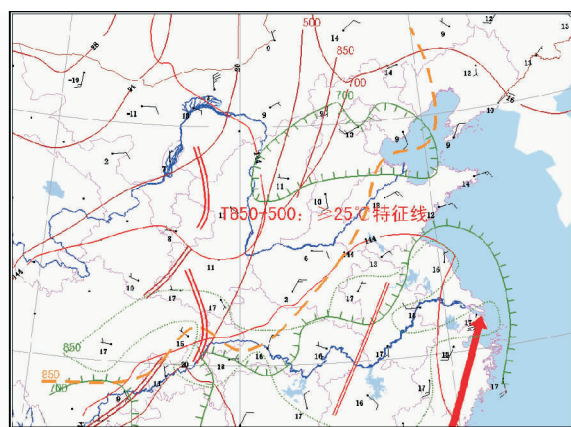


图3 2011年7月17日08:00高空850 hPa分析

4 对流条件因子

4.1 能量场分布和大气层结 从7月17日08:00的K指数分布看(图5a),陕西大部分地区为 $24 \sim 36^{\circ}\text{C}$ 的高能区,表现为不稳定层结特征,反映出17日中低层的水汽条件和能量条件明显较好,因此17日过程的强降水比较突出,据区域站统计,短时暴雨67站次,强降水主要时段为14:00~21:00。7月17日08:00陕西延安以南地区的SI指数为 $-2 \sim 0^{\circ}\text{C}$,陕南东部SI指数 $< -4^{\circ}\text{C}$ (图5b),与强对流天气对应较好,特别是在负值大值区的下游更是强对流易发区域,因而在陕南东部的安康地区出现了剧烈的强对流天气。17日08:00在陕西中南部的 $30^{\circ} \sim 35^{\circ}\text{N}$ $\Delta\theta_{se_{500-850}}$ 在 $-14 \sim 0^{\circ}\text{C}$ (图6a),为显著的对流不稳定;850 hPa θ_{se} 有一 75°C 的大值中心(图6b),对流层低层850 hPa的 θ_{se} 明显高于近地面层,即 $\partial\theta_{se}/\partial z > 0^{\circ}\text{C}$,说明在对流层低层出现一个明显的逆温层,为产生强对流天气所需的不稳定能量积蓄及释放提供重要作用。

4.2 探空分析 从7月17日延安(图7a)、西安(图7b)、汉中探空分析来看,根据17日14:00对流温度订正的对流有效位能CAPE来看,延安为 1758.3 J/kg 、西安 2321.4 J/kg 、汉中 2252.9 J/kg 。从垂直风场分析,500 hPa以下风随高度顺转,有暖平流,有利于强对流天气的发生和发展,陕北南部、关中西部、陕南东部普遍出现雷暴、大风、短时强降水等天气。

5 云图分析

7月17日,500 hPa蒙古冷涡后部不断有冷空气下滑,08:00~12:00云图上全省上空少云(图8a),地面加热增温明显;12:00~24:00不断有强对流云团生成,且在陕西省上空移动速度较快,对流云团经过的地方,对应陕西省发生了短时强对流天气(图8b)。

6 雷达分析

从17日15:00汉中雷达组合反射率分析(图9a),汉中东南部到安康地区有对流性回波,且强中心达 50 dBZ 以上,与之同时刻的速度图上(图9b),看到汉中东部城固到石泉之间有强的辐合中心,同时在汉中南部也有一辐合区存在。宝鸡16:57组合反射率剖面图上(图10a)可以看到对流发展

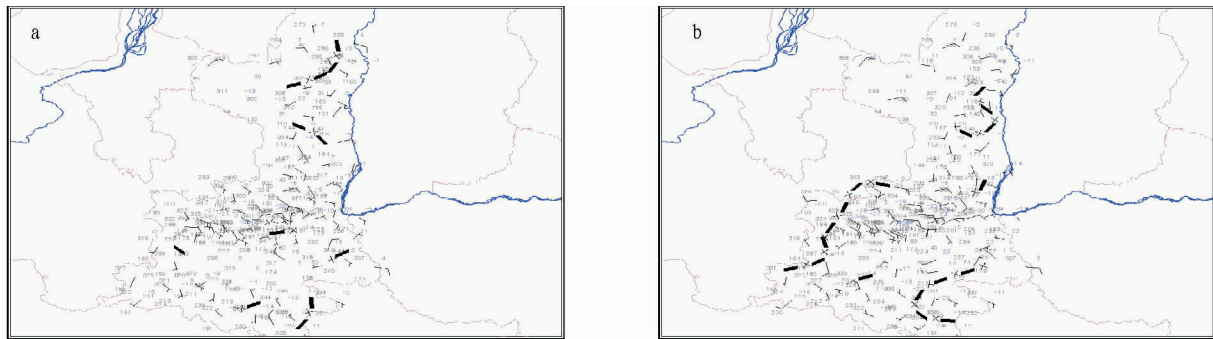


图 4 2011 年 7 月 17 日 15:00(a)和 16:00(b)地面中尺度分析

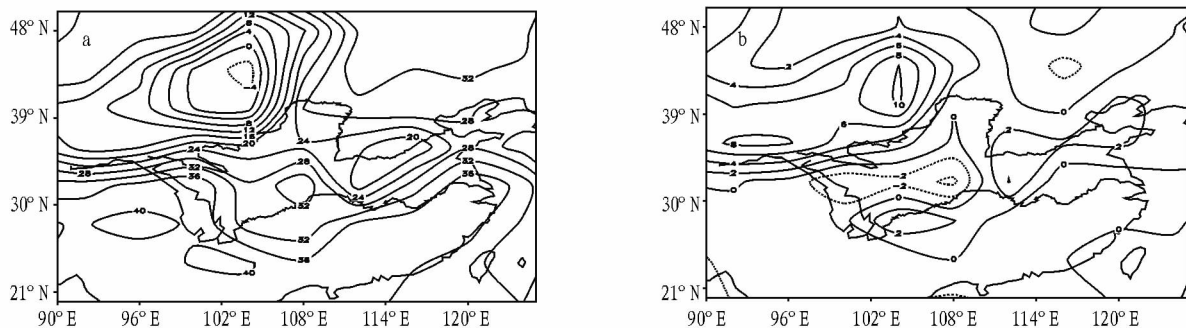


图 5 2011 年 7 月 17 日 08:00 K 指数(a)和 SI 指数(b)分布

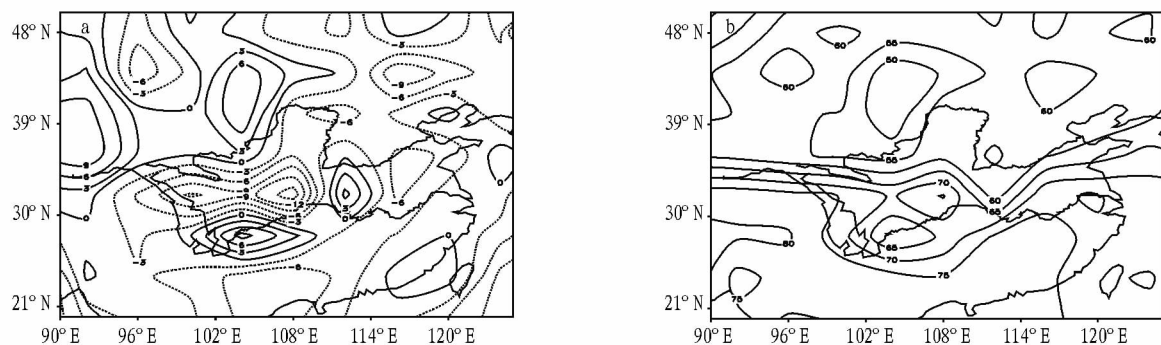


图 6 2011 年 7 月 17 日 08:00 $\Delta\theta_{se_{500-850}}$ (a)和 7 月 17 日 850 hPa θ_{se} (b)分布

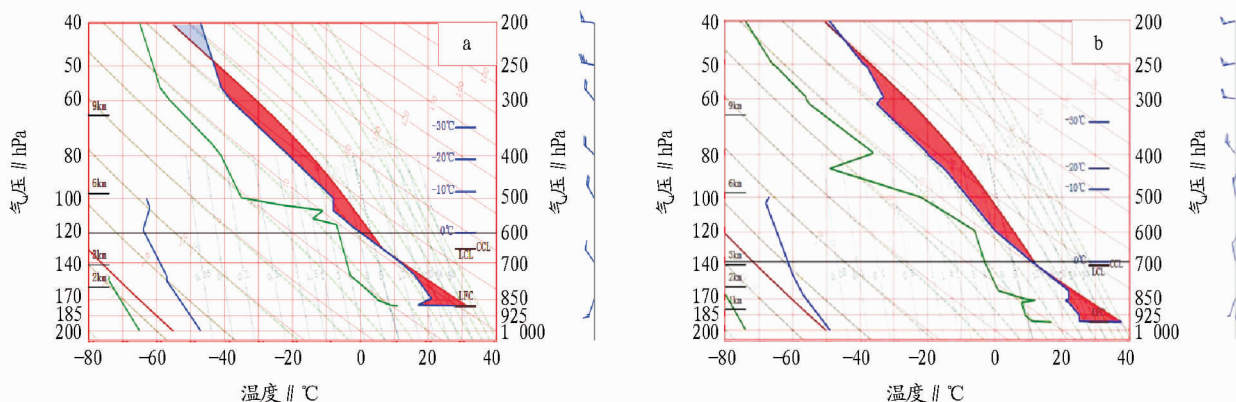


图 7 2011 年 7 月 17 日经过 14:00 订正的延安(a)和西安(b)TLOGP 图

高度较高,达 9 km,强中心位于 6 km 左右,强度在 65 dBz 以上,如此强的对流云回波给宝鸡地区带来了强烈的短时暴雨和雷暴天气^[5]。西安雷达向宝鸡方向的反射率剖面图(图 10b)显示出回波发展更加强,整个上空的回波强中心面积大,强度达 65 dBz 以上,宝鸡地区发生了强烈的雷暴天气。

7 预报服务总结

短时预报员从 17 日 13:50 共和市县气象局进行电话会商 6 次,及时主动地进行指导和服务,将强回波的走向和发展情况和对方进行会商,在必要时指导对方做出预报和预警,对方也将最新实况告知省台,上下紧密联动,预报和服务

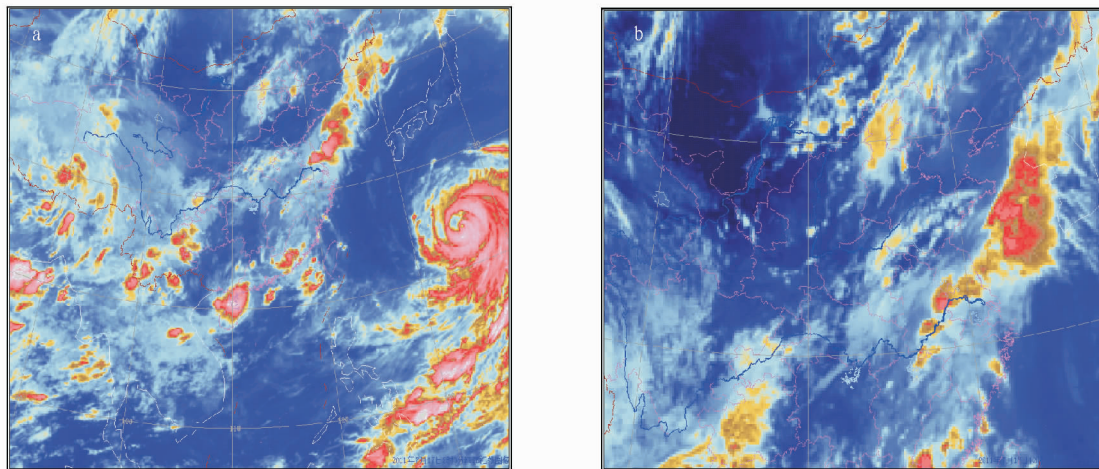


图8 2011年7月17日08:00(a)和12:00(b)卫星云图

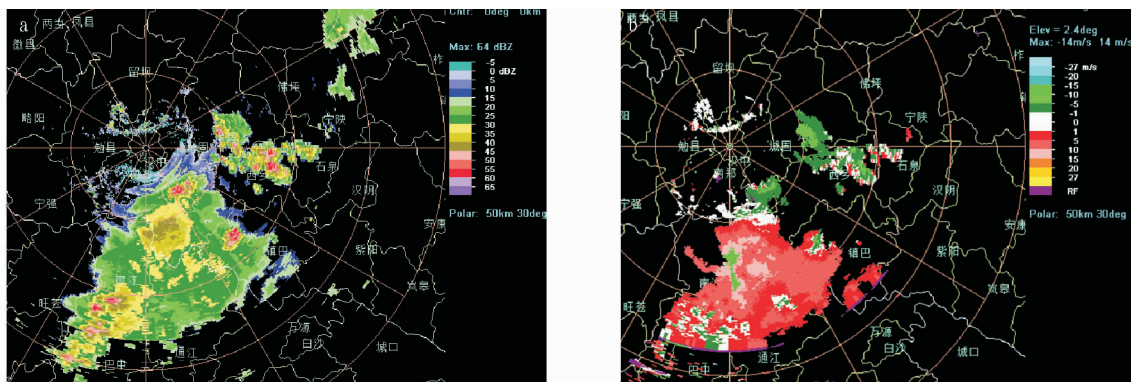


图9 2011年7月17日15:00汉中雷达组合反射率(a,dBz)和径向速度(b,m/s)

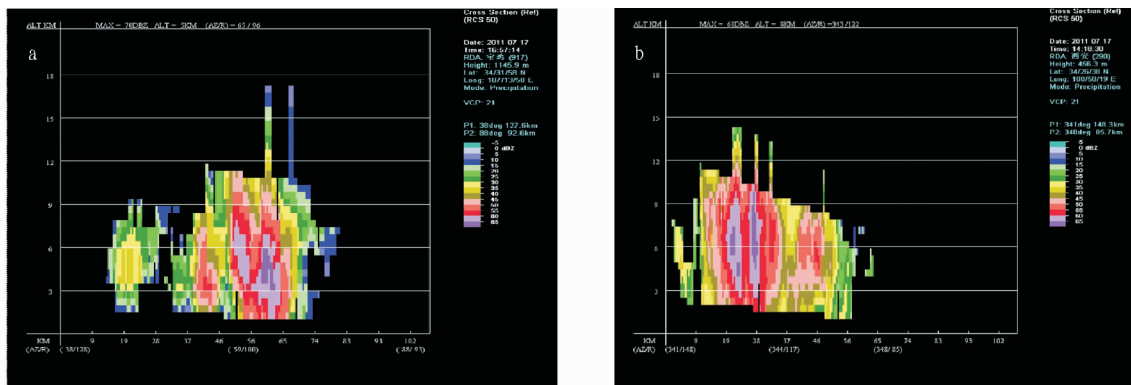


图10 2011年7月17日16:57宝鸡(a)和14:18西安(b)雷达组合反射率垂直剖面(单位:dBz)

效果非常好。当日的预报员向各级领导发送了短时暴雨大风冰雹警报4份,特别是17:10指出未来0~2h长武、彬县、旬邑、麟游、淳化、耀县、甘泉等地境内有雷雨,并伴有6级以上短时大风,准确率达80%以上,为地级市县的预报和服务及时、准确地进行了指导。

8 结论

(1)7月17日500 hPa中高纬度是西高东低的形势,在内蒙古地区有一冷涡,冷涡的后部不断有冷空气下滑,这股冷空气影响陕西省的关中和陕北大部分地区,有利于强对流天气的发生。

(2)从能量场分析,7月17日08:00陕西大部分地区K指数为24~36℃的高能区,表现为不稳定层结特征;17日

08:00陕西延安以南地区的SI指数为-2~0℃,陕南东部SI指数<-4℃,与强对流天气对应较好,特别是在负值大值区的下游更是强对流易发区域,因而在陕南东部的安康地区出现了剧烈的强对流天气。

(3)从垂直风场分析,7月17日500 hPa以下风随高度顺转,有暖平流,有利于强对流天气的发生和发展。陕西南部、关中西部、陕南东部普遍出现雷暴、大风、短时强降水等天气。

(4)从卫星云图分析,7月17日12:00~24:00不断有强对流云团生成,且在陕西省上空移动速度较快,对流云团经过的地方,对应陕西省发生了短时强对流天气。

(5)从多普勒天气雷达图分析,雷达回波强中心达50

造成水流压力上升,雷诺数减小,盐脱率下降,造成水流死角和局部极化结垢。因此水流过管的线速度控制在 50 ~ 200 mm/s。②电流和电压。工作电流应低于极限电流。工作电流过高,有利于提高设备效率;工作电流过低,有利于防止极化。一般控制工作电流为极限电流的 90%。③pH。通过对水样 pH 的测定,同时对水样的 pH 进行调节,确定电渗析中 pH 控制量。④淡水水质。检测水样中的淡水水体质量,为进一步吸附处理提供有效数据。

2 结果与分析

2.1 运行参数确定 试验以自来水为测试对象,在电压 50 V、控制自来水进水流量 10 ~ 35 L/h 时,对淡水室出水的电

导率进行测定。由图 2a 可知,当进水流量 < 25 L/h 时,电导率变化并不明显且值较低,说明出水水质最好;当进水流量 > 25 L/h 时,电导率值随着进水流量的增加而逐渐变大,说明出水水质变差,考虑到综合因数影响,当进水流量达 25 L/h 效果为最佳,经测试发现淡水出水电导率为 6.92 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 。

保持自来水的进水流量为 25 L/h,控制电渗析装置电压 10 ~ 70 V,对淡水室出水的电导率进行测定。由图 2b 可见,淡水室出水的电导率与电压成反比变化,当电压低于 50 V 时,淡水室出水电导率达最小值,为 7.03 $\mu\text{s}/\text{cm}$;而后随着电压的提高,淡水室出水的电导率变化不再明显。由此可得出电渗析装置的最佳工艺参数电渗电压 50 V、进水流量为 25 L/h。

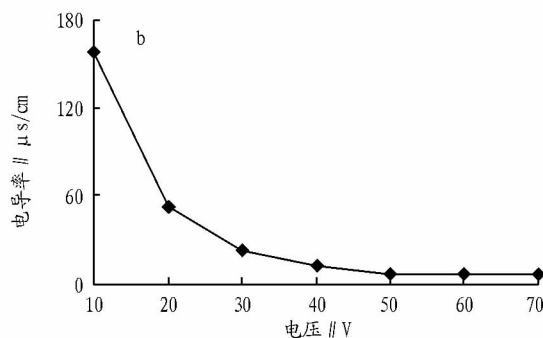
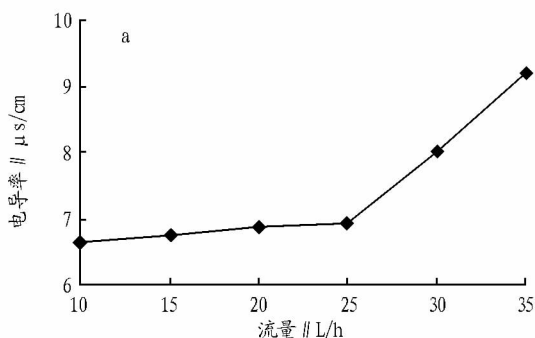


图2 进水流量(a)和电压(b)对电导率的影响

2.2 实际氨氮废水的处理 将株洲某化肥厂收集高浓度氨氮废水经过预处理,放入控制电压 50 V、进水流量为 25 L/h 的电渗析装置。经过处理出水分成淡水及浓水,检测得知浓水出水占总出水的 14%,淡水出水占总出水的 86%,其中浓水出水氨氮含量 3 400.0 mg/L,其电导率为 15 000.0 $\mu\text{s}/\text{cm}$;淡水出水的氨氮含量为 11.5 mg/L,其电导率为 12.1 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 。对比分析试验出水水质与排放标准(表 1)发现,高浓度氨氮废水经电渗析装置处理后,不仅可以达到排放标准,且还可以满足回用要求,其去除率达 97% 以上^[6]。

表1 试验出水水质与排放标准比较

项目	pH	氨氮 mg/L	挥发酚 mg/L	悬浮物 mg/L	COD mg/L	硫化物 mg/L
排放标准	6~9	70.0	0.10	100	150.00	0.50
系统出水	7.11	12.1	0.01	42	41.12	0.47

3 结论

(1) 通过试验得知,当试验用电渗析设备调试参数电压为 50 V、进水流量为 25 L/h 时,水样中电导率达到最佳。

(上接第 5152 页)

dBz 以上,与之同时次的速度图上出现了强的辐合中心。

参考文献

[1] 张芳华,张涛,周庆亮,等. 2004 年 7 月 12 日上海飊线天气过程分析[J]. 气象,2006,31(5):47-51.
[2] 李云川,王福侠,裴宇杰,等. 用 CINRAD-SA 雷达产品识别冰雹、大风

(2) 采用该设备对进水电导率为 2 980 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 、氨氮浓度为 648.23 mg/L 高浓度氨氮废水进行处理,结果发现该设备出水室浓水和淡水各占总出水的 14% 和 86%,浓水和淡水的电导率分别为 15 000.0 和 12.1 $\mu\text{s}/\text{cm}$,氨氮含量分别为 3 400.0 和 11.5 mg/L。

(3) 试验表明合理设计电渗析装置和正确选择电渗析材料可以有效处理高浓度氨氮废水。电渗析法处理氨氮废水不仅可使出水水质达到国家排放标准,且出水可以回用,同时处理后废水中的氨氮可重复利用。

参考文献

[1] 周彤. 污水的零费用脱氮[J]. 给水排水,2000,26(2):37-40.
[2] 冯旭东,王崑,董黎明,等. 高浓度氨氮废水处理技术[J]. 北京工商大学学报,2004,22(2):5-8
[3] 许国强,曾光明. 氨氮废水处理技术现状与发展[J]. 湖南有色金属,2002,26(2):37-40.
[4] 凌云. 酵母菌-光合细菌连用处理皂素废水的实验研究[J]. 西北农业学报,2006,15(1):109-112.
[5] 钟理,谭春伟. 高浓度氨氮废水处理技术[J]. 北京工商大学学报,2004,22(2):5-8.
[6] 国家环境保护总局. 合成氨工业水污染物排放标准. GB 13458-2001[S]. 北京:中国环境科学出版社,2001.

和强降水[J]. 气象,2006,32(10):64-69.

[3] 张晰莹,张礼宝,安英玉,等. 弱冰雹雷达回波结构特征分析[J]. 气象,2008,34(2):38-42.
[4] 陆汉城,杨国祥. 中尺度天气学原理和预报[M]. 北京:气象出版社,2000.
[5] 张沛源,陈荣林. 多普勒速度图上的暴雨判据研究[J]. 应用气象学报,1995,6(3):373-378.