

第八届全国大气环境学术会议论文集

大气环境科技研究进展

中国环境科学学会大气环境分会

2000.10 昆明

第八届全国大气环境学术会议论文集

大气环境科技研究进展

中国环境科学学会大气环境分会

2000.10 昆明

第八届全国大气环境学术会议论文集

大气环境科技研究进展

主 编 俞学曾

副主编 汤大钢

王 玮

前 言

中国环境科学学会大气环境分会是全国大气环境领域的科技工作者和管理工作者以及环保产业企业家等方面人士自愿组织的学术性群众团体，旨在促进大气环境科技事业的繁荣和发展；促进大气环境科技人才的成长和提高；促进环保知识及环保意识的普及和推广。由中国环境科学学会大气环境分会联合昆明理工大学环境科学与工程学院和云南省环境科学学会共同主办的《第八届全国大气环境学术会议》于 2000 年 10 月 18 日至 20 日在昆明举行。本次会议全面展现近年来中国大气环境领域的进展和成果，重点突出大气科学与技术紧密结合，研讨中国大气污染状况及控制对策和技术方法。本次会议的召开得到全国从事大气环境保护事业的专家、学者、官员及企业家等方面人士的积极支持。

本次会议在全国范围内征集论文，现将录用的 126 篇论文编辑成第八届全国大气环境学术会议论文集《大气环境科技研究进展》。论文内容涉及到大气环境科学技术的各个方面，为便于学术交流及读者查阅，按论文内容及数量大体划分为以下几个部分：

空气污染气象

大气污染模式

大气气溶胶

大气污染物总量控制

大气环境质量及控制对策

机动车排放污染及控制对策

脱硫及固硫技术

除尘技术及废气治理技术

监测分析实验方法

空气污染对人体健康影响

区域和全球大气环境问题

本论文集反映了我国近年来在大气环境科学技术方面的研究成果和进展，可供同行进行学术交流，也可供环保科技、工程、管理人员以及大专院校师生参考。

由于时间仓促，论文集中如有不妥之处，欢迎批评指正。

中国环境科学学会大气环境分会挂靠单位是中国环境科学研究院大气环境研究所，办公地点在中国环境科学研究院院内。

通讯地址：北京 安外 立水桥 中国环境科学研究院大气环境分会

邮 编：100012

联 系 人：俞学曾(大气环境分会秘书长)

电 话：010-84915246，84915248，82314350

中国环境科学学会大气环境分会

2000.10

目 录

空气污染气象

- 1 秦山核电多堆厂址大气相关性实验研究及其应用性分析.....姚仁太 (1)
- 2 昆明城市气候年变化特征初步分析张一平 张举勇 李佑荣 刘玉洪 马友鑫 (8)
- 3 北京地区 PM₁₀ 污染特征及其与气象条件的相关分析.....王淑英 (13)
- 4 北京地区典型光化学污染日的研究段欲晓 徐晓峰 赵淑艳 (19)
- 5 北京地区污染气候特征及其对大气能见度的影响孟燕军 (24)
- 6 北京地区低能见度区域分布初探赵习方 徐晓峰 王淑英 孟燕军 (30)
- 7 北冰洋春夏季海洋大气边界层特征的初步研究范绍佳 邓茂芝 汪华莉 (36)

大气污染模式

- 8 大气污染预测的理论和研究方法研究进展洪钟祥 胡 非 (40)
- 9 二氧化硫浓度短期数值预报模式研究陈万隆 佟 华 (46)
- 10 大同市城市空气污染预报模式初探杨智明 周尚忠 (52)
- 11 大气扩散的随机游走烟团模式及应用蔡旭晖 陈家宜 康 凌 (58)
- 12 城市低层大气臭氧生成的模拟研究蒋维楣 蔡晨霞 (64)
- 13 山区城市空气环境质量预报的三维数值模式软件系统.....李启泰 (70)
- 14 ISC3VIEW 模式在黄岛油港的应用.....吴维平 乔 冰 (75)
- 15 核事故应急决策支持系统中的风场和大气弥散模式.....姚仁太 郝宏伟 (81)
- 16 连续点源高斯模式应用探讨龚有国 姚禄玖 (86)
- 17 面源模式反扩散参数研究谷 清 汤大钢 (92)
- 18 降雨对云下污染气体 SO₂ 清除的研究石春娥 姚克亚 郭 俊 (97)

大气气溶胶

- 19 上海市大气气溶胶核分析技术的研究张桂林 (102)
- 20 北京市西北郊取暖期可吸入颗粒物的表征研究时宗波 邵龙义 李 红 傅 贵 (109)
- 21 沿海地区可吸入颗粒物(PM₁₀)酸度和酸化缓冲能力的分析和研究.....
.....王 玮 刘红杰 潘 志 岳 欣 尹丽花 王 瑛 刘 萍 汤大钢 (115)
- 22 气溶胶粒子在大气中的传输和演变许 黎 冈田菊夫 石广玉 (121)
- 23 天津市区大气 TSP 源贡献值和源分担率特征分析..郭光焕 朱 坦 白志鹏 刘凤英 (123)
- 24 唐山市大气颗粒物源解析研究潘贵仁 李春燕 邢海斌 (129)
- 25 高原城市昆明空气总悬浮颗粒物污染解析研究李发荣 张治中 (136)
- 26 大港油田中心区大气颗粒物上多环芳烃的源解析研究.....
.....朱先磊 刘维立 卢妍妍 吴建会 朱 坦 (143)
- 27 北京市西北郊初春大气气溶胶中多环芳烃的污染现状和污染源识别研究.....
.....李 红 单忠健 何绪文 郭继光 (149)
- 28 室内空气中 PAH_s 的污染特征、来源及影响因素分析朱利中 刘勇建 (155)

29	广东省茂名市城区大气气溶胶中多环芳烃	祁士华 盛国英 傅家谟 吴家众 刘普新 梁 朝 (161)
----	--------------------------	-------------------------------

大气污染物总量控制

30	我国大气污染物总量控制方法研究	任阵海 俞学曾 杨新兴 高庆先 苏福庆 李令军 (167)
31	广州市 SO ₂ 污染控制优化实施方案的建立	范常忠 罗家海 吴政奇 汪 晖 (173)
32	总量控制法中源强优化规划的研究	王 颖 袁九毅 (179)
33	总量控制大气污染源排污权的初始分配方法	王勤耕 朱忠湛 陈志鹏 李宗恺 (182)
34	区域大气环境规划方法研究	姜建祥 刘仁志 (187)

大气环境质量及控制对策

35	天津市经济发展与大气环境污染控制战略规划	包景岭 (192)
36	武汉大气环境现状及可持续发展对策	金其镛 (198)
37	武汉市大气 SO ₂ 污染控制综合防治对策	田献民 (203)
38	首都蓝天热能系统工程探讨	王国刚 (209)
39	新疆城镇大气环境污染状况及成因分析	郝毓灵 (213)
40	大连市环境示范区二氧化硫控制对策	孙德岭 邹芳玉 (219)
41	控制大气环境污染改善大连城市空气质量	包娜仁 (225)
42	长春市进行大气污染综合治理的效果分析	遇凤年 李 晶 (230)
43	集中供热前后长春市大气环境对比研究	汤 洁 林年丰 (235)
44	南海市 SO ₂ 污染特征及其控制对策	万军明 李伟中 (240)
45	玉溪市大气污染综合防治研究	金文刚 (245)
46	石家庄市城市环境空气质量污染现状调查及防治对策研究	陈明慈 赵文英 (249)
47	河谷城市大气污染及防治研究	马耀明 (253)
48	拉萨地区夏季反应性气体污染物变化特征	周凌晞 汤 洁 于晓岚 林嘉仕 薛虎圣 石广玉 周秀骥 (257)
49	现代城市室内空气污染及控制对策研究	王菲凤 刘文伟 (263)
50	深圳市大气环境质量管理与决策支持系统	陈爱忠 陈志诚 乔妙杰 (268)
51	香港空气中高臭氧浓度期间 NMHC _s 特征初探	王新明 陈尊裕 陈鲁言 盛国英 傅家谟 李顺诚 (274)
52	我国大气臭氧探测研究的进展现状	王庚辰 (281)
53	1998 年夏季拉萨郊区地面臭氧观测和分析	汤 洁 周凌晞 郑向东 周秀骥 石广玉 索郎多吉 (287)
54	地面紫外辐射的变化及其对生态系统的影响综述	尚 琪 (293)
55	大气环评中环境污染意外事故的风险性评价方法探讨	李伟中 高 洋 (300)
56	化学突发事件危害效应评估研究	王玄玉 陈海平 安 刚 张 红 杜红星 (303)
57	化学毒物信息与泄漏仿真系统研究	夏玉亮 (309)

58	有毒化学品销毁设施的环境保护	夏治强 (317)
59	战争中的二恶英及其危害	许丽忠 张江山 (322)

机动车排放污染及控制对策

60	广州市机动车污染排放研究	潘南明 汪道明 孙群等 (326)
61	福州市区交通主干道环境空气质量及防治对策	王 坚 余 华 (332)
62	南京市机动车尾气污染状况及防治对策	徐振涛 张予燕 (339)
63	北京市环境空气中二氧化氮污染的变化趋势及其成因定量分析	李金香 赵 越 (344)
64	上海市环境空气中 NO _x 污染现状及分担率研究	伏晴艳 李 德 陈明华 钱 华 陈长虹 (349)
65	上海市环境空气中 NO _x 浓度分担率计算	陈明华 伏晴艳 刘东胜 李 德 陈长虹 钱 华 (355)
66	综合治理汽车尾气污染努力改善城市空气质量	遇凤年 李 晶 (361)
67	南宁市交通污染状况与防治措施分析	谢 健 黄素华 谢 宁 (367)
68	汽车清洁燃料与空气质量改进	廖启玲 史 权 王军民 (373)
69	行驶工况对机动车排放的影响	丁 焰 汤大钢 (377)
70	影响汽车排放检测因素的研究	马海燕 倪 红 鲍显钧 赵黔华 王鸣宇 (381)
71	机动车排放颗粒物采集系统的研制和开发	刘红杰 王 玮 刘文涛 王 英 关 怀 丁焰 汤大钢 (386)
72	汽车尾气遥感监测	胡厚钧 (392)
73	柴油机尾气机外净化技术研究	钟 秦 (398)

脱硫及固硫技术

74	我国烟气脱硫技术现状与进展	吴忠标 刘 越 余世清 (403)
75	关于烟气脱硫(FGD)工程设计的思考	杨 颢 (408)
76	QRG 气动乳化脱硫技术用于热电厂锅炉的前景	蒋 迪 刘学滨 (415)
77	流态化吸收式烟气脱硫技术试验研究	仲兆平 兰计香 金保升 陈尚兵 朱世钧 李 锋 (421)
78	旋流技术在工业锅炉除尘脱硫上的应用	杨振坤 张中祥 朱安玉 (427)
79	旋流板塔工艺技术在烟气脱硫除尘中的应用	史少军 李晓星 (432)
80	碱性废水脱除烟气中的二氧化硫研究	翟广书 袁有才 傅学起 (437)
81	苇浆厂备料车间的除尘和热电厂烟气的除尘脱硫	陈金玉 王助良 温敬平 王占林 (443)
82	GYL 型燃煤电站锅炉烟气干式脱硫技术与设备的研究	吕守明 (446)
83	CTS 型干法脱硫除尘一体化设备的研制	马承愚 倪爽英 鞠春华 杨云升 邢书彬 郭晓红 (452)
84	脉冲放电等离子体烟气脱硫技术工业性试验研究	吴 彦 王宁会 李 杰 李国锋 张彦彬 (458)

- 85 直流电晕放电活性雨烟气脱硫脱硝技术初探 童永湘 刘卫军 刘学军 魏海荣 王文明 P.C. LOOY J.S. Chang (463)
- 86 应用洁净煤技术是中小型燃煤锅炉减污提效的有效途径.....高 亮 魏德江 陈明智 (468)
- 87 发展动力配煤控制大气污染戴财胜 朱彤云 何绪文 尹承龙 (472)
- 88 燃煤添加剂在火力发电厂及水泥行业应用前景分析.....肖凯涛 王 冰 胡德福 (476)
- 89 固硫添加剂的固硫机理研究何绪文 尹承龙 韩明霞 (482)
- 90 煤高温燃烧脱硫剂的试验研究 ..程 军 宋玉彩 曹欣玉 周俊虎 刘建忠 岑可法 (486)
- 91 Ba^{2+} 氧化钙固硫的促进作用研究刘国光 郑立庆 吕文英 (491)
- 92 喷钙脱硫渣中硫酸盐化产物的稳定性钱 枫 王玉慧 张溱芳 (496)

除尘技术及废气治理技术

- 93 LIFAC 脱硫工艺后静电除尘器性能的研究薛建明 马果骏 周 军 (499)
- 94 首钢二炼钢屋顶电除尘方案介绍及探讨胡学毅 (506)
- 95 水泥立窑消烟除尘技术的应用刘汉东 (511)
- 96 水泥立窑烟气高效湿法静电除尘技术的研究与应用.....张延民 赵德鑫 田忠良 (517)
- 97 铝烧结烟气治理技术与应用研究潘剑波 恭明玺 (523)
- 98 铝工业废气治理赵天水 朱 易 (528)
- 99 硫化氢废气的燃烧法脱除研究宁 平 王学谦 赵天水 赵书庆 郝军亮 (531)
- 100 自焙阳极电解槽烟气净化最佳技术探讨吴向培 (535)
- 101 非平衡态等离子体技术处理含硫恶臭工业废气侯惠奇 侯 健 刘先年 (538)
- 102 等离子体法处理甲苯废气的实验研究李 坚 谢成屏 金毓崧 (544)
- 103 含苯有机废气的危害与治理王 宏 宁 平 (550)
- 104 改性活性碳纤维对苯吸附性能的研究陈 晔 金毓崧 李小栢 (554)
- 105 氮肥生产中硝酸尾气的生物脱氮技术研究徐大伟 李 彬 贾瑞英 杨 扬 (558)
- 106 硫磺回收装置硫回收率的主要影响因素分析胡文宾 张义玲 唐昭峥 解秀清 (562)
- 107 LS-971 脱氧保护型硫磺回收催化剂的研制胡文宾 唐昭峥 达建文 张文郁 郝国阳 (566)

监测分析实验方法

- 108 关于烟气 SO_2 监测当中的若干问题薄以匀 李培省 陈建华 许绿薇 (572)
- 109 浅谈大气污染源监测中存在的问题及对策丁大玮 李文波 (579)
- 110 大气环境及室内空气中的 VOC 监测戴各生 (585)
- 111 XWC-3 型微机大气含尘浓度测定仪邢建基 王海龙 (589)
- 112 煤中氟浓度的碱熔法和高温水解法测量探讨刘建中 齐庆杰 周俊虎 曹欣玉 岑可法 (595)
- 113 中子活化分析在煤质分析和大气环境研究中的应用.....黄永健 周蓉生 侯新生 方 方 马英杰 (599)
- 114 制备条件对 TiO_2 超微粒子的气相光催化活性的影响徐自力 刘秀华 董德明 (603)

115	沉淀-分解法制备的 ZnO 微粒对庚烷的气相光催化活性研究	尚 静 徐自力 杜尧国 郭海忱 井立强 (607)
-----	-------------------------------------	---------------------------

空气污染对人体健康影响

116	空气污染对人体健康影响研究的进展	魏复盛 胡 伟 滕恩江 吴国平 (611)
117	人体接触挥发性有机化合物的生物标志物研究进展	郝守进 崔九思 (620)
118	淋浴过程中氯仿暴露水平初步研究	王新明 傅家谟 盛国英 陈尊裕 陈鲁言 李顺诚 (625)
119	密闭环境有害气体的来源探讨及毒性评价	何正杰 于 芳 何新星 姜 洁 施均慧 (631)
120	免疫毒性检测在航天毒理学中的应用	于 芳 何正杰 姜 洁 何新星 (640)

区域和全球大气环境问题

121	开展干旱环境动力学研究	胡隐樵 (645)
122	荒漠化的加剧与沙尘暴肆虐	郝毓灵 李晓东 (651)
123	全球陆地生态系统与大气 CO ₂ 交换的模式估计	季劲钧 李银鹏 孙菽芬 (657)
124	气候变化及其对环境影响研究	杨新兴 王明星 高庆先 张文娟 李令军 任阵海 (660)
125	全球气候变化对我国气候灾害和农业系统的影响及对策	张厚煊 (666)
126	我国在气候变化国际谈判中的政策分析	李令军 张文娟 杨新兴 高庆先 任阵海 (672)

秦山核电多堆厂址大气相关性实验研究及其应用性分析

姚仁太

中国辐射防护研究院 太原 030006

摘 要 本文以秦山核电工程厂址气象观测数据和风洞模拟实验为基础,对秦山地区复杂地形不同位置之间风速、风向和稳定度的相关性进行分析。结果表明,宏观上背景风场决定了一个地区风的基本特征,决定相关程度的好坏主要取决于局地地形扰动的程度。复杂地形不同点之间的污染气象要素不经过系统的相关性分析是不能直接引用的。对应用气象相关性分析方法估算联合频率和年均大气扩散因子的可靠性进行了分析。结果表明,可以用短期气象观测结果建立不同厂址之间气象要素的相关关系;在计算联合频率中应用风向和风速概率矩阵比应用频率矩阵更准确、可靠。

关键词 相关分析 可靠性分析 联合频率 大气弥散 秦山核电工程

1 引言

根据《核电厂环境影响报告书的内容和格式》(NEPA-RGI, 1988)^[1]和《核电厂厂址选择的大气弥散问题》(HAF0103, 1987)^[2]的要求,在核电厂建造许可证阶段,应提供地面 10 米和排放口高度至少连续一年的风向、风速和雨量资料,如果没有厂址实测资料,则应提供代表流出物释放点风向特征及流出物在大气中输送特征的气象观测台站的数据并论证其代表性。在秦山一、二期工程厂址,多年来对污染气象参数风、温等以及污染物输运规律已经进行了大量的观测和研究工作,积累了相当丰富的资料。如果能将这些资料经过适当的处理引用到新的待建厂址,将是一个高效而经济的途径。因此,在秦山三期核电工程建设的过程中,将气象要素相关性研究列为设计阶段环境影响评价的重要项目之一。本文以秦山核电工程厂址为对象,通过对有关实验和收集的气象观测资料进行分析,探讨秦山地区各厂址之间气象要素的相关性,并对该相关关系应用的可靠性作了深入的分析。

2 实验概况及气象观测资料的收集

2.1 相关实验概况

图 1 给出了秦山 5km 范围内地形分布及厂址位置。在秦山三期厂址和一、二期厂址铁塔三处各设一个小球测风点进行双经纬仪小球(20#)低空风和低空探空同步观测实验。观测时间为 1995 年 9 月 24 日至 10 月 15 日,1997 年 2 月 14 日至 2 月 24 日(补充观测实验),每天观测 8 次(北京时间 1、4、7、10、13、16、19、22 时),在部分时段增加观测时刻^[3]。为了弥补现场观测次数的不足,在风洞中利用粒子图象速度仪(Partical Image Velocimetry, PIV)

进行相关实验测量^[4]。PIV 技术是近年来发展的一种先进的流体测量技术，它可以实现对非定常流动进行整场、瞬时、非接触定量测量，获得某一截面整场的速度矢量图。在上述三个厂址，对 16 个风向、5 个高度(10m、30m、50m、70m 和 100m)的水平流场和垂直流场进行探测，平均每个截面的流场测量 20 次，当观测点位于山体尾流中时，增加测量次数，最多的达 28 次。

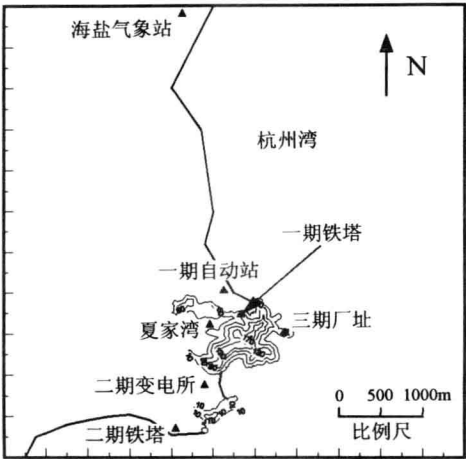


图 1 秦山各厂址位置及地形分布

2.2 气象观测资料的收集

为了更深入开展秦山多堆厂址间气象要素相关性分析和气象相关分析方法应用的可靠性分析，还收集了下列现场气象观测数据：(1)1995 年 9 月 15 日至 10 月 14 日期间下列 7 个地面风观测站逐时风向、风速资料：三期气象站、一期自动站、一期铁塔、夏家湾、二期变电所、二期气象站和海盐县气象站。各观测点的位置见图 1；(2)1991 年 11 月 1 日至 1992 年 10 月 31 日海盐气象站地面 10m 整年逐时风速、风向资料；(3)1991 年 11 月 1 日至 1992 年 10 月 31 日秦山二期气象铁塔 10m、20m、50m、70m、100m 等 5 个高度的整年逐时风速、风向、温度、降雨资料。

3 相关性分析

3.1 气象要素概率分布

1.平均风数据的时间序列

根据各个气象站观测的逐时平均风速时间序列，进行统计分析，可以得到一些有价值的信息。表 1 给出了该地区 7 个点地面 10m 观测的风速之间的相关系数。由表可见，一期自动站、二期铁塔和三期厂址之间风速的相关系数相对较大，主要是因为在两个月的现场观测期间该地区以偏东风为主，根据具有代表性测站的海盐和二期铁塔的风资料统计偏东风(NE~SE)频率分别为 48.1%和 47.5%。在此风向下，一期自动站和三期厂址基本上位于山体的上风向，受山体影响相对较小，二期铁塔离秦山有一段距离。因此，这 3 个位置之间风速的相关性较好。在偏东风情况下，二期变电所和夏家湾受山体影响相对较大，一期铁塔位于山体中，所以它们与其它点之间的相关性要差一些。

表 1 7 个观测点地面 10m 处风速的相关系数

	一期铁塔	一期自动站	二期铁塔	二期变电所	夏家湾	三期厂址	海盐
一期铁塔	1	0.5653	0.6233	0.3629	0.4678	0.5023	0.4141
一期自动站	0.5653	1	0.7277	0.4817	0.5785	0.7946	0.6502
二期铁塔	0.6233	0.7277	1	0.5428	0.5529	0.7349	0.6290
二期变电所	0.3629	0.4817	0.5428	1	0.4570	0.5369	0.5424
夏家湾	0.4678	0.5785	0.5529	0.4570	1	0.6714	0.5787
三期厂址	0.5023	0.7946	0.7349	0.5369	0.6714	1	0.7340
海盐	0.4141	0.6502	0.6290	0.5424	0.5787	0.7340	1

2. 概率分布

由上述风数据的时间序列可以确定所观测的风速和风向的概率分布。根据概率分布的定义,按下列公式计算风速和风向的概率分布:

$$F_x(x') = P[x \leq x'], \quad -\infty < x' < \infty \quad (1)$$

其中,随机变量 x 可以代表风速和风向; x' 为特定的风速值和风向。如果将风速和风向划分为 18 个风速段和 17 种风向情况,设定 x' ,就可以计算平均风速和风向的概率分布,其中风向按 17 种情况统计,数字 1、2、3、.....、16 分别对应于风向 N、NNE、NE、.....、NNW,数字 0 代表静风;风速在 8m/s 以下按照 0.5m/s 的间隔划分,然后 8~10m/s 为一段,大于 10m/s 为一段,共划分 18 段。图 2 和图 3 分别给出了平均风速和风向的概率分布结果。

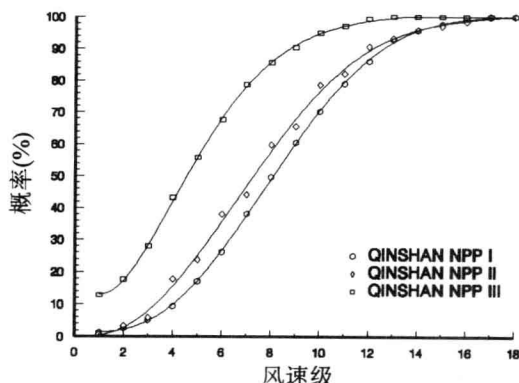


图 2 秦山各厂址平均风速的概率分布

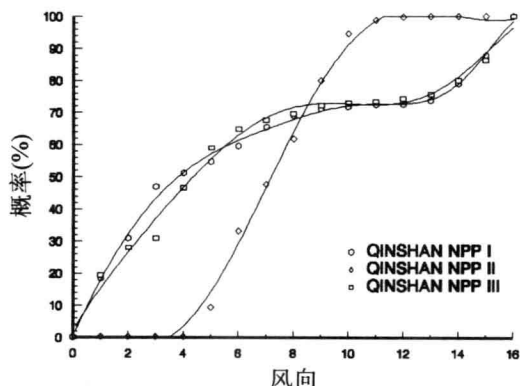


图 3 秦山各厂址风向的概率分布

可以看到,对于风速,一期和二期的分布很接近,两者与三期的分布则有一定的差别,风速小于 2m/s 在一期和二期分别只观测到 9.4%和 17.7%,而在三期则观测到 43.3%,一期和二期概率中值风速分别为约 4.1m/s 和 3.7m/s,而三期的概率中值风速为 2.3m/s。对于风向,却是一期和三期的分布很接近,它们与二期的分布差别较大。

3. 概率分布随高度的变化

根据在一、二、三期厂址在相同时段内开展的小求测风结果,计算不同高度层风速和风向的概率分布。结果发现,在 25m 高度层,一、二、三期厂址之间的结果还存在较大的差异,在 75m 高度以上它们之间的结果相对比较相近或一致。

4. 观测时段的代表性

由于现场气象观测资料的局限性,上述分析只是针对一年中的一段时间内(9 月和 10 月间)的观测结果进行的分析。秋季在东南沿海及杭州湾一带盛行偏北风。可以说,上面的分析从一个侧面反映了秦山地区局地厂址间的气象要素的统计特性进行比较,那么它对整年数据的代表性如何,通过比较海盐气象站和二期气象铁塔地面 10m 观测的整年逐时风速、风向资料,可以说明这一问题。虽然不同年代之间的气象数据存在一定的差异,但是从统计特征方面的比较仍是有意义的。

图 4 给出了利用整年气象资料和利用 1995 年 9、10 月间观测的气象资料计算得到的二期铁塔和海盐气象站之间的风速和风向概率分布的比较。结果表明,1995 年 9、10 月间观测的气象资料与整年气象资料反映了较一致的规律,只是随机变量(风和风向)出项概

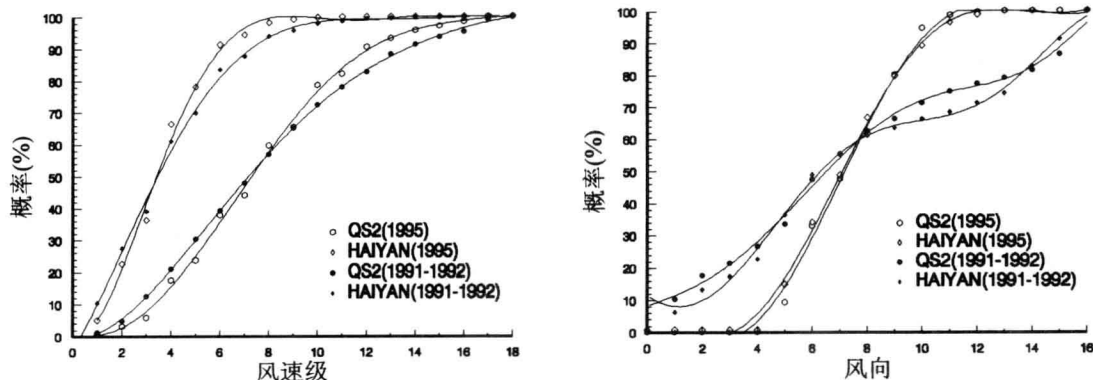


图4 二期铁塔和海盐气象站部分时段与全年观测风速和风向的概率分布

率数值的大小以及最可几值有一些差异,造成这种差异的主要原因可能由于短期观测期间某些风速段或风向样本数很小甚至没有所致。

3.2 相关矩阵——条件概率分布

根据事件 A(厂址 A)和 B(厂址 B)同步气象观测资料,对风向和风速组进行相关统计,建立它们之间风向和风速组出现次数相关矩阵 $d_{wd}(i,j)$ (i 和 j 分别代表厂址 A 和厂址 B 的 16 个风向)和 $d_{ws}(i,j)$ (i 和 j 分别代表厂址 A 和厂址 B 的 6 个风速组别)。则这两个位置之间的风向和风速组别出现频率矩阵元由(2)式确定:

$$F_{wd}(i,j) = \frac{d_{wd}(i,j)}{\sum_{j=1}^{16} d_{wd}(i,j)}, \quad F_{ws}(i,j) = \frac{d_{ws}(i,j)}{\sum_{j=1}^6 d_{ws}(i,j)} \quad (2)$$

其实相关矩阵表达的条件概率分布的概念。利用相关矩阵,可以根据一个厂址的风观测资料预测其它厂址风出现的概率。

3.3 稳定度相关分析

Scott-Wasilk 等^[5]对滨海复杂地形地区大气稳定度分类方法的研究中指出,对于一个核电站大气稳定度,不经过综合性的相关分析是不能用另一座核电站的代替。通过对秦山一、二、三期各个厂址间的局地稳定度类的相关性及其对估算联合频率的影响进行分析,表明各厂址间的稳定度类存在一定的差异,且三期与二期厂址之间的相关程度好与三期与一期厂址。这是因为三期与一期厂址间有山体相隔,山体两侧受日照的情形不同,温度随高度的变化会因厂址而异,且由于山体的影响两个厂址处的地面风速不同。

4 应用气象要素相关矩阵估算联合频率的可靠性分析

4.1 方法概述

若以 $F_{wd}(i,m)$ 表示新建厂址与已建厂址之间的风向相关频率矩阵元,其中 i 表示新厂址的风向, m 表示已建厂址的风向; $F_{ws}(k,a)$ 表示新厂址与已建厂址之间的风速相关频率矩阵元,其中 k 表示新厂址的风速组别, a 表示已建厂址的风速组别,风速分成下列 6 个组别: $<0.5\text{m/s}$ 、 $0.5 \sim 1.9\text{m/s}$ 、 $2.0 \sim 2.9\text{m/s}$ 、 $3.0 \sim 4.9\text{m/s}$ 、 $5.0 \sim 5.9\text{m/s}$ 和 $\geq 6.0\text{m/s}$ 。则新建厂址的联合频率有(3)式给出^[3]:

$$f_{new}(i,j,k) = \sum_{a=1}^6 F_{ws}(k,a) \cdot \sum_{m=1}^{16} F_{wd}(i,m) \cdot f_{old}(m,j,a) \quad (3)$$

式中 $f_{old}(m, j, a)$ 表示在已建厂址测得的 m 风向、 j 稳定度、 a 风速组联合频率；
 $f_{new}(i, j, k)$ 表示在新建厂址测得的 i 风向、 j 稳定度、 k 风速组联合频率。

在(3)式中, $\sum_m \sum_j \sum_a f_{old}(m, j, a) = 1$, 由于风向和风速组频率矩阵不是单位矩阵, 经过矩阵运算, $\sum_i \sum_j \sum_k f_{old}(i, j, k) \neq 1$, 因此对(3)式还应作归一化处理, 即:

$$\bar{f}_{new}(i, j, k) = \frac{f_{new}(i, j, k)}{\sum_i \sum_j \sum_k f_{new}(i, j, k)} \quad (4)$$

4.2 方法的可靠性分析

4.2.1 利用两厂址间整年逐时气象数据进行分析

最可靠的方法是直接利用两厂址间整年逐时气象数据进行比较和分析。应用公式(3)由二期铁塔 10m 高处的联合频率估算出海盐气象站的联合频率,然后将该结果与海盐气象站的联合频率进行比较。表 2 给出了估算值和实际值的绝对误差的统计分析结果。从表中我们可以看到两者差别较大,其中风速组频率分布的差异尤其显著。对于风向: 平均绝对误差为 1.39%,均方差为 0.92%,最大达 3.14%; 对于风速组: 平均绝对误差为 9.74%,均方差为 6.58%,最大达 20.14%。总体看来,估算结果比实际结果趋向于平缓,即实际频率较高时估算结果低于实际频率,而实际频率较低时估算结果则高于实际频率。实际上,风向、风速组出现次数矩阵 $d_{wd}(i, j)$ 和 $d_{ws}(i, j)$ 均反映了二期铁塔和海盐气象站的风向和风速组的总体频率分布情况,而在计算相关频率矩阵的关系式(2)中,根据频数按照矩阵的行归一计算频率,使得频数高的频率降低,频数低的频率增高,其结果导致破坏了原有的风分布特征,当采用(3)式计算时,必然使新建厂址的联合频率中的风频分布和风速组频率分布趋向平缓。

为了消除这一影响,采用概率矩阵进行计算。风向和风速组相关概率矩阵元 $P_{wd}(i, j)$ 和 $P_{ws}(i, j)$ 由(5)式定义:

$$P_{wd}(i, j) = \frac{d_{wd}(i, j)}{\sum_{i=1}^{16} \sum_{j=1}^{16} d_{wd}(i, j)}, \quad P_{ws}(i, j) = \frac{d_{ws}(i, j)}{\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 d_{ws}(i, j)} \quad (5)$$

式中 i 和 j 的意义同上。将概率矩阵 $P_{wd}(i, j)$ 和 $P_{ws}(i, j)$ 代替(3)式中的频率矩阵 $F_{wd}(i, j)$ 和 $F_{ws}(i, j)$, 结合(4)式计算海盐气象站的联合频率。绝对误差的统计分析结果见表 2。

表 2 利用不同相关矩阵计算风向和风速组频率分布的误差分析

相关矩阵类型及数据来源	风向频率			风速组频率		
	最大绝对误差*/%	平均绝对误差/%	绝对误差的均方差/%	最大绝对误差/%	平均绝对误差/%	绝对误差的均方差/%
频率矩阵, 全年气象数据	3.14	1.39	0.92	20.14	9.74	6.58
概率矩阵, 全年气象数据	2.06	0.85	0.62	4.50	2.05	1.60
频率矩阵, 95 年和 97 年数据	6.16	2.35	1.62	12.50	5.00	5.04
概率矩阵, 95 年和 97 年数据	17.24	3.36	4.35	5.11	2.24	1.82
概率矩阵, 95 年和 97 年数据, 根据二期风分布特征进行修正	5.71	1.45	1.50	4.66	2.22	1.49

*绝对误差指估算的某一风向(或风速组)频率与海盐气象站实际结果之差的绝对值

利用概率矩阵计算的结果, 风向频率分布和风速组频率分布形状非常接近实际结果, 绝对误差的最大值、平均值和均方差明显减小, 其中风速组频率分布结果的改善尤其明显。由此可见, 此时采用概率矩阵比采用频率矩阵更为准确、可靠。

4.2.2 利用现场相关实验数据进行分析

应用 1995 年和 1997 年在秦山二期地面 10m 进行的短期气象观测数据和海盐气象站的同步观测资料建立相关矩阵, 采用上述方法用秦山二期联合频率估算海盐气象站的联合频率, 表 2 为误差分析情况。由表我们可以看到: (1)利用频率矩阵计算的风向和风速组频率分布仍存在 4.2.1 节中所述的现象; (2)利用概率矩阵计算, 虽然估算的风向频率分布总体上反映了实际变化趋势, 但是由于观测时间短, 构成概率矩阵的样本少, 所以某些风向的差异较大。至于风速, 由于将风速划分为 6 组, 使得每个风速组矩阵元的样本数相对较多, 所以估算的结果较好地反映了实际变化趋势, 其结果明显好于用频率矩阵计算的结果。

4.2.3 样本数对估算联合频率的影响

上述分析表明风向相关矩阵的样本数的对估算联合频率有较显著的影响, 因此下面仅对风向相关矩阵进行分析。

利用秦山二期铁塔和海盐气象站整年逐时气象数据, 构成概率矩阵的数据选取(1)1、4、7、10 月; (2)1、7 月和 4、10 月; (3)全年中每一个月。表 3 给出用不同概率相关矩阵由秦山二期铁塔联合频率计算的海盐气象站的风频和风速组频率分布的绝对误差分析结果, 其中对于第(3)项内容仅给出了绝对误差最大、平均绝对误差最大以及平均绝对误差最小的月份的结果。结合利用全年气象数据的计算结果(见表 2), 我们可以看到, 随着构成概率矩阵的气象数据的时间由 1 年减小到 4 个月、2 个月和 1 个月, 风频分布的平均绝对误差和均方差以及最大绝对误差逐渐增大, 表明构成概率矩阵的样本数对估算联合频率有较大的影响。当利用 1 个月数据构成概率矩阵计算时, 月与月之间的差异很大, 风频分布绝对误差最大可达 21.49%(6 月份), 而平均绝对误差最小的 9 月份最大绝对误差也达 6.85%。

针对利用概率矩阵估算联合频率受样本数影响较大这一情况, 要减小误差必然增加现场观测实验的时间, 从而增大现场实验的费用和实验周期。为了应用该方法, 尝试根据年风频对概率矩阵进行修正。如概率矩阵 $P_{wd}(i, j)$, i 代表秦山二期铁塔, j 代表海盐气象站。秦山二期铁塔点的年风频分布为 $F(k)(\%)$, $k=1, 2, \dots, 16$ 。则修正后的概率矩阵 $P'_{wd}(i, j)$ 为:

$$P'_{wd}(i, j) = P_{wd}(i, j) \cdot \frac{F(k)/100}{\sum_{j=1}^{16} P_{wd}(i, j)} \quad (6)$$

表 3 用不同时段气象数据构成概率矩阵计算风频分布的误差分析

数据来源	利用原概率矩阵计算的风频			利用修正后概率矩阵计算的风频		
	最大绝对 误差*/%	平均绝对 误差/%	绝对误差的 均方差/%	最大绝对 误差/%	平均绝对 误差/%	绝对误差的 均方差/%
1、4、7、10 月	3.01	1.16	0.83	2.89	0.99	0.88
1、7 月	3.06	1.30	0.95	1.86	0.91	0.57
4、10 月	5.00	1.84	1.26	4.73	1.21	1.31
7 月(平均绝对误差最大)	9.30	4.47	2.28	5.01	2.08	1.32
9 月(平均绝对误差最小)	6.85	2.24	1.66	3.03	1.61	1.24
6 月(绝对误差最大)	21.49	4.26	5.28	7.92	1.96	1.98

采用修正后的概率矩阵重新进行上述计算,误差分析见表 2 和表 3。可以看到,由于利用 2 月以上的数据时,构成矩阵的样本数较多,采用修正后的概率矩阵的结果虽有改善,但不是十分显著。但是,对于用 1 个月的数据构成概率矩阵的结果,计算风频的误差显著减小,甚至利用 1995 年和 1997 年短期但非逐时现场观测数据时,也会获得很好的结果(表 2)。

4.3 考虑稳定度因素

如果以 $P_s(j, n)$ 表示两个厂址之间的稳定度类相关概率矩阵,当估算新建厂址联合频率时,考虑到厂址间稳定度相关性,则(3)式改写为:

$$f_{new}(i, j, k) = \sum_{n=1}^6 P_s(j, n) \cdot \sum_{a=1}^6 P_{ws}(k, a) \cdot \sum_{m=1}^{16} P_{wd}(i, m) \cdot f_{old}(m, n, a) \quad (7)$$

5 对年均大气扩散因子的影响

为了说明利用气象相关性方法估算年均扩散因子的影响,分别将由利用气象相关矩阵估算的二期联合频率和二期实际联合频率代入长期大气扩散因子计算模式中,计算年均扩散因子,然后将两者进行比较。计算时取下风距离 $x=500\text{m}$,有关排放参数和扩散参数二期厂址实验结果^[9]。采用频率矩阵估算的最大比值(高估)分别为 1.696 和 1.886,最小比值(低估)分别为 0.283 和 0.055;而采用概率矩阵估算的最大比值(高估)分别为 1.181 和 1.217,最小比值(低估)分别为 0.550 和 0.305。虽然个别风向也出现采用概率矩阵估算的年均扩散因子小于采用频率矩阵估算的值,但是,总体而言采用概率矩阵要好与采用频率矩阵。

6 结论

(1)复杂地形的实际风场是在盛行风背景下迭加局地地形引起的扰动风场而构成的,宏观上背景风场决定了一个地区的基本特征,决定相关程度的好坏主要取决于局地地形扰动的程度。复杂地形不同点之间的污染气象要素(如风速、风向和稳定度)不经过系统的相关性分析是不能直接引用的。

(2)通过开展新建堆址与已建堆址同步气象观测建立两个厂址间的气象要素的相关矩阵,可以较好地由已建厂址联合频率估算新建厂址联合频率,进而估算年均大气扩散因子。

(3)当采用频率矩阵作为相关矩阵时,其结果使新建厂址的年风频和风速组频率分布趋向于平缓,即实际频率较高时估算结果低于实际频率,而实际频率较低时估算结果则高于实际频率,此时估算的年均扩散因子的误差也相对较大。采用概率矩阵可以避免这一问题。但是,当采用概率矩阵时,构成概率矩阵的样本数对估算联合频率有较大的影响。如果根据年天气频率(风向、风速组)对概率矩阵进行修正,可以降低对样本数的要求。这样,就可以用较段时间的气象观测资料(如一个月)构成概率矩阵。

参 考 文 献

- 1 国家环保总局.核电厂环境影响报告书的内容和格式(NEPA-RG1),1988
- 2 国家核安全局.核电厂厂址选择的大气弥散问题(HAF0103),1987
- 3 胡二邦,张茂栓,姚仁太等.秦山三期核电工程气象相关分析与风洞模拟研究.中国核科技报告,1998
- 4 姚仁太,张茂栓,张杰.环境风洞中流动的 PIV 测量.流体力学实验与测量,1999.13(3):91-96
- 5 Scott-wasilk J and Kumar A. Analysis of coastal atmospheric stability schemes. 1982 national conference on environmental engineering. New York, NY(USA). American Society of Civil Engineers. 1982:676-683

昆明城市气候年变化特征初步分析

张一平¹ 张举勇² 李佑荣¹ 刘玉洪¹ 马友鑫¹

1 中国科学院西双版纳热带植物园 昆明 650223

2 云南师范大学旅游与地理科学学院 昆明 650021

摘要 本文以处于低纬的高原城市昆明市为研究对象,利用城内的实测资料和城郊(昆明气象站)的资料,对城内外的小气候特征,变化规律及其差异进行了比较分析,得到如下结果:受大气气候环境的影响,城内外气候要素的年变化特征基本相似;由于城市内下垫面和周围遮蔽的不同,不同观测点的气候要素城内外差异在不同月份呈现不同特征,在城市内较开阔区域,平均气温和最低气温均高于城郊,呈现城市热岛效应;最高气温、相对湿度、风速均小于城郊。而在遮蔽较大区域,由于不同月份太阳辐射受遮蔽影响不同,导致干、湿季平均气温和平均最低气温的城内外差均呈现负值;而平均最高气温干季略高于城郊,湿季则反之;而相对湿度和风速小于城郊。以上结果可为探讨低纬高原城市气候特征和形成机制,城市环境污染防治,城市的规划,设计提供参考依据。

关键词 城市气候 不同下垫面 昆明

1 目的和意义

城市的形成和发展改变了城市区域的地表状态,城市的表面多由不透水的混凝土或沥青组成的道路面、建筑物壁面、顶面等构成。这些由混凝土或沥青构成的不同下垫面具有独特的热力特性,加之城市内的地表面易受周围建筑物的荫蔽影响,造成其热力特征与郊外不同,影响着城市区域内气象要素的分布特征和变化规律,形成了城市所特有的小气候——城市气候。在我国随着城市化进程的加快,城市面积不断扩大,建筑密度增加,并向着大型化、高层化方向发展的同时,现代城市人口急剧增加的现象也越来越突出,人为释放大量的热量和废气,烟尘等各种有影响气象要素的因素越来越多,造成空气污染、能见度低,进一步使城内的气象要素与郊外出现明显差异。

城市环境的优劣,直接影响着人们生活质量的优劣和身心的健康,人们为了有一个优美的生活环境而对城市环境的各个方面要求越来越高。城市环境的好坏不仅能提高城市的整体形象,也能形成良好的小气候条件,有利于改善处于城市众多建筑中的人们的生活环境。现在城市气候效益的不断增强,已对生活在城市中的人们产生较大的影响,越来越受到人们的关注。目前,国外亚热带到温带的中高纬地区的发达国家城市气候的研究较多,而低纬及发展中国家研究较少;我国的城市气候研究也多限于上海、北京和广州等沿海较发达的大中城市,西部低纬高原城市研究较少^[1-3]。

要进一步改善生活环境,对城内外的小气候进行比较研究是非常必要的。低纬高原城市昆明做为全国十大旅游城市之一,知名度在日益增大,城市形象就至关重要了,城市小气候作为城市建筑、绿化、设计的基础条件之一,对其开展研究是十分必要的。

本文利用昆明城内(中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部庭院和云南师大本部)和城郊(昆明气象站)的气象观测资料,分析了城内外气候的特征,变化规律及其差异,可为探讨低纬高原地区城市气候的形成机制,城市建筑的规划、设计、绿化和污染防治提供依据。

2 研究方法

2.1 研究地概况

国家自然科学基金重点项目(59836250)资助