

文章编号:1004-9045(2008)01-0078-05

核电站周边地区龙卷风时间分布与灾害特征

陈正洪, 刘来林

(武汉区域气候中心, 武汉 430074)

摘要:通过气象站记录、灾害大典、气候影响评价等多种途径, 收集到湖北通山核电站周边 300 km×300 km 区域范围内 1956~2000 年龙卷风资料, 对龙卷风的时间分布和灾害特征进行了分析。结果表明:龙卷风有明显的时间分布, 一年中主要集中在夏春季, 以 7 月、4 月最多; 一天中, 午后至傍晚最多; 龙卷风平均持续时间为 17 min; 近 45 年, 1976~1985 年这 10 年中龙卷风出现最频繁; 龙卷风出现时, 蒲福风力等级一般在 10 级以上, 平均 12~13 级, 最大 17 级, 富士达风力等级平均 F1 级, 最大 F3 级, 风速约 70 m·s⁻¹; 龙卷风从 NW SE 向移动的频次最多; 龙卷风影响宽度一般在 0.5 km 内, 平均带长为 10.0 km; 龙卷风灾害呈并发性, 主要是风灾, 往往伴有冰雹、暴雨、雷击及飞射物, 使灾害加重。

关键词:龙卷风; 时间分布; 灾害特征; 风力等级; 飞射物

中图分类号: P445.1 文献标识码: A

1 引言

龙卷风又称龙卷, 其特点是范围小、生消快、风力强(其中心最大风力可达 100~200 m·s⁻¹)、破坏性极大。龙卷风在美国是气象灾害中最大的杀手^[1], 如 1995 年美国俄克拉荷马州阿得莫尔市出现一次陆龙卷, 屋顶之类的重物被吹出数十英里远, 较轻碎片物被吹至 300 km 外才落地。龙卷风属小概率事件, 对其防御问题在一般建筑设计中通常不予考虑。但对核电站为保证核辐射不影响到公众的健康和安全, 对其厂址周边一定区域出现龙卷风的可能性作出评价十分必要。

我国属于龙卷风多发国家, 因其空间尺度小、历时短, 气象观测台站很少有龙卷风记录, 对其研究一般只能采取个例分析^[2-6], 利用气象站记录进行相关统计分析, 其可信度较低^[7]。随着核电站建设的需要和探测手段的改进, 有人在对龙卷风进行补充调查的基础上, 开展了二次统计分析^[8-10]、极值推算、风险评估^[8, 10-12]等研究工作, 使人们对龙卷风的研究逐步深入。通山县地处鄂东南、幕阜山区中段, 与江西省接壤, 气候复杂, 龙卷风灾情较为严重^[13]。受湖北省核电项目筹备处的委托, 武汉区域气候中心对湖北通山核电站周边地区龙卷风时空分布特征与灾害特征做了详细分析。

2 资料与方法

2.1 资料来源

按照文献[14]中的相关规定, 首先要确定以通山

核电站厂址为中心的龙卷风考查区域(以下简称为考查区域), 该区域面积为 300×300 km², 在这一区域内一共包括 44 个县(市)。其中, 湖北省 28 个, 湖南省 2 个, 江西省 13 个, 安徽省 1 个。龙卷风资料考查年限为 1956~2000 年。

在对湖北大畈核电厂厂址区域作气候背景分析时, 已收集到 25 次由气象站记录的龙卷风个例, 其中 22 次有起讫时间记载, 同时收集到 50 多次大风灾害的相关资料。为了专门研究龙卷风, 对非龙卷风灾害事例予以剔除, 并从《中国气象灾害大典》(各省分卷)、地方志、气候影响评价等文献资料中收集补充龙卷风个例, 共得到 42 次龙卷风的灾情记录。将其中记录了开始时间的 25 次与气象站的 22 次记录合并, 共 47 次; 将其中记录了起讫时间的 14 次也与气象站的 22 次记录合并, 共 36 次。另外, 有发生月份记录的龙卷风, 合计 62 次, 这些记录中有不少含有龙卷风飞射物及路径资料。

2.2 研究方法

根据上述龙卷风考查资料和有关文献中龙卷风个例资料, 在对龙卷风的时间分布、持续时间、灾害等级、移动路径、飞射物进行分析的过程中, 采用了统计计算、制图等方法。

将 42 次龙卷风过程各自的灾情程度, 对照龙卷风的富士达-皮尔森强度分类法(F 分级)^[14-15], 分别给出每次龙卷风过程的 F 等级(表 1), 再确定最终级别以及风速区间。

收稿日期: 2006-12-25; 定稿日期: 2007-02-25

基金项目: 湖北省发展和改革委员会核电项目资助

作者简介: 陈正洪, 男, 1964 年生, 正研级高级工程师, 主要从事应用气象、气候变化研究. E-mail: hbhjxq@vip.sina.com

表 1 F 等级的特征和可能的破坏情况
(富士达-皮尔森分类)

等级	风速区间/(m·s ⁻¹)	伴生的破坏程度
F0	<33	轻度破坏
F1	33-49	中等破坏
F2	50-69	相当大破坏
F3	70-92	严重破坏
F4	93-116	摧毁性破坏
F5	117-140	难以置信的破坏
F6-F12	141-330	不可思议的破坏

3 龙卷风时间分布特征

3.1 年代变化

统计 1956~2000 年各年代考查区出现的龙卷风次数, 20 世纪 80 年代龙卷风次数最多, 70 年代次之; 考虑到 50 年代前 5 年无龙卷风记录, 以 5 年为时间段, 1981~1985 年龙卷风次数最多(14 次), 依次(从多到少)是 1976~1980 年(9 次)、1956~1960 年(8 次)、1961~1965 年(7 次); 以 1 年为时间段, 1983 年最多, 其次是 1980、1977 年(图 1)。

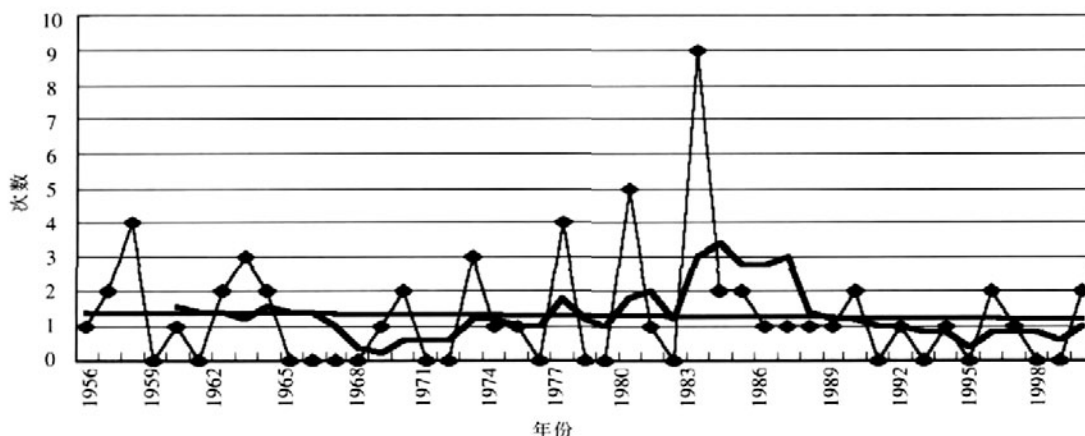


图 1 1956~2000 年以通山核电站厂址为中心的考查区域龙卷风次数的逐年变化

3.2 季、月变化

统计考查区域历年各月龙卷风出现次数, 龙卷风在 1、2、9、11、12 月无记录, 3、4、5、6、7、8、10 月分别出现 2、13、10、7、19、10、1 次。可见, 一年之中, 龙卷风在夏季、春季出现较多, 其中夏季 36 次, 占 58.1%; 春季 25 次, 占 40.3%; 秋季 1 次, 冬季无龙卷风发生; 4~8 月共 59 次, 占 95.2%。按月而论, 7 月最多, 19 次, 约占全年总次数的 1/3; 其次是 4 月, 13 次, 约占全年的 1/5。究其原因, 春、夏季强对流天气较多,

易产生龙卷风, 春季龙卷风多起因于季节更替、天气系统转换, 夏季龙卷风多起因于下垫面受热不均。

3.3 日变化

统计结果表明, 一日之内, 龙卷风绝大部分出现在下午至傍晚(图 2), 即 14:00~18:59 之间的 5 h 内, 共 35 次, 占全天龙卷风次数的 74.5%, 约 2/3, 尤其是 15:00~17:59 之间 3 h 内, 出现 27 次, 占全天的 57.4%; 20 时至次日 08 时 12 h 内, 仅 20~21、21~22、01~02、02~03、04~05、05~06 时各有 1 或 2 次, 共 8 次, 占全天的

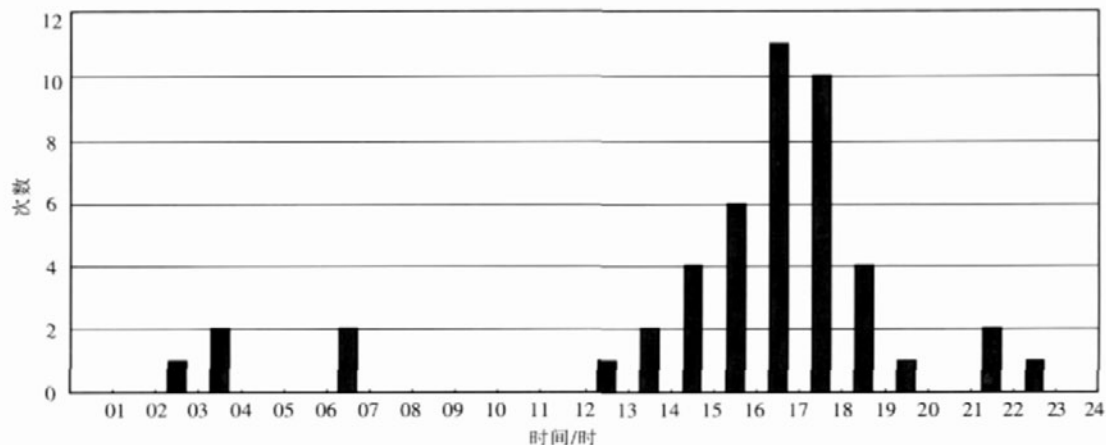


图 2 以通山核电站厂址为中心的考查区域龙卷风次数的日变化

17.0%; 上午(08~12时)无龙卷风发生。究其原因,陆龙卷通常来自雷暴单体,下午地面受热强烈,从下午到傍晚大气对流最强烈,暖空气上升达到凝结高度形成积云乃至积雨云(雷暴单体),若具备风切变等条件,易形成龙卷风。

3.4 持续时间

统计考查区域历年各次龙卷风的持续时间,持续时间在 0~10、11~20、21~30、31~40、41~50、51~60 min 和 60 min 以上的龙卷风分别出现 17、8、6、3、0、2、0 次,平均持续时间 17 min,最长达 60 min(武昌,1980年7月27日 17:30~18:30),最短仅 1 min(潜江,1973年6月27日 16:49~16:50);绝大多数龙卷风持续时间小于 30 min,持续时间小于 30 min 的龙卷风共 31 次,占 86.1%,其中持续时间不超过 10 min 的龙卷风有 17 次,约占 1/2。

4 龙卷风灾情统计特征

表 2 考查区域三个经纬度范围内部分龙卷风的移动方向、带宽、带长、面积及 F 等级

地点	时间	移动方向	带宽/km	带长/km	面积/km ²	F 等级
汉川	1958年4月22日	NW SE	(0.50)*	24.00	12.00	F2
五三农场	1958年4月22日	NW SE	(0.50)	(5.00)	2.50	F0
黄冈	1964年4月2日	W E	0.05	4.00	0.20	F1
安陆	1977年4月16日	NW SE	(0.50)	10.00	5.00	F1
黄陂	1977年4月16日		(0.50)	10.00	5.00	F2
黄冈	1977年4月16日		(0.50)	5.00	2.50	F1
洪湖	1980年7月27日	E W	(0.50)	5.00	2.50	F1
黄石	1983年4月27日	W E	(0.50)	20.00	10.00	F1
孝感	1985年5月3日		(1.00)	25.00	50.00	F1
黄冈等地	2000年6月21日		5.00	25.00	75.00	F0
永修	1996年6月4日		0.20	0.90	0.18	F1
岳阳	1990年6月27日	NW SE				F0

* 加括号的数据为带宽、带长的估计值

从表 2 中可见:(1)龙卷风以 NW SE 方向移动的频次最多,其次是 W E 及 E W 方向,尚无龙卷风以 SE NW 或 S N 方向移动的记录;(2)龙卷风带长最大 25.0 km,最小仅 0.9 km,另外,以龙卷风最短持续时间 1 min、平均持续时间 17 min、移动速度 10 m·s⁻¹ 来推算,可得出其最短带长为 0.6 km,平均为 10.2 km;(3)龙卷风带宽最大 5.00 km,最小 0.05 km,一般在 0.50 km 以内。值得注意的是,由 2005 年秦山核电二期扩建工程厂址龙卷风、热带气旋和极端风补充调查及分析报告可知,其电厂附近龙卷风一般从南向北移动,通山核电站厂址区域内出现的龙卷风与秦山核电站附近龙卷风移动方向完全不同。

4.3 灾情及飞射物

龙卷风发生时,多伴随冰雹、暴雨、雷暴、飏线等

4.1 龙卷风风力分级

从考查区域收集到的龙卷风资料看,只有 42 次龙卷风记录了灾情,分别使用富士达 F 等级法、蒲福风力等级法对龙卷风等级进行统计。采用富士达 F 等级法统计,其结果是:F0 级,16 次,占 38.1%;F1 级,21 次,占 50.0%;F2、F3 分别有 4 次和 1 次,出现几率较小;F4、F5 级,无龙卷风灾情记录;F0、F1 级,合计 37 次,占 88.1%。采用蒲福风力等级法统计,其结果是:龙卷风大部分集中在 10~14 级,共 34 次,占 81.0%;15~17 级、8~9 级分别有 6 次和 2 次。综上所述,破坏性较大的龙卷风,其风力一般在 10 级(26 m·s⁻¹)以上,平均为 12 级(35 m·s⁻¹ 以上)。

4.2 龙卷风的影响范围与移动方向

统计考查区域三个经纬度范围内灾情突出的部分龙卷风的移动方向、带宽、带长、面积(带宽与带长之积)、等级,其结果见表 2。

天气现象,使灾情加重。经不完全统计发现,在考查区域内出现的 42 次龙卷风灾害记录中,有 17 次伴有冰雹,9 次伴有暴雨,2 次伴有雷击,1 次伴有飏线。从这些个例资料来看,在龙卷风持续时间内,有较多的个例伴随着飞射物(指被风从原地卷起而抛落至离开原地一定距离的人或物体)出现,从而酿成特殊的灾情。考查区域内伴随飞射物的龙卷风所带来的特殊灾情详见表 3。

由表 3 可知,典型龙卷风的主要灾害特征如下:(1)龙卷风导致的灾害多呈并发性,如风灾、雹灾、雷灾、水灾等,但主要是风灾;(2)龙卷风的破坏力极强,足以吹倒房屋、拔起树木、折断电线杆、刮倒高压线铁塔、吹翻船只、卷走行人等;(3)龙卷风造成的生命财产损失十分巨大,既可毁坏农田和财物,也可致人死伤;(4)伴

表 3 考查区域内龙卷风所造成的特殊灾情

地点	时间	特殊灾情
汉川	1958 年 4 月 22 日 15 时许	死伤 10 141 人, 毁房 18 142 栋, 沉船 202 只; 1 小孩被卷至 1.5 km 外跌死; 1 农民在室外被冰雹击晕后在暴雨中毙命; 省航运公司 1 客轮被风浪卷翻。
五三农场	1958 年 4 月 22 日 15 时许	1 妇女洗衣时被卷落至河对岸。
黄冈	1964 年 4 月 2 日 06 时	倒屋 74 间, 死伤 38 人; 有塘水被吸干、大树连根拔起; 1 石碾吹过一丘田。
孝感	1964 年 7 月 31 日	倒房 171 间, 死伤 99 人; 460 余树被连根拔; 1 高压线铁塔被刮倒。
黄陂	1977 年 4 月 16 日 16 时 50 分至 17 时 20 分	1 拖拉机连同装满沙的拖车被吹翻; 1 重达 2.5 t 的油箱被卷至 200 m 外; 有钢筋混凝土结构的房屋被吹倒。
黄冈	1977 年 4 月 16 日 18 时 30 分至 50 分	1 礼堂在放电影时被吹倒, 伤 400 余人, 死亡 86 人。
大冶	1983 年 4 月 25 日 16~19 时	4 部近 40 t 重的钢制屋架被吹至 20 m 外落地。
黄石	1983 年 4 月 27 日下午	有 3 艘大船缆绳被吹断, 船由长江南岸吹至北岸; 1 圆钢房架被吹倒, 致死 1 人。
武昌	1983 年 4 月 27 日下午	有直径 30~40 cm 的大树被拔起; 数人被卷至 20 m 外; 同时伴有冰雹。
阳新	1983 年 5 月 29 日 21 时许	有预制钢梁被吹走; 有百年古树被连根拔起。
孝感	1983 年 4 月 3 日凌晨	100 多座民房被揭瓦; 死 5 人, 伤 24 人; 1 礼堂被吹垮, 砸死 4 人。
孝感	1985 年 5 月 3 日	100 多棵高 8 m 以上白杨树被吹倒, 造成铁路中断通行 0.5 h。
武汉等地	2000 年 6 月 1~3 日	百年古树被连根拔起; 农作物成片倒伏; 正在收割、晾晒的小麦被洪水或狂风卷走。
湘阴	1983 年 4 月 27 日 16 时	有树干被旋扭呈麻花状; 伤亡 83 人。

随龙卷风的移动, 可能出现大量的飞射物, 如屋架、瓦片、树木、钢梁等。

5 小结

(1) 通山核电站厂址区域内的龙卷风主要发生在春夏两季, 其中 4~8 月龙卷风次数占 95.2%; 按单月而论, 7 月份龙卷风次数最多, 约占全年的 1/3, 其次是 4 月, 约占全年的 1/5。

(2) 龙卷风的出现存在明显的日变化, 一天之中, 龙卷风主要发生在午后至傍晚这段时间, 14~18 时这 5 h 之内龙卷风出现次数占全天龙卷风次数的 74.5%, 约 2/3。

(3) 出现在通山核电站厂址区域内的龙卷风, 其持续时间一般不超过 30 min, 最长的达 60 min, 最短的仅 1 min, 平均持续时间为 17 min。其中, 约 1/2 的龙卷风持续时间不足 10 min。

(4) 龙卷风的风力一般在 10 级或 10 级以上, 9 级以下十分少见。其中, 风力 10~14 级的龙卷风占 81.0%, 15 级以上、9 级以下的龙卷风偶有出现。根据富士达 F 等级, F0、F1 级龙卷风出现次数占 88.1%, F2 级以上龙卷风出现几率较低。

(5) 在通山核电站厂址区域内出现的龙卷风, 一般都是从 NW~SE 方向移动, 也有少数是从 W~E 方向或从 E~W 方向移动。这与秦山核电厂附近龙卷风一般从南向北移动完全不同。

(6) 出现在通山核电站厂址区域内的龙卷风, 影响

宽度最大 5.00 km, 最小 0.05 km, 一般在 0.50 km 以内。最长带长 72.0 km, 最短带长 0.6 km, 平均带长为 10.2 km。

(7) 龙卷风灾害呈并发性, 但主要是风灾, 还可伴随出现大量飞射物, 其破坏力极强, 造成的生命财产损失十分巨大。

湖南省气象科学研究所、江西省气候中心提供部分资料, 陈璇、任光政参加部分资料收集和统计, 袁业畅、周月华、李兰、向华、郭广芬等同志参与龙卷风评级, 在此一并致以诚挚的谢意。

参考文献:

- [1] 骆继宾. 龙卷风及其灾害[J]. 气象知识[J], 2003(3):10-12.
- [2] 蒋汝庚. 龙卷型强风暴: 1995 年 4 月 19 日洪奇沥龙卷风剖析[J]. 应用气象学报, 1997, 8(4):492-497.
- [3] 杨金莲, 李璨宇. 东洞庭湖湖洲 '98.5' 龙卷风分析[J]. 海洋湖沼学报, 1998(4):13-17.
- [4] 林志强. '6.9' 南海、广州龙卷风灾情调查[J]. 广东气象, 1995(1):36-38.
- [5] 陈永林. 上海一次龙卷风过程分析[J]. 气象, 2000, 26(9):19-23.
- [6] 李拽英, 光东华. 一次龙卷风的调查与分析[J]. 山西气象, 1996(2):37-37.
- [7] 魏文秀. 中国龙卷风的若干特征[J]. 气象, 1995, 21(5):37-40.
- [8] 陈家宜, 杨艳惠, 宣德旺, 等. 龙卷风风灾的调查与评估[J]. 自然灾害学报, 1999, 8(4):111-117.
- [9] 鹿世谨. 福建龙卷风的活动特点[J]. 气象, 1996, 22(7):36-39.
- [10] 薛德强, 杨成芳. 山东省龙卷风发生的气候特征[J]. 山东气象, 2003, 23(4):9-11.
- [11] 干莲君. 龙卷风的风强分析与极值推断[J]. 气象科学, 1999, 19(1):99-

103. 10)附录 //核电厂安全导则汇编.北京:中国法治出版社,1992:764-767.
- [12] 薛德强.一次强龙卷风过程破坏力的估计[J].气象,2002,28(2):50-52. [15] American national standard for estimating tornador and extreme wind characteristics at nuclear power site ANSI/ANS-23-1983,American national standards institute,Inc.
- [13] 乔盛西.湖北省气候志[J].武汉:湖北人民教育出版社,1989.
- [14] 国家安全局政策法规处.核电厂厂址选择的极端气象事件(HAF101/

Research on Characteristics of Disasters and Temporal Distribution of the Tornadoes Around the Nuclear Power Plant in Tongshan,Hubei

CHEN Zheng-hong, LIU Lai-lin
(Wuhan Regional Climate Center, Wuhan 430074)

Abstract: The characteristics of disasters and temporal distribution of the tornado events is analyzed based on the primary data collected from the area of 300 km×300 km around the nuclear power plant in Tongshan, Hubei from 1956 to 2000 by many ways such as the record in meteorological stations, the collection of disaster events, the report of climate impact assessment. It is revealed that: (1) there is apparent temporal (daily, monthly, decadal) distribution for those tornado events, mostly concentrated in summer and spring especially in July and April in a year, from mid-day to early evening especially at afternoon for a day, and from 1976 to 1985 the average lasting time for all tornadoes is 17 min; (2) with Beaufort scale, the wind speed grade is mostly over grade-10, the average is grade-12 or grade-13, the strongest can get to grade-17; with Fushida F scale, the average wind speed grade is grade-1, the strongest can get to grade-3 with $70 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ or so; (3) the most frequent moving direction of the tornadoes is from NW to SE, and the width of affected belt by the tornadoes is mostly less than 0.5 km, the average length is 10.0 km; (4) there are many kinds of disasters causing by tornadoes, the most severely disaster is made by the extremely strong wind, and the concomitant hailstones, heavy rain, lightning strikes and projectiles can make the disaster heavier.

Key words: Tornado; Temporal distribution; Characteristics of disasters; Wind speed grade; Projectile

(上接 63 页)

Variation and Anomalous Characteristics of Temperature and Precipitation in Huanggang in the Last 45 Years

LI Jian-ping¹, YI Cheng-gong¹, ZHANG Huo-ping²
(1.Huanggang Meteorological bureau of Hubei Province, Huanggang 438000;
2.Ezhou Meteorological bureau of Hubei Province, Ezhou 436000)

Abstract: By using of the linear trend, moving average, wavelet analysis and anomalous analysis methods, temperature and precipitation change in Huanggang during recent 45 yrs (1961-2005) are analyzed emphatically on their climatic characteristics of inter-annual and inter-decadal variations. The results show that yearly mean temperature has an warming tendency in Huanggang during recent 45 yrs, obviously increases in the later 1980s. The winter and spring warming greatly influence the yearly mean temperature. The stage of temperature variation is obvious with the cold period from 1960s to the early 1980s and the warm period since 1990s. Periodicity of temperature is obvious as 4 yrs and 6 yrs inter-annual periodicity and 13 yrs and 20 yrs inter-decadal periodicity. There is not an anomalous cold year and an anomalous warm year (1998) during the past 45 yrs. Yearly maximum temperature increases weakly with the obvious stage variation and alternate change between cold seasons and warm ones. Yearly minimum temperature increases after 1960s. Yearly precipitation quantity shows a increasing trend with the peak value in 1980s. Precipitation periodicity is obvious as 6-7 yrs inter-annual and 13 yrs inter-decadal periodicity. There is an anomalous plenty rainfall year (1983) without any anomalous deficient rainfall years during 45 yrs.

Key words: Temperature; Precipitation; Trend variation; Periodicity; Anomalous analysis