

林依雪,陆霞,张凌云. 柳城中回山云海的影响天气系统特征及其气象条件分析[J]. 气象研究与应用,2023,44(4):114–120.

LIN Yixue,LU Xia,ZHANG Lingyun. Analysis of weather system characteristics and meteorological conditions of cloud sea of Zhonghui Mountain in Liucheng County[J]. Journal of Meteorological Research and Application,2023,44(4):114–120.

柳城中回山云海的影响天气系统特征及其气象条件分析

林依雪¹, 陆霞^{1*}, 张凌云²

(1.柳城县气象局, 广西 柳城 545299; 2.柳州市气象局, 广西 柳州 545001)

摘要: 运用美国气象环境预报中心再分析数据(NCEP FNL)、柳城国家基本气象站观测资料,从主要影响系统、降水、湿度、风速等要素分析 2019—2023 年柳城中回山出现 8 次云海的形成条件。结果表明:(1)中回山云海出现时间为 10 月至次年 5 月,冬、春季节出现频次较高,大多出现在早晨时段。(2)中回山云海为辐射雾或平流雾发展形成,辐射雾更易发展形成云海。(3)中回山辐射雾云海出现时无降水,云海出现前一日有时会有降水,平流雾云海有时会伴有降水。相对湿度达到 95%以上时,云海出现的概率明显增加。当风速 $\leq 3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,平流雾与辐射雾云海出现的几率均较大。

关键词: 中回山;云海;辐射雾;平流雾

中图分类号: P426.5

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2023.4.18

国家气候中心于 2021 年 9 月 8 日授予柳城县“中国气候宜居县”称号,对柳城县创建广西全域旅游县、打造生态健康养生旅游品牌、营造新的经济增长点均有重要的现实意义。柳城县中回山云海是柳城县境内的特色景观之一,其出现与当地气象条件有着密切的关系,因此,开展中回山云海景观预报技术研究,对拓展柳城“中国气候宜居县”特色气象服务,提升旅游气象服务能力具有重要意义。

受观测资料所限,目前国内对云海的研究并不多。付炳秀等^[1]对丹霞山云海的气象特征进行分析,单权等^[2]利用地面观测气象要素资料分析雁荡山云海时空变化特征以及云海与气象因子的关系,帅川^[3]利用天气形势对井冈山冬季典型云海进行天气分析,吴有训等^[4]分析黄山连续性云海天气过程的大气环流和物理量时间演变特征,指出高空偏西气流,地面高压底部,物理量稳定少变利于连续性云海产生。

柳城县位于广西壮族自治区柳州市北部,其东西部属岩溶山地,地势自东向西递降,中部地区岩溶

山与丘陵交错,属低丘坡地。县域属亚热带季风气候区,夏热冬寒,光照和降水量丰富,受西南暖湿气流和北方冷空气的影响,气候复杂多变。中回山位于柳城县中部,距离县城 2 000 m。中回山海拔较低(520 m),存在有低云完全高于山顶的情况,而云和雾的区别在于距地高度的不同,当雾抬升离开地面到达或高于山顶时,便形成云海景观,可见中回山可观赏的云海多为大雾发展而形成,故本文利用 NCEP FNL 再分析资料、柳城国家基本气象站观测资料,以分析大雾的形成作为切入点,运用统计分析和天气学诊断分析方法,对中回山云海的影响天气系统特征及其气象条件进行分析,以期开展柳城旅游气象服务、生态宜居服务等提供技术支撑。

1 资料与方法

所用资料为:(1)2019 年 10 月—2023 年 1 月,有视频或图片记录的柳城县中回山出现 8 次云海个例;(2)美国气象环境预报中心再分析(NCEP FNL)资料,分辨率为 6 h、 $1^\circ\times 1^\circ$;(3)出现云海的前一天 14

收稿日期: 2023-08-16

基金项目: 柳州市气象局科研项目(柳气科 202108)

第一作者简介: 林依雪(1998—),女,助理工程师,从事综合气象业务工作。E-mail:1436991526@qq.com

* 通讯作者: 陆霞(1975—),女,高级工程师,从事综合气象业务工作。E-mail:luxia09@163.com

时至当天 11 时柳城国家基本气象观测站降水、湿度、风速资料。

运用天气学诊断分析和统计分析方法，对柳城中回山出现 8 次云海个例的 FNL 再分析资料及柳城国家基本气象站降水、湿度、风速资料进行分析。

2 结果与分析

2.1 云海观测统计分析

通过观测和视频、图片记录发现,2019 年秋季至 2023 年春季，柳城中回山共出现 8 次云海景观(表 1)，其中 2019 年 1 次、2021 年 3 次、2022 年 3 次、2023 年 1 次。从云海出现的月份来看，秋季 10 月至次年春季 5 月均可能发生，每年最早观测到云海是在 10 月下旬末，最晚观测到云海是在次年 5 月上旬初。从季节分布来看,观测时段内秋季出现云海 1 次,冬季出现 4 次,春季出现 3 次,可见,中回山云海多出现在冬春时节。从云海出现的具体时间段来看,中回山云海大多出现在日出后的早晨时段。太阳升起之后气温逐渐升高,地面加热后使雾逐渐抬升离开地面，当抬升高度到达或高于山顶时,便可形成云海景观。

表 1 中回山云海出现时间与季节

云海日期（年-月-日）	出现时间	出现季节
2019-10-29	06:40	秋季
2021-03-12	06:50	春季
2021-05-01	06:30	春季
2021-12-23	07:00	冬季
2022-01-19	07:00	冬季
2022-02-27	07:20	冬季
2022-04-03	06:50	春季
2023-01-10	07:00	冬季

2.2 云海分型及影响天气系统分析

2.2.1 云海分型统计

对 8 次中回山云海的影响天气系统进行统计分析(表 2),发现中回山云海与大雾天气密切相关，且平流雾和辐射雾均可以发展形成云海，因此,把中回山云海分成平流雾云海和辐射雾云海两种类型。根据天气形势分析,2021 年 3 月 12 日、2021 年 12 月 23 日两次云海是由平流雾发展形成的，属平流雾云海，其余的 6 次云海由辐射雾发展形成,属辐射雾云海。辐射雾云海出现频次较高,占总样本的 75%。

表 2 中回山云海出现当天及前 2 天主要影响天气系统

序号	日期 (年-月-日)	500 hPa 天气 系统	700 hPa 天气 系统	850 hPa 天气 系统	925 hPa 天气 系统	地面天气 系统
1	2019-10-27	偏西气流	偏西气流	切变线	切变线	冷高压
	2019-10-28	偏西气流	切变线	切变线	偏北气流	冷空气
	2019-10-29*	槽后西北气流	偏北气流	东北气流	东北气流	冷高压脊
2	2021-03-10	高空槽	西南气流	偏南气流	切变线	冷高压脊
	2021-03-11	偏西波动气流	偏西气流	偏南气流	切变线	变性冷高脊
	2021-03-12*	偏西波动气流	偏西气流	切变线	切变线	变性冷高脊
3	2021-04-29	西北到偏西气流	切变线	东北气流	偏北气流	冷空气
	2021-04-30	西北到偏西气流	偏南气流	偏南气流	偏南气流	均压场
	2021-05-01*	槽后西北气流	切变线	偏南气流	偏南气流	均压场
4	2021-12-21	西南气流	西南气流	偏北气流	偏北气流	冷空气
	2021-12-22	西南气流	偏西气流	偏北气流	偏北气流	冷空气
	2021-12-23*	西南气流	西南气流	偏南气流	偏南气流	高压底部
5	2022-01-17	西南气流	偏西气流	切变线	偏北气流	冷空气
	2022-01-18	高空槽	偏西气流	偏北气流	偏北气流	冷高压
	2022-01-19*	偏西气流	西北气流	偏北气流	东北气流	冷高压脊

续表

序号	日期 (年-月-日)	500 hPa 天气 系统	700 hPa 天气 系统	850 hPa 天气 系统	925 hPa 天气 系统	地面天气 系统
6	2022-02-25	偏西气流	偏西气流	偏南气流	偏南气流	变性冷高脊
	2022-02-26	偏西气流	偏西气流	切变线	切变线	冷空气
	2022-02-27*	偏西气流	偏西气流	偏南气流	偏北气流	冷高压脊
7	2022-04-01	西南气流	切变线	东北气流	偏北气流	冷空气
	2022-04-02	高空槽	切变线	东北气流	偏北气流	冷空气
	2022-04-03*	槽后西北气流	偏东气流	偏东气流	东北气流	冷高压
8	2023-01-07	西南气流	西南气流	偏南气流	偏南气流	均压场
	2023-01-08	西南气流	西南气流	切变线	东北气流	冷空气
	2023-01-09*	西南气流	偏西气流	偏东气流	东北气流	变性冷高脊

(注:* 为柳城县中回山云海出现日期)

2.2.2 平流雾云海影响天气系统特征

平流雾是当暖湿空气平流到较冷的下垫面上，下部冷却而形成的雾。对两次中回山平流雾云海天气形势(含云海当日及前 2 日)进行统计分析,发现平流雾云海主要影响天气系统特征为 (图 1):500 hPa 柳城受南支槽前西南气流或偏西波动气流的影

响 (图 1a),850 hPa 偏南气流为柳城持续提供水汽 (图 1b),925 hPa 上则受偏南气流或位于桂北的切变影响(图 1c),地面冷空气变性东移,柳城县位于高压后部或底部(图 1d),气温尚未回升,形成冷垫条件。当低空暖湿气流移到柳城较冷的下垫面时,下部冷却从而形成平流雾。

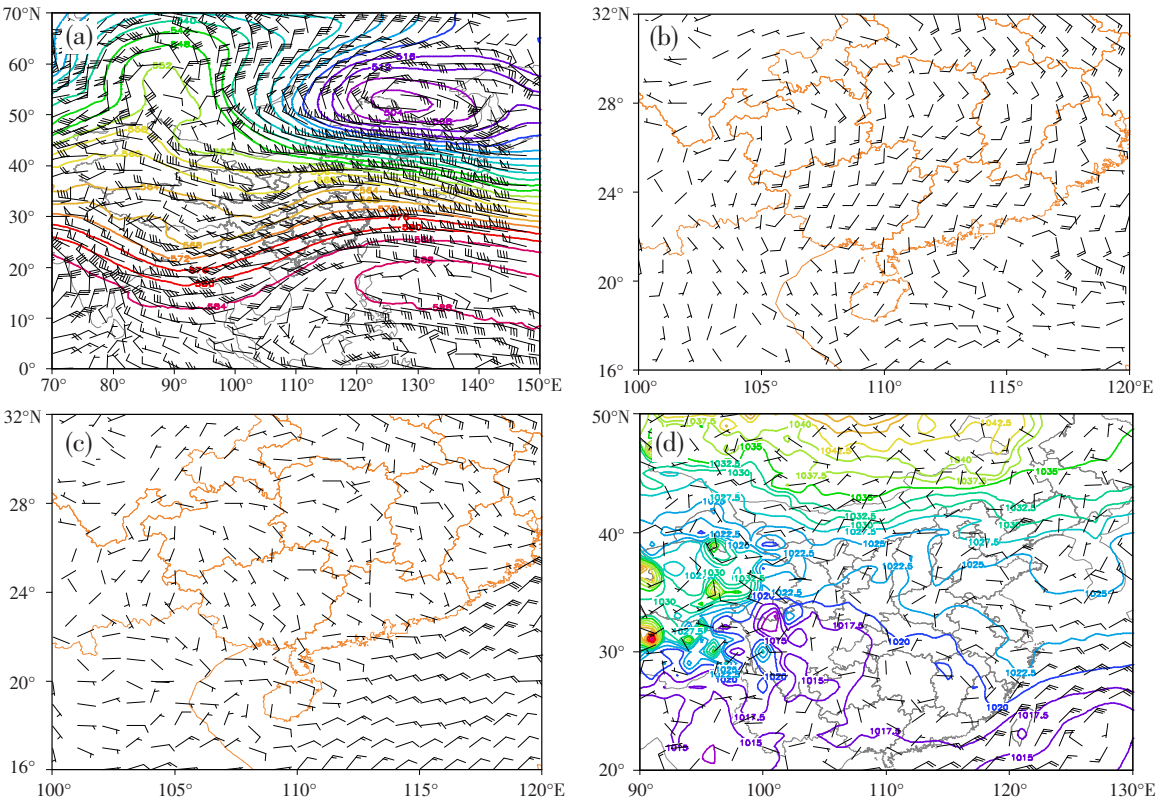


图 1 2021 年 12 月 23 日 08 时天气形势图
(a)500 hPa 位势高度、风场;(b)850 hPa 风场;(c)925 hPa 风场;(d)海平面气压、地面风场

2.2.3 辐射雾云海影响天气系统特征

辐射雾是指由于地表辐射冷却作用使地面气层水汽凝结而形成的雾。对六次中回山辐射雾云海天气形势(含云海当日及前 2 日)进行统计分析,发现辐射雾云海主要影响天气系统特征为(图 2):柳城 500 hPa 上大多受到槽后西北气流或偏西气流的影响(图 2a),低层则受切变线北侧偏东气流或东北气

流的影响(图 2b、c),云海出现前 1~2 d,地面有冷空气南下影响柳城,而云海出现当日,则是受到冷高压(脊)的控制(图 2d)。当早上空气湿度大时,加上受冷高压(脊)影响,天气晴朗,有利于辐射降温,而凌晨到早上的气温较低,风速小,有利于空气中水汽凝结,从而形成辐射雾。

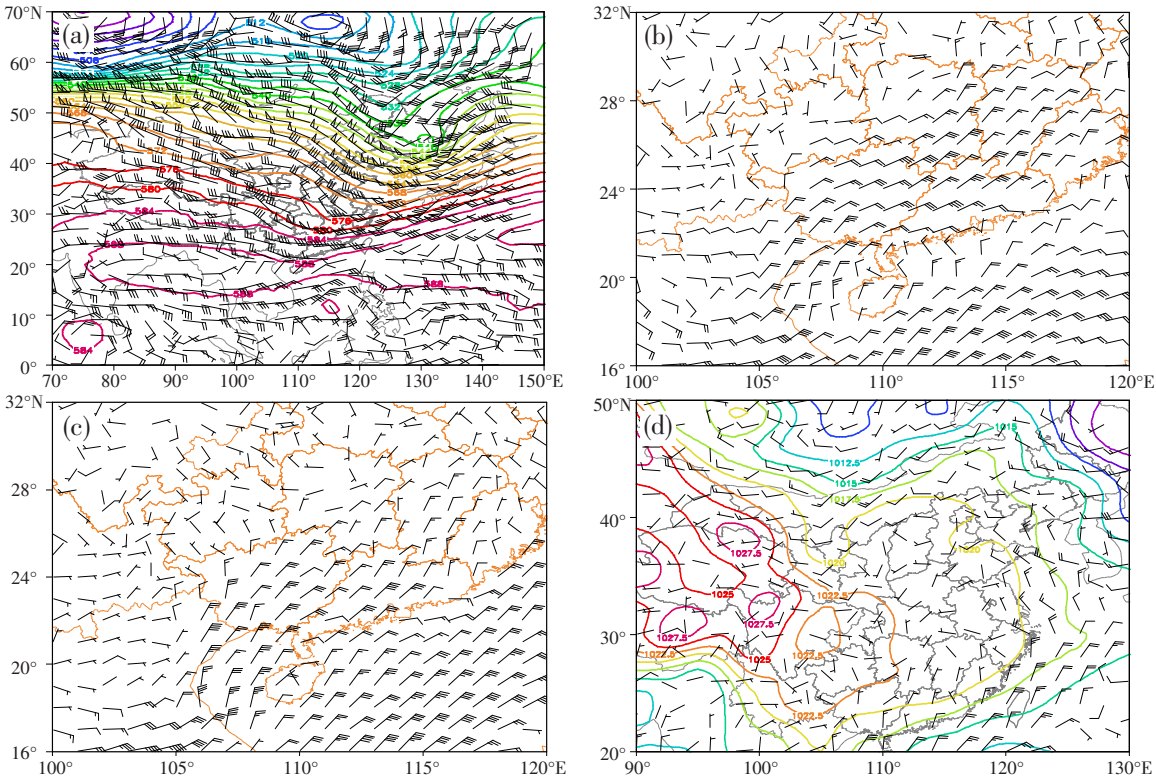


图 2 2019 年 10 月 29 日 08 时天气形势图
(a)500 hPa 位势高度、风场;(b)850 hPa 风场;(c)925 hPa 风场;(d)海平面气压、地面风场

2.3 气象要素特征分析

2.3.1 降水特征

对 8 次中回山云海出现当日及前一日柳城县的降水情况进行统计,结果如表 3 所示。可以看出,无论是平流雾云海还是辐射雾云海,云海出现当日绝大多数没有伴随降水,仅有 1 次平流雾云海出现降水,而辐射雾云海出现当日均没有伴随降水。从云海出现前一日降水情况统计结果看,有 1 次平流雾云海前一日出现降水,有 2 次辐射雾云海前一日出现降水。因此,中回山辐射雾云海出现时没有降水,云海前一日有时会有降水,而平流雾云海有时会伴有降水。

2.3.2 相对湿度特征

相对湿度是表征大气水汽含量的重要指标之

表 3 柳城中回山云海出现当天及前一天降水量			
时间 (年-月-日)	云海类型	前一天降水量 /mm	当天降水量 /mm
2019-10-29	辐射雾	5.3	0
2021-03-12	平流雾	3.1	1.9
2021-05-01	辐射雾	0	0
2021-12-23	平流雾	0	0
2022-01-19	辐射雾	0	0
2022-02-27	辐射雾	0	0
2022-04-03	辐射雾	0.2	0
2023-01-10	辐射雾	0	0

一,而水汽则是云海形成重要条件。从中回山云海出现前后相对湿度变化(图 3)可以看出,中回山出现的两次平流雾云海相对湿度均为 95%以上(表4);

出现辐射雾云海时仅有一次相对湿度小于 90%,其余均达 95%以上。由此可见,在一定的天气系统配置条件下,当相对湿度达到 85%以上时,中回山可能形成云海,达到 95%以上时,云海出现的概率明显增加。

2.3.3 风速特征

风速的大小会影响云海的形成及消散速度。分析中回山云海出现前后风速变化可见(图 4),平流

雾云海出现时的风速均 $\leq 3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,而在出现前,风速不超过 $3.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;辐射雾云海出现时风速 $\leq 4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 且大多 $\leq 3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,云海出现前,风速则不超过 $6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。这表明,中回山云海一般都是在风速不太大的情况下形成的,当风速加大,湍流加强,上下层气团互相交换能量、水汽,云海不容易形成。

表 4 中回山 8 次云海出现时的相对湿度

时间 (年-月-日)	相对湿度/%						
	05 时	06 时	07 时	08 时	09 时	10 时	11 时
2019-10-29	98	98	98	98	98	98	83
2021-03-12	97	98	98	98	98	96	94
2021-05-01	85	89	88	87	78	72	69
2021-12-23	94	96	97	98	98	97	82
2022-01-19	97	98	98	98	98	99	99
2022-02-27	97	97	98	98	98	99	80
2022-04-03	97	98	98	98	98	73	56
2023-01-10	100	100	100	100	100	95	72

表 5 中回山 8 次云海出现时的风速

时间 (年-月-日)	风速/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$						
	05 时	06 时	07 时	08 时	09 时	10 时	11 时
2019-10-29	1.9	3.9	3.4	2.7	4.0	3.9	5.4
2021-03-12	2.8	3.0	2.5	1.9	2.0	2.2	2.8
2021-05-01	0.7	1.7	1.3	0.8	1.4	1.8	1.5
2021-12-23	1.0	1.7	2.5	1.1	0.3	0.9	1.4
2022-01-19	3.0	1.5	1.3	1.7	1.1	1.5	1.8
2022-02-27	1.2	1.2	1.4	1.0	0.3	0.4	1.9
2022-04-03	2.2	1.4	2.0	1.8	2.8	2.2	2.6
2023-01-10	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	0.9	1.7

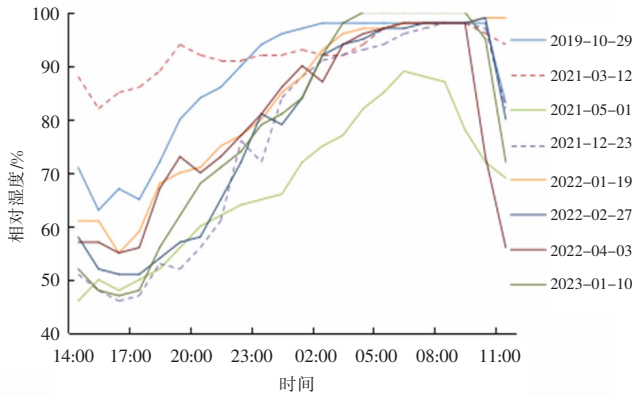


图 3 中回山云海出现前后相对湿度变化

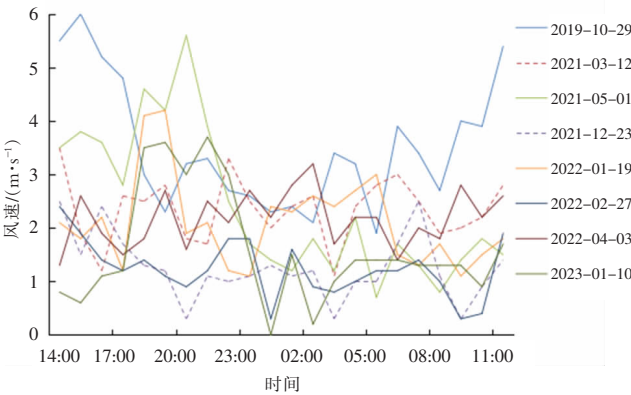


图 4 中回山云海出现前后风速变化

3 结论与讨论

对柳城县中回山 8 次云海的出现时间、主要影响天气系统及降水、湿度、风速等气象要素特征进行统计分析,得出以下结论:

(1)柳城县中回山云海出现时间为 10 月至次年 5 月,冬、春季节出现频次较高,云海大多出现在早晨时段。

(2)中回山云海为辐射雾或平流雾发展形成,辐射雾更容易发展形成云海。当 500 hPa 高空槽前西南气流或偏西波动气流配合低空偏南暖湿气流、地面高压后部或底部时,易形成平流雾云海;当 500 hPa 受槽后西北气流或偏西气流控制,低层受切变线或偏东(东北)气流影响,配合地面冷高压(脊)与 1~2 d 前的南下冷空气时,则有可能出现辐射雾云海。

(3)中回山辐射雾云海出现时没有降水,云海出现前一日有时会有降水,而平流雾云海有时会伴有降水;在一定的天气系统配置条件下,相对湿度达到 85%以上时,中回山可能形成云海,达到 95%以上时,云海出现的概率明显增加;云海一般在风速不太大的情况下形成,当风速 $\leq 3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,平流雾与辐射雾云海出现的几率均较大。这与付炳秀等^[1]对丹霞山云海的气象特征分析中“在有降水出现、相对湿度较大、风速较小,平均气温日较差高于 0℃的条件下,丹霞山可观赏性云海出现的概率较大”基本一致。

本文仅选取中回山 8 个云海个例作统计分析,样本数量较少,今后需要收集更多的云海个例,对云海的成因及预报指标作深入的分析研究,为中回山云海景观预报提供更好的技术支撑。

参考文献:

- [1] 付炳秀,赖燕冰,王文星.丹霞山云海气象特征分析及其预报初探[J].农业与技术,2019,39(15):137-140.
- [2] 单权,冯国标,梁晓妮.雁荡山云海的时空变化特征及其与气象因子的关系[J].浙江气象,2014,35(2):34-37.
- [3] 帅川.井冈山冬季典型云海天气分析[J].中国高科技,2021(18):113-114.
- [4] 吴有训,王克强,杨保桂,等.黄山连续性云海过程的天气学分析[J].气象,2005,31(4):73-76.
- [5] 李芳,李永果,郭卫华,等.鲁西南一次春季大雾天气特征分析及探讨[J].中国农学通报,2014,30(5):268-271.
- [6] 焦美龄,张洪芬.陇东黄土高原辐射雾影响系统分析[J].中国农学通报,2017,33(13):118-124.
- [7] 滕林,邹永成,蔡成瑶,等.2017 年双流机场两次大雾过程的对比分析[J].中低纬山地气象,2021,45(2):35-39.
- [8] 周文志,唐熠,蒋运志,等.桂林大雾天气形成的机理分析与预警预报[C]//中国气象学会.第 31 届中国气象学会年会——S3 短期气候预测理论、方法与技术.桂林市气象局,2014:13.
- [9] 李生艳,周能,苏洵.广西大雾天气的气候及环流形势特征[J].气象研究与应用,2009,30(4):14-17.
- [10] 邓英姿,胡宗煜,黎颖智.2008~2011 年南宁冬春季雾天气特征分析[J].气象研究与应用,2013,34(1):21-23.
- [11] 吴凤莹,胡祖权.广西来宾地区雾的统计特征及其预报[J].气象研究与应用,2009,30(增刊 1):55-56.
- [12] 许美秋,郭冬艳,黄韦珠.儋州市大雾天气变化特征及影响因素[J].气象研究与应用,2009,30(增刊 2):16-17.
- [13] 李祖敏,林雪香,周幼婵,等.雾与地面气象要素的关系及其观测记录[J].气象研究与应用,2012,33(增刊 1):273-274.
- [14] 莫绍宁,周冬梅,黄晓文,等.田阳雾的气候特征及成因分析[J].气象研究与应用,2018,39(2):45-47,62.
- [15] 阳志松.桂林机场雾的天气统计特征分析及预报初探[J].广西气象,2000(2):18-20.

Analysis of weather system characteristics and meteorological conditions of cloud sea of Zhonghui Mountain in Liucheng County

LIN Yixue¹, LU Xia^{1*}, ZHANG Lingyun²

(1.Liucheng Meteorological Bureau, Guangxi Liucheng 545299, China;

2.Liuzhou Meteorological Bureau, Guangxi Liuzhou 545001, China)

Abstract: Based on the NCEP FNL reanalysis data and the observation data of the National basic weather station in Liucheng, the formation conditions of the eight cloud seas appearing in the Zhonghui Mountain in Liucheng from 2019 to 2023 were analyzed in terms of the main influencing systems, precipitation, humidity, wind speed. The results show that: (1)The cloud sea appears from October to May, with a high frequency in winter and spring, mostly in the morning hours; (2)the cloud sea in Zhonghui Mountain is formed by the development of radiation fog or advection fog, and radiation fog is more likely to develop into a sea of clouds. (3) There is no precipitation when the cloud sea of radiation fog appears in Zhonghui Mountain, sometimes there is precipitation the day before the cloud sea appears, and sometimes the cloud sea of advection fog is accompanied by precipitation. When the relative humidity is above 95%, the probability of the appearance of cloud sea is greatly increased. When the wind speed is less than $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, the probability of the appearance of cloud sea of advection fog and radiation fog is greater.

Key words: Zhonghui Mountain; cloud sea; radiation fog; advection fog