



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114492936 A

(43) 申请公布日 2022. 05. 13

(21) 申请号 202111624776.7

G06Q 10/06 (2012.01)

(22) 申请日 2021.12.28

G06Q 50/06 (2012.01)

G01W 1/10 (2006.01)

(71) 申请人 三峡新能源海上风电运维江苏有限公司

地址 224000 江苏省盐城市盐南高新区大数据产业园B-3栋1-3F (CNK)

申请人 北京玖天气象科技有限公司

(72) 发明人 严国斌 冀永鹏 陈迪于 吕瑞 张迎宾 全利红 汤鹏 王晗晓昕 贾长峰 陈笑

(74) 专利代理机构 北京挺立专利事务所(普通合伙) 11265

专利代理师 叶盛

(51) Int. Cl.

G06Q 10/04 (2012.01)

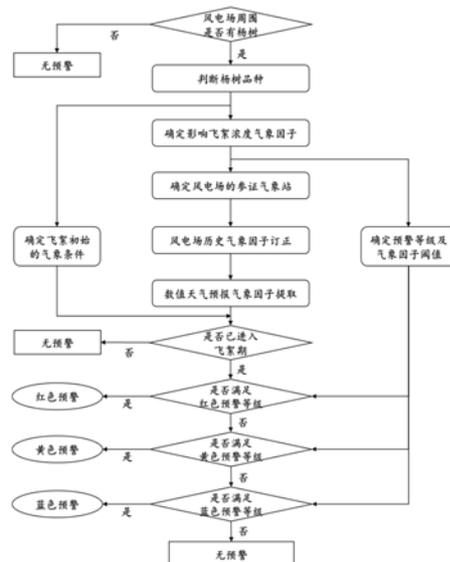
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法,针对预警区域及其周边辐射区域的杨树品种,分析生长特性与气象条件关系,确定飞絮发生的天气条件,结合风电场风机特性,建立飞絮侵扰的气象预警指标。基于地面气象站观测资料和数值天气预报结果,对未来一段时间的风机飞絮侵扰做出预警。本发明的基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法,能够有效预报飞絮开始发生时间,判断飞絮等级,提前预警飞絮侵扰情况,有助于风机维护人员制定合理维护保养计划,能够显著提升风电场风机清理施工作业效率,为制定合理风机保障维护作业计划提供有力依据,同时提高风机运行效率、延长风机关键部件寿命、降低风电场运营维护成本。



CN 114492936 A

1. 一种基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1:判断风电场周围有无杨树,根据杨树品种确定其飞絮期初始的气象条件;

S2:确定飞絮产生后影响飞絮浓度的气象因子;

S3:确定风电场参证气象站,对参证气象站的气象因子进行订正,得到风电场位置的历史气象因子;

S4:获取并处理数值天气预报对应的气象因子数据;

S5:确定风电场风机飞絮侵扰等级,及各等级对应的气象因子阈值;

S6:根据风电场的历史气象因子和预报气象因子,滚动计算飞絮初始日期,判断风电场风机飞絮侵扰预警等级。

2. 根据权利要求1所述的基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法,其特征在于,步骤S1中以有效积温 $T_e$ 、日平均温度 $\bar{T}$ 作为判断飞絮初始的气象因子。

3. 根据权利要求1所述的基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法,其特征在于,步骤S2中飞絮产生后影响飞絮浓度的气象因子包括:日平均温度 $\bar{T}$ 、日平均风速 $\bar{W}$ 、日平均相对湿度 $\bar{RH}$ 、日累积降水量P、日照时数S。

4. 根据权利要求1所述的基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法,其特征在于,步骤S3中参证气象站的气象因子包括:历史的温度、风速、湿度、降水、日照时数数据。

5. 根据权利要求4所述的基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法,其特征在于,步骤S3中对参证气象站的气象因子进行订正的方法为:根据风电场和参证站的高度差异,采用经验公式,对参证站的历史温度序列进行订正,得到风电场位置的历史温度序列。

6. 根据权利要求1所述的基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法,其特征在于,步骤S4中获取风电场位置处未来7天数值天气预报的逐时温度、风速、湿度、降水、日照数据,并将这些气象因子处理为逐日数据。

7. 根据权利要求1所述的基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法,其特征在于,步骤S5确定风电场风机飞絮侵扰为三个等级,对应的预警包括红色预警、黄色预警和蓝色预警,红色预警表示风机受重度飞絮侵扰,黄色预警表示风机受中度飞絮侵扰,蓝色预警表示风机受轻度飞絮侵扰。

8. 根据权利要求7所述的基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法,其特征在于,步骤S5确定预警等级对应的温度、风速、湿度、降水、日照时数阈值。

9. 根据权利要求1所述的基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法,其特征在于,步骤S6根据订正后的风电场历史气象因子和未来7天预报的气象因子,利用日平均温度、有效积温,判断飞絮初始日期。

10. 根据权利要求9所述的基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法,其特征在于,基于飞絮初始日期,利用日平均温度、日平均风速、日平均相对湿度、日累积降水量、日照时数,判断风电场风机飞絮侵扰预警等级。

## 一种基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及风电场风机维护与气象预报预警的交叉领域,尤其涉及一种基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法。

### 背景技术

[0002] 杨树在我国西北、华北、东北以及长江流域等均有分布,其生长发育的生物学特性与气象环境密切相关。相关研究表明,在气温、湿度、降水等满足一定条件时,杨树蒴果逐渐开裂,产生飞絮。

[0003] 杨树飞絮不仅降低环境质量、危害人们身体健康、威胁公共交通安全,还会影响风电场风机安全稳定运行。当风机机舱的齿轮箱和发电机受到飞絮堵塞时,通风量会有所减少,冷却效率降低,致使齿轮箱和发电机频发高温故障,进而导致发电量下降,也会减少机组的整体使用寿命。

[0004] 因此,基于天气预报信息,开展针对风电场风机的飞絮侵扰预警,对开展风机飞絮清理作业、提高风机运行效率、延长风机关键部件寿命、降低风电场运营维护成本有重要指导作用和经济价值。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法,能够有效预报飞絮开始发生时间,判断飞絮等级,提前预警飞絮侵扰情况,有助于风机维护人员制定合理维护保养计划,提升风机飞絮清理工作效率。

[0006] 为了实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0007] 一种基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法,包括以下步骤:

[0008] S1:判断风电场周围有无杨树,根据杨树品种确定其飞絮期初始的气象条件;

[0009] S2:确定飞絮产生后影响飞絮浓度的气象因子;

[0010] S3:确定风电场参证气象站,对参证气象站的气象因子进行订正,得到风电场位置的历史气象因子;

[0011] S4:获取并处理数值天气预报对应的气象因子数据;

[0012] S5:确定风电场风机飞絮侵扰等级,及各等级对应的气象因子阈值;

[0013] S6:根据风电场的历史气象因子和预报气象因子,滚动计算飞絮初始日期,判断风电场风机飞絮侵扰预警等级。

[0014] 进一步地,步骤S1中以有效积温 $T_e$ 、日平均温度 $\bar{T}$ 作为判断飞絮初始的气象因子。

[0015] 进一步地,步骤S2中飞絮产生后影响飞絮浓度的气象因子包括:日平均温度 $\bar{T}$ 、日平均风速 $\bar{W}$ 、日平均相对湿度 $\overline{RH}$ 、日累积降水量 $P$ 、日照时数 $S$ 。

[0016] 进一步地,步骤S3中参证气象站的气象因子包括:历史的温度、风速、湿度、降水、日照时数数据。

[0017] 进一步地,步骤S3中对参证气象站的气象因子进行订正的方法为:根据风电场和

参证站的高度差异,采用经验公式,对参证站的历史温度序列进行订正,得到风电场位置的历史温度序列。

[0018] 进一步地,步骤S4中获取风电场位置处未来7天数值天气预报的逐时温度、风速、湿度、降水、日照数据,并将这些气象因子处理为逐日数据。

[0019] 进一步地,步骤S5确定风电场风机飞絮侵扰为三个等级,对应的预警包括红色预警、黄色预警和蓝色预警,红色预警表示风机受重度飞絮侵扰,黄色预警表示风机受中度飞絮侵扰,蓝色预警表示风机受轻度飞絮侵扰。

[0020] 进一步地,步骤S5确定预警等级对应的温度、风速、湿度、降水、日照时数阈值。

[0021] 进一步地,步骤S6根据订正后的风电场历史气象因子和未来7天预报的气象因子,利用日平均温度、有效积温,判断飞絮初始日期。

[0022] 进一步地,基于飞絮初始日期,利用日平均温度、日平均风速、日平均相对湿度、日累积降水量、日照时数,判断风电场风机飞絮侵扰预警等级。

[0023] 与现有技术相比,本发明的有益效果为:

[0024] 本发明的基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法,针对预警区域及其周边辐射区域的杨树品种,分析生长特性与气象条件关系,确定飞絮发生的天气条件,结合风电场风机特性,建立飞絮侵扰的气象预警指标。基于地面气象站观测资料和数值天气预报结果,对未来一段时间的风机飞絮侵扰做出预警。本发明的方法能够有效预报飞絮开始发生时间,判断飞絮等级,提前预警飞絮侵扰情况,有助于风机维护人员制定合理维护保养计划,能够显著提升风电场风机清理施工作业效率,为制定合理风机保障维护作业计划提供有力依据,同时提高风机运行效率、延长风机关键部件寿命、降低风电场运营维护成本。

## 附图说明

[0025] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明中记载的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0026] 图1是本申请实施例提供的预警方法流程示意图。

[0027] 图2是本申请实施例提供的未来7天(4月11日至17日)数值天气预报得到的各气象因子值。

## 具体实施方式

[0028] 下面结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0029] 如图1所示,本发明的一种基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法,具体包括如下步骤:

[0030] (1)判断风电场周围有无杨树,综合考虑杨树品种及其开花现蕾等阶段的气象条件,以有效积温 $T_e$ 、日平均温度 $\bar{T}$ 作为判断飞絮初始的气象因子。

[0031] (2) 确定飞絮产生后影响飞絮浓度的气象因子,这些因子包括日平均温度 $\bar{T}$ 、日平均风速 $\bar{W}$ 、日平均相对湿度 $\overline{RH}$ 、日累积降水量P、日照时数S。

[0032] (3) 确定风电场参证气象站,提取参证气象站历史的温度、风速、湿度、降水、日照时数数据。根据风电场和参证站的高度差异,采用经验公式,对参证站的历史温度序列进行订正,得到风电场位置的历史温度序列。

[0033] (4) 获取风电场位置处未来7天数值天气预报的逐时温度、风速、湿度、降水、日照数据,并将这些气象因子处理为逐日数据。

[0034] (5) 确定风电场风机飞絮侵扰为三个等级,对应的预警包括红色预警、黄色预警和蓝色预警,红色预警表示风机受重度飞絮侵扰,黄色预警表示风机受中度飞絮侵扰,蓝色预警表示风机受轻度飞絮侵扰。分别确定预警等级对应的温度、风速、湿度、降水、日照时数阈值。

[0035] (6) 根据订正后的风电场历史气象因子和未来7天预报的气象因子,利用日平均温度、有效积温,判断飞絮初始日期;在此基础上,利用日平均温度、日平均风速、日平均相对湿度、日累积降水量、日照时数,判断风电场风机飞絮侵扰预警等级。

[0036] 下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0037] 以2021年4月10日江苏省某风电场未来7天(4月11日至4月17日)的飞絮侵扰预警为例,说明一种基于数值天气预报的风电场风机飞絮侵扰预警方法的实施步骤:

[0038] (1) 该风电场周边主要分布树种为白杨、黑杨,考虑其开花现蕾等生长发育阶段的气象条件,判断飞絮开始的气象条件为有效积温 $\geq 480^{\circ}\text{C}$ ,且日平均气温稳定 $\geq 14^{\circ}\text{C}$ 。

[0039] (2) 确定飞絮产生后影响飞絮浓度的气象因子,这些指标包括日平均温度 $\bar{T}$ 、日平均风速 $\bar{W}$ 、日平均相对湿度 $\overline{RH}$ 、日累积降水量P、日照时数S。其中,温度、日照时数与飞絮浓度呈正相关;湿度与飞絮浓度呈负相关性;降水会抑制杨絮飘飞;风速在一定区间有助于杨絮飘飞,风速超过一定时,飞絮向远方传播,对风机的侵扰威胁减弱。

[0040] (3) 确定该风电场的参证气象站,提取参证气象站历史的日平均温度、日平均风速、日平均相对湿度、日累计降水量、日照时数数据。根据风电场和参证站高度差异,采用如下经验公式,对参证站的历史温度序列进行订正,得到风电场位置的历史温度序列:

$$[0041] \quad \bar{T} = \overline{T_{\text{sta}}} - 0.006 * (H - H_{\text{sta}})$$

[0042] 其中, $\bar{T}$ 为风电场位置日平均温度, $\overline{T_{\text{sta}}}$ 为参证气象站日平均温度,H为风电场海拔, $H_{\text{sta}}$ 为参证气象站海拔。

[0043] (4) 滚动获取风电场位置未来7天数值天气预报的温度(T)、风速(W)、相对湿度(RH)、降水(P)、辐照度(E)数据,数据分辨率为1小时。根据获取的逐小时数值天气预报数据计算未来7天逐日的日平均温度 $\bar{T}$ 、日平均风速 $\bar{W}$ 、日平均相对湿度 $\overline{RH}$ 、日累积降水量P、日照时数S,其中日照时数为辐照度E大于等于 $120\text{W}/\text{m}^2$ 的时数之和。

[0044] (5) 确定风电场风机飞絮侵扰分为三个等级,对应的预警包括红色预警、黄色预警和蓝色预警。分别确定各预警等级对应的日平均温度、日平均风速、日平均相对湿度、日累积降水量、日照时数阈值如表1。在气象因子同时满足多种预警条件时,优先选择最高预警等级。

[0045] 表1预警等级划分

预警等级	气象因子阈值	等级说明
红色预警	$P = 0\text{mm}$	重度飞絮侵扰
	$1.5\text{m/s} \leq \bar{W} \leq 5\text{m/s}$	
	$\bar{T} \geq 18^\circ\text{C}$	
	$S \geq 6\text{h}$	
	$\overline{RH} \leq 50\%$	
黄色预警	$P = 0\text{mm}$	中度飞絮侵扰
	$1.5\text{m/s} \leq \bar{W} \leq 5\text{m/s}$	
	$S \geq 4\text{h}$	
	$\overline{RH} \leq 65\%$	
蓝色预警	$P \leq 2\text{mm}$	轻度飞絮侵扰
	$\bar{W} \leq 6\text{m/s}$	
	$\overline{RH} \leq 80\%$	

[0046]

[0047] 根据该风电场的历史温度序列计算有效积温,以有效积温 $\geq 480^\circ\text{C}$ 后,日平均气温连续两天稳定大于 $14^\circ\text{C}$ 来确定飞絮起始日期,据此得到的飞絮起始日期为3月25日,表明预警时段在飞絮开始日期之后。进一步根据预警的气象因子阈值指标,判断未来七天中(4月11日~4月17日),有一天无预警,即无飞絮侵扰发生;有三天为蓝色预警,将有轻度的飞絮侵扰情况发生;有两天为黄色预警,将有中度的飞絮侵扰情况发生;有一天为红色预警,将有重度的飞絮侵扰情况发生。4月11日至17日数值天气预报得到的气象因子如图2所示,对应的预警结果如表2所示。

[0048] 表22021年4月10日江苏某风电场未来7天飞絮侵扰预警结果

[0049]

日期	预警等级
2021年4月11日	无
2021年4月12日	蓝色预警
2021年4月13日	蓝色预警
2021年4月14日	蓝色预警
2021年4月15日	黄色预警
2021年4月16日	红色预警
2021年4月17日	黄色预警

[0050] 综上,基于上述方法开展风电场风机飞絮侵扰预警服务,能够显著提升风电场风机清理施工作业效率,为制定合理风机保障维护作业计划提供有力依据。

[0051] 需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者任何其他变体意在涵盖

非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0052] 本说明书中的各个实施例均采用相关的方式描述,各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其,对于装置实施例、电子设备实施例、计算机可读存储介质实施例和计算机程序产品实施例而言,由于其基本相似于方法实施例,所以描述的比较简单,相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

[0053] 以上所述实施例,仅为本申请的具体实施方式,用以说明本申请的技术方案,而非对其限制,本申请的保护范围并不局限于此,尽管参照前述实施例对本申请进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内,其依然可以对前述实施例所记载的技术方案进行修改或可轻易想到变化,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改、变化或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本申请实施例技术方案的精神和范围。都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此,本申请的保护范围应所述以权利要求的保护范围为准。

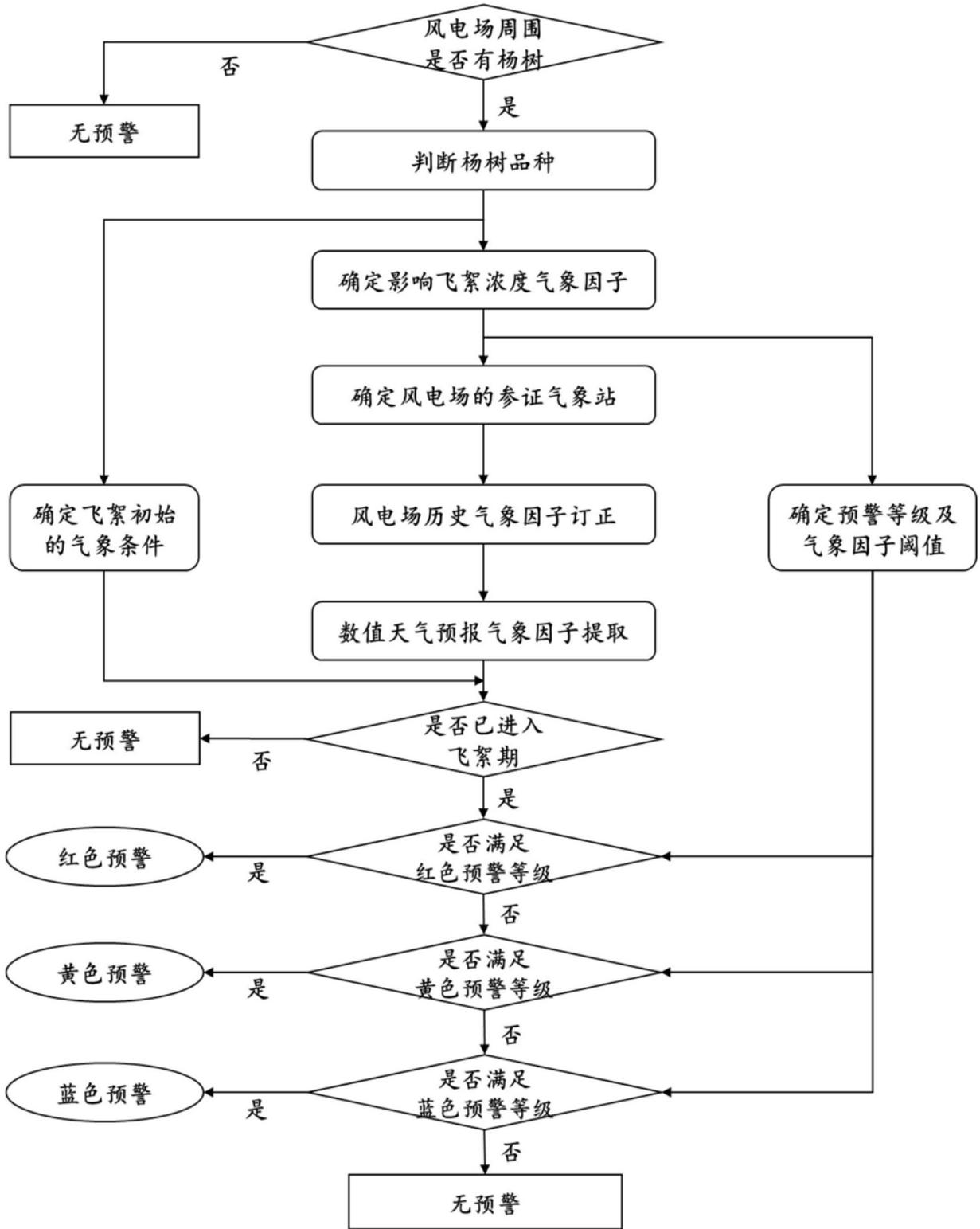


图1

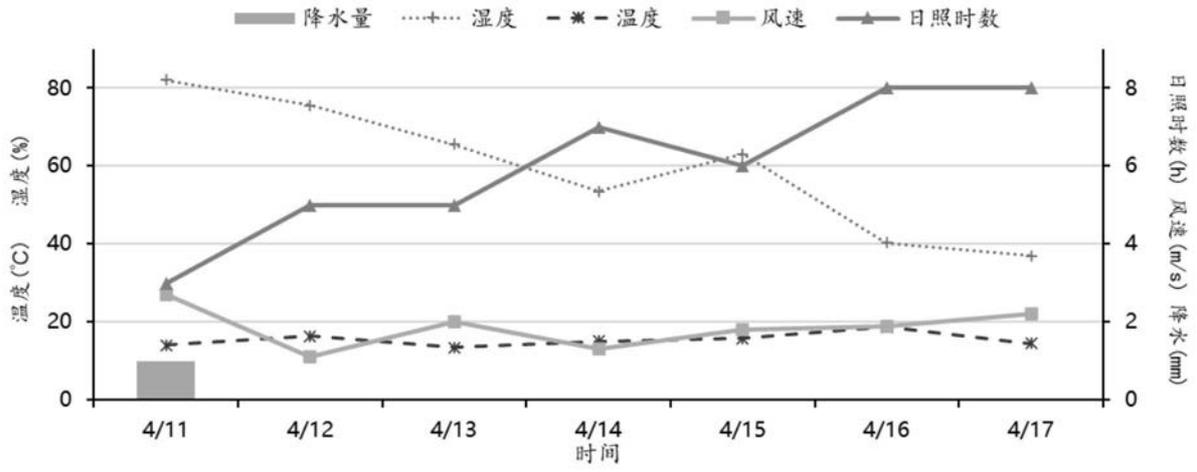


图2