



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103461077 B

(45) 授权公告日 2014. 11. 12

(21) 申请号 201310360811. 8

(22) 申请日 2013. 08. 19

(73) 专利权人 昆明七五零高新技术公司

地址 650051 云南省昆明市盘龙区人民东路 3 号

专利权人 云南省烟草公司红河州公司  
中国船舶重工集团公司七五 0 试  
验场

(72) 发明人 李宏光 王春林 王玉明 徐鸿飞  
陆庆华 任洪波 白崇禄 李洪波  
刘春明 单江 钟晓田 杨正萍  
张维坤 崔勇军 瞿玉芬

(51) Int. Cl.

A01G 25/16(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102870654 A, 2013. 01. 16, 全文.  
CN 102986482 A, 2013. 03. 27, 全文.  
EP 08707157 A, 2008. 01. 21, 全文.

CN 101627692 A, 2010. 01. 20, 全文.

刘国顺等. 《烟田水分动态特征》. 《中国北方旱地农田水分开发利用》. 北京: 科学出版社, 2012, 第 51-88 页.

罗斐

. 《烤烟灌溉指标研究》. 《现代农业科技》. 2010, (第 17 期), 第 50-52 页.

jhchzs2176. 《作物灌水量设计计算》. 《豆丁网》. 2012, 全文.

王秀康. 《洛南县烤烟灌水方法与技术研究》. 《西北农林科技大学》. 2011, 全文.

审查员 宋慧娟

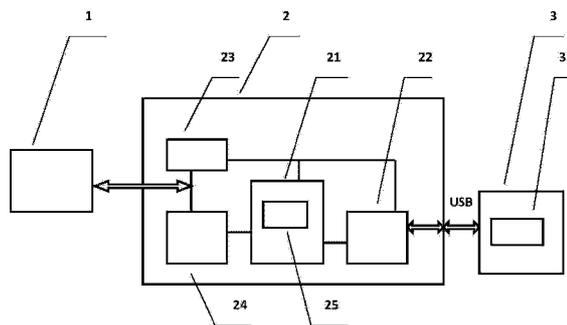
权利要求书3页 说明书11页 附图4页

(54) 发明名称

确定烤烟灌溉理论灌水量的方法和烟田灌溉指导装置

(57) 摘要

本发明公开了一种确定烤烟灌溉理论灌水量的方法和烟田灌溉指导装置,能够针对不同“烤烟生育期—土壤质地种类”现场测定土壤水分并计算出当前持水率和所需灌水量,结合预报近期降雨情况计算出指导灌水量,还可以根据灌溉方式计算出建议灌水量。本发明的烟田灌溉指导装置包括依次相连接的土壤水分传感器(1)、数据采集器(2)和便携式智能终端(3),还包括数据采集通讯程序模块(25)和灌溉指导程序模块(31),该灌溉指导程序模块(31)采用本发明的计算方法对理论灌水量进行计算。本发明的确定烤烟灌溉理论灌水量的方法和烟田灌溉指导装置具有方法科学、结果定量、结构简单、携带方便等特点,适合广大烟农和烤烟生产领域技术人员使用。



CN 103461077 B

1. 一种确定烤烟灌溉理论灌水量的方法,所述理论灌水量包括所需灌水量和指导灌水量,包括以下步骤:

① 采集土壤水分传感器输出的以体积百分比为单位的当前烟田土壤水分数据;

② 确定所述所需灌水量

$$V_i = V_0 \times m \div p$$

$$V = V_i \div V_{\max}$$

$$W_i = (V_h - V) \div (m \div p) \times V_{\max} \times U_i = (V_h - V) \times (p \div m) \times V_{\max} \times U_i$$

式中: $V_0$ 代表以体积百分比为单位的土壤水分, $m$ 代表水的密度, $p$ 代表土壤容重, $V_i$ 代表以质量百分比为单位的土壤水分, $V_{\max}$ 代表田间最大持水量, $V$ 代表当前持水率, $V_h$ 代表典型期望田间持水率, $U_i$ 代表烤烟根系活动层土壤体积, $W_i$ 代表所需灌水量;

③ 确定所述指导灌水量

$$W_g = W_i \times k \text{ 或者 } W_g = W_i - \theta$$

式中: $W_g$ 代表指导灌水量, $W_i$ 代表所述所需灌水量, $k$ 代表降雨修正系数并且  $0 \leq k \leq 1$ ,  $\theta$ 代表不同生育期对应近期降雨预报等级的降雨因素减少修正值并且  $0 \leq \theta \leq W_i$ 。

2. 根据权利要求1所述的确定烤烟灌溉理论灌水量的方法,其特征在于:所述理论灌水量还包括建议灌水量,还可以在上述步骤③之后包括确定建议灌水量的步骤:

$$W_s = W_g \div (\eta \times \sigma)$$

式中: $W_s$ 代表建议灌水量, $W_g$ 代表所述指导灌水量, $\eta$ 代表田间灌溉水利用系数并且  $0.7 \leq \eta \leq 0.99$ ,  $\sigma$ 代表灌溉有效湿润面积比并且  $2\% \leq \sigma \leq 100\%$ 。

3. 根据权利要求1或2所述的确定烤烟灌溉理论灌水量的方法,其特征在于:所述降雨修正系数  $k$

$$k = \begin{cases} 1 & \text{当预报无降雨时;} \\ 0.5 \sim 0.8 & \text{当预报有小雨时;} \\ 0.1 \sim 0.3 & \text{当预报有中雨时;} \\ 0 & \text{当预报有大雨以上时。} \end{cases}$$

4. 根据权利要求1或2所述的确定烤烟灌溉理论灌水量的方法,其特征在于:所述不同生育期对应近期降雨预报等级的降雨因素减少修正值根据用户选择的烤烟生育期和近期降雨预报等级取值,当预报有小雨时的取值范围为  $200 \sim 550$  g/株,当预报有中雨时的取值范围为  $400 \sim 1100$  g/株,当预报无降雨时取值为0,当预报有大雨以上时取值为所述所需灌水量的值。

5. 根据权利要求1至4所述的任一种确定烤烟灌溉理论灌水量的方法的一种烟田灌溉指导装置,其特征在于:包括依次相连接的土壤水分传感器(1)、数据采集器(2)和便携式智能终端(3);所述土壤水分传感器(1)用于测量以体积百分比为单位的当前烟田土壤水分,所述数据采集器(2)用于将当前以体积百分比为单位的土壤水分进行数据采集并将数据发送给所述便携式智能终端(3);所述便携式智能终端(3)用于完成所述当前持水率和所述理论灌水量的确定、显示和/或通过短信传送和/或打印。

6. 根据权利要求5所述的烟田灌溉指导装置,其特征在于:所述数据采集器(2)包括

单片机(21)、与所述单片机(21)通过 RS232 口相连接并且与所述便携式智能终端(3)通过 USB 口相连接的 USB 通讯电路模块(22)、将所述土壤水分传感器(1)输出的电压或电流信号进行适应性调理以满足单片机数据采集要求的信号调理电路模块(24)和向所述土壤水分传感器(1)、单片机(21)、USB 通讯电路模块(22)、信号调理电路模块(24)供电的供电电路模块(23)以及完成数据采集、数据发送的数据采集通讯程序模块(25)。

7. 根据权利要求 5 所述的烟田灌溉指导装置,其特征在于:还包括位于所述便携式智能终端(3)内的灌溉指导程序模块(31)。

8. 根据权利要求 7 所述的烟田灌溉指导装置,其特征在于:所述灌溉指导程序模块(31)设置有典型土壤质地种类对应的土壤容重  $g/cm^3$ —田间最大持水量质量百分比数据、烤烟生育期对应的根系活动层土壤体积和典型期望田间持水率数据、近期降雨预报等级对应的降雨修正系数和与生育期对应的降雨因素减少修正值数据以及灌溉方式对应的灌溉水利用系数和灌溉有效湿润面积比数据;所述灌溉指导程序模块(31)还设置有典型土壤质地种类、烤烟生育期、近期降雨预报等级以及灌溉方式选择菜单,在用户对所述烤烟生育期、土壤质地种类、近期降雨预报等级和灌溉方式作出了选择后,所述灌溉指导程序模块(31)能够查找出所述土壤容重  $g/cm^3$ —田间最大持水量质量百分比数据、烤烟生育期对应的根系活动层土壤体积和典型期望田间持水率数据、近期降雨预报等级对应的降雨修正系数和与生育期对应的降雨因素减少修正值数据以及灌溉方式对应的灌溉水利用系数和灌溉有效湿润面积比数据。

9. 根据权利要求 8 所述的烟田灌溉指导装置,其特征在于:所述灌溉指导程序模块(31)还设置有所述土壤容重  $g/cm^3$ —田间最大持水量质量百分比以及所述的灌溉水利用系数和灌溉有效湿润面积比的数据输入窗口,在用户输入了所述土壤容重  $g/cm^3$ —田间最大持水量质量百分比数据以及所述的灌溉水利用系数和灌溉有效湿润面积比数据后,所述灌溉指导程序模块(31)保存所述输入的数据。

10. 根据权利要求 8 所述的烟田灌溉指导装置,其特征在于:所述灌溉指导程序模块(31)设置的典型土壤质地种类包括砂土、砂壤土、壤土和黏土,对应所述土壤容重  $g/cm^3$ —田间最大持水量质量百分比数据取值分别为  $1.4 \sim 1.6$ — $9 \sim 11$ 、 $1.3 \sim 1.5$ — $19 \sim 21$ 、 $1.3 \sim 1.5$ — $24 \sim 26$  和  $1.2 \sim 1.4$ — $29 \sim 31$ 。

11. 根据权利要求 8 所述的烟田灌溉指导装置,其特征在于:所述灌溉指导程序模块(31)设置的烤烟生育期包括团棵期、旺长期和成熟期;所述灌溉指导程序模块(31)设置的所述典型期望田间持水率根据选择的所述烤烟生育期不同而取值范围不同,其对应所述团棵期、旺长期和成熟期的所述典型期望田间持水率取值范围分别为  $60\% \sim 65\%$ 、 $80\% \sim 85\%$  和  $65\% \sim 70\%$ ;所述灌溉指导程序模块(31)设置的所述烤烟根系活动层土壤体积按照正方体计算,根据所述用户选择的烤烟生育期不同而取值范围不同,其对应所述团棵期、旺长期和成熟期的长、宽、高的取值范围分别为  $5 \sim 20cm$ 、 $20 \sim 35cm$  和  $35 \sim 45cm$ 。

12. 根据权利要求 6 所述的烟田灌溉指导装置,其特征在于:所述供电电路模块(23)的电源包括由所述便携式智能终端(3)通过 USB 口提供或者由 5VDC 以上蓄电池(26)提供。

13. 根据权利要求 5 至 11 所述的任一种烟田灌溉指导装置,其特征在于:所述便携式智能终端(3)为具有标准 USB 接口的便携式计算机或者为具有标准 USB 接口的平板电脑或者为具有 MiniUSB 口的平板电脑或者为配置有触摸屏和 MiniUSB 口的智能手机,所述便携

---

式智能终端(3)内安装有 windows、andriod 或者 ios 智能操作系统。

## 确定烤烟灌溉理论灌水量的方法和烟田灌溉指导装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种确定烤烟灌溉理论灌水量的方法和应用该方法进行烟田灌溉指导的装置,尤其是一种可实现对烟田土壤水分进行现场测定并根据测定的土壤水分结合烤烟生育期、土壤质地种类、预报的降雨情况和灌溉方式对灌溉的理论灌水量进行计算确定的方法和烟田灌溉指导的装置。

### 背景技术

[0002] 烤烟植株较高,叶片较大,组织柔嫩,含水量多,田间需水量大。研究表明,植烟土壤水分不足将大大降低烟叶产量和质量,同时,也不是土壤水分越多越好。就灌溉而言,土壤水分过多一方面会限制烤烟根系发育,对烟叶产量、尤其是质量产生不良影响,另一方面,也势必造成水资源的无谓浪费。因此,在烤烟大田生长阶段,当土壤水分不能完全满足烟株生长发育和烟叶产量、品质形成需要时,适时适量灌溉是获得烟叶优质高产的有效措施之一。

[0003] 与此同时,烟田灌水时机和灌水量的确定要考虑许多因素,如烤烟在不同生育期的需水规律、土壤含水量、灌溉方式和气候条件等,其中烤烟在不同生育期的需水规律和土壤的含水量是确定烟田灌水时机和灌水量的主要依据。据研究,烤烟在不同的生育期对土壤含水量的要求是不一样的,如团棵期烤烟对水分的需要量相对较小,阶段耗水量约占全生育期耗水总量的 16%~20%,此期土壤含水量轻度低一些可以促进烟株根系的发育,而对烟叶产量和质量没有明显的不良影响;旺长期烤烟对水分的需要量最大并且反应最敏感,阶段耗水量约占全生育期耗水总量的 44%~46%,此期干旱对烟叶产量的影响最大;成熟期烤烟对水分的需要量又趋减少,阶段耗水量约占全生育期耗水总量的 35%~37%,但此期干旱对烟叶品质乃至易烤性的影响较为显著。

[0004] 因此,烟田灌水时机和灌水量的确定是烟田生产过程中的一个十分重要和突出的问题,更是提高烟叶产量和质量的主要技术措施与途径。

[0005] 目前,在我国烤烟产区常用的灌溉指导方法有“看天、看地、看烟株(苗)”方法。所谓“看天”是看降雨情况,长时间不下雨就需要灌溉;所谓“看地”是看土壤含水量情况,用手抓烟株根际 10cm 左右的土壤,若手握成团,掉下散开,说明土壤水分适宜,若手握不能成团,则需要灌溉;所谓“看烟株(苗)”是根据苗情进行直观判断是否需要灌溉,通常的做法是观察中午 12:00~14:00 叶片情况,如此时烟株叶片出现凋萎,傍晚也不能恢复正常,表明土壤缺水,应及时灌水。

[0006] 上述常用的灌溉指导方法往往是以人为经验为主,口口相传,判断时模糊度过大、影响因子众多,方法本身也太过粗放、不够严谨,在一定程度上对灌溉时机尤其是灌水量的判断人为因素影响较大,更谈不上定量,不应是指导烤烟灌溉的较为理想的方法。另据研究,当烟株叶片出现凋萎时再灌水,以生理需水来说已经稍迟。

[0007] 中国发明专利申请 CN200910102684.5 “制作图谱指导烤烟灌溉的方法”也是基于通过观察苗情变化(形态变化)来指导灌溉,具体为通过实验手段、在特定条件下建立烤烟

形态变化图谱(图片)与土壤水分的关系,试图透过图谱(图片)来反映土壤水分并在一定程度上给出灌水量。应该承认,该申请将常用的灌溉指导方法进行了改进,具有一定的科学性,但是仍然存在着出现了凋萎再灌水已经对烟株生理需水造成了不利影响,同时还存在诸如方法粗放,通过实验手段、在特定条件下建立烤烟形态变化图谱(图片)与土壤水分的关系与大田的一致性存在问题,受烤烟种植地域气候影响大,与图谱(图片)不同的烤烟品种、不同的生育期、不同的土壤质地种类产生一定影响等情况,尚不能准确和客观地反映烤烟需水情况,不能根据烤烟不同的生育期、不同的土壤质地种类、变化的当前土壤水分等因素计算灌水量,更不能结合近期降雨预报等级科学计算灌水量。

## 发明内容

[0008] 本发明要解决的技术问题是发明一种确定烤烟灌溉理论灌水量的方法和一种应用该方法进行理论灌水量计算确定的田间灌溉指导装置,该方法和装置能够采集土壤水分传感器输出的当前烟田土壤水分数据,针对不同“烤烟生育期—土壤质地种类”的期望田间持水率,在烤烟种植大田现场计算出当前持水率,进而计算出灌溉的所需灌水量,结合预报近期降雨情况对所需灌水量进一步修正,得出灌溉的指导灌水量,还可以再根据灌溉方式的选择或田间灌溉水利用系数的输入来计算灌溉的建议灌水量,用于指导灌溉。

[0009] 本发明的确定烤烟灌溉理论灌水量的方法所述的理论灌水量包括所需灌水量、指导灌水量和建议灌水量,其确定方法包括以下步骤:

[0010] ①采集土壤水分传感器输出的以体积百分比为单位的当前烟田土壤水分数据;

[0011] ②确定所述所需灌水量

$$[0012] \quad V_i = V_0 \times m \div p$$

$$[0013] \quad V = V_i \div V_{\max}$$

$$[0014] \quad W_i = (V_h - V) \div (m \div p) \times V_{\max} \times U_i = (V_h - V) \times (p \div m) \times V_{\max} \times U_i$$

[0015] 式中: $V_0$ 代表以体积百分比为单位的土壤水分, $m$ 代表水的密度, $p$ 代表土壤容重, $V_i$ 代表以质量百分比为单位的土壤水分, $V_{\max}$ 代表田间最大持水量, $V$ 代表当前持水率, $V_h$ 代表典型期望田间持水率, $U_i$ 代表烤烟根系活动层土壤体积, $W_i$ 代表所需灌水量;

[0016] ③确定所述指导灌水量

$$[0017] \quad W_g = W_i \times k \quad \text{或者} \quad W_g = W_i - \theta$$

[0018] 式中: $W_g$ 代表指导灌水量, $W_i$ 代表所述所需灌水量, $k$ 代表降雨修正系数并且 $0 \leq k \leq 1$ , $\theta$ 代表不同生育期对应近期降雨预报等级的降雨因素减少修正值并且 $0 \leq \theta \leq W_i$ 。

[0019] 还可以包括以下步骤:

[0020] ④显示和/或通过短信传送和/或打印所述当前持水率和所述理论灌水量。

[0021] 还可以在上述③之后④之前包括确定建议灌水量的步骤:

[0022] 一计算所述建议灌水量

$$[0023] \quad W_s = W_g \div (\eta \times \sigma)$$

[0024] 式中: $W_s$ 代表建议灌水量, $W_g$ 代表所述指导灌水量, $\eta$ 代表田间灌溉水利用系数并且 $0.7 \leq \eta \leq 0.99$ , $\sigma$ 代表灌溉有效湿润面积比并且 $2\% \leq \sigma \leq 100\%$ 。

[0025] 本发明的烟田灌溉指导装置包括依次相连接的土壤水分传感器、数据采集器和便携式智能终端；所述土壤水分传感器用于测量以体积百分比为单位的当前烟田土壤水分，所述数据采集器用于将当前以体积百分比为单位的土壤水分进行数据采集并将数据发送给所述便携式智能终端；所述便携式智能终端用于完成所述当前持水率和所述理论灌水量的确定、显示和/或通过短信传送和/或打印。进一步，还包括位于所述数据采集器内的数据采集通讯程序模块和位于所述便携式智能终端内的灌溉指导程序模块。

[0026] 本发明的烟田灌溉指导装置中的数据采集器包括单片机、与所述单片机通过RS232口相连接并且与所述便携式智能终端通过USB口相连接的USB通讯电路模块、将所述土壤水分传感器输出的电压或电流信号进行适应性调理以满足单片机数据采集要求的信号调理电路模块和向所述土壤水分传感器、单片机、USB通讯电路模块、信号调理电路模块供电的供电电路模块以及完成数据采集、数据发送的数据采集通讯程序模块。

[0027] 本发明的烟田灌溉指导装置的灌溉指导程序模块设置有典型土壤质地种类对应的土壤容重( $\text{g}/\text{cm}^3$ )—田间最大持水量(质量%)数据、烤烟生育期对应的根系活动层土壤体积和典型期望田间持水率数据、近期降雨预报等级对应的降雨修正系数和与生育期对应的降雨因素减少修正值数据以及灌溉方式对应的灌溉水利用系数和灌溉有效湿润面积比数据；灌溉指导程序模块还设置有典型土壤质地种类、烤烟生育期、近期降雨预报等级以及灌溉方式选择菜单，在用户对所述烤烟生育期、土壤质地种类、近期降雨预报等级和灌溉方式作出了选择后，灌溉指导程序模块能够查找出土壤容重( $\text{g}/\text{cm}^3$ )—田间最大持水量(质量%)数据、烤烟生育期对应的根系活动层土壤体积和典型期望田间持水率数据、近期降雨预报等级对应的降雨修正系数和与生育期对应的降雨因素减少修正值数据以及灌溉方式对应的灌溉水利用系数和灌溉有效湿润面积比数据。

[0028] 为更好地适应不同土壤质地种类和不同灌溉方式的需要，灌溉指导程序模块还可以设置有所述土壤容重( $\text{g}/\text{cm}^3$ )—田间最大持水量(质量%)以及所述的灌溉水利用系数和灌溉有效湿润面积比的数据输入窗口，在用户输入了土壤容重( $\text{g}/\text{cm}^3$ )—田间最大持水量(质量%)数据以及灌溉水利用系数和灌溉有效湿润面积比数据后，灌溉指导程序模块保存所述输入的数据。

[0029] 对当前持水率以及包括所需灌水量、指导灌水量和建议灌水量等的理论灌水量的计算可以按天为时间间隔滚动进行。

[0030] 为充分适应实际应用情况，本发明的烟田灌溉指导装置的灌溉指导程序模块设置的典型土壤质地种类包括典型的砂土、砂壤土、壤土和黏土，对应上述典型土壤质地种类“土壤容重( $\text{g}/\text{cm}^3$ )—田间最大持水量(质量%)”数据分别取值为“1.4~1.6—9~11”、“1.3~1.5—19~21”、“1.3~1.5—24~26”和“1.2~1.4—29~31”；设置的典型期望田间持水率根据选择的烤烟生育期不同而取值范围不同，其对应所述团棵期、旺长期和成熟期的所述典型期望田间持水率取值范围分别为60%~65%、80%~85%和65%~70%；设置的烤烟根系活动层土壤体积按照正方体计算，根据所述用户选择的烤烟生育期不同而取值范围不同，其对应所述团棵期、旺长期和成熟期的所述长、宽、高的取值范围分别为5~20cm、20~35cm和35~45cm；设置的田间灌溉水利用系数 $\eta$ 对应滴灌、喷灌、沟灌和漫灌方式分别取值为0.99~0.95、0.95~0.90、0.90~0.80和0.80~0.70；设置的不同灌溉方式的灌溉有效湿润面积比取值2%~100%。

[0031] 本发明的烟田灌溉指导装置的便携式智能终端为具有标准 USB 接口的便携式计算机或者具有标准 USB 接口的平板电脑，还可以为具有 MiniUSB 口的平板电脑或者配置有触摸屏和 MiniUSB 口的智能手机，便携式智能终端内安装有 windows、andriod 或者 ios 智能操作系统。

[0032] 本发明的有益效果在于能够现场直接测定烟田当前土壤水分，在烟田现场计算出当前持水率，确定灌溉的所需灌水量，再结合近期预报降雨情况对所需灌水量进一步修正，得出灌溉的指导灌水量，还可以根据灌溉方式计算出灌溉的建议灌水量，达到灌溉指导的目的。本发明的确定烤烟灌溉理论灌水量的方法和田间灌溉指导装置克服了现有技术的不能定量指导灌溉、未能结合预报近期降雨情况和灌溉方式定量指导灌溉或者不能在烟田现场即时指导灌溉等不足，具有方法科学、结果定量、结构简单、携带方便等特点，顺应了现代烟草农业和节水灌溉的发展需求，不仅适合广大烟农使用，也同样适合烤烟生产领域技术人员进行烟田生产技术指导时使用。

### 附图说明

[0033] 下面结合附图对本发明的确定烤烟灌溉理论灌水量的方法和田间灌溉指导装置作进一步说明。

[0034] 图 1 为本发明的确定烤烟灌溉理论灌水量的方法和田间灌溉指导装置的采用 USB 口直接供电模式的总体构成示意图。

[0035] 图 2 为本发明的确定烤烟灌溉理论灌水量的方法和田间灌溉指导装置的采用蓄电池供电模式的总体构成示意图。

[0036] 图 3 为本发明的确定烤烟灌溉理论灌水量的方法和田间灌溉指导装置的数据采集通讯程序模块的流程图。

[0037] 图 4 和图 5 为本发明的确定烤烟灌溉理论灌水量的方法和田间灌溉指导装置的灌溉指导程序模块流程图。

[0038] 上述图中：

[0039] 1—土壤水分传感器      2—数据采集器      3—便携式智能终端

[0040] 21—单片机      22—USB 通讯转换电路模块      23—供电电路模块

[0041] 24—信号调理电路模块      25—数据采集通讯程序模块

[0042] 26—蓄电池      31 灌溉指导程序模块

### 具体实施方式

[0043] 通常，土壤水分传感器直接测量的含水量的单位是体积百分比，亦即每单位体积土壤中含有的水分体积，而目前据研究所公知的烤烟的典型期望田间持水率为期望的土壤含水量占田间最大持水量的百分比，其中田间最大持水量的单位为质量百分比。

[0044] 设土壤水分传感器直接测量的以体积百分比为单位的土壤水分为  $V_0$ ，水的密度为  $m$ ，土壤容重为  $p$ ，以质量百分比为单位的土壤水分为  $V_i$ ，则：

$$[0045] \quad V_i = V_0 \times m \div p \quad (1)$$

[0046] 设田间最大持水量为  $V_{max}$ ，则当前持水率  $V$ ：

$$[0047] \quad V = V_i \div V_{max} \quad (2)$$

[0048] 设期望的土壤持水率为  $V_h$ ，当前烤烟根系活动层土壤体积为  $U_i$ ，则所需灌水量  $W_i$  由下式计算：

$$\begin{aligned}
 [0049] \quad W_i &= (V_h - V) \div (m \div p) \times V_{max} \times U_i \\
 [0050] \quad &= (V_h - V) \times (p \div m) \times V_{max} \times U_i \quad (3)
 \end{aligned}$$

[0051] 由式(3)计算所需灌水量的过程可描述为按照用户选择的烤烟生育期的典型期望田间持水率与当前持水率的差值再乘以土壤容重与田间最大持水量的积后再乘以对应的烤烟根系活动层土壤体积来计算，若烤烟根系活动层土壤体积  $U_i$  的单位为  $cm^3$ ，则所需灌水量  $W_i$  的单位为 g/株。

[0052] 针对的典型土壤质地种类，包括典型的砂土、砂壤土、壤土和黏土，经对这 4 种典型土壤取样分析，得出对应上述典型土壤质地种类“土壤容重  $p$  ( $g/cm^3$ )—田间最大持水量  $V_{max}$  (质量%)”取值分别为“1.4 ~ 1.6—9 ~ 11”、“1.3 ~ 1.5—19 ~ 21”、“1.3 ~ 1.5—24 ~ 26”和“1.2 ~ 1.4—29 ~ 31”。

[0053] 烤烟生育期包括团棵期、旺长期和成熟期，根据经验并结合现有技术，针对不同生育期的典型期望田间持水率和与其对应的根系活动层土壤体积数据，其对应关系表 1 所示。

[0054] 表 1：不同生育期的典型期望田间持水率和与其对应的根系活动层土壤体积  
[0055]

生育期	期望田间持水率(%)	根系活动层土壤体积范围(长 × 宽 × 深, 单位 $cm^3$ )
团棵期	60 ~ 65	5 ~ 20, 125 ~ 8000
旺长期	80 ~ 85	20 ~ 35, 8000 ~ 42875
成熟期	65 ~ 70	35 ~ 45, 42875 ~ 91125

[0056] 表 1 中，对应团棵期、旺长期和成熟期的烤烟根系活动层土壤体积(长 × 宽 × 深，单位  $cm^3$ )均简化为长、宽和深相等的正方体，单位为  $cm$ ，通常可以简化取体积的中间某一近似值，如作为一种实施方式，对应团棵期、旺长期和成熟期的烤烟根系活动层土壤体积取值为 5000、30000 和 45000。

[0057] 由此，灌溉指导程序模块 31 设置的典型期望田间持水率对应团棵期、旺长期和成熟期的取值，其总体取值范围为 60% ~ 85%；烤烟根系活动层土壤体积对应团棵期、旺长期和成熟期的取值，其长、宽、高的总体取值范围分别为 5 ~ 45cm，对应体积 125 ~ 91125  $cm^3$ 。

[0058] 为了避免在权威部门已经发出未来有降雨的预报而在即将发生降雨之前仍然进行灌溉所带来的明显灌溉不合理性、避免水资源的浪费，本发明的确定烤烟灌溉理论灌水量的方法和田间灌溉指导装置可进一步计算出指导灌水量  $W_g$ ，计算主要根据权威部门发布的近期降雨预报情况，其作用主要是为了尽量避免仅根据当前土壤水分情况进行灌溉而近期(尤其是未来 12 ~ 48 小时内)又极有可能发生降雨造成的无效灌溉及浪费。具体计算方法为：

$$[0059] \quad W_g = W_i \times k \quad (4)$$

$$[0060] \quad \text{其中：} k = \begin{cases} 1 & (\text{当 } R=0) \\ 0.5 \sim 0.8 & (\text{当 } R=S) \\ 0.1 \sim 0.3 & (\text{当 } R=M) \\ 0 & (\text{当 } R=L) \end{cases} \quad (5)$$

[0061] 式(4)中,k为降雨修正系数,式(5)给出了k的取值,其中R代表权威部门预报的近期降雨预报等级,R=0代表预报无降雨,R=S代表预报有小雨,R=M代表预报有中雨,R=L代表当预报有大雨以上时。当R=S、R=M时,之所以k的取值有较大范围,是因为为简便起见,对降雨等级的划分进行了简化,事实上,降雨等级划分要细化得多,且对应降雨量的变化范围也比较大。

[0062] 式(4)及式(5)采用了比例系数修正法,还可以采用降雨因素减少修正法:

[0063] 
$$W_g = W_i - \theta \tag{6}$$

[0064] 式(6)中  $\theta$  代表不同生育期对应不同降雨量的降雨因素减少修正值,参考降雨量等级对应预报近期降雨量预报的数值,如  $\theta$  可以如表 2 取值:

[0065] 表 2:不同生育期对应不同降雨量的降雨因素减少修正值

[0066]	<b>生育期</b>	<b>团棵期</b>				<b>旺长期</b>				<b>成熟期</b>			
	<b>预报降雨等级</b>	<b>无雨</b>	<b>小雨</b>	<b>中雨</b>	<b>大雨</b>	<b>无雨</b>	<b>小雨</b>	<b>中雨</b>	<b>大雨</b>	<b>无雨</b>	<b>小雨</b>	<b>中雨</b>	<b>大雨</b>
	<b><math>\theta</math> (g/株)</b>	<b>0</b>	<b>200</b>	<b>400</b>	<b><math>W_i</math></b>	<b>0</b>	<b>550</b>	<b>1100</b>	<b><math>W_i</math></b>	<b>0</b>	<b>350</b>	<b>700</b>	<b><math>W_i</math></b>

[0067] 下面对表中  $\theta$  的取值计算过程进行以下几点简单说明:

[0068] 降雨等级 R 对应降雨量 r 取值

[0069] 为简明起见,简化降雨等级所对应的降雨量取值,如表 3 所示。

[0070] 表 3:降雨等级对应降雨量的取值

[0071]

降雨等级 R	无雨(O)	小雨(S)	中雨(M)	大雨(L)
有效降雨量 r (mm)	0	10	20	40

[0072] 不同生育期对应近期降雨预报等级的降雨因素减少修正值计算举例

[0073] 将对应降雨量可以看成是烤烟根系活动层土壤体积的深度方向的等效减小来计算不同生育期对应不同降雨量的降雨因素减少修正值,考虑到烟叶叶片对直接降到烟株根际区域的有效降雨进一步产生的影响,其中等效减小因子在团棵期、旺长期和成熟期可以分别取值范围为  $3/4 \sim 2/3$ 、 $2/3 \sim 1/2$  和  $1/3 \sim 1/4$  进行修正。

[0074]  $\theta$  值计算举例如下:

[0075] 团棵期

[0076] ①对应小雨

[0077] 
$$\theta = [(5000)^{-3}]^2 \times r \times 2/3 \approx 17 \times 17 \times 1 \times 2/3 \approx 192 \approx 200 \text{ (g/株)}$$

[0078] 
$$\theta = [(5000)^{-3}]^2 \times r \times 3/4 \approx 17 \times 17 \times 1 \times 3/4 \approx 216 \approx 200 \text{ (g/株)}$$

[0079] ②对应中雨

[0080] 
$$\theta = [(5000)^{-3}]^2 \times r \times 2/3 \approx 17 \times 17 \times 2 \times 2/3 \approx 385 \approx 400 \text{ (g/株)}$$

[0081] 
$$\theta = [(5000)^{-3}]^2 \times r \times 3/4 \approx 17 \times 17 \times 2 \times 3/4 \approx 433 \approx 400 \text{ (g/株)}$$

[0082] 旺长期

[0083] ①对应小雨

[0084] 
$$\theta = [(30000)^{-3}]^2 \times r \times 1/2 \approx 31 \times 31 \times 1 \times 1/2 \approx 480 \approx 500 \text{ (g/株)}$$

[0085] 
$$\theta = [(30000)^{-3}]^2 \times r \times 2/3 \approx 31 \times 31 \times 1 \times 2/3 \approx 640 \approx 600 \text{ (g/株)}$$

[0086] ②对应中雨

- [0087]  $\theta = [ (30000)^{-3} ]^2 \times r \times 1/2 \approx 31 \times 31 \times 2 \times 1/2 \approx 960 \approx 1000$  ( g/ 株)
- [0088]  $\theta = [ (30000)^{-3} ]^2 \times r \times 2/3 \approx 31 \times 31 \times 2 \times 2/3 \approx 1280 \approx 1200$  ( g/ 株)
- [0089] 成熟期
- [0090] ①对应小雨
- [0091]  $\theta = [ (450000)^{-3} ]^2 \times r \times 1/3 \approx 35 \times 35 \times 1 \times 1/3 \approx 408 \approx 400$  ( g/ 株)
- [0092]  $\theta = [ (450000)^{-3} ]^2 \times r \times 1/4 \approx 35 \times 35 \times 1 \times 1/4 \approx 306 \approx 300$  ( g/ 株)
- [0093] ②对应中雨
- [0094]  $\theta = [ (450000)^{-3} ]^2 \times r \times 1/3 \approx 35 \times 35 \times 2 \times 1/3 \approx 817 \approx 800$  ( g/ 株)
- [0095]  $\theta = [ (450000)^{-3} ]^2 \times r \times 1/4 \approx 35 \times 35 \times 2 \times 1/4 \approx 612 \approx 600$  ( g/ 株)
- [0096] 各生育期对应大雨及以上
- [0097]  $\theta = W_i$ 。
- [0098] 归纳如表 4 所示。
- [0099] 表 4 :不同生育期对应近期降雨预报等级的降雨因素减少修正值  $\theta$  取值

生育期	团棵期				旺长期				成熟期			
	无雨	小雨	中雨	大雨	无雨	小雨	中雨	大雨	无雨	小雨	中雨	大雨
预报降雨等级	无雨	小雨	中雨	大雨	无雨	小雨	中雨	大雨	无雨	小雨	中雨	大雨
等效减小因子	3/4				2/3				1/3			
$\theta$ ( g/株)	0	200	400	$W_i$	0	600	1200	$W_i$	0	400	800	$W_i$
等效减小因子	2/3				1/2				1/4			
$\theta$ ( g/株)	0	200	400	$W_i$	0	500	1000	$W_i$	0	300	600	$W_i$

[0100] 对表 4 的不同等效减小因子  $\theta$  值取中间值如表 6 所示(即得出表 2)。

[0101] 表 6 :等效减小因子  $\theta$  值取值

生育期	团棵期				旺长期				成熟期			
	无雨	小雨	中雨	大雨	无雨	小雨	中雨	大雨	无雨	小雨	中雨	大雨
预报降雨等级	无雨	小雨	中雨	大雨	无雨	小雨	中雨	大雨	无雨	小雨	中雨	大雨
$\theta$ ( g/株)	0	200	400	$W_i$	0	550	1100	$W_i$	0	350	700	$W_i$

[0102] 例如在旺长期,取水的密度  $m=1.0$  (g/  $cm^3$ ),  $p=1.4$  (g/  $cm^3$ ),  $V_0=18\%$ ,  $V_{max}=20\%$ , 则 :

[0103]  $V=0.18 \div (1.4 \times 0.2)=64.3\%$

[0104] 假设  $V_h=80\%$ ,  $U_i=30000cm^3$ , 则 :

[0105]  $W_i=(0.8 \times 1.4 \times 0.2 - 0.18) \times 30000=1320$  ( g/ 株)

[0106] 又假设  $R=M$ ,采用比例修正法,设  $k=0.2$ ,则有 :

[0107]  $W_g=1320 \times 0.2=264$  ( g/ 株)  $\approx 0.3$  (升 / 株)

[0108] 采用降雨因素减少修正法,  $\theta=1100$ ,  $W_g=1320-1100=220$  ( g/ 株)  $\approx 0.2$  (升 / 株)。

[0109] 又例如在成熟期,取水的密度  $m=1.0$  (g/  $cm^3$ ),  $p=1.4$  (g/  $cm^3$ ),  $V_0=18\%$ ,  $V_{max}=20\%$ , 则 :

[0110]  $V=0.18 \div (1.4 \times 0.2)=64.3\%$

[0113] 假设  $V_h=70\%$ ,  $U_i=450000\text{cm}^3$ , 则:  
 [0114]  $W_i=(0.7 \times 1.4 \times 0.2 - 0.18) \times 450000=720$  (g/株)  
 [0115] 又假设  $R=M$ , 采用比例修正法, 设  $k=0.2$ , 则有:  
 [0116]  $W_g=720 \times 0.2=144$  (g/株)  $\approx 0.1$  (升/株)  
 [0117] 采用降雨因素减少修正法,  $\theta=700$ ,  $W_g=720-700=20$  (g/株)  $\approx 0$  (升/株)。  
 [0118] 又例如团棵期, 取水的密度  $m=1.0(\text{g}/\text{cm}^3)$ ,  $p=1.4(\text{g}/\text{cm}^3)$ ,  $V_0=12\%$ ,  $V_{\max}=20\%$ , 则:  
 $V=0.12 \div (1.4 \times 0.2)=42.9\%$

[0119] 假设  $V_h=60\%$ ,  $U_i=5000\text{cm}^3$ , 则:  
 [0120]  $W_i=(0.6 \times 1.4 \times 0.2 - 0.12) \times 5000=240$  (g/株)  
 [0121] 又假设  $R=S$ , 采用比例修正法, 设  $k=0.5$ , 则有:  
 [0122]  $W_g=240 \times 0.5=120$  (g/株)  $\approx 0.1$  (升/株)  
 [0123] 采用降雨因素减少修正法,  $\theta=200$ ,  $W_g=240-200=40\text{g}/\text{cm}^3 \approx 0$  (升/株)。  
 [0124] 计算结果表明, 在当前持水率为 64.3%、该烤烟生育期为旺长期(期望持水率为 80%、根系活动层土壤体积为  $30000\text{cm}^3$ )、近期降雨预报等级为中雨的情况下, 每株烟所需灌水量大约为 1.3 升, 而指导灌水量大约为 0.3 升。在当前持水率为 64.3%、该烤烟生育期为成熟期(期望持水率为 70%、根系活动层土壤体积为  $45000\text{cm}^3$ )、近期降雨预报等级为中雨的情况下, 每株烟所需灌水量大约为 0.7 升, 而指导灌水量大约为  $<0.2$  升。在当前持水率为 43.9%、该烤烟生育期为团棵期(期望持水率为 60%、根系活动层土壤体积为  $5000\text{cm}^3$ )、近期降雨预报等级为小雨的情况下, 每柱烟所需灌水量大约为 0.2 升, 而指导灌水量大约为  $<0.1$  升。

[0125] 本发明的确定烤烟灌溉理论灌水量的方法和田间灌溉指导装置所述的近期降雨预报等级、近期降雨预报、近期降雨情况或者近期降雨量等是指未来 3 天内的降雨预报, 尤其是指未来 12 ~ 48 小时的降雨预报。

[0126] 再进一步, 可根据灌溉方式不同, 结合其田间灌溉水利用系数  $\eta$  和灌溉有效湿润面积比  $\sigma$ , 可以进一步计算出该烟田的建议灌水量  $W_s$ , 如下式所示:

[0127]  $W_s=W_g \div (\eta \times \sigma)$  ( $0 < \eta < 1, 0\% < \sigma \leq 100\%$ )

[0128] 例如, 滴灌、喷灌、沟灌和漫灌的系数  $\eta$  分别为表 7 所示。

[0129] 表 7: 不同灌溉方式的田间灌溉水利用系数  $\eta$  取值范围

[0130]

灌溉方式	滴灌	喷灌	沟灌	漫灌
系数 $\eta$	0.99 ~ 0.95	0.95 ~ 0.90	0.90 ~ 0.80	0.80 ~ 0.70

[0131] 系数  $\sigma$  根据不同生育阶段取值如表 8 所示。

[0132] 表 8: 不同灌溉方式和生育期的灌溉有效湿润面积比  $\sigma$  取值范围

[0133]

生育期 灌溉方式	团棵期				旺长期				成熟期			
	滴灌	喷灌	沟灌	漫灌	滴灌	喷灌	沟灌	漫灌	滴灌	喷灌	沟灌	漫灌
$\sigma$ (%)	100	2~32	2~32	2~32	100	32~70	32~70	32~70	100	70~90	70~90	70~90

[0134] 表 8 中系数  $\sigma$  根据不同生育期取值范围的计算过程为(设烟株间距为 50cm, 行距(墒距)为 100cm):

[0135] 1) 各生育期滴灌方式的  $\sigma$  值

[0136] 由于滴灌直接灌水于烟株的根际, 又假设滴灌系统的滴速为不高于形成径流的滴速, 故  $\sigma=100\%$ 。

[0137] 2) 团棵期的喷灌、沟灌和漫灌方式的  $\sigma$  值

[0138] 根据表 1 中不同生育期的典型期望田间持水率和与其对应的根系活动层土壤体积数据, 团棵期的根系平面面积范围为  $5 \times 5 \sim 20 \times 20$  ( $25 \sim 400 \text{ cm}^2$ ), 而喷灌、沟灌和漫灌方式的覆盖面积为  $25 \times 50$  ( $1250 \text{ cm}^2$ ), 故  $\sigma=2 \sim 32\%$ 。

[0139] 3) 旺长期的喷灌、沟灌和漫灌方式的  $\sigma$  值

[0140] 根据表 1 中不同生育期的典型期望田间持水率和与其对应的根系活动层土壤体积数据, 团棵期的根系平面面积范围为  $20 \times 20 \sim 35 \times 35$  ( $400 \sim 1225 \text{ cm}^2$ ), 考虑到烟株间距为 25cm, 由此平面面积范围为  $20 \times 20 \sim 25 \times 35$  ( $400 \sim 875 \text{ cm}^2$ ) 而喷灌、沟灌和漫灌方式的覆盖面积为  $25 \times 50$  ( $1250 \text{ cm}^2$ ), 故  $\sigma=32 \sim 70\%$ 。

[0141] 4) 成熟期的喷灌、沟灌和漫灌方式的  $\sigma$  值

[0142] 根据表 1 中不同生育期的典型期望田间持水率和与其对应的根系活动层土壤体积数据, 团棵期的根系平面面积范围为  $35 \times 35 \sim 45 \times 45$  ( $1225 \sim 2025 \text{ cm}^2$ ), 考虑到烟株间距为 25cm, 由此平面面积范围为  $25 \times 35 \sim 25 \times 45$  ( $875 \sim 1125 \text{ cm}^2$ ) 而喷灌、沟灌和漫灌方式的覆盖面积为  $25 \times 50$  ( $1250 \text{ cm}^2$ ), 故  $\sigma=70 \sim 90\%$ 。

[0143] 如针对上述旺长期的情况, 计算得出的指导灌水量为 0.3 升/株, 按照每亩烟田 1100 株烤烟计算, 若采用喷灌方式, 最终每亩烟田建议灌水量为:  $W_s=W_g \div (\eta \times \sigma) = 1100 \times 0.3 \div (0.9 \times 0.7) = 523 \approx 550$  升; 若采用滴灌方式, 最终每亩烟田建议灌水量为:  $W_s=W_g \div (\eta \times \sigma) = 1100 \times 0.3 \div (0.95 \times 1) = 347 \approx 350$  升。

[0144] 本发明的烟田灌溉指导装置具体实施时, 其土壤水分传感器 1、数据采集器 2 和便携式智能终端 3 包括了不同的实施方式。如土壤水分传感器 1 可以采用市场上常见的方便插入的土壤水分传感器, 包括 TDR 或者 FDR 式的、采用 5 ~ 12V 直流供电、输出信号可以为 4 ~ 20mA 电流环输出或者 0 ~ 5VDC 输出。当便携式智能终端 3 为具有标准 USB 接口或者具有 OTG 功能的 MiniUSB 口的便携式计算机或者平板电脑或者配置有触摸屏智能手机时, 可采用图 1 所示的 USB 口供电, 也可采用图 2 所示的蓄电池 26 供电。当便携式智能终端 3 为不具有 OTG 功能的 MiniUSB 口的平板电脑或者配置有触摸屏和口的智能手机时, 可采用图 2 所示的蓄电池 26 供电。智能终端内安装的操作系统可以为 windows、andriod 或者 ios 等智能操作系统。

[0145] 图 1 中, 数据采集器 2 由便携式智能终端 3 通过 USB 口供电, 供电电压为 5VDC。图 2 中, 数据采集器 2 由蓄电池 26 供电, 供电电压为 5VDC 以上。

[0146] 具体的, 数据采集器 2 包括单片机 21、与所述单片机 21 通过 RS232 口相连接并且与所述便携式智能终端 3 通过 USB 口相连接的 USB 通讯电路模块 22、将所述土壤水分传感器 1 输出的电压或电流信号进行适应性调理以满足单片机数据采集要求的信号调理电路模块 24 和向所述土壤水分传感器 1、单片机 21、USB 通讯电路模块 22、信号调理电路模块 24 供电的供电电路模块 23 以及完成数据采集、数据发送的数据采集通讯程序模块 25。

[0147] 图 1 和图 2 中,数据采集器 2 中的单片机 21、将单片机 21 的 RS232 口转换成 USB 通讯口的 USB 通讯转换电路模块 22、将土壤水分传感器 1 输出 4 ~ 20mA 信号转换成 1 ~ 5VDC 的信号调理电路模块 24 (调理后的电压信号适合单片机 21 进行 A/D 转换、数据采集,并且能够获得更好的数据采集精度)、将采用 USB 口作为电源的将 5VDC 电压升至 9VDC 向土壤水份传感器 1、稳压至 3.3VDC 后向单片机 21、稳压至 5VDC 向 USB 通讯转换电路模块 22 和信号调理电路模块 24 供电的供电电路模块 23 亦或是由 5VDC 以上电压的蓄电池 26 供电的将电压升至 9VDC 向土壤水份传感器 1、稳压至 3.3VDC 后向单片机 21、稳压至 5VDC 向 USB 通讯转换电路模块 22 和信号调理电路模块 24 供电的供电电路模块 23 等均为现有技术,在此不再赘述。

[0148] 当然,还可以将上述数据采集器 2 的全部或者部分模块置于土壤水份传感器 1 内。譬如,当将数据采集器 2 的全部模块置于土壤水份传感器 1 内时,此时土壤水份传感器 1 通过 USB 口与便携式智能终端 3 连接;而当采用蓄电池 26 供电时,可以仅将蓄电池 26 置于外部。

[0149] 图 3 示出了数据采集通讯程序模块 25 的流程图,其要点在于实现对土壤水分传感器 1 测量的当前以体积百分比为单位的土壤水分信号进行数据采集,还可以进行平均处理,然后发送给所述便携式智能终端 3,具体为当便携式智能终端 3 向数据采集器 2 发出了采集当前土壤水分的命令后,数据采集器 2 响应该命令,由单片机 21 实现对土壤水分传感器 1 输出的经信号调理电路模块 24 处理的当前以体积百分比为单位的土壤水分信号模拟量进行 A/D 转换,一次以固定时间间隔采集一组以上土壤水分数据,当采集数据为二组以上时进行平均处理,然后再通过 USB 口发送给便携式智能终端 3。这里进行平均处理的算法可以是现有技术中的剔除野值、多点平均或者滤波平滑算法等常用的数值处理方法。

[0150] 灌溉指导程序模块 31 的具体实施方式如图 4 和图 5 所示。

[0151] 如图 4 所示,灌溉指导程序模块 31 设置有典型土壤质地种类,包括典型的砂土、砂壤土、壤土和黏土,作为实施例,对应上述典型土壤质地种类“土壤容重( $\text{g}/\text{cm}^3$ )—田间最大持水量(质量%)”取值分别为“1.4 ~ 1.6—9 ~ 11”、“1.3 ~ 1.5—19 ~ 21”、“1.3 ~ 1.5—24 ~ 26”和“1.2 ~ 1.4—29 ~ 31”,将该土壤特性数组内置于灌溉指导程序模块 31 供计算使用。

[0152] 灌溉指导程序模块 31 还设置有表 1 所述的在不同生育期的典型期望田间持水率和与其对应的根系活动层土壤体积数据

[0153] 根据图 4 的流程,灌溉指导程序模块完成对当前持水率以及包括所需灌水量、指导灌水量和建议灌水量等理论灌水量进行计算后,对计算结果采用显示屏显示输出和/或利用现有技术通过短信、微信等方式进行传送,当然还可以通过通用的微型串口打印机将结果打印输出。

[0154] 图 5 与图 4 基本相同,不同之处仅在于采用用户输入“土壤容重—田间最大持水量”、“典型期望田间持水率”数据以及用户输入“田间灌溉水利用系数”和“灌溉有效湿润面积比”等数据替代图 4 中的采用用户选择“土壤质地种类”和“灌溉方式”生成“土壤容重—田间最大持水量”、“典型期望田间持水率”以及“田间灌溉水利用系数”和“灌溉有效湿润面积比”数据。

[0155] 毫无疑问,本发明的确定烤烟灌溉理论灌水量的方法和田间灌溉指导装置还有其

他实施方式,如根据现有技术进一步细分土壤质地种类对应的土壤容重和田间最大持水量—烤烟生育期—对应生育期的期望持水率—根系活动层土壤体积的取值、针对近期降雨预报等级进行指导灌水量修正计算和对建议灌水量计算过程中的田间灌溉水利用系数和灌溉有效湿润面积比进一步选择以及将土壤水分传感器、数据采集器和便携式智能终端等进行等同替换或进行位置变换等,这些与本发明具体实施方式列举的具有技术方案和技术效果实质相同或近似的等同替代或明显变形都应落入本发明的保护范围之内。

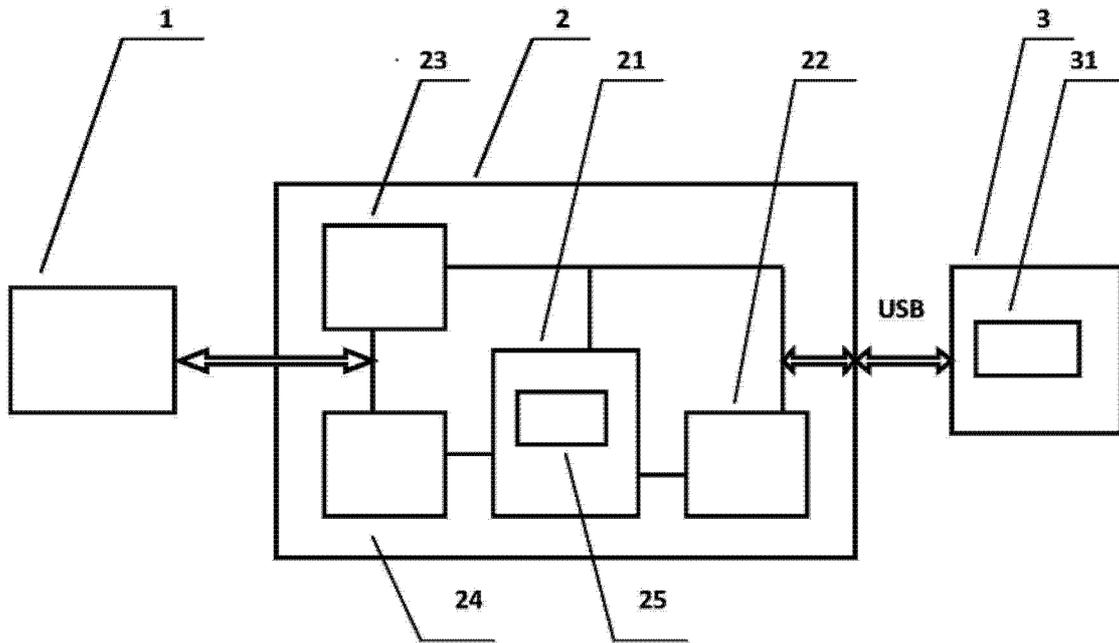


图 1

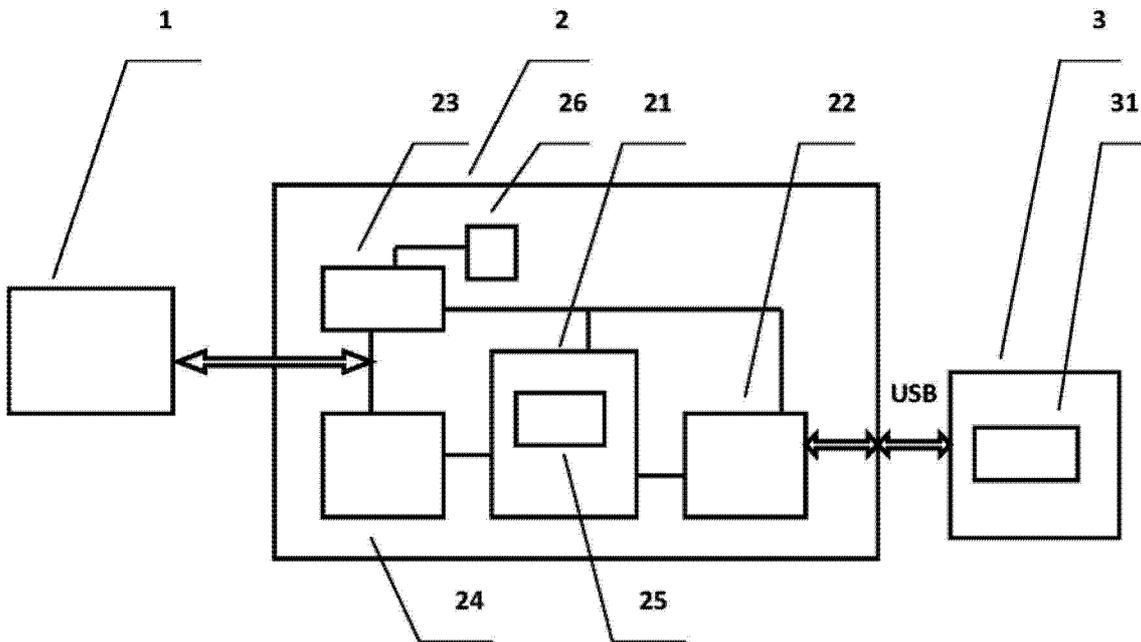


图 2

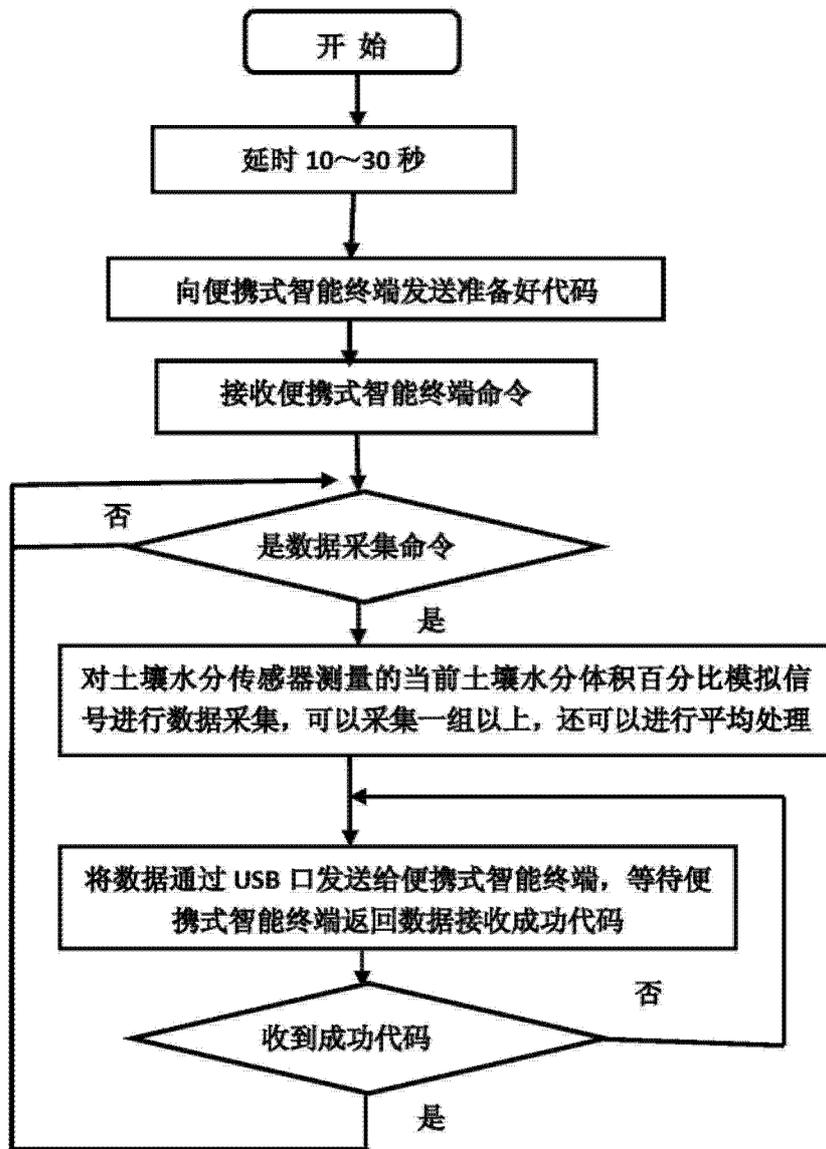


图 3

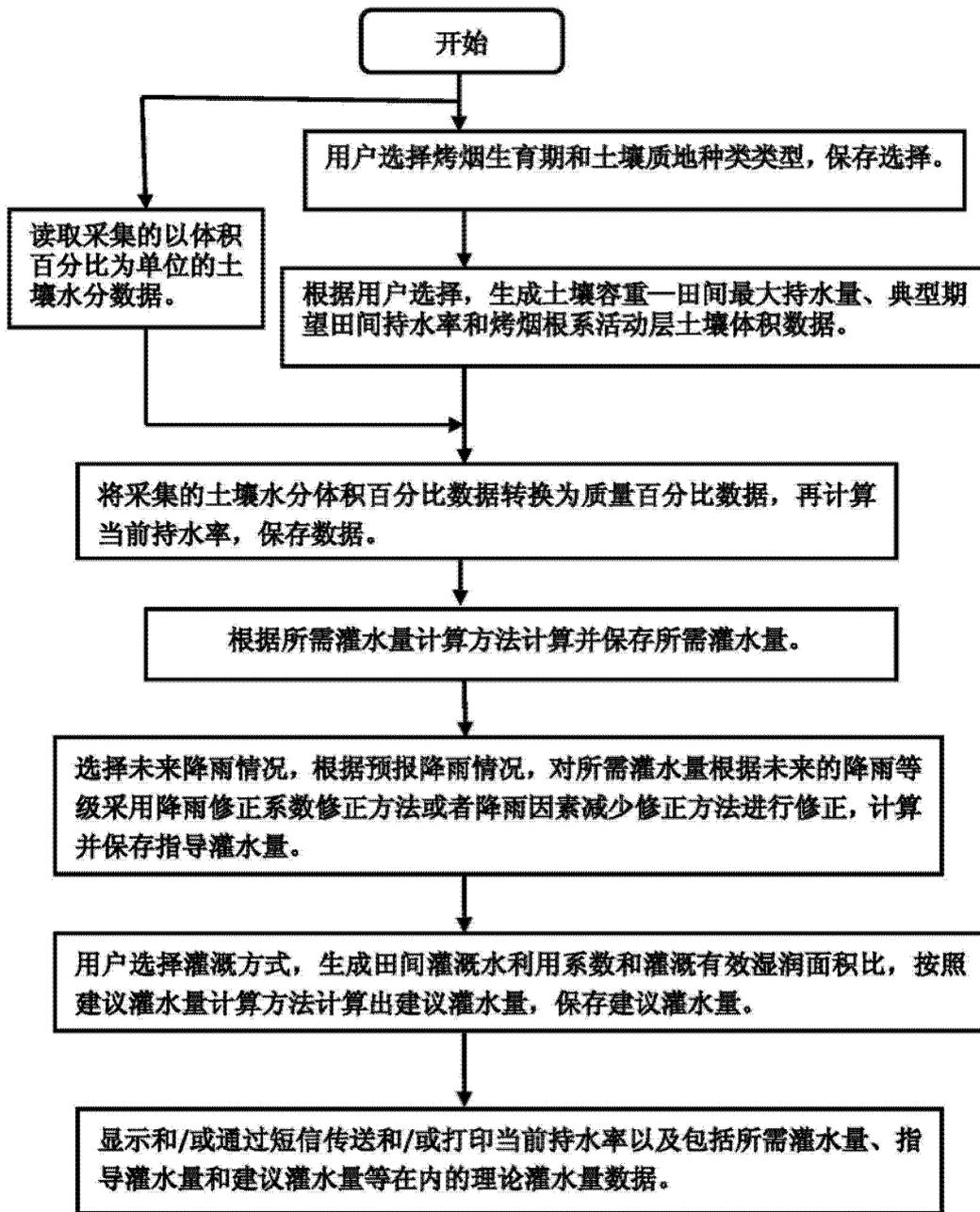


图 4

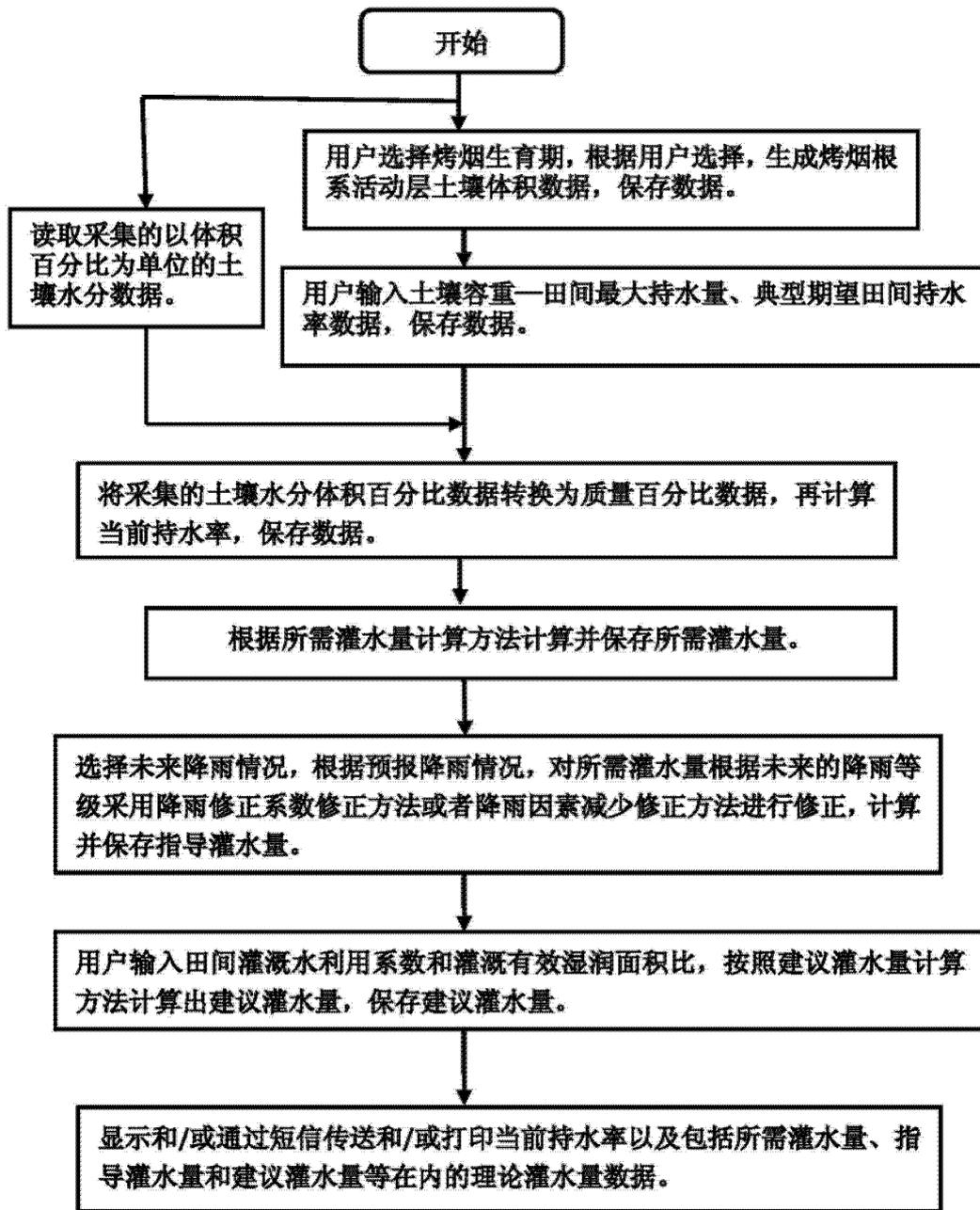


图 5