



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 105230450 B

(45) 授权公告日 2020.11.17

(21) 申请号 201510587877.X

CN 103461077 A, 2013.12.25

(22) 申请日 2015.09.15

CN 103329780 A, 2013.10.02

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 101627716 A, 2010.01.20

申请公布号 CN 105230450 A

CN 104472321 A, 2015.04.01

(43) 申请公布日 2016.01.13

CN 1413444 A, 2003.04.30

(73) 专利权人 中国农业大学

CN 101574053 A, 2009.11.11

地址 100193 北京市海淀区圆明园西路2号

CN 104521699 A, 2015.04.22

(72) 发明人 李云开 刘畅 赵旭

CN 104663368 A, 2015.06.03

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司

CN 101999306 A, 2011.04.06

11002

CN 102037887 A, 2011.05.04

代理人 李相雨

CN 104542197 A, 2015.04.29

(51) Int. Cl.

CN 101720654 A, 2010.06.09

A01G 25/16 (2006.01)

CN 102726273 A, 2012.10.17

CN 103493715 A, 2014.01.08

审查员 朱静

(56) 对比文件

CN 103477948 A, 2014.01.01

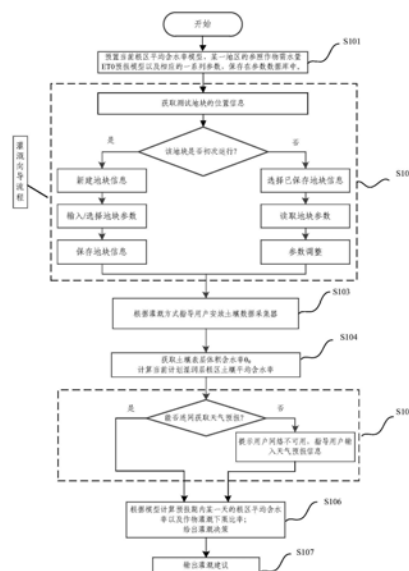
权利要求书3页 说明书15页 附图4页

(54) 发明名称

一种智能式灌溉快速诊断装置与方法

(57) 摘要

本发明提供了一种智能式灌溉快速诊断装置与方法。该灌溉快速诊断方法包括：获取土壤水分数据、获取所述地块的当日及预报期内的天气数据、所述作物的信息、土壤种类；根据所述作物的信息、土壤水分数据、土壤种类以及天气数据，计算所述作物的灌水下限比率以及所述预报期内每一预报日的根区平均含水率，分析比较所述根区平均含水率及灌水下限比率，生成灌溉建议；展示所述灌溉建议。相比于现有的灌溉快速诊断装置，本发明提供的诊断方法针对不同地区的不同作物情况，综合考虑天气因素与实际耗水特点，提供较为科学合理的灌溉建议，从一定程度上克服了人为凭经验灌溉的弊端。



1. 一种智能式灌溉快速诊断方法,其特征在于,包括:

获取土壤水分数据;

获取地块的天气数据、种植作物信息、土壤种类;其中,所述天气数据包括预报期内的天气数据;

综合所述天气数据、种植作物信息、土壤种类以及土壤水分数据,生成并输出所述作物的灌溉建议,具体为:

根据所述天气数据、土壤种类、土壤水分数据和种植作物信息,计算所述作物当前所处生育期的灌水下限比率以及所述作物在预报期内每一预报日的根区平均含水率,再分析比较二者大小,给出灌溉建议;

具体包括:

当第一预报日的所述根区平均含水率小于所述灌水下限比率时,查看所述第一预报日的天气数据:

若所述第一预报日的天气数据显示不下雨,则生成在所述第一预报日灌溉的建议;

若所述第一预报日的天气数据显示下雨,则生成根据所述第一预报日的实际降雨情况,在所述第一预报日当天再次诊断的建议;

当第二预报日的所述根区平均含水率大于所述灌水下限比率时,则生成暂不需要灌溉的建议,并计算距离下次诊断的天数;

所述预报期内每一预报日的根区平均含水率计算满足下式:

$$\theta_i = \frac{\bar{\theta} \cdot z - \sum ET_{ci}}{z} \times 100\%$$

其中, θ_i 为第*i*日的所述根区平均含水率;*i*为所述预报日的天数;*z*为所述作物本生育期内计划湿润层深度; $\bar{\theta}$ 为进行灌溉诊断当天的所述根区平均含水率; ET_{ci} 为所述预报期内第*i*日所述作物的耗水量;其中,灌溉诊断当天的所述根区平均含水率的估算模型为基于支持向量机模型构建,并由各地区墒情站对多个土壤深度体积含水率监测数据与相应计算湿润层土壤平均体积含水率作为训练样本进行训练后得到;

所述作物的灌水下限比率计算满足下式:

$$\theta_f = F_c \times \theta_{ft}$$

θ_f 为当前灌水下限; F_c 为田间持水量; θ_{ft} 为各生育期土壤水分下限;

其中, θ_{ft} 包括 $\theta_{f\text{ini}}$ 、 $\theta_{f\text{dev}}$ 、 $\theta_{f\text{mid}}$ 和 $\theta_{f\text{end}}$; $\theta_{f\text{ini}}$ 为所述作物在不同灌溉下的初始生长期的灌水下限, $\theta_{f\text{dev}}$ 为所述作物在不同灌溉下的快速发育期的灌水下限, $\theta_{f\text{mid}}$ 为所述作物在不同灌溉下的生育中期的灌水下限, $\theta_{f\text{end}}$ 为所述作物在不同灌溉下的成熟期的灌水下限;

作物日耗水量 ET_c 的计算满足下式:

$$ET_c = K_c \cdot K_s \cdot ET_{\text{预报}}$$

其中, ET_c 为作物日耗水量,单位为mm; $ET_{\text{预报}}$ 为通过预报模型计算参照作物日需水量,单位mm; K_s 为水分胁迫系数; K_c 为作物系数,无量纲;其中, K_c 采用联合国粮食与农业组织FAO推荐的分段单值平均法进行计算;本方法中,所取灌水下限为水分胁迫发生时土壤含水率, K_s 为1.0;

其中,以北京为例, $ET_{\text{预报}}$ 模型的计算满足下式:

$$ET_{0\text{预报}} = 0.0454 \times T_{\text{max}} + 0.1819 \times R_s - 0.5759$$

其中, $ET_{0\text{预报}}$ 为使用 ET_0 预报模型预报所得参照作物日需水量,单位,mm; T_{max} 为日最高气温,单位为 $^{\circ}\text{C}$; R_s 为实际太阳辐射,单位, $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$;

为获取实际太阳辐射的数值,需要对天气预报中对天气现象的描述进行解析,具体的天气现象解析满足下式:

$$R_s = \alpha R_{s0}$$

$$R_{\alpha} = \frac{24 \times 60}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)]$$

$$R_{s0} = (a_s + b_s) R_{\alpha}$$

$$d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right)$$

$$\delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39\right)$$

$$\omega_s = \frac{\pi}{2} - \arctan \left[\frac{-\tan(\varphi) \tan(\delta)}{\sqrt{1 - [\tan(\varphi)]^2 [\tan(\delta)]^2}} \right]$$

$$n = \frac{24}{\pi} \omega_s$$

其中, R_s 为折算所求得实际太阳辐射,单位为 $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$; R_{s0} 为晴空辐射,单位为 $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, R_{s0} 仅与纬度与日期在一年中序数有关; α 为天气现象太阳辐射折算系数; R_{α} 为碧空太阳总辐射,单位为 $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$; G_{sc} 为太阳常数,为 0.0820min^{-1} ; d_r 为日地相对距离倒数; ω_s 为太阳时角,单位为:弧度,rad; φ 为地理纬度,单位为:弧度,rad; δ 为太阳磁偏角,单位为:弧度,rad; a_s 为回归常数,表示在阴暗日,即 $n=0$ 时达到地球表面的辐射部分; $a_s + b_s$ 表示在晴朗无云天到达地球表面的辐射部分;

其中,天气状况中的晴对应的折算系数 α 取值为0.9;天气状况中的晴转多云对应的折算系数 α 取值为0.7;天气状况中的阴转晴、多云、阵雨转晴对应的折算系数 α 取值为0.6;天气状况中的多云转阴对应的折算系数 α 取值为0.5;天气状况中的阵雨、阴对应的折算系数 α 取值为0.4;天气状况中的阴间阵雨对应的折算系数 α 取值为0.3;天气状况中的连阴雨对应的折算系数 α 取值为0.1。

2. 一种应用如权利要求1所述方法的智能式灌溉快速诊断装置,其特征在于,包括:土壤数据采集器和主机;

所述土壤数据采集器与所述主机相连;

所述主机获取地块所在地区的天气数据、收集地块的土壤信息和种植作物信息;综合所述天气数据、土壤信息以及种植作物信息生成所述作物的灌溉建议并输出;

所述土壤信息包括土壤水分含量和土壤种类;

所述土壤水分含量是所述土壤数据采集器采集的。

3. 如权利要求2所述的灌溉快速诊断装置,其特征在于,所述主机还包括定位单元,所述定位单元获取所述地块的位置信息。

4. 如权利要求2所述的灌溉快速诊断装置,其特征在于,所述主机还包括通信单元,

所述通信单元用于从网络获取地块所在地区的天气数据信息。

5. 如权利要求4所述的灌溉快速诊断装置,其特征在於,所述种植作物信息、土壤种类是预先存储在所述主机中的;或,

根据现场情况录入的。

6. 如权利要求5所述的灌溉快速诊断装置,其特征在於还包括存储单元,所述存储单元用于存储灌溉诊断之日前的灌溉时间以及灌溉建议的记录和所述灌溉诊断之日前已经诊断过的地块信息及种植在该地块上的作物信息。

7. 如权利要求6所述的灌溉快速诊断装置,其特征在於,所述存储单元,根据所述地块信息判断:

若所述地块的记录已经存储过,则读取所述地块的记录;

若所述地块的记录没有存储过,则新建所述地块记录,并保存本次灌溉诊断时输入的所述地块信息以及作物信息。

一种智能式灌溉快速诊断装置与方法

技术领域

[0001] 本发明涉及农业设备技术领域,具体涉及一种灌溉快速诊断装置和方法。

背景技术

[0002] 我国水资源形式严峻,水问题严重制约着我国农业生产与农村发展。在农业用水中,农田灌溉用水占到其九成以上,因此,发展节水灌溉是促进我国水资源可持续利用,保障农业可持续发展的重要举措。然而,在农业生产实践中,农民受传统意识影响,凭经验灌溉、凭主观人为因素进行灌溉管理的问题比较突出,灌溉管理方式既达不到节水灌溉技术的要求,又不能有效保证作物需求,降低了灌溉用水的产出效益。因此,科学的灌溉诊断技术对于我国的农业生产非常重要。

[0003] 目前,现有技术中有几种基于土壤水分状况进行灌溉诊断的技术方案如下说明:

[0004] 第一种方案为:基于土壤墒情信息的无线智能灌溉系统及方法,该系统可将墒情采集站与气象站采集的相关数据发到控制单元进行灌溉分析与决策,控制单元根据决策结果控制灌溉单元进行自动化的灌溉;

[0005] 第二种方案为:田间智能灌溉在线控制管理方法,该方法中所述系统基于互联网平台进行智能灌溉控制与管理,使用较为先进的土壤水环境检测设备对土壤墒情进行监测。

[0006] 然后现有的方案给出的灌溉建议并没有综合考虑未来天气状况、地理位置、不同作物等等各种因素,导致给出的建议可靠性降低。且现有的技术普遍需要在田间布设大量数据采集设备,如土壤墒情传感器、田间小型气象站等。导致系统结构复杂,总体造价较昂贵,对田间土壤的扰动较大。

发明内容

[0007] 本发明要解决的技术问题是:解决现有的灌溉快速诊断装置为考虑未来天气状况、地理位置、不同作物等等各种因素,导致给出的建议可靠性降低。

[0008] 为实现上述的发明目的,本发明提供了一种灌溉快速诊断装置与方法。

[0009] 依据本发明的第一方面,提供了一种的灌溉快速诊断装方法,包括:

[0010] 获取土壤水分数据;

[0011] 获取地块的天气数据、种植作物信息、土壤种类;

[0012] 综合天气数据、种植作物信息、土壤种类以及土壤水分数据,生成并输出作物的灌溉建议。

[0013] 优选地,天气数据包括当日天气数据和预报期内的天气数据。

[0014] 优选地,综合天气数据、土壤种类、土壤水分数据和种植作物信息,生成并输出作物的灌溉建议包括:

[0015] 根据天气数据、土壤种类、土壤水分数据和种植作物信息,计算作物当前所处生育期的灌水下限比率以及作物在预报期内每一预报日的根区平均含水率;

[0016] 当第一预报日的根区平均含水率小于灌水下限比率时,查看第一预报日的天气数据:

[0017] 若第一预报日的天气数据显示不下雨,则生成在第一预报日灌溉的建议;

[0018] 若第一预报日的天气数据显示下雨,则生成根据第一预报日的实际降雨情况,在第一预报日当天再次诊断的建议;

[0019] 当第二预报日的根区平均含水率大于灌水下限比率时,则生成暂不需要灌溉的建议,并计算距离下次诊断的天数。

[0020] 优选地,

[0021] 预报期内每一预报日的根区平均含水率计算满足下式:

$$[0022] \quad \theta_i = \frac{\bar{\theta} \cdot z - \sum ET_{ci}}{z} \times 100\%$$

[0023] 其中, θ_i 为第*i*日的根区平均含水率;*i*为预报日的天数;*z*为作物本生育期内计划湿润层深度; $\bar{\theta}$ 进行灌溉诊断当天的根区平均含水率; ET_{ci} 为预报期内作物的耗水量总和;

[0024] 作物的灌水下限比率计算满足下式:

$$[0025] \quad \theta_{\text{下}} = F_c \times \theta_{\text{下}t}$$

[0026] $\theta_{\text{下}}$ 为当前灌水下限; F_c 为田间持水量; $\theta_{\text{下}t}$ 为各生育期土壤水分下限。

[0027] 依据本发明的第二方面,提供了一种灌溉快速诊断装置,包括:土壤数据采集器和主机;

[0028] 土壤数据采集器与主机相连;

[0029] 主机获取地块所在地区的天气数据、收集地块的土壤信息和种植作物信息;综合天气数据、土壤信息以及种植作物信息生成所述作物的灌溉建议并输出;

[0030] 土壤信息包括土壤水分含量和土壤种类;

[0031] 土壤水分含量是土壤数据采集器采集的。

[0032] 优选地,主机还包括定位单元,

[0033] 定位单元获取地块的位置信息。

[0034] 优选地,主机还包括通信单元,

[0035] 通信单元用于从网络获取地块所在地区的天气数据信息。。

[0036] 优选地,种植作物信息、土壤种类是预先存储在所述主机中的;或,

[0037] 根据现场情况录入的。

[0038] 优选地,还包括存储单元,存储单元用于存储灌溉诊断之日前的灌溉时间以及灌溉建议的记录和灌溉诊断之日前已经诊断过的地块信息及种植在该地块上的作物信息。

[0039] 优选地,存储单元,根据地块信息判断:

[0040] 若地块的记录已经存储过,则读取地块的记录;

[0041] 若地块的记录没有存储过,则新建地块记录,并保存本次灌溉诊断时输入的地块信息以及作物信息。

[0042] 本发明提供了一种灌溉快速诊断装置与方法。该灌溉快速诊断装方法获取土壤水分数据、获取地块的当日及预报期内的天气数据、作物的信息、土壤种类;并根据上述信息计算作物的灌水下限比率以及预报期内每一预报日的根区平均含水率,分析比较根区平均含水率及灌水下限比率,生成灌溉建议。相比于现有的灌溉诊断方法,本发明可针对不同地

区、不同作物、不同土壤质地以及不同灌溉方式的地块生成智能灌溉建议。同时,在进行灌溉决策时,综合考虑了作物实际耗水特点与预报期内天气状况,可为用户提供较为科学合理的灌溉建议,从一定程度上克服了人为凭经验灌溉的弊端。此外,本发明减少了土壤数据采集器的数量,避免了布设多个采集器对土壤的扰动,降低装置成本,提高经济性。

附图说明

[0043] 通过阅读下文优选实施方式的详细描述,各种其他的优点和益处对于本领域普通技术人员将变得清楚明了。附图仅用于示出优选实施方式的目的,而并不认为是对本发明的限制。而且在整个附图中,用相同的参考符号表示相同的部件。在附图中:

[0044] 图1是本发明第一实施例提供的灌溉快速诊断方法流程图;

[0045] 图2是图1所示灌溉决策步骤的流程图;

[0046] 图3是本发明第二实施例提供的灌溉快速诊断装置示意图;

[0047] 图4是本发明第二实施例提供的灌溉快速诊断装置内部单元示意图。

具体实施方式

[0048] 下面结合附图和实施例,对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。以下实施例用于说明本发明,但不用来限制本发明的范围。

[0049] 实施例1

[0050] 本实施例提供了一种灌溉快速诊断装方法,包括:

[0051] S101、预置当前根区平均含水率模型、某一地区的参照作物需水量 ET_0 预报模型以及相应的一系列参数,并将上述模型以及参数保存在参数数据库中。具体的子步骤描述如下:

[0052] S1011、将某一地区的一系列参数预置在参数数据库中。

[0053] 需要说明的是,每一个参数数据库中的参数均代表了某一地区作物、土壤、天气等因素的特征。因各个地区地域条件不同,预置在装置中的参数数据库为一个或多个。每个参数数据库均以某一区域中代表气象站的名称来命名。

[0054] 其中,参数数据库的包含参数为:

[0055] a) 作物类参数:包括该站点所代表地区主要作物种类;作物各生育期时长。其中,各生育期为联合国粮食与农业组织FAO推荐的分段单值平均法中的初始生长期、快速发育期、生育中期以及成熟期。初始生长期、快速发育期、生育中期以及成熟期的时长分别用 d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 来表示(单位:天);作物各生育期作物系数:初始生长期、生育中期、成熟期的作物系数分别为 K_{cini} 、 K_{cmid} 、 K_{cend} 作物在不同灌溉方式下的(沟灌、畦灌、滴灌等),初始生长期、快速发育期、生育中期、成熟期的计划湿润层深度分别用 z_1 、 z_2 、 z_3 、 z_4 表示(单位:mm);作物在不同灌溉方式下的初始生长期、快速发育期、生育中期、成熟期的灌水下限 θ_{F1} 、 θ_{F2} 、 θ_{F3} 、 θ_{F4} (以田间持水量 F_c 的百分比计,%)。

[0056] b) 土壤类参数:主要为沙土,壤土,黏土三类土壤的田间持水量 F_c (体积含水率,%)。

[0057] c) 模型参数:用于计算参照作物需水量 ET_0 预报模型以及根据表层(0~10cm)土壤体积含水率(土壤体积含水率为土壤数据采集器采集的土壤水分数据)估算当前根区平均

含水率的估算模型的参数。

[0058] S1012、综合上述参数,预置参照作物需水量 ET_0 预报模型以及当前根区平均含水率的估算模型,并将上述模型保存在参数数据库中,为后期的实际灌溉检测计算提供模型基础。

[0059] 参照作物需水量 ET_0 预报模型与当前根区平均含水率的估算模型计算方法如下:

[0060] (1) 参照作物需水量 ET_0 预报模型

[0061] 参照作物需水量 ET_0 预报模型用于计算每日作物需水量 ET_c 。在实际灌溉诊断时,可根据参照作物需水量 ET_0 预报模型,参考诊断当时的天气情况、作物情况以及土壤情况计算每一天实际的作物需水量 ET_c 。

[0062] 参照作物需水量 ET_0 是计算作物需水量 ET_c 的基础,其常用计算方法为联合国粮农组织FAO在其《作物腾发量-作物需水量计算指南》(FAO-56)中推荐的彭曼-蒙特斯(Penman-Monteith)公式(或称PM公式)计算。参照作物需水量 ET_0 按式(1)计算:

$$[0063] \quad ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (1)$$

[0064] 其中, ET_0 为参考作物需水量,单位为mm/day; Δ 为饱和水汽压-温度曲线的斜率,单位为KPa/°C; T 为时段内平均温度,单位为°C; R_n 为太阳净辐射,单位为MJ/m²·d; G 为土壤热通量,单位为MJ/m²·d,本实施例中对参照作物需水量的计算时段为1天,故在本文中的计算 G 取0; γ 为湿度计常数,单位为KPa/°C; e_s 、 e_a 分别为平均饱和水汽压与实际水汽压,单位为KPa; U_2 为距离地面2m高处风速,单位为m/s。各参数具体计算方式参见《作物腾发量-作物需水量计算指南》(FAO-56)。

[0065] 本实施例基于对天气预报对作物需水量及根区土壤水分状况进行预报,综合天气预报的预报精度,选定的预报期为未来3天。本实施例计算 ET_0 预报的思路为通过气象部门面向公众发布的天气预报信息进行 ET_0 预报。气象预报通过移动网络从互联网获取,获取的时间段为诊断当天的天气状况与预报期(优选为3天)的天气预报。该类型天气预报的优点是比较容易获得,但其中气象数据不能完全满足彭曼-蒙特斯公式计算 ET_0 的需求。因此,为使用该类型天气预报进行 ET_0 预报,本实施例在发明过程中获取了由全国700余个气象站点自1961年到2013年逐日气象观测数据,数据包括使用彭曼-蒙特斯公式所必须的气象数据,并已计算得到的逐日 ET_0 数据。 ET_0 预报模型获取方式为通过已经获得的多年单项气象数据或多项气象数据的组合与彭曼-蒙特斯公式计算所得 ET_0 进行线性回归拟合,使用拟合所得模型进行 ET_0 预报。由于 ET_0 计算时,受气候、纬度等因素影响,地区与地区间存在一定差异,难以拟合出统一的模型进行计算,故以气象站点为单位,结合站点多年气象数据进行拟合计算。经过对各种拟合方式的综合比较,采用日最高温度 T_{max} (°C)与实际太阳辐射 R_s (MJ/m²·d)组合与 ET_0 二元线性回归所得线性方程作为 ET_0 预报模型(除少数地区,该回归方法得到的全国各地回归方程的决定系数均大于0.85,具有较高精度)。

[0066] ET_0 预报模型的具体按式(2)计算:

$$[0067] \quad ET_{0\text{预报}} = a \times T_{\max} + b \times R_s + c \quad (2)$$

[0068] 其中, $ET_{0\text{预报}}$ 为使用本模型预报所得参照作物日需水量(mm), T_{\max} 为日最高气温(°C), R_s 为实际太阳辐射(MJ/m²·d), a 、 b 、 c 分别为方程系数。以北京为例,北京的预报模型

按式(3)计算:

$$[0069] \quad ET_{\text{预报}} = 0.0454 \times T_{\text{max}} + 0.1819 \times R_s - 0.5759 \quad (3)$$

[0070] 其中, T_{max} 数据直接来自天气预报中的最高气温预报。由于气象部门面向公众发布的天气预报中不包含实际太阳辐射 R_s 一项, 通常只包含对天气现象的描述, 如晴, 晴转阴等。因此, 为获取实际太阳辐射的数值, 需要对天气预报中对天气现象的描述进行解析, 具体的天气现象解析方法按式(4) - (10) 计算:

$$[0071] \quad R_s = \alpha R_{s0} \quad (4)$$

$$[0072] \quad R_\alpha = \frac{24 \times 60}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)] \quad (5)$$

$$[0073] \quad R_{s0} = (a_s + b_s) R_\alpha \quad (6)$$

$$[0074] \quad d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right) \quad (7)$$

$$[0075] \quad \delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39\right) \quad (8)$$

$$[0076] \quad \omega_s = \frac{\pi}{2} - \arctan \left[\frac{-\tan(\varphi) \tan(\delta)}{\sqrt{1 - [\tan(\varphi)]^2 [\tan(\delta)]^2}} \right] \quad (9)$$

$$[0077] \quad n = \frac{24}{\pi} \omega_s \quad (10)$$

[0078] 其中, R_s 为折算所求得实际太阳辐射 ($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$); R_{s0} 为晴空辐射 ($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$), 该值仅与纬度与日期在一年中序数有关; α 为常见天气现象太阳辐射折算系数, 具体折算系数见表1。本实施例参数数据库中存储有天气预报中的天气现象如“阵雨”、“阴”、“阴转晴”、“多云”、“阵雨转晴”等常见天气现象的对应折算系数 α ; R_α 为碧空太阳总辐射 ($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$); G_{sc} 为太阳常数, 为 0.0820min^{-1} ; d_r 为日地相对距离倒数; ω_s 为太阳时角 (弧度, rad); φ 为地理纬度 (弧度, rad); δ 为太阳磁偏角 (弧度, rad); a_s 为回归常数, 表示在阴暗日, 即 $n=0$ 时达到地球表面的辐射部分; $a_s + b_s$ 表示在晴朗无云天到达地球表面的辐射部分。

[0079] 表1常见天气现象太阳辐射折算系数表

	天气状况	系数取值
[0080]	晴	0.9
	晴转多云	0.7
	阴转晴、多云、阵雨转晴	0.6
	多云转阴	0.5
[0081]	阵雨、阴	0.4
	阴间阵雨	0.3
	连阴雨	0.1

[0082] 在求得了 $ET_{0\text{预报}}$ 之后,可以求得作物日需水量 ET_c 。本实施例中作物日需水量 ET_c 的计算方法使用的是时作物系数法,按式(11)计算可得:

$$[0083] \quad ET_c = K_c \cdot K_s \cdot ET_{0\text{预报}} \quad (11)$$

[0084] 其中, ET_c 为作物日耗水量,单位为mm; $ET_{0\text{预报}}$ 为通过预报模型计算参照作物日需水量,单位mm; K_s 为水分胁迫系数,无量纲;本实施例中,所取灌水下限一般大约水分胁迫发生时土壤含水率,同时预报期较短, K_s 优选为1.0。

[0085] 式(11)中的 K_c 为作物系数,无量纲。作物系数 K_c 选用联合国粮食与农业组织FAO推荐的分段单值平均法进行计算,详细计算方法可参见《作物腾发量-作物需水量计算指南》(FAO-56),其基本计算过程与原理如下:

[0086] 单值法的基本原理为,将作物系数的变化过程分为几个阶段,用一个时段的平均值表示该阶段作物的作物系数。其将大多数一年生作物主要分为四个阶段:

[0087] 初始生长期:从播种到作物覆盖率接近10%,此阶段内作物系数为 $K_{c\text{ini}}$;

[0088] 快速发育期:从覆盖率10%到充分覆盖(大田作物达到70%~80%),此阶段作物系数从 $K_{c\text{ini}}$ 增长到 $K_{c\text{mid}}$;

[0089] 生育中期:从充分覆盖到成熟开始,叶片开始变黄,此阶段作物系数为 $K_{c\text{mid}}$;

[0090] 成熟期:从叶片开始变黄到生理成熟期或收获,此阶段作物系数由 $K_{c\text{mid}}$ 下降到 $K_{c\text{end}}$ 。

[0091] 若以 d_i 表示作物播种后的天数,则不同生育期的作物系数 K_c 分别为按式(12)-(15)计算:

[0092] 初始生长期,即 $d_n \leq d_1$:

$$[0093] \quad K_{c1} = K_{c\text{ini}} \quad (12)$$

[0094] 快速发育期,即 $d_1 < d_n \leq (d_1 + d_2)$:

$$[0095] \quad K_{c2} = \frac{K_{c\text{mid}} - K_{c\text{ini}}}{d_2} d_n - \frac{K_{c\text{mid}} - K_{c\text{ini}}}{d_2} d_1 + K_{c\text{ini}} \quad (13)$$

[0096] 生育中期,即 $(d_1 + d_2) < d_n \leq (d_1 + d_2 + d_3)$:

$$[0097] \quad K_{c3} = K_{c\text{mid}} \quad (14)$$

[0098] 成熟期,即 $(d_1 + d_2 + d_3) < d_n \leq (d_1 + d_2 + d_3 + d_4)$:

$$[0099] \quad K_{c4} = \frac{K_{c\text{mid}} - K_{c\text{end}}}{d_4} d_n - \frac{K_{c\text{mid}} - K_{c\text{end}}}{d_4} (d_1 + d_2 + d_3 + d_4) + K_{c\text{end}} \quad (15)$$

[0100] 其中, K_{c1} 、 K_{c2} 、 K_{c3} 、 K_{c4} 为作物生育期内初始生长期,快速发育期,生育中期,成熟期的相应作物系数; d_n 为计算时作物从播种起的生育天数,单位为天; d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 分别为作物初始生长期、快速发育期、生育中期、成熟期的时长,单位为天。

[0101] 本实施例收集并保存了部分地区主要作物系数及其各生育期天数。同时,可根据实际生产情况手动更新与调整部分参数,以满足实际生产使用要求。

[0102] (2) 当前根区平均含水率的估算模型

[0103] 当前根区平均含水率的估算模型用于计算灌溉诊断当前计划湿润层土壤的平均体积含水率 $\bar{\theta}$ 。在实际灌溉诊断时,可根据当前根区平均含水率的估算模型,参考土壤数据采集器采集的表层土壤体积含水率 θ_0 ,计算诊断当前计划湿润层土壤的平均体积含水率

$\bar{\theta}$ 。

[0104] 当前根区平均含水率的估算模型计算方法如下：

[0105] 在进行灌溉决策时，使用的土壤水分状况指标通常为作物计划湿润层内的平均含水率。在采集了表层土壤体积含水率后，使用经过训练的支持向量机(SVM,Support Vector Machine)模型推算计划湿润层土壤水分平均含水率。

[0106] 本实施例使用的支持向量机工具为LIBSVM。本实施例中，收集了各地区墒情测站对10cm、20cm、40cm、60cm等土壤深度体积含水率监测数据与相应计划湿润层(0~40cm,0~60cm等)土壤平均体积含水率。本实施例在开发时，使用LIBSVM软件包，将10cm土壤体积含水率数据作为自变量，将计划湿润层(0~40cm,0~60cm等)平均体积含水率数据作为因变量进行回归拟合训练，所得训练结果较好，经过测试，模型输出预测结果与实测数据的相关系数可达0.8以上。将软件生成的不同地区、不同计划湿润层对应模型与软件包中的使用C语言编写的预测程序置入灌溉诊断程序模块中，即可实现灌溉程序模块在获取装置土壤水分传感器采集的表层土壤体积含水率 θ_0 后推算当前计划湿润层土壤平均体积含水率 $\bar{\theta}$ 。

[0107] S102、获取测试地块位置信息；根据测试地块信息判断该地块是否初次被诊断。S102步骤包含的子步骤具体如下：

[0108] S1021、获取作物种植测试地块的位置信息，优选地可通过GPS定位系统获取该地块的经纬度坐标。

[0109] S1022、根据测试地块信息判断该地块是否初次被诊断。

[0110] 若为初次诊断，则新建一个地块，提示用户该地块为首次诊断，需要录入地块信息，并将用户录入好的地块信息保存。同时，根据测试地块的位置信息判断需要调取装置中哪个预置的参数数据库。如测试地块位于北京通州，装置中预置有名称为“北京”参数数据库，因此调用名称为“北京”的参数数据库。

[0111] 其中，需要录入的地块信息包括：

[0112] a) 作物种类

[0113] 作物种类由用户自行输入；或者将预置的参数数据库中记录的主要作物种类提供给用户，供用户选择；

[0114] b) 作物播种日期或作物所处生育期

[0115] 由用户输入作物播种日期，也可由用户选择当前作物生育阶段，在用户选择生育阶段时，根据用户所选作物，提示用户判断作物生育阶段方法与依据；

[0116] c) 土壤类型

[0117] 土壤类型主要分为三类：沙土、壤土和黏土。将这三类土壤选项提供给用户供用户选择，并同时给出用户如表2所示的土壤判断类型方法；

[0118] 表2土壤类型判断方法

质地类型	在手掌中研磨的感觉	观察的情况	干燥时的状态	湿润的状态	揉成细条时的状态
沙土	砂砾感觉	几乎全由砂砾组成	土粒分散不成团	流沙，不成团	不能揉成细条
[0119] 壤土	感觉砂砾和粘粒数量相当	还能看到砂砾	手指难以破坏干土块	可塑	可以揉成细条，在弯成圆环时裂成小瓣
黏土	均匀的细土，难以磨成粉末	均质粉末，没有砂砾	形成坚硬的土块，锤击难以粉碎	可塑性良好，成黏糊体	揉成的细条弯成圆环不产生裂痕

[0120] d) 灌溉方式

[0121] 灌溉方式主要分为：微灌（如滴灌）、喷灌、地面灌溉（如畦灌、沟灌）。将上述灌溉方式以选项的方式提供给用户，供用户选择。

[0122] 若不为初次诊断，即存有测试地块的记录，则调取该测试地块相应的记录，读取测试地块的地块信息。同时提示用户是否需要调整地块信息。其中，需要调整的地块信息的录入方法与新建地块步骤中地块信息的录入方法相同。

[0123] S103、获得作物的灌溉方式之后，根据不同的灌溉方式以及作物的种类和所处生育期，确定土壤的计划湿润层深度 z 。并提示用户按照土壤的计划湿润层深度合理放置土壤数据采集器。土壤数据采集器将采集表层土壤体积含水率 θ_0 。

[0124] S104、将表层土壤体积含水率 θ_0 代入预置参数数据库中的平均含水率的估算模型，计算出当前计划湿润层土壤平均体积含水率 $\bar{\theta}$ 。

[0125] S105、获取测试地块所在地的当天以及预设的预报期内的天气数据。优选地，预设的预报期为3天。其中：

[0126] 若可以通过网络获取天气数据，则与发布天气情况的服务器相连获取天气数据；

[0127] 若不能通过网络获取天气数据，则提示用户网络不可用，指导用户通过其他渠道来获取天气情况，如广播、电视等，并提示用户输入天气数据。

[0128] S106、根据S102-S105步骤获得的参数数据，计算预报期内某一天的根区土壤平均含水率以及作物的当前生育期的灌水下限。在分析比较二者大小，给出灌溉建议。

[0129] S106步骤中的子步骤具体描述如下：

[0130] S1061、优选预报期为三天，假设以 i 代表预报期内各天（ $i=0、1、2、3$ ，其中0表示诊断当天）。首先，确定预报期各天作物从播种计起的生育天数 d_n 所属生育期阶段，并从参数

数据库中调取或计算各天的计算参数——第*i*天的作物系数 K_{ci} ；通过对天气数据的解析，根据式(4)–(10)计算预报期各天($i=1,2,3$)实际太阳辐射 R_{Si} ，同时获取*i*天内每日的最高气温 T_{maxi} ；将上述数据到日作物预置数据库中的参照作物需水量 ET_0 预报模型中，计算每天作物的耗水量 ET_{ci} 。

[0131] 通过每天作物的耗水量 ET_{ci} 以及S101步骤中求得的当前计划湿润层平均体积含水率 $\bar{\theta}$ ，计算预报期内某一天的根区土壤平均含水率 θ_i ；(对于诊断当天($i=0$)的土壤含水率 θ_0 取 $\bar{\theta}$ 的值)。

[0132] 同时，通过确定诊断当天计划湿润层深度 z (mm)以及作物所处生育期土壤水分下限，计算该作物的灌水下限比率。

[0133] 其中，预报期内某一天的根区土壤平均含水率与作物的灌水下限比率计算方法具体如下：

[0134] (1) 预报期内某一天的根区土壤平均含水率

[0135] 作物的根区土壤平均含水率计算通常使用土壤水分平衡方程计算，按式(16)–(19)计算：

$$[0136] \quad W_{j+1} = W_j + P_e + I_r + G_c - D_r - ET \quad (16)$$

$$[0137] \quad W_{j+1} = \theta_i \times z \quad (17)$$

$$[0138] \quad W_j = \bar{\theta} \times z \quad (18)$$

$$[0139] \quad ET = \sum ET_{ci} \quad (19)$$

[0140] 其中， W_{j+1} 为预报时段末的根区土壤含水量，单位为mm，用来计算预报时段末根区平均土壤含水率； W_j 为预报时段初的根区土壤含水量，单位为mm； P_e 为时段内有效降水量，单位为mm； I_r 为预报时段内灌水量，单位为mm，预报期内为0； D_r 为时段内深层渗漏量，由于本次设计所采用的灌水上限为田间持水量，故忽略该值，即取 $D_r=0$ ； G_c 为时段内地下水补给量，单位为mm； ET 为预报时段内作物实际蒸发量，单位为mm；

[0141] 有效降水量 P_e 通常指渗入土壤并储存在作物主要根系吸水层中的降水量，该值在实际中所受的影响因子比较多，主要有降水特性、土壤特性、作物蒸散发速率，农作管理水平等等。对有效降水量的估算方法主要有实时估算法与经验参数法，由于本次设计中灌溉快速诊断装置所获取的降水信息来自天气现象预报(如小雨，阴转阵雨等)，据相关统计，降水类型预报准确率较低且降水量难以解析。由于本次发明中预报周期较短(3日)，故本次设计在预报与决策中采取折中方法，即在土壤水分平衡方程中 P_e 取0，当天气预报中出现降雨时，灌溉快速诊断装置提示用户根据降雨情况在降雨后进行再次诊断。

[0142] 地下水补给量 D_r 与地下水埋深、土壤质地、根区含水率、 ET_0 等众多因素有关，根据相关研究，当地下水埋深在根冠下1m以下时，地下水补给量可视为0，同时，地下水数据为动态且普通用户不易直观获取地下水埋深数据。本次设计所选预报期较短，本次设计中忽略地下水补给量，即取 D_r 为0。

[0143] 综上，根据式(16)–(19)联合求得预报周期内第*i*天的根区土壤平均含水率(体积含水率)，如式(20)所示：

$$[0144] \quad \theta_i = \frac{\bar{\theta} \cdot z - \sum ET_{ci}}{z} \times 100\% \quad (20)$$

[0145] 其中, θ_i 为第 i 日的所述根区平均含水率; i ($i=1, 2, 3$) 为预报期 (3日) 内的天数; θ_i 为第 i 日计划湿润层平均体积含水率 (%); $\bar{\theta}$ 为进行灌溉诊断时计划湿润层平均体积含水率 (%), 即当日计划湿润层体积含水率 (%)。

[0146] 式 (20) 中, z 为作物本生育期内计划湿润层深度, 本实施例中 z 参考了 FAO-56 文件与《节水灌溉工程实用手册》, 根据不同灌水方式与土壤质地, 收集和整理了部分主要作物的计划湿润层深度与灌水上下限数据与资料, 具体数据可能需要根据具体作物具体地区进行调整。表3中列出了部分作物划湿润层深度。本实施例中, z 为诊断当天作物计划湿润层, 由于预报期较短, 不再考虑预报期内计划湿润层的变化, 单位为 mm。

[0147] 表3部分作物划湿润层深度

作物种类	灌水方式	计划湿润层深度 z (mm)				
		Z_{ini}	Z_{dev}	Z_{mid}	Z_{end}	
[0148] 春小麦	畦灌	350	550	700	700	
	畦灌	350	450	700	700	
	沟灌	350	450	700	800	
夏玉米	滴灌	350	500	600	600	
	沟灌	350	500	700	700	
	滴灌	350	500	600	600	
[0149] 棉花	沟灌	350	500	700	700	
	滴灌	350	500	600	600	
	马铃薯	沟灌	350	500	700	700
		滴灌	350	500	600	600
	其他	沟灌	350	450	700	800
		畦灌	350	450	700	700
滴灌		350	500	600	600	

[0150] (2) 作物的灌水下限比率

[0151] 灌水下限 $\theta_{下}$ 按式 (21) 计算:

$$[0152] \quad \theta_{下} = F_c \times \theta_{下t} \quad (21)$$

[0153] 其中, $\theta_{下}$ 为当前灌水下限, 以体积比计 (%); F_c 为田间持水量, 从参数数据库中获取, 由土壤类型决定, 以体积比计 (%); $\theta_{下t}$ 为各生育期土壤水分下限 ($\theta_{下ini}$ 、 $\theta_{下dev}$ 、 $\theta_{下mid}$ 、 $\theta_{下end}$), 以占田间持水量比例计 (%), 部分作物在不同灌溉方式下的水分下限数据如表4所示。

[0154] 表4部分作物的土壤水分下限指标

作物种类	灌水方式	土壤水分下限 (以占田间持水量比例计,%)			
		$\theta_{\text{下ini}}$	$\theta_{\text{下dev}}$	$\theta_{\text{下mid}}$	$\theta_{\text{下end}}$
春小麦	畦灌	65	65	65	65
夏玉米	畦灌	60	60	60	60
	沟灌	60	60	60	60
	滴灌	70	70	70	70
棉花	沟灌	60	60	65	60
	滴灌	70	70	70	70
马铃薯	沟灌	60	60	60	60
	滴灌	70	70	70	70
其他	沟灌	60	65	65	60
	畦灌	60	60	60	60
	滴灌	70	70	70	70

[0155] S6012、如图2所示,通过S6011步骤计算的第i天的根区土壤平均含水率以及作物的当前生育期的灌水下限进行比较分析,给出不同的灌溉建议,具体为:

[0157] I) 当第i天的根区平均含水率小于灌水下限比率时,则查看第i天的天气数据:

[0158] i) 若第i天天气数据显示不下雨,则生成在第i天灌溉的建议;此时,向用户显示当前的土壤平均体积含水率、灌溉下限比率,同时显示第i天的日期以及在第i天需要灌溉的提示;

[0159] ii) 若第i天天气数据显示下雨,则生成根据所述第i天的实际降雨情况,在第i天当天再次诊断的建议;此时,向用户显示当前的土壤平均体积含水率、灌溉下限比率,以及第i天降水概率较大,请根据实际降水情况再次针对的提示;

[0160] II) 当第i天的根区平均含水率大于灌水下限比率时,则生成暂不需要灌溉的建议,并计算距离下次诊断的天数;

[0161] 此时,向用户显示当前的土壤平均体积含水率、灌溉下限比率,以及目前暂不需要灌溉的提示和推荐的下次诊断的日期。

[0162] 推荐下次诊断的日期按式(22)计算:

$$[0163] \quad D = \frac{(\theta_0 - \theta_{\text{F0}})z}{ET_{c0\text{max}}} \quad (22)$$

[0164] 其中,D距离下次推荐诊断时间(天); θ_0 为表层土壤体积含水率; θ_{F0} 为诊断当天的作物灌水下限; z 为作物本生育期内计划湿润层深度; $ET_{c0\text{max}}$ 为假设诊断当天为晴天时的作物耗水量,即假设诊断当天为晴天、公式(4)中折算系数 α 取0.9时计算所得作诊断当天物耗水量 ET_{c0} (mm)。

[0165] S107、展示S106步骤生成的灌溉意见。优选利用液晶显示屏显示的方式,也可以采用语音播报的方式将灌溉意见展示给用户。

[0166] 本实施例提供了一种的灌溉快速诊断装方法。该方法首先预置代表不同地区的参数数据库,再根据测定地块的位置信息调取相应的数据库及其包含的参照作物需水量 ET_0 预报模型和根区平均含水率模型。然后,根据检测时用户输入的以及其他渠道获取的信息,利用上述两个模型计算根区土壤平均含水率以及灌水下限,分析比较二者的大小从而给出

灌溉建议。相比于现有的灌溉快速诊断装置,本实施例可针对不同地区、不同作物、不同土壤质地以及不同灌溉方式的地块生成智能灌溉建议,进行灌溉决策时,决策基于装置监测的地块实时土壤水分状况与灌溉诊断程序模块预报的未来3日土壤水分状况,综合考虑了作物实际耗水特点与预报期内天气状况,可为用户提供较为科学合理的灌溉建议,从一定程度上克服了人为凭经验灌溉的弊端。

[0167] 实施例2

[0168] 本实例以北京通州某地块春玉米的灌溉诊断为例,假定其播种时间为5月1日,进行诊断的时间为5月15日,该地块经纬度坐标为 39.80°N 、 116.68°E ,土壤质地壤土,灌溉方式为滴灌,表层土壤(0~10cm)体积含水率18%。用户初次在此地块进行灌溉诊断。

[0169] 首先灌溉向导开始运行,根据自动检测的地块坐标信息经程序与各气象站点坐标比较,距离最近的气象站点为“北京”,程序调取以装置内预置的以“北京”命名的参数数据库及相关参数。

[0170] 用户根据提示选择初次诊断,新建一地块信息,输入地块名称“01”,选择作物“春玉米”,选择土壤类型“壤土”,选择灌溉类型“滴灌”,输入播种时间“5月1日”,保存地块信息。

[0171] 程序提示用户“将土壤数据采集器安插在距作物水平距离30cm内表层土壤,探针垂直插入”。

[0172] 采集器采集到表层土壤水体积含水率 $\theta_s=19\%$ 。

[0173] 诊断时间为5月15日,则距播种时间 $d_n=15$ (天),根据调取的玉米生育期参数 $d_n < d_1=20$ (天),诊断当天及预报期均属于初始生长期,则诊断当天作物计划湿润层 $z=400$ (mm);根据参数数据库中相关系数及式(12) $K_{ci}=K_{cini}=0.29$,以及参数数据库中记录的壤土田间持水量 $F_c=35\%$, $\theta_{ft}=60\%$,则由式(21)求得灌水下限 $\theta_{fi}=35\% \times 60\%=21\%$, $i=0、1、2、3$ 。

[0174] 调用北京地区表层土壤水分数据推算计划湿润层平均体积含水率计算模型,代入表层土壤水体积含水率 $\theta_s=19\%$,输出计划湿润层平均体积含水率 $\bar{\theta}=22\%$ 。

[0175] 连接网络并获取了包括诊断当天在内的天气预报信息,分别为:当 $i=0$ 时(即诊断当天),日最高气温 $T_{\max 0}=24^{\circ}\text{C}$,天气现象为晴; $i=1$ (即预报期第一天,以此类推),日最高气温 $T_{\max 1}=23^{\circ}\text{C}$,天气现象为晴; $i=2$,日最高气温 $T_{\max 2}=21^{\circ}\text{C}$,天气现象为晴转多云; $i=3$,日最高气温 $T_{\max 3}=24^{\circ}\text{C}$,天气现象为晴。

[0176] 将纬度坐标 39.80° 、当前日期5月15日及预报期16日~18日在一年中的序数135、136、137、138代入式(5)-(10),解得晴空辐射 $R_{s00}=29.0$ ($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$), $R_{s01}=29.9$ ($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$), $R_{s02}=30.0$ ($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$) $R_{s03}=30.1$ ($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)。根据公式(4), $R_{s0}=29.9 \times 0.9=26.9$ ($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$), $R_{s1}=30.0 \times 0.9=27.0$ ($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$), $R_{s2}=30.0 \times 0.7=21.0$ ($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$), $R_{s3}=30.1 \times 0.9=27.1$ ($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)。

[0177] 将以上日最高气温数据及实际太阳辐射数据代入式(3)中,可得各天参考作物需水量如式(23)-(25)所示:

$$[0178] \quad ET_{\text{预报}0}=0.0454 \times 24+0.1819 \times 26.9-0.5759=5.4 \text{ (mm)} \quad (23)$$

$$[0179] \quad ET_{\text{预报}1}=0.0454 \times 23+0.1819 \times 27-0.5759=5.4 \text{ (mm)} \quad (24)$$

$$[0180] \quad ET_{\text{预报}2}=0.0454 \times 21+0.1819 \times 21-0.5759=4.2 \text{ (mm)} \quad (25)$$

[0181] $ET_{0\text{预报}3} = 0.0454 \times 24 + 0.1819 \times 27.1 - 0.5759 = 5.4 \text{ (mm)}$ (26)

[0182] 将计算所得各天参考作物需水量代入式(11),可得各天的作物需水量如式(27)-(28)所示:

[0183] $ET_{c0} = 0.29 \times 1 \times 5.4 = 1.6 \text{ (mm)}$ (27)

[0184] $ET_{c1} = 0.29 \times 1 \times 5.4 = 1.6 \text{ (mm)}$ (28)

[0185] $ET_{c2} = 0.29 \times 1 \times 4.2 = 1.2 \text{ (mm)}$ (29)

[0186] $ET_{c3} = 0.29 \times 1 \times 5.4 = 1.6 \text{ (mm)}$ (30)

[0187] 通过式(20)计算预报期各天土壤水分状况,如式(28)-(30)所示:

[0188] $\theta_1 = \frac{0.22 \times 400 - 1.6}{400} \times 100\% = 21.6\%$ (28)

[0189] $\theta_2 = \frac{0.22 \times 400 - (1.6 + 1.2)}{400} \times 100\% = 21.3\%$ (29)

[0190] $\theta_3 = \frac{0.22 \times 400 - (1.6 + 1.2 + 1.6)}{400} \times 100\% = 20.9\%$ (30)

[0191] 将式(28)-(30)所示预报期内各天土壤水分状况与对应灌水下限 $\theta_{Fi} = 21\%$, $i = 0, 1, 2, 3$,比较,发现 $\theta_3 < \theta_{Fi} = 21\%$ 。此时,对预报期内降水状况进行分析,根据所获取气象预报,预报期内无降水发生,则将灌溉日期定在3天后。则输出灌溉建议“当前土壤平均体积含水率22%,灌水下限为21%,预计三天后土壤水分低于灌水下限,建议三天后进行灌溉”。

[0192] 实施例3

[0193] 如图1所示,本实施例提供的灌溉快速诊断装置包括:主机1及土壤数据采集器2。

[0194] 土壤数据采集器2数量为一个,优选为便于插入土壤中的探针式时域反射传感器或频域反射传感器,采集灌溉诊断时的计划湿润层的体积含水率 θ_s 。上述传感器使用介电原理探测土壤的水分状况。土壤数据采集器2优选地通过电缆以及航空插头与主机1相连。

[0195] 其中较优地,主机1外部设有SIM卡插槽14,在SIM卡插槽14中安装一张手机SIM卡并通过运营商开通移动网络业务,使主机可以通过移动网络获取数据;设置在主机1上的电源开关16,用于控制装置开启或关闭;主机1中还设有USB插孔15,主机1可以通过USB数据线与上位计算机11相连进行装置初始化或数据传输;主机1还可以通过USB连接电缆与电源适配器相连,为装置供电,优选电源适配器为12V/3A输出的电源适配器。

[0196] 如图2所示,主机1内部包括:控制单元3、定位单元4、存储单元5、通信单元6以及输入输出单元7。其中:

[0197] 定位单元4,用于获取作物种植测试地块的位置信息。优选地,定位单元4利用GPS进行定位,获取测试地块的经纬度坐标。

[0198] 通信单元6,用于获取上述测试地块所在地区当天以及预设的预报期内的天气数据。预设的预报期优选为3天。

[0199] 其中较优地,通信单元6通过GPRS、3G或4G等移动网络与发布天气情况的服务器相连获取天气数据。

[0200] 其中较优地,通信单元6还可以通过移动网络与发布农业信息的服务器相连并上传测试地块的位置信息,服务器将该测试地块所在地的最新农业信息,如病虫害预警、所在地作物种植技巧等,通过移动网络或短信的形式推送至灌溉快速诊断装置。

[0201] 当然理解的是,通信单元6也可以通过其他网络连接形式,如连接宽带、WIFI等,获取所需要的数据。

[0202] 输入输出单元7,用于获取所述作物的信息、种植作物的土壤种类以及作物的灌溉方式,同时也用于信息的显示。

[0203] 其中,作物的信息包括:作物的品种,以及作物的播种时间或作物所处的生育期(初始生长期、快速发育期、生育中期以及成熟期);种植所述作物的土壤种类包括:沙土、壤土以及黏土;作物的灌溉方式主要包括三类:微灌、喷灌以及地面灌溉。

[0204] 其中较优地,输入输出单元7通过液晶触摸屏实现。用户可在液晶触摸屏上进行装置操作,如参数选择与输入、系统的设置等,液晶触摸屏将显示对应的操作结果。液晶触摸屏优选在阳光下可视的高亮屏幕,保证用户在户外使用时也能够看清屏幕。

[0205] 控制单元3,用于对各单元进行控制及数据处理。

[0206] 其中较优地,控制单元3通过单片机对模块进行控制,同时根据作物的品种、作物的播种时间或作物所处的生育期、土壤水分数据、土壤种类、灌溉方式以及天气数据,计算作物所处生育期的灌水下限比率以及预报期内每一预报日的根区平均含水率。分析比较灌水下限比率和每一预报日的根区平均含水率,从而生成灌溉建议。

[0207] 其中较优地,控制单元3还可以控制系统进行以下操作:

[0208] a) 系统基本设置:包括维持设备正常工作的基本设置,如时间日期,显示等;

[0209] b) 参数更新校正:通过通信单元6或使用USB接口14与上位计算机11连接获取灌溉诊断记录、地块信息以及计算模型等内容的更新数据,并对装置内部预置的参数数据库进行更新;

[0210] c) 系统升级更新:保证系统正常运行,修复用户反映问题,通过设备连接移动网络或使用USB接口14与上位计算机11连接进行。

[0211] 其中较优地,存储单元5用于存储预置的参数数据库。

[0212] 其中较优地,存储单元5还用于存储在灌溉诊断之日前已经诊断过地块信息及相应种植的作物信息。其中,地块信息包括:位置信息;作物信息包括:作物品种、播种日期或所处生育阶段、土壤类型以及灌溉方式。存储单元5还可以对已保存的地块信息及作物信息进行管理,包括:地块删除、重命名、批量删除以及地块信息参数的修改。

[0213] 其中较优地,存储单元5还可以存储某一地块在灌溉诊断之日前的灌溉记录,包括灌溉时间以及灌溉建议,以使用户随时查看历史记录。

[0214] 此外,主机1内部还包括电池及电源转换电路。优选地,本实施例提供的装置为便携式装置,采用内置可充电锂电池9进行供电,电源转换电路8用于锂电池的充电以及各个单元的供电。

[0215] 本实施例提供的灌溉快速诊断装置构建了基于表层土壤水分传感器实时监测数据驱动根区土壤含水率预报模型。装置仅使用单个土壤水分传感器即可完成对计划湿润层平均含水状况的监测,提高了灌溉决策可靠性。同时,减少了土壤水分传感器的使用数量,避免了布设多个传感器对土壤的扰动,降低了装置成本,提高了经济性。此外本实施例提供的装置可根据GPS模块获取的位置信息,确定地块所在地区,通信单元6可自动获取远程推送的该地区的农业技术信息,扩展了装置除灌溉诊断之外的功能,进一步提升了装置实用性。

[0216] 以上实施方式仅用于说明本发明,而并非对本发明的限制,有关技术领域的普通技术人员,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,还可以做出各种变化和变型,因此所有等同的技术方案也属于本发明的范畴,本发明的专利保护范围应由权利要求限定。

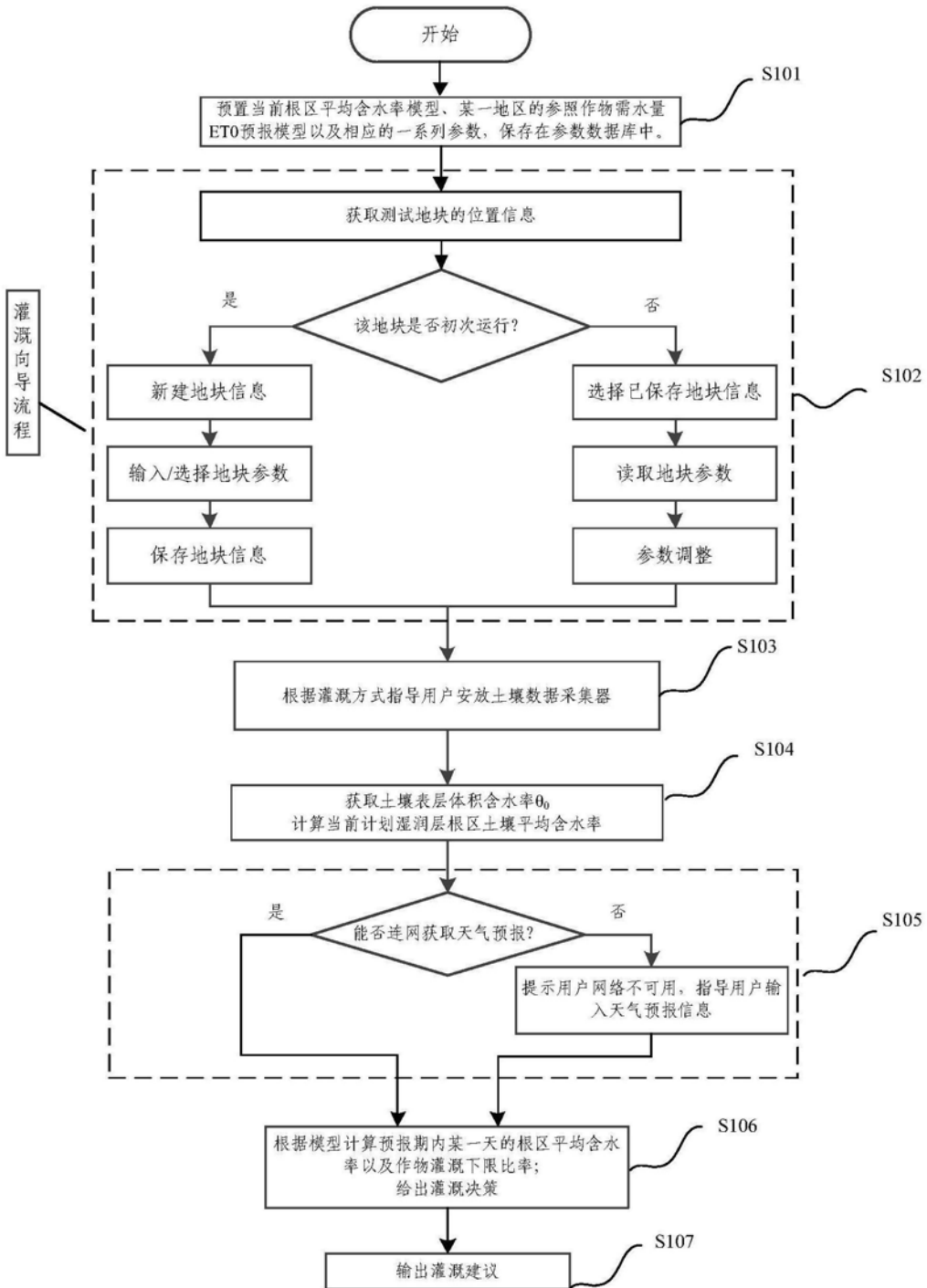


图1

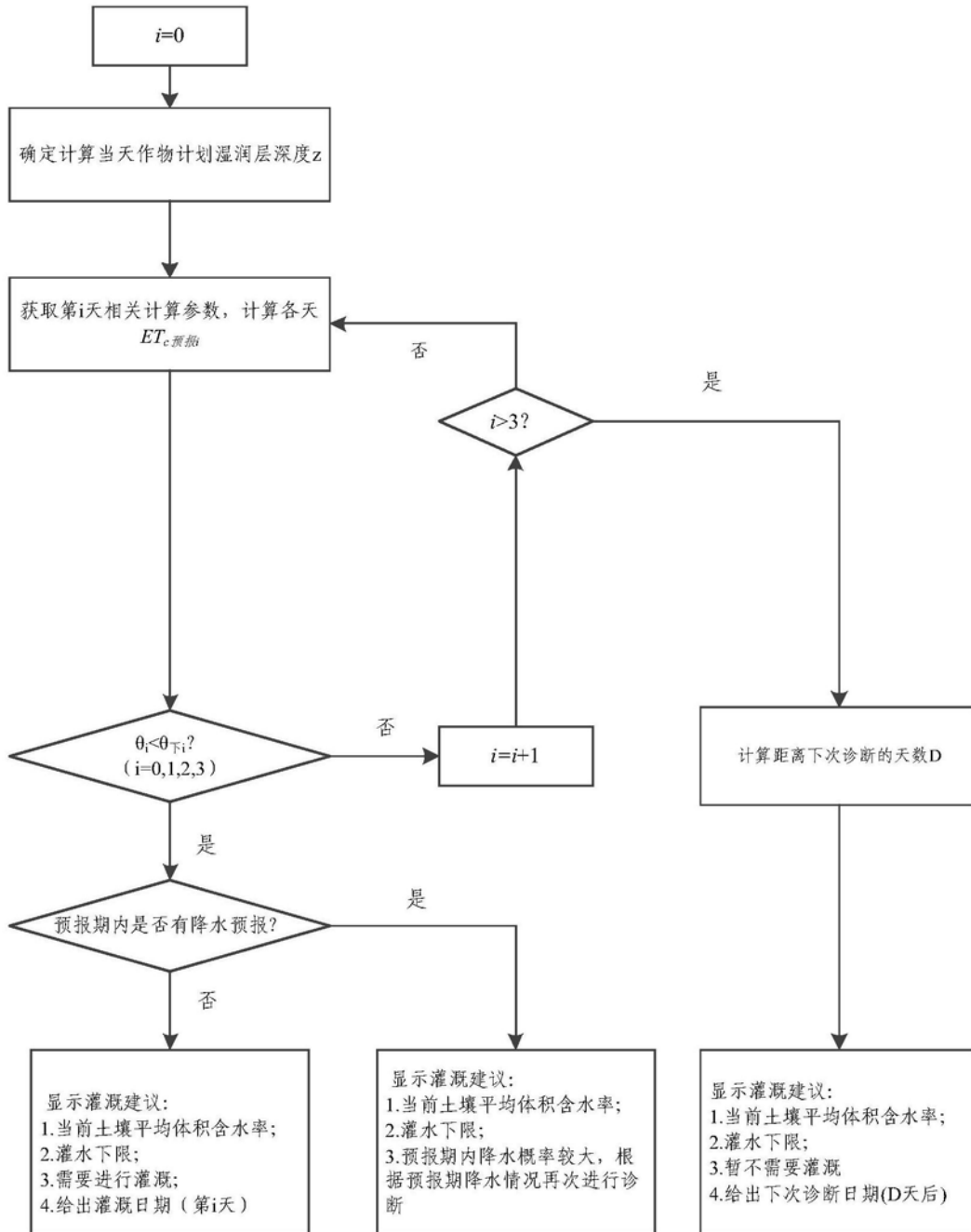


图2

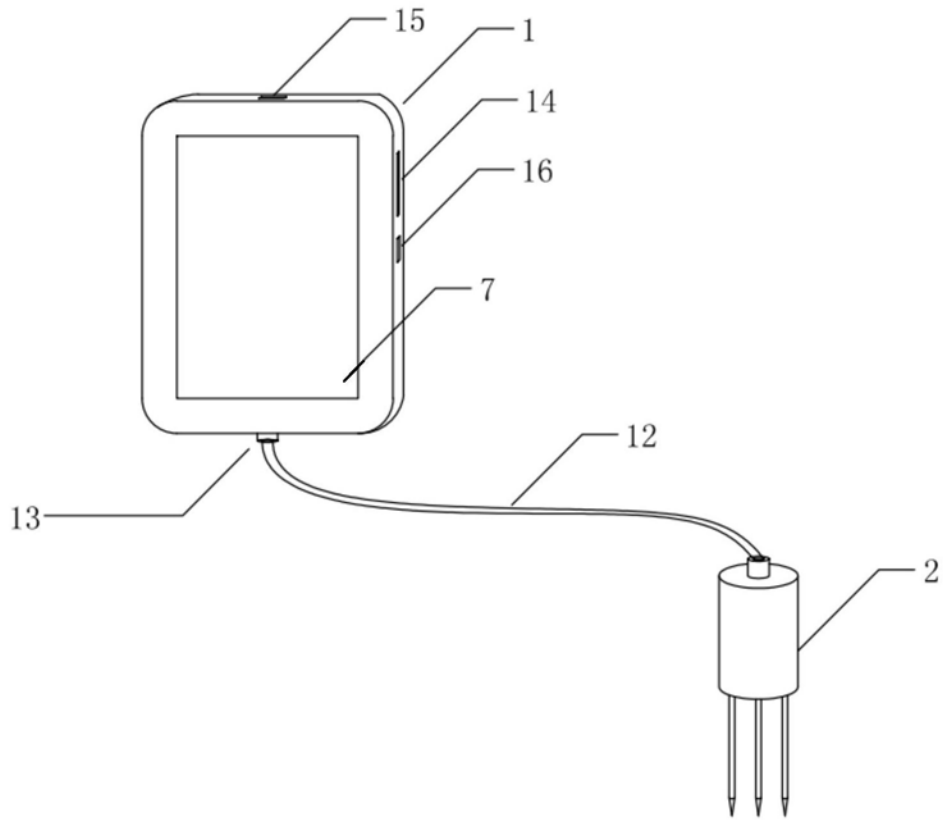


图3

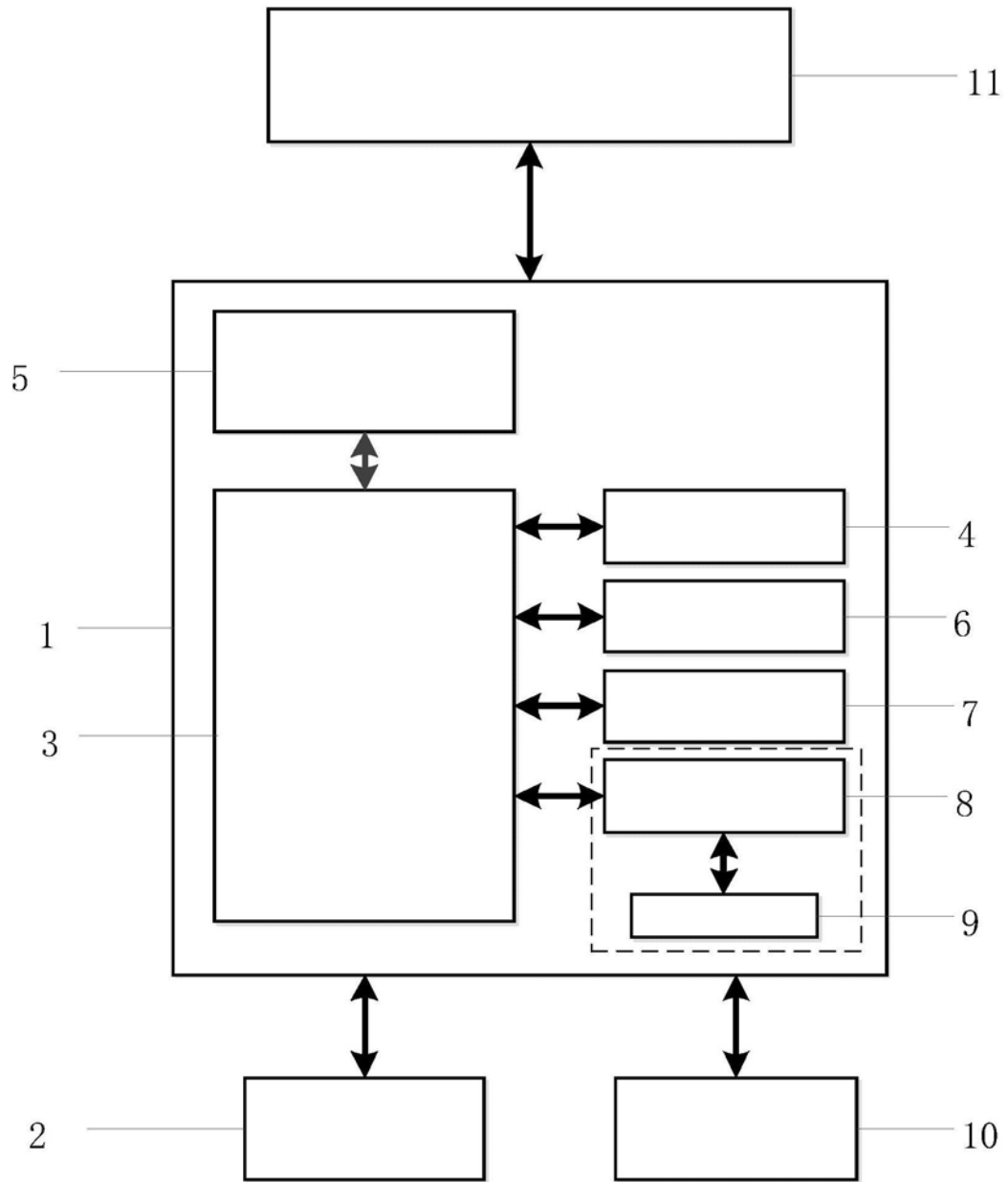


图4