



(10) 授权公告号 CN 120937725 B

(45) 授权公告日 2025. 12. 23

(21) 申请号 202511483379.0

A01G 25/16 (2006.01)

(22) 申请日 2025.10.17

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 120436047 A, 2025.08.08

申请公布号 CN 120937725 A

CN 211482290 U, 2020.09.15

(43) 申请公布日 2025.11.14

审查员 冯凡凡

(73) 专利权人 上海市农业科学院

地址 201106 上海市闵行区北翟路2901号

(72) 发明人 安明明 王运圣 刘勇 徐识溥

马翔 郭孝坤 胡雯雯 周志文

(74) 专利代理机构 北京维创华成知识产权代理

事务所(普通合伙) 16094

专利代理师 徐敏杰

(51) Int. Cl.

A01G 25/02 (2006.01)

G06Q 50/02 (2024.01)

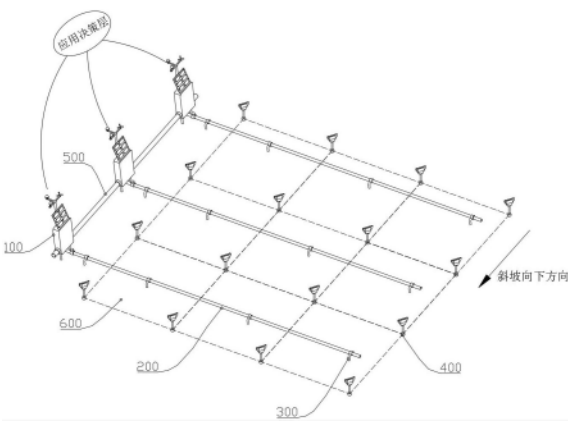
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

一种基于多源感知的大田智能灌溉系统

(57) 摘要

本发明提供了一种基于多源感知的大田智能灌溉系统,涉及农业灌溉技术领域,该系统包括应用决策层、传输层、铺设于田间的多条支流管道及多个地下传感单元。支流管道沿坡面等高线布设,其端部经分流部署节点连接至主水管,节点处设有调节阀和田间气象站。每条支流管道上等间距分布有灌溉节点,每四个相近的下传感单元构成一个将灌溉节点围在中间的灌溉点湿润区域,区域划分考虑土壤水分的坡度运移。地下传感单元采集土壤含水量数据,气象站采集田间气象数据,二者经传输层上传至应用决策层。本发明有效解决了坡地农田灌溉不均和水资源浪费问题,提升了灌溉效率和用水效益。



1. 一种基于多源感知的大田智能灌溉系统,包括应用决策层、传输层、铺设在大田中的多条支流管道和多个地下传感单元,多条灌溉节点沿大田的坡面等高线差布置,其特征在于,每条支流管道的端部延伸至田埂处,并设置有分流部署节点,多个分流部署节点由主水管相连通,主水管用于通过泵体将水库的灌溉用水分别引导至多条支流管道内;

支流管道与主水管的连接处设有调节阀,调节阀记录并调节流入支流管道内灌溉用水的水量;

每个支流管道上均等间距分布有多个灌溉节点,灌溉节点伸入田地内,并向其内部按照设定水量注入灌溉用水,每相近的四个地下传感单元形成一个将其中一个灌溉节点围在中间的灌溉点湿润区域,灌溉点湿润区域的大小及位置以土壤沿坡度向上和向下的运水量进行划分,地下传感单元用于采集所在位置的缺水量数据;

分流部署节点上还设置有田间气象数据的田间气象站;

所述传输层与田间气象站及地下传感单元通信连接,并用于将田间气象数据和缺水量数据所形成的多源数据传输至应用决策层;

应用决策层与所述传输层通信连接,用于接收、存储和处理所述多源数据,并基于多源数据融合分析生成灌溉决策指令;

所述灌溉点湿润区域的大小及位置以土壤沿坡度向上和向下的运水量进行划分具体步骤如下:以灌溉节点为基点,建立沿坡方向轴和等高线方向轴;

以平地上水平运移距离确认等高线方向的湿润锋距离;沿坡方向轴分为上坡方向和下坡方向,在沿坡方向轴上,从灌溉节点位置分别向上坡和下坡方向标记出估算的湿润锋距离;

绘制湿润区域图,在等高线方向画出两条平行坡度方向的平地湿润距离线,沿上坡方向和下坡方向分别画出上坡湿润距离线和下坡湿润距离线;

其中,平地湿润距离线、上坡湿润距离线和下坡湿润距离线围成一个矩形形状的灌溉点湿润区域。

2. 根据权利要求1所述的基于多源感知的大田智能灌溉系统,其特征在于,所述地下传感单元包括分别于20cm、40cm、60cm深度埋设的土壤墒情传感器,以监测土壤单位体积含水量和温度,土壤墒情传感器包括土壤水分传感器和土壤温度传感器。

3. 根据权利要求1所述的基于多源感知的大田智能灌溉系统,其特征在于,所述灌溉节点处具有喷灌头和湿润区域采集点;

所述喷灌头与支流管道相连通,且两者之间设置有流量控制阀;

所述湿润区域采集点与位于该灌溉点湿润区域边界点处的地下传感单元相连,用于接受地下传感单元所采集的缺水量数据,并将至通过传输层传递至应用决策层。

4. 根据权利要求1所述的基于多源感知的大田智能灌溉系统,其特征在于,所述应用决策层包括数据融合模块和智能决策模块;

数据融合模块用于融合多源数据与数字高程模型,其中,数字高程模型采用无人机航拍生成高精度DEM所获取;

智能决策模块,内置有灌溉决策模型,用于基于地势分析结果,为不同坡位生成差异化的灌溉策略,并根据田间气象数据和灌溉策略生成灌溉决策指令;

所述灌溉决策指令至少包括目标灌溉区域、灌溉开始时间、灌溉时长及灌溉量。

5. 根据权利要求4所述的基于多源感知的大田智能灌溉系统,其特征在于,所述智能决策模块生成的差异化灌溉策略包括:为上坡位分配大于1的灌溉补偿系数,为下坡位分配小于1的灌溉补偿系数;为上坡位设置更高的缺水量数据灌溉触发阈值,为下坡位设置更低的缺水量数据灌溉触发阈值。

6. 根据权利要求4所述的基于多源感知的大田智能灌溉系统,其特征在于,所述智能决策模块中的灌溉决策模型为作物需水模型或人工智能预测模型;所述作物需水模型通过计算参考作物蒸散量并结合作物系数与土壤有效含水量,来确定作物实际需水量;所述人工智能预测模型为基于历史多源数据与产量数据训练的机器学习模型,用于预测最优灌溉策略。

7. 根据权利要求6所述的基于多源感知的大田智能灌溉系统,其特征在于,所述智能决策模块在生成灌溉决策指令时,还集成未来预设时间段内的天气预报信息进行风险规避,若预报有有效降雨,则延迟或减少灌溉量。

8. 根据权利要求7所述的基于多源感知的大田智能灌溉系统,其特征在于,所述田间气象站包括气象杆柱、风向传感器、风速传感器、多要素百叶盒和太阳能电池板;

所述气象杆柱固定在分流部署节点上,其顶部具有撑架结构,所述风向传感器、风速传感器和多要素百叶盒均设在撑架结构上,风向传感器、风速传感器分别检测田间的风向和风速;多要素百叶盒内含感应温湿度、光照以及二氧化碳的多源传感器;

所述太阳能电池板设在分流部署节点顶部并与气象杆柱固定,太阳能电池板为风向传感器、风速传感器和多要素百叶盒工作提供电能。

一种基于多源感知的大田智能灌溉系统

技术领域

[0001] 本发明涉及农业灌溉技术领域,尤其是涉及一种基于多源感知的大田智能灌溉系统。

背景技术

[0002] 大田农业生产中,带有一定坡度的农田占有相当比例。此类田块由于地势起伏,存在显著的水分空间异质性。在自然条件下或传统灌溉过程中,灌溉水受重力影响易沿坡面向下运移,导致坡上区域水分不足,而坡下区域可能积水,造成作物生长不均、产量受损。

[0003] 目前,针对大田的灌溉方式主要包括漫灌、沟灌、喷灌等。漫灌和沟灌水资源浪费严重,且难以精确控制不同区域的灌溉量,在坡地应用中水土流失和灌溉不均问题尤为突出。喷灌虽有一定改善,但仍难以根据土壤实际墒情和微气象条件进行精细化、变量灌溉。现有的一些智能灌溉系统,多侧重于平坦地块或仅依赖单一类型传感器(如仅土壤湿度或仅气象数据),在应对坡地复杂的水分运移规律和空间变异性方面存在不足,难以实现真正的按需、精准灌溉,导致水资源利用效率不高,且可能影响作物最佳生长状态。

[0004] 因此,迫切需要一种能够适应坡地特点,综合利用多源感知信息,实现精准、高效、智能灌溉的系统方案。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供基于多源感知的大田智能灌溉系统,以解决背景技术中所提出的技术问题。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0007] 一种基于多源感知的大田智能灌溉系统,包括应用决策层、传输层、铺设在大田中的多条支流管道和多个地下传感单元,多条灌溉节点沿大田的坡面等高线差布置;每条支流管道的端部延伸至田埂处,并设置有分流部署节点,多个分流部署节点由主水管相连通,主水管用于通过泵体将水库的灌溉用水分别引导至多条支流管道内;支流管道与主水管的连接处设有调节阀,调节阀记录并调节流入支流管道内灌溉用水的水量;每个支流管道上均等间距分布有多个灌溉节点,灌溉节点伸入田地内,并向其内部按照设定水量注入灌溉用水,每相近的四个地下传感单元形成一个将其中一个灌溉节点围在中间的灌溉点湿润区域,灌溉点湿润区域的大小及位置以土壤沿坡度向上和向下的运水量进行划分,地下传感单元用于采集所在位置的缺水量数据;分流部署节点上还设置有田间气象数据的田间气象站;所述传输层与田间气象站及地下传感单元通信连接,并用于将田间气象数据和缺水量数据所形成的多源数据传输至应用决策层;应用决策层与所述传输层通信连接,用于接收、存储和处理所述多源数据,并基于多源数据融合分析生成灌溉决策指令。

[0008] 在上述技术方案的基础上,本发明还提供以下可选技术方案:

[0009] 在一种可选方案中:所述灌溉点湿润区域的大小及位置以土壤沿坡度向上和向下的运水量进行划分具体步骤如下:以灌溉节点为基点,建立沿坡方向轴和等高线方向轴;以

平地上水平运移距离确认等高线方向的湿润锋距离;沿坡方向轴分为上坡方向和下坡方向,在沿坡方向轴上,从灌溉节点位置分别向上坡和下坡方向标记出估算的湿润锋距离;绘制湿润区域图,在等高线方向画出两条平行坡度方向的平地湿润距离线,沿上坡方向和下坡方向分别画出上坡湿润距离线和下坡湿润距离线,其中,平地湿润距离线、上坡湿润距离线和下坡湿润距离线围成一个矩形形状的灌溉点湿润区域。

[0010] 在一种可选方案中:所述地下传感单元包括分别于20cm、40cm、60cm深度埋设的土壤墒情传感器,以监测土壤单位体积含水量和温度,土壤墒情传感器包括土壤水分传感器和土壤温度传感器。

[0011] 在一种可选方案中:所述灌溉节点处具有喷灌头和湿润区域采集点,所述喷灌头与支流管道相连通,且两者之间设置有流量控制阀;所述湿润区域采集点与位于该灌溉点湿润区域边界点处的地下传感单元相连,用于接受地下传感单元所采集的缺水量数据,并将至通过传输层传递至应用决策层。

[0012] 在一种可选方案中:所述应用决策层包括数据融合模块和智能决策模块,数据融合模块用于融合多源数据与数字高程模型,其中,数字高程模型采用无人机航拍生成高精度DEM所获取;智能决策模块,内置有灌溉决策模型,用于基于地势分析结果,为不同坡位生成差异化的灌溉策略,并根据田间气象数据和灌溉策略生成灌溉决策指令;所述灌溉决策指令至少包括目标灌溉区域、灌溉开始时间、灌溉时长及灌溉量。

[0013] 在一种可选方案中:所述智能决策模块生成的差异化灌溉策略包括:为上坡位分配大于1的灌溉补偿系数,为下坡位分配小于1的灌溉补偿系数;为上坡位设置更高的缺水量数据灌溉触发阈值,为下坡位设置更低的缺水量数据灌溉触发阈值。

[0014] 在一种可选方案中:所述智能决策模块中的灌溉决策模型为作物需水模型或人工智能预测模型;所述作物需水模型通过计算参考作物蒸散量(ET_0)并结合作物系数(Kc)与土壤有效含水量,来确定作物实际需水量(ET_c);所述人工智能预测模型为基于历史多源数据与产量数据训练的机器学习模型,用于预测最优灌溉策略。

[0015] 在一种可选方案中:所述智能决策模块在生成灌溉决策指令时,还集成未来预设时间段内的天气预报信息进行风险规避,若预报有有效降雨,则延迟或减少灌溉量。

[0016] 在一种可选方案中:所述田间气象站包括气象杆柱、风向传感器、风速传感器、多要素百叶盒和太阳能电池板,所述气象杆柱固定在分流部署节点上,其顶部具有撑架结构,所述风向传感器、风速传感器和多要素百叶盒均设在撑架结构上,风向传感器、风速传感器分别检测田间的风向和风速;多要素百叶盒内含感应温湿度、光照以及二氧化碳的多源传感器;所述太阳能电池板设在分流部署节点顶部并与气象杆柱固定,太阳能电池板为风向传感器、风速传感器和多要素百叶盒工作提供电能。

[0017] 采用上述技术方案,本发明具有如下有益效果:

[0018] 本发明通过沿坡面等高线布设支流管道及灌溉节点,并结合考虑土壤水分沿坡度向上和向下运移规律划分的灌溉点湿润区域,有效克服了坡地灌溉不均的难题,实现了水分在区域内的均衡补给。综合利用地下传感单元采集的土壤缺水量数据和田间气象站采集的田间气象数据进行多源数据融合分析,使得对作物实际需水量的判断更为精准,避免了单一数据源的局限性,显著提高了灌溉决策的科学性;应用决策层通过空间插值、蒸散量计算、结合气象预报进行综合判断,能够动态、精确地确定灌溉时机和灌溉量,实现了真正的

按需精准灌溉,在保证作物需水的同时,最大程度节约了水资源。系统通过调节阀和灌溉节点的协同控制,实现了对不同支流管道及具体灌溉点湿润区域的独立、精确水量调控,自动化程度高,有效减少了人工干预和管理成本。整套系统构建了一个从信息感知、数据传输到智能决策与执行的闭环智能灌溉体系,特别适用于带有坡度的大田环境,显著提升了灌溉水利用效率和农田管理的智能化水平。

附图说明

[0019] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0020] 图1为本发明中的一种基于多源感知的大田智能灌溉系统结构示意图。

[0021] 图2为本发明的一个实施例中的分流部署节点结构示意图。

[0022] 图3为本发明的一个实施例中的应用决策层的模块示意图。

[0023] 图4为本发明的一个实施例中的应用决策层工作流程示意图。

[0024] 图5为本发明的一个实施例中的多源数据融合分析示意图。

[0025] 附图标记注释:分流部署节点100、增压泵120、气象杆柱130、风向传感器140、风速传感器150、多要素百叶盒160、太阳能电池板170、支流管道200、灌溉节点300、地下传感单元400、主水管500、灌溉点湿润区域600、调节阀700。

具体实施方式

[0026] 下面将结合附图对本发明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,本领域普通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。

[0027] 附图中给出的各个部件的左右上下位置只是一种排布方式,具体的位置根据具体需要设定。

[0028] 在一个实施例中,如图1-图5所示,一种基于多源感知的大田智能灌溉系统,包括应用决策层、传输层、铺设在大田中的多条支流管道200和多个地下传感单元400,多条灌溉节点300沿大田的坡面等高线差布置;每条支流管道200的端部延伸至田埂处,并设置有分流部署节点100,多个分流部署节点100由主水管500相连通,主水管500用于通过泵体将水库的灌溉用水分别引导至多条支流管道200内;支流管道200与主水管500的连接处设有调节阀700,调节阀700记录并调节流入支流管道200内灌溉用水的水量;每个支流管道200上均等间距分布有多个灌溉节点300,灌溉节点300伸入田地内,并向其内部按照设定水量注入灌溉用水,每相近的四个地下传感单元400形成一个将其中一个灌溉节点300围在中间的灌溉点湿润区域600,灌溉点湿润区域600的大小及位置以土壤沿坡度向上和向下的运水量进行划分,地下传感单元400用于采集所在位置的缺水量数据;分流部署节点100上还设置有田间气象数据的田间气象站;所述传输层与田间气象站及地下传感单元400通信连接,并用于将田间气象数据和缺水量数据所形成的多源数据传输至应用决策层;应用决策层与所述传输层通信连接,用于接收、存储和处理所述多源数据,并基于多源数据融合分析生成灌

溉决策指令。

[0029] 本发明实施例应用于带有坡度的农田,通过在农田内设置多个地下传感单元400,并以每四个地下传感单元400为边界点形成灌溉点湿润区域600,每个灌溉点湿润区域600内部均布设有灌溉节点300;地下传感单元400实时监测体积含水量和温度,以形成缺水数据;同时,田间气象站检测田间气象数据,田间气象数据和缺水数据通过传输层输送至应用决策层;应用决策层接收并存储所述多源数据,通过数据融合与分析处理,生成灌溉决策指令。具体地,所述处理包括:对地下传感单元400采集的缺水数据进行空间插值,生成土壤湿度分布图;结合田间气象数据,计算作物蒸散量;综合土壤湿度、作物需水量与气象预报信息,判断是否需灌溉及所需灌溉量;应用决策层根据分析结果,向对应的调节阀700发出控制指令,调节进入各支流管道200的水量。灌溉节点300根据预设的灌溉策略,向其周围的灌溉点湿润区域600精准注水。例如,当某一灌溉点湿润区域600的缺水数据超过阈值,且气象条件适宜灌溉时,系统自动启动该区域的灌溉节点300,并通过调节阀700控制水量,实现按需灌溉,并且糅合田间气象数据和每个灌溉点湿润区域600的缺水数据,可有效进行实际缺水量的确定,既保证灌溉用水的有效量,也避免水量过多而造成水资源浪费。

[0030] 在一个实施例中,如图1所示,所述灌溉点湿润区域600的大小及位置以土壤沿坡度向上和向下的运水量进行划分具体步骤如下:以灌溉节点300为基点,建立沿坡方向轴和等高线方向轴;以平地上水平运移距离确认等高线方向的湿润锋距离;沿坡方向轴分为上坡方向和下坡方向,在沿坡方向轴上,从灌溉节点300位置分别向上坡和下坡方向标记出估算的湿润锋距离;绘制湿润区域图,在等高线方向画出两条平行坡度方向的平地湿润距离线,沿上坡方向和下坡方向分别画出上坡湿润距离线和下坡湿润距离线,其中,平地湿润距离线、上坡湿润距离线和下坡湿润距离线围成一个矩形形状的灌溉点湿润区域;本发明实施例中,在有坡度的大田中,沿上坡方向的水分运移量最小,可以近似认为是平地上水平运移距离的(1-坡度修正系数)倍,坡度越大,修正系数越大;沿下坡方向的水分运移量最小,可以近似认为是平地上水平运移距离的(1+坡度修正系数)倍。

[0031] 在一个实施例中,所述地下传感单元400包括分别于20cm、40cm、60cm深度埋设的土壤墒情传感器,以监测土壤单位体积含水量和温度,土壤墒情传感器包括土壤水分传感器和土壤温度传感器。

[0032] 在一个实施例中,如图1所示,所述灌溉节点300处具有喷灌头和湿润区域采集点,所述喷灌头与支流管道200相连通,且两者之间设置有流量控制阀;所述湿润区域采集点与位于该灌溉点湿润区域600边界点处的地下传感单元400相连,用于接受地下传感单元400所采集的缺水数据,并将至通过传输层传递至应用决策层;本发明实施例中,每个灌溉点湿润区域600的四角所分布的地下传感单元400所采集的缺水数据因位置不同,可能有所差异,并形成数据包传递至应用决策层;应用决策层再通过加权平均法融合该数据包,以形成融合后的缺水数据,加权平均法为:灌溉节点300的融合后的缺水数据=Σ(第i个点的缺水数据*第i个点的权重),当融合后的缺水数据>阈值时,启动灌溉。

[0033] 在一个实施例中,如图1-图5所示所述应用决策层包括数据融合模块和智能决策模块,数据融合模块用于融合多源数据与数字高程模型,其中,数字高程模型采用无人机航拍生成高精度DEM所获取;智能决策模块,内置有灌溉决策模型,用于基于地势分析结果,为不同坡位生成差异化的灌溉策略,并根据田间气象数据和灌溉策略生成灌溉决策指令;所

述灌溉决策指令至少包括目标灌溉区域、灌溉开始时间、灌溉时长及灌溉量。

[0034] 其中,所述智能决策模块生成的差异化灌溉策略包括:为上坡位分配大于1的灌溉补偿系数,为下坡位分配小于1的灌溉补偿系数;为上坡位设置更高的缺水量数据灌溉触发阈值,为下坡位设置更低的缺水量数据灌溉触发阈值。

[0035] 在一个实施例中,如图1-图5所示,所述智能决策模块中的灌溉决策模型为作物需水模型或人工智能预测模型;所述作物需水模型通过计算参考作物蒸散量(ET_0)并结合作物系数(K_c)与土壤有效含水量,来确定作物实际需水量(ET_c);所述人工智能预测模型为基于历史多源数据与产量数据训练的机器学习模型,用于预测最优灌溉策略。

[0036] 所述智能决策模块在生成灌溉决策指令时,还集成未来预设时间段内的天气预报信息进行风险规避,若预报有有效降雨,则延迟或减少灌溉量。

[0037] 本实施例采用作物需水模型作为核心。

[0038] 利用田间气象数据,通过彭曼-蒙特斯公式计算参考作物蒸散量(ET_0)。

[0039] 结合农作物当前生育期对应的作物系数(K_c),计算作物实际需水量(ET_c)= $ET_0 \times K_c$ 。

[0040] 查询对应区域土壤墒情传感器数据,计算土壤有效储水量。当土壤有效储水量低于作物适宜生长的下限(如田间持水量的65%),且未来24小时天气预报无有效降雨(降雨量 $<5\text{mm}$)时,系统触发灌溉决策。

[0041] 在一个实施例中,如图1和图2所示,所述田间气象站包括气象杆柱130、风向传感器140、风速传感器150、多要素百叶盒160和太阳能电池板170,所述气象杆柱130固定在分流部署节点100上,其顶部具有撑架结构,所述风向传感器140、风速传感器150和多要素百叶盒160均设在撑架结构上,风向传感器140、风速传感器150分别检测田间的风向和风速;多要素百叶盒160内含感应温湿度、光照以及二氧化碳的多源传感器;所述太阳能电池板170设在分流部署节点100顶部并与气象杆柱130固定,太阳能电池板170为风向传感器140、风速传感器150和多要素百叶盒160工作提供电能;本发明实施例集中,太阳能电池板170吸收太阳能并将之转为电能,从而为风向传感器140、风速传感器150和多要素百叶盒160的工作提供必要的电能,可有效节省电力资源。

[0042] 在一个实施例中,如图1和图2所示,所述主水管500上设置有多个增压泵120,多个增压泵120沿着大田坡度等高线差分布;本发明实施例中,增压泵120的设置能够增加主水管500运输灌溉用水的压力,避免压力不足而无法到达处于大田上坡位置的支流管道200。

[0043] 上述发明实施例中,应用决策层的具体工作流程如下:

[0044] 应用决策层流程步骤

[0045] 步骤一:多源数据接收与存储

[0046] 接收来自传输层的两类数据:田间气象数据(由田间气象站采集)和缺水量数据(由各灌溉点湿润区域内的地下传感单元采集,包含不同深度的土壤体积含水量与温度)。

[0047] 对接收数据进行校验与格式化处理,并存入系统数据库。

[0048] 步骤二:数据融合与空间插值

[0049] 土壤湿度分布图生成:

[0050] 基于各灌溉点湿润区域边界点处的地下传感单元所采集的缺水量数据,采用空间插值算法(如克里金插值或反距离加权插值),生成整个农田的土壤湿度分布图。

- [0051] 缺水量数据融合:
- [0052] 针对每个灌溉点湿润区域,对其四个边界点的缺水量数据采用加权平均法进行融合:
- [0053] 融合缺水量= Σ (第i个点的缺水量 $\times$ 第i个点的权重)融合缺水量= Σ (第i个点的缺水量 $\times$ 第i个点的权重)
- [0054] 权重可根据传感单元与灌溉节点的距离或历史数据可靠性进行分配。
- [0055] 步骤三:作物需水量计算
- [0056] 参考作物蒸散量 (ET_0) 计算:
- [0057] 利用田间气象数据 (温度、湿度、风速、太阳辐射等),通过彭曼-蒙特斯公式计算 ET_0 。
- [0058] 作物实际需水量 (ET_c) 确定:根据作物当前生育阶段对应的作物系数 (K_c),计算:
- [0059] $ET_c = ET_0 \times K_c$
- [0060] 步骤四:土壤有效储水量评估
- [0061] 基于土壤墒情传感器数据,计算土壤有效储水量:
- [0062] 对比田间持水量与当前体积含水量,判断是否低于作物适宜生长的下限 (例如:田间持水量的65%)。
- [0063] 步骤五:灌溉决策生成
- [0064] 灌溉触发条件判断:若同时满足以下条件,则触发灌溉决策:
- [0065] 条件1:土壤有效储水量低于设定阈值;
- [0066] 条件2:未来24小时内天气预报无有效降雨 (降雨量 $<5\text{mm}$)。
- [0067] 差异化灌溉策略制定:基于数字高程模型 (DEM) 分析地势坡度,为不同坡位分配差异化参数;
- [0068] 上坡位:分配 >1 的灌溉补偿系数,设置更高的缺水量灌溉触发阈值;下坡位:分配 <1 的灌溉补偿系数,设置更低的缺水量灌溉触发阈值。
- [0069] 根据融合后的缺水量数据与 ET_c ,计算各灌溉点湿润区域所需灌溉量。
- [0070] 灌溉决策指令生成:生成包括以下内容的指令:
- [0071] 目标灌溉区域 (指定支流管道及灌溉节点)、灌溉开始时间、灌溉时长和灌溉水量。
- [0072] 步骤六:指令下发与执行
- [0073] 将灌溉决策指令通过传输层下发至对应支流管道200入口处的调节阀700;调节阀700根据指令调节进入支流管道200的水量;
- [0074] 各灌溉节点处的流量控制阀按预设策略控制喷灌头启闭与流量,实现精准注水。
- [0075] 步骤七:灌溉效果反馈与模型优化
- [0076] 系统实时监测灌溉后的土壤湿度变化,验证灌溉效果;根据历史多源数据与产量数据,持续优化作物需水模型或人工智能预测模型的参数,提升决策精度。
- [0077] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

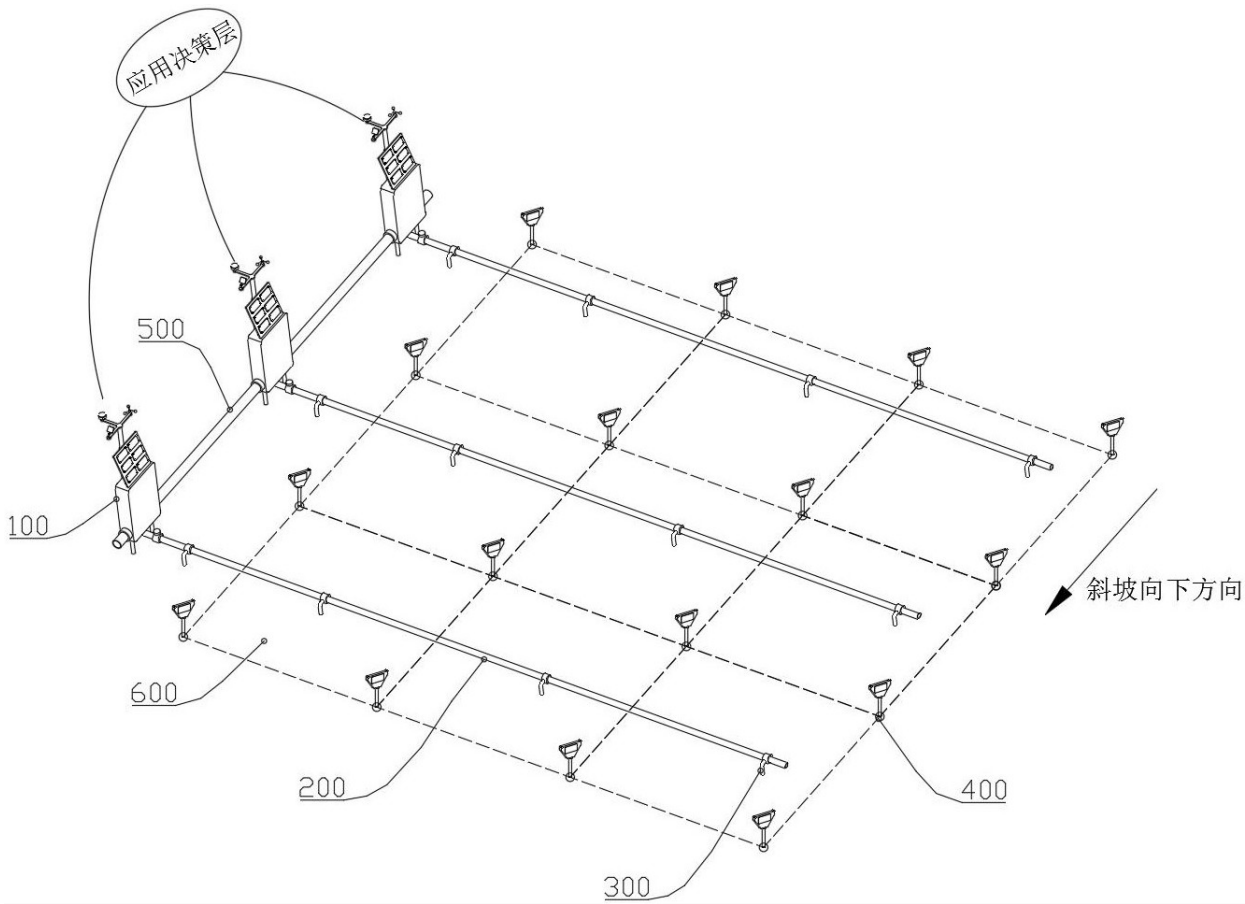


图 1

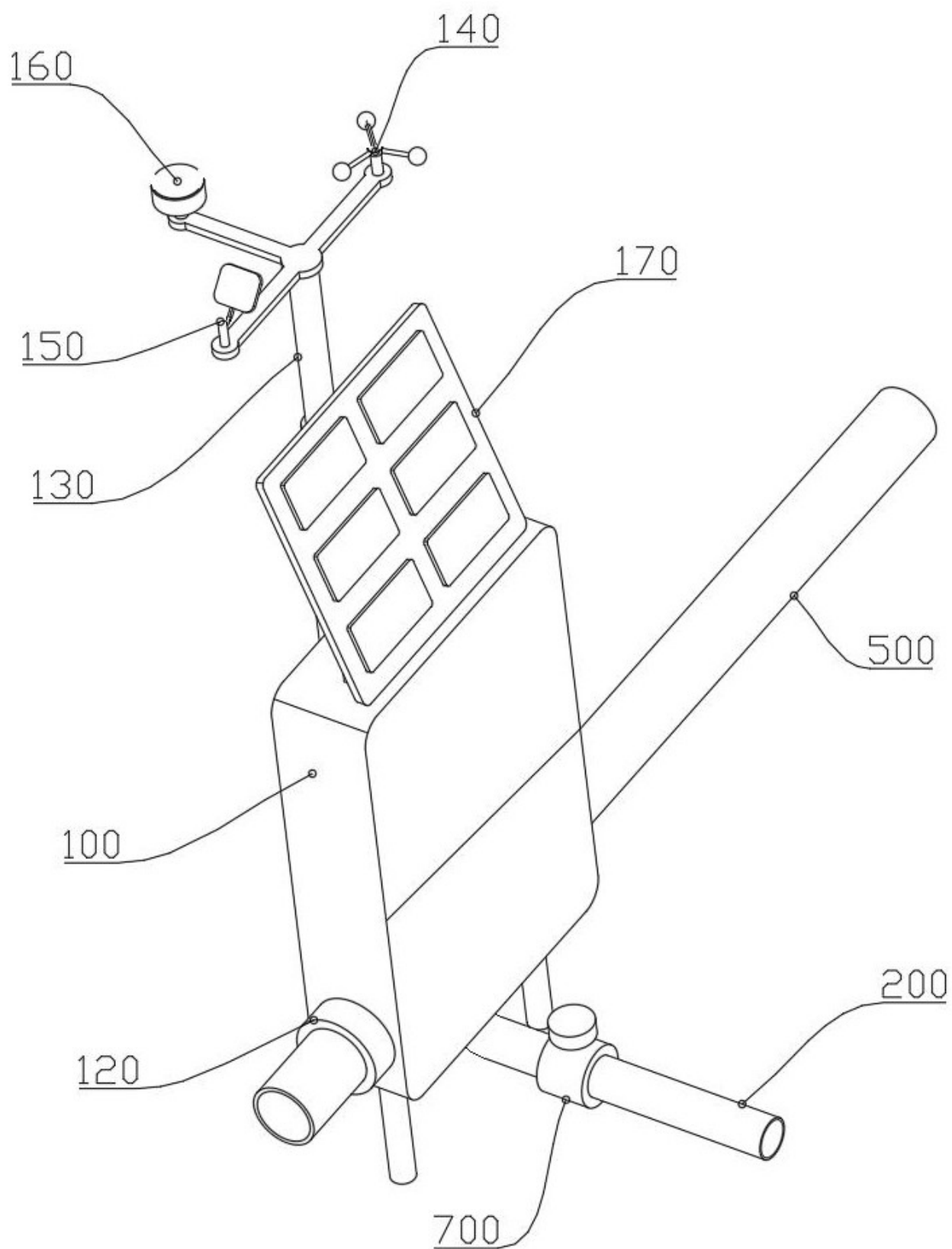


图 2



图 3

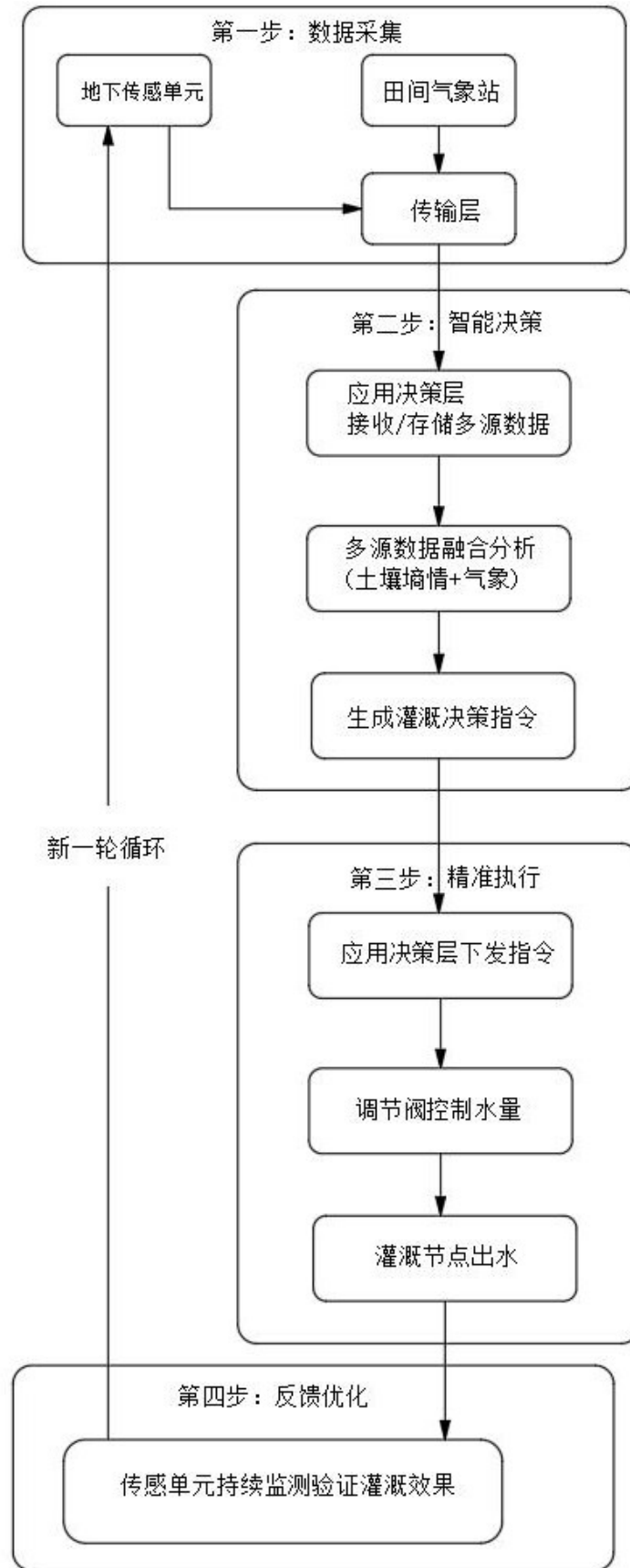


图 4

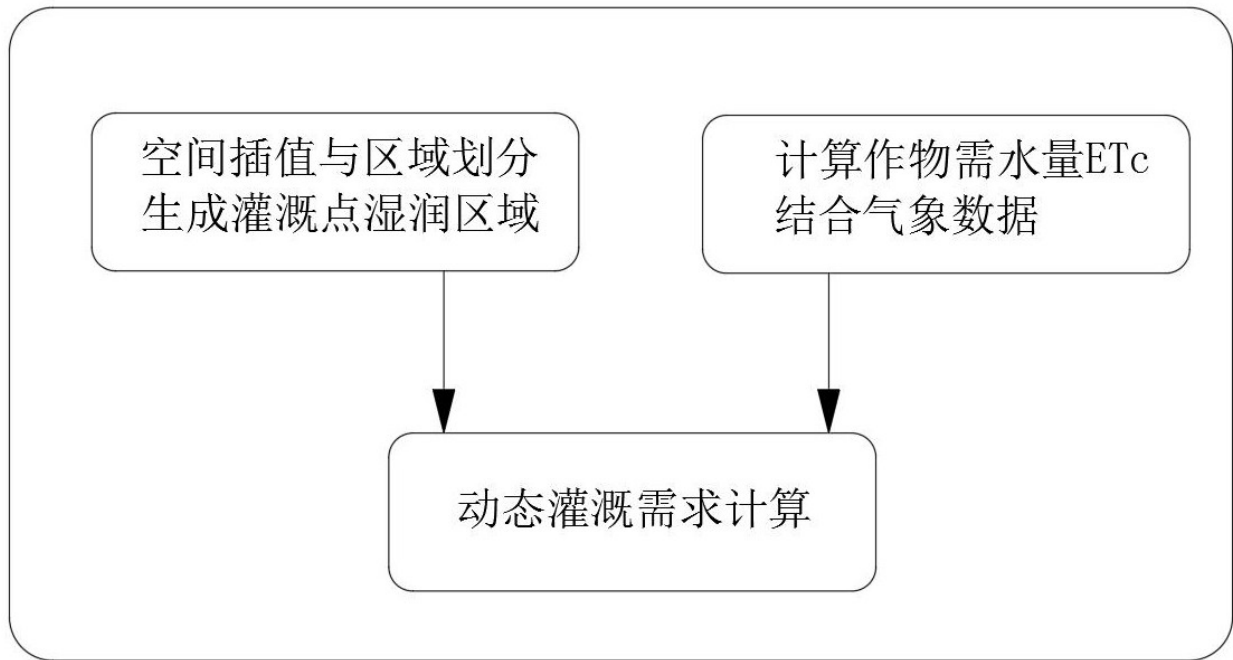


图 5