



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 112529723 A

(43)申请公布日 2021.03.19

(21)申请号 202010359817.3

(22)申请日 2020.04.30

(71)申请人 中国科学院地球化学研究所  
地址 550081 贵州省贵阳市观山湖区林城西路99号

(72)发明人 白晓永 王世杰 吴路华 陈飞  
周苗 田义超 罗光杰 李琴  
王金凤 谢元欢 杨钰杰 李朝君  
邓元红 胡泽银 田诗琪 路茜  
冉晨 刘闵

(74)专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569  
代理人 刘凤玲

(51)Int.Cl.  
G06Q 50/06(2012.01)  
G06F 30/20(2020.01)

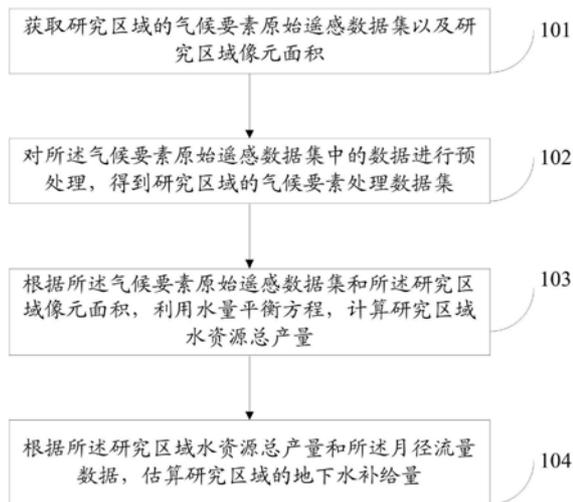
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种基于像元尺度的地下水补给量估算方法及系统

(57)摘要

本发明涉及一种基于像元尺度的地下水补给量估算方法及系统,包括获取研究区域的气候要素原始遥感数据集以及研究区域像元面积;所述气候要素原始遥感数据集包括单位像元面积月降水量数据、单位像元面积月实际蒸散发量数据、单位像元面积月融雪量数据、单位像元面积月土壤水分变化值数据以及月径流量数据;根据所述气候要素原始遥感数据集和所述研究区域像元面积,利用水量平衡方程,计算研究区域水资源总产量;根据所述研究区域水资源总产量和所述月径流量数据,估算研究区域的地下水补给量。采用本发明提供的方法或系统,克服了现有技术和现有模型难以实现基于空间像元尺度的地下水赋存量评估技术缺陷,弥补了现有模型的空白。



1. 一种基于像元尺度的地下水补给量估算方法,其特征在于,包括:

获取研究区域的气候要素原始遥感数据集以及研究区域像元面积;所述气候要素原始遥感数据集包括单位像元面积月降水量数据、单位像元面积月实际蒸散发量数据、单位像元面积月融雪量数据、单位像元面积月土壤水分变化值数据以及月径流量数据;

根据所述气候要素原始遥感数据集和所述研究区域像元面积,利用水量平衡方程,计算研究区域水资源总产量;

根据所述研究区域水资源总产量和所述月径流量数据,估算研究区域的地下水补给量。

2. 根据权利要求1所述的一种基于像元尺度的地下水补给量估算方法,其特征在于,在执行根据所述气候要素原始遥感数据集和所述研究区域像元面积,利用水量平衡方程,计算研究区域水资源总产量之前,还包括:

对所述气候要素原始遥感数据集中的数据进行预处理,得到研究区域的气候要素处理数据集;预处理的操作步骤依次包括格式转换、影像校正、裁剪、配准、质量检查和投影转换。

3. 根据权利要求1所述的一种基于像元尺度的地下水补给量估算方法,其特征在于,所述水量平衡方程为 $S(Q_{SN}+P) = S(ET + \Delta S) + R + G$ ;

其中, $S$ 为像元面积,单位为 $m^2$ ;  $Q_{SN}$ 为单位像元面积月融雪量,单位为 $mm$ ;  $P$ 为单位像元面积月降水量,单位为 $mm$ ;  $ET$ 为单位像元面积月实际蒸散发量,单位为 $mm$ ;  $\Delta S$ 为单位像元面积月土壤水分变化值,单位为 $mm$ ;  $R$ 为月径流量,单位为 $m^3$ ;  $G$ 为地下水补给量,单位为 $m^3$ 。

4. 根据权利要求2所述的一种基于像元尺度的地下水补给量估算方法,其特征在于,所述根据所述气候要素原始遥感数据集和所述研究区域像元面积,利用水量平衡方程,计算研究区域水资源总产量,具体包括:

根据公式 $W = R + G = S(Q_{SN} + P - ET - \Delta S)$ 计算研究区域水资源总产量;

其中, $W$ 为研究区域水资源总产量,单位为 $m^3$ ;  $R$ 为气候要素处理数据集中的月径流量,单位为 $m^3$ ;  $G$ 为地下水补给量,单位为 $m^3$ ;  $S$ 为像元面积,单位为 $m^2$ ;  $Q_{SN}$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月融雪量,单位为 $mm$ ;  $P$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月降水量,单位为 $mm$ ;  $ET$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月实际蒸散发量,单位为 $mm$ ;  $\Delta S$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月土壤水分变化值,单位为 $mm$ 。

5. 根据权利要求2所述的一种基于像元尺度的地下水补给量估算方法,其特征在于,所述根据所述研究区域水资源总产量和所述月径流量数据,估算研究区域的地下水补给量,具体包括:

根据公式 $G = W - R = S(Q_S + P - ET - \Delta S) - R$ 估算研究区域的地下水补给量;

其中, $G$ 为研究区域的地下水补给量,单位为 $m^3$ ;  $W$ 为研究区域水资源总产量,单位为 $m^3$ ;  $R$ 为气候要素处理数据集中的月径流量,单位为 $m^3$ ;  $S$ 为像元面积,单位为 $m^2$ ;  $Q_{SN}$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月融雪量,单位为 $mm$ ;  $P$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月降水量,单位为 $mm$ ;  $ET$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月实际蒸散发量,单位为 $mm$ ;  $\Delta S$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月土壤水分变化值,单位为 $mm$ 。

6. 一种基于像元尺度的地下水补给量估算系统,其特征在于,包括:

信息获取模块,用于获取研究区域的气候要素原始遥感数据集以及研究区域像元面

积;所述气候要素原始遥感数据集包括单位像元面积月降水量数据、单位像元面积月实际蒸散发量数据、单位像元面积月融雪量数据、单位像元面积月土壤水分变化值数据以及月径流量数据;

研究区域水资源总产量计算模块,用于根据所述气候要素原始遥感数据集和所述研究区域像元面积,利用水量平衡方程,计算研究区域水资源总产量;

地下水补给量估算模块,用于根据所述研究区域水资源总产量和所述月径流量数据,估算研究区域的地下水补给量。

7.根据权利要求6所述的一种基于像元尺度的地下水补给量估算系统,其特征在于,还包括:

预处理模块,用于对所述气候要素原始遥感数据集中的数据进行预处理,得到研究区域的气候要素处理数据集;预处理的操作步骤依次包括格式转换、影像校正、裁剪、配准、质量检查和投影转换。

8.根据权利要求7所述的一种基于像元尺度的地下水补给量估算系统,其特征在于,所述研究区域水资源总产量计算模块,具体包括:

研究区域水资源总产量计算单元,用于根据公式 $W=R+G=S(Q_{SN}+P-ET-\Delta S)$ 计算研究区域水资源总产量;

其中, $W$ 为研究区域水资源总产量,单位为 $m^3$ ;  $R$ 为气候要素处理数据集中的月径流量,单位为 $m^3$ ;  $G$ 为地下水补给量,单位为 $m^3$ ;  $S$ 为像元面积,单位为 $m^2$ ;  $Q_{SN}$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月融雪量,单位为 $mm$ ;  $P$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月降水量,单位为 $mm$ ;  $ET$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月实际蒸散发量,单位为 $mm$ ;  $\Delta S$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月土壤水分变化值,单位为 $mm$ 。

9.根据权利要求7所述的一种基于像元尺度的地下水补给量估算系统,其特征在于,所述地下水补给量估算模块,具体包括:

地下水补给量估算单元,用于根据公式 $G=W-R=S(Q_S+P-ET-\Delta S)-R$ 估算研究区域的地下水补给量;

其中, $G$ 为研究区域的地下水补给量,单位为 $m^3$ ;  $W$ 为研究区域水资源总产量,单位为 $m^3$ ;  $R$ 为气候要素处理数据集中的月径流量,单位为 $m^3$ ;  $S$ 为像元面积,单位为 $m^2$ ;  $Q_{SN}$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月融雪量,单位为 $mm$ ;  $P$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月降水量,单位为 $mm$ ;  $ET$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月实际蒸散发量,单位为 $mm$ ;  $\Delta S$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月土壤水分变化值,单位为 $mm$ 。

## 一种基于像元尺度的地下水补给量估算方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及地下水补给量估算领域,特别是涉及一种基于像元尺度的地下水补给量估算方法及系统。

### 背景技术

[0002] 地下水是与地表水同等重要的水资源,赋存量较大,具有极高的开采价值。然而,由于气候变化和人类活动的原因,地下水补给量变化动态较大,且有逐年衰竭的趋势。当前地下水赋存量的估算方法主要是基于地下水出口或泉点进行实时监测数据进行估算,在时空尺度上具有很大的不确定性,这主要是由于地下水埋藏较深,监测难度较大,时间长,监测点位上的数据不充分,难以表征真实的地下水变化特征。由于监测数据的缺乏,监测区域小,而地下水资源在空间大尺度上具有流动性和补给性能,因此,地下水资源评估往往基于跨省跨国尺度。此外,地下水补给量赋存具有极其显著的时空异质性,亟需快速、高效、精准地实现监测,并获取数据进行分析,而现阶段技术和方法难以实现空间上的监测任务,给地下水资源的实时评估带来了很大的困难。因此,亟需一套能够快速、高效、精准估算地下水补给量的新方法,以实现地下水补给量评估研究,为社会经济发展和生态恢复建设提供新的技术支撑。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种基于像元尺度的地下水补给量估算方法及系统,克服现有技术 and 现有模型难以实现基于空间像元尺度的地下水赋存量评估技术缺陷,弥补现有模型的空白。

[0004] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

[0005] 一种基于像元尺度的地下水补给量估算方法,包括:

[0006] 获取研究区域的气候要素原始遥感数据集以及研究区域像元面积;所述气候要素原始遥感数据集包括单位像元面积月降水量数据、单位像元面积月实际蒸散发量数据、单位像元面积月融雪量数据、单位像元面积月土壤水分变化值数据以及月径流量数据;

[0007] 根据所述气候要素原始遥感数据集和所述研究区域像元面积,利用水量平衡方程,计算研究区域水资源总产量;

[0008] 根据所述研究区域水资源总产量和所述月径流量数据,估算研究区域的地下水补给量。

[0009] 可选的,在执行根据所述气候要素原始遥感数据集和所述研究区域像元面积,利用水量平衡方程,计算研究区域水资源总产量之前,还包括:

[0010] 对所述气候要素原始遥感数据集中的数据进行预处理,得到研究区域的气候要素处理数据集;预处理的操作步骤依次包括格式转换、影像校正、裁剪、配准、质量检查和投影转换。

[0011] 可选的,所述水量平衡方程为 $S(Q_{SN}+P) = S(ET + \Delta S) + R + G$ ;

[0012] 其中, $S$ 为像元面积,单位为 $m^2$ ;  $Q_{SN}$ 为单位像元面积月融雪量,单位为 $mm$ ;  $P$ 为单位像元面积月降水量,单位为 $mm$ ;  $ET$ 为单位像元面积月实际蒸散发量,单位为 $mm$ ;  $\Delta S$ 为单位像元面积月土壤水分变化值,单位为 $mm$ ;  $R$ 为月径流量,单位为 $m^3$ ;  $G$ 为地下水补给量,单位为 $m^3$ 。

[0013] 可选的,所述根据所述气候要素原始遥感数据集和所述研究区域像元面积,利用水量平衡方程,计算研究区域水资源总产量,具体包括:

[0014] 根据公式 $W=R+G=S(Q_{SN}+P-ET-\Delta S)$ 计算研究区域水资源总产量;

[0015] 其中, $W$ 为研究区域水资源总产量,单位为 $m^3$ ;  $R$ 为气候要素处理数据集中的月径流量,单位为 $m^3$ ;  $G$ 为地下水补给量,单位为 $m^3$ ;  $S$ 为像元面积,单位为 $m^2$ ;  $Q_{SN}$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月融雪量,单位为 $mm$ ;  $P$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月降水量,单位为 $mm$ ;  $ET$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月实际蒸散发量,单位为 $mm$ ;  $\Delta S$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月土壤水分变化值,单位为 $mm$ 。

[0016] 可选的,所述根据所述研究区域水资源总产量和所述月径流量数据,估算研究区域的地下水补给量,具体包括:

[0017] 根据公式 $G=W-R=S(Q_S+P-ET-\Delta S)-R$ 估算研究区域的地下水补给量;

[0018] 其中, $G$ 为研究区域的地下水补给量,单位为 $m^3$ ;  $W$ 为研究区域水资源总产量,单位为 $m^3$ ;  $R$ 为气候要素处理数据集中的月径流量,单位为 $m^3$ ;  $S$ 为像元面积,单位为 $m^2$ ;  $Q_{SN}$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月融雪量,单位为 $mm$ ;  $P$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月降水量,单位为 $mm$ ;  $ET$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月实际蒸散发量,单位为 $mm$ ;  $\Delta S$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月土壤水分变化值,单位为 $mm$ 。

[0019] 一种基于像元尺度的地下水补给量估算系统,包括:

[0020] 信息获取模块,用于获取研究区域的气候要素原始遥感数据集以及研究区域像元面积;所述气候要素原始遥感数据集包括单位像元面积月降水量数据、单位像元面积月实际蒸散发量数据、单位像元面积月融雪量数据、单位像元面积月土壤水分变化值数据以及月径流量数据;

[0021] 研究区域水资源总产量计算模块,用于根据所述气候要素原始遥感数据集和所述研究区域像元面积,利用水量平衡方程,计算研究区域水资源总产量;

[0022] 地下水补给量估算模块,用于根据所述研究区域水资源总产量和所述月径流量数据,估算研究区域的地下水补给量。

[0023] 可选的,还包括:

[0024] 预处理模块,用于对所述气候要素原始遥感数据集中的数据进行预处理,得到研究区域的气候要素处理数据集;预处理的操作步骤依次包括格式转换、影像校正、裁剪、配准、质量检查和投影转换。

[0025] 可选的,所述研究区域水资源总产量计算模块,具体包括:

[0026] 研究区域水资源总产量计算单元,用于根据公式 $W=R+G=S(Q_{SN}+P-ET-\Delta S)$ 计算研究区域水资源总产量;

[0027] 其中, $W$ 为研究区域水资源总产量,单位为 $m^3$ ;  $R$ 为气候要素处理数据集中的月径流量,单位为 $m^3$ ;  $G$ 为地下水补给量,单位为 $m^3$ ;  $S$ 为像元面积,单位为 $m^2$ ;  $Q_{SN}$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月融雪量,单位为 $mm$ ;  $P$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月降水量,单位为 $mm$ ;  $ET$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月实际蒸散发量,单位为 $mm$ ;

$\Delta S$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月土壤水分变化值,单位为mm。

[0028] 可选的,所述地下水补给量估算模块,具体包括:

[0029] 地下水补给量估算单元,用于根据公式 $G=W-R=S(Q_S+P-ET-\Delta S)-R$ 估算研究区域的地下水补给量;

[0030] 其中, $G$ 为研究区域的地下水补给量,单位为 $m^3$ ;  $W$ 为研究区域水资源总产量,单位为 $m^3$ ;  $R$ 为气候要素处理数据集中的月径流量,单位为 $m^3$ ;  $S$ 为像元面积,单位为 $m^2$ ;  $Q_S$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月融雪量,单位为mm;  $P$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月降水量,单位为mm;  $ET$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月实际蒸散发量,单位为mm;  $\Delta S$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月土壤水分变化值,单位为mm。

[0031] 根据本发明提供的具体实施例,本发明公开了以下技术效果:

[0032] 本发明提供了一种基于像元尺度的地下水补给量估算方法及系统,利用月径流量数据、月降水量数据、月实际蒸散发量数据以及月融雪量数据,根据水量平衡方程推导出地下水补给量估算模型,为地下水储量监测评估提供了一种新方法。该地下水补给量估算模型具有快速、高效、适用于全球大尺度的优势,解决了地下水补给量监测难度大、时间久、精度不高的问题,为生态恢复和社会经济发展相关研究提供了新的技术支撑和理论基础。

## 附图说明

[0033] 为了更清楚地说明本发明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的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0034] 图1为本发明基于像元尺度的地下水补给量估算方法的流程图;

[0035] 图2为本发明基于像元尺度的地下水补给量估算系统的结构图。

## 具体实施方式

[0036] 下面将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,所描述的实施例仅仅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。

[0037] 本发明的目的是提供一种基于像元尺度的地下水补给量估算方法及系统,克服现有技术 and 现有模型难以实现基于空间像元尺度的地下水赋存量评估技术缺陷,弥补现有模型的空白。

[0038] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0039] 如图1所示,本发明提供了一种基于像元尺度的地下水补给量估算方法,具体包括以下步骤。

[0040] 步骤101:获取研究区域的气候要素原始遥感数据集以及研究区域像元面积;所述气候要素原始遥感数据集包括全球陆地总水储量变化数据(GRACE)、单位像元面积月降水量数据、单位像元面积月实际蒸散发量数据、单位像元面积月融雪量数据、单位像元面积月

土壤水分变化值数据以及月径流量数据等。

[0041] 气候要素原始遥感数据集包括各月尺度的单位像元面积的降水量、实际蒸散发量、厚度为0-10cm、10-40cm、40-100cm和100-200cm的土壤水含量数据、融雪量数据,并合并成年值数据。这些数据均来源于美国国家航空航天局(NASA)(网址:<https://www.nasa.gov/>)的FLDAS数据集(FLDAS Noah Land Surface Model L4 Global Monthly 0.1x 0.1degree(MERRA-2and CHIRPS)V001(FLDAS\_NOAH01\_C\_GL\_M)at GES DISC(网址:<https://ldas.gsfc.nasa.gov/FLDAS/>)),FLDAS数据集的空间分辨率为 $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$ ,或GLDAS数据集。气候要素原始遥感数据集的时间分辨率为每月,空间范围覆盖全球(60S, 180W, 90N, 180E)。

[0042] 此外,用全球土壤深度数据来计算月尺度的土层厚度数据,全球土壤深度数据来源于网址:<https://daac.ornl.gov/>,空间分辨率为 $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$ ,和网址:<https://www.isric.org/explore/soilgrids>,也可以根据研究尺度选择不同空间分辨率的的土壤深度数据,例如 $250\text{m} \times 250\text{m}$ 、 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 、 $5\text{km} \times 5\text{km}$ 和 $10\text{km} \times 10\text{km}$ 。2015年最新行政区划矢量数据均来源于中国科学院资源环境科学数据网(网址:<http://www.resdc.cn/>)和国家测绘地理信息局(网址:<http://www.sbsm.gov.cn/article/zxbs/dfw/>)。

[0043] 全球陆地融雪量及地表径流量数据(GLDAS)来源于全球陆地数据同化系统(Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center,简称GES DISC,(GLDAS Noah Land Surface Model L4 Monthly 0.25x 0.25degree),网址:<https://mirador.gsfc.nasa.gov/>)。

[0044] 步骤102:对所述气候要素原始遥感数据集中的数据进行预处理,得到研究区域的气候要素处理数据集;预处理的步骤依次包括格式转换、影像校正、裁剪、配准、质量检查和投影转换等。

[0045] 本发明利用数据同化方法,将气候要素原始遥感数据集中所有栅格数据的栅格单元大小均转为相同的空间分辨率,投影方式全部采用ALBERS等积圆锥投影(Krasovsky-1940-Albers,为一种投影坐标系)方式。

[0046] 上述全球尺度的栅格数据通过格式转换、影像校正、裁剪、配准、质量检查、投影转换后,最终得到研究区域的气候要素处理数据集。

[0047] 步骤103:根据所述气候要素原始遥感数据集和所述研究区域像元面积,利用水量平衡方程,计算研究区域水资源总产量。具体包括:

[0048] 首先,基于水量平衡方程推导出研究区域水资源总产量的计算公式。

[0049] 其次,将研究区域像元面积和气候要素处理数据集中的单位像元面积月融雪量、单位像元面积月降水量、单位像元面积月实际蒸散发量、单位像元面积月土壤水分变化值,输入到研究区域水资源总产量的计算公式中,确定研究区域水资源总产量。

[0050] 其中,水量平衡方程为

[0051]  $S(Q_{SN}+P) = S(ET+ \Delta S) +R+G$  (1);

[0052] 公式(1)中,S为像元面积,单位为 $\text{m}^2$ ;  $Q_{SN}$ 为单位像元面积月融雪量,单位为 $\text{mm}$ ;P为单位像元面积月降水量,单位为 $\text{mm}$ ;ET为单位像元面积月实际蒸散发量,单位为 $\text{mm}$ ;  $\Delta S$ 为单位像元面积月土壤水分变化值,单位为 $\text{mm}$ ;R为月径流量,单位为 $\text{m}^3$ ;G为地下水补给量,单位为 $\text{m}^3$ 。

[0053] 研究区域水资源总产量的计算公式为

$$[0054] \quad W=R+G=S(Q_{SN}+P-ET-\Delta S) \quad (2);$$

[0055] 公式(2)中,W为研究区域水资源总产量,单位为 $m^3$ ;R为气候要素处理数据集中的月径流量,单位为 $m^3$ ;G为地下水补给量,单位为 $m^3$ ;S为像元面积,单位为 $m^2$ ;Q<sub>SN</sub>为气候要素处理数据集中的单位像元面积月融雪量,单位为mm;P为气候要素处理数据集中的单位像元面积月降水量,单位为mm;ET为气候要素处理数据集中的单位像元面积月实际蒸散发量,单位为mm;ΔS为气候要素处理数据集中的单位像元面积月土壤水分变化值,单位为mm。

[0056] 融雪量数据来源于空间分辨率为 $0.125^\circ \times 0.125^\circ$ ,覆盖于全球的(60S,180W,90N,180E)单位像元面积月尺度融雪量数据的重采样结果。上述融雪量数据来源于NLDAS Noah Land Surface Model L4 Monthly  $0.125^\circ \times 0.125^\circ$ 数据集(网址:<https://mirador.gsfc.nasa.gov/>)。

[0057] 土壤水分变化值来源于利用美国国家航空航天局(NASA)(网址:<https://www.nasa.gov/>)的FLDAS数据集(FLDAS Noah Land Surface Model L4 Global Monthly  $0.1 \times 0.1$ degree (MERRA-2and CHIRPS) V001 (FLDAS\_NOAH01\_C\_GL\_M) at GES DISC(网址:<https://ldas.gsfc.nasa.gov/FLDAS/>)),空间分辨率为 $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ 的土壤含水量栅格数据经重采样后作为土壤水分变化值,该土壤含水量栅格数据的土壤深度为2m。

[0058] 步骤104:根据所述研究区域水资源总产量和所述月径流量数据,估算研究区域的地下水补给量。具体为:

[0059] 首先,基于研究区域水资源总产量的计算公式推导出研究区域的地下水补给量的计算公式。

[0060] 其次,将研究区域水资源总产量和气候要素处理数据集中的月径流量,输入到研究区域的地下水补给量的计算公式中,确定研究区域的地下水补给量。

[0061] 其中,研究区域的地下水补给量的计算公式为

$$[0062] \quad G=W-R=S(Q_S+P-ET-\Delta S)-R \quad (3);$$

[0063] 公式(3)中,G为研究区域的地下水补给量,单位为 $m^3$ ;W为研究区域水资源总产量,单位为 $m^3$ ;R为气候要素处理数据集中的月径流量,单位为 $m^3$ 。

[0064] 为实现上述目的,本发明还提供了一种基于像元尺度的地下水补给量估算系统,如图2所示,包括:

[0065] 信息获取模块201,用于获取研究区域的气候要素原始遥感数据集以及研究区域像元面积;所述气候要素原始遥感数据集包括单位像元面积月降水量数据、单位像元面积月实际蒸散发量数据、单位像元面积月融雪量数据、单位像元面积月土壤水分变化值数据以及月径流量数据。

[0066] 预处理模块202,用于对所述气候要素原始遥感数据集中的数据进行预处理,得到研究区域的气候要素处理数据集;预处理的操作步骤依次包括格式转换、影像校正、裁剪、配准、质量检查和投影转换。

[0067] 研究区域水资源总产量计算模块203,用于根据所述气候要素原始遥感数据集和所述研究区域像元面积,利用水量平衡方程,计算研究区域水资源总产量。

[0068] 地下水补给量估算模块204,用于根据所述研究区域水资源总产量和所述月径流量数据,估算研究区域的地下水补给量。

[0069] 所述研究区域水资源总产量计算模块203,具体包括:

[0070] 研究区域水资源总产量计算单元,用于根据公式 $W=R+G=S(Q_{SN}+P-ET-\Delta S)$ 计算研究区域水资源总产量。

[0071] 其中, $W$ 为研究区域水资源总产量,单位为 $m^3$ ;  $R$ 为气候要素处理数据集中的月径流量,单位为 $m^3$ ;  $G$ 为地下水补给量,单位为 $m^3$ ;  $S$ 为像元面积,单位为 $m^2$ ;  $Q_{SN}$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月融雪量,单位为 $mm$ ;  $P$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月降水量,单位为 $mm$ ;  $ET$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月实际蒸散发量,单位为 $mm$ ;  $\Delta S$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月土壤水分变化值,单位为 $mm$ 。

[0072] 所述地下水补给量估算模块204,具体包括:

[0073] 地下水补给量估算单元,用于根据公式 $G=W-R=S(Q_S+P-ET-\Delta S)-R$ 估算研究区域的地下水补给量。

[0074] 其中, $G$ 为研究区域的地下水补给量,单位为 $m^3$ ;  $W$ 为研究区域水资源总产量,单位为 $m^3$ ;  $R$ 为气候要素处理数据集中的月径流量,单位为 $m^3$ ;  $S$ 为像元面积,单位为 $m^2$ ;  $Q_{SN}$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月融雪量,单位为 $mm$ ;  $P$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月降水量,单位为 $mm$ ;  $ET$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月实际蒸散发量,单位为 $mm$ ;  $\Delta S$ 为气候要素处理数据集中的单位像元面积月土壤水分变化值,单位为 $mm$ 。

[0075] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的系统而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。

[0076] 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

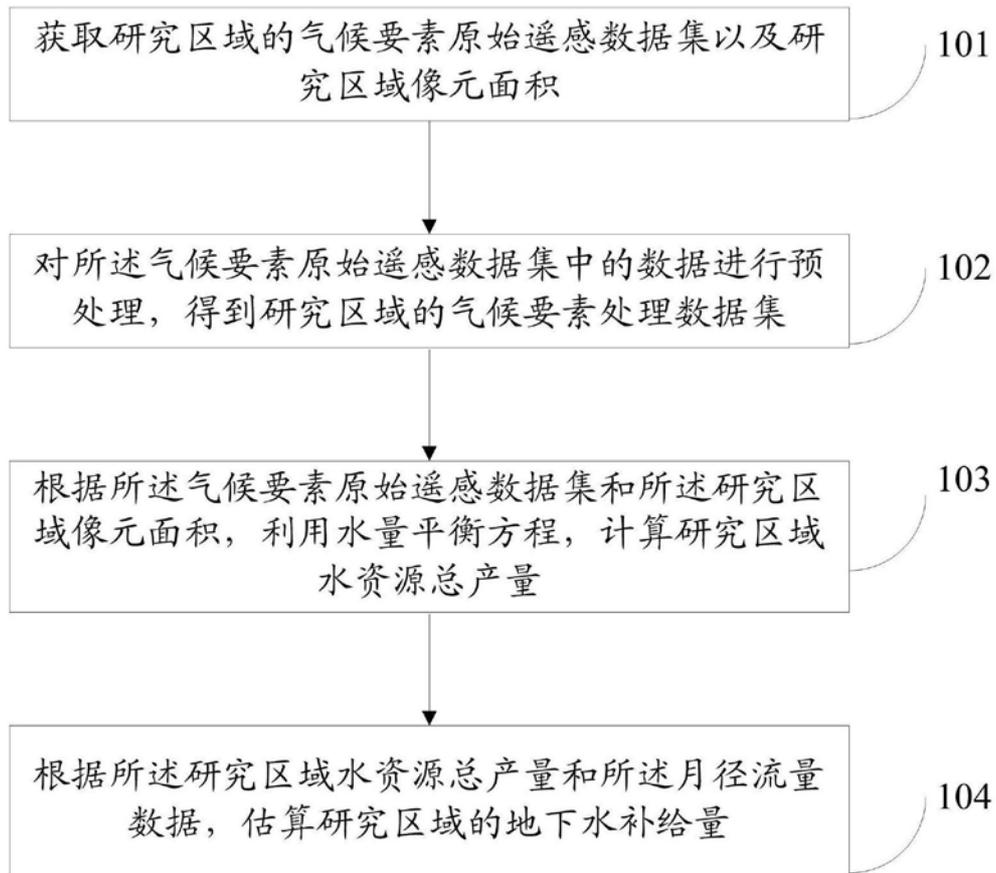


图1



图2