



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108805330 A

(43)申请公布日 2018.11.13

(21)申请号 201810414128.0

(22)申请日 2018.05.03

(71)申请人 佛山科学技术学院

地址 528000 广东省佛山市南海区狮山镇
仙溪水库西路佛山科学技术学院

(72)发明人 张彩霞 王向东 张江水 王新东

(74)专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有
限公司 44205

代理人 王国标

(51) Int. Cl.

G06Q 10/04(2012.01)

G06Q 50/06(2012.01)

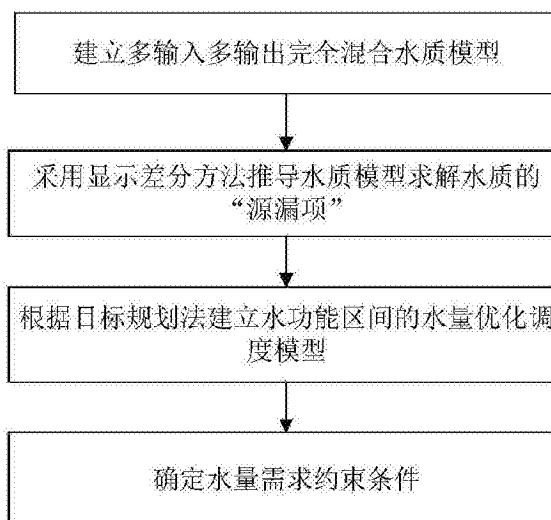
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种水功能区间水量优化调度方法及装置

(57)摘要

本发明属于水质水量调度领域,尤其涉及一种水功能区间水量优化调度方法及装置。本发明通过对从模型的输入输出维数、源漏项、模型求解三个方面对水质迁移转化垂本方程进行研究和改进,以期建立适用于复杂原水系统的水库水质模拟模型。构件水功能区间水量优化调度模型将全局水系统中的境外水源、水库、水厂等概化为网络结点,各结点间通过线段渠道、输水管道、涵管等连接进行调度,具有很好的应用前景与场前景。



1. 一种水功能区水质水量优化调度方法,其特征在于,所述方法包括:

步骤1,建立多输入多输出完全混合水质模型;

步骤2,采用显示差分方法推导水质模型求解水质的源漏项;

步骤3,根据目标规划法建立水功能区的水量优化调度模型;

步骤4,确定水量需求约束条件。

2. 根据权利要求1所述的一种水功能区水质水量优化调度方法,其特征在于,在步骤1中,所述建立多输入多输出完全混合水质模型的方法包括以下子步骤:

步骤1.1,水体单元为单输入单输出,令 $\frac{dV}{dt} = 0$, $\frac{dVC}{dt} = \frac{VdC}{dt}$;

步骤1.2,则多输入多输出完全混合水质模型为:

$$\sum_{k=1}^n Q_i^k C_i^k dt - \sum_{j=1}^m Q^j C dt + V \sum S_i dt = dVC$$

$\sum_{k=1}^n Q_i^k C_i^k - \sum_{j=1}^m Q^j C + V = \frac{dVC}{dt}$ 其中,水功能区有n个输入项,第k项输入项的流量为 Q^k ,每

个输入项对应水质组份浓度为 C_i^k , $k=1, 2, \dots, n$;同时每个水功能区以时段平均浓度C向下游m个对象供水,每项输出项的流量为 Q^j , $j=1, 2, \dots, m$, $\sum S_i$ 为水质指标的源漏项。

3. 根据权利要求1所述的一种水功能区水质水量优化调度方法,其特征在于,在步骤2中,所述采用显示差分方法推导水质模型求解水质的源漏项的方法为将水质迁移转化方程中源漏项分解为两个子项,采用以下通用表达式求解水质的源漏项:

$$\sum S_i = S(x, C) = f(x) + g(C)$$

式中: $f(x)$ 为与当前时段水质指标浓度无关的子项; $g(C)$ 为与当前时段水质指标浓度相关的子项; x 为相应物质具有生化反应相变量,为相关水质指标的浓度值。

4. 根据权利要求1所述的一种水功能区水质水量优化调度方法,其特征在于,在步骤3中,所述根据目标规划法建立水功能区的水量优化调度模型的方法为:根据目标规划法,前一个目标为首要满足目标,后一个目标是基于前一个目标基础上进行第二次优化,数学表达式为:

$$\min f = \min f(G_{ji}) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^T \left| \frac{G_{ji} - X_{ji}}{X_{ji}} \right|$$

$$\min f = \min f' + E = \min \left(\sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^T p_j W Q_{ji} + \sum_{j=1}^v \sum_{i=1}^T x N_{ji}(WB_{ji}) \right)$$

式中: m 为系统中水厂数量; T 为调度周期的时段数; G_{ji} 为第*i*时段供给第*j*个水厂的实际供水量; X_{ji} 为第*i*时段水厂*j*的需水量; f 为系统供水破坏深度; s 为水源数量; v 为系统中泵站数量; p_j 为第*j*个水源的水资源价格; c 为泵站所在区域的单位电价; WQ_{ji} 为水源*j*第*i*时段的引水量, WB_{ji} 为泵站*j*第*i*时段的抽水量; $N_{ji}(\cdot)$ 为泵站*j*第*i*时段耗电量是时段抽水量的函数; E 为电费, f' 为水资源费, f 为调度方案总费用。

5. 根据权利要求1所述的一种水功能区水质水量优化调度方法,其特征在于,在步骤4中,所述水量需求约束条件包括水功能区水量、水厂水量、水源取水口水量以及水库、泵站

规模和管线规模约束。

6. 一种水功能区间水质水量优化调度装置,其特征在于,所述装置包括:
 - 水质建模单元,用于建立多输入多输出完全混合水质模型;
 - 水质求解单元,用于采用显示差分方法推导水质模型求解水质的源漏项;
 - 水量建模单元,用于根据目标规划法建立水功能区间的水量优化调度模型;
 - 约束确定单元,用于确定水量需求约束条件。

一种水功能区间水量优化调度方法及装置

技术领域

[0001] 本公开属于水质监测领域,具体涉及一种水功能区间水量优化调度方法及装置。

背景技术

[0002] 水资源是国民经济的重要行业和关键领域,关系国计民生和能源安全。供水企业承担着为经济社会发展提供安全、经济、清洁、高效、可持续的水资源供应的重大职责,承担着重大的经济责任、政治责任和社会责任。衡量水功能区的供水质量不仅仅考虑水功能区的技术经济性,更要关注水功能区运营所承担的政治责任和社会责任,即水功能区运营肩负的保安全、保需求、提高供水质量和服务水平的供水任务。

[0003] 水功能区供水质量影响着水功能区包括安全稳定性、水功能区水量有关的指标、供水可靠性、水质质量、水污染的综合效益的发挥。在目前的调度实践中,水功能区按照初始设计的常规调度图进行蓄水期的实时调度,即根据当前来水情况和当前水功能区水位做出当前阶段的调度决策。在现有的技术中存在如下问题:(1)水功能区之间以及水库与水厂之间存在多对多水力联系,而且从不同水源的来水其水质、水量一般不同;(2)只针对一种水质指标,并且假设其源漏项仅为一级动力反应方程情况下进行求解推导,然而实际应用中水质指标之间存在复杂的相互转化关系时,其模拟结果之间的相互影响不可忽视以总氮、硝酸盐氮、氨氮之间的转化关系为例,种水质指标之间的转化关系;(3)全局水系统中由于水功能区之间利用库容进行补偿调节,水功能区水量变化相对较大,如果忽略时段内的水库库容变化对模型进行简化,将会在求解结果中产生较大的系统误差。这些问题都会降低调度决策的准确性,不能最大程度地利用水资源,不能实现效益最大化。

发明内容

[0004] 本公开的目的是针对现有技术的不足,提供一种水功能区间水量优化调度方法及装置。

[0005] 为了实现上述目的,本公开提出一种水功能区间水质水量优化调度方法,具体包括以下步骤:

[0006] 步骤1,建立多输入多输出完全混合水质模型;

[0007] 步骤2,采用显示差分方法推导水质模型求解水质的源漏项;

[0008] 步骤3,根据目标规划法建立水功能区间的水量优化调度模型;

[0009] 步骤4,确定水量需求约束条件。

[0010] 进一步地,在步骤1中,所述建立多输入多输出完全混合水质模型的方法包括以下子步骤:

[0011] 步骤1.1,水体单元为单输入单输出,令 $\frac{dV}{dt} = 0$, $\frac{dVC}{dt} = \frac{VdC}{dt}$;

[0012] 步骤1.2,则多输入多输出完全混合水质模型为:

$$[0013] \quad \sum_{k=1}^n Q^k C_i^k dt - \sum_{j=1}^m Q^j C dt + V \sum S_i dt = dVC$$

$$[0014] \quad \sum_{k=1}^n Q^k C_i^k - \sum_{j=1}^m Q^j C + V = \frac{dVC}{dt}$$

其中,水功能区有n个输入项,第k项输入项的流量为

Q^k ,每个输入项对应水质组份浓度为 C_i^k , $k=1, 2, \dots, n$;同时每个水功能区以时段平均浓度C向下游m个对象供水,每项输出项的流量为 Q^j , $j=1, 2, \dots, m$, $\sum S_i$ 为水质指标的源漏项。

[0015] 进一步地,在步骤2中,所述采用显示差分方法推导水质模型求解水质的源漏项的方法为将水质迁移转化方程中源漏项分解为两个子项,采用以下通用表达式求解水质的源漏项:

$$[0016] \quad \sum S_i = S(x, C) = f(x) + g(C)$$

[0017] 式中: $f(x)$ 为与当前时段水质指标浓度无关的子项; $g(C)$ 为与当前时段水质指标浓度相关的子项; x 为相应物质具有生化反应相变量,为相关水质指标的浓度值。

[0018] 进一步地,在步骤3中,所述根据目标规划法建立水功能区区间的水量优化调度模型的方法为:根据目标规划法,前一个目标为首要满足目标,后一个目标是基于前一个目标基础上进行第二次优化,数学表达式为:

$$[0019] \quad \min f = \min f(G_{ji}) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^T \left| \frac{G_{ji} - X_{ji}}{X_{ji}} \right|$$

$$[0020] \quad \min f = \min f' + E = \min \left(\sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^T p_j W Q_{ji} + \sum_{j=1}^v \sum_{i=1}^T x N_{ji}(WB_{ji}) \right)$$

[0021] 式中: m 为系统中水厂数量; T 为调度周期的时段数; G_{ji} 为第*i*时段供给第*j*个水厂的实际供水量; X_{ji} 为第*i*时段水厂*j*的需水量; f 为系统供水破坏深度; s 为水源数量; v 为系统中泵站数量; p_j 为第*j*个水源的水资源价格; c 为泵站所在区域的单位电价; WQ_{ji} 为水源*j*第*i*时段的引水量, WB_{ji} 为泵站*j*第*i*时段的抽水量; $N_{ji}(\cdot)$ 为泵站*j*第*i*时段耗电量是时段抽水量的函数; E 为电费, f' 为水资源费, f 为调度方案总费用。

[0022] 进一步地,在步骤4中,所述水量需求约束条件包括水功能区水量、水厂水量、水源取水口水量以及水库、泵站规模和管线规模约束。

[0023] 本公开还提供了一种水功能区区间水质水量优化调度装置,所述装置包括:

[0024] 水质建模单元,用于建立多输入多输出完全混合水质模型;

[0025] 水质求解单元,用于采用显示差分方法推导水质模型求解水质的源漏项;

[0026] 水量建模单元,用于根据目标规划法建立水功能区区间的水量优化调度模型;

[0027] 约束确定单元,用于确定水量需求约束条件。

[0028] 本公开的有益效果为:本公开从模型的输入输出维数、源漏项、模型求解三个方面对水质迁移转化垂本方程进行研究和改进,以期建立适用于复杂原水系统的水库水质模拟模型。构件水功能区区间水量优化调度模型将全局水系统中的境外水源、水库、水厂等概化为网络结点,各结点间通过线段渠道、输水管道、涵管等进行连接调度。

附图说明

[0029] 通过对结合附图所示出的实施方式进行详细说明,本公开的上述以及其他特征将更加明显,本公开附图中相同的参考标号表示相同或相似的元素,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本公开的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图,在附图中:

[0030] 图1所示为本公开的一种水功能区间水质水量优化调度方法的流程图;

[0031] 图2所示为本公开的一种水功能区间水质水量优化调度装置图。

具体实施方式

[0032] 以下将结合实施例和附图对本公开的构思、具体结构及产生的技术效果进行清楚、完整的描述,以充分地理解本公开的目的、方案和效果。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0033] 如图1所示为根据本公开的一种水功能区间水质水量优化调度方法的流程图,下面结合图1来阐述根据本公开的实施方式的水功能区水质水量评价决策方法。

[0034] 本公开提出一种水功能区间水质水量优化调度方法,具体包括以下步骤:

[0035] 步骤1,建立多输入多输出完全混合水质模型;

[0036] 步骤2,采用显示差分方法推导水质模型求解水质的源漏项;

[0037] 步骤3,根据目标规划法建立水功能区间的水量优化调度模型;

[0038] 步骤4,确定水量需求约束条件。

[0039] (1) 建立多输入多输出完全混合水质模型

[0040] 水质迁移转化基本方程中假设水体单元为单输入单输出,并且通常为了求解方便做出如下简化:忽略了水体体积随时间的变化,假设 $dV/dt=0$ 或 $dVC/dt \approx VdC/dt$;假设源漏项仅为一级动力反应方程,且忽略了水质指标之间的相互影响。这些简化的假设在全局水系统中往往不能成立,主要表现为以下三个方面:

[0041] 1)、在全局水系统中,水功能区之间以及水库与水厂之间存在多对多水力联系,而且从不同水源的来水其水质、水量一般不同,为了使水质模型与水功能区存在多输入多输出的基本特征相符合,以水质迁移转化基本方程为基础,建立多输入多输出完全混合水质模型;

[0042] 2)、水质迁移转化基本方程只针对一种水质指标,并且假设其源漏项仅为一级动力反应方程情况下进行求解推导,然而实际应用中水质指标之间存在复杂的相互转化关系时,其模拟结果之间的相互影响不可忽视以总氮、硝酸盐氮、氨氮之间的转化关系为例,种水质指标之间的转化关系如图所示,通过总结水质生化反应数学模型的一般规律,在保证不增加求解难度前提下构建源漏项的通用表达式,用于描述水质指标身以及水质指标之间的生化反应关系;

[0043] 3)、全局水系统中由于水功能区之间利用库容进行补偿调节,水功能区水量变化相对较大,如果忽略时段内的水库库容变化对模型进行简化,将会在求解结果中产生较大的系统误差,为了减少误差,通过假设库容及水质程线性变化,采用显示差分方法推导水质模型的求解。

[0044] 针对以上问题从模型的输入输出维数、源漏项、模型求解三个方面对水质迁移转化垂本方程进行研究和改进,以期建立适用于复杂原水系统的水库水质模拟模型。

[0045] 不失一般性,在下式的基础上假设水功能区有n个输入项(引水水源),第k项输入项的流量为 Q^k ,每个输入项对应水质组份浓度为 C_I^k , ($k=1, 2, \dots, n$);同时每个水功能区以时段平均浓度C向下游m个对象(水厂或水库)供水,每项输出项的流量为 Q^j , ($j=1, 2, \dots, m$);水质指标的源漏项仍以 $\sum S_i$ 表示,则多输入多输出完全混合水质模型的水质迁移转化方程表示为:

$$[0046] \quad \sum_{k=1}^n Q_I^k C_I^k dt - \sum_{j=1}^m Q^j C dt + V \sum S_i dt = dVC$$

[0047] 式中其他符号意义同前文。对上式进行整理得:

$$[0048] \quad \sum_{k=1}^n Q_I^k C_I^k - \sum_{j=1}^m Q^j C + V = \frac{dVC}{dt}$$

[0049] 上面整理的方程,源漏项 $\sum S_i$,综合反映各种水质指标在水体中的生化反应的数学子模型,该子模型的正确表达不仅直接关系到整个模型设计上的合理性,而且该子模型的不同表达方式将直接关系到整个模型求解方法。综合比较前文所述的若干种水质指标的生化反应数学模型,可以根据各种组分的源漏项表达式中各项内容是否包含当前时段水质指标浓度,将水质迁移转化方程中源漏项分解为两个子项,采用以下通用表达式:

$$[0050] \quad \sum S_i = S(x, C) = f(x) + g(C)$$

[0051] 式中: $f(x)$ 为与当前时段水质指标浓度无关的子项; $g(C)$ 为与当前时段水质指标浓度相关的子项; x 为相应物质具有生化反应相变量,可以是其他相关水质指标的浓度值,或者是常数。

[0052] 进一步地,在步骤1中,所述建立多输入多输出完全混合水质模型的方法包括以下子步骤:

$$[0053] \quad \text{步骤1.1, 水体单元为单输入单输出, 令 } \frac{dV}{dt} = 0, \quad \frac{dVC}{dt} = \frac{VdC}{dt};$$

[0054] 步骤1.2, 则多输入多输出完全混合水质模型为:

$$[0055] \quad \sum_{k=1}^n Q_I^k C_I^k dt - \sum_{j=1}^m Q^j C dt + V \sum S_i dt = dVC$$

$$[0056] \quad \sum_{k=1}^n Q_I^k C_I^k - \sum_{j=1}^m Q^j C + V = \frac{dVC}{dt} \quad \text{其中, 水功能区有n个输入项, 第k项输入项的流量为}$$

Q^k , 每个输入项对应水质组份浓度为 C_I^k , $k=1, 2, \dots, n$;同时每个水功能区以时段平均浓度C向下游m个对象供水,每项输出项的流量为 Q^j , $j=1, 2, \dots, m$, $\sum S_i$ 为水质指标的源漏项。

[0057] 进一步地,在步骤2中,所述采用显示差分方法推导水质模型求解水质的源漏项的方法为将水质迁移转化方程中源漏项分解为两个子项,采用以下通用表达式求解水质的源漏项:

$$[0058] \quad \sum S_i = S(x, C) = f(x) + g(C)$$

[0059] 式中: $f(x)$ 为与当前时段水质指标浓度无关的子项; $g(C)$ 为与当前时段水质指标浓度相关的子项; x 为相应物质具有生化反应相变量,为相关水质指标的浓度值。

[0060] (2) 水功能区间水量优化调度模型

[0061] 将全局水系统中的境外水源、水库、水厂等概化为网络结点,各结点间通过线段渠

道、输水管道、涵管等连接,形成供水系统概念化网络图。全局水系统供需平衡模拟模型由五部分构成:①基本物理元素集合;②各物理元素量度数据参数及变量;③物理元素之间的相互关系约束条件和系统协调准则目标函数;④解决问题的方法;⑤各物理元素在此基础上所处的状态结果。模型设计主要包括对水资源空间关系、时间关系的描述和模型的约束条件的建立。

[0062] 1) 目标函数

[0063] 全局水系统的优化目标为系统的供水破坏深度最小和总费用最小,根据目标规划法,前一个目标为首要满足目标,后一个目标是基于前一个目标基础上进行第二次优化。数学表达式如下:

$$[0064] \quad \min f = \min f(G_{ji}) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^T \left| \frac{G_{ji} - X_{ji}}{X_{ji}} \right|$$

$$[0065] \quad \min f = \min f' + E = \min \left(\sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^T p_j WQ_{ji} + \sum_{j=1}^v \sum_{i=1}^T xN_{ji}(WB_{ji}) \right)$$

[0066] 式中:m为系统中水厂数量;T为调度周期的时段数;G_{ji}为第i时段供给第j个水厂的实际供水量;X_{ji}为第时段水厂j的需水量;f为系统供水破坏深度;s为水源数量;v为系统中的泵站数量;p_j为第j个水源的水资源价格;c为泵站所在区域的单位电价;WQ_{ji}为水源j第i时段的引水量,WB_{ji}为泵站j第i时段的抽水量;N_{ji}(•)为泵站j第i时段耗电量是时段抽水量的函数;E为电费,f'为水资源费,f为调度方案总费用。

[0067] 2) 主要约束条件

[0068] 主要约束条件有:水功能区水量、水厂水量、取水口(水源)水量以及水库、泵站规模和管线规模约束。

[0069] 进一步地,在步骤3中,所述根据目标规划法建立水功能区区间的水量优化调度模型的方法为:根据目标规划法,前一个目标为首要满足目标,后一个目标是基于前一个目标基础上进行第二次优化,数学表达式为:

$$[0070] \quad \min f' = \min f(G_{ji}) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^T \left| \frac{G_{ji} - X_{ji}}{X_{ji}} \right|$$

$$[0071] \quad \min f = \min f' + E = \min \left(\sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^T p_j WQ_{ji} + \sum_{j=1}^v \sum_{i=1}^T xN_{ji}(WB_{ji}) \right)$$

[0072] 式中:m为系统中水厂数量;T为调度周期的时段数;G_{ji}为第i时段供给第j个水厂的实际供水量;X_{ji}为第时段水厂j的需水量;f为系统供水破坏深度;s为水源数量;v为系统中泵站数量;p_j为第j个水源的水资源价格;c为泵站所在区域的单位电价;WQ_{ji}为水源j第i时段的引水量,WB_{ji}为泵站j第i时段的抽水量;N_{ji}(•)为泵站j第i时段耗电量是时段抽水量的函数;E为电费,f'为水资源费,f为调度方案总费用。

[0073] 进一步地,在步骤4中,所述水量需求约束条件包括水功能区水量、水厂水量、水源取水口水量以及水库、泵站规模和管线规模约束。

[0074] 本公开还提供了一种水功能区水质水量优化调度装置,如图2所示,所述装置包括:

[0075] 水质建模单元,用于建立多输入多输出完全混合水质模型;

[0076] 水质求解单元,用于采用显示差分方法推导水质模型求解水质的源漏项;

[0077] 水量建模单元,用于根据目标规划法建立水功能区间的水量优化调度模型;

[0078] 约束确定单元,用于确定水量需求约束条件。

[0079] 所述一种水功能区间水质水量优化调度装置可以运行于桌上型计算机、笔记本、掌上电脑及云端服务器等计算设备中。所述一种水功能区间水质水量优化调度装置可运行的装置可包括,但不仅限于,处理器、存储器。本领域技术人员可以理解,所述例子仅仅是一种水功能区间水质水量优化调度装置的示例,并不构成对一种水功能区间水质水量优化调度装置的限定,可以包括比例子更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者不同的部件,例如所述一种水功能区间水质水量优化调度装置还可以包括输入输出设备、网络接入设备、总线等。所称处理器可以是中央处理单元(Central Processing Unit,CPU),还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现成可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等,所述处理器是所述一种水功能区间水质水量优化调度装置运行装置的控制中心,利用各种接口和线路连接整个一种水功能区间水质水量优化调度装置可运行装置的各个部分。

[0080] 所述存储器可用于存储所述计算机程序和/或模块,所述处理器通过运行或执行存储在所述存储器内的计算机程序和/或模块,以及调用存储在存储器内的数据,实现所述一种水功能区间水质水量优化调度装置的各种功能。所述存储器可主要包括存储程序区和存储数据区,其中,存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需的应用程序(比如声音播放功能、图像播放功能等等);存储数据区可存储根据手机的使用所创建的数据(比如音频数据、电话本等等)等。此外,存储器可以包括高速随机存取存储器,还可以包括非易失性存储器,例如硬盘、内存、插接式硬盘,智能存储卡(Smart Media Card,SMC),安全数字(Secure Digital,SD)卡,闪存卡(Flash Card)、至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他易失性固态存储器件。

[0081] 尽管本公开的描述已经相当详尽且特别对几个所述实施例进行了描述,但其并非旨在局限于任何这些细节或实施例或任何特殊实施例,而是应当将其视作是通过参考所附权利要求考虑到现有技术为这些权利要求提供广义的可能性解释,从而有效地涵盖本公开的预定范围。此外,上文以发明人可预见的实施例对本公开进行描述,其目的是为了提供有用的描述,而那些目前尚未预见的对本公开的非实质性改动仍可代表本公开的等效改动。

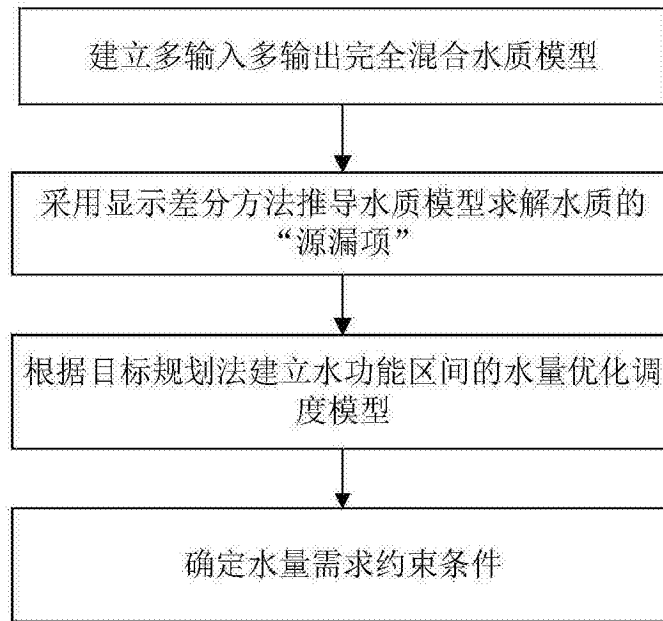


图1

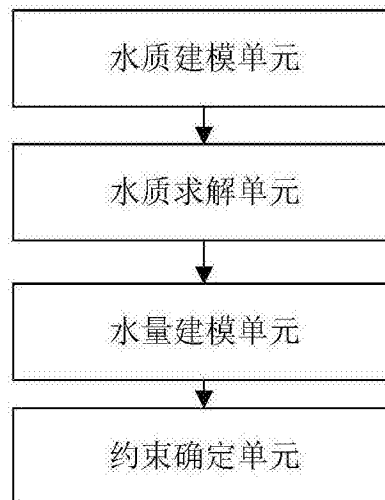


图2