

一种流程模拟循环流股打通方法

技术领域

本发明涉及化工仿真技术领域，尤其涉及一种流程模拟循环流股打通方法。

5 背景技术

传统稳态流程模拟软件的循环流股打通方法是：首先将循环流股打断成循环入口和循环出口流股，然后，对循环入口流股赋予初值并进行求解，比较求解后的两股流股信息，如果两者结果一致，则将两流股合并为一条流股，实现流股的打通。

- 10 但是，如果两股流股结果差异较大，则将循环出口流股的结果作为下一次运行求解循环入口流股的初值，多次求解直至两者结果比较接近实现循环流股打通。传统稳态流程模拟软件的循环流股打通方法在判断循环流股的断开位置，以及两股流股信息接近的标准上过于依赖人为经验。对于组分较多、工艺较复杂的体系，以及不合理的位置选择以及不
- 15 合理的循环初值，即使很小的偏差也会造成循环打通失败，依靠人为经验很难处理相关问题；此外，对于多循环的工艺，传统的方法在打通下一条循环时，已打通的循环可能出现由于条件的改变再次不收敛的问题。

发明内容

- 鉴于现有技术的上述缺点、不足，本发明提供一种流程模拟循环流股打通方法。
- 20

为了达到上述目的，本发明采用的主要技术方案包括：

本发明实施例提供一种流程模拟循环流股打通方法，包括：

S1、获取指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中进料的流股的初值和循环的流股的初值；

- 25 S2、基于进料的流股的初值和循环的流股的初值，获取该严格机理模型中所有流股的偏差值；

S3、接收用户针对该严格机理模型中任一流股所设定的连接度，并将该流股的偏差值作为上轮偏差值，并基于该连接度和与该该股所对应的上轮偏差值，得到该股所对应的本轮偏差值和本轮连接方程；

S4、将该该股所对应的本轮连接方程和预先得到的第一方程集进行
5 联立得到联立方程并求解，得到求解结果，并判断所述求解结果是否满足收敛条件；

若满足收敛条件，则接收用户针对该股连接度增加后的新的连接度，并将该股所对应的本轮偏差值作为新的上轮偏差值，并基于该新的连接度和新的上轮偏差值，得到该股所对应的新的本轮偏差值和本
10 轮连接方程；

若不满足收敛条件，则接收用户针对该股所设置的新的连接度，并基于该新的连接度和上轮偏差值，得到该股所对应的新的本轮偏差值和本轮连接方程；

S5、重复步骤 S4-S5，直至该股所对应的新的本轮偏差值为 0。
15 优选地，所述 S2 具体包括：

S21、基于进料的流股的初值和循环的流股的初值，针对指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中符合第一条件的模块进行计算，得到符合第一条件的每一模块的出口变量；

S22、基于符合第一条件的任一模块的出口变量，获取该模块的下游
20 模块的入口变量；

S23、在符合第一条件的每一模块的下游模块中筛选出符合第一条件的模块，并根据所筛选出模块的入口变量，得到该模块的出口变量；

S24、重复 S22-S24 直至得到指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中每一模块的入口变量和出口变量以及每一流股的偏差值。

25 优选地，
所述第一条件为：模块的入口变量完整。
优选地，

所述 S24 中流股的偏差值等于该流股上游模块的出口变量减去该流股下游模块的入口变量所得到的差值。

优选地，所述 S3 中该流股所对应的本轮偏差值是基于连接度和与该流股所对应的上轮偏差值，采用公式 (1) 得到的；

5 其中，公式 (1) 为：

本轮偏差值=上轮偏差值 $\times$ （1-连接度）；

其中，与该流股所对应的本轮连接方程为：

0 =该流股上游模块的出口变量-该流股下游模块的入口变量-本轮偏差值。

10 优选地，

第一方程集包括该指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中除该流股外的所有流股的本轮连接方程和该指定的化工生产工艺中所有模块所对应的给定条件。

优选地，

15 所述收敛条件为：联立方程的残差小于预先设定的容忍值。

优选地，所述方法还包括：

S6、获取当前指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中每一流股所对应的连接方程，再与第一方程集联立求解，得到循环流股的下游模块的入口流量：

20 其中，当前指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中每一流股所对应的连接方程为： 0 =该流股上游模块的出口变量-该流股下游模块的入口变量。

优选地，

25 在 S3 中，流股的下游模块为第一模块时，则用户针对流股所设定的连接度为 0.5；

其中第一模块为：加热器、闪蒸罐、混合器、分流器中的任一种。

优选地，

在 S4 中，若求解结果不满足收敛条件，流股的下游模块为第一模块时，接收用户针对第一流股所设定的新的连接度为 1；流股的下游模块不是第一模块时，接收用户针对该流股连接度减少后的新的连接度。

本发明的有益效果是：本发明的一种流程模拟循环流股打通方法，
5 能够基于进料的流股的初值和循环的流股的初值，获取该严格机理模型中所有流股的偏差值，并接收用户针对该严格机理模型中任一流股所设定的连接度，并将该流股的偏差值作为上轮偏差值，并基于该连接度和与该流股所对应的上轮偏差值，得到该流股所对应的本轮偏差值和本轮连接方程，最后同时不断调整连接度以逐步本轮偏差值降低实现流程打
10 通，能有效降低建模人员在打通循环时重复性的工作，提高流程打通效率。

附图说明

图 1 为本发明的一种流程模拟循环流股打通方法流程图；

图 2 为本发明实施例中指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型
15 中工艺的流程图。

具体实施方式

为了更好的解释本发明，以便于理解，下面结合附图，通过具体实施方式，对本发明作详细描述。

为了更好的理解上述技术方案，下面将参照附图更详细地描述本发明的示例性实施例。虽然附图中显示了本发明的示例性实施例，然而应当理解，可以以各种形式实现本发明而不应被这里阐述的实施例所限制。相反，提供这些实施例是为了能够更清楚、透彻地理解本发明，并且能够
20 将本发明的范围完整的传达给本领域的技术人员。

需要说明的是，循环的流股：指从指定的化工生产工艺中从出口回流到的入口，并参与下一次处理的流股。
25

参见图 1，本实施例提供一种流程模拟循环流股打通方法，包括：

S1、获取指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中进料的流股的初值和循环的流股的初值；

本实施例中进料的流股的初值和循环的流股的初值都是用户设定的。

5 在本实施例的具体应用中，举例说明，参见图 2 为指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中工艺的流程图中，其中，B1、B2、B3、B4、B5 均为严格机理模型中的模块，其中，每一模块均表示该指定的化工生产工艺中的某一处理过程，比如反应器模块：用于进行化学反应，如批量反应器、连续流动反应器等；精馏塔模块：用于通过蒸馏将混合物分离成不同组分；分离
10 罐模块：用于将多相混合物分离成不同的相，如液-液分离或固-液分离；压缩机模块：用于将气体压缩，增加压力等。其中，每一模块都具有相应的给定条件，举例说明，比如反应器模块的给定条件（给定条件是人为预先设定的是用来计算模块执行过程的计算条件）包括指定反应温度、压力、反应器体积以及其对应的反应等以及该反应器模块执行相应过程的计算方式。

15 如图 2 中的 2 表示流股 2、3 表示流股 3、6 表示流股 6、8 表示流股 8 等。其中，模块 B1、流股 2、模块 B2、流股 3、模块 B3、流股 8，构成了一个循环回路。其中，流股 8 为循环的流股；1 表示进料的流股 1，5 表示进料的流股 5，4 表示出料的流股 4，7 表示出料的流股 7。流股：用于描述化工工艺流程中各模块之间的连接关系。

20 S2、基于进料的流股的初值和循环的流股的初值，获取该严格机理模型中所有流股的偏差值。

在本实施例的具体应用中，所述 S2 具体包括：

 S21、基于进料的流股的初值和循环的流股的初值，针对指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中符合第一条件的模块进行计算，得到
25 符合第一条件的每一模块的出口变量。

 所述第一条件为：模块的入口变量完整。举例说明，模块的入口变量完整，如图 2 所示，模块 B1 有 2 个入口变量，一个是进料流股 1 进入

到模块 B1 中，一个是循环流股 8 也进入到模块 B1 中，这两个用户均已设定了初值，因此，此时模块 B1 的入口变量就完整了，模块 B1 就符合了第一条条件，同理，此时模块 B4 也符合第一条条件。

5 S22、基于符合第一条条件的任一模块的出口变量，获取该模块的下游模块的入口变量。

S23、在符合第一条条件的每一模块的下游模块中筛选出符合第一条条件的模块，并根据所筛选出模块的入口变量，得到该模块的出口变量。

S24、重复 S22-S24 直至得到指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中每一模块的入口变量和出口变量以及每一流股的偏差值。

10 所述 S24 中流股的偏差值等于该流股上游模块的出口变量减去该流股下游模块的入口变量所得到的差值。

本实施例中的指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中用户给定计算条件完整，计算条件包括每个模块中的给定条件以及进料流股 1、5 以及循环流股 8 中流股变量的值。针对指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中符合第一条条件的模块（因为，进料的流股 1 和 5 具有初值和循环的流股 8 也有初值，因此，模块 B1 的入口变量完整，也就是入口变量都已知了，同理，模块 B4 的入口变量完成，因此，模块 B1 和模块 B4 符合第一条条件）进行计算，得到模块 B1、模块 B4 的出口变量，即流股 2、流股 6 的上游变量，并将模块 B1、模块 B4 的出口变量分别作为模块 B2、模块 B5 的入口变量。此时，模块 B2 的入口变量完整，因此，可求出，流股 3 以及流股 9 的上游变量，也就是模块 B2 的出口变量，然后，将流股 3、流股 9 的上游变量赋值到下游变量，此时，模块 B3、模块 B5 入口变量完整，可求解出模块 B3 和模块 B5 的出口变量（也就是流股 4、流股 7、流股 8 的上游变量）。

25 S3、接收用户针对该严格机理模型中任一流股所设定的连接度，并将该流股的偏差值作为上轮偏差值，并基于该连接度和与该流股所对应的上轮偏差值，得到该流股所对应的本轮偏差值和本轮连接方程。

在本实施例的实际应用中，所述 S3 中该该股所对应的本轮偏差值是
基于连接度和与该该股所对应的上轮偏差值，采用公式（1）得到的；

其中，公式（1）为：

本轮偏差值=上轮偏差值 $\times$ （1-连接度）；

5 其中，与该该股所对应的本轮连接方程为：

0=该股上游模块的出口变量-该股下游模块的入口变量-本轮偏差值。

举例说明，将 S2 中所得到的该股 8 的偏差值作为上轮偏差值，用户对
该股 8 所设定的连接度假如是 0.2，那么，本轮偏差值=上轮偏差值 $\times$
10 （1-0.2）。

S4、将该该股所对应的本轮连接方程和预先得到的第一方程集进行
联立得到联立方程并求解，得到求解结果，并判断所述求解结果是否满足
收敛条件；

本实施例中，第一方程集包括该指定的化工生产工艺所对应的严格
15 机理模型中除该股外的所有该股的本轮连接方程和该指定的化工生产
工艺中所有模块所对应的给定条件。

所述收敛条件为：联立方程的残差小于预先设定的容忍值。

若满足收敛条件，则接收用户针对该股连接度增加后的新的连接
度（即为接收用户对该股连接度进行增加后的新的连接度，举例说明，
20 该股连接度是 0.5，接收用户对该股连接度 0.5 进行增加（比如是 0.1）
后的新的连接度，那么新连接度是 0.6），并将该股所对应的本轮偏差
值作为新的上轮偏差值，并基于该新的连接度和新的上轮偏差值，得到
该股所对应的新的本轮偏差值和本轮连接方程。

若不满足收敛条件，则接收用户针对该股所设置的新的连接度（即
25 为接收用户针对该股设置的一个新的连接度），并基于该新的连接度
和上轮偏差值，得到该股所对应的新的本轮偏差值和本轮连接方程。

S5、重复步骤 S4-S5，直至该股所对应的新的本轮偏差值为 0。本

实施例中，新的本轮偏差值为 0 时则认为流程打通。

在实际应用中，所述方法还包括：

S6、获取当前指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中每一流通股所对应的连接方程，再与第一方程集联立求解，得到循环流股的下游
5 模块的入口流量。

其中，当前指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中每一流通股所对应的连接方程为： $0 = \text{该该股上游模块的出口变量} - \text{该股下游模块的入口变量}$ 。

本实施例中，打通后将上一次新的连接度为 1 时的联立方程求解收
10 敛结果载入至给定初值的循环该股 8，为下一次求解提供的初值，并能更快速的达到收敛。

在本实施例中的一种具体实施方式中，在 S3 中，流股的下游模块为第一模块时，则用户针对该股所设定的连接度为 0.5；其中第一模块为：加热器、闪蒸罐、混合器、分流器中的任一种。

15 在本实施例中的另一种具体实施方式中，在 S4 中，若求解结果不满足收敛条件，流股的下游模块为第一模块时，接收用户针对第一流通股所设定的新的连接度为 1；流股的下游模块不是第一模块时，接收用户针对该股连接度减少后的新的连接度。

本实施例中，用户在对流股的连接度赋值时，可以统一的对所有流
20 股的连接度赋予相同值，也可以对于部分简单的模块，其连接度可以快速调整至 1，同时不会引起模型不收敛。用户在对第一模块的入口该股第一次自动赋值连接度为 0.5，第二次联立求解时自动赋值为 1。使得部分该股能够快速打通，提高整体模型的收敛性。其余模块的连接度仍然为由用户统一配置。

25 本发明的一种流程模拟循环该股打通方法，能够基于进料的流股的初值和循环的流股的初值，获取该严格机理模型中所有流股的偏差值，并接收用户针对该严格机理模型中任一流股所设定的连接度，并将该股

股的偏差值作为上轮偏差值，并基于该连接度和与该该股所对应的上轮偏差值，得到该股所对应的本轮偏差值和本轮连接方程，最后同时不断调整连接度以逐步本轮偏差值降低实现流程打通，能有效降低建模人员在打通循环时重复性的工作，提高流程打通效率。

5 在本发明的描述中，需要理解的是，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中，“多个”的含义是两个或两个以上，除非另有明确具体的限定。

10 在本发明中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连；可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

15 在本发明中，除非另有明确的规定和限定，第一特征在第二特征“上”或“下”，可以是第一和第二特征直接接触，或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且，第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”，可以是第一特征在第二特征正上方或斜上方，或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”
20 和“下面”，可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方，或仅仅表示第一特征水平高度低于第二特征。

25 在本说明书的描述中，术语“一个实施例”、“一些实施例”、“实施例”、“示例”、“具体示例”或“一些示例”等的描述，是指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不必须针对的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料

或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外，在不相互矛盾的情况下，本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

- 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例，可以理解的是，上述
- 5 实施例是示例性的，不能理解为对本发明的限制，本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行改动、修改、替换和变型。

权 利 要 求 书

1、一种流程模拟循环流股打通方法，其特征在于，包括：

S1、获取指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中进料的流股的初值和循环的流股的初值；

S2、基于进料的流股的初值和循环的流股的初值，获取该严格机理
5 模型中所有流股的偏差值；

S3、接收用户针对该严格机理模型中任一流股所设定的连接度，并将该流股的偏差值作为上轮偏差值，并基于该连接度和与该该股所对应的上轮偏差值，得到该股所对应的本轮偏差值和本轮连接方程；

S4、将该该股所对应的本轮连接方程和预先得到的第一方程集进行
10 联立得到联立方程并求解，得到求解结果，并判断所述求解结果是否满足收敛条件；

若满足收敛条件，则接收用户针对该股连接度增加后的新的连接度，并将该股所对应的本轮偏差值作为新的上轮偏差值，并基于该新的连接度和新的上轮偏差值，得到该股所对应的新的本轮偏差值和本
15 轮连接方程；

若不满足收敛条件，则接收用户针对该股所设置的新的连接度，并基于该新的连接度和上轮偏差值，得到该股所对应的新的本轮偏差值和本轮连接方程；

S5、重复步骤 S4-S5，直至该股所对应的新的本轮偏差值为 0。

20 2、根据权利要求 1 所述的流程模拟循环流股打通方法，其特征在于，所述 S2 具体包括：

S21、基于进料的流股的初值和循环的流股的初值，针对指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中符合第一条件的模块进行计算，得到符合第一条件的每一模块的出口变量；

25 S22、基于符合第一条件的任一模块的出口变量，获取该模块的下游模块的入口变量；

S23、在符合第一条件的每一模块的下游模块中筛选出符合第一条件

的模块，并根据所筛选出模块的入口变量，得到该模块的出口变量；

S24、重复 S22-S24 直至得到指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中每一模块的入口变量和出口变量以及每一流股的偏差值。

3、根据权利要求 2 所述的流程模拟循环流股打通方法，其特征在于，
5 所述第一条件为：模块的入口变量完整。

4、根据权利要求 3 所述的流程模拟循环流股打通方法，其特征在于，
所述 S24 中流股的偏差值等于该流股上游模块的出口变量减去该流
股下游模块的入口变量所得到的差值。

5、根据权利要求 4 所述的流程模拟循环流股打通方法，其特征在于，
10 所述 S3 中该流股所对应的本轮偏差值是基于连接度和与该流股所对应的
上轮偏差值，采用公式（1）得到的；

其中，公式（1）为：

本轮偏差值=上轮偏差值×（1-连接度）；

其中，与该流股所对应的本轮连接方程为：

15 $0 = \text{该流股上游模块的出口变量} - \text{该流股下游模块的入口变量} - \text{本轮偏}$
差值。

6、根据权利要求 5 所述的流程模拟循环流股打通方法，其特征在于，
第一方程集包括该指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中除
该流股外的所有流股的本轮连接方程和该指定的化工生产工艺中所有模
20 块所对应的给定条件。

7、根据权利要求 6 所述的流程模拟循环流股打通方法，其特征在于，
所述收敛条件为：联立方程的残差小于预先设定的容忍值。

8、根据权利要求 7 所述的流程模拟循环流股打通方法，其特征在于，
所述方法还包括：

25 S6、获取当前指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中每一流
股所对应的连接方程，再与第一方程集联立求解，得到循环流股的下游
模块的入口流量：

其中，当前指定的化工生产工艺所对应的严格机理模型中每一流股所对应的连接方程为： $0 = \text{该流股上游模块的出口变量} - \text{该流股下游模块的入口变量}$ 。

- 9、根据权利要求 8 所述的流程模拟循环流股打通方法，其特征在于，
5 在 S3 中，流股的下游模块为第一模块时，则用户针对流股所设定的连接度为 0.5；

其中第一模块为：加热器、闪蒸罐、混合器、分流器中的任一种。

- 10、根据权利要求 9 所述的流程模拟循环流股打通方法，其特征在于，
10 在 S4 中，若求解结果不满足收敛条件，流股的下游模块为第一模块时，接收用户针对第一流股所设定的新的连接度为 1；流股的下游模块不是第一模块时，接收用户针对该流股连接度减少后的新的连接度。