

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2024 年 9 月 12 日 (12.09.2024)



(10) 国际公布号  
**WO 2024/183646 A1**

(51) 国际专利分类号:

**G06F 16/242** (2019.01)

(21) 国际申请号:

PCT/CN2024/079634

(22) 国际申请日:

2024 年 3 月 1 日 (01.03.2024)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(30) 优先权:

202310201045.4 2023年3月3日 (03.03.2023) CN

(71) 申请人: 北京字跳网络技术有限公司  
(**BEIJING ZITIAO NETWORK TECHNOLOGY CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国北京市海淀区紫金数码园  
4号楼2层0207, Beijing 100190 (CN)。

(72) 发明人: 苏宁宁(**SU, Ningning**); 中国北京市朝阳区  
七圣中街12号院融中心B1小邮局, Beijing 100028  
(CN)。王赛(**WANG, Sai**); 中国北京市朝阳区七  
圣中街12号院融中心B1小邮局, Beijing 100028  
(CN)。王帅(**WANG, Shuai**); 中国北京市朝阳区七  
圣中街12号院融中心B1小邮局, Beijing 100028

(CN)。吴烨(**WU, Ye**); 中国北京市朝阳区七圣中街  
12号院融中心B1小邮局, Beijing 100028 (CN)。

(74) 代理人: 北京市柳沈律师事务所 (**LIU, SHEN & ASSOCIATES**); 中国北京市海淀区彩和坊路10  
号1号楼10层, Beijing 100080 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家  
保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,  
BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,  
CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ,  
IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ,  
LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN,  
MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA,  
PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,  
SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,  
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区  
保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,  
NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚  
(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE,

(54) Title: SQL STATEMENT PROCESSING METHOD, APPARATUS AND DEVICE

(54) 发明名称: SQL语句的处理方法、装置及设备

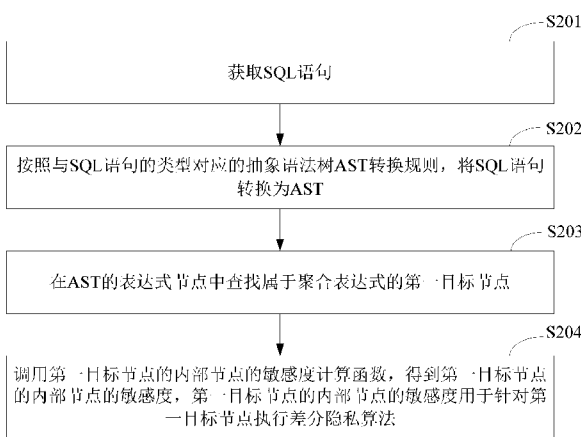


图 2

- S201 Acquire an SQL statement  
S202 Convert the SQL statement into an abstract syntax tree (AST) according to an AST conversion rule corresponding to the type of the SQL statement  
S203 Search for a first target node belonging to an aggregation expression in an expression node of the AST  
S204 Call a sensitivity calculation function of an internal node of the first target node to obtain the sensitivity of the internal node of the first target node, the sensitivity of the internal node of the first target node being used for executing a differential privacy algorithm for the first target node

(57) Abstract: The present disclosure provides an SQL statement processing method, apparatus and device, for use in converting an SQL statement into an AST structure, and then realizing execution of a differential privacy algorithm using the structure. The method comprises: acquiring an SQL statement; converting the SQL statement into an AST according to an AST conversion rule corresponding to the type of the SQL statement, node types of the AST comprising a statement node, a block node, and an expression node, the statement node comprising at least one block node, and the block node comprising at least one expression node; searching for a first target node belonging to an aggregation expression in the expression node of the AST; and calling a sensitivity calculation function of an internal node of the first target node to obtain the sensitivity of the internal node of the first target node, the sensitivity of the internal node of the first target node being used for executing a differential privacy algorithm for the first target node.

BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR,  
HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO,  
PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,  
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN,  
TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

---

**(57)** 摘要: 本公开提供了一种SQL语句的处理方法、装置及设备, 用于将SQL语句转换为AST结构, 然后利用此结构实现差分隐私算法的执行。该方法包括: 获取SQL语句; 按照与SQL语句的类型对应的AST转换规则, 将SQL语句转换为AST; AST的节点类型包括语句节点、块节点以及表达式节点, 语句节点包括至少一个块节点, 块节点包括至少一个表达式节点; 在AST的表达式节点中查找属于聚合表达式的第一目标节点; 调用第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数, 得到第一目标节点的内部节点的敏感度, 第一目标节点的内部节点的敏感度用于针对第一目标节点执行差分隐私算法。

## SQL 语句的处理方法、装置及设备

本申请要求于 2023 年 3 月 3 日递交的中国专利申请第  
5 202310201045.4 号的优先权，在此全文引用上述中国专利申请公开的内容以作为本申请的一部分。

### 技术领域

本公开的实施例涉及一种 SQL (Structured Query Language, 结构化查询  
10 语言) 语句的处理方法、装置及设备。

### 背景技术

差分隐私 (Differential Privacy, 简称 DP) 是一种隐私保护手段，主要用于聚合统计数据的保护，可以在保持数据整体统计特征稳定的情况下保护个  
15 体的敏感信息。其主要做法是在统计结果中加入适量噪音，以确保修改数据中一条个体记录不会对统计结果造成显著影响，旨在解决数据的统计发布过程中的用户隐私泄露问题。

目前，可以利用 SQL 语句可以对数据库中的数据表进行查询，但是，无法直接对属于字符串的 SQL 语句执行差分隐私算法。  
20

### 发明内容

有鉴于此，本公开实施例提供一种 SQL 语句的处理方法、装置及设备，可以将 SQL 语句转换为一种中间表示结构，然后利用此结构实现差分隐私算法的执行。

25 为解决上述问题，本公开实施例提供的技术方案如下：

第一方面，本公开实施例提供一种结构化查询语言 SQL 语句的处理方法，所述方法包括：

获取 SQL 语句；

按照与所述 SQL 语句的类型对应的抽象语法树 AST 转换规则，将所述  
30 SQL 语句转换为 AST；所述 AST 的节点类型包括语句节点、块节点以及表

达式节点，所述语句节点包括至少一个块节点，所述块节点包括至少一个表达式节点；

在所述 AST 的表达式节点中查找属于聚合表达式的第一目标节点；

5 调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，得到所述第一目标节点的内部节点的敏感度，所述第一目标节点的内部节点的敏感度用于针对所述第一目标节点执行差分隐私算法。

第二方面，本公开实施例提供一种结构化查询语言 SQL 语句的处理装置，所述装置包括：

第一获取单元，用于获取 SQL 语句；

10 转换单元，用于按照与所述 SQL 语句的类型对应的抽象语法树 AST 转换规则，将所述 SQL 语句转换为 AST；所述 AST 的节点类型包括语句节点、块节点以及表达式节点，所述语句节点包括至少一个块节点，所述块节点包括至少一个表达式节点；

15 第一查找单元，用于在所述 AST 的表达式节点中查找属于聚合表达式的第一目标节点；

调用单元，用于调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，得到所述第一目标节点的内部节点的敏感度，所述第一目标节点的内部节点的敏感度用于针对所述第一目标节点执行差分隐私算法。

20 第三方面，本公开实施例提供一种结构化查询语言 SQL 语句的处理设备，包括：存储器，处理器，及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时，实现如上述的 SQL 语句的处理方法。

25 第四方面，本公开实施例提供一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质中存储有指令，当所述指令在终端设备上运行时，使得所述终端设备执行如上述的 SQL 语句的处理方法。

#### 附图说明

图 1 为本公开实施例提供的一种示例性应用场景的示意图；

图 2 为本公开实施例提供的一种 SQL 语句的处理方法的流程图；

30 图 3 为本公开实施例提供的一种生成 AST 的示意图；

图 4 为本公开实施例提供的一种 SQL 语句的处理装置的示意图；以及图 5 为本公开实施例提供的一种电子设备的示意图。

### 具体实施方式

5 为使本公开的上述目的、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公开实施例作进一步详细的说明。

为了便于理解和解释本公开实施例提供的技术方案，下面将先对本公开的背景技术进行说明。

10 差分隐私 (Differential Privacy, 简称 DP) 是一种隐私保护手段，主要用于聚合统计数据保护，可以在保持数据整体统计特征稳定的情况下保护个体的敏感信息。

例如，假设有一个用户信息记录数据库，使用布尔值记录有每个人是否具有某用户特征，其中，具有该用户特征布尔值为 1，不具有该用户特征布尔值为 2。假设一个恶意用户 (通常被称为攻击者) 想知道某人是否具有该用户特征。假设攻击者知道该人在数据库的哪一行，例如在第 10 行。攻击者使用特定形式的在用户信息记录数据库中查询前 10 行和前 9 行的布尔值总和，然后计算两个查询的差别，即可以得到某人是否具有该用户特征的结果，这就是差分隐私攻击。如果查询 9 个人的信息和查询 10 个人的信息结果一致，那么攻击者就没有办法确定第 10 个人的信息，这就是差分隐私保护。

20 差分隐私保护的主要做法是在聚合统计结果中加入适量噪音，以确保修改数据中一条个体记录不会对统计结果造成显著影响，旨在解决数据的统计发布过程中的用户隐私泄露问题。

目前，可以利用 SQL 语句可以对数据库中的数据表进行查询，得到聚合查询结果。但是 SQL 语句属于字符串，对于复杂 SQL 语句无法结构化呈现，25 也无法寻找需要对其中的哪些查询执行差分隐私算法。因此，目前无法直接对属于字符串的 SQL 语句执行差分隐私算法。

基于此，本公开实施例提供一种 SQL 语句的处理方法、装置及设备，将 SQL 语句转换为一种中间表示结构 AST 进行表示，然后利用此结构实现差分隐私算法的执行。

30 为了便于理解本公开实施例提供的 SQL 语句的处理方法，下面结合图 1

所示的场景示例进行说明。参见图 1 所示，该图为本公开实施例提供的示例性应用场景的示意图。

本公开实施例的差分隐私保护系统以 SQL 语句作为输入，将 SQL 语句转换为 AST，AST 包括三级节点：语句（Statement）节点、块（Block）节点以及表达式（Expr）节点。当执行差分隐私算法时，从 AST 的各个表达式节点中查找到需要执行差分隐私算法的属于聚合表达式的第一目标节点，例如图 1 中带底纹的节点表达式。然后，调用第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，计算得到第一目标节点的内部节点的敏感度，从而可以根据第一目标节点的内部节点的敏感度针对第一目标节点执行加噪等差分隐私算法。

本领域技术人员可以理解，图 1 所示的框架示意图仅是本公开的实施方式可以在其中得以实现的一个示例。本公开实施方式的适用范围不受到该框架任何方面的限制。

为了便于理解本公开，下面结合附图对本公开实施例提供的一种 SQL 语句的处理方法进行说明。

参见图 2 所示，该图为本公开实施例提供的一种 SQL 语句的处理方法的流程图，如图 2 所示，该方法可以包括 S201-S204：

S201：获取 SQL 语句。

通过 SQL 语句可以对数据库中的数据表进行查询。在实际应用中，有不同类型的 SQL 语句，即具有各种 SQL 语句方言，例如 Mysql 类型的 SQL 语句、Hive 类型的 SQL 语句等等。每种类型的 SQL 语句有自身独特的语法结构，同时 SQL 语句编写方式比较自由，这些都为 SQL 语句的解析带来挑战。

S202：按照与 SQL 语句的类型对应的抽象语法树 AST 转换规则，将 SQL 语句转换为 AST。其中，AST 的节点类型包括语句节点、块节点以及表达式节点，语句节点包括至少一个块节点，块节点包括至少一个表达式节点。

为了便于后续理解，首先对于本公开实施例中提供的 AST 的结构进行说明。AST 包括三级节点：语句（Statement）节点、块（Block）节点以及表达式（Expr）节点，语句节点包括至少一个块节点，块节点包括至少一个表达式节点。

语句节点代表一条语句，不同类型的 SQL 语句存在语法差异，一条语句中可能包含的内容不相同，因而通过为不同类型的 SQL 语句构建不同语句

节点来处理不同类型的 SQL 语句。语句节点内部由不同的块节点构成，语句节点不同，可以包含的块节点也可能不同。例如，语句节点包括 ClickHouseStatement（ClickHouse 类型的 SQL 语句对应的语句节点）、HiveStatement（Hive 类型的 SQL 语句对应的语句节点）、MysqlStatement（Mysql 类型的 SQL 语句对应的语句节点）、SparkStatement（Spark 类型的 SQL 语句对应的语句节点）以及 OtherStatement（其他类型的 SQL 语句对应的语句节点）等。在 ClickHouse 类型的 SQL 语句中可能包含 prewhere 语法块，而 Hive 类型的 SQL 语句在语法上不支持 prewhere 语法块，此时在创建 ClickHouseStatement 时则可以将 prewhere 块节点填入，但 HiveStatement 则不填入，即 ClickHouseStatement 包括 prewhere 块节点、HiveStatement 不包括 prewhere 块节点。在语句节点内部相同的块节点只能有一个。

块节点代表的是一条 SQL 语句中相对独立的一个块结构，类似于短句（一句话中用逗号分割的不同部分）。在当前的 AST 表示体系中，为支持不同类型的 SQL 语句，将各类型的 SQL 语句包含的不同特性的语法部分都封装为独立的块节点。例如，块节点包括有 SelectBlock（Select 块节点）、FromBlock（From 块节点）、WhereBlock（Where 块节点）、GroupByBlock（GroupBy 块节点）、HavingBlock（Having 块节点）、OrderByBlock（OrderBy 块节点）、LimitByBlock（LimitBy 块节点）、LimitBlock（Limit 语法块）、TeaLimitBlock（TeaLimit 块节点）、WithBlock（With 块节点）、PrewriteBlock（Prewrite 块节点）、SettingBlock（Setting 块节点）、SampleBlock（Sample 块节点）等。

一个块节点还可以包括其他块节点，例如 WithBlock 包括有 WithFromExpressionBlock（WithFromExpression 块节点）和 WithAsQueryBlock（WithAsQuery 块节点）。块节点内部由不同的表达式节点组成，块节点内部的表达式节点可以自由组合，一个块节点内部相同的表达式节点可以有多个。

表达式节点表示单个字段或者复合字段表达式，它是当前的 AST 表示体系中节点种类最多的。表达式节点可以包括多个大方向的表达式类型的节点，每个方向下还分为更多下一级的表达式节点。例如，表达式节点包括 BaseExpr（Base 类型的表达式节点）、AggFunctionExpr（AggFunction 类型的表达式节点）、ArithmeticExpr（Arithmetic 类型的表达式节点）、CondExpr

(Cond 类型的表达式节点)、FunctionExpr (Function 类型的表达式节点)、LogicalExpr (Logical 类型的表达式节点)、BoolExpr (Bool 类型的表达式节点) 等。以 BaseExpr 为例, 其内部进一步可以分为不同的表达式节点, 如 LiteralExpr (常量表达式节点)、IdentifierExpr (标识符表达式节点)、

5 NumberExpr (数值表达式节点) 等等。

在本公开实施例中, 为了实现对 SQL 语句的正确解析, 预先建立有不同 SQL 语句的类型对应的 AST 转换规则, 以便将 SQL 语句转换为 AST。每个类型 SQL 语句的 AST 转换规则可以理解为该类型 SQL 语句可能包括的 AST 中的节点以及各个节点之间的节点层级关系。例如, ClickHouse 的 SQL 语句

10 的 AST 转换规则指示有 ClickHouse 的 SQL 语句可以包括 ClickHouseStatement、ClickHouseStatement 包括 SelectBlock、FromBlock、PrewriteBlock 等等, 每个块节点又包括哪些表达式节点。通过将 SQL 语句与对应的 AST 转换规则进行匹配, 可以识别到该条 SQL 语句包括有哪些节点以及这些节点之间的节点层级关系, 从而建立该 SQL 语句对应的 AST。

15 在一种可能的实现方式中, S202 按照与 SQL 语句的类型对应的抽象语法树 AST 转换规则, 将 SQL 语句转换为 AST 的具体实现可以包括:

A1: 将 SQL 语句解析为 SQL 语句单词流。

SQL 语句为一串字符串, 通过与 SQL 语句的类型对应的文法规则解析器能够识别 SQL 语句对应的 SQL 语句单词流, SQL 语句单词流包括多个单词。

20 例如 SQL 语句 “select age from table”, 通过解析可以得到包括 4 个单词 “select、age、from、table” 的单词流。文法规则解析器可以为实际应用中的 SQL 语句解析工具。

A2: 将 SQL 语句单词流中的单词与 SQL 语句的类型对应的抽象语法树 AST 转换规则进行匹配, 确定单词的节点类型以及各个单词之间的节点层级

25 关系。

A3: 根据单词的节点类型以及各个单词之间的节点层级关系将 SQL 语句转换为 AST。

将 SQL 语句单词流中的单词与对应的 AST 转换规则进行匹配, 可以得到每个单词属于 AST 中的哪种类型的节点以及这些节点具有怎样的节点层级

30 关系。将这些单词按照节点类型以及相应节点层级关系进行组装可以得到

SQL 语句对应的 AST。例如, Mysql 类型的 SQL 语句 “select age from table”, 其中, “age” 为表达式节点、“table” 为表达式节点、“select” 为 Select 块节点、“from” 为 From 块节点, 则 age 表达式节点属于 Select 块节点、table 表达式节点属于 From 块节点, Select 块节点以及 From 块节点属于 MysqlStatement 节点, 从而建立了该 SQL 语句的 AST。

参见图 3 所示, 示出了在实际应用中将 SQL 语句转换为 AST 过程的示意图。

针对不同类型的 SQL 语句的输入, 利用其对应的语法规则解析器识别 SQL 语句中的各个单词, 构成 SQL 语句单词流, 然后利用其对应的 ASTBuilder 将这些单词组装成当前设计的 AST。ASTBuilder 中保存有相应的 AST 转换规则。当需要适配新类型的 SQL 语句时, 只需要实现其对应的语法规则解析器和 ASTBuilder 即可, 最终实现不同类型的 SQL 语句利用对应的 ASTBuilder 来构建出统一的 AST。例如, 获取 Mysql 类型的 SQL 语句, 利用 Mysql 语法规则解析器将 SQL 语句解析为 SQL 语句单词流, 将 SQL 语句单词流输入 MysqlASTBuilder, 将该 SQL 语句转换为 AST。对于其他类型的 SQL 语句也是相同的流程, 在此不再赘述。

这样, 本公开实施例, 在 AST 中为不同类型的 SQL 语句构建不同的语句节点, 每种类型的 SQL 语句在解析时直接解析成对应的语句节点, 同时将相对独立的语句和语法特性封装成块节点, 利用不同的块节点组合来填充不同的语句节点, 最后将各类基础表达式封装成表达式节点, 利用表达式节点组合来填充表达式节点自身和块节点。实现上层 AST 节点处理不同语法, 下层 AST 节点作为通用节点填充的一种组合方式, 从而解决不同类型的 SQL 语句在 AST 上的兼容问题。

S203: 在 AST 的表达式节点中查找属于聚合表达式的第一目标节点。

差分隐私算法在实现过程中需要对属于聚合表达式的内部节点进行敏感度计算。为了实现差分隐私算法, 可以预先设置聚合表达式的列表, 然后在 AST 的表达式节点中查找属于聚合表达式的节点作为第一目标节点。例如, 预先设置需要针对 sum 表达式执行差分隐私算法, 则 sum 表达式为聚合表达式, 在 AST 的各个表达式节点中查找 sum 表达式节点作为第一目标节点。

由于第一目标节点属于聚合表达式，因此其内部还会包括内部节点，第一目标节点可以包括一级内部节点，也可以包括多级内部节点。例如，SQL 语句中的 `sum (age)` 部分，转换为 AST 中的 `sum` 表达式节点和 `age` 表达式节点，`sum` 表达式节点为第一目标节点，其内部节点为 `age` 表达式节点。又例如，SQL 语句中的 `sum (id+age)` 部分，转换为 AST 树中的 `sum` 表达式节点、加法表达式节点、`id` 表达式节点和 `age` 表达式节点，`sum` 表达式节点为第一目标节点，其内部节点为加法表达式节点，加法表达式节点的内部节点为 `id` 表达式节点和 `age` 表达式节点。

S204: 调用第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，得到第一目标节点的内部节点的敏感度，第一目标节点的内部节点的敏感度用于对第一目标节点执行差分隐私算法。

在确定第一目标节点后，通过 AST 可以确定第一目标节点的内部节点。本公开实施例为第一目标节点的内部节点预先设置有相应的敏感度计算函数，根据敏感度计算函数的执行逻辑，可以得到第一目标节点的内部节点的敏感度，从而利用目标节点的内部节点的敏感度对第一目标节点执行差分隐私算法。

在一种可能的实现方式中，S204 调用第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，得到第一目标节点的内部节点的敏感度的具体实现可以包括：

调用第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，获取第一目标节点的内部节点的元数据信息，利用元数据信息计算第一目标节点的内部节点的敏感度；元数据信息是通过 SQL 语句查询数据表得到的。

在计算第一目标节点的内部节点的敏感度时，需要利用第一目标节点的内部节点的元数据信息，该元数据信息可以从内部节点对应的数据表中查询得到。具体的，元数据信息可以包括内部节点对应的数据表中的数据类型、最大值、最小值、数据出现频率等。例如，基于上述示例，由 `sum (age)`，可知 `sum` 表达式节点为第一目标节点，对应的内部节点为 `age` 表达式节点。`age` 表达式节点是对数据表中 `age`（年龄）列进行查询，从数据表中可以得到 `age` 表达式节点的元数据信息，包括数据表中该列的数据类型、最大值、最小值等。则调用 `age` 表达式节点的敏感度计算函数时，可以利用 `age` 表达式节点的元数据信息计算得到 `age` 表达式节点的敏感度，从而根据 `age` 表达式

节点的敏感度对 sum 表达式节点对应的查询结果执行差分隐私算法。

而在一些可能的实现方式中，由于第一目标节点可以包括多级内部节点，则调用第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，获取第一目标节点的内部节点的元数据信息，利用元数据信息计算第一目标节点的内部节点的敏感

5 度的具体实现可以包括：

调用目标节点的第一级内部节点的敏感度计算函数，获取目标节点的第二级内部节点的元数据信息，利用目标节点的第二级内部节点的元数据信息计算目标节点的第一级内部节点的敏感度。

也即当第一目标节点包括多级内部节点时，第二级内部节点可以理解为  
10 第一内部节点的下一级节点。则调用第一级内部节点的敏感度计算函数，获取第一级内部节点的下一级内部节点（即第二内部节点）的元数据信息，可以计算得到第一级内部节点的敏感度。

当第一目标节点包括三级或三级以上内部节点时，可以从倒数第二级内部节点的敏感度计算函数开始调用，获取最后一级内部节点的元数据信息，  
15 利用最后一级内部节点的元数据信息计算倒数第二级内部节点的敏感度，倒数第二级内部节点的敏感度可以作为倒数第二级内部节点的元数据信息。继续调用倒数第二级内部节点再上一级内部节点的敏感度计算函数，利用倒数第二级内部节点的元数据信息计算倒数第二级内部节点再上一级内部节点的敏感度。以此类推，最终可以得到第一目标节点的下一级内部节点的敏感  
20 度，从而对第一目标节点的查询结果执行差分隐私算法。

例如，基于上述示例，由  $\text{sum}(\text{id} + \text{age})$ ，sum 表达式节点为第一目标节点，加法表达式节点为第一级内部节点，id 表达式节点和 age 表达式节点为第二级内部节点。调用加法表达式节点的敏感度计算函数，获取 id 表达式节点和 age 表达式节点的元数据信息。根据预先设置的加法表达式节点的敏感  
25 度计算函数，将 id 表达式节点和 age 表达式节点对应的最小值相加作为加法表达式节点的最小值，将 id 表达式节点和 age 表达式节点对应的最大值相加作为加法表达式节点的最大值，计算得到加法表达式节点的敏感度。

又例如，SQL 语句中的  $\text{sum}(\text{power}(\text{salary}, 2))$  部分，sum 表达式节点为第一目标节点，其第一级内部节点为 power（指数计算）表达式节点，  
30 第二级内部节点为 salary（薪水）表达式节点。调用 power 表达式节点的敏

感度计算函数, 获取 salary 表达式节点的元数据信息。根据预先设置的 power 表达式节点的敏感度计算函数, 当 salary 表达式节点对应的最小值为非负数时, 将该最小值的平方作为 power 表达式节点的最小值, salary 表达式节点对应的最大值的平方作为 power 表达式节点的最大值; 当 salary 表达式节点对应的最大值为非正数时, 将该最大值的平方作为 power 表达式节点的最小值, salary 表达式节点对应的最小值的平方作为 power 表达式节点的最大值; 当 salary 表达式节点对应的最小值为负数、最大值为正数时, power 表达式节点的最小值为 0, salary 表达式节点对应的最小值的平方、最大值的平方中较大的作为 power 表达式节点的最大值, 完成 power 表达式节点的敏感度计算。

本公开实施例对需要进行敏感度计算的表达式节点预先封装有敏感度计算逻辑, 具体逻辑依据表达式节点的不同而不同, 以此为基础实现了第一目标节点的差分隐私结果输出。

基于 S201-S204 的描述, 本公开实施例预先建立有不同 SQL 语句类型对应的 AST 转换规则, 可以兼容不同类型的 SQL 语句, 将 SQL 语句转换为 AST, AST 由语句节点、块节点以及表达式节点三级节点结构进行表示。然后在 AST 中的表达式节点中确定需要执行差分隐私算法的属于聚合表达式的第一目标节点, 调用第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数, 从而计算得到第一目标节点的内部节点的敏感度, 利用第一目标节点的内部节点的敏感度可以实现针对第一目标节点执行差分隐私算法。从而实现了在输入 SQL 语句后差分隐私算法的执行。

基于上述实施例, 为了计算第一目标节点的内部节点的敏感度, 需要从第一目标节点的内部节点对应的数据表中查询得到相应数据库、数据表、数据列等的元数据信息。为了提高获取元数据信息的效率, 减少查询数据库的次数, 本公开实施例可以预先将元数据信息与 AST 中的表达式节点进行绑定。

在一种可能的实现方式中, 基于上述实施例, 本公开实施例还可以包括:

B1: 在 AST 的表达式节点中查找预设类型的第二目标节点。

第二目标节点可以理解为可能需要获取元数据信息的表达式节点, 在 AST 中有三类第二目标节点, 分别为表类型、列类型以及 Map 表达式类型。

第二目标节点为表类型代表该表达式节点需要查询数据表、第二目标节点为  
代表该表达式节点需要查询数据列、第二目标节点为 Map 表达式类型代表该  
表达式节点需要查询 Map 表达式。即在 AST 的各个表达式节点中查找预设  
类型的第二目标节点，预设类型为表类型、列类型以及 Map 表达式类型。

- 5        B2: 按照 SQL 语句的执行顺序获取第二目标节点对应的数据表中的元  
数据信息。

按照 SQL 语句的执行顺序，查询相应第二目标节点对应的数据表、数据  
列或者相应节点，从而得到第二目标节点的元数据信息。例如，SQL 语句 `select  
name, sum(age) as sa, float_params{'_slot_param_1'} as fp1 from table1`，其中，  
10    `table1` 被解析为表类型的第二目标节点，`name` 和 `age` 被解析为列类型的第二  
目标节点，`float_params{'_slot_param_1'}` 被解析为 Map 表达式类型的第二目  
标节点。

按照 SQL 语句的执行顺序，如上述示例中，From 块节点中的 `table1` 表  
达式节点先获取元数据信息，然后 Select 块节点中的三个表达式节点再获取  
15    元数据信息。

在一种可能的实现方式中，当第二目标节点为表类型，第二目标节点对  
应的数据表中的元数据信息为第二目标节点对应的数据表中的相应表的元  
数据信息；

当第二目标节点为列类型，第二目标节点对应的数据库中的元数据信息  
20    为第二目标节点对应的数据表中的相应列的元数据信息；

当第二目标节点为 Map 表达式类型，第二目标节点对应的数据表中的元  
数据信息为第二目标节点对应的数据表中的相应节点的元数据信息。

在本公开实施例中，当第二目标节点为表类型，查询该第二目标节点对  
应的数据表的元数据信息（包括该数据表所有列的元数据信息）。当第二目  
25    标节点为列类型，查询该第二目标节点对应的数据列的元数据信息。当第二目  
标节点为 Map 表达式类型，查询该第二目标节点对应的数据表中的相应节点  
的元数据信息。

B3: 在 AST 中将第二目标节点对应的元数据信息与第二目标节点进行  
绑定。

30        最后，将各个第二目标节点的元数据信息与第二目标节点进行绑定，从

而在需要获取第二目标节点的元数据信息时，可以从 AST 中直接获取，而无需再次重复查询数据库。

在一种可能的实现方式中，S204 调用第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，得到第一目标节点的内部节点的敏感度的具体实现可以包括：

- 5       调用第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，从 AST 中获取第一目标节点的内部节点的元数据信息，利用元数据信息计算第一目标节点的内部节点的敏感度；第一目标节点的内部节点与第二目标节点相匹配。

在 AST 中绑定有元数据信息后，当需要获取第一目标节点的内部节点的元数据信息时，如果该内部节点属于第二目标节点，即绑定有元数据信息，  
10       可以直接从 AST 中获取到该内部节点的元数据信息，无需查询数据库，提高了实现效率。

基于上述方法实施例提供的一种 SQL 语句的处理方法，本公开实施例还提供了一种 SQL 语句的处理装置，下面将结合附图对该装置进行说明。

参见图 4 所示，该图为本公开实施例提供的一种 SQL 语句的处理装置  
15       的结构示意图。如图 4 所示，该 SQL 语句的处理装置包括：

第一获取单元 401，用于获取 SQL 语句；

转换单元 402，用于按照与所述 SQL 语句的类型对应的抽象语法树 AST 转换规则，将所述 SQL 语句转换为 AST；所述 AST 的节点类型包括语句节点、块节点以及表达式节点，所述语句节点包括至少一个块节点，所述块节点  
20       包括至少一个表达式节点；

第一查找单元 403，用于在所述 AST 的表达式节点中查找属于聚合表达式的  
第一目标节点；

调用单元 404，用于调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，得到所述第一目标节点的内部节点的敏感度，所述第一目标节点的内部  
25       节点的敏感度用于针对所述第一目标节点执行差分隐私算法。

在一种可能的实现方式中，所述转换单元，包括：

解析子单元，用于将所述 SQL 语句解析为 SQL 语句单词流；

匹配子单元，用于将所述 SQL 语句单词流中的单词与所述 SQL 语句的类型对应的抽象语法树 AST 转换规则进行匹配，确定所述单词的节点类型  
30       以及各个所述单词之间的节点层级关系；

转换子单元，用于根据所述单词的节点类型以及各个所述单词之间的节点层级关系将所述 SQL 语句转换为 AST。

在一种可能的实现方式中，所述调用单元具体用于：

- 5 调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，获取所述第一目标节点的内部节点的元数据信息，利用所述元数据信息计算所述第一目标节点的内部节点的敏感度；所述元数据信息是通过所述 SQL 语句查询数据表得到的。

在一种可能的实现方式中，当所述第一目标节点包括多级内部节点，所述调用单元具体用于包括：

- 10 所述调用所述目标节点的第一级内部节点的敏感度计算函数，获取所述目标节点的第二级内部节点的元数据信息，利用所述目标节点的第二级内部节点的元数据信息计算所述目标节点的第一级内部节点的敏感度。

在一种可能的实现方式中，所述装置还包括：

- 15 第二查找单元，用于在所述 AST 的表达式节点中查找预设类型的第二目标节点；

第二获取单元，用于按照所述 SQL 语句的执行顺序获取所述第二目标节点对应的数据表中的元数据信息；

绑定单元，用于在所述 AST 中将所述第二目标节点对应的元数据信息与所述第二目标节点进行绑定。

- 20 在一种可能的实现方式中，所述预设类型为表类型、列类型以及 Map 表达式类型；

当所述第二目标节点为表类型，所述第二目标节点对应的数据表中的元数据信息为第二目标节点对应的数据表中的相应表的元数据信息；

- 25 当所述第二目标节点为列类型，所述第二目标节点对应的数据库中的元数据信息为第二目标节点对应的数据表中的相应列的元数据信息；

当所述第二目标节点为 Map 表达式类型，所述第二目标节点对应的数据表中的元数据信息为第二目标节点对应的数据表中的相应节点的元数据信息。

在一种可能的实现方式中，所述调用单元具体用于：

- 30 调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，从所述 AST 中

获取所述第一目标节点的内部节点的元数据信息，利用所述元数据信息计算所述所述第一目标节点的内部节点的敏感度；所述所述第一目标节点的内部节点与所述第二目标节点相匹配。

5 基于上述方法实施例提供的一种 SQL 语句的处理方法，本公开还提供一种电子设备，包括：一个或多个处理器；存储装置，其上存储有一个或多个程序，当所述一个或多个程序被所述一个或多个处理器执行，使得所述一个或多个处理器实现上述任一实施例所述的 SQL 语句的处理方法。

下面参考图 5，其示出了适于用来实现本公开实施例的电子设备 1300 的结构示意图。本公开实施例中的终端设备可以包括但不限于诸如移动电话、笔记本电脑、数字广播接收器、PDA（Personal Digital Assistant，个人数字助理）、PAD（portable android device，平板电脑）、PMP（Portable Media Player，便携式多媒体播放器）、车载终端（例如车载导航终端）等等的移动终端以及诸如数字 TV（television，电视机）、台式计算机等等的固定终端。图 5 示出的电子设备仅仅是一个示例，不应对本公开实施例的功能和使用范围带来任何限制。

如图 5 所示，电子设备 1300 可以包括处理装置（例如中央处理器、图形处理器等）1301，其可以根据存储在只读存储器（ROM）1302 中的程序或者从存储装置 1306 加载到随机访问存储器（RAM）1303 中的程序而执行各种适当的动作和处理。在 RAM 1303 中，还存储有电子设备 1300 操作所需的各种程序和数据。处理装置 1301、ROM 1302 以及 RAM 1303 通过总线 1304 彼此相连。输入/输出（I/O）接口 1305 也连接至总线 1304。

通常，以下装置可以连接至 I/O 接口 1305：包括例如触摸屏、触摸板、键盘、鼠标、摄像头、麦克风、加速度计、陀螺仪等的输入装置 1306；包括例如液晶显示器（LCD）、扬声器、振动器等等的输出装置 1307；包括例如磁带、硬盘等的存储装置 1306；以及通信装置 1309。通信装置 1309 可以允许电子设备 1300 与其他设备进行无线或有线通信以交换数据。虽然图 5 示出了具有各种装置的电子设备 1300，但是应理解的是，并不要求实施或具备所有示出的装置。可以替代地实施或具备更多或更少的装置。

特别地，根据本公开的实施例，上文参考流程图描述的过程可以被实现为计算机软件程序。例如，本公开的实施例包括一种计算机程序产品，其包

括承载在非暂态计算机可读介质上的计算机程序，该计算机程序包含用于执行流程图所示的方法的程序代码。在这样的实施例中，该计算机程序可以通过通信装置 1309 从网络上被下载和安装，或者从存储装置 1306 被安装，或者从 ROM1302 被安装。在该计算机程序被处理装置 1301 执行时，执行本公开实施例的方法中限定的上述功能。

本公开实施例提供的电子设备与上述实施例提供的一种 SQL 语句的处理方法属于同一发明构思，未在本实施例中详尽描述的技术细节可参见上述实施例，并且本实施例与上述实施例具有相同的有益效果。

基于上述方法实施例提供的一种 SQL 语句的处理方法，本公开实施例提供一种计算机可读介质，其上存储有计算机程序，其中，所述程序被处理器执行时实现如上述任一实施例所述的 SQL 语句的处理方法。

需要说明的是，本公开上述的计算机可读介质可以是计算机可读信号介质或者计算机可读存储介质或者是上述两者的任意组合。计算机可读存储介质例如可以是——但不限于——电、磁、光、电磁、红外线、或半导体的系统、装置或器件，或者任意以上的组合。计算机可读存储介质的更具体的例子可以包括但不限于：具有一个或多个导线的电连接、便携式计算机磁盘、硬盘、随机访问存储器（RAM）、只读存储器（ROM）、可擦式可编程只读存储器（EPROM 或闪存）、光纤、便携式紧凑磁盘只读存储器（CD-ROM）、光存储器件、磁存储器件、或者上述的任意合适的组合。在本公开中，计算机可读存储介质可以是任何包含或存储程序的有形介质，该程序可以被指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用。而在本公开中，计算机可读信号介质可以包括在基带中或者作为载波一部分传播的数据信号，其中承载了计算机可读的程序代码。这种传播的数据信号可以采用多种形式，包括但不限于电磁信号、光信号或上述的任意合适的组合。计算机可读信号介质还可以是计算机可读存储介质以外的任何计算机可读介质，该计算机可读信号介质可以发送、传播或者传输用于由指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用的程序。计算机可读介质上包含的程序代码可以用任何适当的介质传输，包括但不限于：电线、光缆、RF（射频）等等，或者上述的任意合适的组合。

在一些实施方式中，客户端、服务器可以利用诸如 HTTP（HyperText

Transfer Protocol, 超文本传输协议)之类的任何当前已知或未来研发的网络协议进行通信,并且可以与任意形式或介质的数字数据通信(例如,通信网络)互连。通信网络的示例包括局域网(“LAN”),广域网(“WAN”),网际网(例如,互联网)以及端对端网络(例如,ad hoc 端对端网络),以及任何

5 当前已知或未来研发的网络。

上述计算机可读介质可以是上述电子设备中所包含的;也可以是单独存在,而未装配入该电子设备中。

上述计算机可读介质承载有一个或者多个程序,当上述一个或者多个程序被该电子设备执行时,使得该电子设备执行上述 SQL 语句的处理方法。

10 可以以一种或多种程序设计语言或其组合来编写用于执行本公开实施例的操作的计算机程序代码,上述程序设计语言包括但不限于面向对象的程序设计语言—诸如 Java、Smalltalk、C++,还包括常规的过程式程序设计语言—诸如“C”语言或类似的程序设计语言。程序代码可以完全地在用户计算机上执行、部分地在用户计算机上执行、作为一个独立的软件包执行、部分在

15 用户计算机上部分在远程计算机上执行、或者完全在远程计算机或服务器上执行。在涉及远程计算机的情形中,远程计算机可以通过任意种类的网络—包括局域网(LAN)或广域网(WAN)—连接到用户计算机,或者,可以连接到外部计算机(例如利用因特网服务提供商来通过因特网连接)。

附图中的流程图和框图,图示了按照本公开各种实施例的系统、方法和

20 计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上,流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段、或代码的一部分,该模块、程序段、或代码的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意,在有些作为替换的实现中,方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如,两个接连地表示的方框实际上可以基本并行地执行,它们有时也可以按相反的顺序执行,这依所涉及的功能而定。也要注意的,框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合,可以用执行规定的功能或操作的专用的基于硬件的系统来实现,或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

25

描述于本公开实施例中所涉及到的单元可以通过软件的方式实现,也可以

30 通过硬件的方式来实现。其中,单元/模块的名称在某种情况下并不构成对

该单元本身的限定，例如，第一获取单元还可以被描述为“第一获取模块”。

本文中以上描述的功能可以至少部分地由一个或多个硬件逻辑部件来执行。例如，非限制性地，可以使用的示范类型的硬件逻辑部件包括：现场可编程门阵列（FPGA）、专用集成电路（ASIC）、专用标准产品（ASSP）、片上系统（SOC）、复杂可编程逻辑设备（CPLD）等等。

在本公开实施例的上下文中，机器可读介质可以是有形的介质，其可以包含或存储以供指令执行系统、装置或设备使用或与指令执行系统、装置或设备结合地使用的程序。机器可读介质可以是机器可读信号介质或机器可读储存介质。机器可读介质可以包括但不限于电子的、磁性的、光学的、电磁的、红外的、或半导体系统、装置或设备，或者上述内容的任何合适组合。机器可读存储介质的更具体示例会包括基于一个或多个线的电气连接、便携式计算机盘、硬盘、随机存取存储器（RAM）、只读存储器（ROM）、可擦除可编程只读存储器（EPROM 或快闪存储器）、光纤、便捷式紧凑盘只读存储器（CD-ROM）、光学储存设备、磁储存设备、或上述内容的任何合适组合。

根据本公开的一个或多个实施例，示例一提供了一种 SQL 语句的处理方法，所述方法包括：

获取 SQL 语句；

按照与所述 SQL 语句的类型对应的抽象语法树 AST 转换规则，将所述 SQL 语句转换为 AST；所述 AST 的节点类型包括语句节点、块节点以及表达式节点，所述语句节点包括至少一个块节点，所述块节点包括至少一个表达式节点；

在所述 AST 的表达式节点中查找属于聚合表达式的第一目标节点；

调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，得到所述第一目标节点的内部节点的敏感度，所述第一目标节点的内部节点的敏感度用于针对所述第一目标节点执行差分隐私算法。

根据本公开的一个或多个实施例，示例二提供了一种 SQL 语句的处理方法，所述按照与所述 SQL 语句的类型对应的抽象语法树 AST 转换规则，将所述 SQL 语句转换为 AST，包括：

将所述 SQL 语句解析为 SQL 语句单词流；

将所述 SQL 语句单词流中的单词与所述 SQL 语句的类型对应的抽象语

法树 AST 转换规则进行匹配，确定所述单词的节点类型以及各个所述单词之间的节点层级关系；

根据所述单词的节点类型以及各个所述单词之间的节点层级关系将所述 SQL 语句转换为 AST。

- 5 根据本公开的一个或多个实施例，示例三提供了一种 SQL 语句的处理方法，所述调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，得到所述第一目标节点的内部节点的敏感度，包括：

调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，获取所述第一目标节点的内部节点的元数据信息，利用所述元数据信息计算所述第一目标节点的内部节点的敏感度；所述元数据信息是通过所述 SQL 语句查询数据表得到的。

10 根据本公开的一个或多个实施例，示例四提供了一种 SQL 语句的处理方法，当所述第一目标节点包括多级内部节点，所述调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，获取所述第一目标节点的内部节点的元数据信息，利用所述元数据信息计算所述第一目标节点的内部节点的敏感度，包括：

所述调用所述目标节点的第一级内部节点的敏感度计算函数，获取所述目标节点的第二级内部节点的元数据信息，利用所述目标节点的第二级内部节点的元数据信息计算所述目标节点的第一级内部节点的敏感度。

- 20 根据本公开的一个或多个实施例，示例五提供了一种 SQL 语句的处理方法，所述方法还包括：

在所述 AST 的表达式节点中查找预设类型的第二目标节点；

按照所述 SQL 语句的执行顺序获取所述第二目标节点对应的数据表中的元数据信息；

- 25 在所述 AST 中将所述第二目标节点对应的元数据信息与所述第二目标节点进行绑定。

根据本公开的一个或多个实施例，示例六提供了一种 SQL 语句的处理方法，所述预设类型为表类型、列类型以及 Map 表达式类型；

- 30 当所述第二目标节点为表类型，所述第二目标节点对应的数据表中的元数据信息为第二目标节点对应的数据表中的相应表的元数据信息；

当所述第二目标节点为列类型，所述第二目标节点对应的数据库中的元数据信息为第二目标节点对应的数据表中的相应列的元数据信息；

当所述第二目标节点为 Map 表达式类型，所述第二目标节点对应的数据表中的元数据信息为第二目标节点对应的数据表中的相应节点的元数据信息。

根据本公开的一个或多个实施例，示例七提供了一种 SQL 语句的处理方法，所述调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，得到所述第一目标节点的内部节点的敏感度，包括：

调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，从所述 AST 中获取所述第一目标节点的内部节点的元数据信息，利用所述元数据信息计算所述第一目标节点的内部节点的敏感度；所述第一目标节点的内部节点与所述第二目标节点相匹配。

根据本公开的一个或多个实施例，示例八提供了一种 SQL 语句的处理装置，所述装置包括：

第一获取单元，用于获取 SQL 语句；

转换单元，用于按照与所述 SQL 语句的类型对应的抽象语法树 AST 转换规则，将所述 SQL 语句转换为 AST；所述 AST 的节点类型包括语句节点、块节点以及表达式节点，所述语句节点包括至少一个块节点，所述块节点包括至少一个表达式节点；

第一查找单元，用于在所述 AST 的表达式节点中查找属于聚合表达式的第一目标节点；

调用单元，用于调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，得到所述第一目标节点的内部节点的敏感度，所述第一目标节点的内部节点的敏感度用于针对所述第一目标节点执行差分隐私算法。

根据本公开的一个或多个实施例，示例九提供了一种 SQL 语句的处理装置，所述转换单元，包括：

解析子单元，用于将所述 SQL 语句解析为 SQL 语句单词流；

匹配子单元，用于将所述 SQL 语句单词流中的单词与所述 SQL 语句的类型对应的抽象语法树 AST 转换规则进行匹配，确定所述单词的节点类型以及各个所述单词之间的节点层级关系；

转换子单元，用于根据所述单词的节点类型以及各个所述单词之间的节点层级关系将所述 SQL 语句转换为 AST。

根据本公开的一个或多个实施例，示例十提供了一种 SQL 语句的处理装置，所述调用单元具体用于：

- 5       调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，获取所述第一目标节点的内部节点的元数据信息，利用所述元数据信息计算所述第一目标节点的内部节点的敏感度；所述元数据信息是通过所述 SQL 语句查询数据表得到的。

- 10       根据本公开的一个或多个实施例，示例十一提供了一种 SQL 语句的处理装置，当所述第一目标节点包括多级内部节点，所述调用单元具体用于包括：

所述调用所述目标节点的第一级内部节点的敏感度计算函数，获取所述目标节点的第二级内部节点的元数据信息，利用所述目标节点的第二级内部节点的元数据信息计算所述目标节点的第一级内部节点的敏感度。

- 15       根据本公开的一个或多个实施例，示例十二提供了一种 SQL 语句的处理装置，所述装置还包括：

第二查找单元，用于在所述 AST 的表达式节点中查找预设类型的第二目标节点；

- 20       第二获取单元，用于按照所述 SQL 语句的执行顺序获取所述第二目标节点对应的数据表中的元数据信息；

绑定单元，用于在所述 AST 中将所述第二目标节点对应的元数据信息与所述第二目标节点进行绑定。

根据本公开的一个或多个实施例，示例十三提供了一种 SQL 语句的处理装置，所述预设类型为表类型、列类型以及 Map 表达式类型；

- 25       当所述第二目标节点为表类型，所述第二目标节点对应的数据表中的元数据信息为第二目标节点对应的数据表中的相应表的元数据信息；

当所述第二目标节点为列类型，所述第二目标节点对应的数据库中的元数据信息为第二目标节点对应的数据表中的相应列的元数据信息；

- 30       当所述第二目标节点为 Map 表达式类型，所述第二目标节点对应的数据表中的元数据信息为第二目标节点对应的数据表中的相应节点的元数据信

息。

根据本公开的一个或多个实施例，示例十四提供了一种 SQL 语句的处理装置，所述调用单元具体用于：

- 5 调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，从所述 AST 中获取所述第一目标节点的内部节点的元数据信息，利用所述元数据信息计算所述第一目标节点的内部节点的敏感度；所述第一目标节点的内部节点与所述第二目标节点相匹配。

- 10 根据本公开的一个或多个实施例，示例十五提供了一种 SQL 语句的处理设备，包括：存储器，处理器，及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时，实现如示例一至示例七任一项所述的 SQL 语句的处理方法。

- 15 根据本公开的一个或多个实施例，示例十六提供了一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质中存储有指令，当所述指令在终端设备上运行时，使得所述终端设备执行如示例一至示例七任一项所述的 SQL 语句的处理方法。

需要说明的是，本公开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或装置而言，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。

- 20 应当理解，在本公开中，“至少一个（项）”是指一个或者多个，“多个”是指两个或两个以上。“和/或”，用于描述关联对象的关联关系，表示可以存在三种关系，例如，“A 和/或 B”可以表示：只存在 A，只存在 B 以及同时存在 A 和 B 三种情况，其中 A，B 可以是单数或者复数。字符“/”一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。“以下至少一项（个）”或其类似表达，是指这些项中的任意组合，包括单项（个）或复数项（个）的任意组合。例如，a，b 或 c 中的至少一项（个），可以表示：a，b，c，“a 和 b”，“a 和 c”，“b 和 c”，或“a 和 b 和 c”，其中 a，b，c 可以是单个，也可以是多个。

- 25 还需要说明的是，在本文中，诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、
- 30

“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不

5 排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

结合本文中所公开的实施例描述的方法或算法的步骤可以直接用硬件、处理器执行的软件模块，或者二者的结合来实施。软件模块可以置于随机存储器（RAM）、内存、只读存储器（ROM）、电可编程 ROM、电可擦除可编程 ROM、寄存器、硬盘、可移动磁盘、CD-ROM、或技术领域内所公知的任意其它形式的存储介质中。

10

对所公开的实施例的上述说明，使本领域专业技术人员能够实现或使用本公开。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的，本文中所定义的一般原理可以在不脱离本公开的精神或范围的情况下，在其它实施例中实现。因此，本公开将不会被限制于本文所示的这些实施例，而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

15

## 权利要求书

1、一种结构化查询语言 SQL 语句的处理方法，包括：

获取 SQL 语句；

- 5       按照与所述 SQL 语句的类型对应的抽象语法树 AST 转换规则，将所述 SQL 语句转换为 AST；所述 AST 的节点类型包括语句节点、块节点以及表达式节点，所述语句节点包括至少一个块节点，所述块节点包括至少一个表达式节点；

在所述 AST 的表达式节点中查找属于聚合表达式的第一目标节点；

- 10       调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，得到所述第一目标节点的内部节点的敏感度，所述所述第一目标节点的内部节点的敏感度用于针对所述第一目标节点执行差分隐私算法。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述按照与所述 SQL 语句的类型对应的抽象语法树 AST 转换规则，将所述 SQL 语句转换为 AST，包括：

- 15       将所述 SQL 语句解析为 SQL 语句单词流；

将所述 SQL 语句单词流中的单词与所述 SQL 语句的类型对应的抽象语法树 AST 转换规则进行匹配，确定所述单词的节点类型以及各个所述单词之间的节点层级关系；

- 20       根据所述单词的节点类型以及各个所述单词之间的节点层级关系将所述 SQL 语句转换为 AST。

3、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，得到所述第一目标节点的内部节点的敏感度，包括：

- 25       调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，获取所述第一目标节点的内部节点的元数据信息，利用所述元数据信息计算所述第一目标节点的内部节点的敏感度；所述元数据信息是通过所述 SQL 语句查询数据表得到的。

- 30       4、根据权利要求 3 所述的方法，其中，当所述第一目标节点包括多级内部节点，所述调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，获取所述第一目标节点的内部节点的元数据信息，利用所述元数据信息计算所述第

一目标节点的内部节点的敏感度，包括：

所述调用所述目标节点的第一级内部节点的敏感度计算函数，获取所述目标节点的第二级内部节点的元数据信息，利用所述目标节点的第二级内部节点的元数据信息计算所述目标节点的第一级内部节点的敏感度。

5 5、根据权利要求 1-4 任一项所述的方法，还包括：

在所述 AST 的表达式节点中查找预设类型的第二目标节点；

按照所述 SQL 语句的执行顺序获取所述第二目标节点对应的数据表中的元数据信息；

10 在所述 AST 中将所述第二目标节点对应的元数据信息与所述第二目标节点进行绑定。

6、根据权利要求 5 所述的方法，其中，所述预设类型为表类型、列类型以及 Map 表达式类型；

当所述第二目标节点为表类型，所述第二目标节点对应的数据表中的元数据信息为第二目标节点对应的数据表中的相应表的元数据信息；

15 当所述第二目标节点为列类型，所述第二目标节点对应的数据库中的元数据信息为第二目标节点对应的数据表中的相应列的元数据信息；

当所述第二目标节点为 Map 表达式类型，所述第二目标节点对应的数据表中的元数据信息为第二目标节点对应的数据表中的相应节点的元数据信息。

20 7、根据权利要求 5 或 6 所述的方法，其中，所述调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，得到所述第一目标节点的内部节点的敏感度，包括：

25 调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，从所述 AST 中获取所述第一目标节点的内部节点的元数据信息，利用所述元数据信息计算所述第一目标节点的内部节点的敏感度；所述第一目标节点的内部节点与所述第二目标节点相匹配。

8、一种结构化查询语言 SQL 语句的处理装置，包括：

第一获取单元，被配置为获取 SQL 语句；

30 转换单元，被配置为按照与所述 SQL 语句的类型对应的抽象语法树 AST 转换规则，将所述 SQL 语句转换为 AST；所述 AST 的节点类型包括语句节

点、块节点以及表达式节点，所述语句节点包括至少一个块节点，所述块节点包括至少一个表达式节点；

第一查找单元，被配置为在所述 AST 的表达式节点中查找属于聚合表达式的的目标节点；

- 5       调用单元，被配置为调用所述第一目标节点的内部节点的敏感度计算函数，得到所述第一目标节点的内部节点的敏感度，所述第一目标节点的内部节点的敏感度用于针对所述第一目标节点执行差分隐私算法。

- 9、一种结构化查询语言 SQL 语句的处理设备，包括：存储器，处理器，及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序，其中，所述  
10   处理器执行所述计算机程序时，实现如权利要求 1-7 任一项所述的 SQL 语句的处理方法。

10、一种计算机可读存储介质，其中，所述计算机可读存储介质中存储有指令，当所述指令在终端设备上运行时，使得所述终端设备执行如权利要求 1-7 任一项所述的 SQL 语句的处理方法。

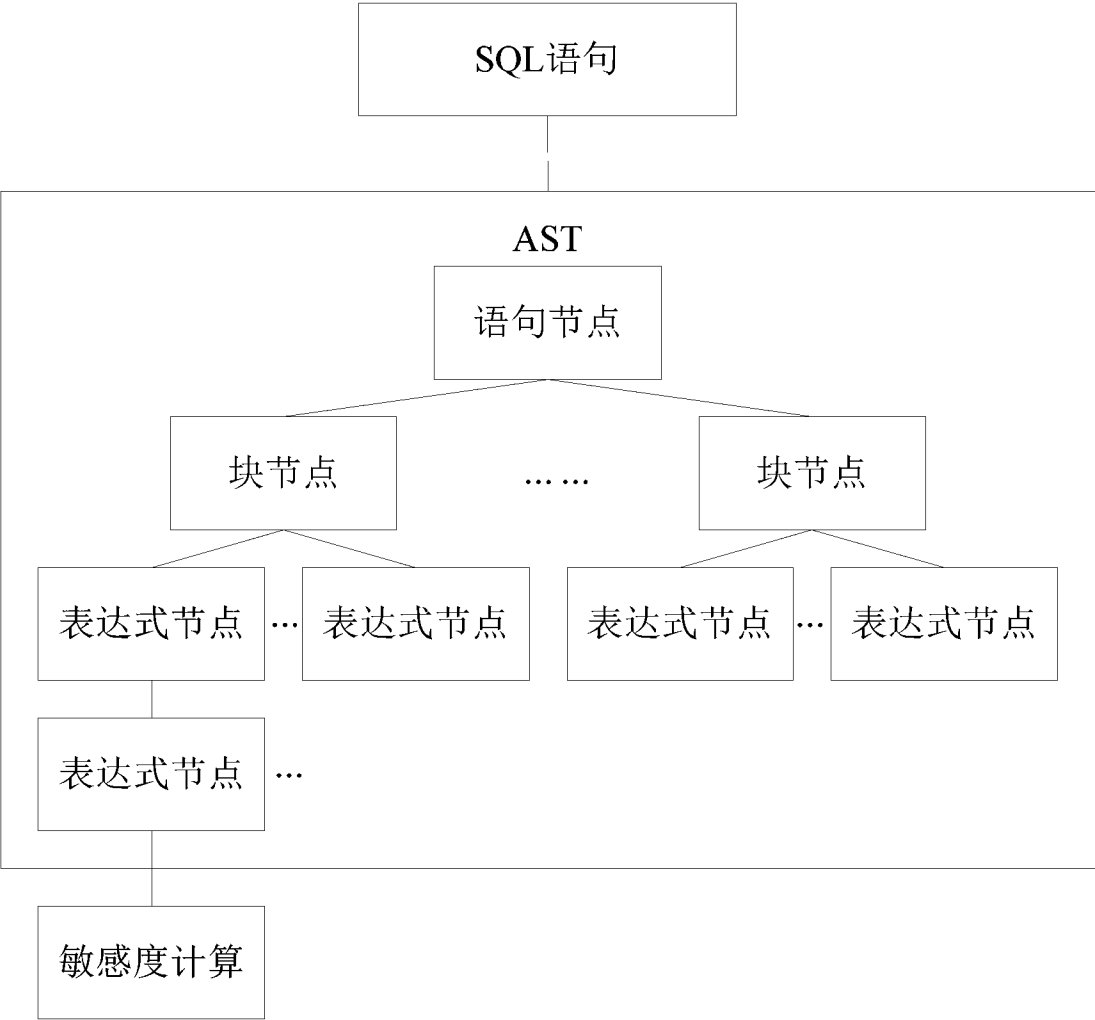


图 1

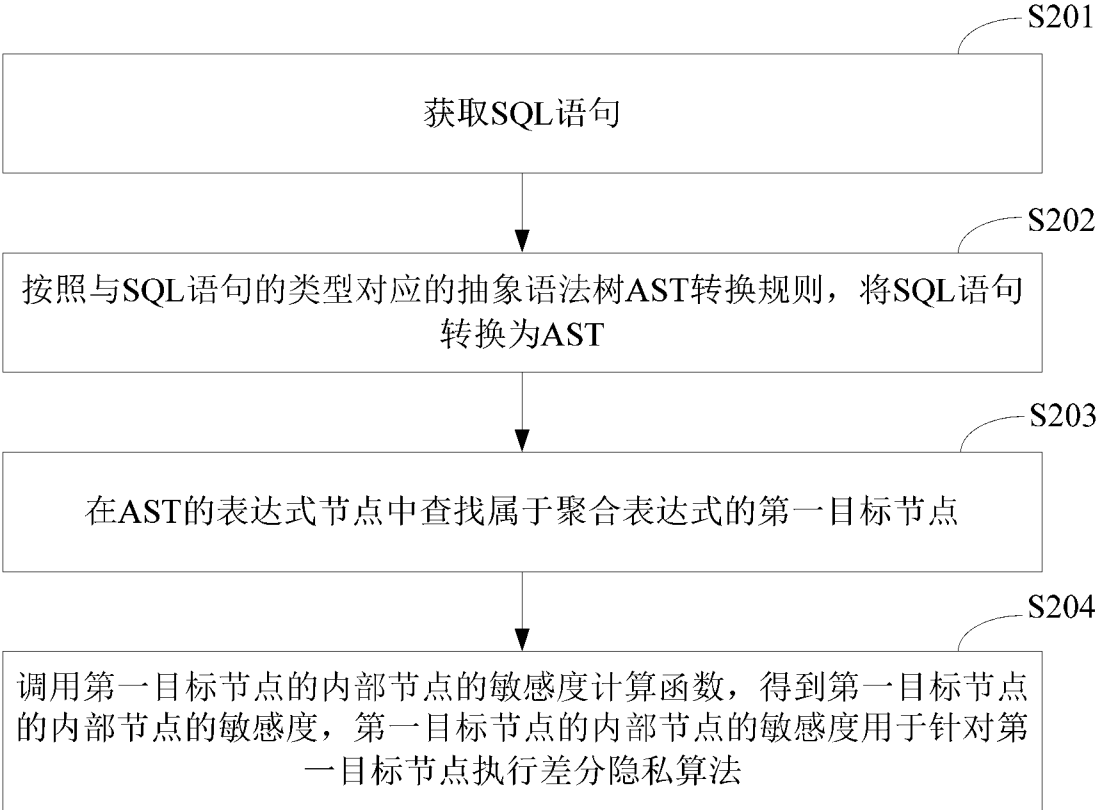


图 2

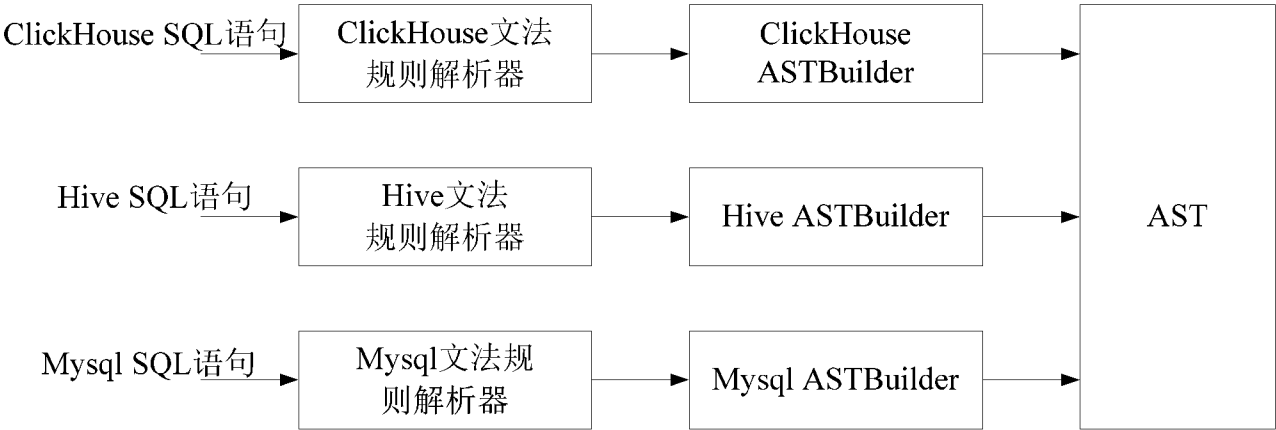


图 3



图 4

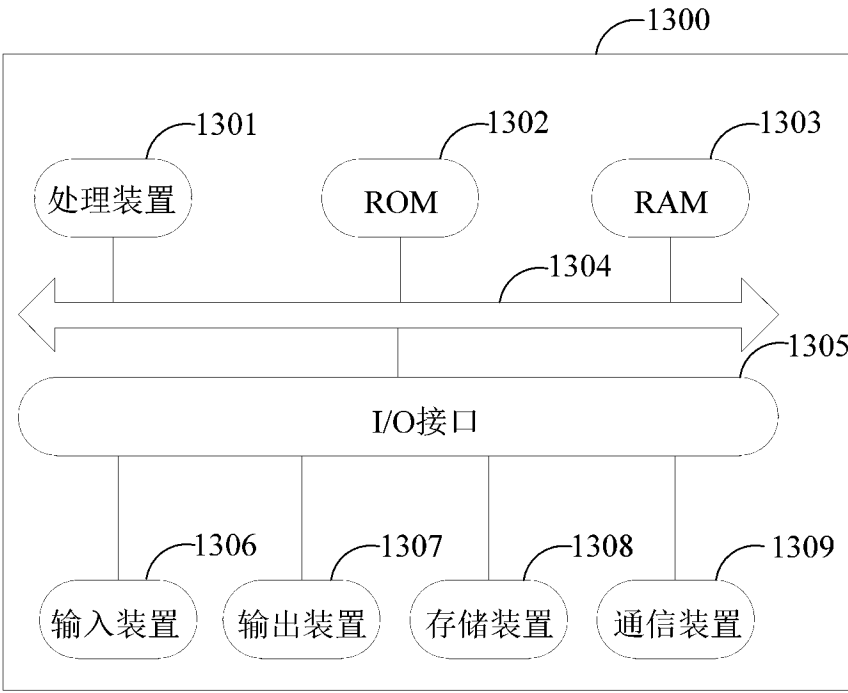


图 5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/079634

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br>G06F 16/242(2019.01)i<br><br>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>IPC: G06F<br><br>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br><br>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)<br>CNABS; CNTXT; DWPI; VEN; USTXT; WOTXT; EPTXT; CNKI; IEEE: 数据库, 结构化查询语句, 抽象语法树, 差分隐私, 聚合, database, SQL, AST, differential privacy, aggregate                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          |
| Category*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                | Relevant to claim No.                                                    |
| PX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CN 116226169 A (BEIJING BYTEDANCE NETWORK TECHNOLOGY CO., LTD.) 06 June 2023 (2023-06-06)<br>claims 1-10, and description, paragraphs 33-115                                                                                                                                                      | 1-10                                                                     |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 常朝珍 (CHANG, Chaozhen). "支持SQL查询的差分隐私保护模型研究 (The Research on SQL Satisfying Differential Privacy)"<br>中国优秀硕士学位论文全文数据库 信息科技辑 (Information Science and Technology, Chinese Master's Theses Full-Text Database), No. 1, 15 January 2021 (2021-01-15), page I138-76<br>ISSN: 1674-0246,<br>pages 20-25 | 1-10                                                                     |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | CN 112765658 A (HANGZHOU DTDREAM TECHNOLOGIES CO., LTD.) 07 May 2021 (2021-05-07)<br>description, paragraphs 70-95                                                                                                                                                                                | 1-10                                                                     |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | CN 111125758 A (BEIJING DBSEC TECHNOLOGY CO., LTD.) 08 May 2020 (2020-05-08)<br>description, paragraphs 32-49                                                                                                                                                                                     | 1-10                                                                     |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          |
| <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"D" document cited by the applicant in the international application</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          |
| Date of the actual completion of the international search<br><b>26 April 2024</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Date of mailing of the international search report<br><b>12 May 2024</b> |
| Name and mailing address of the ISA/CN<br><b>China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)<br/>China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,<br/>Beijing 100088</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Authorized officer<br><br><br>Telephone No.                              |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/079634

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | CN 112162998 A (XUZHOU MEDICAL UNIVERSITY et al.) 01 January 2021 (2021-01-01)<br>entire document | 1-10                  |
| A         | US 2020380159 A1 (IMMUTA, INC.) 03 December 2020 (2020-12-03)<br>entire document                  | 1-10                  |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
Information on patent family members

International application No.  
**PCT/CN2024/079634**

| Patent document cited in search report |            |    | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) |            |    | Publication date (day/month/year) |
|----------------------------------------|------------|----|-----------------------------------|-------------------------|------------|----|-----------------------------------|
| CN                                     | 116226169  | A  | 06 June 2023                      | None                    |            |    |                                   |
| CN                                     | 112765658  | A  | 07 May 2021                       | None                    |            |    |                                   |
| CN                                     | 111125758  | A  | 08 May 2020                       | None                    |            |    |                                   |
| CN                                     | 112162998  | A  | 01 January 2021                   | US                      | 2022100887 | A1 | 31 March 2022                     |
| US                                     | 2020380159 | A1 | 03 December 2020                  | US                      | 11593506   | B2 | 28 February 2023                  |

A. 主题的分类

G06F 16/242(2019.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: G06F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS; CNTXT; DWPI; VEN; USTXT; WOTXT; EPTXT; CNKI; IEEE: 数据库, 结构化查询语句, 抽象语法树, 差分隐私, 聚合, database, SQL, AST, differential privacy, aggregate

C. 相关文件

| 类型* | 引用文件, 必要时, 指明相关段落                                                                                                                | 相关的权利要求 |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| PX  | CN 116226169 A (北京字跳网络技术有限公司) 2023年6月6日 (2023 - 06 - 06)<br>权利要求1-10, 说明书33-115段                                                 | 1-10    |
| Y   | 常朝珍. "支持SQL查询的差分隐私保护模型研究"<br>中国优秀硕士学位论文全文数据库 信息科技辑,<br>第1期, 2021年1月15日 (2021 - 01 - 15), I138-76页<br>ISSN: 1674-0246,<br>第20-25页 | 1-10    |
| Y   | CN 112765658 A (杭州数梦工场科技有限公司) 2021年5月7日 (2021 - 05 - 07)<br>说明书70-95段                                                            | 1-10    |
| Y   | CN 111125758 A (北京安华金和科技有限公司) 2020年5月8日 (2020 - 05 - 08)<br>说明书32-49段                                                            | 1-10    |
| A   | CN 112162998 A (徐州医科大学 等) 2021年1月1日 (2021 - 01 - 01)<br>全文                                                                       | 1-10    |
| A   | US 2020380159 A1 (IMMUTA INC) 2020年12月3日 (2020 - 12 - 03)<br>全文                                                                  | 1-10    |

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

★ 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“p” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2024年4月26日

国际检索报告邮寄日期

2024年5月12日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局  
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

程潇杰

电话号码 (+86) 020-28957217

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号  
PCT/CN2024/079634

| 检索报告引用的专利文件 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|------------|----|----------------|------|------------|----|----------------|
| CN          | 116226169  | A  | 2023年6月6日      | 无    |            |    |                |
| CN          | 112765658  | A  | 2021年5月7日      | 无    |            |    |                |
| CN          | 111125758  | A  | 2020年5月8日      | 无    |            |    |                |
| CN          | 112162998  | A  | 2021年1月1日      | US   | 2022100887 | A1 | 2022年3月31日     |
| US          | 2020380159 | A1 | 2020年12月3日     | US   | 11593506   | B2 | 2023年2月28日     |