

(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
2008年8月28日 (28.08.2008)

PCT

(10) 国际公布号
WO 2008/101408 A1

- (51) 国际专利分类号: **G05D 17/00** (2006.01) **B25B 23/151** (2006.01) **Jiancheng** [CN/CN]; 中国江苏省苏州市工业园区东旺路18号, Jiangsu 214123 (CN)。
- (21) 国际申请号: PCT/CN2008/000345 (74) 代理人: 苏州创元专利商标事务所有限公司 (SUZHOU CREATOR PATENT & TRADEMARK AGENCY LTD); 中国江苏省苏州市干将西路93号522室, Jiangsu 215002 (CN)。
- (22) 国际申请日: 2008年2月13日 (13.02.2008)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权: 200710020155.1
2007年2月16日 (16.02.2007) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 苏州宝时得电动工具有限公司 (POSITEC POWER TOOLS (SUZHOU) CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市干将东路461号, Jiangsu 215006 (CN)。
- (72) 发明人; 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 鲍瑞那图·强尼 (BORINATO, Gianni) [IT/IT]; 意大利维琴察省西澳市卡普里街道20B, 36015 Schio (IT)。 沈建成 (SHEN,
- (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AT, BE, BG, CH,

[见续页]

(54) Title: CONTROLLING METHOD OF ELECTRIC TOOL AND ELECTRIC TOOL CARRYING OUT THE CONTROLLING METHOD

(54) 发明名称: 电动工具的控制方法及执行该控制方法的电动工具

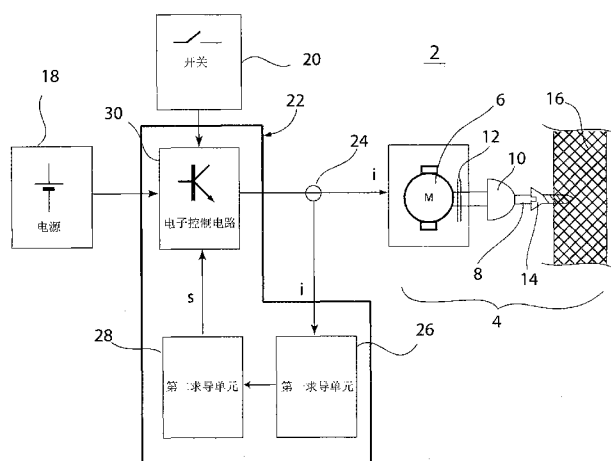


图4 / Fig.4

- 18 ... POWER SOURCE
- 20 ... SWITCH
- 26 ... FIRST DERIVATION UNIT
- 28 ... SECOND DERIVATION UNIT
- 30 ... ELECTRONIC CONTROL CIRCUIT

(57) Abstract: An electric tool includes a motor for driving a working head to rotate at a rotation rate; a power source for supplying the motor current; a sensor for measuring the current; a controlling component for sensing the variance ratio of the current relative to the time, accordingly generating a controlling signal to reduce the rotation rate of the motor. A electronic controlling component added in the electric tool senses the working component which is driving by the working head whether has reached at the predetermination location automatically, and carries out corresponding action after the working component has been sensed reached at the predetermination location, ensures it will not cross the predetermination location further.

[见续页]

WO 2008/101408 A1



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

本国际公布：
— 包括国际检索报告。

(57) 摘要：

一种电动工具，包括电机，用于驱动工作头以一旋转速度旋转；电源，用于供给电机电流；传感器，用于测量电流；控制组件，用于检测电流随时间的变化率，从而生成控制信号来降低所述电机的旋转速度。在电动工具内增设相关的电子控制组件来自动检测工作头驱动的工作件是否已达到预定位置，并且在检测到该工作件到达预定位置后执行相应动作，确保其不会进一步越过该预定位置。

电动工具的控制方法及执行该控制方法的电动工具

技术领域

本发明涉及一种电动工具的控制方法，尤其涉及一种用于控制电动螺丝刀的电机转速的方法；

本发明还涉及一种执行上述控制方法的电动工具，尤其涉及一种执行该控制方法的电动螺丝刀。

背景技术

现有的电动工具，如电动螺丝刀，通过加载的电源提供电流，来驱动电机转动，从而使工作头旋转以将螺钉钻进木板中。不同类型的螺钉具有不同的主体直径，或者具有不同的头部形状，如此，其钻进同一木板中的情形也各不相同。此外，不同的木板由于材质不同使得其硬度也不同，如此，同一螺钉钻进不同材质的木板中的情况也不尽相同。通常在电动螺丝刀的使用过程中，使用者需要将螺钉钻至头部贴近工件的表面，如此，使用者需要非常小心地关注钻进过程，以当螺钉的头部贴近工件的表面时控制电机停转。从而，一方面避免螺钉头部被过深地钻入木板内部，另一方面避免螺钉头部被不小心钻进木板后，由于遭受过大阻力而使电机过载。

通常这种电动工具会设有过载保护装置。这种过载保护装置可以是一种机械式离合器，可在上述电流过载的情况下，使电动工具的工作头与电机脱离配合。采用这种过载保护装置的电动工具通常会同时在其机壳的前部设有一个扭力罩，即一个标有若干刻度的可旋转的罩子。这些刻度表示电动工具工作的极限扭力档位。使用者使用时可预先通过旋转扭力罩来设定电动工具工作的极限扭力值，也就是说，当电动工具工作中输出的扭力矩达到或超过该预先设定的阈值时，离合器系统会自动开始工作而使电动工具的工作头和电机脱离配合。此外，采用这种过载保护装置的电动螺丝刀也可以是在其机壳的前端延伸出一个套管，该套管的前端与电动螺丝刀的工作头的前端基本持平。通过这种设置，当螺钉钻到的其头部贴到木板的表面时，套管的前端部也贴到木板的表面，再进一步钻动螺钉，套管会受到木板的抵压而使其触动机壳内的离合器机构，从而使工作头和电机脱离配合。然而上述机械式离合器结构都较为复杂，制造麻烦，成本较高。

发明内容

本发明提供一种电动工具的控制方法，其可自动确保由电动工具的工作头驱动的工作件到达预定位置，并且该工作件不会进一步越过该预定位置。

本发明还提供一种执行上述控制方法的电动工具，其具有电子控制组件，可避免由工作头驱动的工作件在到达预定位置后进一步越过该位置。

为实现上述目的之一，本发明的技术方案是：

一种电动工具的控制方法，其中电动工具被供给电流来产生一旋转速度，该控制方法包括如下步骤：

测量供给电动工具的随时间变化的电流；

获得所述电流对时间的二阶导数或高阶导数；

根据所述二阶导数或高阶导数生成相应的控制信号；以及

根据所述控制信号改变所述电动工具的旋转速度。

为实现上述目的之一，本发明的技术方案还可以是：

一种电动工具，包括：

电机，用于驱动工作头，以使工作头具有一旋转速度；

电源，用于供给所述电机电流；

传感器，用于测量所述电流；

控制组件，用于检测位于电流对时间求二阶导数或高阶导数的曲线上的脉冲信号，从而生成控制信号来改变所述电机的旋转速度。

为实现上述目的之一，本发明的技术方案还可以是：

一种电动工具的控制方法，其中电动工具被供给电流来产生一旋转速度，该控制方法包括如下步骤：

a. 在预设时间点检测供给电动工具的电流；

b. 在所述预设时间点进行选择

b1) 当检测到的电流低于预定的第一阈值时，选择第一预设一阶导数值；

或者

b2) 当检测到的电流高于所述预定的第一阈值时，选择第二预设一阶导数值，其中第二预设一阶导数值高于第一预设一阶导数值；

c. 生成所述电流对时间的一阶导数；

d. 当所述一阶导数达到所述第一或第二预设一阶导数值时，根据所述一阶导数生成相应的控制信号；以及

e. 根据所述控制信号改变所述电动工具的旋转速度。

为实现上述目的之一，本发明的技术方案还可以是：

一种电动工具，包括：

- a) 电机，用于驱动工作头，以使工作头具有一旋转速度；
- b) 电源，用于供给所述电机电流；
- c) 传感器，用于测量所述电流；以及
- d) 控制组件，
 - d1) 用于检测所述电流曲线随时间的变化，
 - d2) 用于在预设的时间点根据所述电流的值选择第一或第二预设一阶导数值，
 - d3) 用于根据所述第一或第二预设一阶导数值生成控制信号，以及
 - d4) 用于根据所述控制信号改变所述电动工具的旋转速度。

与现有技术相比，本发明通过在电动工具内增设相关的电子控制组件来自动检测工作头驱动的工作件是否已到达预定位置，并且在检测到该工作件到达预定位置后执行相应动作，确保其不会进一步越过该预定位置。并且，由于没有采用复杂的机械式离合器结构，使制造简单，成本降低。

附图说明

下面结合附图和实施方式对本发明作进一步说明。

图 1 是现有的电动螺丝刀工作时的电流与时间的关系曲线图。

图 2 是图 1 中电流对时间一次求导后的导数曲线图。

图 3 是图 1 中电流对时间二次求导后的导数曲线图。

图 4 是本发明的电动工具基于第一发明原理的工作原理框图。

图 5 是电动螺钉到工作时的电流与时间的关系曲线图，其中表示了对应两种不同的工作情形时的两个不同电流 i_1 、 i_2 的曲线。

图 6 是图 5 中不同电流 i_1 、 i_2 对时间一次求导后的导数曲线图。

图 7 是根据图 6 中不同电流 i_1 、 i_2 对时间的一阶导数而得到的控制信号 s_1 、 s_2 的曲线图。

图 8 是本发明的电动工具基于第二发明原理的工作原理框图。

图 9 与图 3 相似，是电动螺丝刀的工作电流对时间二次求导后的导数曲线图。

图 10 是图 9 中电流对时间三次求导后的导数曲线图。

图 11 是本发明的电动工具基于第三发明原理的工作原理框图。

具体实施方式

本发明的控制方法可应用于多种类型的电动工具，以下主要以电动螺丝刀为具体实施方式进行说明。

如图 1 所示的电动螺丝刀工作时电流随时间的变化曲线图。配合参照图 4 所示，该电动螺丝刀 2 被使用者按压以驱使工作件 14，在本实施方式中该工作件为螺钉，钻入一木板 16 中。使用者的按压力基本上接近一个常量。其中字母 t 表示螺钉钻入木板的时间及随之螺钉在木板中相应的位置。字母 i 表示提供给电动螺丝刀的电机的电流以及随之相应加载在电机上的负载或驱动力。

图 1 中的曲线包括第一部分 A，第二部分 K，和第三部分 B。其中第一部分 A 是一段上升曲线，其表示螺钉的主体部分钻入木板的钻进过程，这段上升曲线基本上是线性的，或者可以稍微有些弯曲和波折。紧随着第一部分 A 的第二部分 K 也可以称作拐点部分 (knee) K。该拐点部分 K 是一个正向的曲线变化，也就是说，拐点部分 K 相对于第一部分 A 有向上倾斜的突变，这表示螺钉的头部开始接触到木板的表面。紧随拐点部分 K 的是第三部分 B，其同样是一段基本上是线性的，或者可以稍微有些弯曲和波折的上升曲线。但曲线 B 要比曲线 A 陡峭得多。

事实上，图 1 中的曲线表示的是没有应用本发明的控制方法进行保护的电动工具的工作情况，所以曲线的第三部分 B 表示此时电动工具会产生非常高的电流而导致将螺钉的头部钻入木板中。因此，有必要在拐点部分 K 之后采取必要的措施来避免上述产生过高电流的情形发生。

当螺钉钻至与拐点部分 K 对应的位置时，继续钻入过程不仅会使螺钉的头部钻入木板中，而且也可能会损坏电机。所以，本发明是基于自动检测拐点部分 K，然后在检测到以后自动采取相应的预防措施。

图 2 和图 3 将解释本实施方式中如何检测拐点部分 K。

图 2 是图 1 中电流 i 对时间 t 求一阶导数 di/dt 后的曲线图。其中，图 1 中的第一部分 A 和第三部分 B 在该图上相应显示为平行于水平坐标轴 t 的直线，而第二部分 K 则显示为一急速上升的曲线。

图 3 是图 1 中电流 i 对时间 t 求二阶导数 d^2i/dt^2 后的曲线图。其中，图 1 中的第一部分 A 和第三部分 B 经二次求导后数值已变为零，而第二部分 K 则显示为一开口向下的抛物线，并在抛物线的顶部区域（包含抛物线顶点在内的一个特定区间）形成一峰值信号 p 。配合参照图 4 所示，当该峰值信号 p 形成时，会随之产生一个控制信号 s 。当然，在优选的实施方式中，可预先设定一

个阈值 v ，该控制信号 s 仅当峰值信号 p 为正值并且数值上大于预设的阈值 v 时产生。对于本领域的普通技术人员可轻易想到的是，该控制信号 s 也可在电流 i 对时间 t 第一次求导后产生，如通过电容器的方式，当检测到一阶导数大于一预定的阈值之后即产生控制信号 s 。

图 4 所示的是本发明的应用上述控制方法的电动工具，以下仍以电动螺丝刀为例进行说明。电动螺丝刀 2 包括工作组件 4、电源 18、和开关 20。其中工作组件 4 包括电机 6，用于驱动一工作头 8 旋转，以将一螺钉 14 钻进木板 16 中。电机 6 到工作头 14 之间依次通过一机械式弹簧与离合器系统 12、以及一卡盘 10 连接。当然在本实施方式中，离合器系统也可省去。本实施方式中，电源 18 是直流电源，或者是可充电电池，可在开关 20 闭合时供给电机 6 直流电。当然，本领域的普通技术人员也可轻易想到，采用交流电源替代本实施方式中的直流电源。

电源 18 和电机 6 之间连接有电子控制装置 22 和用于检测电流的传感器 24。该电动螺丝刀还包括一第一求导单元 26 和第二求导单元 28。本实施方式中，传感器 24 会实时检测供给电机的电流 i ，同时生成与检测到的电流成一定比例的信号并传递给第一求导单元 26；而后第一求导单元 26 根据电流和时间求得如图 2 所示的一阶导数 di/dt ，同时生成一个与该一阶导数成一定比例的信号并进一步传递给第二求导单元 28；随后，第二求导单元 28 求得如图 3 所示的二阶导数，并在预设条件产生时，如上述提到的当峰值信号 p 为正值并且数值上大于预设的阈值 v 时，生成控制信号 s 。在本实施方式中，该控制信号 s 被用于降低电机的转速或中断向电机提供电力。也就是说，控制信号 s 被用于将供给电机的电流 i 减小到一个较低的水平或减至零，从而来降低电机的转速或使电机停转。当然，该控制信号 s 也可被用于改变电流 i 的流向，从而使电机 6 能迅速的停下来。在本实施方式中，控制信号 s 会被传递到电子控制装置 22，而后由电子控制装置 22 来执行相应的动作，这些动作可以是在峰值信号 p 产生后即时产生，也可以是延迟一段时间后产生，该延迟可以在电子控制装置 22 内实现，也可以通过单独设置的延迟单元来实现。

图 4 中的电子控制电路可以包括一个晶体管开关，用来断开供给电机的电流。

在优选的实施方式中，电子控制装置 22 可以包括一微处理器，上述第一求导单元 26、第二求导单元 28、或者可能存在的延迟单元等所实现的功能均可以通过固化在微处理器内的指令来执行。也就是说，整个电子控制装置 22 可以是

一个微处理器。

在其他可选的实施方式中，供给电机 6 的电流 i 可以在连续的时间间隔 Δt 内测得，这些连续的时间间隔 Δt 可以是相同的。检测到的电流 i 随后被数字化处理，分别求两个连续的时间间隔内的电流对时间的一阶导数 di/dt ，而后比较这两个一阶导数；如果比较的结果表明两者基本上不相同（相当于前述实施方式中的二次求导），即意味着螺钉的头部已到达木板 16 的表面，接着就会生成前面提到的控制信号 s 。

上述实施方式通过在电动工具内增设相关的电子控制组件来自动检测工作头驱动的工作件是否已到达预定位置，并且在检测到该工作件到达预定位置后执行相应动作，确保其不会进一步越过该预定位置。

图 5-8 所示的是本发明的控制方法和电动工具的第二发明原理，以下会对基于该发明原理的各实施方式作详细阐述。

图 5 所示的是电机的电流 i 随时间 t 的变化曲线图。在本实施方式中，该电机的电流 i 是一电动螺丝刀在驱动一工作头工作时供给电机的直流电。图中显示了检测到的两根电流曲线 A1 和 A2。与前面的相同，检测以及处理电机的电流是通过时钟脉冲原理进行的，此属于本领域技术人员所熟知的技术，申请人不再赘述。图 6 所示的是电流曲线 A1 和 A2 经一次求导后相应的一阶导数曲线。第一曲线 A1 与相对较软材质的工件，如木板，或相对较小的螺钉有关；而第二曲线 A2 与相对硬软材质的工件，或相对较大的螺钉有关。无论哪种情形，对曲线 A1 和 A2 的检测和处理都会在控制组件 22（图 8 示）中进行，在本实施方式中，该控制组件还可以包括一微处理器。

在基于第二发明原理的第一实施方式中，在一预先设定的时间点 T_1 ，电机电流 i_1 被采集到。在微处理器中，预先存储有一个的阈值，称作第一阈值 P_1 。该第一阈值 P_1 可能是，例如，在 T_1 时间点， $P_1=5A$ （安培）。如果此时 $i_1 < 5A$ ，意味着目前电动螺丝刀正在一块较软的木板上打螺钉；如果此时 $i_1 > 5A$ ，意味着目前电动螺丝刀正在一块较硬的木板上打螺钉。配合参照图 6 所示，如果 $i_1 < 5A$ ，微处理器将会分派一个第一预设一阶导数值 q_1 ；如果 $i_1 > 5A$ ，微处理器将会分派一个第二预设一阶导数值 q_2 。上述第一和第二预设一阶导数值 q_1 、 q_2 都被预先存储在微处理器中。第一预设一阶导数值 q_1 可以是，例如， $q_1=0.4A/s$ ；第二预设一阶导数值 q_2 大于第一预设一阶导数值 q_1 ，可以是，例如， $q_2=1A/s$ 。也就是说，如果在时间点 T_1 时电机电流值 i_1 低于第一阈值 P_1 ，第一预设一阶导数值 q_1 会被选择，反之，如果在时间点 T_1 时电机电流值 i_1

高于第一阈值 $P1$ ，那么第二预设一阶导数值 $q2$ 会被选择。

在图 6 中，对应曲线 $A1$ 和 $A2$ 的电流经一次求导后相应的一阶导数曲线分别显示为 $a1$ 和 $a2$ 。

可以意识到的是，图 6 中曲线 $a1$ 和 $a2$ 的急速上升段对应图 5 中曲线 $A1$ 和 $A2$ 的突变弯曲段，也就是曲线 $A1$ 和 $A2$ 的拐点部分 $K1$ 和 $K2$ 。前面已提到过，拐点部分 $K1$ 和 $K2$ 表示螺钉的头部开始接触到木板的表面。这些拐点部分 $K1$ 和 $K2$ 在微处理器中被用于分别生成控制信号 $s1$ 和 $s2$ （如图 7 所示）。如图 6 所示，预设一阶导数值 $q1$ 、 $q2$ 分别位于曲线 $a1$ 、 $a2$ 的急速上升段。

如图 7 所示，第一预设一阶导数值 $q1$ 被选择的时候，当电机电流的一阶导数值 di/dt 达到 $q1$ 时，此时位于时间点 $t1$ 的第一控制信号 $s1$ 会被微处理器生成。如果根据在时间点 $T1$ 时的检测已经确定选择第二曲线 $A2$ ，那么当一阶导数值 di/dt 达到第二预设一阶导数值 $q2$ 时，位于时间点 $t2$ 的第二控制信号 $s2$ 就被生成。

根据生成的第一控制信号 $s1$ 或第二控制信号 $s2$ ，电动工具的直流电机的转速就会降低或者甚至停转。

也就是说：在预设时间点 $T1$ 时，例如在启动电机后的 1 秒或 2 秒时，微处理器读取电机电流 i 。如果工作头是小螺钉以及/或者工件是较软材质的木板，此时的工作电流 i 相对较小，电流随时间变化的曲线就如同图 5 中的第一曲线 $A1$ 。在时间点 $T1$ 时采集到的电流为第一电流 $i1$ ，可以是 3A 左右，微处理器就会选择第一一阶导数值 $q1$ （预先储存在其中）来与电流对时间的一阶导数 di/dt 进行比较。如此，当 di/dt 的值达到 $q1$ 时，对应时间点为 $t1$ ，对应供给电机的电流为 $i1$ ，此时，电机的转速就会被 $q1$ 所触发的第一控制信号 $s1$ 控制而降速。如果工作头是大螺钉以及/或者工件是较硬材质的木板，此时电流随时间变化的曲线就如同图 5 中的第二曲线 $A2$ 。如此在时间点 $T1$ 时采集到的第二电流 $i2$ 会高于第一电流 $i1$ ，例如， $i2=7A$ 。因此，在预设时间点 $T1$ 时微处理器就会选择第二一阶导数值 $q2$ （预先储存在其中）。当 $a2$ 曲线上的 di/dt 值达到 $q2$ 时，对应时间点为 $t2$ ，对应供给电机的电流为 $i2$ ，此时，电机的转速就会被生成的第二控制信号 $s2$ 控制而降速。

在基于第二发明原理的第二实施方式中，在预设时间点 $T1$ 时的电机电流 i 同样会被采集到。此时，微处理器会判断在 $T1$ 时检测到的电流 i 的值是否会低于预设的第一阈值 $P1$ ，例如上述实施方式中的电流值 $i1$ ，或者是否高于预设的第一阈值 $P1$ ，但低于预设的第二阈值 $P2$ ，例如上述实施方式中的电流值 $i2$ 。

如果检测到的电流值是 i_1 ，则第一曲线 A1 就会被分派到一个预设一阶导数值 q_1 ；如果检测到的电流值是 i_2 ，则第二曲线 A2 就会被分派到一个较大的预设一阶导数值 q_2 。接下来，就如同第一实施方式中所提到的个步骤，位于拐点 K1、K2 的一阶导数 di/dt 就会再次被微处理器用到来生成相应的控制信号 s_1 、 s_2 。

需要注意的是，在第一实施方式中只有一个预设阈值 P1 被使用到，而在第二实施方式中有两个预设阈值 P1、P2 被使用到。

这同样也可以应用到第二实施方式中：如果工作头是非常大的螺钉以及/或者工件的材质非常硬，微处理器会同样使用到预先设定在其内的第三阈值 P3（如图 5 所示）和第三一阶导数值 q_3 （如图 6 所示）。需要说明的是，这些阈值 P1、P2、P3 以及这些一阶导数值 q_1 、 q_2 、 q_3 被预先储存在微处理器内，用于在预设时间点 T1 时，根据检测到的不同电流值 i_1 、 i_2 、 i_3 而分别被单独地唤醒。当然，可视情形使用更多的阈值 P 和一阶导数值 q 。

这些阈值 P 和一阶导数值 q 可以通过一系列的测试（例如，测试不同规格的螺钉在不同材质或规格的工件上进行工作）而获得并预先储存在微处理器中。

图 8 所示的电动工具 2，例如电动螺丝刀，使用了上述基于第二发明原理的实施方式进行工作。其中，大多数元件和图 4 所示的实施方式相同或相近似，所以，对这些元件使用相同的标号。

图 8 的右侧所示的电动螺丝刀的工作组件 4 包括直流电机 6，用来驱动夹持在工具夹头 10 上的工作头 8。工具夹头 10 和电机 6 之间通过一机械式弹簧与离合器系统 12 连接。工作头 8 用于旋转一螺钉 14 以将其拧入木板中 16。电源 18 是直流电源，可以是可充电电池，可在扳机开关 20 闭合时供给电机 6 直流电流 i 。

电源 18 和电机 6 之间连接有电子控制装置 22 和用于检测电流的传感器 24。电流传感器 24 会实时检测供给电机的电流，同时生成与检测到的电流成一定比例的信号并传递给求导单元 26。求导单元 26 随后生成一个与电流对时间的一阶导数 di/dt 成一定比例的信号。求导单元 26 的输出端连接到一个存储与处理单元 32 的输入端。

存储与处理单元 32 内储存有，如上述第一实施方式中所述的，单一的阈值 P1 以及第一和第二一阶导数值 q_1 和 q_2 。在预设时间点 T1，如果电流 i_1 低于阈值 P1，存储与处理单元 32 选择第一一阶导数值 q_1 ；如果电流 i_2 高于阈值

P1, 则存储与处理单元 32 选择第二一阶导数值 q_2 。其中第二一阶导数值 q_2 大于第一一阶导数值 q_1 。当第一导数 di/dt 达到第一或第二预设一阶导数值 q_1 或 q_2 时, 存储与处理单元 32 相应生成控制信号 s_1 或 s_2 。此时, 螺钉头部已经到达木板的表面。存储与处理单元 32 将控制信号 s_1 或 s_2 传递给电子控制装置 22。该电子控制装置 22 用于减少或者断开供给电机 6 的电力。也就是说, 控制信号 s_1 或 s_2 被用来使供给电机的电流 i 降低到零或者一个较低的值以使电机停转或转速基本上为零。在本实施方式中, 控制信号 s 通过电子控制电路 30 来实现这个目的。对电机的降速控制可以在脉冲信号 p 产生后即时执行, 也可以是延后一特定的时间来执行。控制信号 s_1 或 s_2 也可以用来改变电流 i 的流向, 从而使电机迅速停转。

在优选的实施方式中, 电子控制装置可以包括一微处理器, 上述求导单元 26、存储与处理单元 32、电子控制电路 30、或者用来延迟控制信号 s 的延迟单元 (未图示) 都可以通过固化在微处理器内的指令来执行。也就是说, 电子控制装置 22 可以由一个微处理器来取代。

图 9-11 所示的是本发明的控制方法和电动工具的第三发明原理, 其是基于图 1-4 所示的第一发明原理上延伸出来的, 因此, 下面仅说明两者的区别之处。第三发明原理使用了电流对时间的第三次求导来降低电动工具 2 的转速。

在具体实施方式中, 控制方法会继续图 1-3 所示的各步骤。图 9 是电流对时间的二次求导曲线的再现, 该曲线已经在图 3 中显示过了。如图 10 所示, 在二阶导数 d^2i/dt^2 的基础上, 进一步求出了电流对时间的三阶导数 d^3i/dt^3 。当三阶导数曲线的波峰区段出现后, 如果检测到三阶导数值 d^3i/dt^3 大于预先给出的阈值 v_1 , 并且为正值时, 控制信号 s 就被生成了。控制信号 s 随后被用于降低电动工具 2 的转速。

本领域的技术人员可据次得知, 通过检测四阶、五阶或更高阶的导数来实现控制信号 s 的生成。由于这些都可轻易推断出, 申请人在此不在赘述。

参考图 11 所示的电路, 需要注意的是, 二次求导单元 28 输出的信号传递给了三次求导单元 34, 然后生成三阶导数 d^3i/dt^3 。随着第三求导单元输出信号, 一个正的脉冲值 p_1 被输入了电子控制电路 30, 其被视作控制信号 s 。通过电子控制电路 30, 控制信号 s 使得供给电机 6 的直流电流 i 被减小或者甚至完全被断开。

需要再次注意的是, 电子控制装置 22 的所有组成单元可以被一个微处理器所取代。

根据之前提到的第二实施方式中, 存储与处理单元 32 可以在其内储存一阶导数值 q_2 , 或者可以包含若干一阶导数值 q_1 、 q_2 、 q_3 、..... q_n 以及若干阈值 P_1 、 P_2 、 P_3 、..... P_n 来进行处理。

图 5-8 所述的步骤以及保护装置同样具有在螺钉 14 的头部到达木板 16 表面后产生快速和可靠的响应。该保护装置全部通过电子方式来实现。

需要注意的是上述各实施方式中提到的一阶导数、二阶导数或更高阶导数并不仅限于纯粹数学意义上的导数定义, 还可以包含实际工程应用中基于导数原理进行简单的等效变换。例如, 一阶导数也可以表示成连续的时间间隔 Δt 内的电流变化 Δi , 即 $\Delta i/\Delta t$ 。为方便工程应用, 可将 Δt 取为一个非常小的等值, 如 $\Delta t = 10\text{ms}$, 如此, 只需要不断的判断电流 i 的差值就可以实现等效于求一阶导数的运算。据此类推, 对二阶导数或更高阶导数所作的类似等效变换都包含在本发明中导数的含义内。

上述以电动螺丝刀为例进行说明, 当然, 本发明的控制方法也可以应用于其他电动工具, 如电钻、电动扳手等。由于这种应用对于本领域的普通技术人员而言, 可通过上述实施方式轻易实现, 所以申请人在此不再予以赘述。

权利要求书：

1. 一种电动工具的控制方法，其中电动工具被供给电流来产生一旋转速度，该控制方法包括如下步骤：

测量供给电动工具的随时间变化的电流；
获得所述电流对时间的二阶导数或高阶导数；
根据所述二阶导数或高阶导数生成相应的控制信号；以及
根据所述控制信号改变所述电动工具的旋转速度。

2. 根据权利要求 1 所述的控制方法，其特征在于：在产生控制信号的步骤前，预先设定一个阈值，控制信号只有在所述二阶导数或高阶导数为正值且数值大于所述预设阈值时才生成。

3. 根据权利要求 1 所述的控制方法，其进一步包括：

在连续的时间间隔内测量供给电动工具的电流；
比较两个连续的时间间隔内获得的一阶导数；
当所述的两个连续的时间间隔的一阶导数不相同，生成控制信号。

4. 根据权利要求 1 所述的控制方法，其特征在于：所述控制信号被延迟生成。

5. 根据权利要求 1 所述的控制方法，其特征在于：所述控制信号被用于将电动工具的旋转速度设定到一个低速水平或零，所述控制信号即时或在预定的延迟时间后产生。

6. 根据权利要求 1 所述的控制方法，其特征在于：所述供给电动工具的电流是直流电流，所述控制信号被用于改变所述直流电流的流向以使电动工具停转。

7. 一种电动工具，包括：

电机，用于驱动工作头，以使工作头具有一旋转速度；
电源，用于供给所述电机电流；
传感器，用于测量所述电流；
控制组件，用于检测位于电流对时间求二阶导数或高阶导数的曲线上的脉冲信号，从而生成控制信号来改变所述电机的旋转速度。

8. 根据权利要求 7 所述的电动工具，其特征在于：所述传感器在连续的时间间隔内测量所述电流，其中控制组件用于

在每一时间间隔内确定所述电流对时间的一阶导数；

比较两个连续时间间隔的一阶导数；以及

如果所述两个连续时间间隔的一阶导数不相同，生成所述控制信号。

9. 根据权利要求 7 所述的电动工具，其特征在于：所述控制组件包括微处理器。

10. 根据权利要求 7 所述的电动工具，其特征在于：所述控制信号被用于将电机的旋转速度设定到一个低速水平或零，所述控制信号即时或在预定的延迟时间后产生。

11. 根据权利要求 7 所述的电动工具，其特征在于：该电动工具进一步包括用于根据所述控制信号关断所述供给电机电流的开关。

12. 根据权利要求 7 所述的电动工具，其特征在于：所述控制组件被用于根据所述控制信号的产生来改变所述供给电机的电流的流向以使电动工具停转。

13. 根据权利要求 7 所述的电动工具，其特征在于：该电动工具进一步包括延迟单元，用于延迟所述控制信号的发生。

14. 根据权利要求 13 所述的电动工具，其特征在于：所述延迟单元的延迟时间由该电动工具的使用者设定。

15. 根据权利要求 8 所述的电动工具，其特征在于：所述控制信号在所述一阶导数或二阶导数为正值并且数值上大于预设阈值时产生。

16. 一种电动工具的控制方法，其中电动工具被供给电流来产生一旋转速度，该控制方法包括如下步骤：

a. 在预设时间点检测供给电动工具的电流；

b. 在所述预设时间点进行选择

b1) 当检测到的电流低于预定的第一阈值时，选择第一预设一阶导数值；
或者

b2) 当检测到的电流高于所述预定的第一阈值时，选择第二预设一阶导数值，其中第二预设一阶导数值高于第一预设一阶导数值；

c. 生成所述电流对时间的一阶导数；

d. 当所述一阶导数达到所述第一或第二预设一阶导数值时，根据所述一阶导数生成相应的控制信号；以及

e. 根据所述控制信号改变所述电动工具的旋转速度。

17. 根据权利要求 16 所述的控制方法，其特征在于：当所述电流还低于预定的第二阈值时，所述第二预设一阶导数值才被选择，所述第二阈值高于所述第一阈值。

18. 根据权利要求 17 所述的控制方法，其特征在于：还包括根据不同的情形预先设定不同预设值的步骤，这种情形包括被电动工具作用的工件的材质不同或工件的厚度不同，所述预先设定步骤包括对第一和第二一阶导数值的预先设定。

19. 根据权利要求 17 或 18 所述的控制方法，其特征在于：还包括预先设定阈值的步骤，所述预先设定步骤包括对第一或第二阈值的预先设定。

20. 根据权利要求 19 所述的控制方法，其特征在于：所述被预先设定的一阶导数值或阈值被储存在一微处理器中。

21. 根据权利要求 16 所述的控制方法，其特征在于：所述控制信号被延迟生成。

22. 根据权利要求 16 所述的控制方法，其特征在于：所述控制信号被用于将电动工具的旋转速度设定到一个低速水平或零，所述控制信号即时或在预定的延迟时间后产生。

23. 根据权利要求 16 所述的控制方法，其特征在于：所述供给电动工具的电流是直流电流。

24. 根据权利要求 23 所述的控制方法，其特征在于：所述控制信号被用于改变所述直流电流的流向以使电动工具停转。

25. 一种电动工具，包括：

a) 电机，用于驱动工作头，以使工作头具有一旋转速度；

b) 电源，用于供给所述电机电流；

c) 传感器，用于测量所述电流；以及

d) 控制组件，

d1) 用于检测所述电流曲线随时间的变化，

d2) 用于在预设的时间点根据所述电流的值选择第一或第二预设一阶导数值，

d3) 用于根据所述第一或第二预设一阶导数值生成控制信号，以及

d4) 用于根据所述控制信号改变所述电动工具的旋转速度。

26. 根据权利要求 25 所述的电动工具，其特征在于：所述控制组件包括微处理器。

27. 根据权利要求 25 或 26 所述的电动工具，其特征在于：所述控制组件生成的控制信号被用于将电动工具的旋转速度设定到一个低速水平或零，所述控制信号即时或在预定的延迟时间后产生。

28. 根据权利要求 25 所述的电动工具，其特征在于：该电动工具进一步包括用于根据所述控制信号关断所述供给电机电流的开关。

29. 根据权利要求 25 所述的电动工具，其特征在于：所述控制组件被用于根据所述控制信号的产生来改变所述供给电机的电流的流向以使电动工具停转。

30. 根据权利要求 25 所述的电动工具，其特征在于：该电动工具进一步包括延迟单元，用于延迟所述控制信号的发生。

31. 根据权利要求 30 所述的电动工具，其特征在于：所述延迟单元的延迟时间由该电动工具的使用者设定。

32. 根据权利要求 25 所述的电动工具，其特征在于：所述控制组件储存有若干预先设定的阈值和/或一阶导数值。

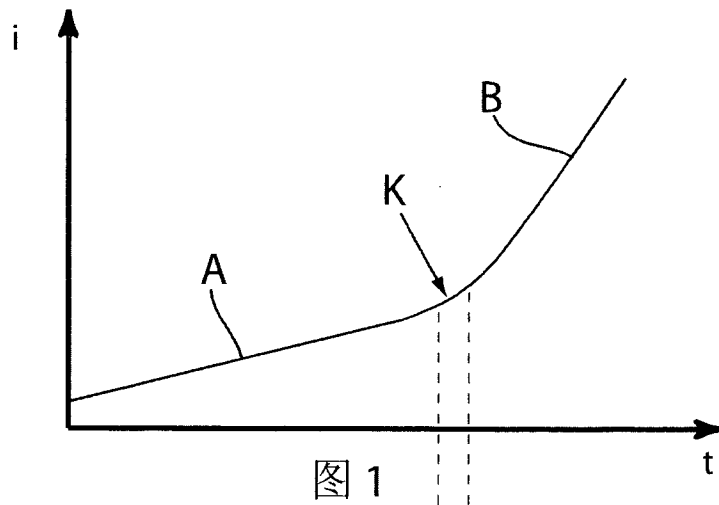


图 1

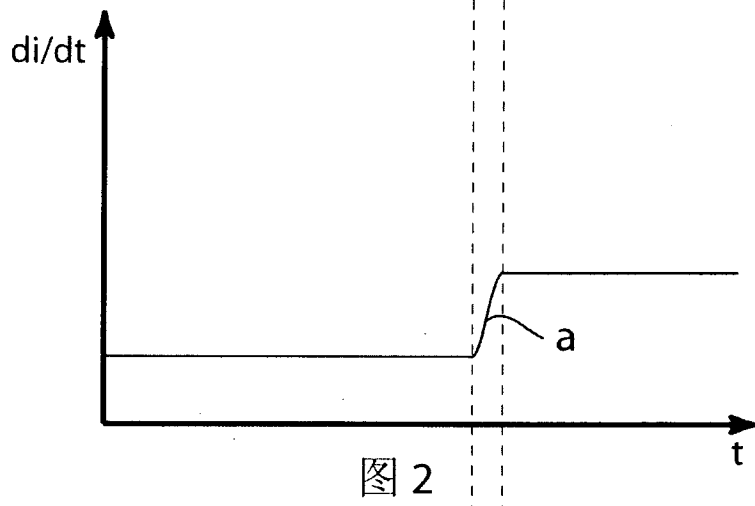


图 2

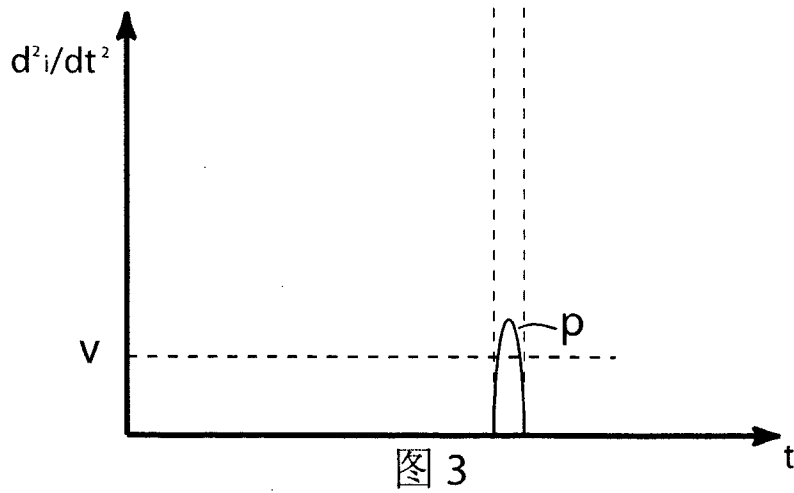


图 3

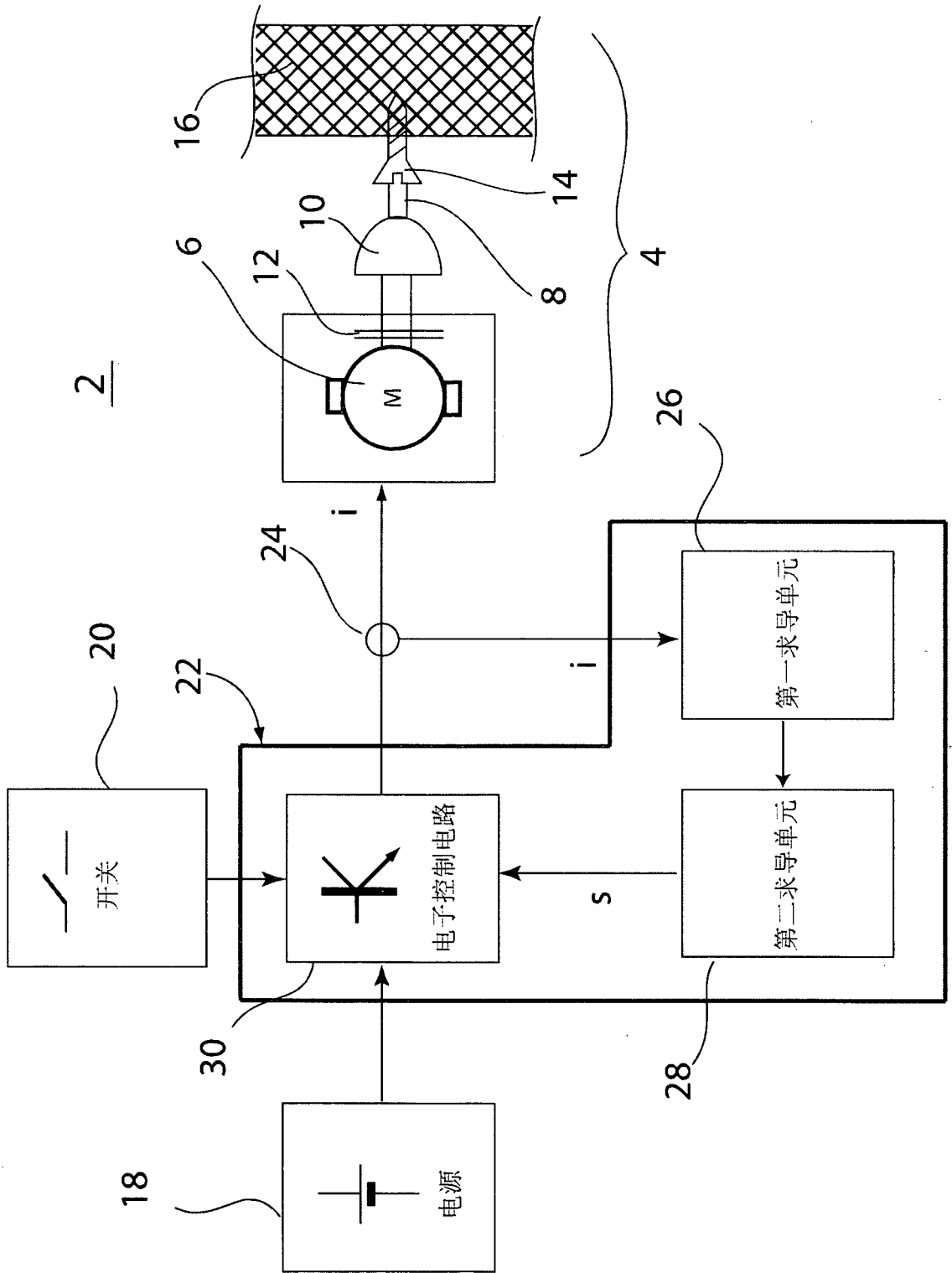


图4

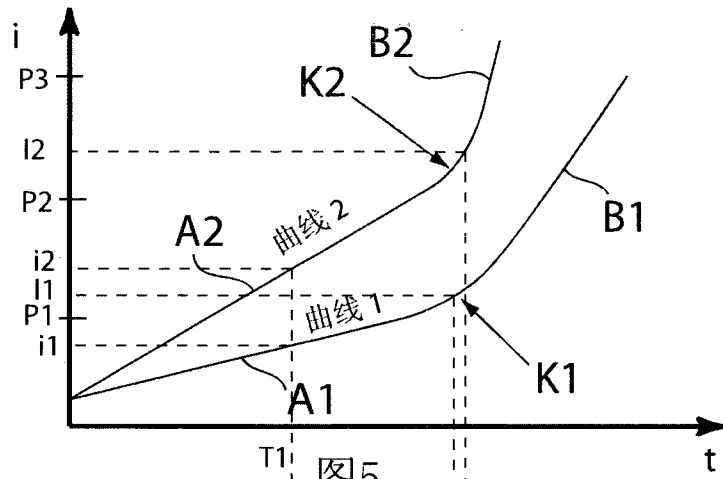


图5

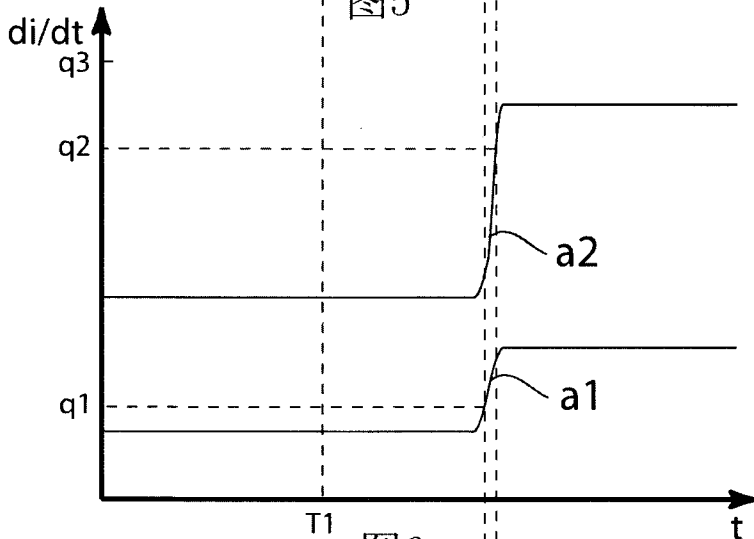


图6

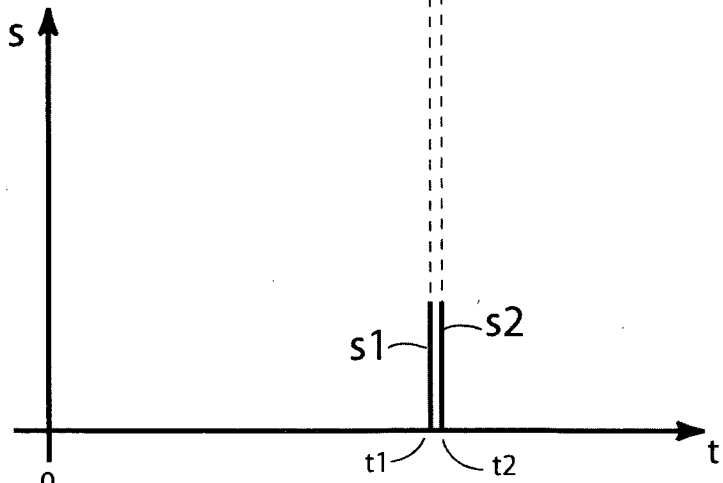


图7

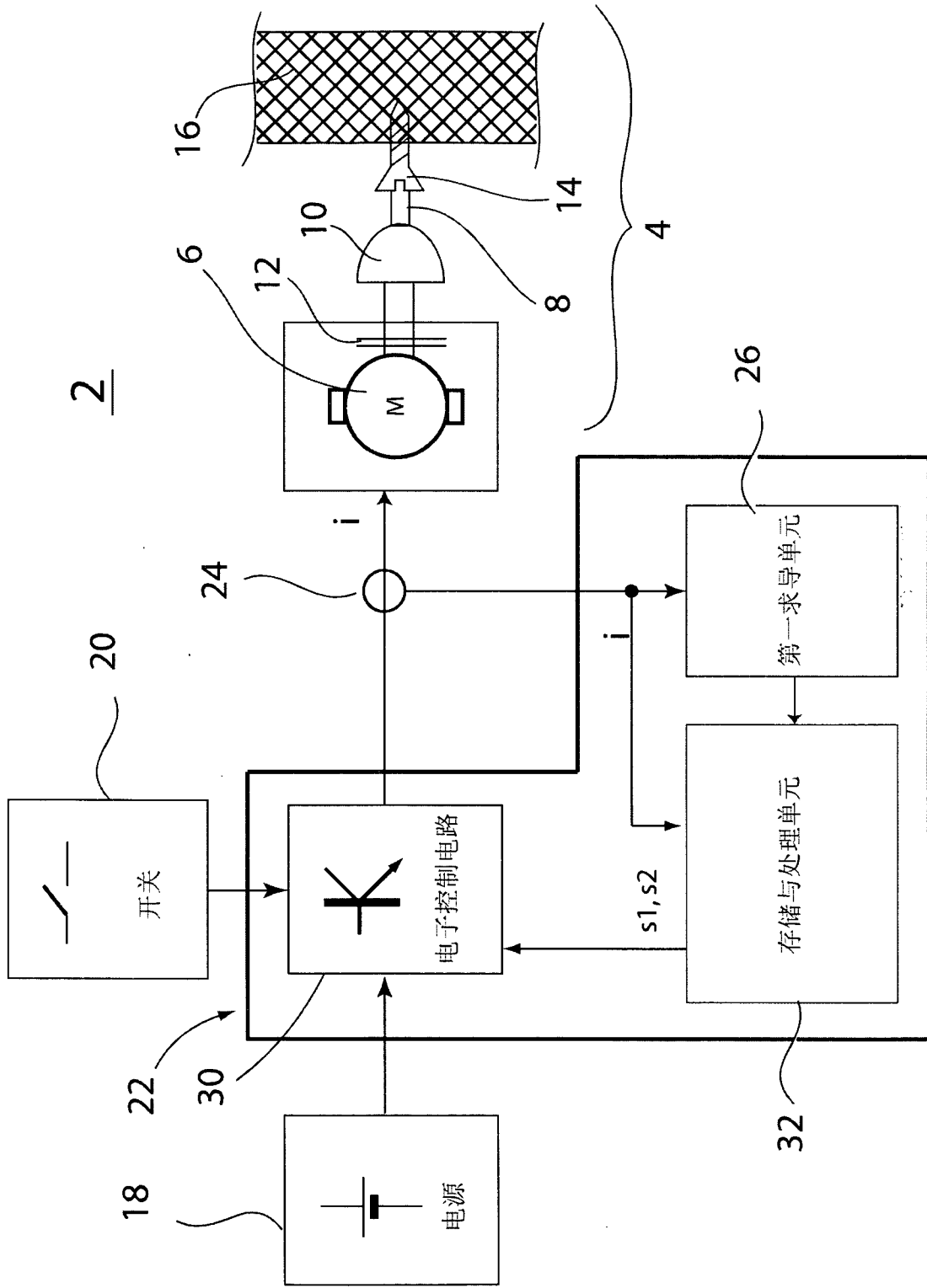


图8

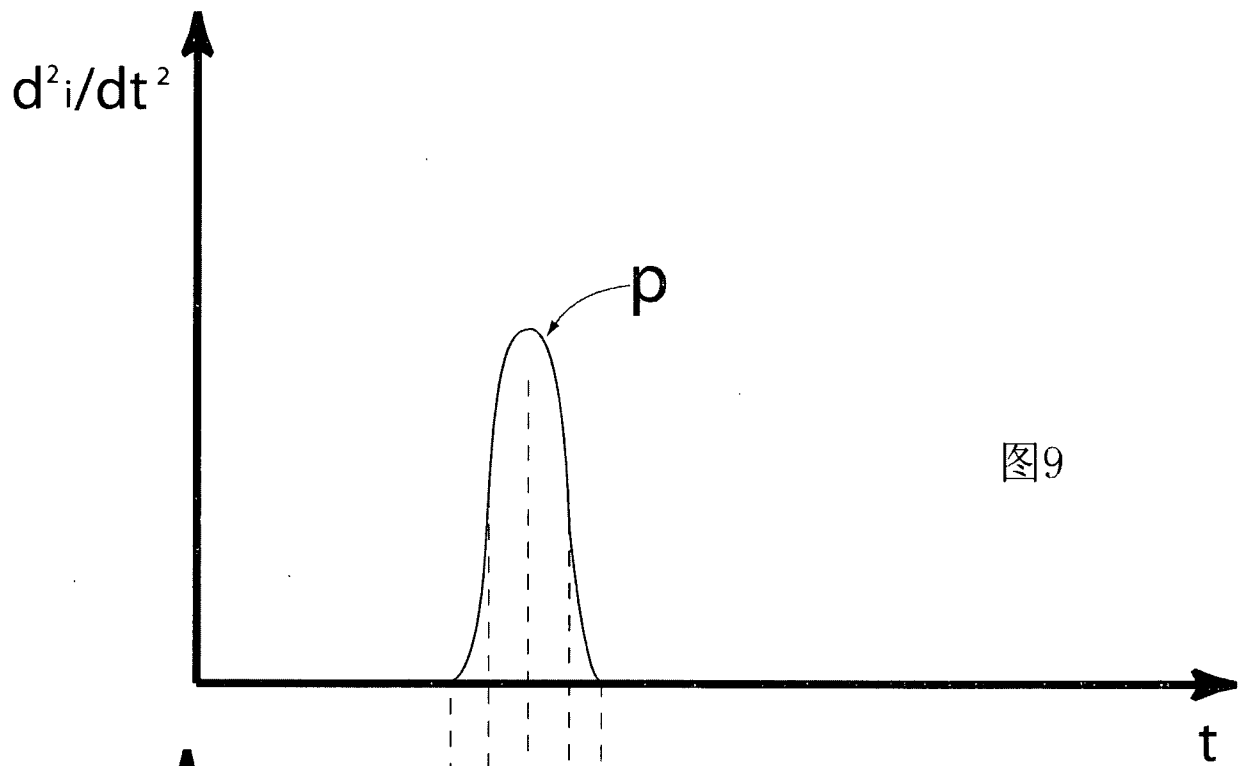


图9

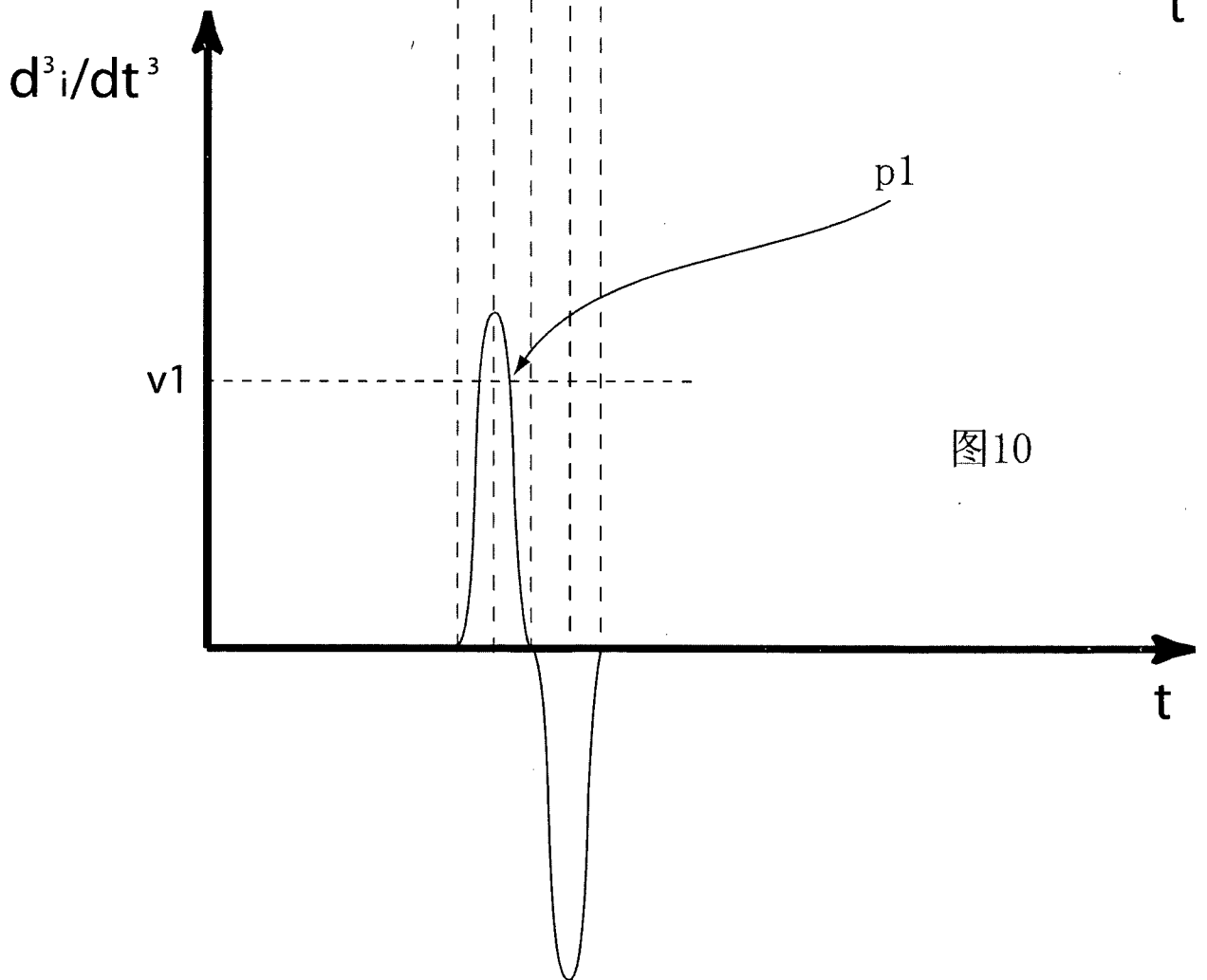


图10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2008/000345

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: B23B 45/-; B25B 21/-; 23/-; B23Q 5/-; 15/-; G05D 17/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT;CNKI;WPI;EPODOC;PAJ

current; differentiate; differentiate; differential; derivative; second; second order; higher order; rotat+; rate; speed; variation;
electrical; drill; screwdriver; tool

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN1824464A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD) 30 Aug. 2006(30.08.2006) see the whole document	1-32
A	CN1105614A (BLACK & DECKER INC) 26 Jul. 1995(26.07.1995) see the whole document	1-32
A	US4386305A (FUJITSU FANUC LTD) 31 May 1983(31.05.1983) see the whole document	1-32

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

<p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</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>“&”document member of the same patent family</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Date of the actual completion of the international search 12 May 2008(12.05.2008)	Date of mailing of the international search report 05 Jun. 2008 (05.06.2008)
--------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

Name and mailing address of the ISA/CN The State Intellectual Property Office, the P.R.China 6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China 100088 Facsimile No. 86-10-62019451	Authorized officer ZHANG, Yan Telephone No. (86-10)62411651
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2008/000345

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN1824464A	30.08.2006	US2006185869 A1	24.08.2006
		EP1695794 A2	30.08.2006
		JP2006231446 A	07.09.2006
		CN200960641Y Y	17.10.2007
CN1105614A	26.07.1995	EP1695794 A3	26.12.2007
		CA2133244 A1	31.03.1995
		EP0659525 A2	28.06.1995
		JP7178678 A	18.07.1995
		EP0659525 A3	06.09.1995
		US5563482 A	08.10.1996
		EP0811466 A2	10.12.1997
		EP0811466 A3	17.12.1997
		EP0659525 B1	17.03.1999
		DE69417179E E1	22.04.1999
		DE69417179T T1	05.06.2003
		EP0811466 B1	11.09.2002
		DE69431366D D1	17.10.2002
		ES2178738T T3	01.01.2003
		CN1055426C C	16.08.2000
		CA2133244 C	29.03.2005
US4386305A	31.05.1983	JP2005231032 A	02.09.2005
		JP3725568B2 B2	14.12.2005
		ES2129590T T3	16.06.1999
		EP0030416 A1	17.06.1981
		EP0030416 B1	09.04.1986
		DE3071537D D1	15.05.1986
		JP5606906 A	10.06.1981
		JP60043266 B	27.09.1985
		JP1374628 C	22.04.1987

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2008/000345

Continuation of: second sheet box A

G05D 17/00(2006.01) i

B25B 23/151(2006.01) i

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2008/000345

<p>A. 主题的分类</p> <p style="text-align: center;">见附加页</p> <p>按照国际专利分类表(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类</p>																
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>IPC: B23B 45/-; B25B 21/-; 23/-; B23Q 5/-; 15/-; G05D 17/-</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNPAT;CNKI;WPI;EPODOC;PAJ</p> <p>电流; 微分; 导数; 求导; 二次; 二阶; 高阶; 旋转; 速度; 变化; 电; 螺丝刀; 钻; 工具; current; differentiate; differentiate; differential; derivative; second; second order; higher order; rotat+; rate; speed; variation; electrical; drill; screwdriver; tool</p>																
<p>C. 相关文件</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">类 型*</th> <th style="width: 60%;">引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th style="width: 30%;">相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN1824464A (松下电工株式会社) 30.8 月 2006 (30.08.2006) 全文</td> <td>1-32</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN1105614A (布莱克和德克尔公司) 26.7 月 1995 (26.07.1995) 全文</td> <td>1-32</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US4386305A (FUJITSU FANUC LTD) 31.5 月 1983 (31.05.1983) 全文</td> <td>1-32</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 其余文件在 C 栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 引用文件的具体类型:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “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 “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 </td> <td style="width: 50%;"> “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 </td> </tr> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN1824464A (松下电工株式会社) 30.8 月 2006 (30.08.2006) 全文	1-32	A	CN1105614A (布莱克和德克尔公司) 26.7 月 1995 (26.07.1995) 全文	1-32	A	US4386305A (FUJITSU FANUC LTD) 31.5 月 1983 (31.05.1983) 全文	1-32	“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “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 “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
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求														
A	CN1824464A (松下电工株式会社) 30.8 月 2006 (30.08.2006) 全文	1-32														
A	CN1105614A (布莱克和德克尔公司) 26.7 月 1995 (26.07.1995) 全文	1-32														
A	US4386305A (FUJITSU FANUC LTD) 31.5 月 1983 (31.05.1983) 全文	1-32														
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “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 “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 12.5 月 2008 (12.05.2008)	国际检索报告邮寄日期 05.6 月 2008 (05.06.2008)															
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088 传真号: (86-10)62019451	受权官员 张妍 电话号码: (86-10) 62411651															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2008/000345

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN1824464A	30.08.2006	US2006185869 A1	24.08.2006
		EP1695794 A2	30.08.2006
		JP2006231446 A	07.09.2006
		CN200960641Y Y	17.10.2007
		EP1695794 A3	26.12.2007
CN1105614A	26.07.1995	CA2133244 A1	31.03.1995
		EP0659525 A2	28.06.1995
		JP7178678 A	18.07.1995
		EP0659525 A3	06.09.1995
		US5563482 A	08.10.1996
		EP0811466 A2	10.12.1997
		EP0811466 A3	17.12.1997
		EP0659525 B1	17.03.1999
		DE69417179E E1	22.04.1999
		DE69417179T T1	05.06.2003
		EP0811466 B1	11.09.2002
		DE69431366D D1	17.10.2002
		ES2178738T T3	01.01.2003
		CN1055426C C	16.08.2000
		CA2133244 C	29.03.2005
US4386305A	31.05.1983	JP2005231032 A	02.09.2005
		JP3725568B2 B2	14.12.2005
		ES2129590T T3	16.06.1999
		EP0030416 A1	17.06.1981
		EP0030416 B1	09.04.1986
		DE3071537D D1	15.05.1986
		JP5606906 A	10.06.1981
		JP60043266 B	27.09.1985
JP1374628 C	22.04.1987		

接第 2 页第 A 栏

G05D 17/00(2006.01) i

B25B 23/151(2006.01) i