

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780039650.5

F42B 3/192 (2006.01)

F42C 11/06 (2006.01)

F42D 1/055 (2006.01)

E21B 43/1185 (2006.01)

[43] 公开日 2009年9月9日

[11] 公开号 CN 101529197A

[22] 申请日 2007.10.26

[21] 申请号 200780039650.5

[30] 优先权

[32] 2006.10.26 [33] US [31] 11/553,361

[32] 2007.10.23 [33] US [31] 11/876,841

[86] 国际申请 PCT/US2007/082641 2007.10.26

[87] 国际公布 WO2008/070343 英 2008.6.12

[85] 进入国家阶段日期 2009.4.24

[71] 申请人 阿利安特技术系统公司

地址 美国明尼苏达

[72] 发明人 F·X·普林兹

小约翰·A·阿雷尔

R·S·博尔哈 W·J·斯莱德

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 寇英杰

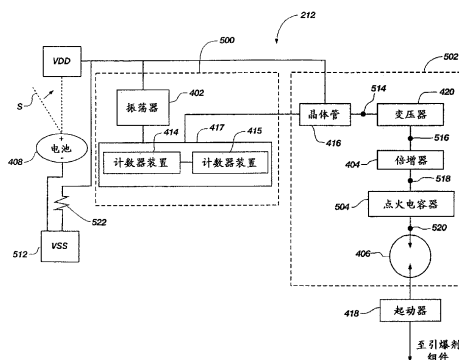
权利要求书 5 页 说明书 15 页 附图 9 页
按照条约第 19 条的修改 5 页

[54] 发明名称

用于电子时间延迟的方法和装置以及包括它们的系统

[57] 摘要

本发明公开了电子时间延迟装置以及使用方法。可以构造为井穿孔系统的炸药或推进剂系统包括电子时间延迟组件，该电子时间延迟组件包括输入子组件、电子时间延迟电路和输出子组件。输入子组件由外部刺激来驱动，其中，元件进行移动，以便起动电子时间延迟电路。电子时间延迟电路包括时间延迟装置，该时间延迟装置与电压点火电路连接。电子时间延迟电路计数时间延迟，且在完成时升高电压直至超过临界点火电压。当超过临界点火电压时，电压激发器开关将击穿，以便将能量传递给电起动器，从而起动输出子组件中的炸药引爆剂。炸药引爆剂提供引爆输出，以便起动下一个炸药或推进剂元件，例如在井穿孔系统中的一组聚能炸药。



1. 一种时间延迟装置，包括：

输入组件，该输入组件包括构造成用于移动以便能够进行电源连接的元件；以及

电子时间延迟电路，该电子时间延迟电路与输入组件可操作地连接，并构造成响应启用的电源连接而提供时间延迟，并在时间延迟完成时起动点火指令。

2. 根据权利要求1所述的时间延迟装置，其中：电子时间延迟电路还包括隔离元件，该隔离元件构造成当它的部件与液体接触时使得电源与电子时间延迟电路电隔离。

3. 根据权利要求2所述的时间延迟装置，其中，隔离元件包括：

导电输入装置，该导电输入装置与电源可操作地连接，并构造成接收电信号；

导电输出装置，该导电输出装置与电子时间延迟电路可操作地连接，并构造成输出电信号；

可膨胀小球，该可膨胀小球至少部分地位于导电输入装置和导电输出装置之间，并构造成在与液体接触时膨胀；以及

至少一个导电电线，该导电电线可操作地连接在导电输入装置和导电输出装置之间，并邻近小球和越过该小球延伸。

4. 根据权利要求1所述的时间延迟装置，还包括：输出组件，该输出组件包括炸药引爆剂，并构造成响应点火指令提供引爆输出。

5. 根据权利要求1所述的时间延迟装置，还包括：电源，该电源与输入组件连接。

6. 根据权利要求5所述的时间延迟装置，其中：输入组件包括接触组件，该接触组件构造成在其元件移动时与该元件啮合，并能够进行电源连接。

7. 根据权利要求1所述的时间延迟装置，其中：所述构造成用于移动的元件包括撞针，输入组件的壳体包括在其内的撞针孔，该撞针

孔用于容纳撞针，撞针包括纵向轴线，并构造成通过施加的外力而沿该纵向轴线移动。

8. 根据权利要求 7 所述的时间延迟装置，还包括：至少一个剪切销，该剪切销通过所述壳体来固定，并基本横向延伸穿过撞针，其中，该至少一个剪切销定位和构造成通过撞针响应施加的外力的移动而被剪切。

9. 根据权利要求 1 所述的时间延迟装置，其中：电子时间延迟电路包括振荡器，该振荡器与至少一个计数器装置可操作地连接。

10. 根据权利要求 5 所述的时间延迟装置，其中：电子时间延迟电路构造成在时间延迟完成后使得来自电源的剩余能量流向地线电压。

11. 根据权利要求 5 所述的时间延迟装置，其中：电子时间延迟电路包括电压点火电路，该电压点火电路构造成增加由电源提供的电压。

12. 根据权利要求 11 所述的时间延迟装置，其中：电压点火电路包括激发器，该激发器构造成使得电压点火电路与起动机隔离。

13. 根据权利要求 12 所述的时间延迟装置，其中：激发器还构造成当电压超过预定临界点火电压时将由电压点火电路增加的电压传送给起动机。

14. 根据权利要求 12 所述的时间延迟装置，其中：电压点火电路包括至少一个电容器，该电容器与激发器可操作地连接，并构造成将增加的电压传送给激发器。

15. 根据权利要求 12 所述的时间延迟装置，还包括：炸药引爆剂，该炸药引爆剂构造成响应点火指令提供引爆输出，其中，起动机构造成在接收增加的电压时启动炸药引爆剂。

16. 根据权利要求 4 所述的时间延迟装置，其中：电子时间延迟电路布置在基本管形壳体内。

17. 一种时间延迟装置，包括：

输入组件，该输入组件包括构造成用于移动以便能够进行电源连

接的元件；以及

电子时间延迟电路，该电子时间延迟电路包括隔离元件，该隔离元件构造成当它的部件与液体接触时使得电源与电子时间延迟电路电隔离，该电子时间延迟电路与输入组件可操作地连接，并构造成响应启用的无隔离电源连接而提供时间延迟，并在时间延迟完成时起动点火指令。

18. 根据权利要求 17 所述的时间延迟装置，其中，隔离元件包括：导电输入装置，该导电输入装置与电源可操作地连接，并构造成接收电信号；

导电输出装置，该导电输出装置与电子时间延迟电路可操作地连接，并构造成输出电信号；

可膨胀小球，该可膨胀小球至少部分地位于导电输入装置和导电输出装置之间，并构造成在与液体接触时膨胀；以及

至少一个导电电线，该导电电线可操作地连接在导电输入装置和导电输出装置之间，并邻近小球和越过该小球延伸。

19. 根据权利要求 18 所述的时间延迟装置，其中：可膨胀小球包括压缩海绵。

20. 根据权利要求 18 所述的时间延迟装置，还包括：壳体，该壳体至少部分地包围隔离元件。

21. 根据权利要求 18 所述的时间延迟装置，其中：可膨胀小球构造成由于膨胀而与至少一个电线接触，并使该至少一个电线断裂。

22. 根据权利要求 17 所述的时间延迟装置，其中：电子时间延迟电路包括 75KHz 石英晶体振荡器、36KHz 石英晶体振荡器和 26.5KHz 石英晶体振荡器中的至少一个，所述石英晶体振荡器与至少一个计数器装置可操作地连接。

23. 根据权利要求 17 所述的时间延迟装置，其中：电子时间延迟电路包括电压点火电路，该电压点火电路包括构造成增加由电源提供的电压的电压二倍器和电压四倍器中的至少一个。

24. 一种井穿孔系统，包括：

传送装置；

穿孔枪，该穿孔枪悬挂在传送装置上；

点火头，该点火头悬挂在传送装置上，并与穿孔枪可操作地连接；

以及

时间延迟装置，该时间延迟装置在点火头中，并包括：

输入组件，该输入组件包括布置成用于移动以便能够进行电源连接的元件；以及

电子时间延迟电路，该电子时间延迟电路与输入组件可操作地连接，并构造成响应启用的电源连接而提供时间延迟，并在时间延迟完成时启动点火指令。

25. 一种井穿孔系统，包括：

传送装置；

穿孔枪，该穿孔枪悬挂在传送装置上；

点火头，该点火头悬挂在传送装置上，并与穿孔枪可操作地连接；

电源；以及

时间延迟装置，该时间延迟装置在点火头中，并包括：

输入组件，该输入组件包括布置成用于移动以便能够进行电源连接的元件；以及

电子时间延迟电路，该电子时间延迟电路包括隔离元件，该隔离元件构造成当它的部件与液体接触时使得电源与电子时间延迟电路电隔离，该电子时间延迟电路与输入组件可操作地连接，并构造成响应启用的无隔离电源连接而提供时间延迟，并在时间延迟完成时启动点火指令。

26. 一种在炸药或推进剂系统中使用电子时间延迟装置的方法，包括：

向元件施加外力，以便使该元件响应该外力而移动；

响应元件的移动而使电源与电子时间延迟电路连接；

响应电源的连接而提供电子时间延迟；以及

在电子时间延迟之后使得来自电源的电压增加至预定的更高临界

点火电压。

27. 根据权利要求 26 所述的方法，还包括：利用至少一个剪切销来固定元件以防止移动。

28. 根据权利要求 26 所述的方法，还包括：起动炸药引爆剂，以便响应预定的更高临界点火电压来提供引爆输出。

29. 根据权利要求 26 所述的方法，还包括：使至少一个电容器充电成具有预定的更高临界电压。

30. 根据权利要求 26 所述的方法，其中：增加电压包括通过变压器来增加电压。

31. 根据权利要求 30 所述的方法，还包括：利用变压器来将电压增加至基本 550V。

32. 根据权利要求 31 所述的方法，其中：增加电压还包括利用倍增器来增加来自变压器的电压。

33. 根据权利要求 32 所述的方法，还包括：利用倍增器来增加电压至基本 600V。

34. 一种使电子时间延迟电路停用的方法，包括：
提供连接在电源和电子时间延迟电路之间的隔离元件；以及
响应隔离元件的部件与液体的接触而使得电源与电子时间延迟电路隔离。

35. 根据权利要求 34 所述的方法，其中：使电源与电子时间延迟电路隔离包括使所述部件膨胀以便断裂至少一个电线。

用于电子时间延迟的方法和装置以及包括它们的系统

优先权要求

本申请要求美国专利申请 No.11/876841 的申请日的优先权，该美国专利申请 No.11/876841 的申请日为 2007 年 10 月 23 日，标题为“**Methods and Apparatuses for Electronic Time Delay and Systems Including Same**”，它要求美国专利申请 No.11/553361 的优先权，并且是该美国专利申请 No.11/553361 的部分继续申请，该美国专利申请 No.11/553361 的申请日为 2006 年 10 月 26 日，标题为“**Methods and Apparatuses for Electronic Time Delay and Systems Including Same**”。

技术领域

本发明在各个实施例中通常涉及时间延迟装置，特别是涉及包括适合用于起动炸药和推进剂的电子时间延迟组件的装置，本发明还涉及包括电子时间延迟系统的系统以及它的操作方法。

背景技术

用于完成油井或天然气井的穿孔系统为本领域公知。穿过地层钻探以便抽取油和天然气形式的烃的井筒通常这样加衬，即通过将钢壳或衬套插入井中，并使得壳或衬套的至少一部分由水泥粘接就位，以便防止高压流体使壳或衬套向上移动至井筒外部。通过形成穿过壳或衬套的壁和穿过周围水泥进入岩层的孔（称为孔眼），可能产生烃的地下岩层直接与壳或衬套内部连接。孔眼通常通过引爆聚能炸药而形成，该聚能炸药布置在壳内在邻近要生产油或天然气的岩层处。聚能炸药构造成将炸药引爆的能量引导成聚焦、狭窄的图形（称为“射流”），以便在壳中产生孔。

通常，井穿孔系统包括点火头和穿孔枪，它们都悬挂在传送装置例如管形绳索（它可以包括所谓的“油管柱”）上并放低至井中。井穿

孔系统通常还包括各种部件，例如包括封隔器、撞针、炸药引爆剂和 时间延迟装置。时间延迟装置需要在增压事件和随后的穿孔事件之间 向操作人员提供足够时间，以便使用于穿孔的井压力平衡，从而保证 油或天然气最佳地流入井中。使井压力平衡是重要的步骤，因为当不 这样做或者当步骤不正确地进行时，可能导致当壳或衬套内存在的静 液压不充分时或者当存在太大静液压时设备受损以及可能伤害设备操 作人员，且在 没有补救措施的情况下，通过穿孔操作而暴露的生产岩 层可能受到污染或者危及或阻碍生产。另外，对于正确压力平衡的井， 生产岩层流体将立即和快速地通过油管柱的内部向上流动，并以合适 的控制方式流向地面。因此，重要的是使用的时间延迟装置要可靠和 精确，以便有充分的时间来使井压力平衡。现有技术中通常使用的时 间延迟装置使用烟火（pyrotechnic）时间延迟保险丝。如后面更详细 所述，基于保险丝的烟火时间延迟装置可靠和准确以及有时间限制， 这可能最终导致更复杂，并增加了油工具厂的顾客的成本。

图 1 显示了在井 10 中的普通井穿孔系统 20。井 10 通过首先钻出 井筒 12 而构成，井壳 14 布置在该井筒 12 内，并由水泥粘接就位，如 在 16 处所示。特别是，穿孔枪 34、机械释放器 28、封隔器 24 和点火 头 32 由油管柱 22 携带。穿孔枪 34 和点火头 32 在油管柱 22 上放低至 井 10 中的选定位置并邻近要进行生产的地下岩层 18。密封件通过封 隔器 24 而布置在油管柱 22 的外部 and 壳 14 的壁 38 之间，以便确定在 封隔器 24 上面的井环形部分 40 以及在封隔器 24 下面的隔离区域 42。 穿孔系统 20 还包括位于封隔器 24 下面的通气孔 56。通气孔 56 允许 在隔离区域 42 和管孔 58 之间直接连接，以便保证在管孔 58 和隔离区 域 42 内的流体压力基本相等。当命令点火穿孔枪 34 时，在点火头 32 内的驱动活塞 50 响应由操作人员起动的、油管柱 22 中的流体压力升 高而运动。活塞 50 的运动释放撞针 52，从而起动点火顺序。

如上所述，普通的穿孔系统可以提供有位于点火头 28 内的烟火时 间延迟装置 30。烟火时间延迟装置 30 用于在点火头 28 的起动和由穿 孔枪 34 承载的聚能炸药的随后点火之间提供时间延迟，以便如上所述

使井 10 压力平衡，用于优化穿孔。本领域已知的烟火时间延迟装置提供最大 8 分钟的时间延迟。因此，为了获得更长延迟，操作人员被迫使得多个烟火时间延迟装置以串联形式串在一起。例如，附加延迟装置可以连接在一起，以便获得更长延迟的定时器。

由于在穿孔井孔中涉及的时间和成本以及使用的装置的炸药功率，重要的是使它们的操作可靠和精确。串在一起的多个烟火时间延迟装置降低了系统的可靠性，并增加了系统成本和复杂性。

因此需要一种提高井穿孔系统的系统可靠性和操作灵活性的方法和装置。特别是，需要一种在井穿孔系统中使用的时间延迟装置，以便使井穿孔系统能够充分和准确地进行定时操作，从而使井压力平衡，用于优化穿孔结果。这样的时间延迟装置优选是具有很高的可靠性水平以及较低的成本水平和制造复杂性。

发明内容

本发明的实施例包括一种时间延迟装置，该时间延迟装置包括输入组件，该输入组件包括布置成用于移动以便能够进行电源连接的元件。时间延迟装置还包括电子时间延迟电路，该电子时间延迟电路与输入组件连接，并构造成响应启用的电源连接而提供时间延迟，并在时间延迟完成时启动点火指令。

本发明的另一实施例包括井穿孔系统，该井穿孔系统包括：传送装置；穿孔枪，该穿孔枪悬挂在传送装置上；点火头，该点火头悬挂在传送装置上，并与穿孔枪可操作地连接；以及时间延迟装置，该时间延迟装置在点火头中。该时间延迟装置包括输入组件，该输入组件包括布置成用于移动以便能够进行电源连接的元件。时间延迟装置还包括电子时间延迟电路，该电子时间延迟电路与输入组件连接，并构造成响应启用的电源连接而提供时间延迟，并在时间延迟完成时启动点火指令。

本发明的另一实施例包括在炸药或推进剂系统中使用电子时间延迟装置的方法。该方法包括向元件施加外力，以便使该元件响应该外力而移动；响应元件的移动而使电源与电子时间延迟电路连接；响应

电源的连接而提供电子时间延迟；以及在电子时间延迟之后使得来自电源的电压增加至预定的更高临界点火电压。

本发明的另一实施例包括一种时间延迟装置，该时间延迟装置包括：输入组件，该输入组件包括布置成用于移动以便能够进行电源连接的元件；以及电子时间延迟电路。电子时间延迟电路包括隔离元件，该隔离元件构造成使得电源与电子时间延迟电路电隔离，该电子时间延迟电路与输入组件可操作地连接，并构造成响应启用的无隔离电源连接而提供时间延迟，并在时间延迟完成时启动点火指令。

本发明的又一实施例包括井穿孔系统，该井穿孔系统包括：传送装置；穿孔枪，该穿孔枪悬挂在传送装置上；点火头，该点火头悬挂在传送装置上，并与穿孔枪可操作地连接；以及时间延迟装置，该时间延迟装置在点火头中。该时间延迟装置包括：输入组件，该输入组件包括布置成用于移动以便能够进行电源连接的元件；以及电子时间延迟电路。电子时间延迟电路包括隔离元件，该隔离元件构造成使得电源与电子时间延迟电路电隔离，该电子时间延迟电路与输入组件可操作地连接，并构造成响应启用的无隔离电源连接而提供时间延迟，并在时间延迟完成时启动点火指令。

本发明的又一实施例包括一种使电子时间延迟电路停用的方法。该方法包括：提供连接在电源和电子时间延迟电路之间的隔离元件；以及响应隔离元件的部件与液体的接触而使得电源与电子时间延迟电路隔离。

附图说明

图 1 是显示在井中的普通穿孔系统的剖视图；

图 2 是显示根据本发明实施例的、设置为井穿孔系统的炸药或推进剂系统的剖视图；

图 3 是显示根据本发明实施例的电子时间延迟组件的剖视图；

图 4 是显示根据本发明实施例的撞针子组件的剖视图；

图 5 是根据本发明实施例的电子时间延迟电路的方框图；

图 6 是根据本发明实施例的电子时间延迟组件的流程图；

图 7A - 7F 显示了根据本发明实施例的水切断部件的方框图；以及

图 8 是根据本发明实施例的、包括水切断部件的电子时间延迟电路的方框图。

具体实施方式

本发明在各个实施例中包括操作电子时间延迟组件的装置和方法，该电子时间延迟组件适合用于炸药或推进剂系统内，该炸药或推进剂系统例如设置为井穿孔系统，以便解决与普通时间延迟装置相关的可靠性问题以及成本和复杂性的问题。

在下面的说明中，电路和功能可以以方框图形式表示，以便不会在不需要的细节中模糊本发明。相反，所示和所述的特定电路实施方式只是实例，并不能认为是实施本发明的唯一方式，除非在本文中另外特别说明。另外，方框定义和在各方框之间的逻辑分隔是特定实施方式的实例。本领域普通技术人员显然知道，本发明可以通过多种其它的分隔方案来实施。对于大部分部件，涉及定时等的细节将省略，其中，这些细节并不是充分理解本发明所必须的，且在相关领域的普通技术人员的能力内。

在本说明书中，一些附图可以将信号表示为单个信号，以便清楚地表示和说明。本领域普通技术人员应当知道，信号可以表示为信号总线，其中，该总线可以有各种位宽度，且本发明可以使用任意数目的数据信号，包括单个数据信号。

在本发明的所述实施例中，介绍了包括本发明实施例的系统和元件，以便于更好地理解本发明的所述实施例的功能，因为它可以在这些系统和元件中实施。

图 2 显示了设置为井穿孔系统 110 的炸药或推进剂系统的实施例，该井穿孔系统 110 布置在井 102 中。井 102 通过首先钻出井筒 108 而构成，井壳 104 布置在该井筒 108 中，该井壳 104 用水泥粘接就位，如 106 处所示。井 102 贯穿地下岩层 120（希望从该地下岩层 120 中生产烃例如油和/或天然气）。系统 110 包括传送装置 136，该传送装置

136 同轴地插入壳 104 内部。传送装置 136 可以是任意合适装置，例如钢丝绳、钢丝、油管柱、挠性油管等。如前所示，传送装置 136 包括插入管，且为了简洁和容易说明，它在本文中称为油管柱。油管柱 136 从地面上的钻机延伸穿过壳 104，且井穿孔系统的部件（例如封隔器 132、机械释放装置 130、点火头 128 和穿孔枪 124）布置在该油管柱 136 的下端或远端处。

封隔器 132 提供用于在油管柱 136 的外部 and 壳 104 的壁 112（该壁 112 也称为壳孔壁或井筒壁 112）之间密封的结构。所形成的密封提供了在封隔器 132 上面在油管柱 136 和井筒壁 112 之间的井环形部分 138 以及在封隔器 132 下面的井 102 的隔离区域 116。穿孔系统 110 还包括位于封隔器下面的通气孔 140。通气孔 140 能够在隔离区域 116 和管孔 142 之间进行液压连通，以便保证在管孔 142 和隔离区域 116 中的流体压力基本相等。

穿孔枪 124 悬挂在油管柱 136 上并在隔离区域 116 中且邻近要进行穿孔的地下岩层 120。穿孔枪 124 构造成引爆和点火聚能炸药以便在壳 104 中以及在环绕的水泥 106 和岩层 120 中产生孔或者孔眼 122。图 2 表示了在引爆穿孔枪 124 之后的井穿孔系统，因此，壳 104、水泥 106 和岩层 120 包括穿过延伸的孔眼 122。当油管柱 136 和井穿孔系统的部件首先放低至井 102 中时，并没有图 2 中所示的孔眼 122。机械释放装置 130 使得操作人员能够在穿孔枪 124 点火后使穿孔枪 124 落向井 102 的底部。

点火头 128 悬挂在油管柱 136 上并位于穿孔枪 124 的上方。特别是，根据本发明实施例，点火头 128 包括电子时间延迟组件 126。如后面详细所述，电子时间延迟组件 126 提供了多个安全特征，包括各个电路和激发器隔离特征以及机械隔离特征。另外，电子延迟组件 126 提供了时间延迟，以便使操作人员能够有充分的时间来使井 102 压力平衡，用于最佳性能。换句话说，时间延迟使得操作人员能够使隔离区域 116 中的压力改变成岩层 120 中的岩层流体所需。电子时间延迟组件 126 通过进行更长、更高可选择性的时间延迟（与普通的烟火时

间延迟保险丝相比) 而提供该时间延迟能力。例如, 电子时间延迟组件 126 可以提供直到例如至少 10 小时的选择延迟时间。

图 3 显示了根据本发明实施例的电子时间延迟组件 126。如图所示和如下面所述, 电子时间延迟组件 126 明显提供了并穿孔系统的功能, 包括提供了可靠和增加的时间延迟, 增加了时间延迟的持续时间, 并提供了安全特征, 包括电路和炸药引爆剂起动机隔离。

如图 3 中所示, 电子时间延迟组件 126 可以包括输入模块 206、电子时间延迟电路 212 和输出模块 208。输入模块 206 可以设置为撞针子组件, 而输出模块 208 可以设置为炸药引爆剂子组件。电子时间延迟电路 212 包含在中心的管形壳体 204 中, 该管形壳体 204 可以例如通过激光焊接而分别在位置 202 和 203 处安装在输入模块 206 和输出模块 208 上。例如, 管形壳体 204 可以由钢制成, 并有在管形壳体 204 的各端处的弹性保持器 260。弹性保持器 260 提供了电子时间延迟电路 212 的机械支承以及电和机械隔离。后面将更详细介绍的输出模块 208 可以构造成提供引爆输出, 以便激发穿孔枪 124 的随后点火(见图 2)。

图 4 显示了根据本发明实施例的输入模块 206。如图所示, 输入模块 206 包括撞针 301、剪切销组件 302 以及接触组件 305, 该接触组件 305 由壳体 328 承载, 该壳体 328 有穿过的撞针孔 324, 撞针孔 324 在 330 处颈缩成更小中间直径的孔, 然后在接触组件 305 处增大直径。剪切销组件 302 可以包括横穿壳体 328 延伸的单个剪切销 712, 或者可以包括双剪切销结构, 该双剪切销结构包括第一剪切销 712 和第二剪切销 710, 它们各自伸入撞针 301 中。剪切销组件 302 穿过撞针 301 和壳体 328 壁中的孔 334 而从输入模块 206 的第一侧 320 延伸至第二侧 322。例如, 剪切销组件 302 可以包括线圈弹簧销。接触组件 305 可以包括第一接触组件 308、第二接触组件 310 和环形接触件 304, 该环形接触件 304 穿过第一和第二接触组件 308、310 延伸。引线 312 和 314 可以从撞针子组件 206 的一端凸出, 并可以与电子时间延迟电路 212 可操作地连接(见图 3)。引线 312 与由第一接触组件 308 承载

的环形接触件 304 连接，而引线 314 与由第二接触组件 310 承载的环形接触件 304 连接。

布置在撞针孔 324 中的撞针 301 具有纵向轴线 L，并可以包括布置成从撞针 301 的一端处伸出的撞针接触件 306。撞针 301 的相对端 300 构造成接收来自外力的点火刺激，例如在隔离区域 116 中的液压或者来自落下重物的冲击力。如图所示，撞针 301 构造成用于压力驱动，并包括环绕它布置在环形槽 338 中的环形密封件 336。作用在撞针 301 上（特别是端部 300 上）的足够外力将剪切该剪切销组件 302 的销 710、712，并使得撞针 301 能够向右移动（如图中所示方位），或者在井穿孔系统 110（见图 2）中向下和朝着接触组件 305 移动。当移动时，撞针 301 可以沿撞针子组件 206 运行固定距离，并在环形壁 326 处停止，这时，该环形壁 326 使得撞针接触件 306 能够进一步伸入接触组件 305 中。当进入接触组件 305 中时，撞针接触件 306 与电接触件 304 啮合，并用作开关 S，以便使电源 408 与电子时间延迟电路 212 连接（见图 5）。为了简洁和容易说明，电源 408 将在本文中称为电池 408。当与电池 408 连接时，电子时间延迟电路 212 将通电，并将开始合适的选定时间延迟。电源 408 还可以包括电容类型的电储存装置（代替电池），或者电可以由外部电源来提供。使用的电源 408 的类型对于本发明的实施并不重要，电源的优选类型可以根据发明的特定实施例和用途而变化。

如上所述，输入模块 206 用作需要外力或刺激来用于驱动的电开关。该结构通过使电池 408 与电子时间延迟电路 212 隔离（图 5）直到施加令人满意的外力或刺激而提供了重要的安全特征。因此，基本消除了过早引爆的任何变化。所需外力或刺激的类型和大小可以根据本发明的实施例和用途而变化，且并不局限于如上述施加压力或冲击力。

图 5 显示了根据本发明实施例的电子时间延迟电路 212 的方框图。如下面所述，电路 212 包括与电压点火电路 502 连接的电子时间延迟装置 500。电路 212 也包括电池 408 和电源电压端子 VDD。如上面参

考图 4 所述, 电池 408 可通过电开关 S (该电开关 S 由电接触件 304 与撞针接触件 306 配合而提供) 而选择地与电源电压端子 VDD 连接。当撞针接触件 306 与环形接触件 304 啮合时, 电池 408 与电源电压端子 VDD 连接, 从而使电子时间延迟装置 500 和电压点火电路 502 与电池 408 连接。例如, 电池 408 可以在低于 10 伏的开路电压中提供连续电流, 一个合适电压为大约 3.90 伏 (VDC)。

电子时间延迟装置 500 包括振荡器 402, 该振荡器 402 以选定频率振荡, 并与计数器装置 417 可操作地连接。振荡器 402 和计数器装置 417 构造成计数合适的时间延迟。例如, 振荡器 402 可以包括 75KHz 的晶体振荡器。计数器装置 417 可以包括例如一对 CD4060B 二进制计数器/分配器装置 414、415 (由 Texas Instruments of Dallas, Texas 提供)。根据合适时间延迟, 可以使用单个计数器装置, 或者多个计数器装置可以一起串联使用, 以便获得更长延迟。例如, 当希望 8 分钟延迟时, 可以使用单个 8 分钟计数器装置。类似的, 当希望 30 分钟延迟时, 可以使用 30 分钟计数器装置。另一方面, 当无法获得 30 分钟计数器装置时, 一对计数器装置 (总延迟时间为 30 分钟) 可以串联连接于加法器结构中, 以便计数合适延迟。例如, 一个 20 分钟计数器/分配器装置可以与 10 分钟计数器连接, 或者也可选择, 两个 15 分钟计数器可以连接在一起, 以便产生合适的 30 分钟延迟。也可选择, 一对计数器可以串联连接于乘法器结构中, 以便获得合适的时间延迟。例如, 当 30 分钟时间延迟希望使用乘法器结构时, 第一装置将计数 15 分钟, 且当完成 15 分钟时, 第二装置将增量至值 1。随后, 第一装置将再次计数 15 分钟, 且完成时, 第二装置将再次增量至值 2。因此, 在乘法器结构中, 对于 75KHz 振荡器, 第一装置只需要计数 15 分钟 (6750000 时钟循环), 第二装置只需要计数 2 秒钟的值 (150000 时钟循环)。

在一个实施例中, 振荡器 402 可以包括石英晶体振荡器, 且计数器装置 417 可以包括至少一个具有 14 个触发 (flip-flop) 级的 CD4060B 二进制计数器/分配器装置。在该实施例中, 采用频率为 75KHz 的振

荡器，可以在第一 CD4060B 二进制计数器/分配器装置（即， $75000\text{Hz}/2^{14}=4.577\text{Hz}$ ）的第 14 级输出时具有 4.577Hz 的频率（时间周期为 0.21845 秒）。而且，可以使用第二 CD4060B 二进制计数器/分配器装置，然后可以在二进制步骤中计数 0.21845 时间增量。对于计数器装置 417，最后触发级的升高边缘（它可以用于发出点火指令）将在前一个触发级完成后出现。因此，可以利用两个 CD4060B 二进制计数器/分配器装置和 75KHz 石英晶体振荡器获得的最大可能时间延迟是 1790 秒（ $2^{13} \times 0.21845$ 秒）。使用两个 CD4060B 二进制计数器/分配器装置和 75KHz 石英晶体振荡器，在第 13 级输出时可以获得 895 秒的时间延迟，在 12 级输出时可以获得 448 秒的时间延迟。

对于在 30 和 60 分钟之间的合适时间延迟，可以使用 36KHz 石英振荡器。对于在 60 和 90 分钟之间的合适时间延迟，可以使用 25.6KHz 石英振荡器。对于大于 90 分钟的时间延迟，可以使用第三 CD4060B 二进制计数器/分配器装置。因此，人们可以根据合适时间延迟来选择石英晶体振荡器。

与普通的烟火时间延迟相反，本发明的实施例例如可以提供从很短时间（例如 8 分钟）至长得多的时间（例如几小时）的时间延迟。与普通的烟火保险丝类型的时间延迟装置相比，这种能力降低了成本和复杂性，并增加了操作灵活性和可靠性，因为只需要一个时间延迟单元和设置以及只需要一个引爆传递事件。另外，因为电部件的很高精度水平，电子时间延迟的定时精度和精确性都优于普通的烟火时间延迟保险丝，该普通烟火时间延迟保险丝可能受到不可预计的燃烧速率的影响。

如图 5 中所示，电子时间延迟装置 500 与高电压发生器晶体管 416 可操作地连接，该高电压发生器晶体管可以用作开关，因此与变压器 420 可操作地连接。变压器 420 再与电压倍增器 404 可操作地连接。例如，变压器 420 可以构造成由大约 3VDC 的输入（例如 3V 电池）产生工作频率为 25KHz 的大约 550VAC 电压。倍增器 404 可以包括电压二倍器，该电压二倍器包括构造成由 AC 输入产生用于点火脉冲的

电压的二极管/电容器对结构（对于 3.3V 电池产生最大 1300V）。电压倍增器 404 与点火电容器 504 可操作地连接，该点火电容器 504 再与激发器 406 的输入侧可操作地连接。点火电容器 504 例如包括 3 个 0.1 μ F 电容器，这 3 个电容器通过 22M 欧的电阻器来并联充电，并构成提供基本 600V（620V +/- 50V）的点火脉冲。激发器 406 的输出侧与起动机 418 可操作地连接，该起动机 418 再与炸药引爆剂子组件 208（见图 3）可操作地连接。例如，激发器 406 可以包括气体放电管，该气体放电管并不导电，除非（在所述实施例中）横过该管施加基本 600V（620V +/- 50V）或更高的电压水平。在一些情况下，优选是激发器 406 或气体放电管可以包括不同的击穿电压。因此，在一个实施例中，电压倍增器 404 可以包括构造成产生基本 2500V 电压的电压四倍器。

下面将介绍图 5 中所示的电路 212 的操作。在输入模块 206 中的撞针接触件 306 与两个电接触件 304（见图 4）啮合后，电池 408 与电路 212 连接，从而开始合适的选定时间延迟。该合适的选定时间延迟利用振荡器 402 并接合计数器装置 417 来提供。如上所述，时间延迟可以通过使用一个或多个计数器/分配器装置来编程或预先选择，以便产生合适时间延迟。当完成合适的选定时间延迟时，电子时间延迟装置 500 在高电压发生器晶体管 416 的门处发出点火指令。随后，在节点 514 处的电池电压输入变压器 420 中，且变压器 420 在节点 516 处产生比在节点 514 处的电池电压高得多的第一中间电压。然后，在 516 处的第一中间电压输入电压倍增器 404 中，且电压倍增器 404 在节点 518 处产生比在节点 516 处的第一中间电压高得多的第二中间电压。然后，点火电容器 504 充电，且当在节点 520 处达到临界点火电压时，点火电容器 504 通过激发器 406 向起动机 418 施加脉冲。例如，激发器 406 可以有 600V 的击穿电压。因此，当点火电容器 504 中的电压达到 600V 时，激发器 406 击穿，且电压横过激发器 406 施加在起动机 418 上，该起动机 418 再启动包含在引爆剂子组件 208（见图 3）中的炸药引爆剂。

激发器 406 通过使起动机 418 与电路 212 隔离而提供了本发明实施例的明显安全特征，该电路 212 再隔离静电放电 (ESD) 和寄生电压 (它们将导致过早引爆) 以及提供安全性。作为进一步的安全特征，电路 212 的振荡器 402 可以构造成在经过时间延迟后和在电压施加于起动机 418 处之后继续振荡。因此，储存在电池 408 中的任意剩余能量将通过充电和放电振荡器而耗尽。另外，本发明的一个实施例可以包括电阻器 522，该电阻器 522 可在电池 408 和地电压 VSS 之间可操作地连接。因此，储存在电池 408 中的任何剩余能量都可以通过电阻器 522 而流出至地电压 VSS。

尽管图 5 中显示了电子时间延迟电路 212 的一个实施例，但是各种其它设计 (包括时间延迟装置和电压点火线圈) 都在本发明的范围内。

再参考图 3，在本发明的一个实施例中，输出模块 208 提供引爆输出，以便起动穿孔枪 124 (见图 2)。输出模块 208 可以包括输出炸药 250 和初始炸药 252。例如，引爆剂子组件 208 可以包括 730 毫克 (mg) 的六硝基芪 (HNS) 输出炸药 250 和 200mg 叠氮化铅初始炸药 252。例如，炸药引爆剂子组件 208 可以构造成在引爆时起动随后的炸药或推进剂系列事件。

图 6 是电子时间延迟组件 126 的操作方法实施例的流程图。在井穿孔系统放低至井中，且油或天然气抽取处理准备开始时，如上所述，外力施加在位于点火头中的输入模块 206 上。作用在输入模块 206 的撞针上的外力使得一个或多个剪切销进行剪切 604，这使得撞针能够在输入模块 206 内移动，并使得电池与电子时间延迟电路连接。然后，电子时间延迟电路再通电，并开始合适的时间延迟 604。在振荡器与计数器装置一起计数时间延迟 606 后，向高电压发生器晶体管的门发出点火指令 608。随后，由变压器 610 产生比电池电压高得多的第一电压。然后，电压倍增器产生比第一中间电压高得多的第二电压 612。然后，点火电容器进行充电 614，且当达到点火电压时，激发器装置被击穿，且电脉冲施加在起动机 616 上，该起动机 616 再起动炸药引

爆剂 618。

再参考图 2，在井 10 在时间延迟过程中压力平衡且穿孔枪 124 进行点火之后，在岩层压力下产生的岩层流体将快速地从岩层 120 流出至隔离区域 116 中，并通过通气孔 140 向上通过油管柱 136 流向地面。

图 7A-7D 和图 7E-7F 分别显示了电路隔离元件 702 的俯视图和侧视图，该电路隔离元件 702 可以包含在参考图 5 所述的电子时间延迟电路 212 中。电路隔离元件 702 可以构造成在它的部件与水或任意其它流体（例如钻井液或“泥浆”）接触时使得与它可操作地连接的电路与电源电隔离。为了简洁和容易说明，电路隔离元件 702 在本文中称为水切断（WASH）部件 702。如图 7A 中所示，WASH 部件 702 可以包括 WASH 壳体 703。例如，WASH 壳体 703 可以包括塑料壳体，并可以额定承受 180℃ 温度。另外，WASH 部件 702 可以包括导电输入装置 706 和导电输出装置 708。如后面参考图 8 所述，导电输入装置 706 可以与电池 408 可操作地连接，且导电输出装置 708 可以与时间延迟电路 212' 可操作地连接。WASH 部件 702 还可以包括小球保持器 704，该小球保持器 704 构造成接收小球 710（见图 7B-7D）。小球 710 例如可以只通过额定承受 260℃ 温度的环氧树脂而安装在小球保持器 704 上。例如，小球 710 可以包括压缩的脱水纤维素海绵材料，它的直径为 5 毫米，厚度在压缩状态下在基本 0.8-1.0 毫米之间。而且，小球 710 的海绵材料可以构造成当与水或任意其它液体接触时厚度大大膨胀。例如，小球 710 可以构造成当暴露于液体中时基本膨胀至它的压缩厚度的 10 倍。

如图 7C 中所示，导电输入装置 706 和导电输出装置 708 可以通过至少一个电线 712 而可操作地连接在一起，该电线 712 与小球 710 相邻并横过该小球 710 延伸。例如，至少一个电线 712 可以包括直径基本为 37 微米且额定为 1.0 安培的铝接合线。例如，WASH 部件 702 可以包括相邻的两个电线 712，这两个电线 712 以交叉方式横过小球 710 延伸，如图 7C 中所示。

当暴露于液体中时，小球 710 可以构造成朝着电线 712 膨胀，并

最终使电线 712 断开，从而导致图 7D 和 7F 中所示的结构。如图 7D 和 7F 中所示，小球 710' 膨胀，从而形成断裂的电线 712'。因此，输入装置 706 与输出装置 708 电隔离。

图 8 显示了根据本发明实施例使用 WASH 部件 702 的电子时间延迟电路 212' 的方框图。与图 5 中所示的电子时间延迟电路 212 类似，电子时间延迟电路 212' 包括与电压点火电路 502 连接的电子时间延迟装置 500。因此，上面参考图 5 对于电子时间延迟装置 500、电压点火电路 502 和起动机 418 的介绍也用于电子时间延迟电路 212'。此外，电子时间延迟电路 212' 包括 WASH 部件 702，该 WASH 部件 702 在电池 408 和电源电压端子 VDD 之间可操作地连接。电池 408 可通过电开关 S 而与 WASH 部件 702 选择地连接，该电开关 S 由电接触件 304 与撞针接触件 306 配合提供（见图 4）。当撞针接触件 306 与环形接触件 304 啮合时，电池 408 与 WASH 部件 702 连接，从而使电子时间延迟装置 500 和电压点火电路 502 与电池 408 连接。

下面将介绍使用 WASH 部件 702 的电路 212' 的预计操作。在输入模块 206 内的撞针接触件 306 与两个电接触件 304 啮合后（见图 4），电池 408 与 WASH 部件 702 的输入装置 706（见图 7A-7D）连接。电线 702 使得输入装置 706 与输出装置 708 可操作地连接，该输出装置 708 再与电源电压端子 VDD 可操作地连接。因此，当撞针接触件 306 和环形接触件 304 啮合时，电池与电子时间延迟装置 500 和电压点火电路 502 连接，从而开始合适的选定时间延迟。当水或任意其它液体与小球 710 接触时，小球 710 可以朝着电线 712 膨胀，与电线 712 接触，并最终使电线 712 断裂，从而形成断裂的电线 712'（见图 7D 和 7F）。因此，电池 408 与电子时间延迟装置 500 和电压点火电路 502 电脱离，因此停用时间延迟电路 212'。该特征提高了对于操作人员的安全性，因为它保证当从井筒中取出时，由液体破坏的电子时间延迟将不会操作。

尽管本发明的电子时间延迟装置的实施例已经介绍和表示为用于井穿孔系统，但是它并不局限于此。例如，本发明的电子时间延迟装

置可以在不同实施例中用于起动在井筒内的其它炸药或推进剂系统，例如管或壳切割器。此外，还考虑到本发明的电子时间延迟装置的实施例用于地下采矿和隧道操作，用于商业、工业和军用引爆操作，用于军械等，如本领域普通技术人员很容易知道。

尽管特定实施例已经通过附图中的实例来介绍和进行了详细说明，不过本发明可以有各种变化和改变形式。应当知道，本发明并不局限于所述的特殊形式。而是，本发明包括落在由下面的附加权利要求确定的本发明精神和范围内的所有变化、等效物和替换。

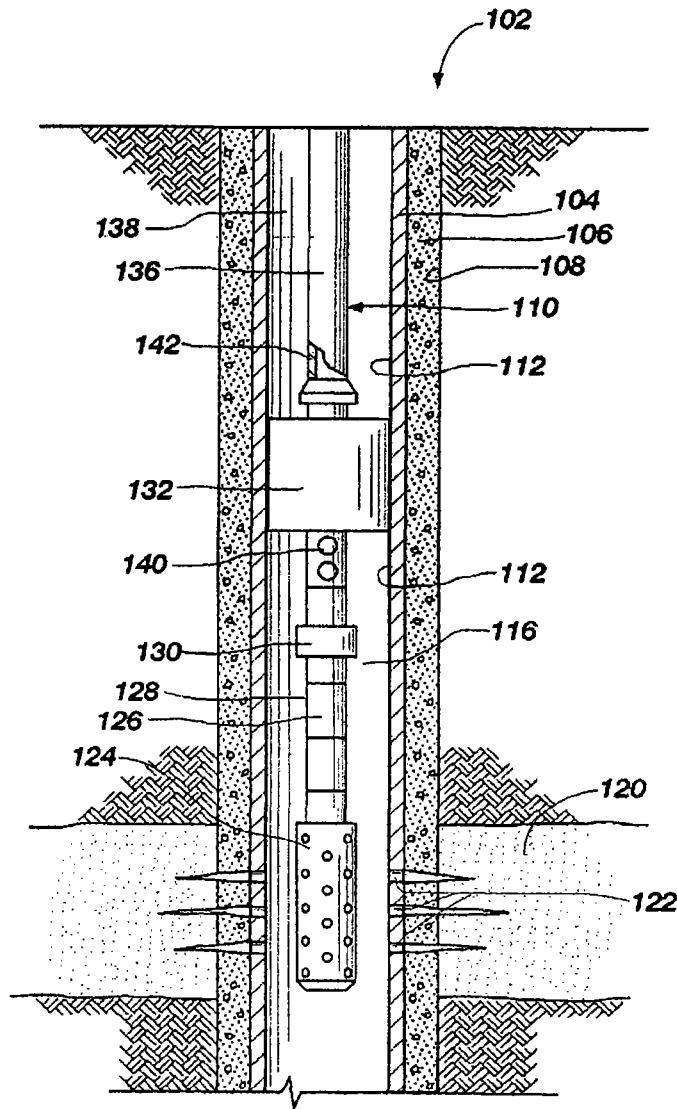


图2

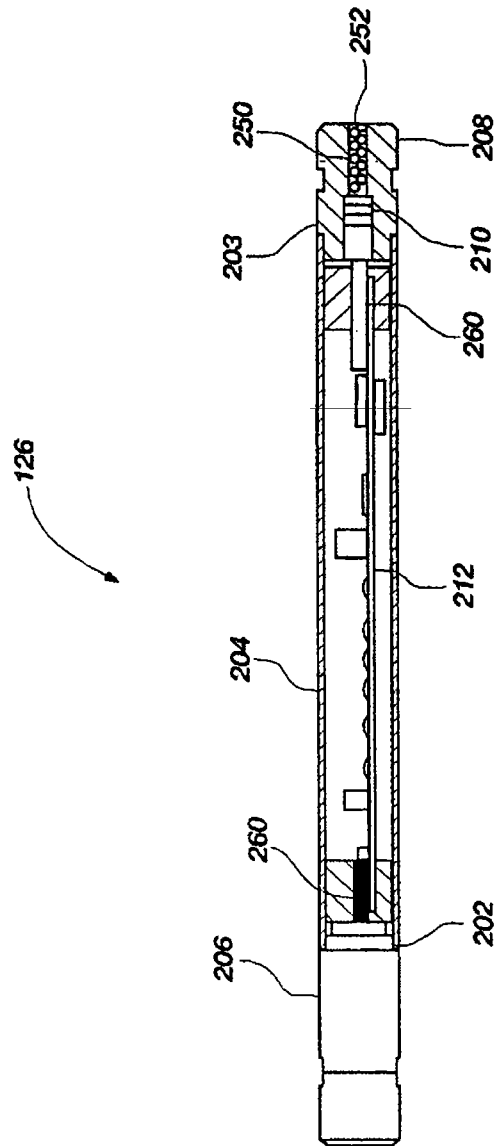


图3

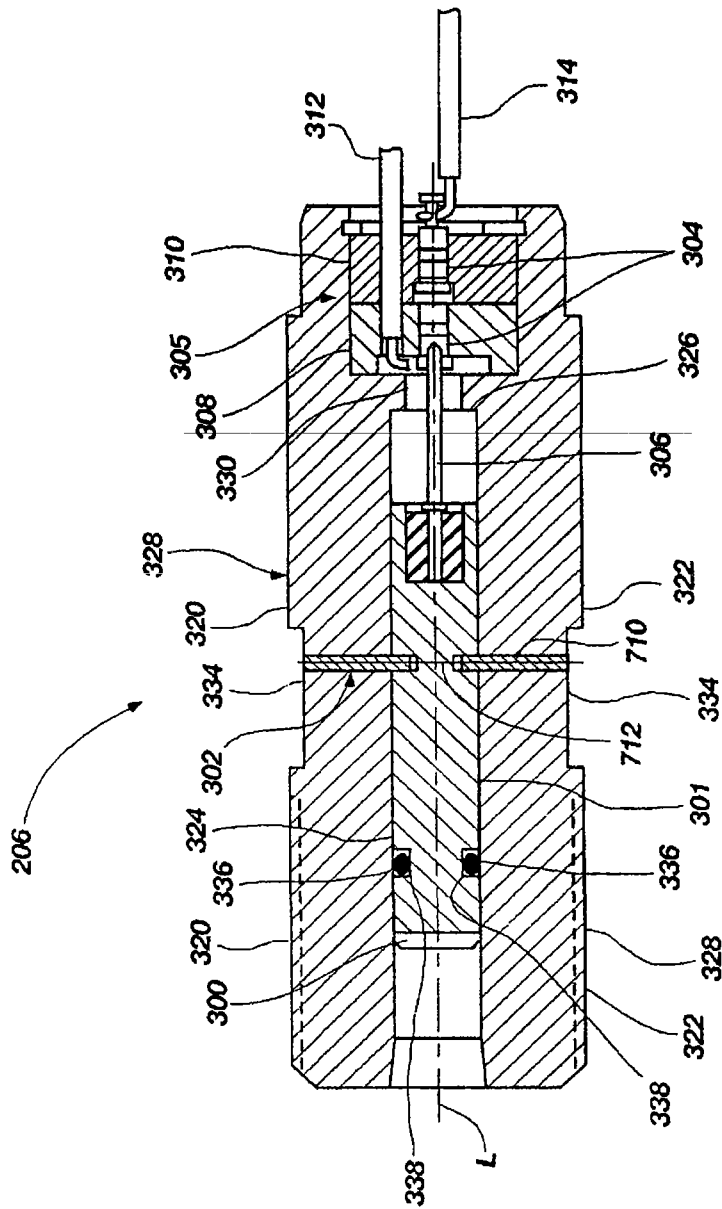


图 4

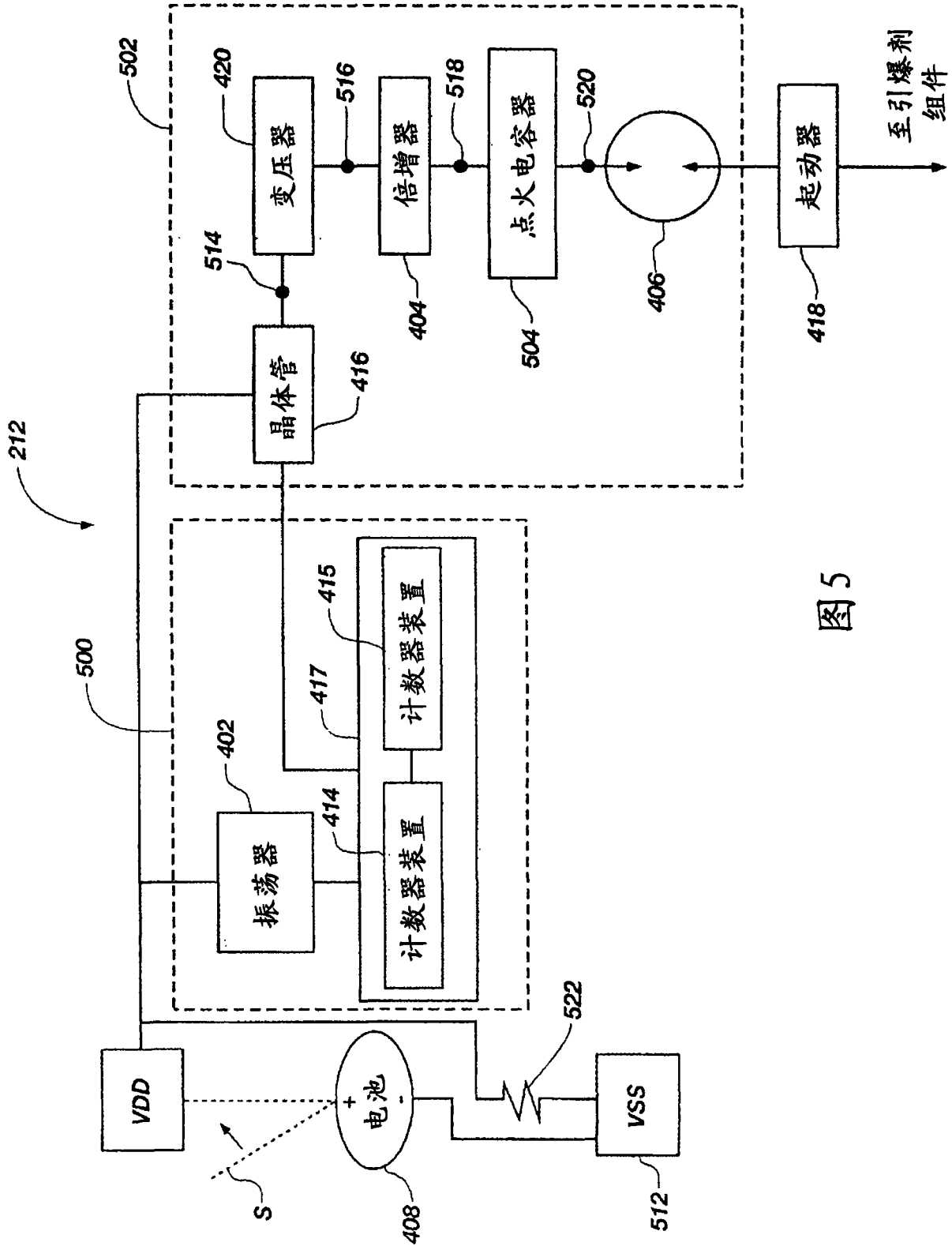


图5

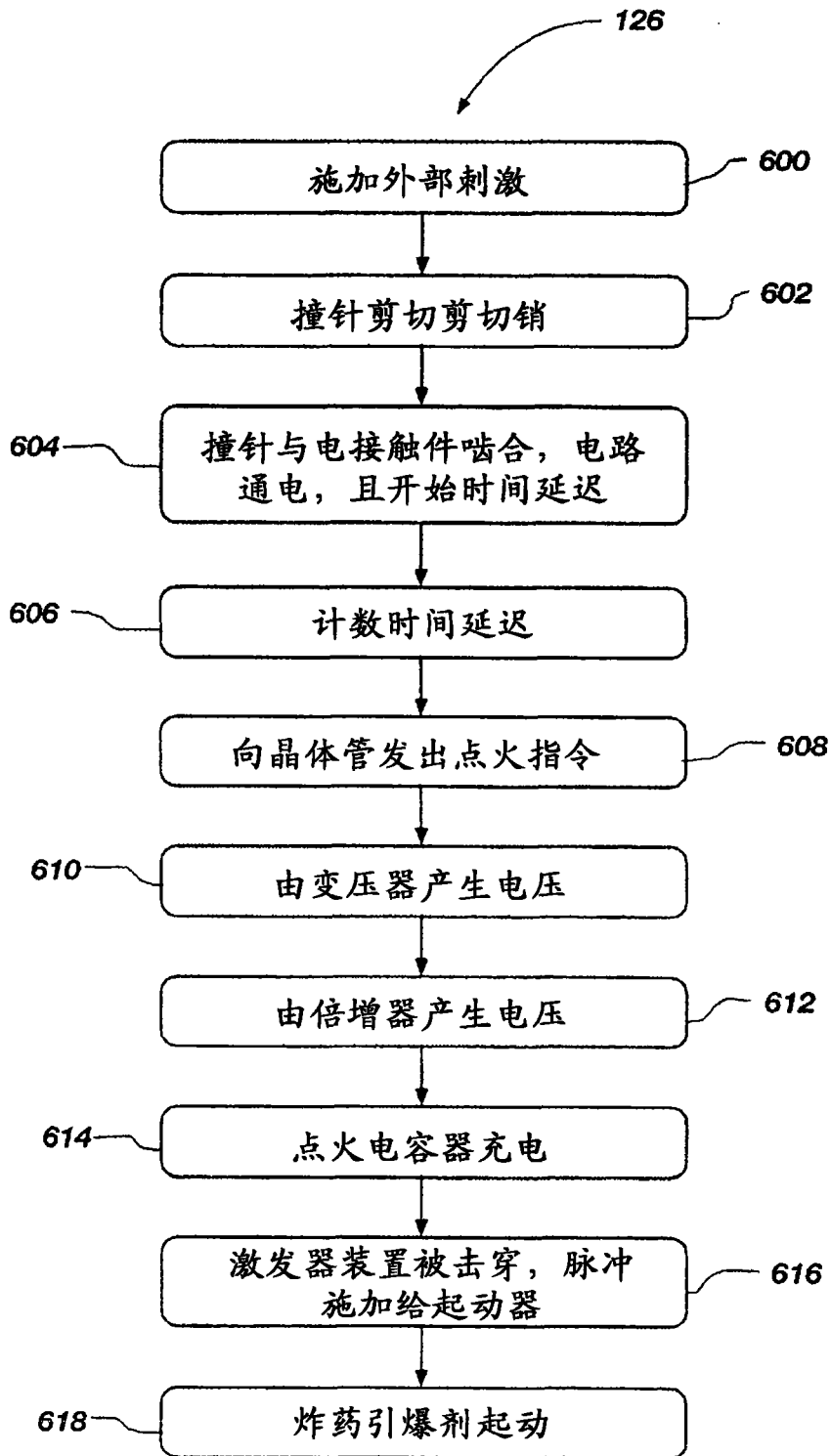


图 6

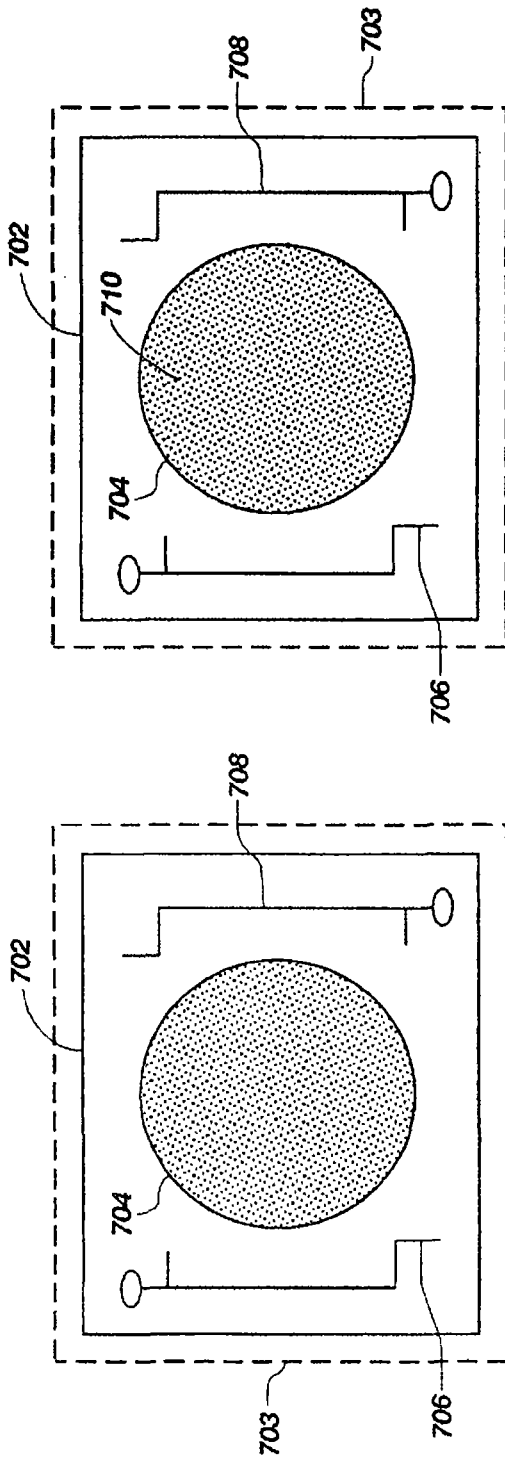


图7B

图7A

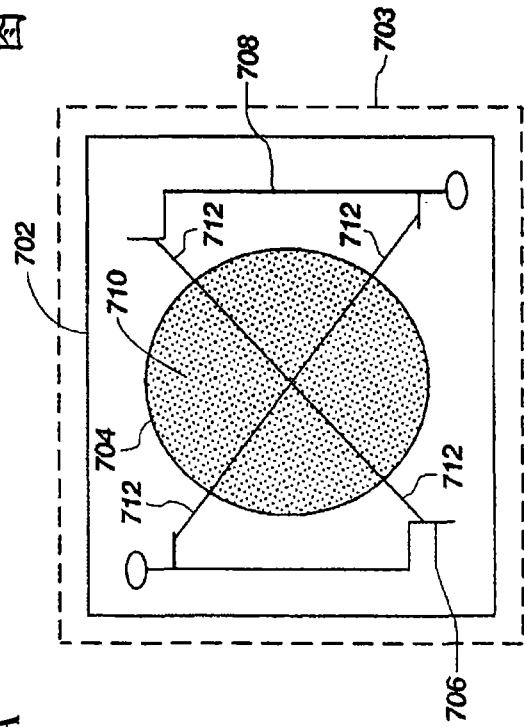


图7C

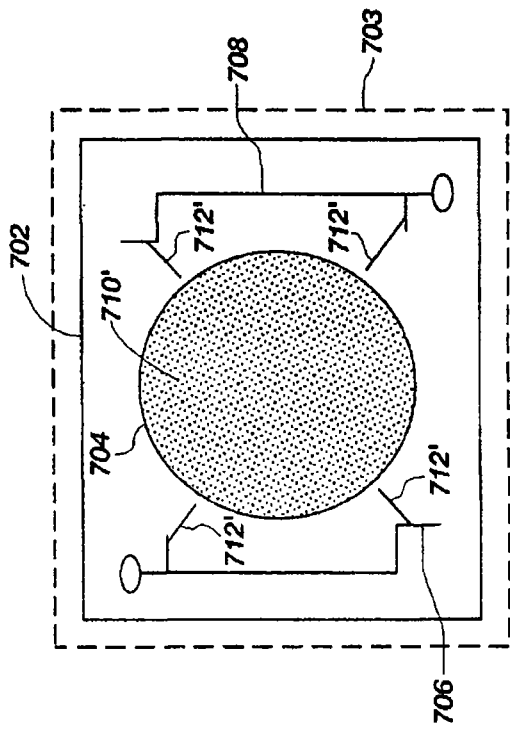


图 7D

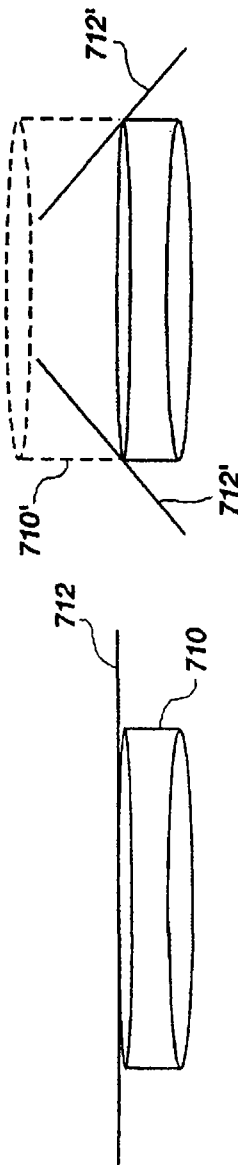


图 7E

图 7F

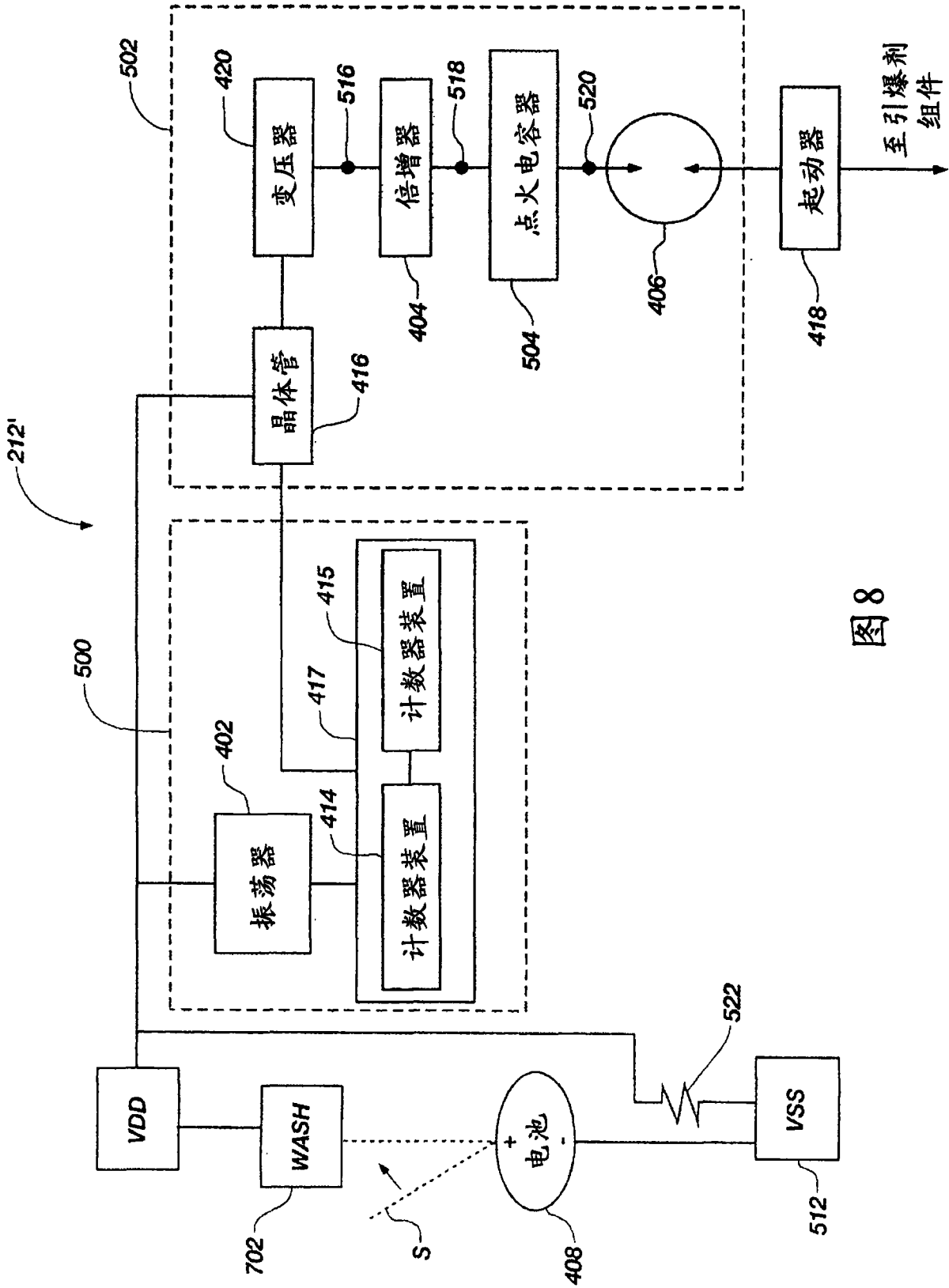


图8

1. 一种时间延迟装置, 包括:

输入组件, 该输入组件包括构造成用于移动以便能够进行电源连接的元件; 以及

电子时间延迟电路, 该电子时间延迟电路与输入组件可操作地连接, 并构造成响应被启用的电源连接而提供时间延迟, 在时间延迟完成时启动点火指令, 以及增加由与输入组件连接的电源提供的电压。

2. 根据权利要求1所述的时间延迟装置, 其中: 电子时间延迟电路还包括隔离元件, 该隔离元件构造成当它的部件与液体接触时使得电源与电子时间延迟电路电隔离。

3. 根据权利要求2所述的时间延迟装置, 其中, 隔离元件包括: 导电输入装置, 该导电输入装置与电源可操作地连接, 并构造成接收电信号;

导电输出装置, 该导电输出装置与电子时间延迟电路可操作地连接, 并构造成输出电信号;

可膨胀小球, 该可膨胀小球至少部分地位于导电输入装置和导电输出装置之间, 并构造成在与液体接触时膨胀; 以及

至少一个导电电线, 该导电电线可操作地连接在导电输入装置和导电输出装置之间, 并邻近小球且越过该小球延伸。

4. 根据权利要求1所述的时间延迟装置, 还包括: 输出组件, 该输出组件包括炸药引爆剂, 并构造成响应点火指令提供引爆输出。

5. 根据权利要求1所述的时间延迟装置, 其中: 输入组件包括接触组件, 该接触组件构造成在其元件移动时与该元件啮合, 并能够进行电源连接。

6. 根据权利要求1所述的时间延迟装置, 其中: 所述构造成用于移动的元件包括撞针, 输入组件的壳体包括在其内的撞针孔, 该撞针孔用于容纳撞针, 撞针包括纵向轴线, 并构造成通过施加的外力而沿该纵向轴线移动。

7. 根据权利要求6所述的时间延迟装置,还包括:至少一个剪切销,该剪切销通过所述壳体来固定,并基本横向延伸穿过撞针,其中,该至少一个剪切销定位和构造成通过撞针响应施加的外力的移动而被剪切。

8. 根据权利要求1所述的时间延迟装置,其中:电子时间延迟电路包括振荡器,该振荡器与至少一个计数器装置可操作地连接。

9. 根据权利要求1所述的时间延迟装置,其中:电子时间延迟电路构造成在时间延迟完成后使得来自电源的剩余能量流向地线电压。

10. 根据权利要求1所述的时间延迟装置,其中:电子时间延迟电路包括电压点火电路,该电压点火电路构造成增加由电源提供的电压。

11. 根据权利要求10所述的时间延迟装置,其中:电压点火电路包括激发器,该激发器构造成使得电压点火电路与起动机隔离。

12. 根据权利要求11所述的时间延迟装置,其中:激发器还构造成当电压超过预定临界点火电压时将由电压点火电路增加的电压传送给起动机。

13. 根据权利要求11所述的时间延迟装置,其中:电压点火电路包括至少一个电容器,该电容器与激发器可操作地连接,并构造成将增加的电压传送给激发器。

14. 根据权利要求11所述的时间延迟装置,还包括:炸药引爆剂,该炸药引爆剂构造成响应点火指令提供引爆输出,其中,起动机构造成在接收增加的电压时起动炸药引爆剂。

15. 根据权利要求1所述的时间延迟装置,其中:电子时间延迟电路布置在基本管形壳体内。

16. 一种时间延迟装置,包括:

输入组件,该输入组件包括构造成用于移动以便能够进行电源连接的元件;以及

电子时间延迟电路,该电子时间延迟电路包括隔离元件,该隔离元件构造成当它的部件与液体接触时使得电源与电子时间延迟电路电

隔离, 该电子时间延迟电路与输入组件可操作地连接, 并构造成响应被启用的无隔离电源连接而提供时间延迟, 并在时间延迟完成时启动点火指令。

17. 根据权利要求 16 所述的时间延迟装置, 其中, 隔离元件包括: 导电输入装置, 该导电输入装置与电源可操作地连接, 并构造成接收电信号;

导电输出装置, 该导电输出装置与电子时间延迟电路可操作地连接, 并构造成输出电信号;

可膨胀小球, 该可膨胀小球至少部分地位于导电输入装置和导电输出装置之间, 并构造成在与液体接触时膨胀; 以及

至少一个导电电线, 该导电电线可操作地连接在导电输入装置和导电输出装置之间, 并邻近小球和越过该小球延伸。

18. 根据权利要求 17 所述的时间延迟装置, 其中: 可膨胀小球包括压缩海绵。

19. 根据权利要求 17 所述的时间延迟装置, 还包括: 壳体, 该壳体至少部分地包围隔离元件。

20. 根据权利要求 17 所述的时间延迟装置, 其中: 可膨胀小球构造成由于膨胀而与该至少一个电线接触, 并使该至少一个电线断裂。

21. 根据权利要求 16 所述的时间延迟装置, 其中: 电子时间延迟电路包括 75KHz 石英晶体振荡器、36KHz 石英晶体振荡器和 26.5KHz 石英晶体振荡器中的至少一个, 所述石英晶体振荡器与至少一个计数器装置可操作地连接。

22. 根据权利要求 16 所述的时间延迟装置, 其中: 电子时间延迟电路包括电压点火电路, 该电压点火电路包括构造成增加由电源提供的电压的电压二倍器和电压四倍器中的至少一个。

23. 一种井穿孔系统, 包括:

传送装置;

穿孔枪, 该穿孔枪悬挂在传送装置上;

点火头, 该点火头悬挂在传送装置上, 并与穿孔枪可操作地连接;

以及

时间延迟装置, 该时间延迟装置在点火头中, 并包括:

输入组件, 该输入组件包括布置成用于移动以便能够进行电源连接的元件; 以及

电子时间延迟电路, 该电子时间延迟电路与输入组件可操作地连接, 并包括振荡器和至少一个计数器装置, 该电子时间延迟电路构造成响应启用的电源连接而提供时间延迟, 并在时间延迟完成时启动点火指令。

24. 一种井穿孔系统, 包括:

传送装置;

穿孔枪, 该穿孔枪悬挂在传送装置上;

点火头, 该点火头悬挂在传送装置上, 并与穿孔枪可操作地连接;

电源; 以及

时间延迟装置, 该时间延迟装置在点火头中, 并包括:

输入组件, 该输入组件包括布置成用于移动以便能够进行电源连接的元件; 以及

电子时间延迟电路, 该电子时间延迟电路包括隔离元件, 该隔离元件构造成当它的部件与液体接触时使得电源与电子时间延迟电路电隔离, 该电子时间延迟电路与输入组件可操作地连接, 并构造成响应被启用的无隔离电源连接而提供时间延迟, 并在时间延迟完成时启动点火指令。

25. 一种在炸药或推进剂系统中使用电子时间延迟装置的方法, 包括:

向元件施加外力, 以便使该元件响应该外力而移动;

响应元件的移动而使电源与电子时间延迟电路连接;

响应电源的连接而提供电子时间延迟; 以及

在电子时间延迟之后使得来自电源的电压增加至预定的更高临界点火电压。

26. 根据权利要求 25 所述的方法, 还包括: 利用至少一个剪切销

来固定元件以防止移动。

27. 根据权利要求 25 所述的方法, 还包括: 起动炸药引爆剂, 以便响应预定的更高临界点火电压来提供引爆输出。

28. 根据权利要求 25 所述的方法, 还包括: 使至少一个电容器充电成具有预定的更高临界电压。

29. 根据权利要求 25 所述的方法, 其中: 增加电压包括通过变压器来增加电压。

30. 根据权利要求 29 所述的方法, 还包括: 利用变压器来将电压增加至基本 550V。

31. 根据权利要求 30 所述的方法, 其中: 增加电压还包括利用倍增器来增加来自变压器的电压。

32. 根据权利要求 31 所述的方法, 还包括: 利用倍增器来增加电压至基本 600V。

33. 一种使电子时间延迟电路停用的方法, 包括:
提供连接在电源和电子时间延迟电路之间的隔离元件; 以及
响应隔离元件的部件与液体的接触而使得电源与电子时间延迟电路隔离。

34. 根据权利要求 33 所述的方法, 其中: 使电源与电子时间延迟电路隔离包括使所述部件膨胀以便断裂至少一个电线。