



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104702191 A

(43) 申请公布日 2015. 06. 10

(21) 申请号 201310646466. 4

(22) 申请日 2013. 12. 04

(71) 申请人 浙江中科德润科技有限公司
地址 310052 浙江省杭州市滨江区东流路
1805 号格林费尔 -B 座 5 楼

(72) 发明人 刘杰 朱海军 蔡一

(74) 专利代理机构 北京信慧永光知识产权代理
有限责任公司 11290
代理人 姚焱 张荣彦

(51) Int. Cl.
H02P 25/00(2006. 01)
H02P 27/00(2006. 01)
H05K 7/20(2006. 01)

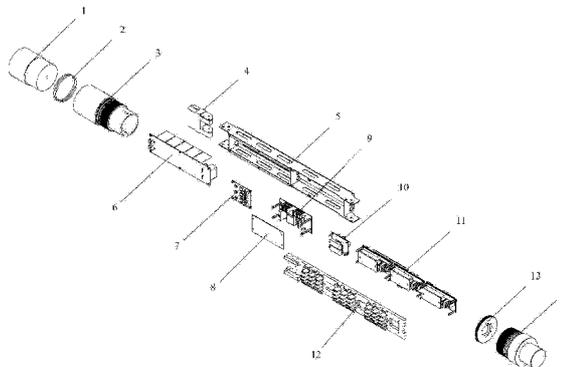
权利要求书3页 说明书11页 附图8页

(54) 发明名称

潜油井下控制器及控制方法

(57) 摘要

一种潜油井下控制器及控制方法,其控制器包括:机械单元、传感器单元、密封单元、散热单元和控制单元,所述机械单元包括:主壳体,在主壳体内部设有控制单元、传感器单元和散热单元,主壳体的前端通过联接套筒与密封单元相连,后端通过圆形堵盖与底部接头相连。本发明的潜油井下控制器及控制方法,其潜油井下控制器采用井下直接驱动电机的方式,使得在井下实时监控电机的运行状态,最大限度提高了电利用率和抽油效率;并且潜油井下驱动系统采用模块化设计,提高了可靠性,结构简单且可以根据需要灵活设计;本发明的潜油井下控制器适用于所有在井下通过电机进行采油的场合。



1. 一种潜油井下控制器,其特征在于,包括:机械单元、传感器单元、密封单元、散热单元和控制单元,所述机械单元包括:主壳体,在主壳体内部设有控制单元、传感器单元和散热单元,主壳体的前端通过联接套筒与密封单元相连,后端通过圆形堵盖与底部接头相连。

2. 如权利要求1所述的潜油井下控制器,其特征在于,所述控制单元通过钣金支架固定设置在所述主壳体内,所述钣金支架的前端通过过度联接块与所述联接套筒相连。

3. 如权利要求2所述的潜油井下控制器,其特征在于,所述钣金支架上设有散热单元,所述散热单元为散热铝支架。

4. 如权利要求3所述的潜油井下控制器,其特征在于,所述控制单元包括:电源板、传感器板、驱动板、主控板、电容板和放电板;

所述电源板将所述电容板输出的母线电压,经过电压转换后为主控板供电,同时将母线电压信号传输给主控板;

所述传感器板检测驱动板输出的三相电流并将检测信号传输给主控板;

所述驱动板驱动控制器外部的潜油电机运行;

所述电容板将地面输出的两相直流电转换为两相母线电压,分别输入到所述电源板、放电板和驱动板中,并且将检测到的母线电流信号传输给主控板;

所述主控板根据母线电流检测信号、母线电压检测信号以及三相电流检测信号分别对母线电流监控、对母线电压进行控制保护以及控制输出给所述驱动板的脉宽调制信号;并且控制放电板放电;

所述放电板根据所述主控板的控制信号释放电容板上存储的电。

5. 如权利要求4所述的潜油井下控制器,其特征在于,所述主控板包括:电源输入单元、传感器检测输入单元、主控单元、脉宽调制输出单元、外部接口单元和存储单元;

电源输入单元为所述外部接口单元、主控单元及周围信号电路供电,所述周围信号电路包括解码芯片电路、光耦电路、滤波电路、运放电路;

传感器检测输入单元将采集的多种井下信号转换为模拟电压信号,并发送到主控单元中;

主控单元接收所述传感器检测输入单元输出的模拟电压信号,并转换成数字量;

主控单元通过脉宽调制输出单元输出三相脉宽调制信号到所述驱动板中;

外部接口单元与所述主控板以外的外部硬件连接;

存储单元存储所述主控单元的数据信息。

6. 如权利要求5所述的潜油井下控制器,其特征在于,所述外部接口单元包括:输入输出接口单元、功能控制接口单元和数据通信接口单元;其中

输入输出接口单元包括输入信号预留接口和输出信号预留接口,用于所述潜油井下控制器的功能扩展;

功能控制接口单元包括:放电控制接口、启停开关接口和保护信号接口;其中

放电控制接口输出主控单元发出的放电控制信号,控制所述放电板释放电容板上的电量;

启停开关接口接收地面的启停指令信号并输入到主控单元,从而控制潜油电机启动和停止,

保护信号接口接收所述驱动板中绝缘栅双极型晶体管发出的保护信号并输入到主控

单元；

所述数据通信接口单元包括：SPI 通信接口、CAN 通信接口和串行数据通信接口；其中 SPI 通信接口采集位置传感器或编码器的角度信息；

CAN 通信接口与潜油系统的地面通信；

串行数据通信接口与上位机或 PC 机通信，所述串行数据通信接口包括：RS485 通信或 RS232 通信。

7. 如权利要求 4 所述的潜油井下控制器，其特征在于，所述驱动板包括：绝缘栅双极型晶体管单元，所述绝缘栅双极型晶体管单元根据电容板输出的两相母线电压和主控板输出的脉宽调制信号转换为三相交流电，驱动潜油电机运行；并且将绝缘栅双极型晶体管单元的保护信号输出给主控板。

8. 如权利要求 4 所述的潜油井下控制器，其特征在于，所述电容板包括：母线电流传感器，所述母线电流传感器将检测到的母线电流信号传输给主控板。

9. 如权利要求 4 所述的潜油井下控制器，其特征在于，所述放电板包括：放电电阻，所述放电板通过放电电阻释放存储的电。

10. 如权利要求 4 所述的潜油井下控制器，其特征在于，所述电源板为主控板分别提供 12V 和 5V 电源。

11. 如权利要求 10 所述的潜油井下控制器，其特征在于，所述主控板将电源板提供的 5V 电源提供给传感器板。

12. 一种如权利要求 1-11 任一项所述的潜油井下控制器的控制方法，其特征在于，包括：系统控制、电机控制和可靠性控制；

系统控制：所述主控板与地面通过 CAN 通信接口进行信息交互，接收地面发送过来的指令，同时将当前井下的状态和数据上传给地面。

电机控制：首先所述主控板根据接收到的地面指令得到电机控制指令，同时主控板通过传感器板对电机电流进行采样得到电流反馈，又通过主控板接收编码器信号得到电机角度反馈，然后在主控板上的主控单元执行控制算法得到电机驱动信号输出给驱动板，最终驱动板驱动电机运行。

其中，当电机带有编码器使得控制单元上的主控板能够获得电机旋转角度时，主控板上的主控单元执行闭环伺服控制算法；当电机不带有编码器使得控制单元上的主控板无法获得电机旋转角度时，主控板上的主控单元执行无传感器控制算法。

可靠性控制：包括：异常保护控制、超限保护控制和失效处理控制；其中

异常保护控制：所述主控板检测电机、编码器、传感器及控制单元中的硬件运行是否正常，若否，则控制电机停止运行并将异常状态保存到主控板上的存储单元中，同时通过 CAN 通信接口将错误信号传递到地面。

超限保护控制：所述主控板监测传感器单元采集的各种数据，当任何一项数据超过规定范围时，所述主控板通过驱动板对电机控制，包括降低电机运行转速或停止电机运行，使超限数据恢复到正常范围。

失效处理控制：主控板若检测到电机、编码器、传感器或控制单元中的硬件损坏导致功能失效时，主控板上的主控单元执行备用的报警处理、传感器切换和通信故障处理控制算法，使所述潜油井下控制器正常工作。

13. 如权利要求 12 所述的控制方法,其特征在于,所述各种数据包括:电流数据、电压数据、温度数据和压力数据。

潜油井下控制器及控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于石油开采设备控制领域,涉及一种潜油井下控制器及控制方法。

背景技术

[0002] 目前我国和世界其他产油国家,油田上都广泛使用潜油电机来驱动潜油电泵来汲取原油,传统的潜油电泵系统,是由地面控制器来驱动井下的潜油电机及潜油电泵,现有的潜油系统地面控制器存在如下问题:

[0003] 一、现有的潜油系统地面控制器一般是将地面上电网输入的 380V 三相交流电转化为输出给电机的三相交流电之后,通过电缆把三相电接到井下的潜油电机,而下井距离一般为 1000 米~2000 多米,因此一方面增加了电缆成本,另一方面当 380V 三相交流电直接输出到井下 1000 米至 2000 多米以下时,其中间损耗大大增加,稳定性也较差,导致井下的电机和抽油泵效率低,使用寿命短。

[0004] 二、现有的潜油系统地面控制器不具有与井下远距离数据通信模块,不支持井下 2000 多米远距离数据通信,无法将井下的温度、压力、电流、电压等各种参量上传到地面。因此,不可实现实时监控井下的状态。

[0005] 另外,传统的潜油电机主要是二极三相异步电动机,现有的采油系统在采油工艺配套中存在如下问题:

[0006] 一是与离心潜油泵配套时因电机转速低于同步转速、电机效率和功率因数偏低。

[0007] 二是与潜油螺杆泵配套上时,转速过高很难经过变速器将速度降低到与螺杆泵相适应的转速,即使采用减速器也大大的提高了采油成本和降低了系统的效率,若采用变频调速装置,使电机长期处于低频工作状态又容易引起电机的温升加快,引起电机故障。系统不能实现灵活控制,效率低。

[0008] 三是传统的潜油电泵系统即使采用变频控制,其电机控制柜往往置于地面其交流电在传输至电机时由于是远距离传输,能量损耗严重,进一步降低了系统的效率。

[0009] 随着新技术的发展,伺服技术的逐渐成熟,伺服潜油抽油系统成为潜油抽油系统的一种发展趋势。公开号为 CN228745Y 的文献提出了一种稀土永磁潜油电动机,但它总得来说只是在原有异步潜油电机的基础上通过在转子上嵌入永磁体来改善同步转速的问题,局限于电机本体,没有解决转速可调的问题,并且在低速场合的应用仍然很困难,效率也不是很高。公开号为 CN2627715Y 的文献也公开了一种稀土永磁同步潜油电机,不足之处依然是在其节能以及速度调上的缺乏。虽然结合变频控制器使用仍然存在节能率低的问题。

[0010] 由于潜油电机基本是在井下几百到几千米的井下,而现有的潜油电机通常使用交流电机,潜油电机使用的三相交流电源将从地面传输到井下几百到几千米的地方,因此,电能在传输上损耗非常大。而现有的控制系统无法解决该问题。

[0011] 纵观国内外数字油田的建设,不管从技术还是管理的层面上看,都还存在不少难题,尤其是业务流程革新、多元异构数据整合以及专业技术软件的开发将在相当长一段时间内困扰数字油田的发展。而油气工业的各种工作流程和不同领域活动所采用的技术与地

下油藏、油井生产监控和地面控制系统的数流整合在一起更是一个极大的挑战。

[0012] 油田控制中涉及众多因素或参数的控制,例如压力、温度、潜油电机的运行状态等。对这些因素或参数的监测与控制也是油田控制系统中重要的一环。

发明内容

[0013] 本发明所要解决的技术问题在于,针对现有技术的不足提供一种潜油井下控制器及控制方法,使得在井下实时监控电机的运行状态,最大限度提高了电利用率和抽油效率。

[0014] 本发明所要解决的技术问题是通过如下技术方案实现的:

[0015] 本发明提供一种潜油井下控制器,包括:机械单元、传感器单元、密封单元、散热单元和控制单元,所述机械单元包括:主壳体,在主壳体内部设有控制单元、传感器单元和散热单元,主壳体的前端通过联接套筒与密封单元相连,后端通过圆形堵盖与底部接头相连。

[0016] 具体地,所述控制单元通过钣金支架固定设置在所述主壳体内,所述钣金支架的前端通过过度联接块与所述联接套筒相连。

[0017] 具体地,所述钣金支架上设有散热单元,所述散热单元为散热铝支架。

[0018] 更好地,所述控制单元包括:电源板、传感器板、驱动板、主控板、电容板和放电板;

[0019] 所述电源板将所述电容板输出的母线电压,经过电压转换后为主控板供电,同时将母线电压信号传输给主控板;

[0020] 所述传感器板检测驱动板输出的三相电流并将检测信号传输给主控板;

[0021] 所述驱动板驱动控制器外部的潜油电机运行;

[0022] 所述电容板将地面输出的两相直流电转换为两相母线电压,分别输入到所述电源板、放电板和驱动板中,并且将检测到的母线电流信号传输给主控板;

[0023] 所述主控板根据母线电流检测信号、母线电压检测信号以及三相电流检测信号分别对母线电流监控、对母线电压进行控制保护以及控制输出给所述驱动板的脉宽调制信号;并且控制放电板放电;

[0024] 所述放电板根据所述主控板的控制信号释放电容板上存储的电。

[0025] 更好地,所述主控板包括:电源输入单元、传感器检测输入单元、主控单元、脉宽调制输出单元、外部接口单元和存储单元;

[0026] 电源输入单元为所述外部接口单元、主控单元及周围信号电路供电,所述周围信号电路包括解码芯片电路、光耦电路、滤波电路、运放电路等;

[0027] 传感器检测输入单元将采集的多种井下信号转换为模拟电压信号,并发送到主控单元中;

[0028] 主控单元接收所述传感器检测输入单元输出的模拟电压信号,并转换成数字量;

[0029] 主控单元通过脉宽调制输出单元输出三相脉宽调制信号到所述驱动板中;

[0030] 外部接口单元与所述主控板以外的外部硬件连接;

[0031] 存储单元存储所述主控单元的数据信息。

[0032] 更好地,所述外部接口单元包括:输入输出接口单元、功能控制接口单元和数据通信接口单元;其中

[0033] 输入输出接口单元包括输入信号预留接口和输出信号预留接口,用于所述潜油井

下控制器的功能扩展；

[0034] 功能控制接口单元包括：放电控制接口、启停开关接口和保护信号接口；其中

[0035] 放电控制接口输出主控单元发出的放电控制信号，控制所述放电板释放电容板上的电量；

[0036] 启停开关接口接收地面的启停指令信号并输入到主控单元，从而控制潜油电机启动和停止，

[0037] 保护信号接口接收所述驱动板中绝缘栅双极型晶体管(IGBT)发出的保护信号并输入到主控单元；

[0038] 所述数据通信接口单元包括：SPI 通信接口、CAN 通信接口和串行数据通信接口；其中

[0039] SPI 通信接口采集位置传感器或编码器的角度信息；

[0040] CAN 通信接口与潜油系统的地面通信；

[0041] 串行数据通信接口与上位机或 PC 机通信，所述串行数据通信接口包括：RS485 通信或 RS232 通信。

[0042] 具体地，所述驱动板包括：绝缘栅双极型晶体管(IGBT)单元，所述绝缘栅双极型晶体管单元根据电容板输出的两相母线电压和主控板输出的脉宽调制信号转换为三相交流电，驱动潜油电机运行；并且将绝缘栅双极型晶体管单元的保护信号输出给主控板。

[0043] 具体地，所述电容板包括：母线电流传感器，所述母线电流传感器将检测到的母线电流信号传输给主控板。

[0044] 具体地，所述放电板包括：放电电阻，所述放电板通过放电电阻释放存储的电。

[0045] 更好地，所述电源板为主控板分别提供 12V 和 5V 电源。

[0046] 优选地，所述主控板将电源板提供的 5V 电源提供给传感器板。

[0047] 本发明还提供一种如上述的潜油井下控制器的控制方法，包括：系统控制、电机控制和可靠性控制；

[0048] 系统控制：所述主控板与地面通过 CAN 通信接口进行信息交互，接收地面发送过来的指令，同时将当前井下的状态和数据上传给地面。

[0049] 电机控制：首先所述主控板根据接收到的地面指令得到电机控制指令，同时主控板通过传感器板对电机电流进行采样得到电流反馈，又通过主控板接收编码器信号得到电机角度反馈，然后在主控板上的主控单元执行控制算法得到电机驱动信号输出给驱动板，最终驱动板驱动电机运行。

[0050] 其中，当电机带有编码器使得控制单元上的主控板能够获得电机旋转角度时，主控板上的主控单元执行闭环伺服控制算法；当电机不带有编码器使得控制单元上的主控板无法获得电机旋转角度时，主控板上的主控单元执行无传感器控制算法。

[0051] 可靠性控制：包括：异常保护控制、超限保护控制和失效处理控制；其中

[0052] 异常保护控制：所述主控板检测电机、编码器、传感器及控制单元中的硬件运行是否正常，若否，则控制电机停止运行并将异常状态保存到主控板上的存储单元中，同时通过 CAN 通信接口将错误信号传递到地面。

[0053] 超限保护控制：所述主控板监测传感器单元采集的各种数据，当任何一项数据超过规定范围时，所述主控板通过驱动板对电机控制，包括降低电机运行转速或停止电机运

行,使超限数据恢复到正常范围。

[0054] 失效处理控制:主控板若检测到电机、编码器、传感器或控制单元中的硬件损坏导致功能失效时,主控板上的主控单元执行备用的报警处理、传感器切换和通信故障处理控制算法,使所述潜油井下控制器正常工作。

[0055] 更好地,所述各种数据包括:电流数据、电压数据、温度数据和压力数据。

[0056] 本发明的潜油井下控制器及控制方法,其潜油井下控制器采用井下直接驱动电机的方式,使得在井下实时监控电机的运行状态,最大限度提高了电利用率和抽油效率;并且潜油井下驱动系统采用模块化设计,提高了可靠性,结构简单且可以根据需要灵活设计。此外,本发明的潜油井下控制器在井下实时检测各项温度和压力参数,并通过与地面的远距离通信,实时上传到地面。本发明的潜油井下控制器适用于所有在井下通过电机进行采油的场合。

[0057] 下面结合附图和具体实施例对本发明的技术方案进行详细地说明。

附图说明

[0058] 图 1 为本发明的潜油井下控制器爆炸式结构示意图;

[0059] 图 2A 为本发明的潜油井下控制器外部结构示意图之一;

[0060] 图 2B 为本发明的潜油井下控制器外部结构示意图之二;

[0061] 图 3A 为图 1 中密封组件的结构示意图之一;

[0062] 图 3B 为图 1 中密封组件的结构示意图之二;

[0063] 图 3C 为图 1 中密封组件的剖视图;

[0064] 图 4A 为图 1 中联接套筒的结构示意图之一;

[0065] 图 4B 为图 1 中联接套筒的结构示意图之二;

[0066] 图 4C 为图 1 中联接套筒的剖视图;

[0067] 图 5 为图 1 中过度联接块的结构示意图;

[0068] 图 6A 为图 1 中钣金支架的结构示意图之一;

[0069] 图 6B 为图 1 中钣金支架的结构示意图之二;

[0070] 图 7 为图 1 中散热铝支架的结构示意图;

[0071] 图 8 为图 1 中圆形堵盖的结构示意图;

[0072] 图 9A 为图 1 中底部接头的结构示意图之一;

[0073] 图 9B 为图 1 中底部接头的结构示意图之二;

[0074] 图 9C 为图 1 中底部接头的剖视图;

[0075] 图 10 为本发明的潜油井下控制器控制单元硬件原理图;

[0076] 图 11 为图 10 中主控板硬件原理图;

[0077] 图 12 为系统控制方法框图;

[0078] 图 13A 为电机控制方法框图;

[0079] 图 13B 为电机控制流程图;

[0080] 图 14 为异常保护模控制方法框图;

[0081] 图 15 为超限保护控制方法框图;

[0082] 图 16 为失效处理控制方法框图。

具体实施方式

[0083] 图1为本发明的潜油井下控制器爆炸式结构示意图,图2A为本发明的潜油井下控制器外部结构示意图之一,图2B为本发明的潜油井下控制器外部结构示意图之二,如图1并参考图2A和图2B所示,本发明提供一种潜油井下控制器,包括:机械单元、传感器单元、密封单元、散热单元和控制单元,所述机械单元包括:主壳体15,在主壳体15内部设有控制单元、传感器单元和散热单元,主壳体15的前端通过联接套筒3与密封单元相连,后端通过圆形堵盖13与底部接头14相连。所述控制单元通过钣金支架5固定设置在所述主壳体15内,所述钣金支架5的前端通过过度联接块4与所述联接套筒3相连。所述钣金支架5上设有散热单元,所述散热单元为散热铝支架12。所述密封单元包括:密封组件1和密封套圈2,所述密封组件1通过密封套圈2与联接套筒3连接。

[0084] 请再次参考图2A和图2B所示,本发明提供的潜油井下控制器,整体外形结构上呈细长圆柱形结构,适用于油井井下环境;在井下实现了对电机的直接驱动,从而最大限度提高了电利用率和抽油效率;在井下直接采样电机编码器信号,实现了对电机运行状态的实时监控,从而提高了电机的控制性能;在井下实现了对温度和压力的实时检测,从而保证了对井下环境的适应能力;在井下实现了与地面的远距离通信(2000多米),使得在地面上可以实时监控井下状态,并发送各项操作指令。

[0085] 图3A为图1中密封组件的结构示意图之一,图3B为图1中密封组件的结构示意图之二,图3C为图1中密封组件的剖视图,如图3A-3C所示,图3A和图3B分别示出了密封组件1的两端。如图3C所示,密封组件1包括:联接圆柱孔11、内侧圆柱孔12、导体13、中心孔14和低端通孔15;所述联接圆柱孔11用于与潜油电机连接,所述内侧圆柱孔12用于扩大密封组件内部空间,所述导体13用于连接U、V、W三相线和其他信号线,所述中心孔14用于安装传感器,所述低端通孔15用于穿过传感器的信号线。

[0086] 图4A为图1中联接套筒的结构示意图之一,图4B为图1中联接套筒的结构示意图之二,图4C为图1中联接套筒的剖视图,图4A和图4B分别示出了联接套筒的两端。如图4C所示,联接套筒3包括:联接圆柱孔31、中间圆柱孔32、内侧圆柱孔33、环形凹槽34、外螺纹35、圆柱孔36和侧面联接孔37;所述联接圆柱孔31用于与密封组件1连接,所述中间圆柱孔32和内侧圆柱孔33用于扩大联接套筒3的内部空间,所述环形凹槽34用于安装密封套圈2,所述外螺纹35用于与井下控制器的主壳体15连接,所述圆柱孔36用于井下控制器内部的油液流通,所述侧面联接孔37用于与过度联接块4连接。

[0087] 图5为图1中过度联接块的结构示意图,如图5所示,过度联接块4包括前端侧面孔41和后端侧面孔42,所述前端侧面孔41用于与钣金支架5连接,所述后端侧面孔42用于与联接套筒3连接。

[0088] 图6A为图1中钣金支架的结构示意图之一,图6B为图1中钣金支架的结构示意图之二,如图6A和图6B所示,钣金支架5包括:侧面联接孔51、侧面开孔52、中间通孔53、上端联接孔54和底板联接柱55;钣金支架5两端的侧面联接孔51分别用于与散热铝支架12和过度联接块4连接,所述侧面开孔52用于井下控制器内部的油液流通,所述中间通孔53分别用于穿过U、V、W三相线,所述上端联接孔54用于安装电容板6和传感器板7,所述底板联接柱55用于安装电源板9和主控板8。

[0089] 图7为图1中散热铝支架的结构示意图,如图7所示,散热铝支架12包括:侧面联接孔121、前端联接孔122、散热片123、底板联接孔124和方形孔125;所述侧面联接孔121用于与钣金支架5连接,所述前端联接孔122用于安装放电电阻,所述散热片123用于增大散热面积,所述底板联接孔124用于安装驱动板,所述方形孔125用于井下控制器内部的油液流通。

[0090] 图8为图1中圆形堵盖的结构示意图,如图8所示,圆形堵盖13包括:外螺纹131、通孔组合132和方形孔133;所述外螺纹131用于与主壳体15连接,通孔组合132用于与散热铝支架12连接,所述方形孔133用于井下控制器内部的油液流通。

[0091] 图9A为图1中底部接头的结构示意图之一,图9B为图1中底部接头的结构示意图之二,图9C为图1中底部接头的剖视图,图9A和图9B分别示出了底部接头的两端。如图9C所示,底部接头14包括:圆柱孔141、外螺纹142和环形凹槽143。其中,所述外螺纹142用于与主壳体15连接,所述环形凹槽143用于安装密封圈。

[0092] 图10为本发明的潜油井下控制器控制单元硬件原理图,如图10所示,所述控制单元包括:电源板9、传感器板7、驱动板11、主控板8、电容板6和放电板10;

[0093] 所述电源板9将所述电容板6输出的母线电压,经过电压转换后为主控板8供电,同时将母线电压信号传输给主控板8;所述电源板9为主控板8分别提供12V和5V电源;所述主控板8将电源板9提供的5V电源提供给传感器板7。换句话说,电源板9根据从电容板6输入的母线电压,经过电压转换,给主控板8分别提供12V和5V电源,同时将检测到的母线电压信号输出给主控板8。

[0094] 所述传感器板7检测驱动板输出的三相电流并将检测信号传输给主控板8。换句话说,传感器板7将驱动板输出的U、V、W三相电流通过电流传感器检测,并把检测信号输出给主控板8。

[0095] 所述驱动板11驱动控制器外部的潜油电机运行;所述驱动板11包括:绝缘栅双极型晶体管(IGBT)单元,所述绝缘栅双极型晶体管单元根据电容板输出的两相母线电压和主控板8输出的脉宽调制信号转换为三相交流电,驱动潜油电机运行;并且将绝缘栅双极型晶体管的保护信号输出给主控板8。换句话说,驱动板11根据从电容板6输入的P、N母线电压和从主控板8输入的6路PWM信号,经过绝缘栅双极型晶体管单元输出U、V、W三相电流,从而驱动潜油电机运行。同时将绝缘栅双极型晶体管单元的保护信号输出给主控板8。

[0096] 所述电容板6将地面输出的两相直流电转换为两相母线电压,分别输入到所述电源板9、放电板10和驱动板11中,并且将检测到的母线电流信号传输给主控板8;所述电容板6包括:母线电流传感器,所述母线电流传感器将检测到的母线电流信号传输给主控板8。换句话说,电容板6将来自地面的母线电缆P和N作为输入,经过电容模块之后,把母线电压P和N分别输出到驱动板11、电源板9和放电板10,同时通过母线电流传感器将检测到的母线电流信号输出给主控板8。

[0097] 所述放电板10根据所述主控板8的控制信号释放电容板6上存储的电;所述放电板10包括:放电电阻,所述放电板10通过放电电阻释放存储的电。换句话说,放电板10根据主控板8给出的控制信号,将电容板6上储存的电通过放电电阻释放出,从而保证电容板6的可靠性和系统电源的安全性。

[0098] 如图 11 并参考图 10 所示,所述主控板 8 根据母线电流检测信号、母线电压检测信号以及三相电流检测信号分别对母线电流监控、对母线电压进行控制保护以及控制输出给所述驱动板 11 的脉宽调制信号;并且控制放电板 10 放电。换句话说,主控板 8 根据电容板 6 提供的母线电流检测信号监控母线电流大小,根据电源板 9 提供的母线电压检测信号进行过压和欠压保护,根据传感器板 7 提供的 U、V、W 三相电流反馈信号进行闭环控制输出 6 路 PWM 信号给驱动板 11。同时给传感器板 7 提供 5V 电源,通过控制信号对放电板 10 进行控制,将电容板 6 上存着的电释放。

[0099] 再次如图 11 并参考图 10 所示,所述主控板 8 包括:电源输入单元 81、传感器检测输入单元 82、主控单元 83、脉宽调制输出单元 84、外部接口单元和存储单元 85;

[0100] 电源输入单元 81 为所述外部接口单元、主控单元 83 及周围信号电路供电,所述周围信号电路包括解码芯片电路、光耦电路、滤波电路、运放电路等;在电源输入单元 81 中,将来自电源板 9 的 12V 和 5V 供电作为主控板 8 的输入电源。其中,12V 电源用于光耦隔离后的外部接口信号供电;5V 电源经过 DC/DC 模块转化为 3.3V 电源给主控单元 83 及其周围信号电路供电。

[0101] 传感器检测输入单元 82 将采集的多种井下信号转换为模拟电压信号,并发送到主控单元 83 中;传感器检测输入单元 82 由电流检测输入、电压检测输入、温度检测输入和压力检测输入组成。其中,电流检测输入包括 U、V、W 三相电流检测输入和母线电流检测输入;电压检测输入是指母线电压检测输入;温度检测输入包括井液温度检测输入、电机温度检测输入、驱动模块温度检测输入;压力检测输入包括油井压力检测输入和舱内压力检测输入。传感器检测输入单元 82 的特点是所有检测信号均为模拟电压信号,并输入到主控单元 83 的 AD 采样端口,转换为数字量。

[0102] 主控单元 83 接收所述传感器检测输入单元 82 输出的模拟电压信号,并转换成数字量;

[0103] 主控单元 83 通过脉宽调制输出单元 84 输出三相脉宽调制信号到所述驱动板 11 中,其中脉宽调制输出单元 8 是指 U、V、W 三相上下桥臂共 6 路电压占空比的输出。该输出信号连接到驱动板 11 上的驱动模块,从而控制电机旋转。另外,外部接口单元与所述主控板 8 以外的外部硬件连接;具体地说,主控单元 83 是整个主控板 8 的核心。主控单元 83 通过 ADC 模块(图中未示出)将传感器检测输入单元 82 的模拟电压信号转换成数字量;通过脉宽调制输出单元 84 将 U、V、W 三相 6 路电压占空比信号输出给驱动板 11;通过 IIC 模块(图中未示出)与存储单元 85(如 EEPROM)进行数据和状态写入或读取;通过 JTAG 模块(图中未示出)与仿真器 814 联接,实现程序代码烧录;通过 SPI 通信接口 81 与编码器进行角度采样;通过 CAN 通信接口 812 与地面进行远距离(2000 多米)信息交互;通过串行通信接口 813 转化成 RS485 或 RS232 通信,与上位机或 PC 机进行信息交互;通过 GPIO 模块(图中未示出)实现开关控制信号的输入和输出,包括放电控制信号、启停开关信号、保护信号等。

[0104] 存储单元 85 存储所述主控单元 83 的数据信息。

[0105] 其中所述外部接口单元包括:输入输出接口单元、功能控制接口单元和数据通信接口单元;其中

[0106] 输入输出接口单元包括输入信号预留接口 86 和输出信号预留接口 87,用于所述潜油井下控制器的功能扩展。

[0107] 功能控制接口单元包括：放电控制接口 88、启停开关接口 89 和保护信号接口 810；其中

[0108] 放电控制接口 88 输出主控单元 83 发出的放电控制信号，控制所述放电板 10 释放电容版上存有的电量，保证井下控制器电源模块的可靠性；通过启停开关接口 89 接收外部的启停指令信号，并输入到主控单元 83 中，从而控制电机的启动和停止；通过保护信号接口 810 接收驱动板 11 中的驱动模块发生过电流等异常时产生的信号，并输入到主控单元 83 中，从而立刻关闭驱动信号的输出，保护驱动模块的损坏，提高驱动系统的可靠性。

[0109] 启停开关接口 89 接收地面控制器的启停指令信号并输入到主控单元 83，从而控制潜油电机启动和停止，

[0110] 保护信号接口 810 接收所述驱动板 11 中绝缘栅双极型晶体管发出的保护信号并输入到主控单元 83；

[0111] 所述数据通信接口单元包括：SPI 通信接口 811、CAN 通信接口 812 和串行数据通信接口 (SCI) 813，

[0112] SPI 通信接口 811 实时采集位置传感器或编码器的角度信息；

[0113] CAN 通信接口 812 与潜油系统的地面控制器通信；

[0114] 串行数据通信接口 813 与上位机或 PC 机通信，所述串行数据通信接口 813 包括：RS485 通信或 RS232 通信。

[0115] 如图 11 并参考图 10 所示，本发明还提供一种包括上述的潜油井下控制器的控制方法，该方法包括：系统控制、电机控制和可靠性控制；其中

[0116] 系统控制：所述主控板 8 与地面通过 CAN 通信接口 812 进行信息交互，接收地面发送过来的指令，同时将当前井下的状态和数据上传给地面。地面发送过来的指令包括自学习指令、启动 / 停止指令、加减速指令等，上传到地面的状态包括运行状态、停止状态、报警状态等，上传到地面的数据包括转速、电流、电压、压力、温度等。另外，控制单元在井下实现对远距离通信、数据存储、系统放电等功能控制。

[0117] 具体地说，如图 12 所示，系统控制部分由指令控制 161 和功能控制 162 构成。其中，指令控制 161 包括自学习模式控制 1611、启动 / 停机控制 1612 和加减速控制 1613；功能控制 162 包括通信控制 1621、存储控制 1622 和放电控制 1623。

[0118] 自学习模式控制 1611，一方面实现对电机 D 轴的识别和 D 轴数据的存储；另一方面实现对电机的电阻、电感、惯量等参数的辨识，从而为正常工作模式下运行提供精确的 D 轴数据和电机参数。

[0119] 启动 / 停机控制 1612，一方面根据地面发送过来的启动或停机指令进行正常启动或停机；另一方面根据井下各种异常现象或超限情况进行自动停机，等恢复到正常状态后又自动启动运行，从而实现井下控制器的智能化控制。

[0120] 加减速控制 1613，是主控板 8 根据地面发送过来的加速指令或减速指令对电机进行调速。

[0121] 通信控制 1621，是通过控制 CAN 通信接口 812 与地面进行信息交互，实现远距离通信 (2000 多米)。一方面，主控板 8 实时接收地面发送过来的各项指令，包括启动 / 停机指令、加减速指令、初始化指令、参数查询指令、参数修改及保存指令等；另一方面，主控板 8 实时向地面发送井下各种状态，包括运行状态、停机状态、报警状态、电机状态、井下压力、

井下温度等。

[0122] 存储控制 1622,是通过采用 IIC 通信或模拟 SPI 通信方式与存储单元 85 进行通信,将各项参数和各种状态进行实时存储,从而实现井下控制器的智能化记忆功能。

[0123] 放电控制 1623,是根据检测到的母线电压,通过控制放电板 10 及时释放电容板上的电量,从而保证井下控制器电源系统的可靠性。

[0124] 图 13A 为电机控制方法框图,如图 13A 所示,电机控制:首先所述主控板 8 根据接收到的地面指令得到电机控制指令,同时主控板 8 通过传感器板 7 对电机电流进行采样得到电流反馈,又通过主控板 8 接收编码器信号得到电机角度反馈,然后主控板 8 上的主控单元 83 执行控制算法得到电机驱动信号输出给驱动板 11,最终驱动板 11 驱动电机运行。

[0125] 其中,当电机带有编码器使得控制单元上的主控板 8 能够获得电机旋转角度时,主控板 8 上的主控单元 83 执行闭环伺服控制算法;当电机不带有编码器使得控制单元上的主控板 8 无法获得电机旋转角度时,主控板 8 上的主控单元 83 执行无传感器控制算法。

[0126] 具体地说,电机控制部分主要由矢量控制 171、PID 控制 172 和辅助控制 173 构成。其中,矢量控制 171 包括 Clarke 变换 1711、iClarke 变换 1712、Park 变换 1713 和 iPark 变换 1714;PID 控制 172 包括速度环控制(SpdPI) 1721、D 轴电流控制(DaxisPI) 1722 和 Q 轴电流控制(QaxisPI) 1723;辅助控制 173 包括死区补偿 1731、反电势补偿 1732 和滤波处理 1733。

[0127] 矢量控制 171 中,采用空间矢量脉宽调制 SVPWM 控制,通过 Clarke 变换 1711 和 iClarke 变换 1712 将电流和电压矢量在静止的三相 a-b-c 坐标系和静止的两相 $\alpha-\beta$ 坐标系之间互相转换;通过 Park 变换 1713 和 iPark 变换 1714 将电流和电压矢量在静止的两相 $\alpha-\beta$ 坐标系和旋转的两相 d-q 坐标系之间互相转换,从而对电流和电压矢量进行控制。

[0128] PID 控制 172 中,速度环采用 PI 控制,即对速度指令和速度反馈的误差进行比例-积分控制;电流环中对 D 轴电流和 Q 轴电流也分别采用 PI 控制,即分别对 D 轴和 Q 轴电流指令和电流反馈的误差进行比例积分控制,从而使电机转速和电机三相电流实时迅速跟踪速度指令和电流指令,实现对电机的精确控制。

[0129] 辅助控制 173 中,死区补偿 1731 主要是为保护驱动模块的上下桥臂开关导通而设置的死区时间进行电压补偿,从而提高电压利用率;反电势补偿 1732 主要是对电机旋转产生的反电势,根据控制模型进行解耦之后作为前馈量进行补偿,从而提高电机控制的动态响应特性;滤波处理 1733 主要是利用低通滤波或者移动平均滤波算法,对电流反馈、速度反馈、转矩指令等参量进行滤波,提高控制性能的稳定性和鲁棒性。

[0130] 图 13B 为电机控制流程图,如图 13B 所示,电机控制部分接收指令之后,首先进行指令处理,对指令进行平滑和细分。然后,进入速度环控制,通过速度环计数器对电流环运行周期进行计数,当电流环运行次数等于 N 时,执行速度环的计算。速度环计算结束后,对所输出的转矩指令进行滤波处理,进入电流环计算,电流环计算结束后,输出 PWM 信号给驱动板,从而控制驱动电机旋转。在上述电机控制过程中,当 $N=1$ 时,速度环计算周期和电流环计算周期相同,从而实现电流环和速度环的同周期控制;当 $N>1$ 时,电流环计算周期是速度环计算周期的 N 倍,从而实现双环分层控制;因此通过调节参数 N,可实现电流环和速度环的同周期控制和双环分层控制的自动切换,提高了电机控制的自适应性。

[0131] 可靠性控制:包括:异常保护控制、超限保护控制和失效处理控制;其中

[0132] 异常保护控制:主控板 8 检测电机、编码器、传感器及控制单元中的硬件运行是否正常,若否,则控制电机停止运行并将异常状态保存到主控板 8 上的存储单元 85 中,同时通过 CAN 通信接口 812 将错误信号传递到地面。另外,主控板 8 若检测到电机、编码器、传感器或控制单元中的硬件损坏导致功能失效时,主控板 8 上的主控单元 83 执行备用的报警处理、传感器切换和通信故障处理控制算法,使所述潜油井下控制器正常工作。

[0133] 具体地说,图 14 为异常保护模块控制方法框图,如图 14 所示,异常保护部分由电机异常保护 181、编码器异常保护 182 和传感器异常保护 183 构成。其中,电机异常包括电机过流、电机过载、电机堵转和电机断相;编码器异常包括解码芯片报错、编码器通信错误和解码芯片通信错误;传感器异常包括电流采样异常、电压采样异常、温度采样异常和压力采样异常。

[0134] 异常保护是通过通过对电机、编码器、传感器等部件或器件在井下发生故障时,立刻检测异常状态,及时向地面发送异常状态信号,并自动转化为备选模式,保证井下控制器的正常工作。

[0135] 超限保护控制:主控板 8 监测传感器单元采集的各种数据,所述各种数据包括:电流数据、电压数据、温度数据和压力数据,当任何一项数据超过规定范围时,所述主控板 8 通过驱动板 11 对电机控制,包括降低电机运行转速或停止电机运行,使超限数据恢复到正常范围。

[0136] 具体地说,图 15 为超限保护控制方法框图,如图 15 所示,超限保护部分由驱动模块超限保护 191、母线电压超限保护 192、检测压力超限保护 193 和检测温度超限保护 194 构成。其中,驱动模块超限包括驱动模块电流过大和驱动模块温度过高;母线电压超限包括母线电压过高和母线电压过低;检测压力超限包括舱内压力过高和井内压力过低;检测温度超限包括井液温度过高和电机温度过高。

[0137] 驱动模块超限保护是针对当驱动模块的电流过大或温度过高时,根据过流保护信号和温度检测信号,立刻暂停驱动模块工作,从而防止驱动模块损坏,提高井下控制器的可靠性。

[0138] 母线电压超限保护是针对当母线电压过高或过低时,为保证井下控制器工作的稳定性,根据母线电压检测信号,停止井下控制器运行,等母线电压恢复到正常范围内时,再自动运行井下控制器工作。

[0139] 检测压力超限保护是,一方面当舱内压力过高时,为保证舱内的控制器、电机、编码器等部件的可靠性,根据舱内压力检测信号,停止井下控制器工作;另一方面当井内压力过低时,为防止井下驱动系统做无用功,带来损耗缩短使用寿命,根据井内压力检测信号,停止井下控制器工作;等舱内压力和井内压力都恢复到正常范围内时,再自动运行井下控制器工作。

[0140] 检测温度超限保护是,一方面当井液温度过高时,为保证井下控制器、电机、编码器等部件的可靠性,根据井液温度检测信号,停止井下控制器工作;另一方面当电机温度过高时,为保护电机性能,根据电机温度检测信号,停止电机运行;等井液温度和电机温度都恢复到正常范围内时,再自动运行井下控制器工作。

[0141] 失效处理控制:主控板 8 若检测到电机、编码器、传感器或控制单元中的硬件损坏导致功能失效时,主控板 8 上的主控单元 83 执行备用的报警处理、传感器切换和通信故障

处理控制算法,使所述潜油井下控制器正常工作。

[0142] 具体地说,图 16 为失效处理控制方法框图,如图 16 所示,失效处理部分由报警处理 201、传感器切换处理 202 和通信故障处理 203 构成。其中,报警处理 201 又包括报警屏蔽处理 2011、报警记录存储 2012、可恢复报警处理 2013 和可重启报警处理 2014。

[0143] 传感器切换处理是针对传感器损坏导致检测失效时,通过备用算法或原理,保证该检测模块的功能有效性。例如,检测电机的 U、V、W 三相电流时,通常采用 3 个电流传感器分别对 U、V、W 三相电流进行检测。当其中 1 个电流传感器损坏导致某一相电流检测失效时,基于三相电流矢量原理,通过剩下的 2 个传感器检测到的电流,计算出 U、V、W 三相电流值,从而保证三相电流反馈的有效性。

[0144] 通信故障处理是针对与地面的通信模块(如 CAN)或者与存储单元(如 EEPROM)的 IIC 通信等出现故障导致通信失效时,通过控制方法上的处理保证井下控制器的正常工作。例如,当与地面的 CAN 通信故障导致信息交互失效时,井下控制器通过备用的指令和参数进入自动运行状态,保证正常驱动电机工作。又例如,当与 EEPROM 存储单元的 IIC 通信故障导致数据存储和读取失效时,通过控制方法处理从 Flash 读取备用参数来运行。

[0145] 报警处理是 201,通过报警屏蔽处理将不可恢复和不可重启状态的报警屏蔽,从而使井下控制器仍处于正常工作状态;通过报警记录存储将每一次产生的各种报警进行记录存储,以便判断井下控制器的异常状态;通过可恢复报警处理对温度或压力等产生的报警,当温度或压力恢复到正常范围时自动清除该报警,从而使井下控制器重新回到正常工作状态;通过可重启报警处理对堵转等异常现象进行多次重启,如果重启无效再进行停机处理,从而避免可重启的情况下频繁停机。

[0146] 由上述内容可知,本发明采用井下控制器在井下直接驱动电机的方式,克服了现有技术中的缺陷,使得在井下实时监控电机的运行状态,最大限度提高了电利用率和抽油效率。该潜油井下控制器采用模块化设计,提高了可靠性,结构简单且可以根据需要灵活设计。此外,本发明的潜油井下控制器在井下实时检测各项温度和压力参数,并通过与地面的远距离通信,实时上传到地面。本发明的潜油井下控制器适用于所有在井下通过电机进行采油的场合。

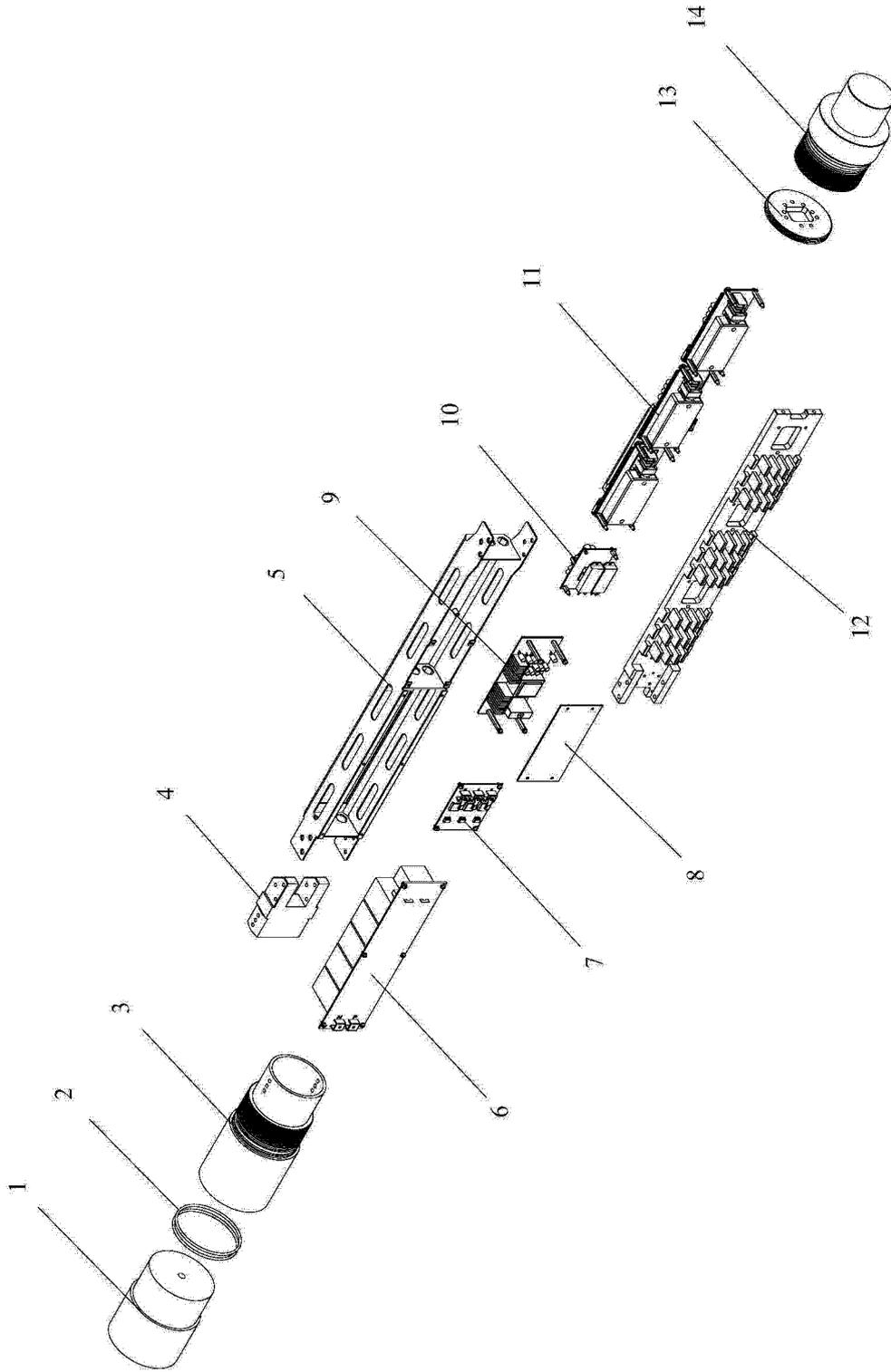


图 1

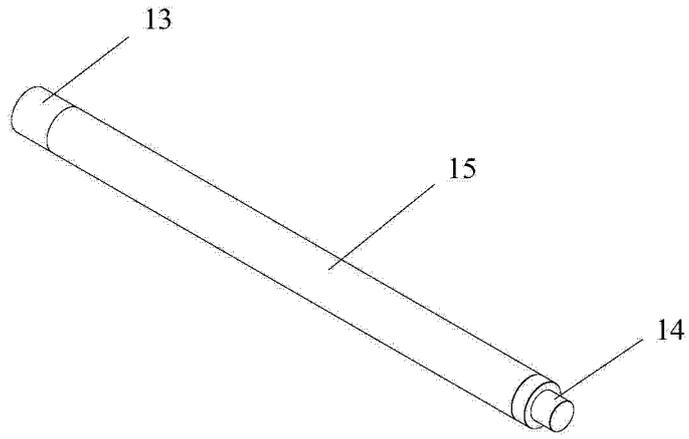


图 2A

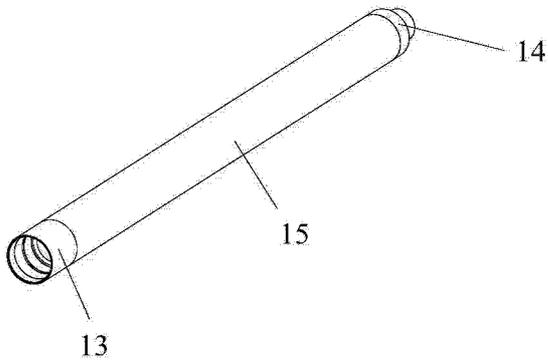


图 2B

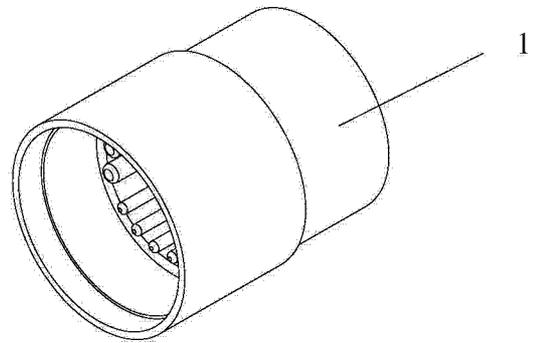


图 3A

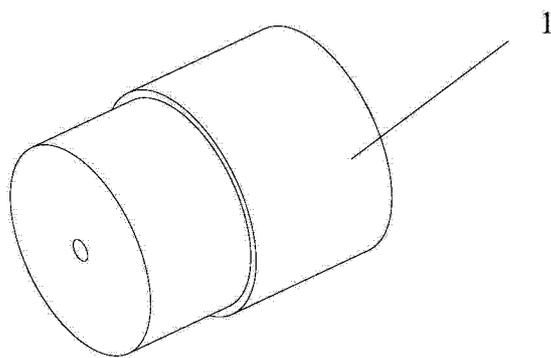


图 3B

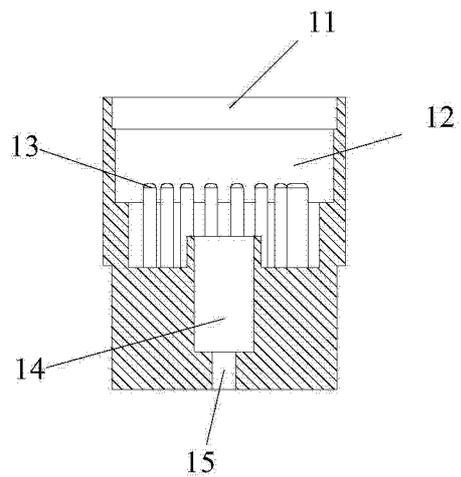


图 3C

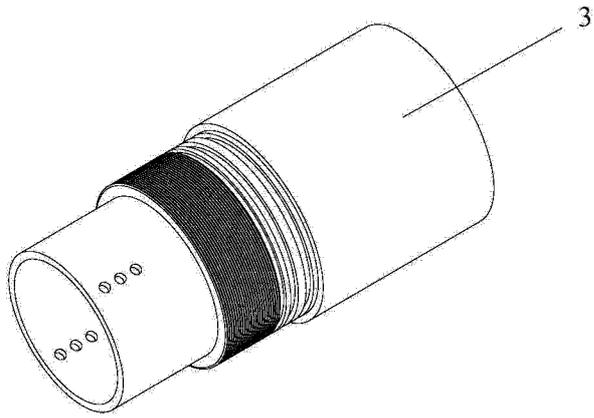


图 4A

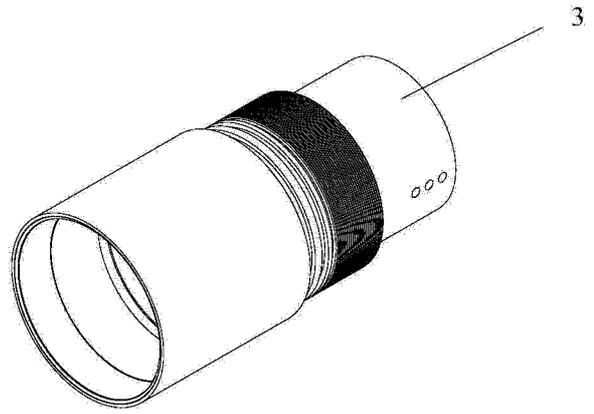


图 4B

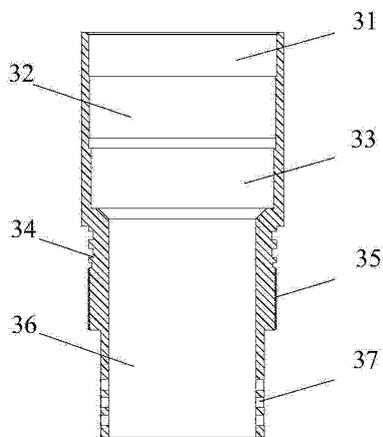


图 4C

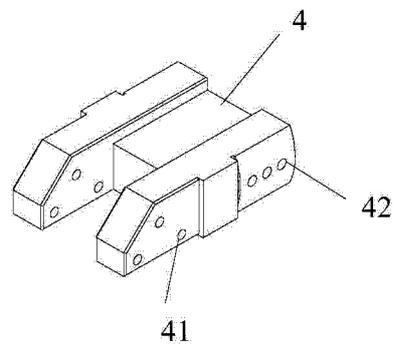


图 5

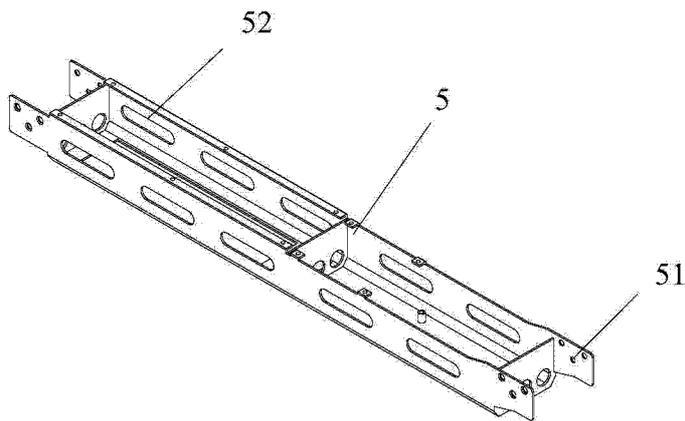


图 6A

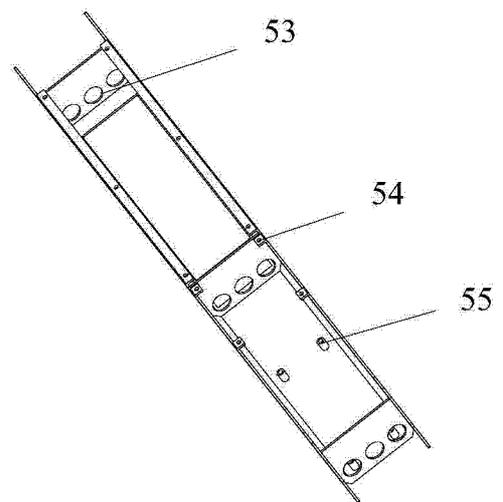


图 6B

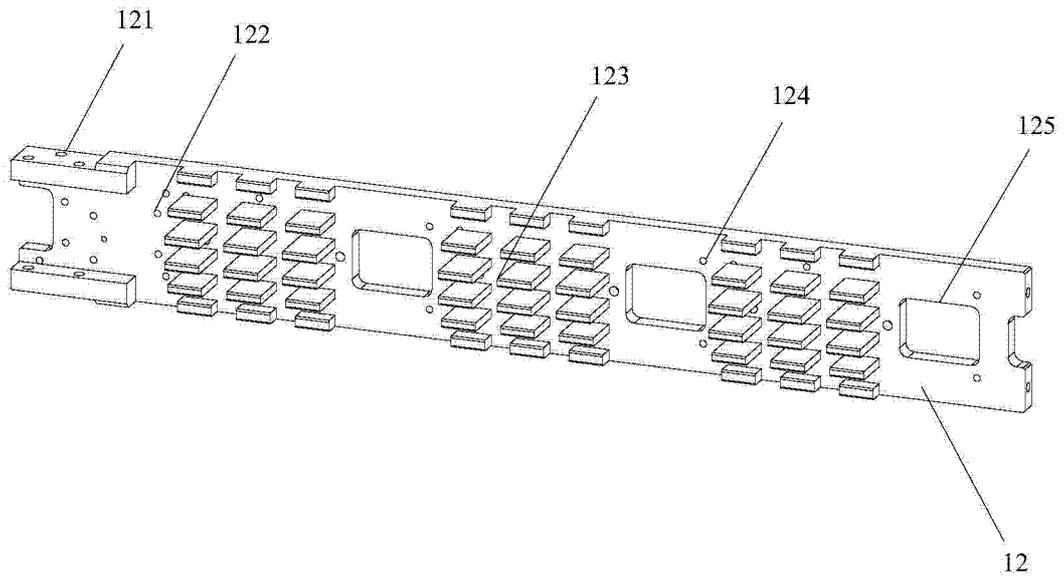


图 7

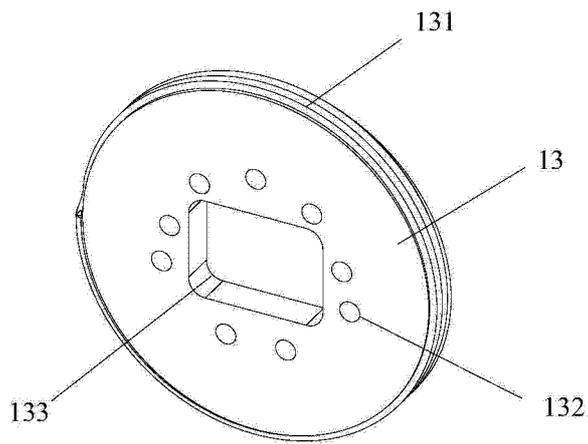


图 8

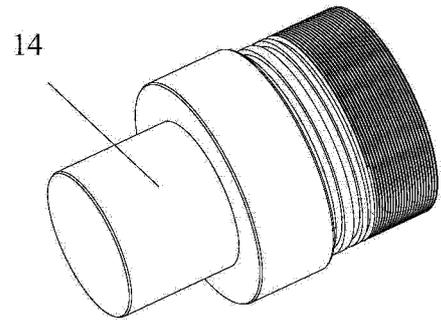


图 9A

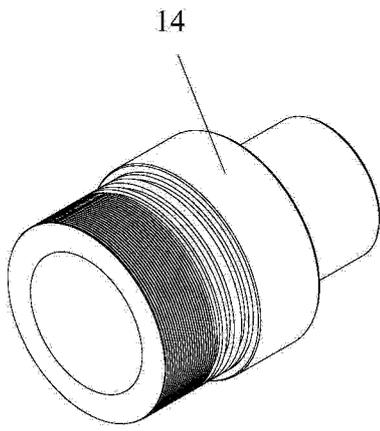


图 9B

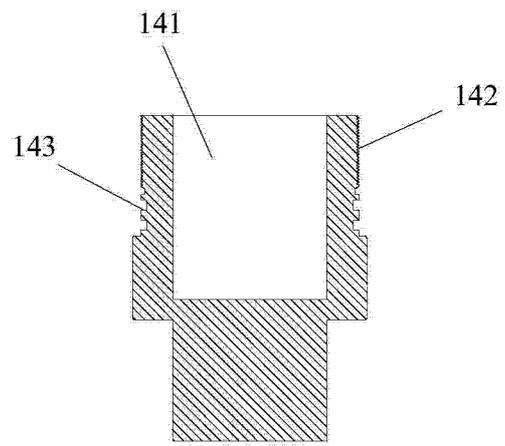


图 9C

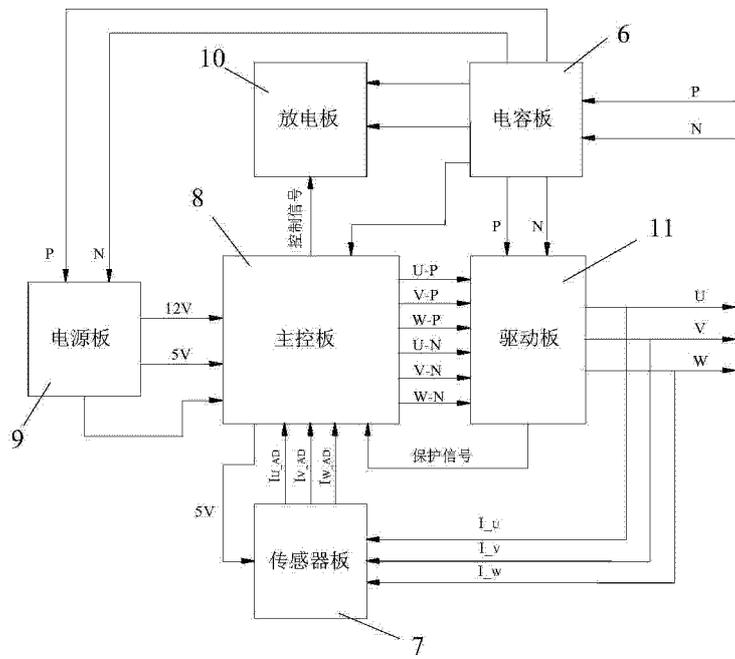


图 10

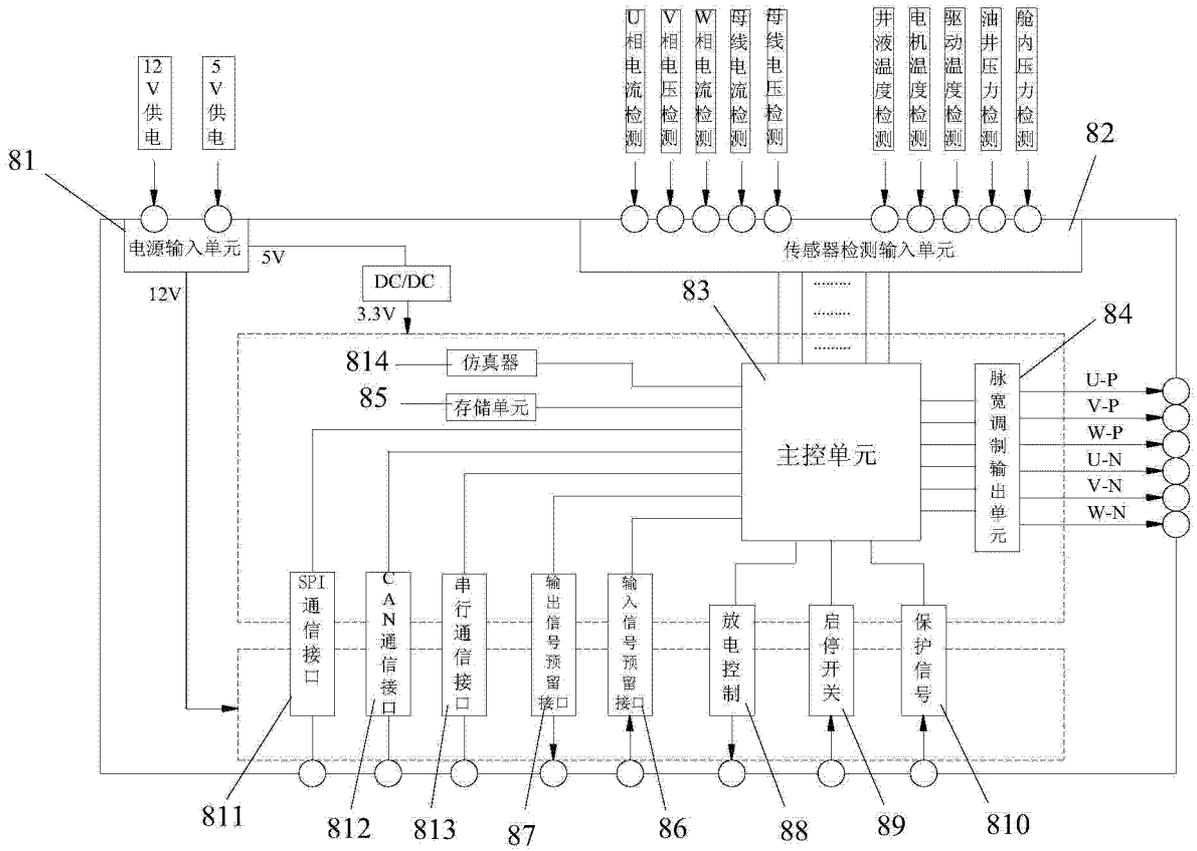


图 11

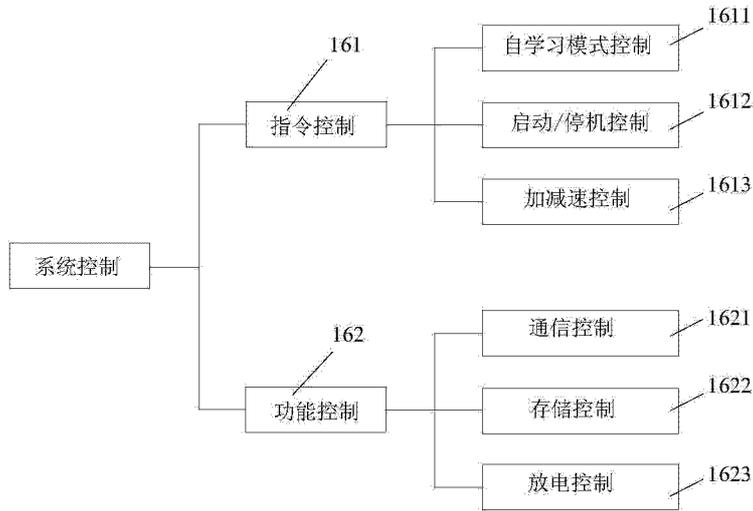


图 12

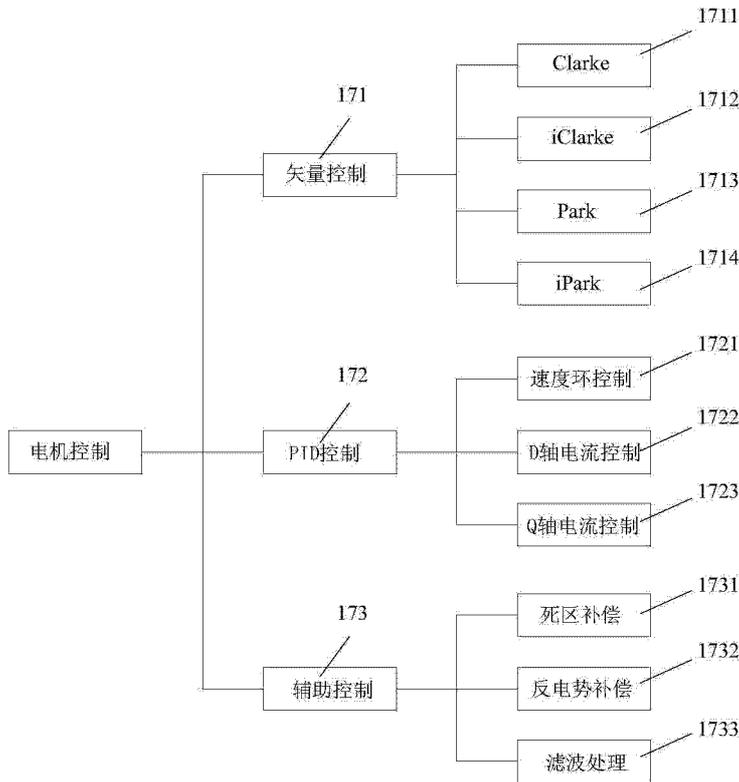


图 13A

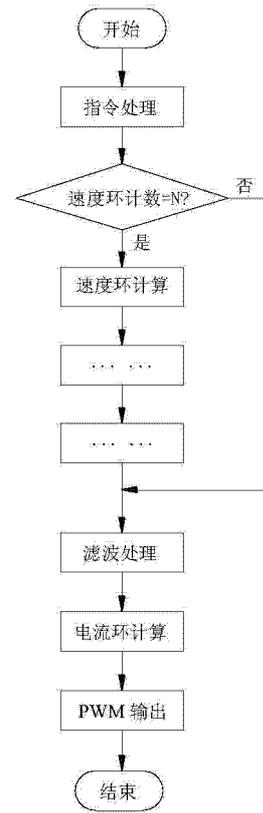


图 13B

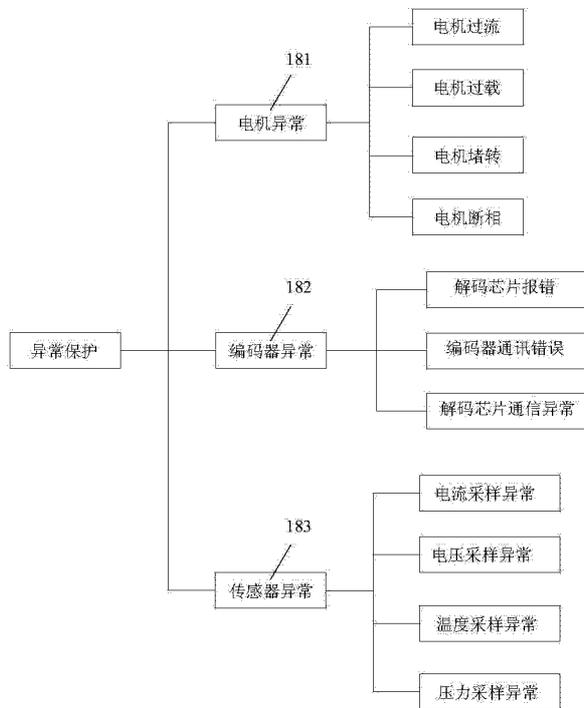


图 14

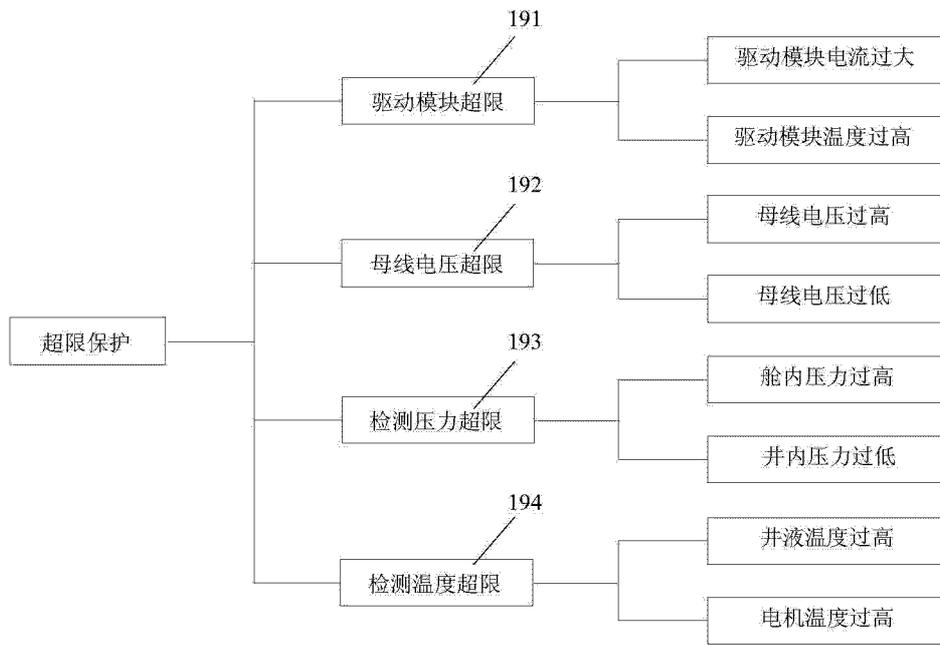


图 15

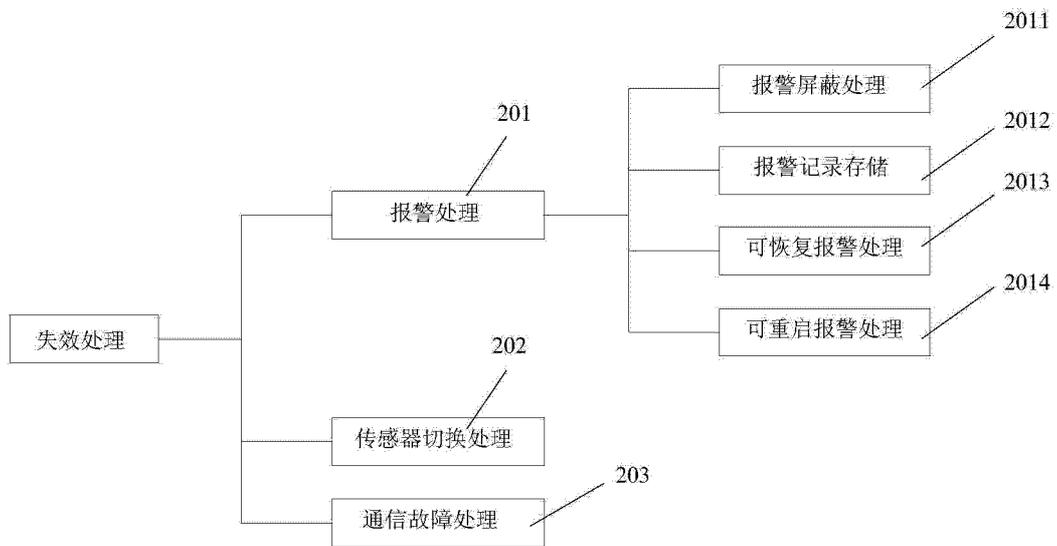


图 16