



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110630221 A

(43)申请公布日 2019.12.31

(21)申请号 201910960638.2

(22)申请日 2019.10.10

(71)申请人 西南石油大学

地址 610500 四川省成都市新都区新都大道8号

(72)发明人 唐洋 吴杰 杨鑫 何胤 姚佳鑫 孙鹏 敬鑫 刘祥

(74)专利代理机构 成都东恒知盛知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 51304

代理人 何健雄 廖祥文

(51)Int.Cl.

E21B 41/04(2006.01)

E21B 47/001(2012.01)

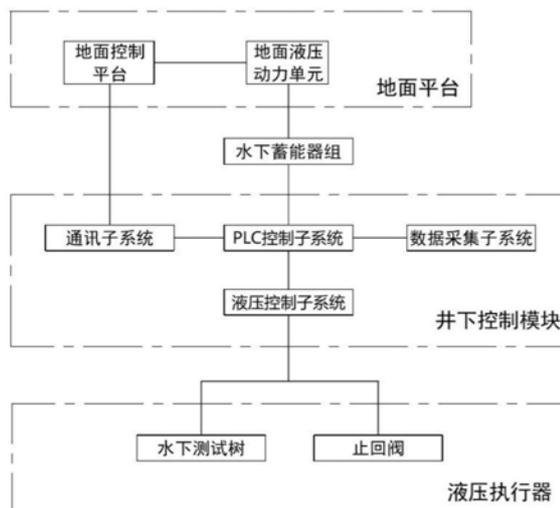
权利要求书1页 说明书5页 附图7页

(54)发明名称

一种深水测试管柱安全装置复合电液井下控制系统

(57)摘要

本发明公开了一种深水测试管柱安全装置复合电液井下控制系统,包括地面平台,脐带缆、水下蓄能器组、井下控制模块和液压执行器。通过安装在液压执行器接口回路和控制回路上的传感器装置对压力等环境参数数据进行采集,地面平台将采集数据与数据库进行分析对比后发出控制指令,经脐带缆传递到井下控制模块中,对液压执行器进行控制。本发明具有电液控制和导阀压力控制两种方式,有效提高了深水测试管柱安全装置的可靠性,且具有响应速度快,可实时监控,灵活性高等特征,可以更好地保障深水测试安全作业。



1. 一种深水测试管柱安全装置复合电液井下控制系统,其特征在于,包括:地面控制平台、地面液压动力单元、脐带缆、水下蓄能器组、PLC控制子系统、数据采集子系统、通讯子系统、液压控制子系统和液压执行器。所述的脐带缆包括电缆、液控管道、高压供给管道和化学试剂管道;所述的数据采集子系统包括水下电子模块、温度传感器、压力传感器和流量传感器;所述的液压控制子系统包括减压阀、电磁换向阀、液控换向阀、顺序阀、单向节流阀和溢流阀;所述的液压执行器包括水下测试树和止回阀。其中地面液压动力单元与地面控制平台相互电连通,地面液压动力单元、水下蓄能器组和液压控制子系统三者相互管道连通,PLC控制子系统与通讯子系统、数据采集子系统和液压控制子系统分别电连通,液压控制子系统和液压执行器管道连通。

2. 根据权利要求1所述的一种深水测试管柱安全装置复合电液井下控制系统,其特征是,所述的数据采集子系统能够将传感器检测所得的温度、压力、流量等数据传递到水下电子模块中进行转换处理后,发送到PLC控制子系统和地面控制平台,PLC控制子系统将数据作为数字量输入,地面控制平台将数据与数据库进行对比分析后确定液压执行器所处工位以及水下作业环境,地面控制平台依据管柱偏移角度判断水下测试作业是否正常,随后发出控制指令,经脐带缆传递到井下控制模块,对液压执行器进行控制。

3. 根据权利要求1所述的一种深水测试管柱安全装置复合电液井下控制系统,其特征是,所述的液压执行器进油路与回油路均安装有流量传感器,所述的减压阀处均安装有压力传感器,所述的液压控制子系统中还装有温度传感器,各传感器分别与数据采集子系统的水下电子模块进行电连接。

4. 根据权利要求1所述的一种深水测试管柱安全装置复合电液井下控制系统,其特征是,所述的PLC控制子系统的输入为经水下电子模块处理后所得的液压执行器所处工位和系统压力,输出为电磁换向阀的电磁铁线圈。

5. 根据权利要求1所述的一种深水测试管柱安全装置复合电液井下控制系统,其特征是,所述的液压控制子系统设有低压供给管线、高压供给管线、地面液压供给管线和补偿供给管线,所述的电磁换向阀进油口与低压供给管线相连,所述的低压供给管线和地面液压供给管线与液控换向阀控制端相连,所述的液控换向阀进油口与高压供给管线相连,所述的补偿供给管线与液压执行器回油路相连。

## 一种深水测试管柱安全装置复合电液井下控制系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种深水测试管柱安全装置井下控制系统,属于海洋油气开发领域。

### 技术背景

[0002] 深水测试管柱安全装置应用于深海油气资源开发测试作业,可以实现对水下环境参数的实时采集,对测试作业进行准确风险评估,当作业工艺需要或者出现特殊工况,甚至遭遇恶劣海况如台风、潮汐、海啸等时,深水测试管柱安全装置的及时解脱可以实现浮式平台与井口的分离,以便浮式平台能够快速撤离,深水测试管柱安全装置可以对管柱内高压油气体进行快速封堵,能够最大程度上减少环境污染、保证人员安全、降低作业风险。而深水测试管柱安全装置复合电液井下控制系统就是应用于该套装置,为整个控制系统的井下部分,该控制系统需要实现针对不同作业情况完成指定流程,控制对象包括水下测试树连接器液压缸、水下测试树安全阀上球阀液压缸、水下测试树安全阀下球阀液压缸、止回阀球阀液压缸和止回阀泄压桶液压缸,通过控制水下液压执行器阀门快速开启与关闭和相应传感器进行数据采集,从而实现整个控制流程快速有序进行和环境参数实时监控。

[0003] 我国对于深水测试作业主要依靠国外专业测试公司,仅仅在水下测试树、止回阀等的部分机械结构开展了一些研究,对于深水测试管柱安全装置井下控制系统方面的研究几近空白;国外对于深水测试管柱安全装置井下控制系统的研究逐步由直接液压控制、导阀压力控制、电液控制到全电控制,提高了控制系统的可控距离。

[0004] 现有的深水测试管柱安全装置井下控制系统存在着以下问题:

[0005] 1. 缺少二级控制系统,无法实现当电液控制系统发生故障时,由地面直接控制执行器动作,系统可靠性不高;

[0006] 2. 液压控制子系统中缺少失效保护机制,未考虑液压元件发生故障的情况,系统可靠性不高,且在高压工作环境下,液压冲击大,系统传动不平稳;

[0007] 3. 系统采用单一高压供给管线控制,随着深水测试水深的不断提高,工作压力持续增大,易出现电磁阀开启力不够的情况,无法实现对液压执行器的控制。

### 发明内容

[0008] 本发明所需要解决的技术问题在于针对国内井下控制系统系统可靠性不高这一现状,提出一种井下控制系统,具有响应速度快、动作平稳、可控距离远、可靠性高、可视化操作等特征;能够在不同作业情况下分别实现测试管柱的紧急解脱和重新连接,能够将水下执行器所处状态以及各种环境参数反映至地面控制平台。

[0009] 本发明为解决上述提出的问题提出了一种深水测试管柱安全装置复合电液井下控制系统,其特征在于,包括:地面控制平台、地面液压动力单元、脐带缆、水下蓄能器组、PLC控制子系统、数据采集子系统、通讯子系统、液压控制子系统和液压执行器。所述的脐带缆包括电缆、液控管道、高压供给管道和化学试剂注入管道;所述的数据采集子系统包括水下电子模块、温度传感器、压力传感器和流量传感器;所述的液压控制子系统包括减压阀、

电磁换向阀、液控换向阀、顺序阀、单向节流阀和溢流阀；所述的液压执行器包括水下测试树连接器液压缸、水下测试树安全阀上球阀液压缸、水下测试树安全阀下球阀液压缸、止回阀球阀液压缸和止回阀泄压桶液压缸。其中地面液压动力单元与地面控制平台相互电连通；地面液压动力单元、水下蓄能器组和液压控制子系统三者相互管道连通，地面液压动力单元为水下蓄能器组提供高压液压油，为液压控制子系统提供先导液压控制信号，水下蓄能器组为液压控制子系统提供高压液压油；PLC控制子系统与通讯子系统、数据采集子系统和液压控制子系统分别电连通；液压控制子系统和液压执行器为管道连通。

[0010] 进一步地，所述的数据采集子系统能够将传感器检测所得的温度、压力、流量等数据传递到水下电子模块中进行转换处理后，发送到PLC控制子系统和地面控制平台，PLC控制子系统将数据作为数字量输入，地面控制平台将数据与数据库进行对比分析后确定液压执行器所处工位以及水下作业环境，地面控制平台依据管柱偏移角度判断水下测试作业是否正常，随后发出控制指令，经脐带缆传递到水下多功能控制模块，对液压执行器进行控制。

[0011] 进一步地，所述的地面液压动力单元为水下蓄能器组提供高压液压油、为立管上下腔室提供化学试剂、为液控换向阀提供控制液压油。

[0012] 进一步地，所述的液压执行器进油路与回油路均安装有流量传感器，传感器流量变化即为液压缸工位的间接体现，所述的减压阀处均安装有压力传感器，所述的液压控制子系统中还装有温度传感器，各传感器分别与数据采集子系统的水下电子模块进行电连接，经过数据转换处理后传输给PLC控制子系统和地面控制平台。

[0013] 进一步地，所述的PLC控制子系统的输入为经水下电子模块处理后所得的液压执行器所处工位和系统压力，输出为电磁换向阀的电磁铁线圈。

[0014] 进一步地，所述的液压控制子系统设有低压供给管线、高压供给管线、地面液压供给管线和补偿供给管线，所述的电磁换向阀与低压供给管线相连，所述的低压供给管线和地面液压供给管线与液控换向阀控制端相连，所述的液控换向阀与高压供给管线相连，所述的补偿供给管线与液压执行器回油路相连。所述的液压控制子系统包含两种控制路线，两种控制路线共同完成液压执行器的控制，一种是电液控制，由地面控制平台通过脐带缆向PLC控制子系统发出控制指令，PLC控制子系统控制电磁换向阀逻辑开启，低压供给油液导通，电磁换向阀作为先导阀，控制液控滑阀开启，实现高压供给油液导通，液压执行器动作；另一种是导阀压力控制，由地面控制平台通过脐带缆向液压执行子系统中的液控换向阀直接发出液压先导信号，通过设置液控滑阀复位弹簧开启力不同，改变液压先导信号的压力大小，即可实现液控滑阀的逻辑开启，然后高压供给油液导通，液压执行器动作。所述的电液控制采用一个电磁换向阀作为先导阀控制两个液控滑阀主阀，所述的滑阀压力控制由地面液压信号作为先导信号直接控制液控滑阀。

[0015] 进一步地，所述的液压执行器有两级自动保护功能，第一级位于井下控制模块中，当系统低压供给管线压力小于设定值时，液控换向阀在弹簧作用下复位，液压执行器复位；第二级位于液压执行器上，液压执行器是一个活塞缸带动的连杆机构，当高压供给管线压力小于设定值时活塞缸在弹簧作用下复位，液压执行器复位。

[0016] 进一步地，所述水下蓄能器组包括低压蓄能器组、高压蓄能器组、补偿蓄能器组和气动辅助蓄能器组，气动辅助蓄能器组与高压蓄能器组相连共同提供高压液压油，水下蓄

能器组受地面控制平台和井下控制模块控制,可实现水下蓄能器组中高压液压油的导通,大大缩短了动力供给装置与液压执行装置间的距离,从而加快响应速度。

[0017] 进一步地,所述的深水测试管柱复合电液井下控制系统位于立管中,为保证电器元件与液压元件不会相互干扰和补偿海水压力,将立管分为上下两个腔室,并分别添加绝缘液压控制流体进行腔室补偿。

[0018] 本发明的效益:

[0019] 1.提出了一套深水测试管柱复合电液井下控制系统,实现了在深水测试作业过程中测试管柱在不同作业环境下分别实现的正常解脱、紧急解脱、重新连接和工作环境参数采集;

[0020] 2.将导阀压力控制作为二级控制系统,实现了在电液控制失效情况下地面平台对液压执行器的直接控制,提高了系统的可靠性;采用将导阀压力控制和电液控制相结合的复合电液井下控制系统,保留了电液控制响应时间短的特点;

[0021] 3.设置失效保护机制,采用一个电磁换向阀控制两个液控换向阀,当其中一个液控换向阀损坏时,依然可以完成控制回路的导通,提高了系统的可靠性;并且可以有效减少液压冲击,使液压缸动作更平稳;

[0022] 4.设置高压供给管线和低压供给管线,用电磁换向阀来控制低压,随后低压来控制高压的思想,可以解决电磁换向阀在深水作业环境下开启力不够的问题;同时也解决了只用单一高压供给管线所带来的液压能浪费现象,增加了深水测试可控距离,设置补偿供给管线,实现液压执行器动作过程中回油路直接排海。

## 附图说明

[0023] 下面结合附图对本发明进一步说明:

[0024] 图1是本发明的系统结构示意图

[0025] 图2是本发明的系统关系示意图

[0026] 图3是本发明的液压系统原理示意图

[0027] 图4是本发明的液压系统原理图

[0028] 图5是本发明的控制系统总流程图

[0029] 图6是本发明控制系统正常解脱动作流程图

[0030] 图7是本发明控制系统紧急解脱动作流程图

[0031] 图8是本发明控制系统重新连接动作流程图

[0032] 图中1为数据采集子系统,2为液压控制子系统

[0033] 具体的实施方式

[0034] 下面结合图中的具体实例对本发明做进一步详细说明,但并不构成对本发明的任何限制。

[0035] 本发明设计了一套将导阀压力控制和电液控制相结合的复合电液井下控制系统,并采用高低压控制方式有效增加深水测试可控距离,设置冗余液压控制元件提高系统可靠性和传动平稳性。

[0036] 如图1和图2所示,数据采集子系统中的温度传感器、压力传感器、流量传感器将液压控制管线和液压执行器中的环境参数采集后传输至水下电子模块,水下电子模块在进行

数据转换处理后传输至PLC控制子系统或经通讯子系统传输至地面控制平台,地面控制平台将采集数据与数据库进行对比分析后发出实时控制指令,经脐带缆传输至PLC控制子系统,PLC控制子系统将接收指令进行转换处理后,依据内部程序控制液压控制子系统,实现水下蓄能器组中低压供给管线、高压供给管线和补偿供给管线的导通,其中低压供给管线经减压阀和溢流阀作用后与电磁换向阀进油口和液控换向阀控制端相连,高压供给管线与液控换向阀进油口相连,补偿供给管线与液压执行器液压缸回油路相连,从而实现通过控制电磁换向阀开启实现高压流体导通,完成液压执行器目标控制,并且实现液压执行器动作过程中回油路直接排海。地面液压动力单元为水下蓄能器组提供高压液压油,并在地面控制平台控制下,为液压控制子系统提供液压先导信号,为液压执行器的控制提供了冗余方法。

[0037] 如图3和图4所示,101地面平台,102低压蓄能器,103补偿蓄能器,104气瓶式辅助蓄能器,105、106高压蓄能器,201、202、203、204溢流阀,301、302、304定值减压阀,303电磁阀,401、402、404三位四通电磁换向阀,403二位三通电磁换向阀,511、512、521、522、541、542三位四通液控换向阀,531、532二位三通液控换向阀,601、602外控式直动顺序阀,603、604内控式直动顺序阀,701水下测试树连接器液压缸,702水下测试树安全阀上球阀液压缸,703水下测试树安全阀下球阀液压缸,704止回阀球阀液压缸,705止回阀泄压桶液压缸。其中减压阀与溢流阀起保障系统提供压力稳定的作用。

[0038] 如图4、5、6、7、8所示,依据管柱偏移角度,将测试作业划分为几个不同的区域,其划分标准由测试作业水深、作业安全系数和其他因素共同决定。当管柱偏移角度小于X时,地面平台处于正常作业区域;当管柱偏移角度大于Y时,地面平台处于红色警报区域;当管柱偏移角度大于X小于Y时,地面平台处于黄色警报区域,地面控制平台分别发出不同指令,管柱偏移角度在X和Y之间时发出正常解脱指令,测试管柱在可控条件下实现解脱;管柱偏移角度大于Y时发出紧急解脱指令,测试管柱已没有时间实现可控解脱,必须立刻剪切管柱;当管柱偏移角度小于X时,若水下测试树连接器处于断开状态,则发出重新连接指令;若水下测试树连接器处于连接状态,则发出正常作业指令。

[0039] 正常解脱流程步骤如下:

[0040] PLC控制使电磁换向阀402左端电磁铁线圈和电磁换向阀403电磁铁线圈得电,电磁换向阀402、403切换到左位,低压蓄能器液压油导通,随后液控换向阀521、522、531、532切换至左位,高压蓄能器液压油导通,水下测试树安全阀上球阀液压缸702左端进油,安全阀上球阀关闭回路导通,对下部油气进行封堵,水下测试树安全阀下球阀关闭回路导通,对电缆和管线进行剪切,顺序阀602开启,安全阀上下球阀关闭;流量传感器检测液压缸完全动作后,电磁换向阀402、403电磁铁线圈失电,电磁换向阀402切换至中位,液控换向阀521、522切换至中位,水下测试树安全阀上球阀保持动作,电磁换向阀403切换至右位,液控换向阀531、532切换至右位,水下测试树安全阀下球阀泄压复位,电磁换向阀404左端电磁铁线圈得电,电磁换向阀404切换至左位,低压蓄能器液压油导通,随后液控换向阀541、542切换至左位,高压蓄能器液压油导通,顺序阀601开启,止回阀球阀液压缸704左端进油,止回阀球阀关闭回路导通,对上部油气进行封堵,止回阀球阀关闭,电磁阀303电磁铁线圈得电,电磁阀303开启,系统高压供给压力提高,顺序阀604导通,随后止回阀泄压桶液压缸705左端进油,止回阀泄压桶开启回路导通,止回阀泄压桶开启;流量传感器检测液压缸完全动

作后,电磁换向阀404电磁铁线圈失电,电磁换向阀404切换至中位,液控换向阀541、542切换至中位,止回阀球阀和泄压桶保持动作,电磁换向阀401左端电磁铁线圈的得电,电磁换向阀401切换至左位,低压蓄能器液压油导通,随后液控换向阀511、512切换至左位,高压蓄能器液压油导通,水下测试树连接器液压缸701左端进油,水下测试树连接器断开回路导通,水下测试树连接器断开,完成测试管柱正常解脱,浮式平台可以安全撤离。

[0041] 紧急解脱流程步骤如下:

[0042] PLC控制使电磁阀303和电磁换向阀404左端电磁铁线圈得电,分别实现提高系统高压供给压力和将电磁换向阀404切换至左位,低压蓄能器液压油导通,随后液控换向阀541、542切换至左位,高压蓄能器液压油导通,顺序阀604导通,止回阀球阀液压缸704左端进油,止回阀球阀关闭回路导通,止回阀球阀关闭,止回阀泄压桶液压缸705左端进油,止回阀泄压桶开启回路导通,止回阀泄压桶开启;流量传感器检测液压缸完全动作或者止回阀球阀和止回阀泄压桶动作时间大于15s,向深水剪切闸板发出信号,深水剪切闸板进行剪切。完成测试管柱紧急解脱,浮式平台可以安全撤离。

[0043] 重新连接流程步骤如下:

[0044] PLC控制电磁换向阀401右端电磁铁线圈得电,电磁换向阀401切换至右位,低压蓄能器液压油导通,随后液控换向阀511、512切换至右位,高压蓄能器液压油导通,顺序阀601、602开启,水下测试树连接器液压缸701右端进油,连接器连接回路导通,连接器重新连接;流量传感器检测液压缸完全动作后,电磁换向阀401电磁铁线圈失电,电磁换向阀401切换至中位,液控换向阀511、512切换至中位,水下测试树连接器液压缸保持动作,电磁换向阀404右端电磁铁线圈得电,电磁换向阀404切换至右位,低压蓄能器液压油导通,随后液控换向阀541、542切换至右位,高压蓄能器液压油导通,止回阀泄压桶液压缸705右端进油,止回阀泄压桶关闭回路导通,止回阀泄压桶关闭,电磁阀303电磁铁线圈得电,电磁阀303开启,系统高压供给压力提高,顺序阀603导通,止回阀球阀液压缸704右端进油,止回阀球阀开启回路导通,止回阀球阀开启;流量传感器检测液压缸完全动作后,电磁换向阀404失电,电磁换向阀404切换至中位,液控换向阀541、542切换至中位,止回阀球阀和泄压桶液压缸保持动作,电磁换向阀402右端电磁铁线圈得电,电磁换向阀402切换至右位,低压蓄能器液压油导通,随后液控换向阀521、522切换至右位,高压蓄能器液压油导通,水下测试树安全阀上球阀液压缸702右端进油,安全阀上球阀开启回路导通,安全阀上球阀开启,电磁换向阀403电磁铁线圈失电,电磁换向阀403切换至右位,液控换向阀531、532切换至右位,水下测试树安全阀下球阀703泄压复位,完成测试管柱重新连接。

[0045] 上述操作均为电液控制流程,当电液控制失效或作业情况需要时,可以通过导阀压力控制方式,将液控管道的的压力油压力逐渐提高,由地面平台直接提供的液压油作为先导信号,控制相应的液控换向阀顺序开启,实现水下高压蓄能器组中的高压液压油导通,最终实现对液压执行器的控制。

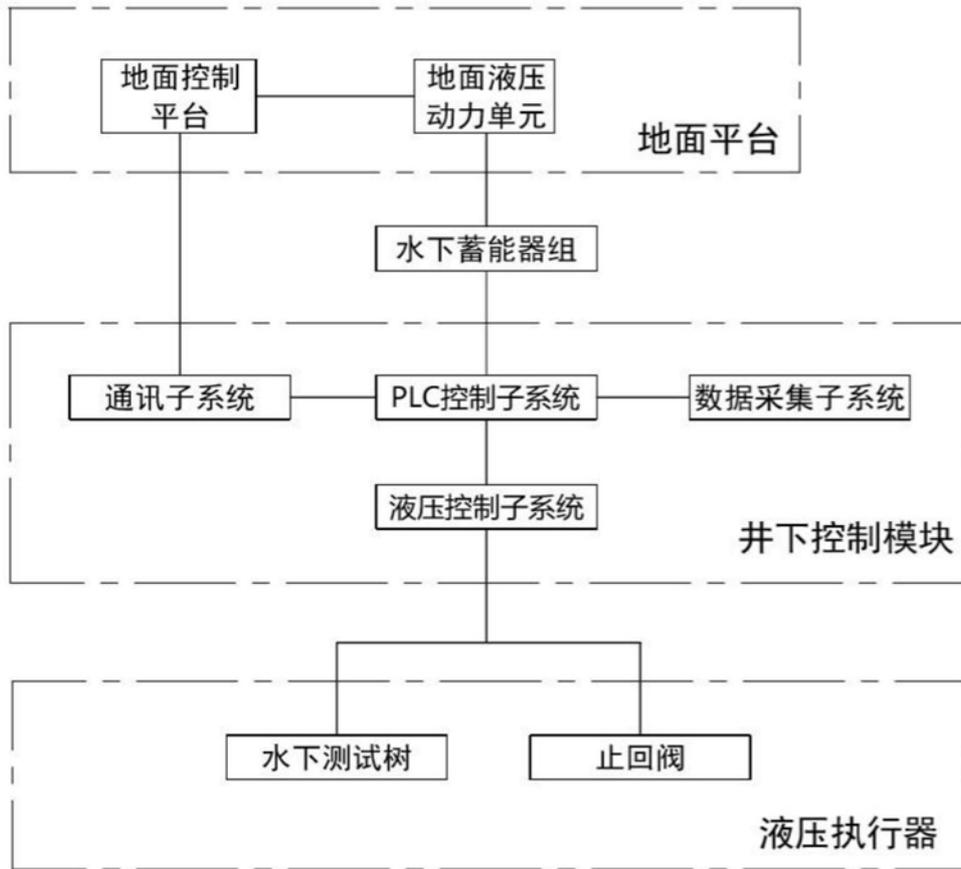


图1

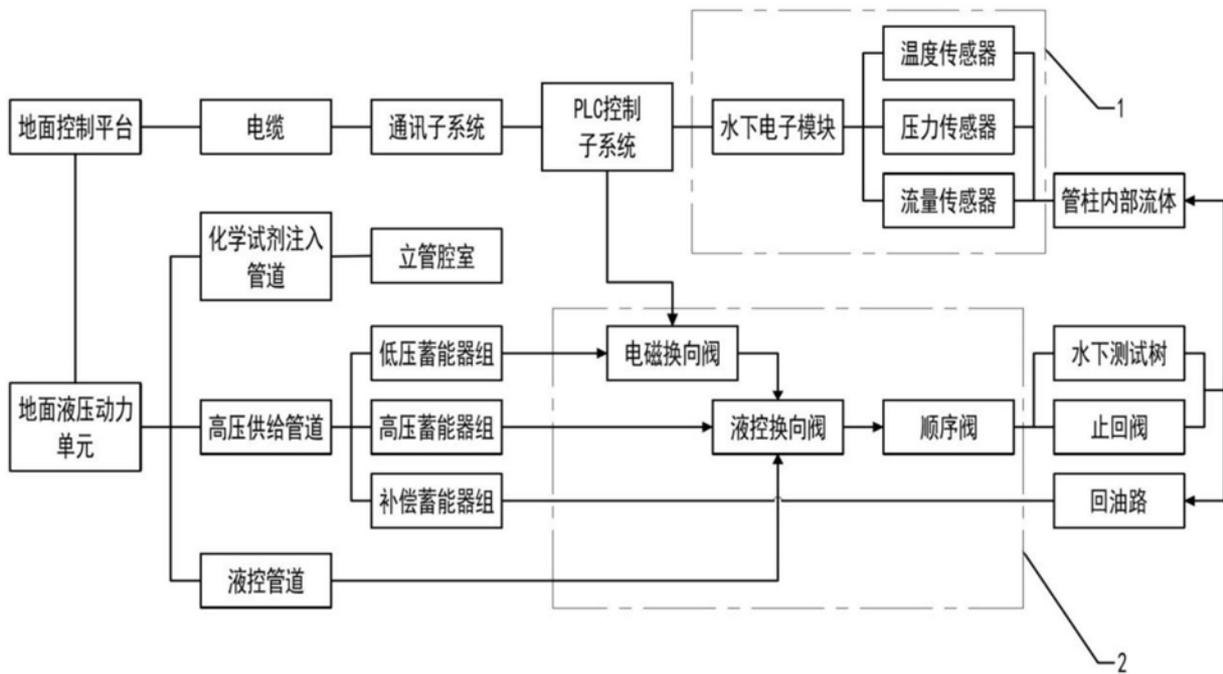


图2

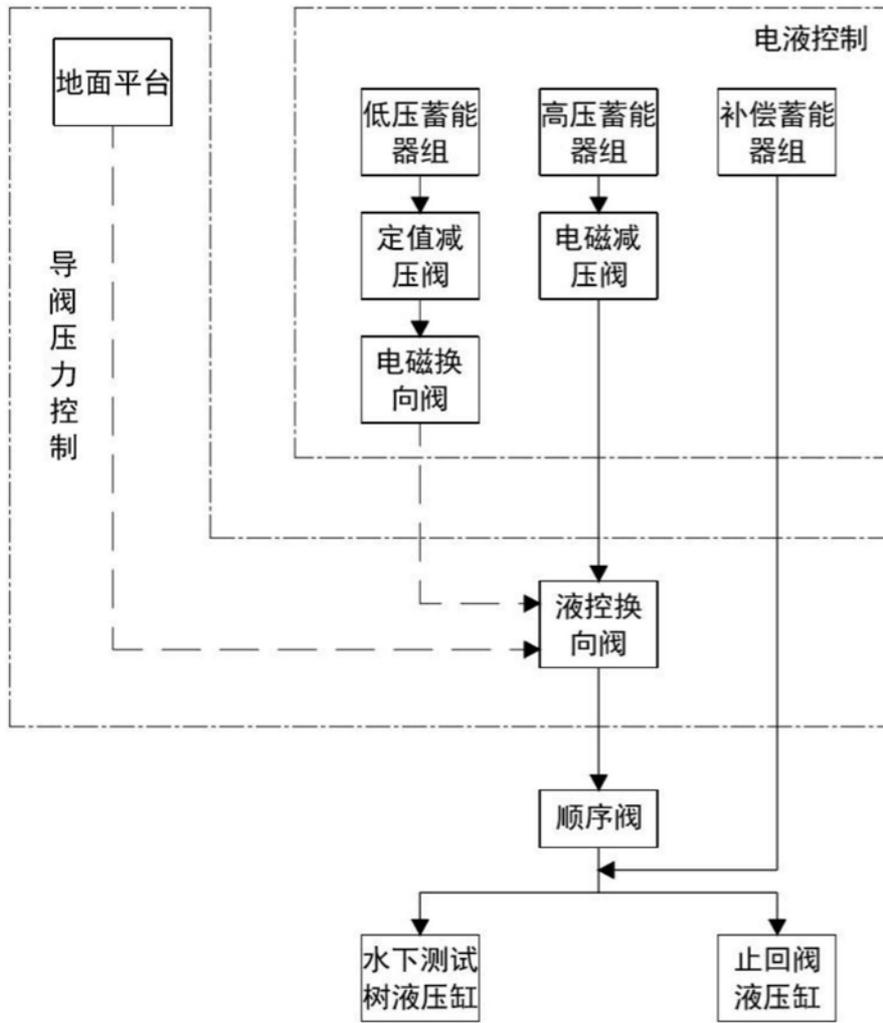


图3

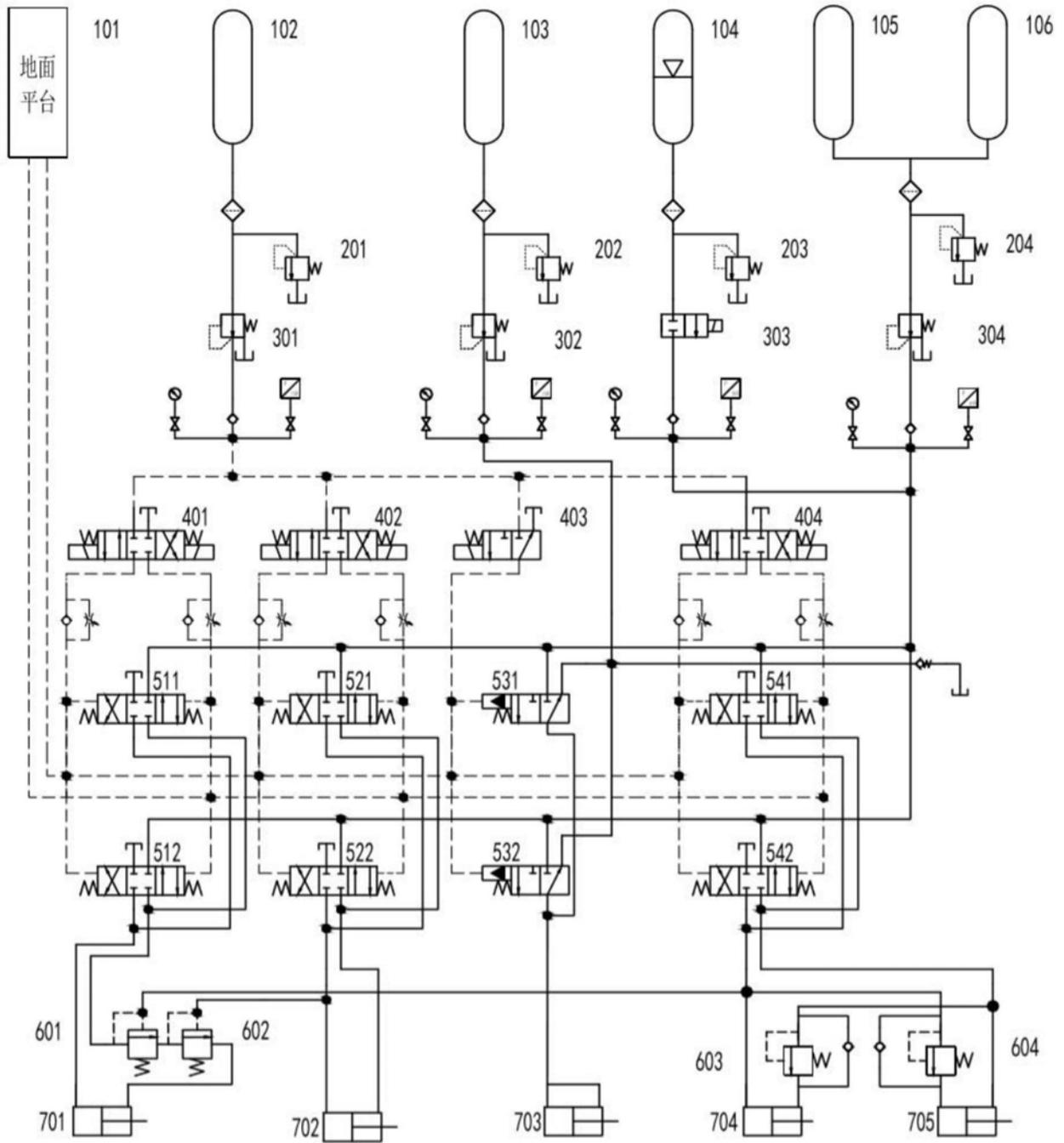


图4

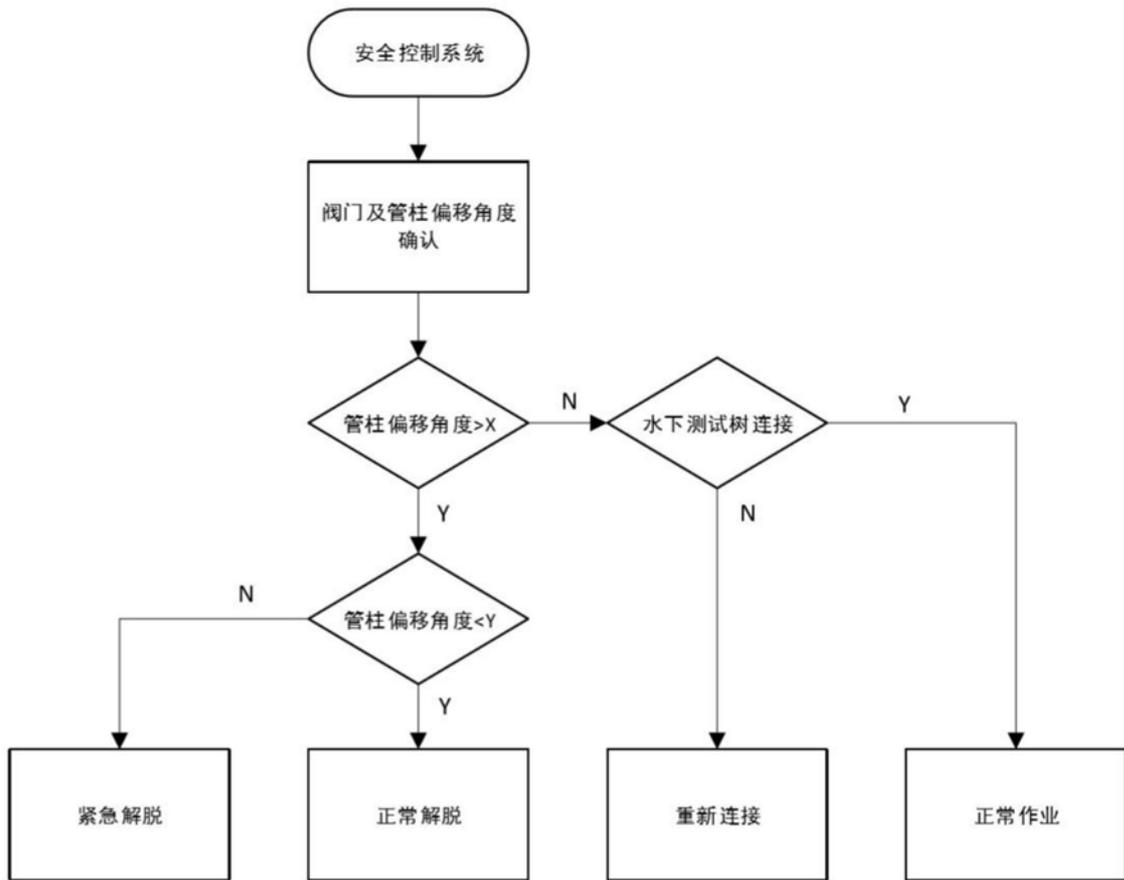


图5

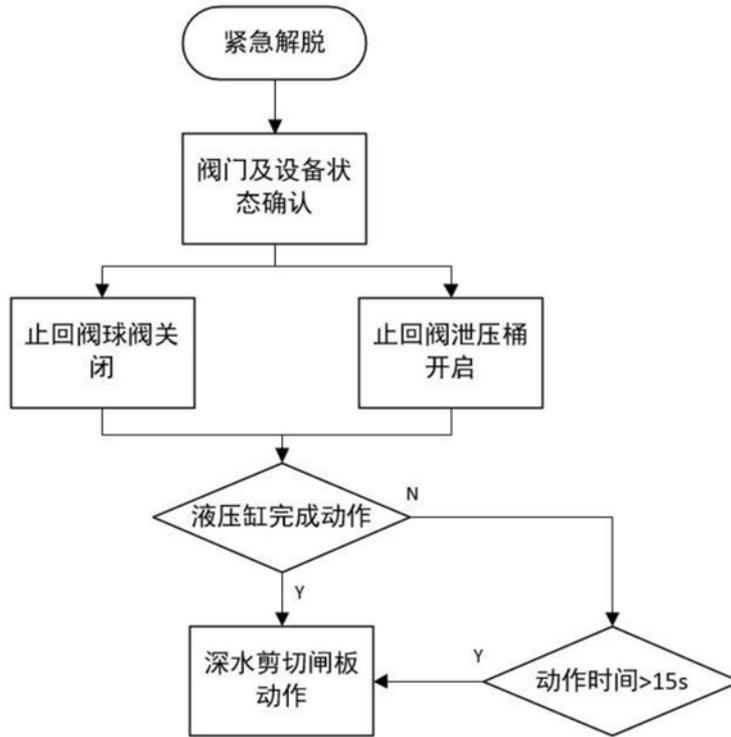


图6

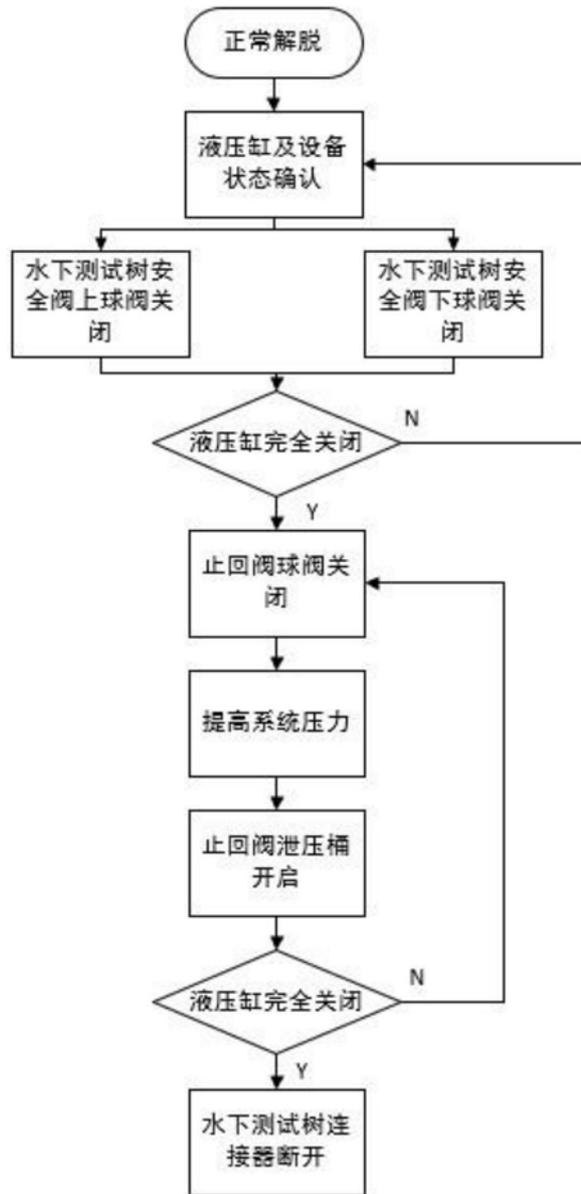


图7

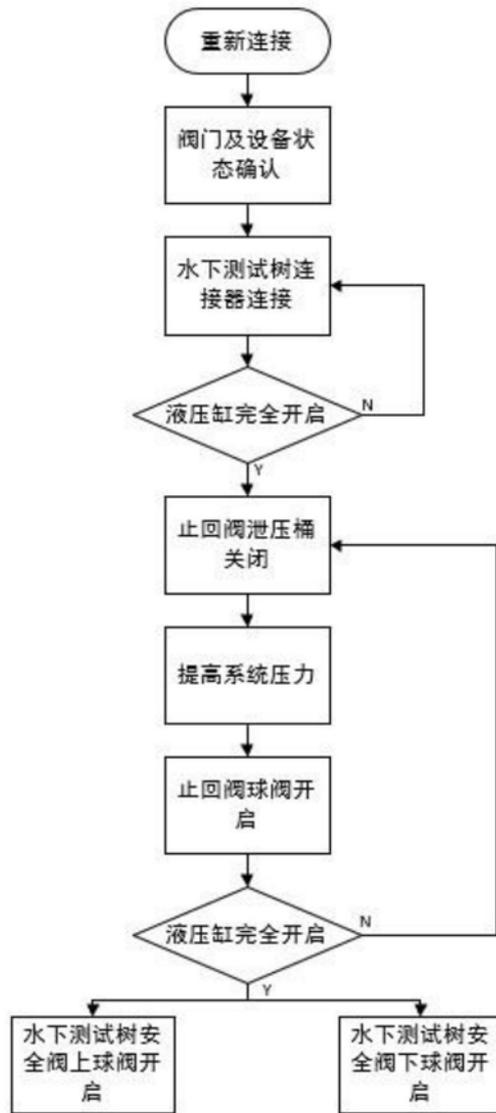


图8