



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104850133 A

(43) 申请公布日 2015. 08. 19

(21) 申请号 201510253350. 3

(22) 申请日 2015. 05. 18

(71) 申请人 哈尔滨工程大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区南通大街 145 号哈尔滨工程大学科技处知识产权办公室

(72) 发明人 魏延辉 刘合伟 周星合 于园园 杨子扬 贾献强 高苇杭 胡佳兴

(51) Int. Cl.

G05D 1/10(2006. 01)

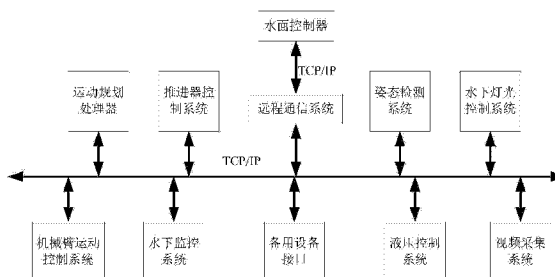
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

一种模块化的 ROV 控制系统

(57) 摘要

本发明涉及水下机器人技术领域,具体地说是一种深海作业型的模块化的 ROV 控制系统。一种模块化的 ROV 控制系统,包括远程通信系统、运动规划处理器、姿态检测系统、机械臂运动控制系统、推进器控制系统、视频采集系统、水下灯光控制系统、液压控制系统、水下监控系统,远程通信系统用于接收水面控制器发过来的命令,同时采集水下各分部系统的数据进行上传,运动规划处理器根据系统当前状态和水面控制器发过来的命令,进行综合判断,合理规划 ROV 的运动控制。本发明解决了系统自主性低的问题,具有很强的纠错和自主判断能力,系统每一个分部件发生问题,其他系统能够相互协同,保证系统安全工作或者回收,具有较高智能化和容错能力。



1. 一种模块化的 ROV 控制系统,其特征在於:包括远程通信系统、运动规划处理器、姿态检测系统、机械臂运动控制系统、推进器控制系统、视频采集系统、水下灯光控制系统、液压控制系统、水下监控系统,远程通信系统用于接收水面控制器发过来的命令,同时采集水下各分部系统的数据进行上传,运动规划处理器根据系统当前状态和水面控制器发过来的命令,进行综合判断,合理规划 ROV 的运动控制;位置姿态检测系统用于检测 ROV 本体的姿态、深度、运动速度和水下位置信息;机械臂运动控制系统根据运动规划处理器的协调结果,控制水下主从机械臂进行运动作业工作;推进器控制系统能够根据运动规划处理器的处理结果进行推理分配计算,并将命令分解后控制 ROV 的推进器,同时根据 ROV 的状态进行系统稳定伺服;视频采集系统用于采集水下图像,并将图像进行处理,实现目标识别、测量,为水面控制器进行水下检测和跟踪提供直观的图像信息;水下灯光控制系统用于处理 ROV 的多个不同位置的灯光;液压控制系统为水下推进器和水下作业机械臂提供能源动力;水下监控系统用监控水下各部件的状态,包括电力系统的电压检测、绝缘检测,液压系统的压力检测、液面检测、油温检测和动力泵的油温检测,各分部系统的绝缘检测和压力检测。

一种模块化的 ROV 控制系统

技术领域

[0001] 本发明涉及水下机器人技术领域,具体地说是一种深海作业型的模块化的 ROV 控制系统。

背景技术

[0002] 随着陆地上不可再生资源的日益减少,海洋资源的开发利用对人类发展和社会进步的推动作用越趋明显。石油、天然气等海洋资源的开发从近海延伸到深海,水下机器人因其安全、高效、作业深度大、能在水下长时间工作而日益成为开发海洋资源的重要工具,尤其是深海探测和深海作业型 ROV 成为世界各国研究的热点。深海作业型 ROV 因其经济性好、下水出水灵活性高、环境适应性好、作业效率高、使用有效等优点,得到了迅速发展。

[0003] 深海作业型 ROV 因其工作环境复杂多变,其运动方程的交叉耦合性、非线性和时变性等非常严重,决定了其控制难度大,因此控制系统设计的好坏就决定了 ROV 性能的优劣。

[0004] 目前深海作业型 ROV 技术的不足之处主要在于:

[0005] 第一,目前的水下机器人控制系统多采用集中式控制方式,由主控计算机集中采集状态信息,包括采集的电压与电流信息,设备的开关信号信息,还有串口数据信息等,都需要统一打包发送给主控计算机进行分析处理,主控计算机进行分析决断处理之后产生的各种控制信号,再由辅助电路进行转化处理之后驱动各执行部件,以实现各种控制功能。这种方法控制功能比较集中,实现容易,但是对上层处理器要求比较高,当任务增加时控制器的效率和可靠性急剧下降,高度集中会因为局部的小问题造成整个系统瘫痪,从而使系统的可靠性和稳定性降低。采用集中式控制方式还会使得系统的可扩展性变差,因为硬件板卡资源有限,而且水密电缆的芯数一旦确定,就不能随意更改,这就使得系统不能随意的更改设备和传感器的个数,使整个系统几乎没有可升级的能力。随着海底作业难度的不断加大,完成的使命日趋复杂,水下机器人需要搭载的传感器和各种装置会越来越多,传统的集中式控制方式将无法满足控制系统的要求。

[0006] 第二,由于水下机器人目前尚未全面进入产业化,传统上科研机构容易忽视一线开发人员的实际困难,只以实现功能为目标,而不考虑开发的工作方式和人力成本,就以作业型 ROV 的软件控制系统而言,传统的软件开发模式不仅在开发效率上很难满足要求,而且开发出的软件系统不具有可移植性,系统维护升级困难,更难以随工作任务的改变而灵活地进行组合和配置。所以对水下机器人控制系统进行设计的工作量较为庞大,目前还没有一种对水下机器人控制系统普遍适用的设计标准和方法现实,目前的情况是:一旦对水下机器人控制系统有新的要求,水下机器人的控制系统就要重新设计,由此造成了大量的重复性工作。急需一种功能模块化的设计,组装方便简单,可互换性强的控制系统,从而减少控制系统设计的工作量。

[0007] 第三,专利“一种分布式水下机器人控制系统(CN1622062)”,虽然也是用分布式控制方式,但是其每个分部系统不可以任意访问系统中其它分布系统中的数据,即系统间数

据不可以实时可靠地共享和传递,那么各分部系统就不能高效的快速的进行协同工作。还有就是其内部通信系统使用 RS-485 总线方式进行通信。由于 RS-485 只存在一个没有硬件通信协议的物理层,其通信协议完全仰赖软件的支持,这就增加了系统通信软件的负担;而且 RS-485 总线一般以单主机的工作方式设计,若令其工作在多主方式,则其通信的可靠性反比于通信网络的负荷量。特别是系统节点工作在多种通信模式下时,通信的失误率与重发率将随着网络负荷量的增长而成倍增长,最终可能导致整个通信网络的瘫痪。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于提供一种可靠性高、实时性好的模块化的 ROV 控制系统。

[0009] 本发明的目的是这样实现的:

[0010] 一种模块化的 ROV 控制系统,包括远程通信系统、运动规划处理器、姿态检测系统、机械臂运动控制系统、推进器控制系统、视频采集系统、水下灯光控制系统、液压控制系统、水下监控系统,远程通信系统用于接收水面控制器发过来的命令,同时采集水下各分部系统的数据进行上传,运动规划处理器根据系统当前状态和水面控制器发过来的命令,进行综合判断,合理规划 ROV 的运动控制;位置姿态检测系统用于检测 ROV 本体的姿态、深度、运动速度和水下位置信息;机械臂运动控制系统根据运动规划处理器的协调结果,控制水下主从机械臂进行运动作业工作;推进器控制系统能够根据运动规划处理器的处理结果进行推理分配计算,并将命令分解后控制 ROV 的推进器,同时根据 ROV 的状态进行系统稳定伺服;视频采集系统用于采集水下图像,并将图像进行处理,实现目标识别、测量,为水面控制器进行水下检测和跟踪提供直观的图像信息;水下灯光控制系统用于处理 ROV 的多个不同位置的灯光;液压控制系统为水下推进器和水下作业机械臂提供能源动力;水下监控系统用监控水下各部件的状态,包括电力系统的电压检测、绝缘检测,液压系统的压力检测、液面检测、油温检测和动力泵的油温检测,各分部系统的绝缘检测和压力检测。

[0011] 本发明的有益效果在于:

[0012] (1) 本发明应用模块化的智能控制系统,其高性能保证了 ROV 多任务的实时处理,整体性能智能化,具有可扩展性和互换性;

[0013] (2) 本发明分为九主要部分,结构简明,各部分任务清晰,运行高效,并且任务层次分明,便于系统维护;

[0014] (3) 本发明以 TCP/IP 作为系统内网络通信,增加系统扩展能力和通信的可靠性,为系统的智能化处理提供保障;

[0015] (4) 本发明通用性好,可广泛用于深海作业型 ROV 控制系统中;

[0016] (5) 本发明克服传统 ROV 控制系统的主从工作方式,解决了系统自主性低的问题,具有很强的纠错和自主判断能力,系统每一个分部件发生问题,其他系统能够相互协同,保证系统安全工作或者回收,具有较高智能化和容错能力。

附图说明

[0017] 图 1 是模块化 ROV 控制系统结构图。

[0018] 图 2 是运动规划处理器结构示意图。

[0019] 图 3 是姿态检测系统结构图。

- [0020] 图 4 是机械臂运动控制系统结构图。
- [0021] 图 5 是推进器控制系统结构图。
- [0022] 图 6 是液压系统结构图。
- [0023] 图 7 是水下监控系统结构图。
- [0024] 图 8 是各模块系统输入和输出数据方式。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图举例对本发明做更详细地描述：

[0026] 本发明能够供潜深在 1500 米以内的作业型 ROV 和观察型 ROV 使用，尤其是大长时的作业型 ROV 进行水下作业。该系统能够根据 ROV 系统的工作需要，实时将水下 ROV 系统检测信号和各部件的状态上传，同时保证水面控制命令实时发送到水下执行系统。

[0027] 现将具体技术方案如下：

[0028] 模块化的 ROV 控制系统包括远程通信系统、运动规划处理器、姿态检测系统、机械臂运动控制系统、推进器控制系统、视频采集系统、水下灯光控制系统、液压控制系统、水下监控系统。远程通信系统用于接收水面控制器发过来的命令，同时采集水下各分部系统的数据进行上传。运动规划处理器根据系统当前状态和水面控制器发过来的命令，进行综合判断，合理规划 ROV 的运动控制。位置姿态检测系统用于检测 ROV 本体的姿态、深度。运动速度和水下位置等信息。机械臂运动控制系统根据运动规划处理器的协调结果，控制水下主从机械臂进行运动作业工作。推进器控制系统能够根据运动规划处理器的处理结果进行推理分配计算，并将命令分解后控制 ROV 的推进器，同时根据 ROV 的状态进行系统稳定伺服。视频采集系统用于采集水下图像，并将图像进行处理，实现目标识别、测量，为水面控制器进行水下检测和跟踪提供直观的图像信息。水下灯光控制系统用于处理 ROV 的多个不同位置的灯光。液压控制系统为水下推进器和水下作业机械臂提供能源动力。水下监控系统用监控水下各部件的状态，包括电力系统的电压检测、绝缘检测，液压系统的压力检测、液面检测、油温检测和动力泵的油温检测，各分部系统的绝缘检测和压力检测等等。

[0029] 模块化的 ROV 控制系统具有分布式智能控制系统结构，每个分部件都具有独立工作能力、数据处理能力以及紧急状况判断能力，有别于传统的主从方式的控制结构。

[0030] 组成系统的每个部件都具有独立的网络地址，每种部件具有相同的 IP 地址，具有很强的可互换性。每个部件的通信设定规范的通信协议，具有发送命令、发送数据、接收数据、接收命令、发送紧急报警数据和接收紧急工作指令的能力。根据不同系统地工作特点，制定不同优先级的报文发送和请求规则。

[0031] 每个部件的控制电路板都用液压油密封自身密封舱中，并配有补偿器，能够保证工作时，密封舱内内外压力平衡。

[0032] 各分部系统共享各自数据，每个分部系统可任意访问系统中其它分布系统中的数据，每个分布系统收到其它分布系统所发来的数据后，进行综合判断后在执行，对于紧急命令、优先级较高的命令要根据命令的等级执行。

[0033] 该系统还包含具有多 Agent 的分布式智能控制方法，对于一个上位机给定任务，各分部系统根据各自系统的功能，将其进行分解，同时调整各自分系统的工作状态，进入相应配合工作状态；姿态检测系统和水下监控系统提高系统状态的监控频率；运动规划处理

器规划水下推进器和作业机械臂的作业动作；水下推进器系统在保持系统稳定的情况下进行相应的动作和任务；水下作业机械臂则保证安全作业的前提下执行相应的动作作业；视频监督系统为整体运动作业保驾护航，对于可能出现的干涉任务及时报警。多 Agent 的分布式智能控制方法还具有防止误操作的功能，增加了逻辑判断能力。

[0034] 每个分部系统都具有如下三个状态：静默状态、协同工作状态、紧急状态。静默状态下，各分部系统维持系统当前状态，以检测为主功能的分系统检测频率较低，运动作业机械臂维持工作状态或者回收至安全位置；协同工作状态下，各分部系统按照各自的功能进行协调工作，保证分部系统间数据实时可靠地共享和传递，执行系统进行相互协作；紧急状态下，各执行系统停止各自的常规工作状态，根据紧急状态等级，保证系统的稳定或者回收。

[0035] 实施 1：如图 1 所示，模块化的 ROV 控制系统包括远程通信系统、运动规划处理器、姿态检测系统、机械臂运动控制系统、推进器控制系统、视频采集系统、水下灯光控制系统、液压控制系统、水下监控系统。远程通信系统用于接收水面控制器发过来的命令，同时采集水下各分部系统的数据进行上传。运动规划处理器根据系统当前状态和水面控制器发过来的命令，进行综合判断，合理规划 ROV 的运动控制。位置姿态检测系统用于检测 ROV 本体的姿态、深度、运动速度和水下位置等信息。机械臂运动控制系统根据运动规划处理器的协调结果，控制水下主从机械臂进行运动作业工作。推进器控制系统能够根据运动规划处理器的处理结果进行推理分配计算，并将命令分解后控制 ROV 的推进器，同时根据 ROV 的状态进行系统稳定伺服。视频采集系统用于采集水下图像，并将图像进行处理，实现目标识别、测量，为水面控制器进行水下检测和跟踪提供直观的图像信息。水下灯光控制系统用于处理 ROV 的多个不同位置的灯光。液压控制系统为水下推进器和水下作业机械臂提供能源动力。

[0036] 实施 2：如图 2 所示，根据作业型 ROV 控制系统需求情况，将运动规划处理器结构分成监测层、控制层、执行层、数据管理层四部分。主要完成的任务有：与各个传感器、推进器、机械臂以及水面设备进行数据通信；传感器数据处理、动力定位控制以及作业控制。

[0037] 实施 3：如图 3 所示，姿态检测系统采用双 CPU 控制方式。ARM 处理器用于采集深度计、高度计和超短基线的数据信息，采集数据速度并不高，同时该处理器还担负着向控制系统网络发送数据和接收命令的任务。此外还具有参数设置和重要数据存储的功能。DSP 处理器具有高速计算的功能，利用它将姿态采集系统和多普勒流速计的数据进行采集和融合，能够实时解算出 ROV 的三维空间的姿态和水下的相对位置。

[0038] 实施 4：如图 4 所示，机械臂运动控制系统包括机械臂运动控制系统、阀箱、液压油源、机械臂，其中机械臂运动控制电路与阀箱集成于一体进行充油保护，以适应深水的压强。机械臂是一个液压驱动的七自由度的机械手，前端安装有一个手爪来完成夹持、操作物体的功能。它是液压机械手的主体部分，也是系统的执行部分，是整个系统的核心，所有的驱动与控制都是围绕它展开的。机械臂运动控制系统主要接收控制命令，实现液压动力的分配和控制、压力补偿系统的分配供给、电源的分配供给及控制信号的通信处理。阀箱是一个独立的水下密封箱体，由阀组、分配器构成。箱内安装有各关节的控制阀块，阀块集成了电液伺服阀、锁紧阀、电磁阀，用于驱动控制机械手本体上的各个液压伺服执行器；箱内同时装有分配器，用于分配油源的流量和压力，以供给各个阀。液压油源用于提供源动力，液

压伺服执行器将油源提供的液压能转化为机械能,为水下机械手的运动提供动力,机械手的液压油源为 21MPa。

[0039] 实施 5:如图 5 所示,推进器控制系统结构是基于液压推进器的大型作业型 ROV 推进系统,分为推进器控制器、驱动电路、7 个推进器和推进器速度反馈共四个部分。液压系统作为辅助系统为推进器的提供动力源;推力器控制器根据控制系统的对 ROV 运动要求,将控制命令分解成每个推进器的推进命令,根据命令对每个推进器进行闭环控制;驱动系统是将推进命令转化成驱动信号,驱动控制推进器的相应的液压比例阀;推进器速度反馈部分为推进器提供推进器控制器提供每个推进器的运动速度。

[0040] 实施 6:如图 6 所示,ROV 液压系统包括动力包、油箱、补偿器、水下推进器系统、7 功能伺服机械臂系统和 5 功能开关机械臂系统。水下推进器系统包括水平呈菱形分布的 4 个推进器、垂直方向的 3 个推进器(前端 2 个、后端 1 个)。

[0041] 实施 7:如图 7 所示,水下监控系统用监控水下各部件的状态,包括电力系统的电压检测、绝缘检测,液压系统的压力检测、液面检测、油温检测和动力泵的油温检测,各分部系统的绝缘检测和压力检测。

[0042] 实施 8:如图 8 所示,模块化的 ROV 控制系统的内部通信都是 TCP/IP 的网络,每个系统模块的通信数据和命令都具有五种形式:共享数据区、专用数据区、紧急命令区、专用命令区和协同命令区。

[0043] 共享数据区是各分模块系统将自身系统所采集的,其他系统能够自由访问的数据存放区域,如姿态检测系统输出 ROV 姿态数据、速度数据和空间矢量定位数据,水下监控系统所检测系统水压、温度、液面等等数据。

[0044] 专用数据区是各分模块系统自身系统的一些原始采集数据,仅有个别模块能够采集的数据存放区域,如姿态检测系统的电子罗盘数据、陀螺和加速度数据仅能由运动规划处理器和远程通信系统访问。

[0045] 紧急命令区是存放 ROV 系统运行过程产生的紧急命令区,该区如有存放的命令后,表明该系统要无条件放弃正在执行低优先级的命令,如推进器系统中存放紧急上升的命令,推进器系统需要立刻停止水平推进器工作,全速开启垂直推进器。该紧急命令可由任意分系统开启,根据各分系统所发出的命令的紧急程度设定命令的优先级。

[0046] 专用命令区是存放本系统的专属命令和参数的区域,如本身系统的一些标定的参数、系统工作的时钟步长等一些系统参数命令,专用命令区的命令仅有远程通信系统可进行访问。

[0047] 协同命令区存放的一些广播命令和协同作业任务命令,如系统自检命令是由每个分系统根据自身主导的任务情况发起的系统自检命令,保证系统执行个人任务是能够安全可靠的工作。协同作业命令则是几个分系统需要相互协调才能够完成的任务作业命令,如 ROV 在进行水下管道巡检时,水下摄像机系统、水下推进器系统和水下机械臂系统就需要协同作业,保证系统的进行安全可靠的巡检工作。

[0048] 系统具有分布式智能控制系统结构,每个分部件都具有独立工作能力、数据处理能力以及紧急状况判断能力,有别于传统的主从方式的控制结构。

[0049] 组成系统的每个部件都具有独立的网络地址,每种部件具有相同的 IP 地址,具有很强的可互换性。每个部件的通信设定规范的通信协议,具有发送命令、发送数据、接收数

据、接收命令、发送紧急报警数据和接收紧急工作指令的能力。根据不同系统地工作特点，制定不同优先级的报文发送和请求规则。

[0050] 每个部件的控制电路板都用液压油密封自身密封舱中，并配有补偿器，能够保证工作时，密封舱内内外压力平衡。

[0051] 各分部系统共享各自数据，每个分部系统可任意访问系统中其它分布系统中的数据，每个分布系统收到其它分布系统所发来的数据后，进行综合判断后在执行，对于紧急命令、优先级较高的命令要根据命令的等级执行。

[0052] 该系统还包含具有多 Agent 的分布式智能控制方法，对于一个上位机给定任务，各分部系统根据各自系统的功能，将其进行分解，同时调整各自分系统的工作状态，进入相应配合工作状态：姿态检测系统和水下监控系统提高系统状态的监控频率；运动规划处理器规划水下推进器和作业机械臂的作业动作；水下推进器系统在保持系统稳定的情况下进行相应的动作和任务；水下作业机械臂则保证安全作业的前提下执行相应的动作作业；视频监督系统为整体运动作业保驾护航，对于可能出现的干涉任务及时报警。多 Agent 的分布式智能控制方法还具有防止误操作的功能，增加了逻辑判断能力。

[0053] 每个分部系统都具有如下三个状态：静默状态、协同工作状态、紧急状态。静默状态下，各分部系统维持系统当前状态，以检测为主功能的分系统检测频率较低，运动作业机械臂维持工作状态或者回收到安全位置；协同工作状态下，各分部系统按照各自的功能进行协调工作，保证分部系统间数据实时可靠地共享和传递，执行系统进行相互协作；紧急状态下，各执行系统停止各自的常规工作状态，根据紧急状态等级，保证系统的稳定或者回收。

[0054] 综上所述，本发明根据水下作业型 ROV 系统的需要，研制一种模块化的 ROV 控制系统。该系统的每个部件都具有独立的网络地址，具有智能化处理数据和独立工作能力，具有可替换性和模块化特点，各分部系统之间可进行数据共享。模块化的 ROV 控制系统包括远程通信系统、运动规划处理器、姿态检测系统、机械臂运动控制系统、推进器控制系统、视频采集系统、水下灯光控制系统、液压控制系统、水下监控系统。远程通信系统用于接收水面控制器发过来的命令，同时采集水下各分部系统的数据进行上传。运动规划处理器根据系统当前状态和水面控制器发过来的命令，进行综合判断，合理规划 ROV 的运动控制。位置姿态检测系统用于检测 ROV 本体的姿态、深度、运动速度和水下位置等信息。机械臂运动控制系统根据运动规划处理器的协调结果，控制水下主从机械臂进行运动作业工作。推进器控制系统能够根据运动规划处理器的处理结果进行推理分配计算，并将命令分解后控制 ROV 的推进器，同时根据 ROV 的状态进行系统稳定伺服。视频采集系统用于采集水下图像，并将图像进行处理，实现目标识别、测量，为水面控制器进行水下检测和跟踪提供直观的图像信息。水下灯光控制系统用于处理 ROV 的多个不同位置的灯光。液压控制系统为水下推进器和水下作业机械臂提供能源动力。水下监控系统用监控水下各部件的状态，包括电力系统的电压检测、绝缘检测，液压系统的压力检测、液面检测、油温检测和动力泵的油温检测，各分部系统的绝缘检测和压力检测等等。本发明为 ROV 控制技术水平的提升提供了新的解决方案。本发明还涉及模块化系统的智能控制方法。

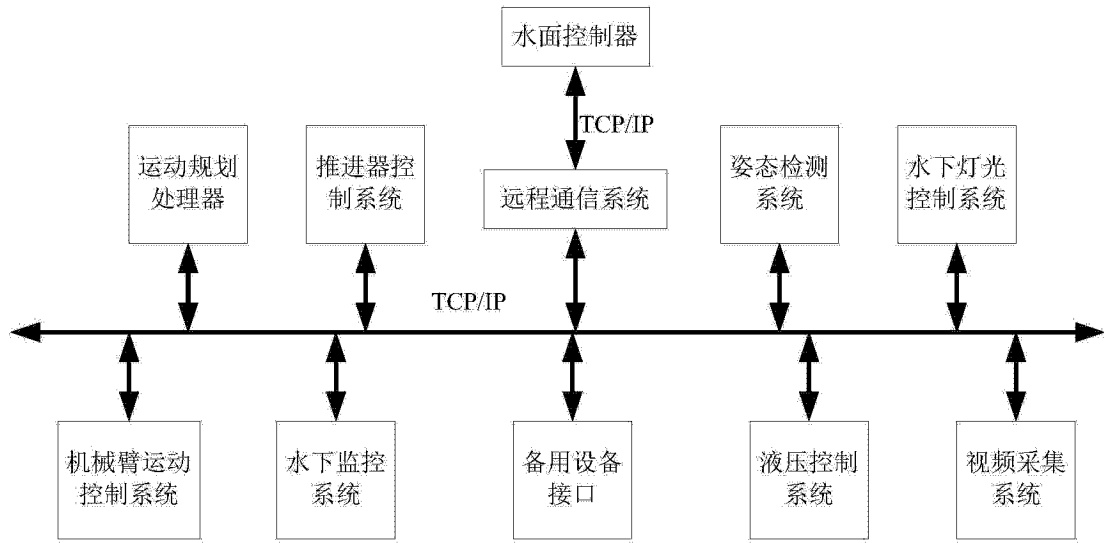


图 1

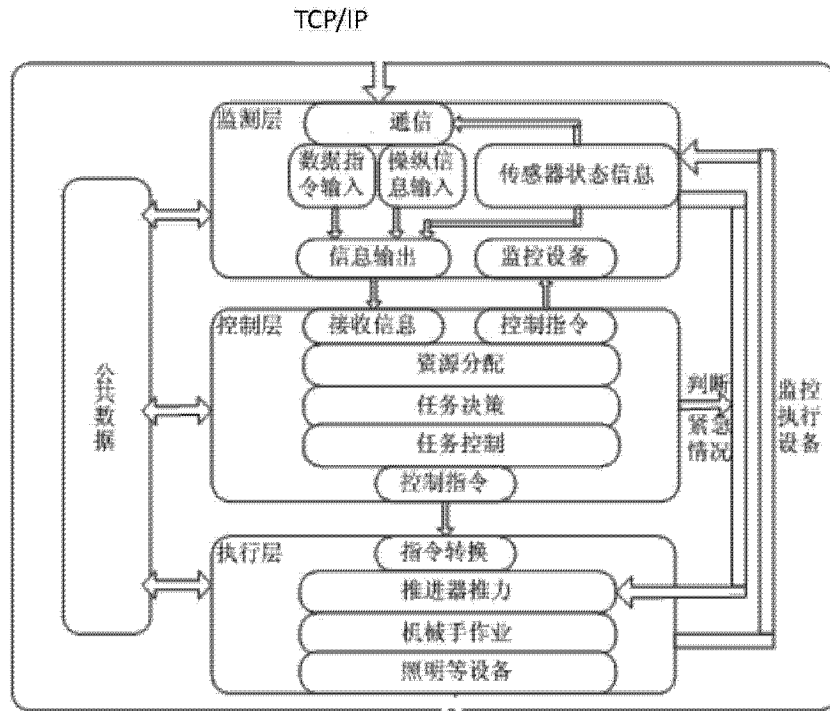


图 2

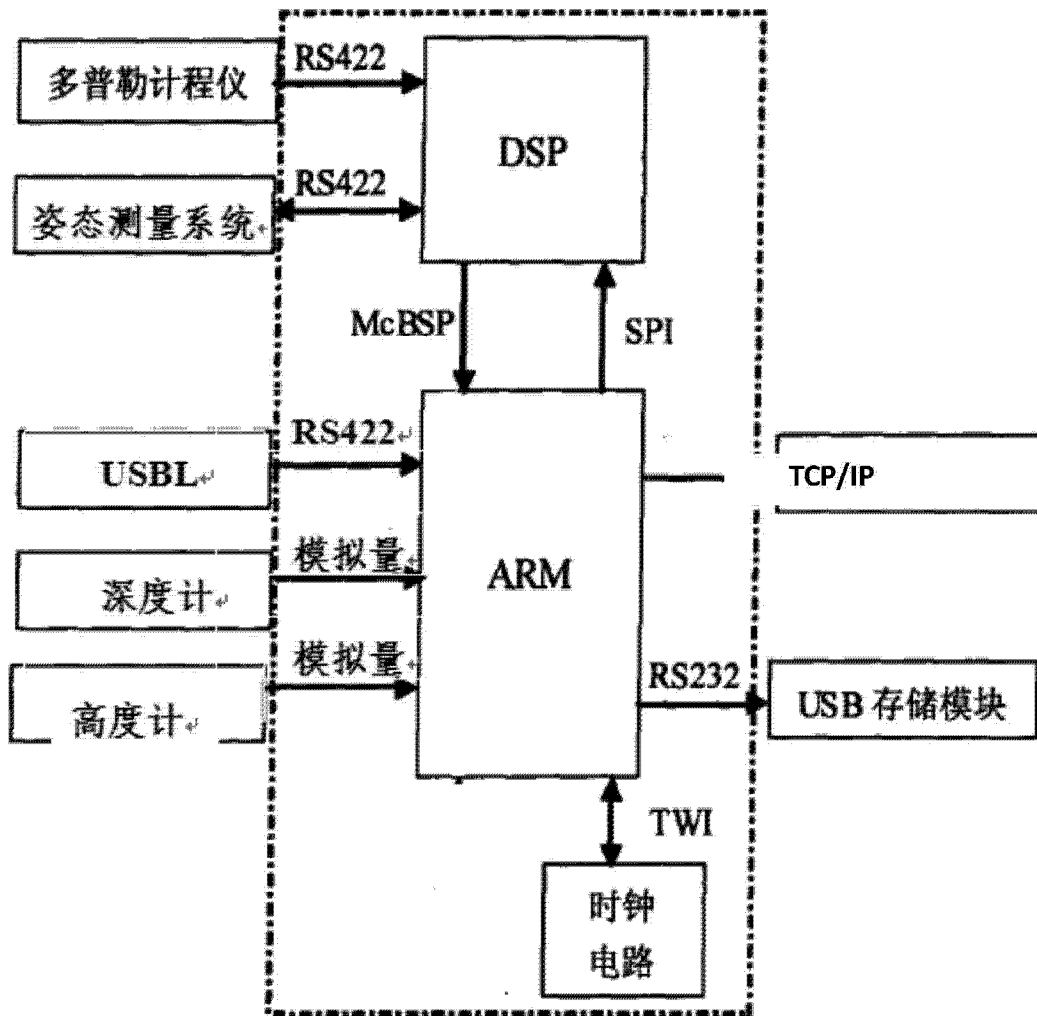


图 3

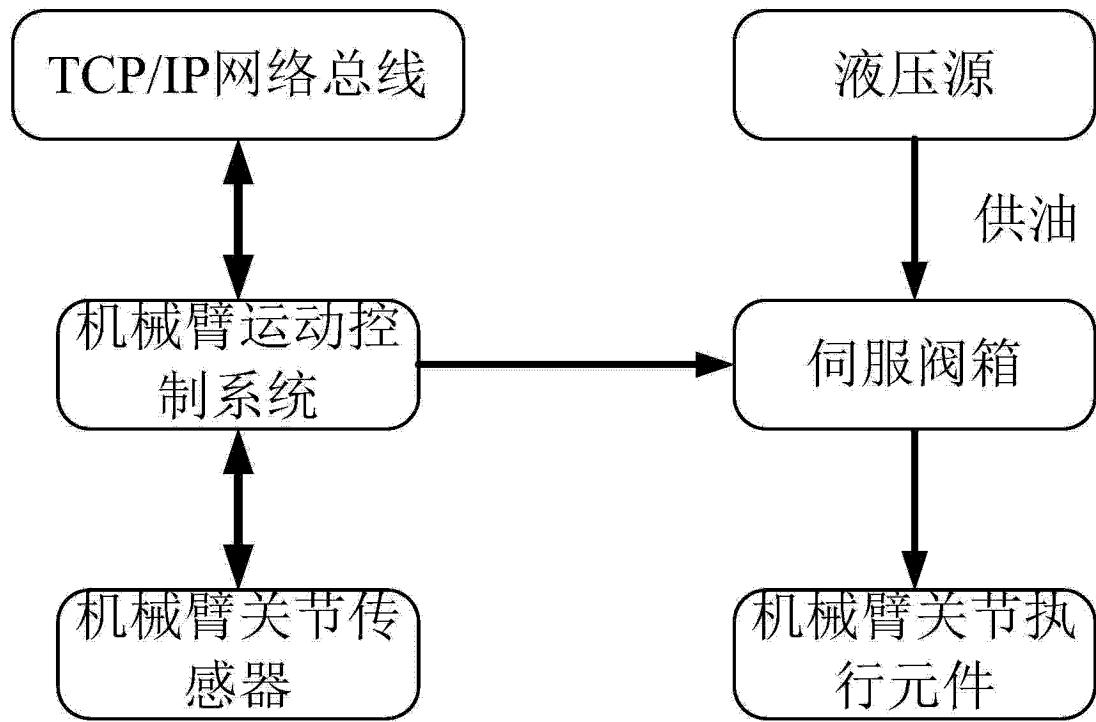


图 4

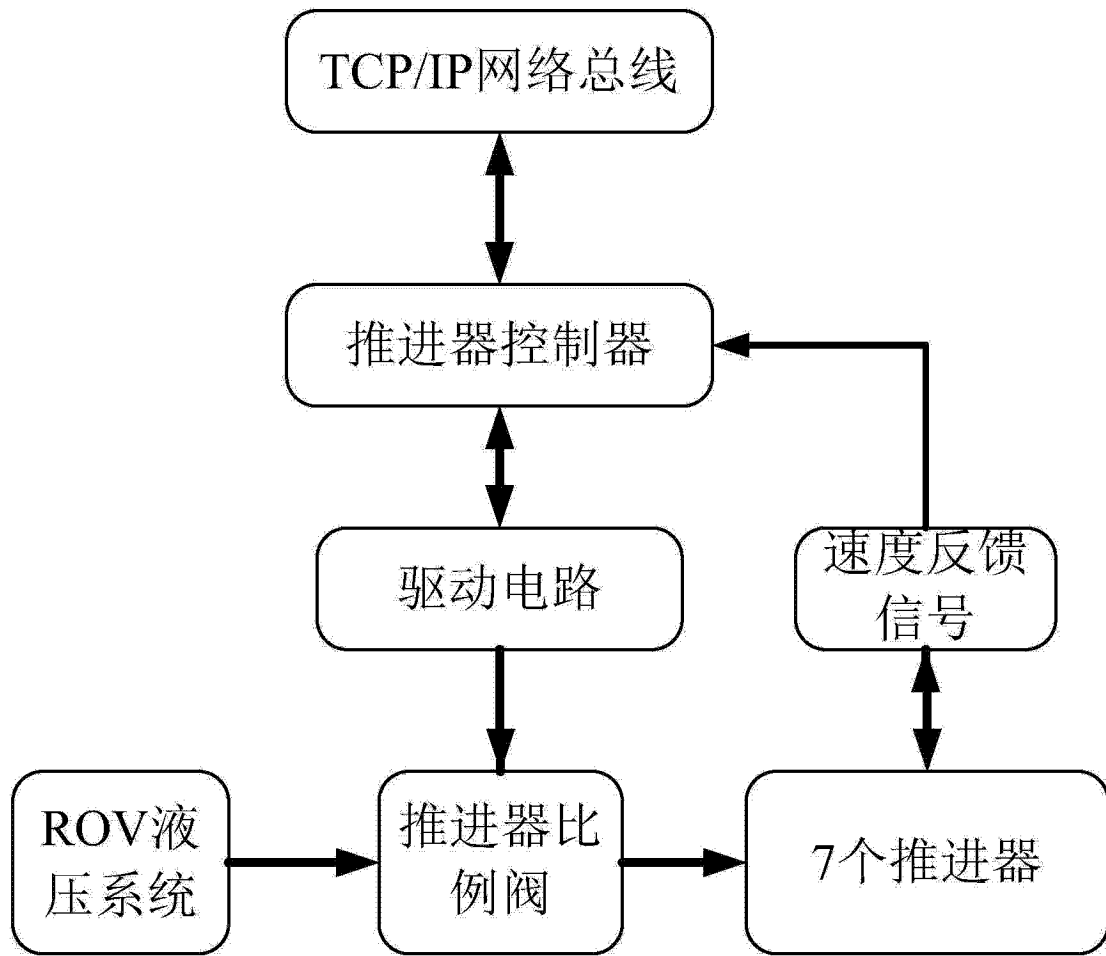


图 5

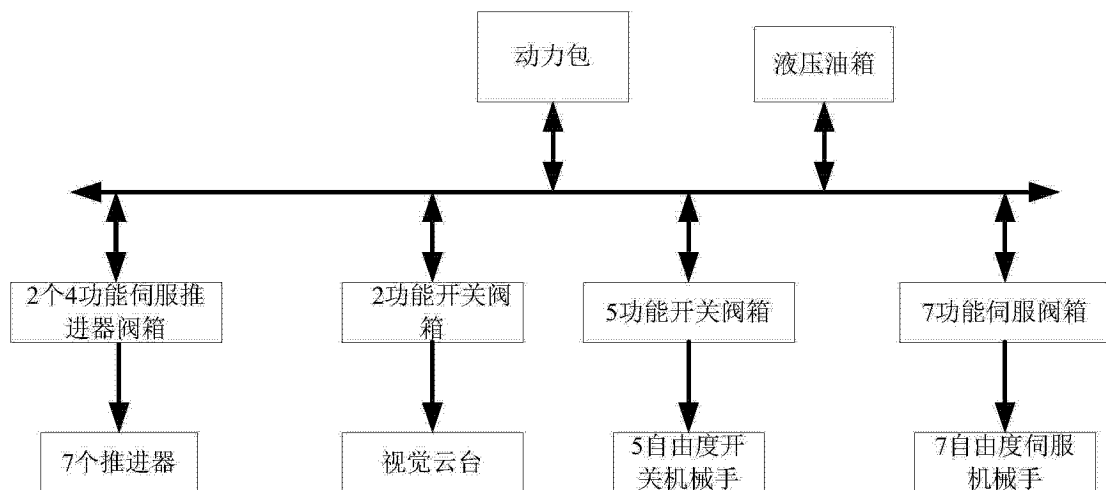


图 6

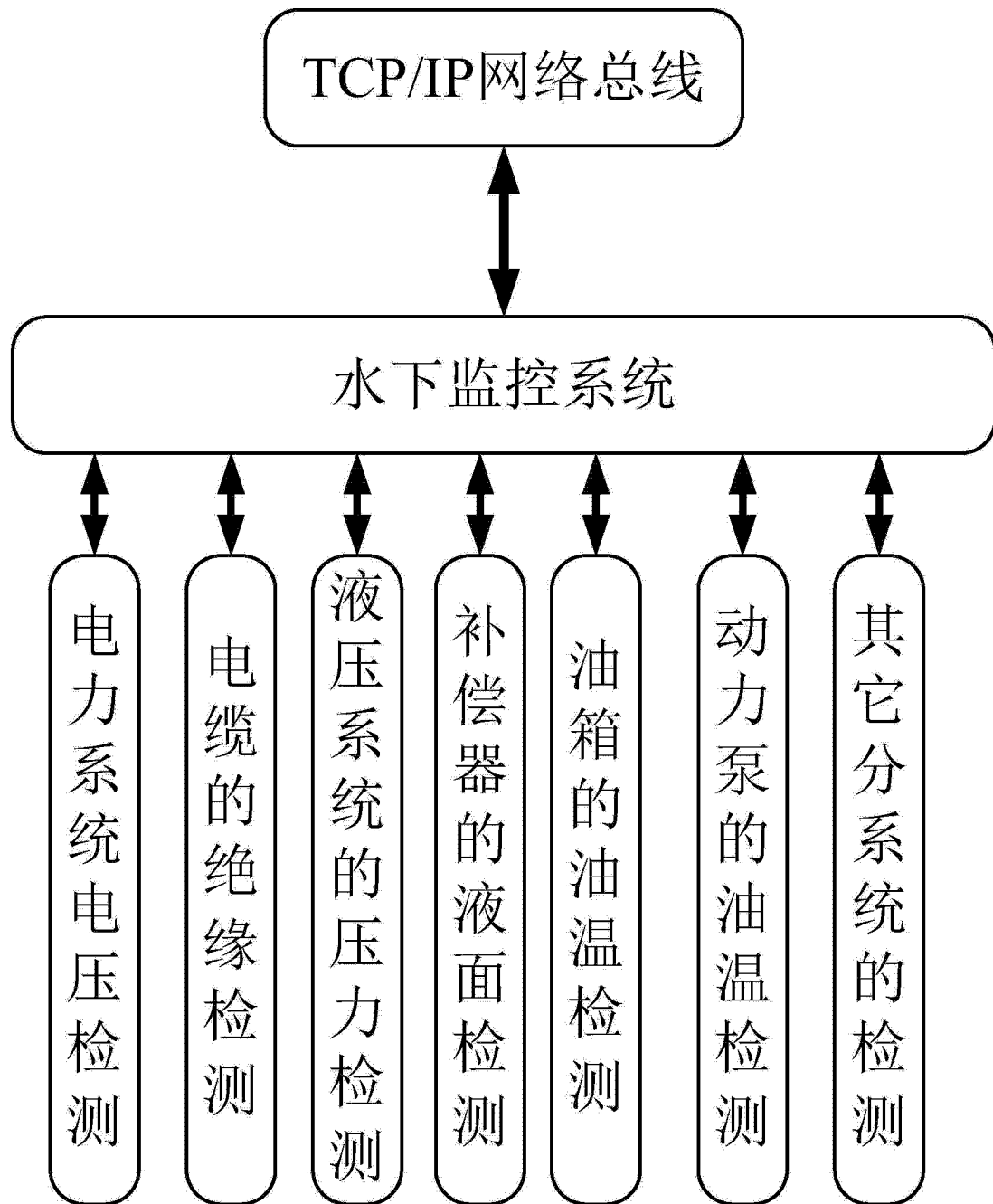


图 7

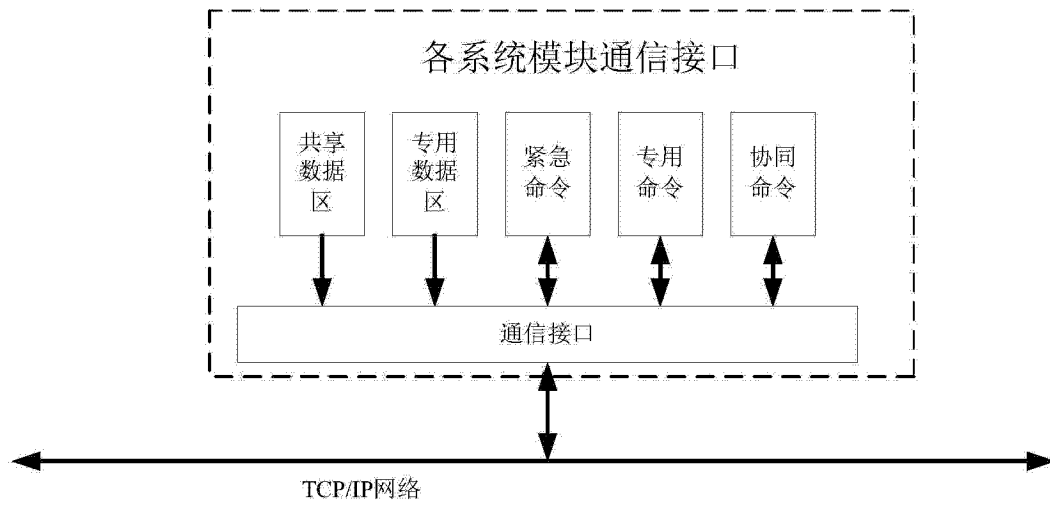


图 8