

## 胡寿根

作者：有故事的人 来源：范文网 [www.wtabcd.cn/fanwen/](http://www.wtabcd.cn/fanwen/)

本文原地址：<https://www.wtabcd.cn/zhishi/a/16781932665719.html>

范文网，为你加油喝彩！

清洗生蚝-授权协议



2023年3月7日发(作者：脾胃不好如何调理)

前混合磨料水射流水下排除爆炸物装置技术

王敬涛;张沙

【摘要】为了解决常用切割技术不适宜在水下作业的难题,从工程应用出发,运用数学建模分析、软件模拟仿真等方法,对前混合磨料水射流系统的水下切割技术进行了相关研究和仿真.研究表明,在预设加紧力200N的条件下,设计的装置可以搭载喷枪进行水射流水下排爆作业,水射流过程具有高能、冷态、点割、非接触等特点,可以对各种材料进行任意切割,尤其适合切割各种压敏、热敏材料以及在易燃易爆场合进行切割作业,为下一步实验奠定了理论基础.

To solve the problem that the frequently used cut technology is not suitable for underwater projects, underwater cut technology based on pre-mined abrasive water jet system was researched and emulated by mathematical modeling analysis and ch shows that under the condition of 200N force, the designed device can carry the nozzle to exclude the explosion underwater and the cut process has the features of high energy, cold conditions, water jet cut can cut various materials, especially press sensitive and hot

sensitivematerials,andworkontheinflammableandexplosiveoccasion.

Theresearchhasestablishedtheoreticalfoundationfornextexperiments.

【期刊名称】《解放军理工大学学报（自然科学版）》

【年(卷),期】2011(012)004

【总页数】4页(P393-396)

【关键词】前混合;磨料水射流;水下切割

【作者】王敬涛;张沙

【作者单位】解放军理工大学工程兵工程学院,江苏南京210007;解放军理工大学

工程兵工程学院,江苏南京210007

【正文语种】中文

【中图分类】TP69

磨料水流切割具有高能、冷态、点割、非接触等特点,因此可以对各种软、硬质材

料进行任意切割,尤其适合于切割各种压敏、热敏材料及在易燃易爆场合进行切割

[1]。杨清文等[2]对磨料水射流切割弹药外壳材料的安全性和效能进行了相关研究,

刘鹏安[3]通过实验作了弹体表面处理的可行性论证。由于磨料水射流水下切割的

作业情况复杂,因此所需考虑的因素众多。

首先,爆炸物的种类较多,形状比较复杂。爆炸物中有 260 ~ 500mm的航弹,也有

180 ~ 250mm的水雷,重量也大小不一,有些航弹重达650kg,给切割工作带来了

极大的困难。其次,由于水下淤泥的存在,爆炸物在水下的存在形态不一。第三,水下

切割不同于水上,由于水压、腐蚀、海流、潮汐、浪涌等特定水下因素的存在,因此

必须考虑在整套装置中加装一套水下监视装置,便于进行远程监控和操作。

本文在此基础上对前混合高压水射流水下切割技术进行了相关研究,并成功设计了

一套适应于水下作业的工作装置,以切割排除水下未爆航弹为例进行了研究。

## 1整体设计及分析

整套工作机构由夹持装置(图1)、切割装置(图2)和监视系统3部分组成。首先用

夹持装置将各种形态下的航弹夹持稳定,然后再利用由切割装置固定好的磨料水射

流切割枪对航弹进行切割,实现各种切割动作。工作时通过监视系统监视。

图1夹持装置Fig.1Equipmentofclamp

图2切割装置结构Fig.2Structureofcuttingmanipulator

### 1.1夹持装置

夹持装置部分共设有5个自由度,依次有底座的回转、大臂的俯仰、小臂的俯仰、

小臂的回转及腕关节俯仰。由于液压驱动具有响应快、输出力大、密封方便的特点,整个夹持部分采用液压驱动的方式,可以自由完成对航弹的夹持动作。夹持装置的夹钳安装有力觉传感器,满足各种规格的爆炸物夹持要求。

### (1)运动学分析

用 $4 \times 4$ 的齐次变换矩阵描述相邻两连杆的空间关系[4],建立运动学方程。为了方便,在各个连杆处建立了空间坐标系 $\{x_i, y_i, z_i\}$ ,连杆变换通式

式中:  $\theta_{i-1}$ 表示从 $z_{i-1}$ 到 $z_i$ 绕 $x_{i-1}$ 旋转的角度, $d_i$ 表示从 $x_{i-1}$ 到 $x_i$ 沿 $z_i$ 测量的

距离,  $\alpha_i$ 表示从 $x_{i-1}$ 到 $x_i$ 绕 $z_i$ 旋转的角度, $a_{i-1}$ 表示连杆 $i-1$ 的长度。

将各个连杆变换 $i-1iT(i=1,2,\dots,n)$ 相乘,得

是 $n$ 个关节变量 $d_i$ 、 $\theta_i$ 的函数,表示末端连杆坐标系 $\{n\}$ 相对于基坐标系 $\{0\}$ 的描述。

根据各关节位置传感器的输出,得到各关节变量的值,即可求出 $0iT$ 。

### (2)动力学分析

拉格朗日动力学描述是基于系统能量的概念的。对于任何机械系统,拉格朗日函数

$L$ 定义为系统总的动能 $E_k$ 与总的势能 $E_p$ 之差,即

式中: $q=(q_1q_2\dots q_n)$ 为动能和势能的广义坐标矩阵, $\dot{q}=(\dot{q}_1\dot{q}_2\dots\dot{q}_n)$ 为相应的广

义速度矩阵。操作臂所具有的动能是 $n$ 个连杆的动能之和:

等式右边第一项表示连杆质心线速度引起的动能,第二项是由于连杆角速度产生的

动能。 $v_{ci}$ 和 $w_i$ 是臂关节变量 $q$ 和关节速度 $\dot{q}$ 的函数,因此操作臂的动能是关节

变量和关节速度的标量函数,记为

式中, $D(q)$ 是 $n \times n$ 阶的操作臂惯性矩阵,为正定矩阵。连杆 $i$ 具有的势能

式中: $g$ 是重力加速度向量, $p_{ci}$ 是连杆 $i$ 质心的位置矢量。由于位置矢量 $p_{ci}$ 是关

节变量的函数,因此势能也为 $q$ 的标量函数,记为 $E_p(q)$ 。

利用拉格朗日函数 $L$ ,系统的动力学方程为:

式中,  $\tau$ 是 $n \times 1$ 的关节驱动力矩矢量。由于势能 $E_p$ 不显含 $\dot{q}$ ,因此动力学方程变为:

## 1.2 切割部分

由于切割手本身不需承载太大负荷,为使结构紧凑,减小机械手尺寸和重量,本身又与

夹持装置部分独立控制,宜采用电气驱动。一般用于水下机械手的电气驱动元件有

步进电机、直流力矩电机和直流伺服电机,其各自的适用性能如下:(1)步进电机不需

要位置反馈就可以实现开环位置控制,但步进电机的输出力矩一般比较小,要想获得

大的驱动力矩,电机的尺寸和重量都将比较大;(2)直流力矩电机驱动力矩较大,相应速

度也较快,需要通过闭环实现位置控制,但直流力矩电机的径向尺寸一般比较大;(3)直

流伺服电机的速度较高、结构紧凑,一般与减速器、编码器集成在一起,构成伺服机组,减速器的规格有标准的系列,可以根据需要的减速比和输出力矩选配。因此,本文采用内置减速器的无刷直流伺服电机组件作为驱动部件,可在夹持部分夹持稳定后独立完成对航弹的各种动作的切割工作。

### 1.3 监视系统

监视系统主要由3个部分构成:前端部分、显示部分、传输及控制部分[5]。将前端摄像头分别固定在夹持及切割装置上,选用适合高质量视频[6]传输需要的模拟微波无线传输方式,将信息传输回水上显示器,以便于进行航弹的夹持及切割工作。图3为监视系统组成系统示意图,图4为串口通信流程图。

图3监视系统组成示意图 Fig.3 Formsofthemonitoringsystem

图4串口通信流程图 Fig.4 Process of string communication

### 2 整体布置

工作机构中夹持部分工作的范围为以底座为中心的 1250 ~ 1950mm,相应切割装置机械手最大的伸展范围为 2000mm,以满足切割需要。在整套机构最底部,为将切割装置及夹持装置连接到大回转盘,可将整套机构与爆炸物的角度调为最佳后,对夹持及切割装置各自的底盘回转副进行调节,以达到成功夹持及切割的目的。

回转盘后夹持与切割装置的背后,是增加的配重、液压油箱以及添加了金刚砂的压

缩水箱。需要说明的是,夹持机械手夹持时要考虑给切割机械手预留切割空间。

下面论证一下整套装置的稳定性。

由图4可知,整套装置重心在空载荷的状态下,居于底盘外缘以内,可保持稳定状态。

当夹持手夹持航弹时,应满足

式中: $G_1$ 为航弹自重, $f_1$ 为航弹本身所受浮力, $h_1$ 为航弹重心到支撑点的力臂, $G_2$

为装置自重, $f_2$ 为整套装置本身所受浮力, $h_2$ 为装置重心到支撑点的力臂。

由式(2),可计算出在最大载荷状态下为保持装置稳定性所需要的装置自重,进而可通

过在装置尾部增加配重、增大液压油箱等方法来满足要求,达到整体稳定的目的。

本文通过catia三维软件[7]进行建模,并读出各个机构的重心G位置和质量以及联

接点Port的坐标值(即输入各机构的位置坐标信息),然后通过amesim软件建立机

械手局部模型,如图5所示。该模型由一个三位四通的比例阀控制机械手夹持液压

缸,通过夹持手上的力传感器,动态反馈实时夹持力,通过PID控制器进行控制,因此

能够实现对夹持力进行精确控制,预设加紧力仿真曲线如图6所示(预设的加紧力为

200N)。



图5Amesim模型Fig.5Theamesimmodel

图6预设加紧力仿真曲线Fig.6Clampingforceoftheprejudication

### 3结论

(1)进行了夹持装置结构设计的运动学分析和动力学分析,建立了相关数学模型;

(2)对切割装置中作业电机的选择原则进行了分析,提出本系统采用内置减速器的无

刷直流伺服电机组件作为驱动部件;

(3)设计了水下视频监控系统,建立了视频数据的串口通信系统,便于作业的实时观测

和对紧急情况的处理;

(4)建立了系统模型,并进行了仿真,结果表明利用此工作装置在预设加紧力条件下能

满足作业相关要求。

### 参考文献:

[1]曾锐,王广旭,顾晓峰.前混合磨料水射流系统流化器密封套筒的选材[J].润滑与密

封,2007,32(9):i,WANGGuang-xu,alfor

theabrasive-liquiddevicessealedsheathofpremixedabrasivewaterjet

system[J].LubricationEngineering,2007,32(9):32-36.(inChinese).

[2]杨清文,王晓敏.前混合磨料水射流切割钢板和混凝土的实验研究[J].兵工学

报,2005,26(1):ng-wen,mentalstudy

on the cutting of steel and concrete with the premixed abrasive jet[J]. Acta

Armamentarii, 2005, 26(1): 56-61. (in Chinese).

[3] 刘鹏安. 高压水射流技术在弹药表面除油中的应用[J]. 表面技术, 2010, 39(1): 44-

ation of high pressure water jet in ammunition

surface degreasing[J]. Surface Technology, 2010, 39(1): 44-47. (in Chinese).

[4] in study of metal cutting with abrasive water

jet[J]. Trans ASME, 1984, 96(1): 88-100.

[5] in transition in turbulent flows[J]. Journal of

Fluid Mechanics, 2000(409): 90-98.

[6] 赵春红, 秦现生. 高压水射流切割技术及其应用[J]. 机床与液压, 2006, 3(2): 68-

un-hong, g technology and application

of high pressure water jet[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2006, 3(2): 68-71. (in

Chinese).

[7] 胡寿根. 冲蚀试样性能分析及水下高围压射流试验研究[J]. 机械工程学

报,2000,36(6):nsampleperformanceanalysis

andunderwaterhighconfiningpressurejetexperimentalstudies[J].Journal

ofMechanicalEngineering,2000,36(6):95-98.(inChinese).

更多 在线阅览 请访问 [https://www.wtabcd.cn/zhishi/list/91\\_0.html](https://www.wtabcd.cn/zhishi/list/91_0.html)

文章生成doc功能，由[范文网](#)开发