

DOI: 10.3969/j.issn.1001-3881.2013.16.037

φ56 组合锚绞机恒张力液压控制系统的设计与分析

周忠旺, 赵林林

(江苏财经职业技术学院机械与电子工程系, 江苏淮安 223003)

摘要: 通过分析液压组合锚机工作状态, 设计锚机主泵控制系统和辅泵控制系统。主泵控制系统设计采用手动比例复合阀控制马达转速, 调节收(放)缆速度; 采用单向顺序阀作平衡阀, 防止在放缆时因转速过快而脱缆; 使用3个高压球阀, 确保左右两侧主泵正常运行。辅泵控制系统设计采用溢流阀控制缆绳张力, 采用补油装置控制马达反转转速, 手动二位四通换向阀控制主泵和辅泵的工作状态, 使系统运行可靠。

关键词: 组合锚机; 恒张力; 液压控制

中图分类号: TH137 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-3881(2013)16-122-5

Design and Analysis of Constant Tension Hydraulic Control System of φ56 Combined Windlass

ZHOU Zhongwang, ZHAO Linlin

(Department of Electronics Engineering, Jiangsu Vocational and Technical College of Finance & Economics, Huaian Jiangsu 223003, China)

Abstract: The main pump control system and the auxiliary pump control system are designed by analyzing the working status of hydraulic combined windlass. The main pump control system was designed by adopting a manual proportioner to control motor speed and regulate the bull-wire speed; one way sequence valve for balanced valve to prevent the cable laying in high speed and release; three high-pressure valves to ensure the left and right sides of the main pump to operate normally. The auxiliary pump control system was designed by using overflow valve to control cable tension and by recharging oil device to control the reverse motor speed and by manual two-position four-way direction valve to control the main pump and auxiliary pump working station. The hydraulic control system is made running reliably.

Keywords: Combined windlass; Constant tension; Hydraulic control

大型船舶在系泊期间, 由于潮水的涨落、吃水的变化、风力的改变等原因, 经常需要甲板值班人员调整缆绳的张弛程度, 即人工松出和收紧缆绳。由于人工操作, 不仅麻烦费事, 而且不可能做到使每一根缆绳所受的张力完全一致, 因此在系泊期间可能造成某一根缆绳张力过大而拉断, 这样其他缆绳的负荷立即增大, 处于危险状态。为此, 有必要在组合锚绞机上设计具有恒张力装置的液压控制系统, 以实现自动调整绞缆的张力, 在缆绳拉力过大时自动放松, 而缆绳松弛时又能自动收紧。

1 组合锚绞机的应用

系泊设备主要由锚绞机、系缆机、带缆桩、导缆钳(或导缆孔)组成。大多数船舶, 在船首处将锚机和绞缆机置于一处, 实现一机两用, 称为组合锚机; 而在船尾设置一台绞缆机。如图1所示, 带缆桩

固定在岸边, 船舶停靠码头时, 由锚机(系缆机)通过系缆索与带缆桩固定, 对于某些大型船舶, 为更可靠系泊, 其锚机、系缆机左右对称, 分别选用左右锚机和左右系缆机。

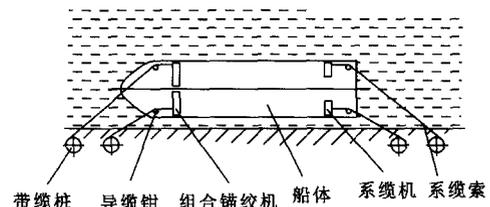


图1 船舶设备的系泊

2 组合锚绞机液压系统设计

2.1 主系供油液压系统设计

2.1.1 单侧起锚系缆时液压系统设计

设计时只要使锚链轴旋转就可以, 而起锚和系缆

收稿日期: 2012-07-28

作者简介: 周忠旺(1966—), 男, 副教授, 高级工程师, 主要从事机械设计与制造、模具 CAD/CAM 教学科研工作。
E-mail: zzw99530@163.com。

动作由离合器操纵控制。锚链轴的旋转由旋转马达带动, 液压马达在排量既定时, 扭矩与工作油压成正比。因此, 只需能控制马达的工作油压, 就能控制马达扭矩, 实现操纵起锚和系缆动作。

如图 2 所示, 液压系统主要包括动力元件、执行元件和控制元件。

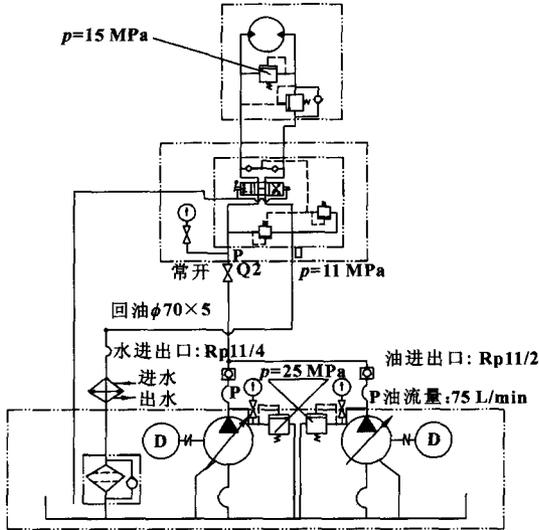


图 2 单侧起锚系缆时液压系统控制图

各元件的作用如下:

动力元件: 考虑到安全因素, 为保证在 1 个柱塞泵损坏状况下不能影响主机工作, 因此使用 2 个柱塞泵并联来驱动马达旋转。在泵的出口处安装溢流阀, 控制系统中的压力保持基本恒定, 实现调压、稳压或限压作用。

执行元件: 液压马达 (既驱动锚机又驱动系缆机, 转速范围为 0 ~ 60 r/min, 起锚时工作油压 16 MPa, 系缆时工作油压 25 MPa, 起执行机构作用), 并联一个顺序阀 (调定压力为 15 MPa), 串联了一个单向顺序阀 (又称为平衡阀)。平衡阀串联的作用是限制液压马达反转不能过快。当反转过快变成泵运行, 进口油压降低使平衡阀关闭迫使油马达停止, 直至进口油压回复才重新开启, 继续反转; 顺序阀作用是负荷过载时液压油从顺序阀流过, 不经马达, 从而保护马达。

控制元件: 采用手动比例复合阀 (由两个单向阀、两个顺序阀和一个 H 型中位机能手动三位四通换向阀组成)。通过操纵比例阀手柄, 可以无级控制液压油流量, 从而控制马达转速。

2.1.2 左右两侧起锚系缆时液压系统设计

在大型船舶中, 船头通常使用两个锚绞机并分别左右布置。其液压控制系统是在单侧液压系统的基础上对称布置一个, 两组并联使用, 如图 3 所示。

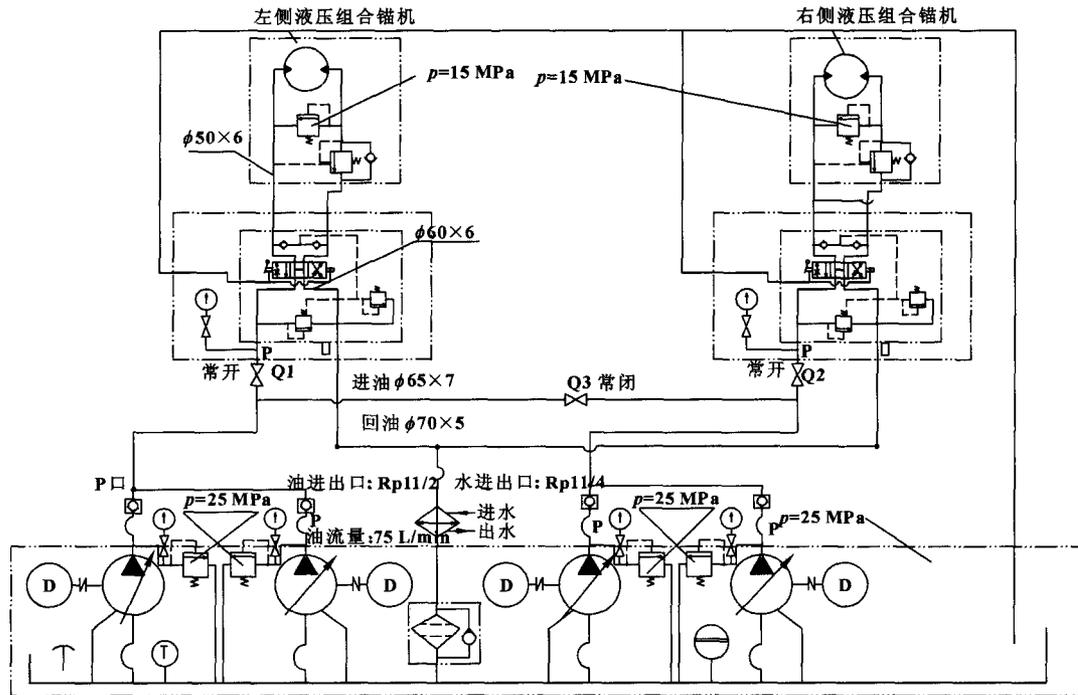


图 3 左右两侧起锚系缆时液压系统控制图

但设计时注意以下几点:

(1) 左右两侧分别使用两组 (各 2 个) 柱塞泵供应液压油, 一组正转, 另一组反转, 分别带动左右马达绕同一转向旋转。

(2) 为防止左右柱塞泵发生故障, 在左右两侧的动力源中选用 2 个柱塞泵并联使用作为动力, 在 1 个柱塞泵损坏状况下不能影响主机工作, 确保主机安全运行。

左右两组液压泵互用，确保主机正常运行。如图 3 所示，在进油路中设置 3 个高压球阀。正常工作时，Q1 和 Q2 打开，Q3 关闭。应急时，两台泵组互为备用，即用一台泵分别对左右锚机供油，比如当右泵组发生故障时，可用左泵组供油使右机工作，此时 Q1 应关闭，Q2 和 Q3 打开，或在 Q1 打开，Q2 和 Q3 关闭时，左泵组供油使左机工作。此时左右两个锚机分别工作，如果需要左右锚机同时工作，需要将三个高压球阀全部打开，但锚机的速度和负载将会降低；同理当左泵组发生故障时，可用右泵组供油使左机工

作，此时，Q2 应关闭，Q1 和 Q3 应打开，或在 Q2 打开，Q1 和 Q3 关闭时，右泵组供油使右机工作。

2.2 辅泵供油液压系统——恒张力液压系统设计

如图 4 所示，在图 2 主泵供油的基础上，增加一组控制系统（右侧所示），与主泵并联供油。但主泵和辅助泵不同时工作，通常把正常系统时的供油称为主泵供油，而把自动张紧时的供油称为辅泵供油。主泵控制锚缆机旋转，实现起锚系统，而辅泵实现自动张紧，控制缆绳张力在一定范围内，从而保持缆绳张力的恒定。

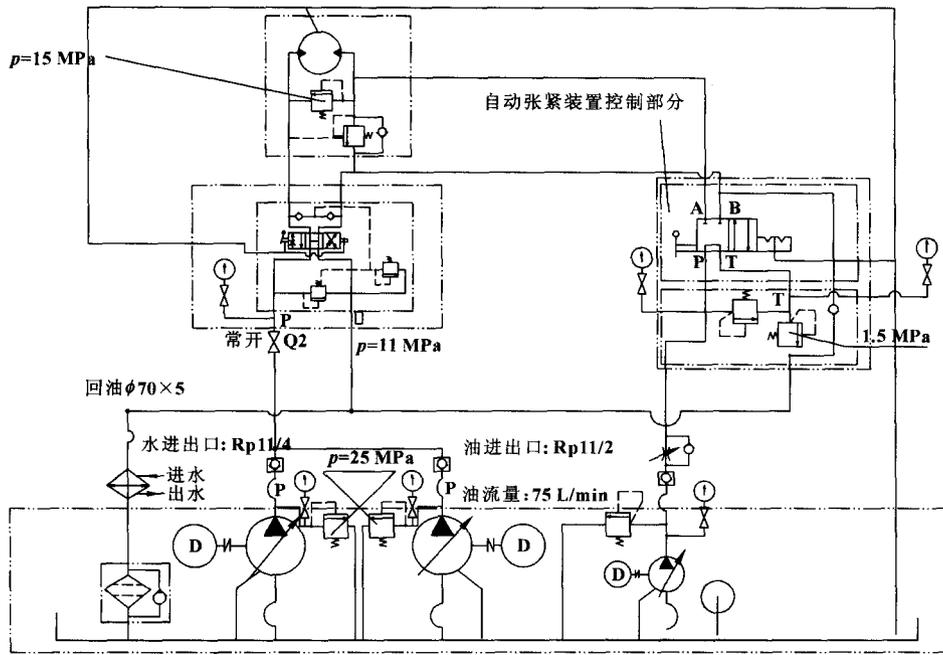


图 4 单侧恒张力液压系统控制图

在辅泵工作状态，使用 1 个柱塞泵供油，2 个溢流阀控制液压油流向，通过 1 个补油回路保证马达反转速度不能太高，其执行元件（马达）与主泵回路的执行元件共用同一个马达。

2.3 液压控制系统设计

根据以上分析，组合锚缆级液压控制系统如图 5 所示。

如图 5 所示，动力元件由 4 个主泵（两两并联后分别控制左右两侧锚绞机的主泵供油）和 1 个辅泵（左右两侧锚绞机的辅泵供油）等组成；执行元件主要是左右 2 个马达；控制回路主要由 4 个部分组成，即左右主泵供油控制油路和左右辅泵控制油路；其他元件主要有油箱、过滤器、温度计等。

左右主泵回路、辅泵回路对称布置，分别操纵液压马达的转动，通过手动换向阀来切换主泵供油和辅泵供油两种状态。

3 液压系统工作过程

3.1 手动收缆工况

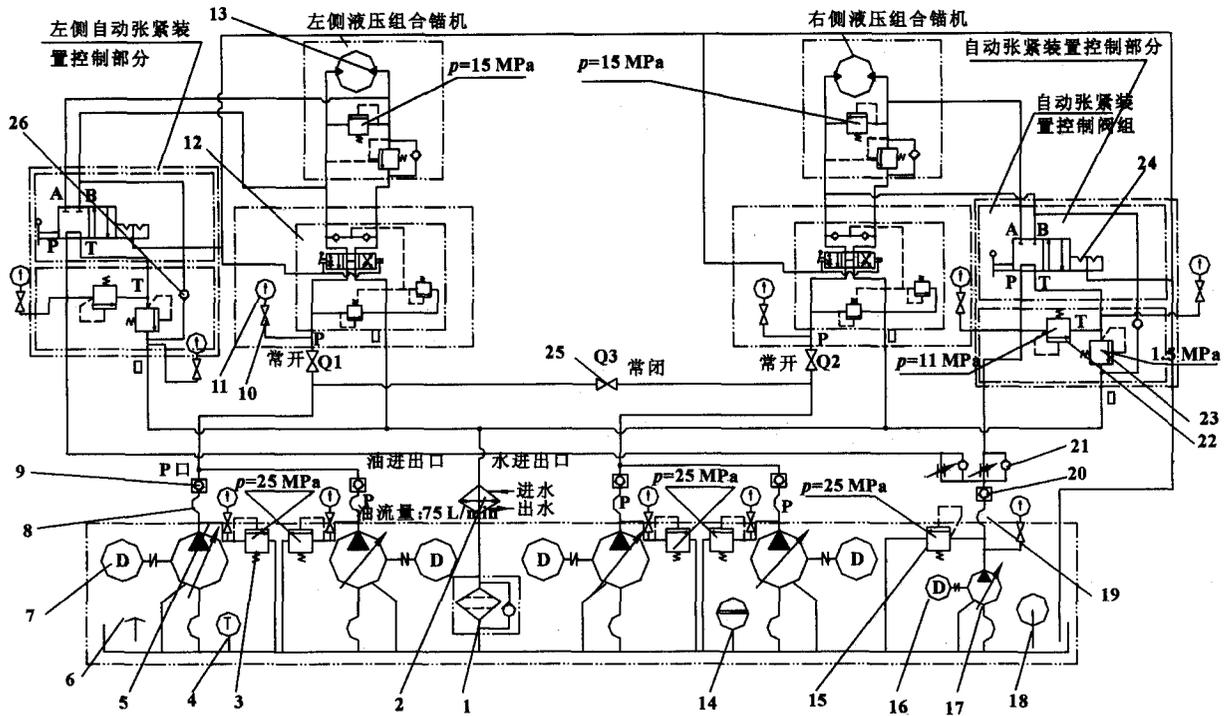
手动收缆的工作原理如图 5 所示。

正转收缆：手动换向阀 24 工作在左侧，辅泵 17 停止运转，阀 12 工作在右位，主泵排出的油液带动马达正向转动收缆，直到缆绳张力相对应的油压达到溢流阀调定压力 15 MPa 时，开启溢油，进入停止状况。

进油：主泵 5→直通单向阀 9→手动比例复合阀 12 的右位→单向顺序阀→液压马达的进油口

回油：液压马达的回油口→手动比例复合阀 12 的右位→冷却器 2→过滤器 1→油箱

收缆的工作速度决定于缆索张力即工作油压。张力越大，油压越高，使变量油泵的排量越小，液压马达转速就越低，直至停转，以防止收缆时张力过大。



1—回油过滤器 2—耐海水冷却器 3、15、22、23—溢流阀 4—液位液温计 5—柱塞泵 6—空气过滤器 7、16—电动机
8、19—软管总成 9、20、26—直通单向阀 10—压力表开关 11—压力表 12—手动比例复合阀 13—液压传动装置
14—液位继电器 17—柱塞泵 18—温度传感器 21—单向节流阀 24—手动换向阀 25—高压球阀

图 5 液压系统控制图

3.2 停止工况

手动换向阀 24 工作在左侧, 辅泵 17 停转, 阀 12 工作在中位。利用该阀的 H 型中位机能, 使各个油口全部连通, 液压缸浮动, 液压泵卸荷。

泵出口→阀 12 中位→冷却器→过滤器→油箱

3.3 手动反转放缆

手动换向阀 24 工作在左侧, 辅泵 17 停止运转, 阀 12 工作在左位。

进油: 主泵→阀 12 的左位→马达正转时的回油口

回油: 马达正转时的进油→单向顺序阀→阀 12 的左位→冷却器→过滤器→油箱

3.4 自动调节张力工况 (恒张力状态)

手动换向阀 24 工作在右位, 此时主泵不工作, 辅泵工作。

若缆绳松弛 (低于额定张力 75 kN), 则辅泵 17 油压较低, 溢流阀 22 关闭, 液压油经 24A 口供入液压马达, 马达回油经手动换向阀 24 的右位 B 口、溢流阀 23 和冷却器 2、滤油器 1 回入油箱, 此时马达正转收缆。溢流阀 23 控制马达回油为 1.5 MPa。

进油: 辅泵→单向阀 20→节流阀 21→阀 24 的右位→液压马达

回油: 液压马达→阀 24 右位→阀 23→冷却器 2→过滤器 1→油箱

随着缆绳收紧, 张力增大, 工作油压升高, 收缆速度因系统内漏泄量增大而略有降低。当缆绳达到额定张力 75 kN 时 (工作压力达到溢流阀 22 的调定压力 11 MPa), 辅泵排油全部经阀 22、阀 23、冷却器 2, 溢回油箱, 马达停转, 缆绳速度为零。

张力在 75 ~ 80 kN 之间, 缆绳不动, 工作油压不变;

辅泵→阀 22→阀 23→冷却器→油箱

若缆绳张力超过 80 kN (额定张力和传动机构的摩擦力之和), 则马达反转, 放出缆绳。马达排油从阀 24 的 A 口流回, 与辅泵排油一起从阀 22 溢回油箱; 若缆绳张力进一步增大, 则工作油压进一步升高, 溢流阀溢流量增大, 松缆速度加快。同时, 阀 24 部分溢油经 B 口由马达吸回 (补油), 其余油液由阀 23 控制流回油箱, 可保证马达不至吸压过低。

4 液压锚绞机性能曲线分析

如图 6 所示, 随着缆绳收紧, 张力增大, 工作油压 p 升高, 收揽速度 v 因系统内漏泄量增大而略有降低。当工作压力接近溢流阀 22 的调定压力 p_n (11 MPa) 时, 阀 22 开启, 收揽速度迅速降低。当油压达溢流阀 22 的调定压力 p_n 时, 缆绳达到额定张力 75 kN (相当于 A 点), 辅泵排油全部经阀 22、阀 23、冷却器 2 溢回油箱, 马达停转, 缆绳速度为零。

当缆绳张力增高至 80 kN (相当于 B 点) 时, 达

到缆绳达到额定张力 75 kN 和传动机构摩擦力之和, 张力在 75 ~ 80 kN 之间时, 缆绳止住不动, 工作油压不变。若缆绳张力超过 80 kN, 则马达反转松出缆绳, 马达排油从阀 24 的 A 口流回, 与辅泵排油一起从溢流阀 22 溢回油箱。这时若缆绳张力进一步增大, 则工作油压进一步提高, 溢流阀开度和溢流量加大, 松缆速度加快。同时, 阀 22 部分溢油经阀 24 的 B 口油马达吸回, 其余溢油由背压阀 23 控制流回油箱, 可保证马达不致吸压过低。

自动绞缆时缆绳最大张力 80 kN 不应超过缆绳强度的允许值, 而张力 75 kN 应满足系缆作业的需要。调低或调高溢流阀 22 的调定压力, 则缆绳张力 F_A 和 F_B 相应减小或加大, 性能曲线随点 A、B 一起向左或向右平移。

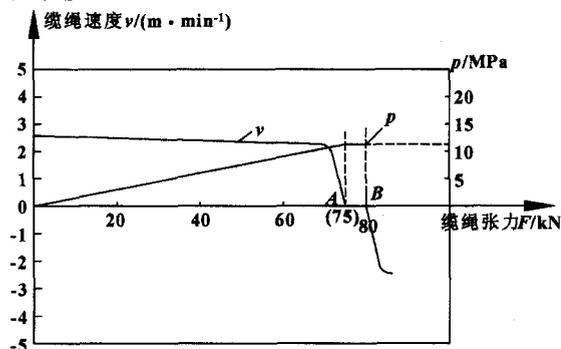


图 6 液压锚绞机性能曲线

5 结束语

(1) 采用手动收放缆和自动控制收放缆两种工况, 是各自独立的, 不会相互影响。

(2) 两台电机泵组可以互为备用, 当一侧主泵出现故障时, 能利用高压球阀 Q1、Q2、Q3 的开关, 保证两侧系统正常工作。

(3) 设计恒张力自动控制装置系统, 确保缆绳

(上接第 17 页)

5 结束语

孔距校正定位夹具先后应用在公司落地式铣镗床、刨台式铣镗床、龙门式镗床滑枕前端面的功能附件安装孔的加工上, 实际使用结果证明: 该夹具保证了安装孔的高位置尺寸精度要求, 提高了功能附件自动更换的可靠性, 保证了功能附件的加工精度, 提高了机床的自动化程度、加工效率和销售附加值, 为公司带来了良好的经济和社会效益。

对于类似孔距精度较高零件的孔加工, 除了采用高精度机床加工外, 可以通过设计简单的工装夹具在普通机床上加工, 以降低加工成本和提高设备利用率。采用结构简单、成本较低的方案有效地解决问题也是工程技术人员一贯追求的目标。

参考文献:

【1】黄天铭. 机械制造工艺学[M]. 重庆: 重庆大学出版社,

张力控制在 75 ~ 80 kN 之间。

(4) 自动控制装置系统设计有恒压补油和超压泄油装置, 起恒张力控制作用, 最大收放缆张力可以由溢流阀调定。

(5) 采用了柱塞泵、节流阀、背压阀容积式节流调速回路。用变量泵供油可使空载时获得快速, 效率高, 功率利用合理。正转时, 负载增加, 泵的流量会自动减小, 且无溢流损失; 用节流阀可以对速度实现控制; 回油路上串联了调定压力为 1.5 MPa 的顺序阀, 可起到背压作用。

(6) 调压回路中, 系统的最高压力由并联在马达的溢流阀调定, 防止系统过载。

(7) 在平衡回路中, 采用单向顺序阀作平衡阀, 防止在放缆时, 因转速过快而脱缆, 且工作稳定、可靠。

(8) 整个系统的换向阀采用闭式回路、手动换向, 运行可靠。

参考文献:

【1】郑士君, 孙永明. 船舶辅机教程[M]. 大连: 大连海事大学出版社, 2003.

【2】高翔. 舰船辅助机械[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.

【3】费千编. 船舶辅机[M]. 大连: 大连海事大学出版社, 1998.

【4】许贤良, 千传礼. 液压传动[M]. 北京: 国防工业出版社, 2011.

【5】王以伦, 王成敏. 液压传动[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2005.

【6】邱和平. 船用绞缆机模块化设计的探索研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2007.

【7】王晓兰. 恒张力液压滚筒绞车机群液压驱动系统设计及分析[D]. 天津: 天津理工大学, 2011.

【8】陈心响. 船舶锚机绞缆机液压驱动系统系列化设计研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2008.

1988.

【2】东北重型机械学院, 洛阳工学院, 第一汽车制造厂职工大学. 机床夹具设计手册[M]. 2 版. 上海: 上海科学技术出版社, 1988.

【3】王伯平. 互换性与测量技术基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.

【4】王启平. 机床夹具设计[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1996.

【5】上海柴油机厂工艺设备研究所. 金属切削机床夹具设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1984.

【6】徐灏主编. 机械设计手册(第 1 卷)[M]. 北京: 机械工业出版社, 1991.

【7】郑玉华, 林跃. 用定位误差尺寸链解算定位误差的方法[J]. 机械设计与制造, 1998(4): 36-37.

【8】李永祥. 定位误差的尺寸链解法探讨[J]. 机械设计与制造, 2005(7): 37-38.