

中华人民共和国国家标准

GB/T 21412.8—2010/ISO 13628-8:2002

石油天然气工业 水下生产系统的设计和操作 第 8 部分：水下生产系统的水下机器人 (ROV) 接口

Petroleum and natural gas industries—Design and operation of
subsea production systems—Part 8: Remotely Operated
Vehicle (ROV) interfaces on subsea production systems

(ISO 13628-8:2002, IDT)

2010-09-02 发布

2010-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	V
引言	VI
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	2
4 维修原则和功能要求	2
4.1 概述	2
4.2 使用 ROV 维修	2
4.3 ROV 维修任务类型	3
4.4 水下设施系统设计	7
5 性能设计	9
5.1 概述	9
5.2 材料	9
5.3 承载能力	9
5.4 操作力或扭矩	9
5.5 提升装置	10
5.6 质量控制	10
5.7 温度等级	10
5.8 颜色和标记	10
6 设计注意事项	10
6.1 概述	10
6.2 概念设计	10
6.3 详细设计	11
6.4 期望的设计特性	13
6.5 不期望出现的设计特性	14
7 ROV 接口和水下系统	14
8 作业注意事项	17
9 显示系统	17
10 材料选择	17
10.1 概述	17
10.2 选择标准	17
11 文件记录	18
11.1 概述	18
11.2 设备设计	18
11.3 测试	18
11.4 信息反馈	18

12 ROV 接口	18
12.1 概述	18
12.2 稳定性	18
12.3 机械手操作把柄	23
12.4 TDU 把柄	23
12.5 旋转(低扭矩)接口	24
12.6 旋转(大扭矩)接口	25
12.7 线性(推进)接口——类型 A 和类型 C	27
12.8 线性(推进)接口——类型 B	28
12.9 旋转对接接口	29
12.10 液压连接即插式接头接口类型 A——69 MPa(10 000 psi)工作压力等级	31
12.11 液压连接即插式接头接口类型 B	32
12.12 旋转液动接头	33
12.13 CCO(部件更换)接口	34
12.14 提升心轴	39
12.15 电液跨接管操作接口	40
附录 A(资料性附录) 工作级 ROV 技术要求概况	44
附录 B(资料性附录) 通道	45
附录 C(资料性附录) 机械手操作能力范围	46
附录 D(资料性附录) 末端受动器的替代设计形式	47
附录 E(资料性附录) 出油管回接系统	49
参考文献	50
图 1 典型工作级 ROV 的操作结构	3
图 2 典型采油树上的 ROV 和接口	3
图 3 两对接点 TDU 装置	4
图 4 单对接点 TDU 装置	5
图 5 ROV 工具作业接口的常规设计步骤	12
图 6 保持 ROV 稳定的抓握柄	19
图 7 对接插头和插孔	20
图 8 对接插孔载荷图	21
图 9 典型的双对接点 TDU 工具的能力范围	22
图 10 典型的单对接点 TDU 工具的能力范围	22
图 11 机械手把柄	23
图 12 TDU 把柄	24
图 13 低扭矩插孔	25
图 14 大扭矩插孔	26
图 15 线性推进接口类型 A	27
图 16 线性推进接口类型 C	28
图 17 线性推进接口类型 B	29
图 18 旋转扭矩插孔	30
图 19 即插式接头连接接口类型 A 的总体布置图	32
图 20 母扣插孔类型 A	33

图 21	即插式接头连接类型 B	33
图 22	旋转液动接头	34
图 23	CCO(用于结构组件更换)	36
图 24	CCO 接口的结构形式	37
图 25	CCO 锁合杆详图	38
图 26	CCO 锁合及配置系统	38
图 27	可供选择的 CCO 接口布置形式	39
图 28	与 CCO 接口有关的提升心轴	39
图 29	提升心轴	40
图 30	机械手连接操作	41
图 31	TDU 连接的操作	41
图 32	多点连接跨接管对接盘	42
图 33	在没有接合和接合状态的典型跨接管	43
图 34	用于跨接管操作的抓爪和扭矩工具组合的能力范围	43
图 B.1	间隙大小	45
图 C.1	典型的五功能机械手的能力范围	46
图 C.2	典型的七功能机械手的能力范围	46
图 D.1	末端受动器可选择的剖面形式	47
表 1	推荐的空间要求及进入结构物内的垂直深度	9
表 2	典型的对接参数	21
表 3	旋转驱动器维修设备等级	30
表 4	图 18 中插孔类型 1 至类型 7 的尺寸	31
表 A.1	ROV 工具类别	44

前 言

GB/T 21412《石油天然气工业 水下生产系统的设计和操作》目前包括以下 9 个部分：

- 第 1 部分：一般要求和推荐做法；
- 第 2 部分：水下和海洋使用的挠性管系统；
- 第 3 部分：过出油管(TFL)系统；
- 第 4 部分：水下井口和采油树设备；
- 第 5 部分：水下脐带缆；
- 第 6 部分：水下生产控制系统；
- 第 7 部分：完井/维修立管系统；
- 第 8 部分：水下生产系统的水下机器人(ROV)接口；
- 第 9 部分：遥控操作工具(ROT)维修系统。

本部分是 GB/T 21412 的第 8 部分。

本部分等同采用 ISO 13628-8:2002《石油天然气工业 水下生产系统的设计和操作 第 8 部分：水下生产系统的水下机器人(ROV)的接口》(英文版)。

本部分等同翻译 ISO 13628-8:2002。

为便于使用，本部分做了下列编辑性修改：

- “ISO 13628 的本部分”改为“GB/T 21412 的本部分”；
- 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”；
- 删除国际标准的前言和引言；
- 规范性引用文件增加了在正文中引用的两个标准：GB/T 21412.1 和 ISO 13628(所有部分)；
- 计量单位以我国法定计量单位为主，即我国法定计量单位值在前，英制单位的相应值标在其后的括号内(为不改变原标准公式、曲线的形状特征、常数和系数，原使用英制单位的，仍沿用英制单位)。

本部分的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 和附录 E 均为资料性附录。

本部分由中国石油天然气集团公司提出。

本部分由全国石油天然气标准化技术委员会(TC 355)归口。

本部分起草单位：中海石油(中国)有限公司研究中心。

本部分主要起草人：李玉光。

引 言

GB/T 21412 的本部分内容主要提出了水下生产系统的 ROV 接口的技术要求,不涉及利用钻杆或导向缆收放的专门工具即遥控操作工具(ROT)进行的维修作业,仅在情况合适时作为 ROT 接口的参考。水下生产系统的接口对 ROT 工具和 ROV 同等适用。

石油天然气工业

水下生产系统的设计和操作

第 8 部分:水下生产系统的水下机器人 (ROV)接口

1 范围

GB/T 21412 的本部分给出了用于石油天然气工业水下生产系统的水下机器人接口的功能要求和指南,既可用于水下生产设备的水下机器人接口的选择和使用,也为接口的设计和操作要求提供指导,以便将标准设备和设计原则的潜力发挥到最大化。ROV 作业系统可根据接口提供的水下系统的可识别的信息进行对接和动作,而这些信息正是设计水下生产系统接口时需要考虑的。本部分提出的框架性和详细的技术要求将让使用者能在特定应用条件下正确选择接口。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 21412 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 21412.1 石油天然气工业 水下生产系统的设计和操作 第 1 部分:一般要求和推荐做法 (GB/T 21412.1—2010,ISO 13628-1:2005,IDT)

ISO 10423 石油天然气行业 钻采设备 井口和采油树设备

ISO 13628(所有部分) 石油天然气工业 水下生产系统的设计和操作

3 术语、定义和缩略语

下列术语、定义和缩略语适用于本部分。

3.1 术语和定义

3.1.1

功能要求 functional requirement

为达到给定目标而应满足的最低标准。

注:功能要求以性能为导向、可应用于广范的开发概念。

3.1.2

指南 guideline

在综合考虑合适的法定要求、行业标准、标准做法和原则的基础上推荐公认做法。

3.1.3

制造商 manufacturer

负责接口制造的公司。

3.1.4

操作者 operator

操作 ROV(包括供应商)的公司。

3.1.5

遥控操作工具; ROT remotely operated tool; ROT

一种通常由提升缆或钻柱上收放的专用工具。

注: 横移能通过导向缆、专用推进器或 ROV 协助完成。

3.1.6

水下机器人; ROV remotely operated vehicle; ROV

一种能在水下浮游的机器, 可完成诸如阀门的操作、液压操作和其他常规任务。

注: ROV 也能携带工具包执行诸如柔性出油管 and 脐带缆的回接和连接, 以及部件更换等特定任务。

3.2 缩略语

CCO 部件更换

FAT 出厂验收试验

FMECA 失效模式影响及临界状况分析

HIPPS 高完整管线保护系统

MQC 多用快速接头

MTBF 平均无故障工作时间

ROV 水下机器人

ROT 遥控操作工具

SCM 卫星井控制模块

TDU 工具收放装置

4 维修原则和功能要求

4.1 概述

进行水下生产系统的接口设计时, 需要制定维修原则, 包括作业内容、每项任务采用的维修方法、使用工具类型、为有效完成维修任务而通过对接或定位使 ROV 保持稳定的方法, 以及对接近通道的要求。维修原则宜综合考虑不同维修任务, 使之合理化, 以便采用统一的方法, 使一系列维修任务得以完成。

一旦需要完成的维修任务确定, ROV 维修方式宜随之建立。

图 1 至图 34 给出了不同的 ROV 系统及接口。

4.2 使用 ROV 维修

ROV 是能浮游的水下机器, 能执行诸多水下作业任务, 比如阀门操作、液压操作和其他一些常规任务。ROV 也能携带工具包执行特定的任务, 如出油管、脐带缆与刚性管线短节的回接和连接以及部件更换。ROV 主要有以下 5 种执行维修任务的方式:

——使用机械手直接操作接口;

——使用机械手握持工具;

——使用 TDU;

——使用双缆(使用 ROT);

——使用成缆工具或框架。

接口工具宜尽可能设计成能可用多种 ROV 作业, 而不仅限于一种, 这样能增大 ROV 和维修船提供使用的机会。典型的 ROV 如图 1 所示。

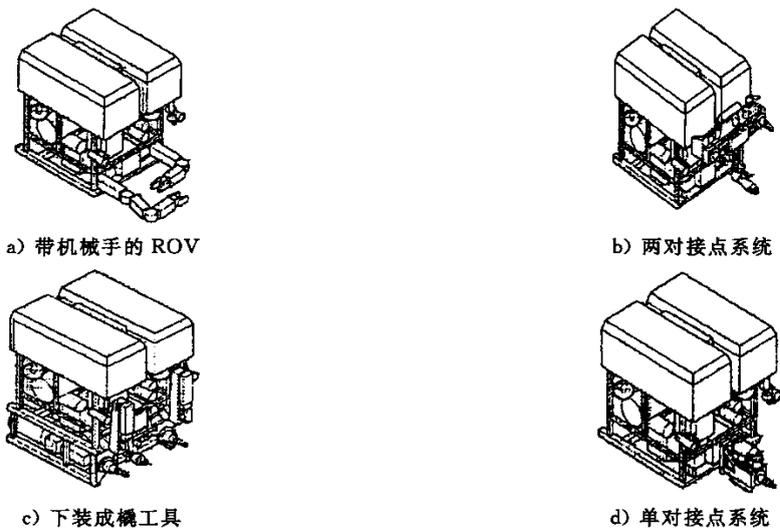


图 1 典型工作级 ROV 的操作结构

ROV 及典型采油树上的接口如图 2 所示。

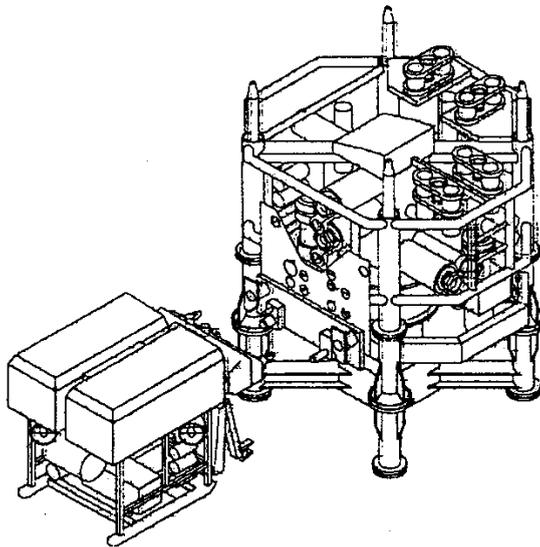


图 2 典型采油树上的 ROV 和接口

4.3 ROV 维修任务类型

4.3.1 带机械手的 ROV 维修

机械手是可自由活动关节的机械臂(如图 1 所示),机械臂与 ROV 本体相连。机械臂的关节越多,其自由度越大,因而用途更多。

在机械臂的末端有一个抓爪,它通常由 2~3 个手指组成,用于执行作业或稳定 ROV 时抓握把柄、物体和结构部件。

当 ROV 作业时,能带 2 个机械手,一个用于 ROV 自身的稳定,另一个用于作业。

由 ROV 作业的机械手系统在功能性和可控制性方面会有很大变化。当使用 ROV 机械手或机械手握持工具完成水下生产系统的任务时,需要特别考虑以下几个方面的问题:

——接口的位置应在机械手的工作范围(典型的机械手工作范围参见附录 C);

- 工具本体与机械手握持工具的把柄之间具有柔韧性,以便工具灵活插拔,从而使机械手的肘节活动角度在手臂的其余部分插拔时不必精确移动(图 19 是设计考虑在即插式接头和机械手把柄之间采用钢缆延伸件柔性连接的一个例子);
- 根据机械手臂的提升和作业能力来确定在机械手工作范围内可移动的部件重量;
- 在决定任务的难度时应考虑精确性、准确性和可重复性;
- 为工具插入接口留出足够的通道和空间以便插入接口并与临近操作,如即插式接头的操作,保持合理间距;
- 水下设备和部件承受机械手、工具和(或)ROV 工作时产生的载荷和扭矩的能力;
- 对设备采取保护措施以防止 ROV 的碰撞。

应考虑可对成功维修和完成上述特定任务产生影响的环境条件,应选择下列稳定 ROV 方法中的一种:

- 停靠 ROV 的靠近接口的水平台面、施加推力使其靠近台面,允许从垂直或水平方向接近接口;
- 使用一根允许 ROV 抓爪(具有一定自由度的机械手)抓握的水平杆或垂直杆(见图 6);
- ROV 对接点(见图 7,图 15,图 16,图 18 和图 22);
- 采用便于吸盘安装的相对平滑的表面。

为使作业不受限制,对接点宜至少与海床面保持 1.5 m(4.92 ft)以上的净空。

宜避免采用需要移动、打开或关闭才能进行其他维修任务的 ROV 平台。

设计者宜合理考虑不同的维修任务,以便在水下设施上采用统一的 ROV 对接方式,这样 ROV 就能在一次潜水作业中完成不同的维修任务。

在某些特定地理位置,由于松软的泥土以及 ROV 推进器对海床冲刷,在建立海床面时需要特别小心。

与局部工具载荷相关的具体细节如图 8 所示。

4.3.2 带工具收放装置(TDU)的 ROV 维修

4.3.2.1 概述

TDU 是一种专门设计的工作包,安装在 ROV 本体的前端或后端,通过笛卡儿装置(如图 3 所示)来准确引导和定位,根据任务的复杂性和 TDU 对接位置与工具接口的相对位置确定是 1 个、2 个还是 3 个自由度。TDU 装置能替代或协助机械手作业。

4.3.2.2 两对接点系统

TDU 与两个对接插头配合使用并锁合,使笛卡儿装置和 ROV 与水下生产设备相连,两对接点笛卡儿装置能从同一对接位置接近一个或多个维修接口,特别适用于执行一组与操作盘有关的接口任务。典型的两对接点 TDU 装置如图 3 所示。

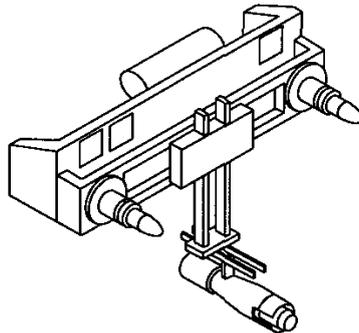


图 3 两对接点 TDU 装置

4.3.2.3 单对接点系统

单对接点系统与两对接点系统相似,只是在操作上存在某些差异。单对接点的 TDU 也是一个安装在 ROV 上的工作包,提供类似方式通过 y - z 笛卡儿装置精确引导和定位。单对接点系统与两对接点系统对接方式基本相同,但它能围绕水下设备更加自由地移动,推荐用于单个布置(或一对隔开的)接口或者相邻结构物对其有限制的情况。典型的单对接点 TDU 装置如图 4 所示。

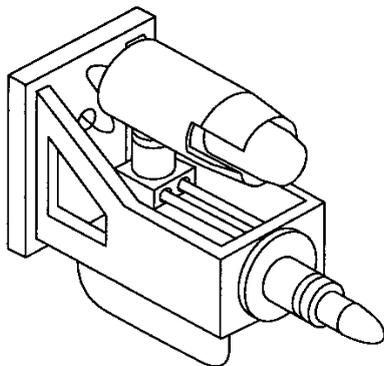


图 4 单对接点 TDU 装置

4.3.2.4 对接和 TDU 操作通常需考虑的事项

通常,单对接点 TDU 最多有两个维修接口,能从单一对接点操作。理想的情况是接口直接垂直排列在对接点上方(见图 10)。

笛卡儿装置操作限制和工具对接点的相关位置决定两对接点 TDU 的接口应布置在一个特定范围内(见图 9)。

其他需要考虑的事项如下:

- 与两对接点 TDU 相比,单对接点 TDU 通常要求更轻的接口工具载荷条件;
- 与两对接点 TDU 相比,单对接点 TDU 能对水下设备的对接结构和接口工具施加更大的由 ROV 产生的动载荷和静载荷;
- 两对接点 TDU 需更多的接近空间以便从以下几个方面满足笛卡儿装置的需要:ROV 工具框架、ROV 收放系统(绞车和水面支持装置)、中继器(TMS——tether maintenance system)、水下设备(特别是对接口不是位于外侧的设备);
- TDU 框架需设计成能承受环境、ROV、TDU 对接插头和接口工具产生的载荷和扭矩;
- 两对接点 TDU 通常装配在 ROV 的上半部分,使工具对接点位于笛卡儿装置的下方[为了使作业不受限制,对接点宜至少与海床面保持 1.5 m(4.92 ft)以上的净空];
- 单对接点 TDU 通常装配在 ROV 的基座附近,使工具对接点的位置位于上方[为了使作业不受限制,对接点宜至少与海床面保持 1.5 m(4.92 ft)以上的净空]。

在某些特定地理位置,由于松软的泥土以及 ROV 推进器对海床冲刷,在建立海床面时需要特别小心。

与工具局部相互作用载荷有关的详细情况见图 8。

4.3.3 双缆维修

4.3.3.1 概述

控制模块和油嘴等水下部件能利用一种叫 CCO 工具的提升架(见图 23)更换。CCO 工具通常在提升重量超出浮游式 ROV 的提升能力情况下进行部件安装和回收作业。CCO 工具利用提升缆或钻杆从维修船上收放,这是第一根缆,该缆用于支撑 CCO 工具和所更换部件的重量和动载荷。第二根缆是 ROV 的脐带缆或 TMS 系统。为了避免缠绕,建议将上述两根缆分开布置在维修船的不同区域。

4.3.3.2 使用双缆操作通常需考虑的事项

CCO 工具横移和转动可由导向缆或导向桩(至少两个)控制,一个无导缆的漏斗形接口可在推进器

或 ROV 协助下轻推入位。如果使用导向缆,宜确保这些缆是升沉补偿式的,并且要避免与提升缆或 ROV 脐带缆缠绕。如果使用无导缆漏斗形接口,漏斗形接口宜为内置螺旋,以便和 CCO 工具上的定位销对接来引导 CCO 工具定位。

其他需要考虑的事项如下:

- 提升缆或钻杆宜是升沉补偿式的,在升沉倾斜较小的维修船上作业时更应这样,因而 CCO 在一个升沉周期内不被提升或下放太快(升沉补偿可通过主动升沉补偿吊机实现或者使用小浮筒将提升缆构成 S 形把升沉运动和 CCO 工具的运动隔离开)。
- 应量化由于维修船的升沉运动相对于 CCO 工具(以及更换部件)缓慢移动产生的拖拉而引起的运动和动载荷,并对提升缆和 CCO 工具的强度进行加强。
- 为避免诸如液压或电力耦合器等敏感接口在就位和对接时受到损坏,CCO 宜配备柔性就位减震器或具有避免硬接触的特点,以便采用可控的和低冲击的方式作业而不受维修船升沉运动和 CCO 工具在水下设备初始就位的影响。
- 无导缆漏斗型接口应有 $\pm 180^\circ$ 的螺旋,以便 CCO 工具旋入合适的方位。ROV 可协助 CCO 工具定向,这样可缩小就位方位角,例如能在 $\pm 45^\circ$ 方位轻推 CCO 工具进入漏斗形接口,从而减小无导缆漏斗型接口的尺寸和复杂性。
- 宜对导向柱和 CCO 工具漏斗型接口的间隙及由于间隙所引起的倾斜角进行检查(如果间隙太小,CCO 工具和更换部件可能发送安装错位)。
- CCO 工具的接近通道一般是垂直向上的,水平通道也可(垂直通道导向框底部也应开口以免杂质沉积)。
- 为了使作业不受限制,CCO 工具在水下设备上的就位点宜至少与海床面保持 1.5 m(4.92 ft)以上的净空。

在某些特定地理位置,由于松软的泥土以及 ROV 推进器对海床冲刷,在建立海床面时需要特别小心。

有导缆收放 CCO 工具接口的例子见图 24~图 28。

4.3.4 利用成橇工具维修

4.3.4.1 概述

能由 ROV 上的 CCO 提升工具完成控制模块和油嘴等水下组件的更换。成橇的 CCO 工具通常用于组件安装和回收,这些在海床上进行的独立、可控的作业不受维修船运动影响。该组件重量通常超出浮游式 ROV 的提升能力,因而成橇工具应增加浮力或调整重量,或者同时采用,以便 ROV 上不利载荷的传递不影响 ROV 的水动力特性。

成橇工具另外的一个用途是在超过 ROV 标准配置情况下提供动力(液压的、电力增压、流速、流量等),用于诸如液压即插接头、压力测试、压力冲洗、清淤等各种维修作业。

4.3.4.2 成橇工具作业通常需考虑的事项

成橇工具通常安装在 ROV 框架的前部、后部或底部(如图 1 所示)。作为另外一种选择,也可将成橇工具安装在 TMS 上或独立收放并在海床上与 ROV 合为一体。这样 ROV 就可以浮游方式在海床上操作成橇工具。宜将成橇工具安装在不妨碍管线或 ROV 推进器推进(从水平方向和垂直方向)的位置。

其他需要考虑的事项如下:

- 使用 CCO 工具橇进行部件更换时要求成橇工具具有可变浮力系统特性或固定浮力和配置系统特性,以便在 CCO 工具橇空着或抓握水下部件时保持适当平衡;
- 所设计的 CCO 工具橇本体应能承受 CCO 工具的提升载荷、传送物载荷、ROV 及环境载荷,特别是需考虑工具橇对 ROV 水动力特性施额外拖曳力的情况;
- CCO 工具橇宜适用于 ROV 工具框、ROV 收放系统(绞车和水面支持设备)、TMS 系统、部件的通道以及水下设备周围的通道;

- CCO 工具的接近通道一般而言从上面来看是垂直的,但是水平接近通道也是可接受的(垂直的路径引向框需要从底部打开以便让沉积的碎屑通过);
- 为了使作业不受限制,CCO 工具橇在水下设备上的就位点宜至少与海床面保持 1.5 m (4.92 ft) 以上的净空[工具橇安装在底部时就位点应更高,使工具橇至少与海床面保持 1.5 m (4.92 ft) 以上的净空]。

在某些特定地理位置,由于松软的泥土以及 ROV 推进器对海床冲刷,在建立海床面时需要特别小心。

4.3.5 其他部件维修

4.3.5.1 概述

除控制模块和油嘴以外,还可考虑使用 CCO 工具来安装和替换的部件有:

- 插入式阀门(管汇或清管);
- 阀门执行器组件;
- 清管球发射器;
- 储能器组件;
- 插入式多项流量计;
- 插入式多项泵;
- 化学注入模块或管汇;
- 保护帽和承压帽;
- 采油树或管汇的传感器(测量压力、温度、地层砂含量等)。

确定更换合适的部件时需考虑的主要因素有:

- 设备所在位置;
- 水深;
- 更换频率;
- 部件尺寸;
- 部件重量。

4.3.5.2 出油管和海管的连接

尽管经常出现使用 ROV 收放系统进行出油管、海管和跨接管连接的情况,然而,到目前为止出油管连接还没有通用接头。

能由 ROV 作业的水下生产设备接口系统的设计不仅需要对该设备进行局部改造,而且能对如组件布置的主要区域产生影响。接口系统的基本要求可进一步参考附录 E。

4.3.5.3 控制跨接管的连接

大量已安装的控制系统的脐带缆的跨接管(软管)的连接系统是由 ROV 完成的。这些系统由机械手安装、或者由 TDU 或 CCO 工具橇安装。可有不同的电动或液压连接的支撑板,这取决于用途和接口内各耦合器的数量。但是,这些连接还远没有标准化。然而,用于铺设和安装跨接管的接口类型和相关关系应设计为能由出油管连接的维修工具来安装的形式,这样可减少专用工具的开发需求(见图 32 和图 33)。

4.4 水下设施系统设计

4.4.1 概述

首先,主要应考虑 ROV 和工具接近接口通道对系统设计的影响。如果维修方式和接口所处位置不同,需要的通道会有很大不同,因而宜在设计初期就明确地记录在维修原则中。其次,系统设计考虑的内容在第 6 章讨论,推荐的设计步骤见图 5。

在 GB/T 21412 的本部分描述和提出的水下生产设施接口宜能让 ROV 或 ROT 以机械手或 TDU 模式接近。与总规则的特殊差异在本部分已强调。

4.4.2 总体设计原则

ROV 维修宜以一种可靠的方式来完成,把对水下设施、维修工具、ROV、操作人员以及环境的潜在

损害降到最低程度。这样就要求将设备设计成在操作条件下能有效执行预定作业。

4.4.3 失效保护

接口及相关操作设备应设计成这样：在 ROV 或维修设备的动力供应中断时，所有由 ROV 装配到水下设备上的工具能以有效可靠方式释放，以便让 ROV 能成功回收。

4.4.4 潜在损害最小化

接口宜设计成这样：在维修设备定位、对接和作业过程中将潜在损害尽量降到最小，维修接口的可回收部分应设计成固定在水下设备的那部分发生损坏之前能脱开。

4.4.5 相互作用载荷

在设计时应考虑维修设备施加在接口上的载荷。通常，载荷直接作用于结构体上的接口设计时应考虑通过设备和结构之间的多载荷工况。

4.4.6 减少干扰

设计接口时应尽可能减少与脐带缆、下放缆以及维修设备之间发生缠绕。

4.4.7 定位控制

在水下设备上作业时提供主动的稳定措施。在与设备接触时，避免出现需要使用 ROV 或维修工具推进器进行定点控制的情况。但这并不排除使用连续的水平推进或垂直推进以确保整个维修作业过程中与接口保持接触状态。

4.4.8 对接近通道的要求

4.4.8.1 概述

使用 ROV 完成维修任务的水下生产设备能由以下 3 种位置布置接口：

- 外部接口；
- 从外部穿入；
- 内部接口。

在接口上操作 ROV 所需要的接近通道的数量取决于接口所在位置。所需通道宜考虑 ROV 的高度以及宽度再加上多功能机械手所需的“肘活动空间”和机械手的操作空间。在设计过程中，应充分考虑任何一种 ROV 工具包的高度和宽度或有效载荷的大小。需要确保工具周围有最小的间隙以便留出 ROV 的活动空间。如果海流大，则宜考虑更大的空间。另外，还宜考虑在维修中计划使用的 ROV 的类型及能力。应考虑断电时，能安全回收工具。

4.4.8.2 外部接口

位于水下生产设施外侧的接口可简化 ROV 作业、降低接近通道的空间要求以及减少对设施产生的潜在损害。因此这是优先采用的接口位置，能通过将装置布置在设备的外侧或通过使用延伸杆从外侧操作。然而，设备布置或保护要求并不是经常能做到。因而有时需要使用 ROV 作业。

4.4.8.3 从外部穿入

使用 ROV 工具系统穿越结构物外表面接近接口，而将 ROV 本体停留在结构物外面的情况更需要对空间要求进行考虑，但是这样可不需要使用延伸杆进行操作，也不需要 ROV 接口进行额外的机械保护。这种方法在 ROV 工具插入深度小于 1 m (3.28 ft) 时非常适用。而对插入深度大于 1 m 的情况，对接近通道的要求会变得更加复杂，并且可能对 ROV 及相应的工具包或两者的设计产生影响。设计中应考虑使用 TV 摄像头监控操作过程。

4.4.8.4 内部接口

4.4.8.4.1 概述

操作接口通常位于距设备的保护面或外边缘 0.5 m (1.64 ft) 范围以内。当大于 1 m (3.28 ft) 时，通道应满足 ROV 及工具对接和操作的要求。采用这种方法，接口通常直接安装在设备上，这样能减少使用延伸杆或其他遥控装置的需要。

内部操作通常用于带有大型保护结构的水下装置，这样的保护结构会使接近设备的通道受到限制。但是，如果在设计阶段予以充分考虑，就可把这种影响降到最小。提供内部接近通道时需要考虑的事项

将在 4.4.8.4.2~4.4.8.4.4 中论述。

4.4.8.4.2 通道宽度

接近水下结构物内部的任一通道的宽度由以下问题或因素决定：

- a) 是否有垂直通道到达工作位置？
- b) 如果 ROV 需要穿越一个大于其长度的水平距离，则接近通道的宽度宜足够大以便允许 ROV 掉头，包括需要为 ROV 脐带缆提供足够的空间。
- c) ROV 的选择仅限于带有倒车功能的 ROV 吗？
- d) 在给 ROV 供电的电源断电时，通道允许 ROV 及其工具能回收回来，这一点是必不可少的。

通道的最小宽度或者以所选择的最大 ROV 的宽度确定，或者根据 ROV 或 ROV 及其负载的迴转半径确定。

4.4.8.4.3 通道高度

通道高度由以下几个因素决定：

- a) ROV 本体的高度；
- b) 系缆/脐带缆的最小弯曲半径和需要综合考虑的本体顶部以上的间隙；
- c) 任何负载/作业包的高度；
- d) 在给 ROV 供电的电源断电时，通道允许 ROV 及其工具能回收回来，这一点是必不可少的。

最少宜在 ROV 活动的空余空间总计算高度上下各留出 0.5 m(1.64 ft) 的净空。而对于长通道的情况，净空还宜增加。

ROV 后面宜至少留出 1 m(3.28 ft) 的间隙，以便在对接和定位操作时留出一些自由空间，以及满足具有不同特性的机械手的作业需要(参见附录 B)。

然而，需要考虑的另外一个因素是与最小活动高度有关的对接位置高度，如果对接作业需要 ROV 在接近通道底部以上留有超过 0.5 m(1.64 ft) 的净空时，通道高度(至少是局部高度)应相应地增加。

4.4.8.4.4 垂直通道

带有垂直通道的工作点需要为 ROV 留出额外的进入空间。该空间大小取决于工作点的深度。

从 ROV 本体最低点到维修作业(检查、清洗、工具对接等)的垂直距离宜不超过 0.3 m(0.98 ft)。

推荐的空间要求或到结构物内的垂直深度见表 1。

表 1 推荐的空间要求及进入结构物内的垂直深度

进入结构物内的垂直深度/[m(ft)]	ROV 尺寸的余量
≤1.0(3.28)	5%
≤2.0(6.56)	10%
≥3.0(9.84)	20%

5 性能设计

5.1 概述

接口设计宜满足水下设备形成一个整体的要求。宜进行适当的验证以确保接口在整个设计寿命内都具有操作性能。

5.2 材料

不同功能的接口设计应按第 10 章的要求选择材料。

操作使用者对选材负责，然而，操作使用者也可明确服务要求，由供应商自由推荐合适的解决方案。

5.3 承载能力

接口应能承受设计载荷而不变形或者对油田寿命内的安全操作不产生影响。宜进行适当的验证以确保接口在整个设计寿命内都具有操作性能。

5.4 操作力或扭矩

接口设计应符合设备制造商要求的操作力和扭矩的技术要求或本部分的要求。

5.5 提升装置

提升装置应满足当地适用法规或行业规定的要求。

5.6 质量控制

5.6.1 概述

本部分中提到的设备的质量控制要求应符合 ISO 10423 的相关规定。

对 ISO 10423 指定的质量控制要求中没有涉及到的部件应与制造商的书面技术要求一致。

5.6.2 结构部件

结构部件的质量控制和焊缝检测应符合 ISO 10423 中“非压力容器”的要求。

5.7 温度等级

本部分所涉及的水下设备应按照 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($5\text{ }^{\circ}\text{F}\sim 113\text{ }^{\circ}\text{F}$)的操作温度范围进行设计和标定,设备的地面试验温度应与此要求相匹配。

5.8 颜色和标记

在选择颜色和标记系统时,水下的可视性是主要考虑因素,见 GB/T 21412.1。

6 设计注意事项

6.1 概述

已确定的维修原则对水下生产设备上的接口而言是简单可靠的,下面的指导原则描述了在设计阶段宜考虑的系统性能。

6.2 概念设计

6.2.1 评估要求

在水下生产设备设计完成之前,所有水下生产系统的安装、操作、检查、维护、维修和部件回收都宜明确并进行评估。

在这一工作中应考虑以下因素:

- a) 使用 ROV 作业的必要性(是否能避免使用 ROV);
- b) ROV 作业的频率(比如:是协助安装还是操作阀门);
- c) 作业敏感性(比如:是关键性的作业/非常必要的作业/有帮助的作业);
- d) 废弃;
- e) ROV 接通道要求;
- f) 整个水下系统的预期寿命。

6.2.2 失效模式影响和临界状况分析(FMECA)

建议对系统安装进行失效模式影响及临界状况分析(FMECA)。FMECA 分析宜考虑系统生命期内包括安装和回收的各个阶段。也宜以失效的后果和期望的 MTBF(平均无故障工作时间)为基础来确定子系统/部件的相对临界状态。

6.2.3 维修方法

应对基于 ROV 的系统、ROT 系统或同时使用两个系统完成特定任务的方法进行检查。通过将水下维修要求或应用进行分类,能对可选择的维修方法进行评价,然后选择其中最合适方法使操作简化。

6.2.4 维修频率

尽管维修频率取决于很多因素,但是它主要是由部件更换的需要决定的。而部件更换的频率又是由其可靠性或性能以及调整或启动的频率决定的。

如果需要频繁维修,对接口的选择宜以简单和考虑重复使用为出发点。

6.2.5 标准工具

在可用相似方法完成大量维修项目的情况下,宜考虑使用标准工具,从而避免工具的频繁更换。

6.2.6 载荷

6.2.6.1 概述

设计时应考虑满足水下作业时 ROV 受到的不同载荷条件。这些载荷可能单独作用或同时作用,

需要在设计阶段予以考虑。

施加于 ROV 和设备接口处的载荷有：

- a) 工具咬合和反作用；
- b) 环境作用力(海流以及异常的环境、波浪)；
- c) 由于波浪和流的作用而产生的脐带缆载荷；
- d) 由于水面浮式平台的漂移或脐带缆绞盘不当操作而产生的脐带缆载荷；
- e) 由于 ROV 和 水下设施间碰撞而产生的撞击作用。

6.2.6.2 载荷的设计

可通过以下不同方法考虑接口载荷的设计：

- a) 设计的接口满足由上述载荷情况施加的所有载荷；
- b) 限制施加给接口的作用力(比如：允许 ROV 脐带缆绞盘在载荷条件下进行补偿或限制 ROV 推进器的最大作用力)；
- c) 接受一定载荷情况下发生的损害。

应考虑不同载荷的组合和评估的最大组合载荷，但并不一定需要将接口设计成满足所有载荷累加的最大值。

6.2.6.3 工具产生的作用力

应限制 ROV 工具产生的作用力，以便在常规作业对正在操作的设备工具接口不产生损害。采用预防的方法允许工具产生“过载”力，应采用一种机械装置而不是操作程序来避免损伤(比如：可在操作转换开关、启动互锁装置或采用软件控制上面安装一个简单保护帽)。

6.2.6.4 海流

宜考虑作用在脐带缆和运载工具上的海流及其潜在的影响，包括以下几个方面：

- a) 对脐带缆的拖曳力，这样会影响 ROV 在维修区域的可操作性；
- b) 对 ROV 运送设备、TDU 或工具包的拖曳力；
- c) 当 ROV 协助 ROT 操作或定位操作时产生的拖曳力；
- d) 在靠近海床操作时海流对可视性产生影响。

宜在维修区域提供合适的净空空间，牢记脐带缆收放系统的类型，防止脐带缆缠绕在水下结构或设备上。

6.2.6.5 碰撞

没有采取保护措施的水下设施和部件可能受到浮游式 ROV 的撞击，因此宜设计成能抵抗运载工具(特别是带有相应携带水的运载工具)以 1.5 m/s (4.92 ft/s)* 速度移动时产生的碰撞损害。然而，如果 ROV 在一个结构体内进行操作或对接时，撞击速度会降低。

6.3 详细设计

根据对 ROV 维修要求的评估(见 6.2.1)，为了减少使用不同的 ROV 技术和所需接口的数量，宜为水下系统建立一套维修原则。设计阶段的基本步骤如下：

- a) 定义任务；
- b) 编写接口技术要求，通常和相关的 ROV 承包商和 水下设备供应商一起完成；
- c) 选择对接方式和工具收放或机械手的操作原则；
- d) 定义维修接口(宜在系统、子系统和部件的各层面明确、说明和规定维修接口，一旦明确规定，在设计中引入和应用时就要严格监控，一直持续到建造和安装的整个阶段)；
- e) 对使用 ROV 接口实施作业的主要水下设施的详细设计进行定义；
- f) 定义 ROV 工具、接口、动力供应和控制；
- g) 编写文件(设计、维修和操作原理)；
- h) 对设计定期审查直到最后设计阶段，使设计与推荐和指导原则一致；
- i) 确保子系统供应商在他们的设计中考虑到 ROV 作业和维修作业，以便使这些操作或维修要求

* 原文为 3.64 ft/s ，疑为有误，故改正。

和技术与水下系统安装的总体设计原则及本部分的内容保持一致。

设计阶段应主要关注在水下系统最容易失效的那些部分,对这些组件彻底检查。设计上宜考虑简单化、持久性和冗余度或易于替换。

在常规潜水操作范围内,使用 ROV 接口的水下生产系统宜也能由潜水员手工或使用工具进行操作。

在水下生产设备的设计阶段,为避免使用 ROV 作业时受到干扰,宜考虑控制管缆的下入方式和定位,特别是在建造阶段考虑需要控制管缆在现场下入时,推荐的作法是不下入柔性管缆。下入刚性管缆时宜采取一定保护措施以避免对管线产生损害和与 ROV 的操作产生干扰。控制系统不推荐使用滑动导缆如滑动跨接缆。图 5 给出了一个典型的设计步骤。

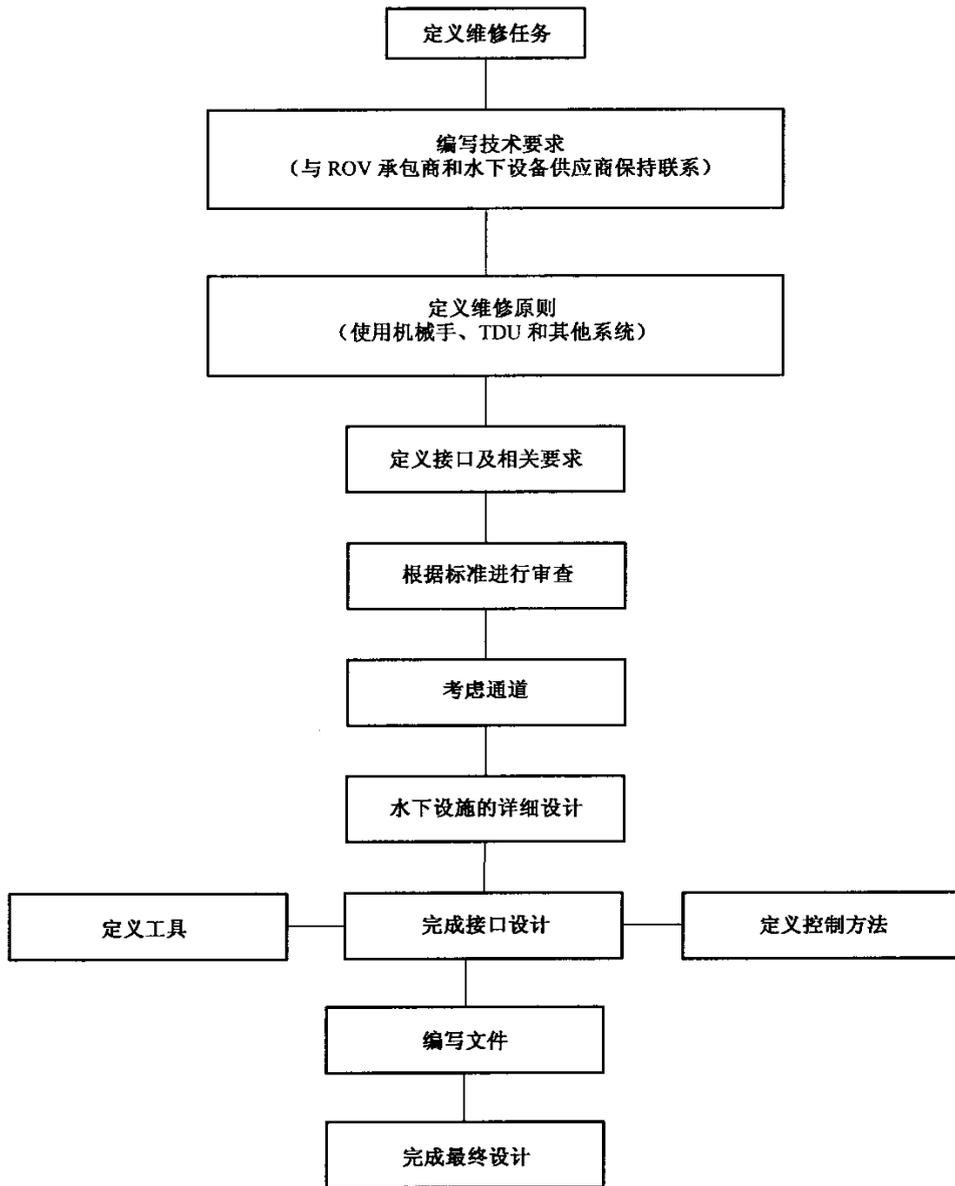


图 5 ROV 工具作业接口的常规设计步骤

6.4 期望的设计特性

6.4.1 监视装置

配备监视装置是最基本的要求,宜包括以下几个方面功能:

- a) 显示位置(例如:ROV 在结构上的当前位置);
- b) 观察角度(在可能情况下,监视装置宜在需要监视的区域来回移动,不仅是向前或向后移动;如果不可能实现要求,则倾向于使用定位器,当装置移动到端部时显示器突然呈现强烈反差);
- c) 处于观察或操作状态下的阀或设备的状态(例如,对阀而言,状态显示器宜对转动的次数或合适的行程距离提供清晰的显示);
- d) 测量(例如监视装置宜表明相关组件的开、关或开关程度的状态);
- e) 对部件类型的识别。

监视装置能用标签、喷涂标记或操作状态指示器表示操作状态。

也可参见 GB/T 21412.1 相关内容。

6.4.2 颜色推荐

见 GB/T 21412.1。

6.4.3 防污方法推荐

放在海里的任何物体最终会由于海生物或沉积物的附着或二者兼而有之而受到污染,因此设计者有责任确保设计的监视装置在设备的指定生命期内都能被清晰的辨识(见 GB/T 21412.1)。

在水下安装物寿命期内的任何时候都可能需要操作的液压接头、ROV 接口以及其他带有敏感表面的部件,宜安装防污帽。同时配合使用防污材料、漆或涂层。这样将防止海生物或沉积物在系统需要操作或连接时产生阻碍。

保护措施宜采取保护帽、堵头等形式,不需要采用水密封。这是因为在结构物安装前放置在接口表面密封会形成一个密封压力,该压力会使得在需要时不能打开密封。在需要采用水密封的情况下,应使用一种合适的不可压缩液体充满任何“内部”空隙。同时,在堵头设计中宜考虑打开密封的方法。如果使用塑料,宜关注材料的尺寸稳定性。

需要采用机械保护的接口,宜在临近接口的地方设有一个保护装置的停放位置,但该位置应不妨碍海生物清除作业。

6.4.4 停放位置

当 ROV 需要对一个特定位置长时间观测时,应给 ROV 提供一个停靠位置、抓杆或平台,这会确保连续性的观察位置。在平台上停泊的情况下,ROV 采用逆向平台向下推进的方式比浮游模式更容易保持位置不变。

6.4.5 导向

如果 ROV 工具由机械手收放,需要在工具或对接系统容易插入点的周围设置导向锥。导向锥上端宜是开口的,允许碎屑通过,也可安装一个合适的防碎屑帽。

6.4.6 导向柱

结构物上所有导向柱不宜伸出最后安装部件的下入漏斗型插口,因为它们是 ROV 阻碍物,也是引起脐带缆缠绕的物体。不能回收的带导向柱的子结构物宜带有以可移走的导向柱。

6.4.7 观察任务

“开放式框架”设计使 ROV 更容易执行观察任务。

6.4.8 结构物方位

水下结构物方位宜考虑所有环境参数的影响和以后容易进行 ROV 作业。对 ROV 作业而言没有一个最优的方位,任何可能的方位要求都宜根据具体情况进行评价,宜考虑以下方面的因素:

- a) 油田布置要求;
- b) 海流(也可见 6.2.6.4);

c) 可视性。

6.4.9 过扭矩情况下的阀杆保护

能通过以下措施提供阀杆保护：

- a) 对最大安全扭矩进行视觉判断；
- b) 确定脱扣扭矩、操作扭矩和破坏扭矩间的关系；
- c) 采用谨慎的操作方法，例如：
 - 1) 为 ROV 选择合适的液压马达；
 - 2) 释放 ROV 液压压力，以避免产生过扭矩；
 - 3) 在作业前对 ROV 工具扭矩进行地面校核；
- d) 对于球阀，宜采用主动的机械停止装置(应设置)而不是阀内装置；
- e) 采用合适的末端受感器形状(参见附录 D)。

6.5 不希望出现的设计特性

6.5.1 缠绕

宜努力避免出现 ROV 软缆/脐带缆、打捞设备、安装和操作缆等等产生缠绕的特征。

例如：在受保护的结构物内的“目标杆”型阳极、无线电应答支架、松弛软管/电缆、小型导向杆、指示杆或指示帽会使软缆/脐带缆产生绞缠。

宜避免使用带锋利边的部件，任何像这样多余的部件都宜在结构物安装前去除。

例如：不必要的系吊眼板、脚手架支架或者结构支撑框架。

6.5.2 阀门

为了大多数机械手能直接安全地操作，阀的最小尺寸是 12 mm(0.5 in)。

6.5.3 控制杆

通常，设计者宜考虑在执行滑动操作任务时会出现潜在困难(例如，需要将控制杆推上去、推下来或推到一边)，由于机械手与其控制系统间的机械连接具有一定的排列方向，目前对 ROV 来说，很难在垂直(上下)方向或水平(推拉)方向上操作滑动控制杆柄。只要把柄的左侧或右侧留有便于机械手插入的空间，就可从左边或右边操作滑动控制柄。

应承认，随着机械手技术的不断进步，移动的范围可延伸到“笛卡儿”和“轨道”操作，设计者宜注意到这种应用潜力。

6.5.4 接头

避免使用快速接头(需要在把接头推到接口的同时把挡圈拉回来)，这是因为单一机械手不能灵活使用抓爪在同一时间完成两个操作。然而，有几种不需要将挡圈拉回来就能完成连接的接口(例如，将挡圈推上去)。

6.5.5 掩蔽显示器

应将显示器放在进行操作时能看得见的地方。

6.5.6 操作高度

宜避免出现从同一位置但与结构物相隔不同距离同时又在不同高度间进行操作的情况。

不宜在泥线附近对部件进行作业或检查，这些作业宜在泥线以上 1.5 m(4.92 ft)的地方实施。这是为了确保运载器能接近接口的通道和对接位置。设计者在不能辨别泥线的情况下确定接口的最小高度时，应考虑 ROV 的接近通道、能见度以及 ROV 推进器对海底产生的影响。这样，接口的高度宜在包括钻屑床高度在内的有效海床面上 1.5 m(4.92 ft)。

参见附录 B。

7 ROV 接口和 underwater 系统

水下系统的许多部件与 ROV 有接口，本章列举了那些在系统设计时宜考虑的关键部件。

下面按字母顺序的列项宜与适当的标准一起理解。

水下设备宜遵循本部分进行设计。

设计中宜特别考虑下列内容：

a) 水下采油树：

注意：在验收试验或与之类似检验中，水下采油树应与其合适的工具对接进行测试，这些工作宜在安装水下采油树之前完成。

- 1) ROV 接近通道，包括在设备受到结构物阻碍时的主要观察位置；
- 2) 选择正确的维修系统；
- 3) ROV 作业模式下的载荷限制；
- 4) 采油树的设计宜最大限度减少潜在的缠绕产生；
- 5) 清晰、独特的识别标记；
- 6) 阀组放在一个操作面上；
- 7) 在泥线以上的接口高度；
- 8) 确认 ROV 操作时是否需要载荷的反作用力点并适当设计；
- 9) 考虑 ROV 的备用方案。

b) 管汇：

- 1) ROV 接近通道，包括在设备受到结构物阻碍时的主要观察位置；
- 2) 选择正确的维修系统；
- 3) ROV 作业模式下的载荷限制；
- 4) 管汇的设计宜最大限度减少潜在的缠绕产生；
- 5) 清晰、独特的识别标记；
- 6) 接口在泥线以上的高度；
- 7) 确认 ROV 操作时是否需要载荷的反作用力点并适当设计。

c) 管汇或采油树的水下阀门：

注意：在阀门集成和进行验收试验时，ROV 接口也宜使用夹具或工具正式进行检验。

- 1) 考虑 ROV 的接近通道；
- 2) 选择正确的维修系统；
- 3) 一台液压马达的能力宜能满足卸开及操作时的扭矩要求；
- 4) ROV 操作模式下的载荷限制；
- 5) 考虑使用可视化的并且耐用的显示系统；
- 6) 考虑以手动操作 ROV 作为备用方案的可能性；
- 7) 对即插式接头及相关阀门位置进行密封性能试验。

d) 水下油嘴(ROT 技术也应考虑在这方面的应用)：

- 1) 可能需要更换油嘴；
- 2) 考虑更换油嘴的可实施性，这可能会对维修系统的选择产生影响；
- 3) 考虑更换工具的接近通道；
- 4) 模块的尺寸和重量以及更换时所使用工具的能力；
- 5) 考虑油嘴的安装角度以利于回收(通常是垂直或水平安装)；
- 6) 考虑能以一种安全方式在钻井船上手动提升进行回收；
- 7) 在实施更换期间，由小型 ROV 在油嘴座上安装防屑帽；
- 8) 如果使用多种密封方式，则需要对密封试验的设施进行优化；
- 9) 对暴露在外的插口利用保护帽进行必要的保护。

e) 控制模块(应考虑 ROT 技术在这方面的应用)：

- 1) 更换控制模块的可能性;
 - 2) 考虑更换操作的可实施性,这会对维修系统的选择产生影响;
 - 3) 考虑更换工具的接近通道;
 - 4) 考虑模块的尺寸和重量及更换时所使用工具的性能;
 - 5) 模块安装位置所处的角度应有利于回收(通常为垂直角度);
 - 6) 考虑能以一种安全方式在钻井船上手动提升进行回收;
 - 7) 考虑为 ROV 诊断检查或显示观察到的状态留出连接点;
 - 8) 考虑为各个接头留出摄像通道;
 - 9) 适当对排出口作上标识;
 - 10) 考虑 ROV 清洗工具需要的通道;
 - 11) 考虑更换模块时对接插头采取保护措施。
- f) 多相流量计(也应考虑 ROT 技术在这方面的应用):
- 1) 考虑多相流量计更换的潜在需求;
 - 2) 考虑更换操作的可实施性,这可能会对维修系统的选择产生影响;
 - 3) 考虑更换工具的接近通道;
 - 4) 考虑模块的尺寸和重量及更换时所使用工具的性能;
 - 5) 模块安装位置所处的角度应有利于回收(通常为垂直角度);
 - 6) 考虑能以一种安全方式在钻井船上手动提升进行回收;
 - 7) 如果使用多种密封方式,则需要对密封试验设施进行优化;
 - 8) 为 ROV 诊断检查或 ROV 实施状态显示观察留出连接点;
 - 9) 对暴露在外面的插口采用保护帽保护。
- g) 高完整管线保护系统(也应考虑 ROT 技术在这方面的应用):
- 1) 考虑满足 HIPPS 模块更换的潜在需要;
 - 2) 考虑更换操作的可实施性,这将会对所选择的维修系统产生影响;
 - 3) 考虑更换工具的接近通道;
 - 4) 考虑模块的尺寸和重量及更换时所使用工具的性能;
 - 5) 模块安装位置所处的角度应有利于回收(通常为垂直角度);
 - 6) 考虑能以一种安全方式在钻井船上手动提升进行回收;
 - 7) 如果使用多种密封方式,则需要对密封试验设施进行优化;
 - 8) 考虑 ROV 的备用方案;
 - 9) 考虑对暴露在外面的插孔口采用保护帽进行必要保护。
- h) 脐带缆跨接管:
- 注意:脐带缆跨接管通常是在大型设备连接时安装的长度相对较短的管缆。因此,大型设备的安装步骤和脐带缆的回接步骤的协调一致就非常重要。
- 1) 考虑跨接管的刚度;
 - 2) 考虑脐带缆的曲率半径,如果曲率半径太大,将会导致脐带缆连接不上;
 - 3) 考虑跨接端的重量和 ROV 安全拖带跨接管到安装位置的能力,跨接管的安装方式是所熟知的“浮移到位”的安装方式;
 - 4) 确认连接端,确保正确安装;
 - 5) 有必要逐条安装大刚度的脐带缆(浮移引导);
 - 6) 考虑跨接管回接点与泥线的相对位置,因为跨接管安装的难易程度会受到连接点到海床距离范围内的脐带缆曲率半径大小的影响;
 - 7) 可能需要停放平台;
 - 8) 宜考虑电动和液压接头的清洁处理及可操作性。

8 作业注意事项

建立维修接口设计原则时,设计者宜考虑到所涉及维修任务的类型。进行部件更换或提升时,通常宜提供垂直接近通道。对于阀门操作、即插式接头或电接头的对接以及其他轻型作业,在尽可能情况下优先考虑水平接近通道。宜设计专用工具以保证 ROV 对接到接口进行维修操作时能保持位置不变。在设计接口时,宜注意避免采用需要复杂工具作业的刚性设计。

执行作业任务过程中,宜避免使用需通过导向来控制 ROV 的机械手或操作工具。ROV 经常用于引导物体从水面吊放或自己携带或拾起放在海床上的物体。

9 显示系统

远程接口操作通常需要给 ROV 作业者提供可视化方式,这种可视化指示能通过几种方式达到,但宜满足下列要求:

在装有 ROV 接口的独立模块或组件上的所有阀、接头的高程及位置的显示器均宜为可视的。所设计的可视化显示器应具有如下特征:

- a) 自我注释,给操作者提供清晰的设备状态显示;
- b) 进行相关操作时中,可观察到其位置;
- c) 易于使用标准 ROV 摄像系统从不同角度观察;
- d) 在常规可视范围内,至少可观察到 0.5 m(1.64 ft)的距离;
- e) 足够坚固和耐用,达到水下部件或设备的设计寿命;
- f) 避免机械损伤;
- g) 在适当的情况下应能提供计数功能。

10 材料选择

10.1 概述

负责材料选择的设计者应提供建造接口所使用材料的详细说明。通常来说,与 ROV 有关的接口及工具所使用材料宜设计成适合水下频繁使用。设计者应把永久性的水下设备和在维修操作中短时间使用的设备区分开来。永久性的水下设备应根据 ISO 13628 相关部分的内容进行设计,其接口宜考虑以下因素:

- a) 屈服应力;
- b) 极限抗拉强度;
- c) 疲劳特性;
- d) 频繁使用时接口的内磨损;
- e) 腐蚀;
- f) 海生物附着。

10.2 选择标准

选择用于制造接口设备的材料时,需要考虑的关键因素如下:

- 装配在水下生产系统上的接口宜比 ROV 或 ROT 上的接口强度更高,在操作中出现意外事件时能避免接口受到损害或不能工作;
- 所设计接口应在整个水下时间都能正常工作,并且宜与它连接的设备的设计寿命相等;
- 为防止腐蚀,宜使用防腐材料、合适的涂层和阴极保护系统。在水下生产系统寿命期内,仅使用几次的维修设备可选用仅适用于海水间歇浸泡的材料;
- 宜充分考虑将接口装配在水下结构物上的方式,以便在对接口进行操作时能保证接口的安全性。

11 文件记录

11.1 概述

准确记录实施和维护情况能对以后操作和系统设计起到不可估量的作用。

这些记录主要应用于：

- a) 水下设备设计阶段(定义接口及工具作业)；
- b) 测试阶段(干式压力容器测试)；
- c) 安装阶段(确定设计有效性)；
- d) 现场终生维护(能更加准确地预测未来需求)。

11.2 设备设计

在项目工作的早期阶段记录与所有水下维修任务、接口技术要求以及对工具的要求等有关的信息是非常重要的。如果在项目开始阶段制定维修原则,随后在整个详细设计阶段进行修改,就能避免由于需要对设备进行改造或改变技术要求所引起的巨大费用风险。

维修原则会在不同阶段有所变化,但宜作为以后规定接口、工具作业和 ROV 能力的重要参考。

设计过程成果也宜详细说明以下内容：

- a) 陆上测试、要求、测试设备、工装夹具和程序(以及观察结果)；
- b) 在采用新的工具作业时需要进行资质验证；
- c) 维修频率。

11.3 测试

一旦选择好接口,在建造期间把接口装配到水下设备上时,宜进行简单的检验或出厂验收试验(FAT)。试验记录除了能证实现场设备是合适的以外,还能检测设备安装后以及其在整个工作寿命内的性能提供基础资料。同时,记录的某些方面是关注维修本身的,其他一些方面(比如操作时间)可为以后操作时,对不同类型的接口和工具选择(比如机械手或 ROV 工具或潜水员)进行比较。

11.4 信息反馈

在安装期间获得的信息提供了在操作条件下的设备性能详细的原始资料。在现场运行期间的信息能并且宜反馈到设计过程中。

12 ROV 接口

12.1 概述

本章考虑单独的接口以及其各自的功能,明确所需要的关键特性并为接口的制造提供详细技术要求。在选择一个接口时,宜参考本部分内容的前面章节。

12.2 稳定性

12.2.1 概述

不管使用机械手还是使用专门的工具,执行任务期间 ROV 需要保持稳定性。ROV 接口的稳定性可通过不同方式达到,包括：

- a) 工作平台；
- b) 吸盘；
- c) 抓握；
- d) 对接。

12.2.2 工作平台

12.2.2.1 功能

如果需要执行的任务要求留出垂直或垂直和水平的接近通道,最好的选择是将工作平台应用到水下结构物上。

12.2.2.2 应用

能利用水下结构物的一部分形成工作平台,比如利用结构物的保护罩或专门建造的平台。

12.2.2.3 设计

平台能制造成格栅式结构以提供足够的面积来支撑 ROV。该平台宜是平直的并且不受别的物体妨碍。

12.2.3 吸盘

12.2.3.1 功能

吸盘通常安装在 ROV 上的某一机械手末端,ROV 通过吸盘与结构物吸连,从而保持与接口的相对位置。

12.2.3.2 应用

吸盘通常在进行控制性操作时使用,如清洗、观察或操作单阀等。

12.2.3.3 设计

作为 ROV 延伸部分的吸盘,要求水下结构物的接口是一个平滑的表面,可使吸盘从不同方向接近工作区域。

12.2.4 抓握

12.2.4.1 功能

为执行任务时保持维修系统位置而提供的一种标准接口。由 ROV 的机械手以平口夹钳或 TDU 的类似结构产生抓握的动作。

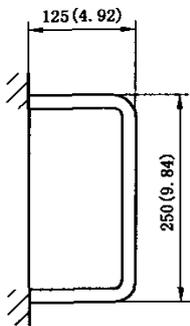
12.2.4.2 应用

在水下生产设备(见 12.2.4.4)的各部件中都宜提供一个接口,以便允许 ROV 作业时能通过抓握动作保持稳定。

12.2.4.3 设计

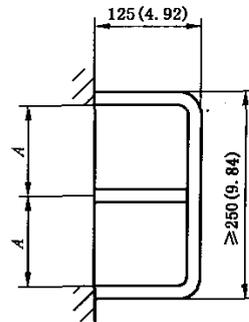
抓握柄的结构见图 6 所示。

单位为毫米(英寸)



抓握柄杆直径=20 mm(0.75 in)
抗拉强度=450 N/mm²(65 kip/in²)

a) 类型 A



抓握柄杆直径=51 mm(2 in)或 20 mm(0.75 in)
抗拉强度=450 N/mm²(65 kip/in²)

b) 类型 B

图 6 保持 ROV 稳定的抓握柄

抓握柄的设计应考虑从任何方向最少承受 2.2 kN(500 lbf)的作用力和紧握力。附录中给出的方法可供选择。

12.2.4.4 操作

抓握柄能用于代替对接接口,或通常作为对接接口的补充使用。抓握柄应具有缓冲功能,以便保护接口面板。

来满足不同的特殊应用。图 9 给出了一种带有推荐位置空隙的垂直面双插头对接布置图。该布置图反映了应用阀操作或在水下生产树上跨越操作。图中所示工具能力范围展示了一个标准区域,工具接口可安装在该区域,这样就可通过工具系统或机械手臂够到探头。

12.2.5.3 设计

图 7 所示的对接插孔由一个单管组成,该单管前面带有进入角和后面具有锁定功能。

在把对接插孔装到一个水下结构体上面时,推荐至少设计一个支撑结构以承受如图 8 所示的作用力和运动。可使用表 2 中给出的参数,这些参数值是以一个典型工作级 ROV 对接操作和对接到插孔上的情况为基础获得的。

对于所设计的任何系统,宜评估其特殊要求并且根据需要调整表中给出的参数值。图 7 给出了插孔周围的最小区域,这个区域应当保持通畅以便对接插头能顺利插入。总之,插孔放在平整区域比放在隔离位置更有利于 ROV 对接。

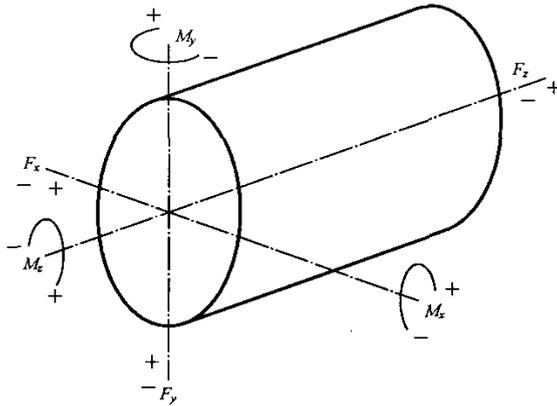
从制造材料上讲,对接插孔宜至少具备 450 MPa(65 300 psi)的抗拉强度,但也可针对不同载荷选择其他材料。

在多数环境条件下,应对海生物生长和腐蚀采取保护措施,因此宜考虑采用抗腐蚀材料或涂层。

对接插孔的连接方式是可选择的。

表 2 典型的对接参数

对接速度	0.25 m/s(0.82 ft/s)
侧流流速(在对接时)	2.5 m/s(8.2 ft/s)
ROV 插入程度(在对接时)	100%



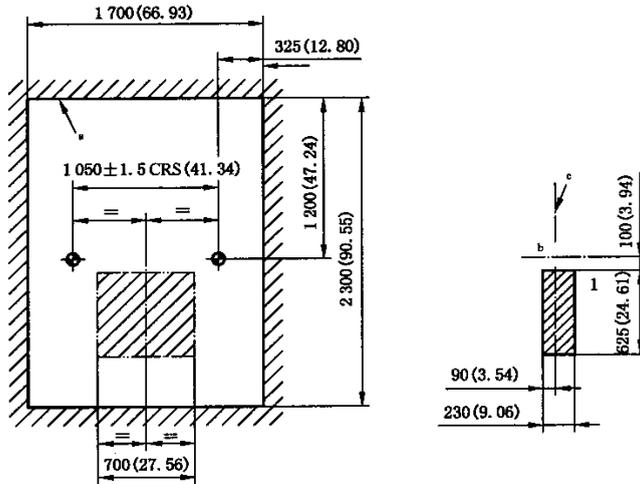
M_x	$\pm 1\ 570\ \text{N} \cdot \text{m}(1\ 158\ \text{lbft})$	F_z	$\pm 3\ 800\ \text{N} \cdot \text{m}(854\ \text{lbft})$
M_y	$\pm 6\ 080\ \text{N} \cdot \text{m}(4\ 484\ \text{lbft})$	F_y	$\pm 980\ \text{N} \cdot \text{m}(220\ \text{lbft})$
M_z	—	F_x	$\pm 5\ 060\ \text{N} \cdot \text{m}(1\ 137\ \text{lbft})$

图 8 对接插孔载荷图

12.2.5.4 操作

ROV 接近对接位置,采用浮游方式将对接插头插入对接插孔内,插头随后由 ROV 驱动,锁定在背部剖面的孔边缘上。

单位为毫米(英寸)



1——扭矩工具；

a 为摄像、支架留出通道的推荐间隙区域；

b 对接插头的中心线；

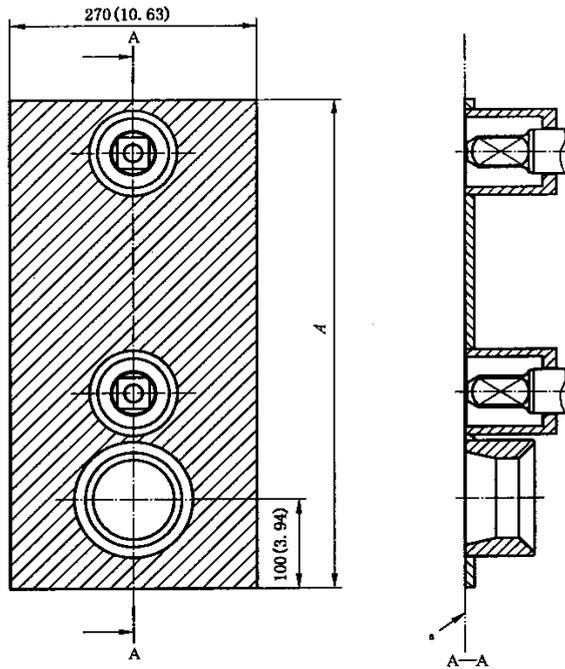
c 对接面。

注 1：穿入结构体的典型范围在 140 mm(5.5 in)内，专用工具能设计更大的穿透深度；

注 2：MQC 盘的安装要求范围比对接点位置要低，见图 33。

图 9 典型的双对接点 TDU 工具的能力范围

单位为毫米(英寸)



a 对接面。

注 1：阴影所表示区域要求保持平整和无妨碍。

注 2：A 的大小通常在 350 mm(13.78 in)到 550 mm(21.65 in)之间，具体大小取决于工具要求。

图 10 典型的单对接点 TDU 工具的能力范围

12.3 机械手操作把柄

12.3.1 功能

水下设备中供 ROV 作业的标准接口能进行直线运动或旋转运动,或者两者都可。

12.3.2 应用

与 ROV 机械手或特制工具配合使用的把柄可按照要求的动作直接操作对接口。

12.3.3 设计

安装在所操作的设备上接口由 T 型杆或 O 形圈构成,可通过机械手或专用工具来抓握,见图 11。

应考虑在操作过程中出现最大作用力的情况。

进行旋转操作时,操纵杆应能抵抗在操作过程可能产生的最大扭矩,此时使用机械手会有对设备产生损害的风险。

在设备内宜有终点限位装置,以避免在任何时候操纵杆出现超应力状态,操纵杆应抵抗在最恶劣条件下操作设备时所产生的最大作用力。

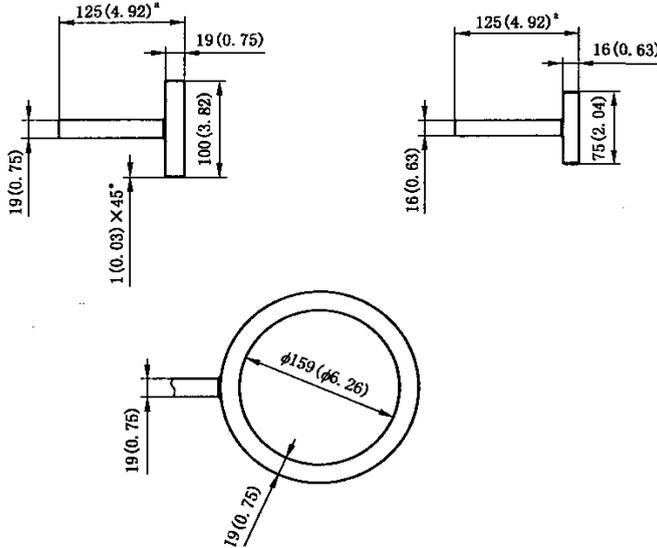
把柄和工具连接点之间柔性性能承受操作者在进行直线操作时所产生的偏离直线的作用力。

12.3.4 操作

把柄通过直接定位在机械手上进行操作,或者把它们定位在一个为特制插孔(如装配扭矩工具的 TDU)上操作。见图 12。

宜注意做出标记来显示把柄移动路线的方向,以减少由于计划操作超出路径限制而对操纵杆产生的损害。

单位为毫米(英寸)



材料强度 = 450 N/mm² (65 kip/in²)

^a 机械手操作空间。

图 11 机械手把柄

12.4 TDU 把柄

12.4.1 功能

这些把柄用来抓握水下设备。

12.4.2 应用

TDU 把柄与双对接点工具或单对接点工具配合使用,按照要求的动作直接操作对接口。

12.4.3 设计

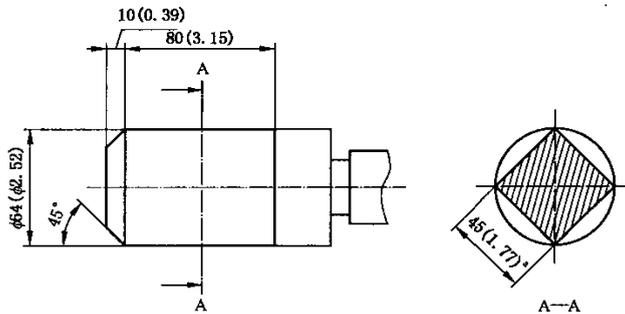
接口由一个与垂直角度方向成 45°的方形把柄构成。

应适当考虑在操作过程中施加的最大作用力。要求留出机械手或 TDU 能抓握的空间,以保证抓爪的正确定位。机械手抓握工具和把柄之间宜设计成柔性连接,以便灵活的插拔工具;这样机械手的弯曲角度就不必随机械臂的插拔运动而同时运动。设计考虑在即插式接头和机械手把柄之间采用钢缆延伸件柔性连接的例子见图 19。

12.4.4 操作

把柄通过安装在机械手或 TDU 抓爪上操作。抓爪通过抵抗施加在把柄平面的载荷的方式来防止转动。当把柄移动到所需位置时,所有载荷通过把柄传送到抓爪上。

单位为毫米(英寸)



^a 对边宽度。

图 12 TDU 把柄

12.5 旋转(低扭矩)接口

12.5.1 功能

标准旋转接口使 ROV 能通过旋转来操作水下设备。

12.5.2 应用

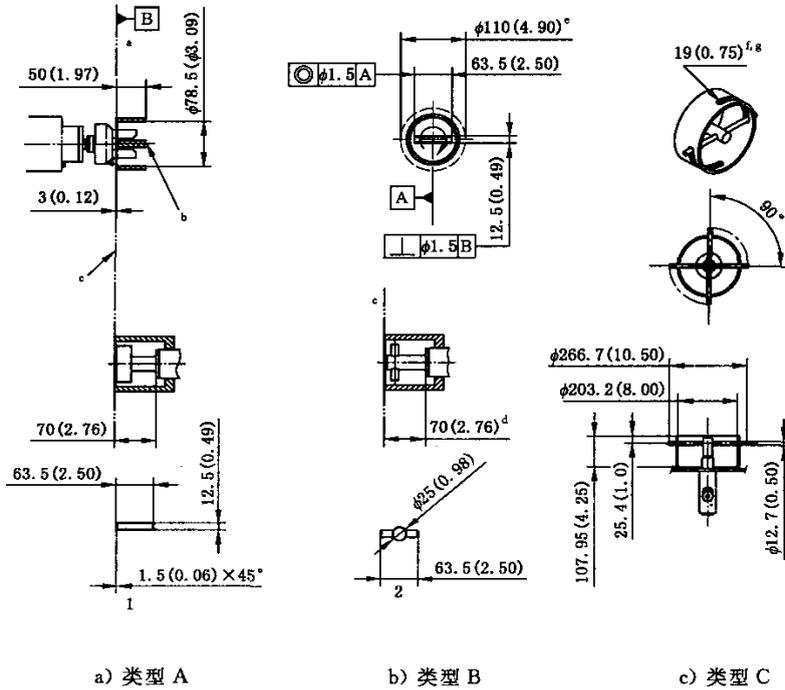
旋转接口与装配在 ROV 上的扭矩工具配合使用,操作水下采油树的针阀和完成其他的低扭矩作业。

12.5.3 设计

旋转接口(如图 13 所示)包含一个网状罩及罩内的一个 T 型杆或转轮。

旋转接口通常水平地装配在驱动杆上,但在需要的情况下也可垂直装配。接口插孔能通过螺钉或焊接安装在面板上,或者自由站立,或者制造成水下设备的一部分。安装面板时,面板宜与对接面保持平齐。

单位为毫米(英寸)



为了避免损坏阀的把柄,将顶部的操作端保持在插孔内非常重要。

最大扭矩等级 = 75 N · m (663.8 lbf · in)。

1——扁平叶轮形式(类型 A);

2——T型杆把柄(类型 B)。

a 工具通道深度;

b 旋转阀把柄能采用 T 型杆或扁平叶轮形式;

c 对接面;

d 带有 T 型杆把柄的工具插孔;

e 工具直径;

f 环行槽;

g 2 × 180° 分开。

图 13 低扭矩插孔

为在给定扭矩下作业,制造接口法兰的材料的抗拉强度宜至少达到 450 MPa (65 300 psi),但如果载荷条件变化,也可指定其他材料。

在多数环境条件下,宜对海生物生长和腐蚀采取保护措施,因此需要考虑采用抗腐蚀材料或涂层。

ROV 工具沿驱动杆轴向靠近接口,这样就需要在该区域留出通道。

12.5.4 操作

装配在 ROV 上的扭矩工具沿轴向靠近接口,其驱动头从确定方位与 T 型杆或转轮接合。一旦接合,扭矩工具就能提供任何扭矩方向的连续的旋转作业,其扭矩由 ROV 系统提供。由于该类接口没有内置帮助抓握的导向装置,所以宜与一个双对接点或单对接点系统配合使用,为工具端部提供准确定位。

12.6 旋转(大扭矩)接口

12.6.1 功能

标准旋转接口使 ROV 能通过旋转来操作水下设备。

12.6.2 应用

旋转接口与装配在 ROV 上的扭矩工具配合使用,脱开或操作水下采油树的阀门、锁定 SCM、操作作业工具、卸扣和完成其他的高扭矩作业。

12.6.3 设计

旋转接口(如图 14 所示)由一根方形驱动杆组成,该驱动杆由一个内部带有反扭矩耳柄的管式罩保护。

旋转接口通常水平地装配在驱动杆上,但在需要的情况下也可垂直装配。接口插孔能通过螺钉或焊接安装在面板上,或者自由站立,或者制造成水下设备的一部分。安装面板时,面板宜与对接面保持平齐。

为了能在给定扭矩下作业,制造接口法兰的材料的抗拉强度宜至少达到 450 MPa(65 300 psi),但如果载荷条件变化,也可指定其他材料。

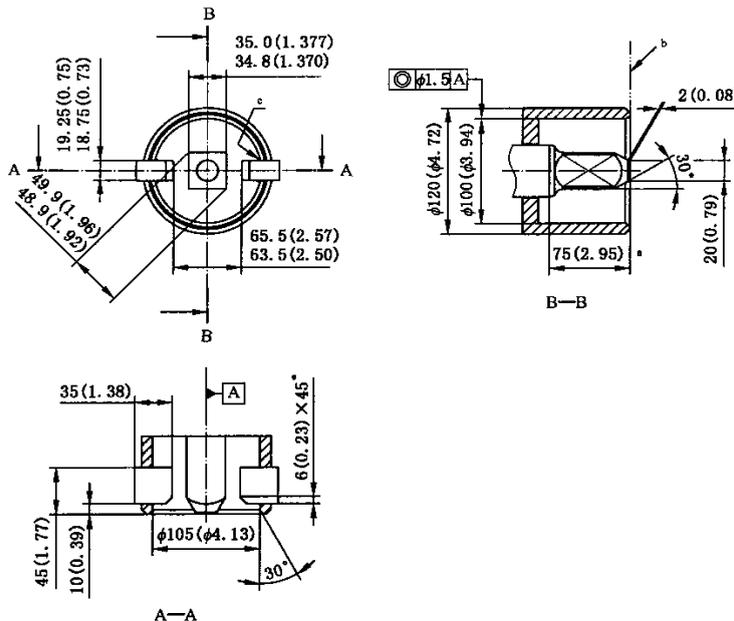
在多数环境条件下,对海生物生长和腐蚀应采取保护措施,因此宜考虑采用抗腐蚀材料或涂层。

ROV 工具沿驱动杆轴向靠近接口,这样就需要在该区域留出通道。

12.6.4 操作

装配在 ROV 上的扭矩工具沿轴向靠近接口,其反扭矩耳柄从确定方向进入工具槽中。需要时,工具驱动底座可随之慢慢转动,往前移动抓住驱动杆。一旦接合,扭矩工具就能提供任何扭矩方向的连续的旋转作业,其扭矩作用于工具和接口上,而不是作用于 ROV 系统上。由于该类接口没有内置帮助抓握的导向装置,所以宜与一个双对接点或单对接点系统配合使用,为工具端部提供准确定位。

单位为毫米(英寸)



最大额定扭矩=2 000 N·m(17.7 klf·in)。

a 工具通道的最小深度;

b 对接面;

c 内部角焊应不超过腿的长度 3 mm(0.12 in)。

图 14 大扭矩插孔

12.7 线性(推进)接口——类型 A 和类型 C

12.7.1 功能

供水下设备进行 ROV 作业所使用的标准接口需要一种推进动作。

12.7.2 应用

这种接口与安装在 ROV 上的扭矩工具配合使用,允许在故障自动排除系统关闭时能用 ROV 打开阀门。当应用到这种情况下时,接口通常作为阀启动器的一部分,并且能在带压情况下通过阀操作它。

当然,这种接口可装在任何需要提供这种类型和大小的推进动作的水下构件上。

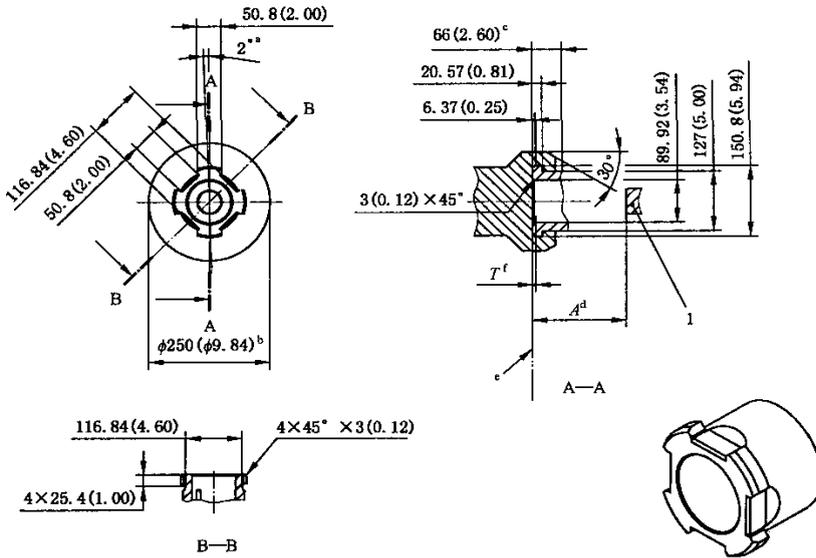
12.7.3 设计

这种接口(如图 15 所示的类型 A 和图 16 所示的类型 C)由一个环绕在一根中心杆的带槽法兰构成。该法兰允许装配在 ROV 的工具通过一种“推动和转动”动作抓住接口。在法兰上产生反作用力的同时中心杆就能旋进接口了。

该接口能在水平面或垂直面上安装。

图 15 标明的最大推力是根据大多数水下系统应用时在最大压差情况下开启闸式阀所需要的推力获得的。

单位为毫米(英寸)



由工具施加的最大线性作用力=745 kN(167.5 klf)。

- 1——阀杆;
- a 角度间隙;
- b 最小间隙;
- c 允许工具接合的最小间隙;
- d 尺寸的大小取决于工具行程大小;
- e 对接面;
- f 尺寸 T 最少等于 5 mm。

图 15 线性推进接口类型 A

接口法兰的制造材料的抗拉强度宜至少达到 450 MPa(65 300 psi),以便能在特定扭矩情况下操作。但是工程师可针对不同载荷条件自由选择其他材料。

在多数环境条件下,需要考虑对海生物生长和腐蚀的发生采取保护措施,因此宜考虑采用抗腐蚀材

料或采用合适的涂层。

ROV 工具沿着驱动杆的轴接近接口,这样就需要在该区域留出接近通道。除此之外,需要在接口周围留出如图所示的与工具直径大小相等的净间距。

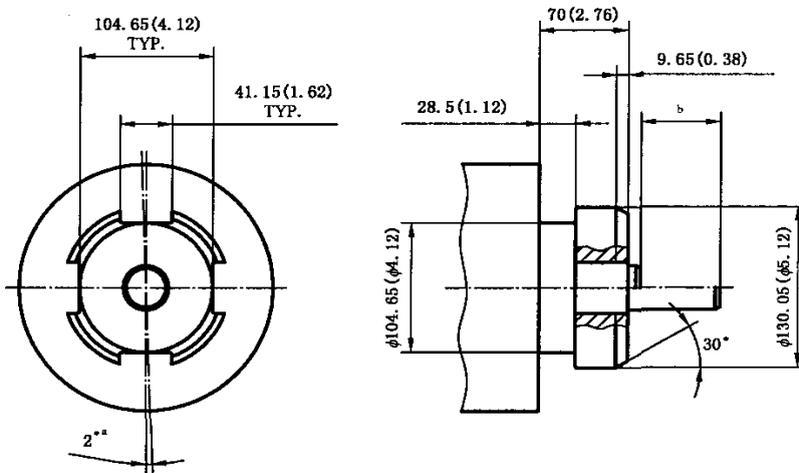
12.7.4 操作

装配在 ROV 上的扭矩工具沿着等轴线方向靠近接口,以确定方向进入法兰的槽口中,工具随后沿顺时针方向旋转 45°从法兰后面锁紧,一旦到达此位置,中心杆就能由工具驱动器驱动。在需要的情况下,工具可使用 ROV 释放,把它连接在接口上,并保持在推进后的位置。释放工具时需要释放因抓握中心杆而在工具内产生的作用力,随着 45°逆时针旋转,可将工具从接口中退出来。

在用作液压闸式阀的备用方案时,阀门启动器内的故障自动排除弹簧会将中心杆退回到原来位置。

线性推进工具能由机械手或 TDU 操作。需要对 TDU 行程进行检查以确保有足够的间隙完全安装推进工具以及以后能拆卸它,这一点很重要。

单位为毫米(英寸)



^a 角度间隙;

^b 阀的行程。

图 16 线性推进接口类型 C

12.8 线性(推进)接口——类型 B

12.8.1 功能

供水下设备进行 ROV 作业所使用的标准接口需要一种推进动作。

12.8.2 应用

这种接口与安装在 ROV 上的工具配合使用,主要是作为液压闸式阀的备用系统使用。允许在自动保障系统关闭时能使用 ROV 打开阀门。在这种情况下应用下,接口通常作为阀门启动器的一部分,并且能在带压情况下通过阀来操作。

这种接口当然可装在任何需要提供这种类型和大小的推进动作的水下构件上。

12.8.3 设计

这种接口(如图 17 所示)由一个环绕在一根中心杆的法兰构成。该法兰允许安装在 ROV 的工具通过一种“钩住”动作连接到接口上。中心杆在法兰上产生反作用力的同时能被推进接口。

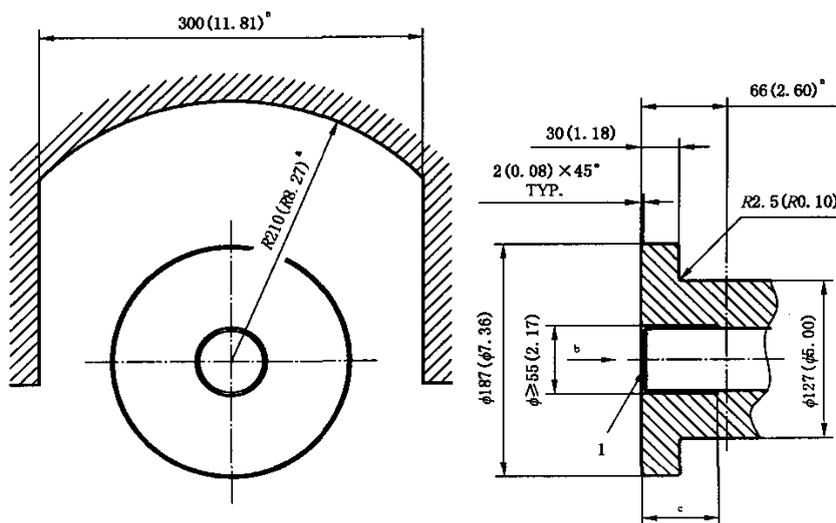
该接口能在水平面或垂直面上安装。

接口法兰的制造材料的抗拉强度宜至少达到 450 MPa(65 300 psi),以便能在特定扭矩情况下操作。但是工程师可针对不同载荷条件自由选择其他材料。

在多数环境条件下,需要考虑对海生物生长和腐蚀的发生采取保护措施,因此宜考虑采用抗腐蚀材料或采用合适的涂层。

ROV 工具沿着驱动杆的轴接近接口,这样就需要在该区域留出接近通道。除此之外,需要在接口周围留出如图所示的与工具直径大小相等的净间距。

单位为毫米(英寸)



1——阀门跨越杆。

a 为接合留出的最小间隙；

b 轴向作用力；

c 阀的行程+5 mm(0.2 in)。

图 17 线性推进接口类型 B

12.8.4 操作

如图 17 所示,装配在 ROV 上的扭矩工具通过钩吊在法兰上贴紧接口,需要在接口前面提供上面所述的间隙大小,一旦就位,中心杆通过工具驱动器往后敲击并在法兰上产生反作用力。在需要的情况下,工具可由 ROV 释放,把它连接在接口上,并保持在推进后位置。

释放工具需要释放因抓握中心杆而在工具内产生的作用力,让阀门启动器内的故障自动排除系统的弹簧将中心杆退回到原来位置,工具随之脱钩和解脱。

线性推进工具能由机械手或 TDU 操作。需要对 TDU 的行程进行检查以确保有足够的间隙完全安装推进工具以及以后能拆卸它,这一点很重要。

12.9 旋转对接接口

12.9.1 功能

旋转对接接口为 ROV 装配的旋转工具提供对接、反扭矩、定位和槽口连接等作业。

12.9.2 应用

旋转对接接口的插孔通常装配在采油树、管汇、控制模块和控制盘这样的水下设备的阀盘上,它适用于任何需要旋转跨越的操作,如表 3 所示。

12.9.3 设计

如图 18 所示,这种接口由一个顶端装有盘式结构的管式腔体构成。装配的盘式结构带有相互间隔 180° 的两个反扭矩槽口。管式腔体的基体加工成可与支撑轴承连接的形式。加工孔的尺寸大小和支撑轴承将随着插孔类型和杆状接口直径的不同而发生变化(见表 4 所示)。

12.9.4 设计要求

插孔通常是水平安装在驱动杆上,但是在需要的情况下也可垂直安装。如果使用机械手或 TDU 来安装工具,可从任何方向定位插孔的位置以便满足机械手的操作范围。插孔安装在面板上并焊接好,这样就只有将法兰盘从面板上突出来。插孔通常使用最小屈服应力为 200 MPa(29 000 psi)的低碳钢制造,利用一层环氧涂料提供保护。在需要采取保护措施避免碎屑影响和防止长期形成的坚硬海生物产生损害的情况下,宜使用插孔帽。

12.9.5 操作

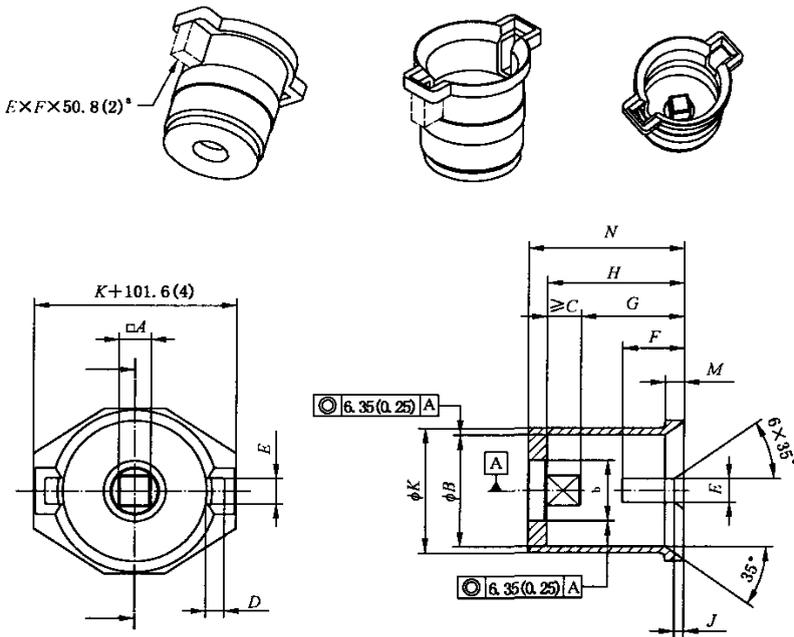
扭矩工具通常居中地装配在 ROV(单对接点情况)较低的前框架上。ROV 将把工具推进插孔并且把工具和 ROV 对接到插孔上。在工具装配好时,驱动杆就能根据需要由扭矩工具操作。形成的所有扭矩都会在工具和接口的插孔内产生反扭矩。

注意:该插孔的设计也适合使用机械手安装工具的情况。安装方式能根据需要选择以便满足特定的接口布置形式。

表 3 旋转驱动器维修设备等级

等级	最大设计扭矩/[N·m(lbf·ft)]
1	67 (50)
2	271 (200)
3	1 355 (1 000)
4	2 711 (2 000)
5	6 779 (5 000)
6	13 558 (10 000)
7	33 895 (25 000)

单位为毫米(英寸)



a 两端间的间隙;
b 见表 4 中的说明。

图 18 旋转扭矩插孔

表 4 图 18 中插孔类型 1 至类型 7 的尺寸

单位为毫米(英寸)

尺寸	类型						
	1	2	3	4	5	6	7
A ²	17.50(0.687)	17.50(0.687)	28.60(1.125)	38.10(1.50)	50.80(2.00)	66.67(2.625)	88.90(3.50)
B	154.0(6.06)	154.0(6.06)	154.0(6.06)	154.0(6.06)	190.5(7.50)	243.0(9.56)	243.0(9.56)
C _{min}	41.0(1.62)	41.0(1.62)	41.0(1.62)	41.0(1.62)	63.5(2.50)	89.0(3.50)	89.0(3.50)
D	38.0(1.50)	38.0(1.50)	38.0(1.50)	38.0(1.50)	57.0(2.25)	82.25(3.25)	82.25(3.25)
E	32.0(1.25)	32.0(1.25)	32.0(1.25)	32.0(1.25)	38.0(1.50)	44.5(1.75)	44.5(1.75)
F	82.5(3.25)	82.5(3.25)	82.5(3.25)	82.5(3.25)	127.0(5.00)	178.0(7.00)	178.0(7.00)
G _{min}	140.0(5.51)	140.0(5.51)	140.0(5.51)	140.0(5.51)	140.0(5.51)	222.0(8.75)	435.0(17.13)
G _{max}	146.0(5.75)	146.0(5.75)	146.0(5.75)	146.0(5.75)	146.0(5.75)	228.0(9.00)	441.0(17.38)
H	181.0(7.12)	181.0(7.12)	181.0(7.12)	181.0(7.12)	206.0(8.12)	—	—
J	12.7(0.50)	12.7(0.50)	12.7(0.50)	12.7(0.50)	—	—	—
K	168.5(6.63)	168.5(6.63)	168.5(6.63)	168.5(6.63)	—	—	—
M	25.4(1.00)	25.4(1.00)	25.4(1.00)	25.4(1.00)	—	—	—
N	194.0(7.63)	194.0(7.63)	194.0(7.63)	194.0(7.63)	—	—	—

附录 D 中给出的末端受动器形状在适当的扭矩范围可作为对尺寸 A 的替代使用。

所有尺寸公差如下：
 $0. \times \pm 0.5$ (0.020)
 $0. \times \times \pm 0.25$ (0.010)
 $C^{+1.27}_{+0.05}$ (+0.05)

注 1：末端受动器剖面的末端斜面最大为 $45^\circ \times 1.65(0.06)$ ；
 注 2：留在反旋转槽口〔 $E \times F \times 50.8(2)$ 〕后面的间隙应考虑将来由一些工具提供的可选择的锁定特性。

12.10 液压连接即插式接头接口类型 A——69 MPa(10 000 psi)工作压力等级

12.10.1 功能

即插式接头是一种通过使用 ROV 和可能使用液体储蓄器发送的对水下设备的远程部件提供临时性动力(偶尔也会是气源)供应的一种手段。

12.10.2 应用

即插式接头通常用于：

- 跨越已经存在系统；
- 作为锁定和解锁功能的下部立管组件的补充系统；
- 液压驱动阀门；
- 密封性检验和连接；
- 流体取样。

12.10.3 设计

将即插式接头设计成一个部件,可将该部件插入带有连接槽口的插孔中,允许在用密封件隔开的两个独立部件间增压。

12.10.4 设计要求

即插式接头的插孔在设计上宜考虑不使用时不被碎屑充填,例如,使用一个盲板可满足上述要求。这将通过即插式接头的插入把它临时推上去,也能给即插式接头的母扣装上盲板来防止碎屑进入,在这种情况下,在使用即插式接头工具时宜为盲板提供一个就位槽。

即插式接头宜在把柄或对扣上带有一个柔性接头以方便连接或脱开。见图 19 和图 20。

12.10.5 操作

即插式接头能由机械手或 TDU 操作。需要对 TDU 行程进行检查以确保有足够的间隙将即插式接头全部安装好以及以后能移开它,这一点很重要。

12.10.6 设计中考虑使用的材料

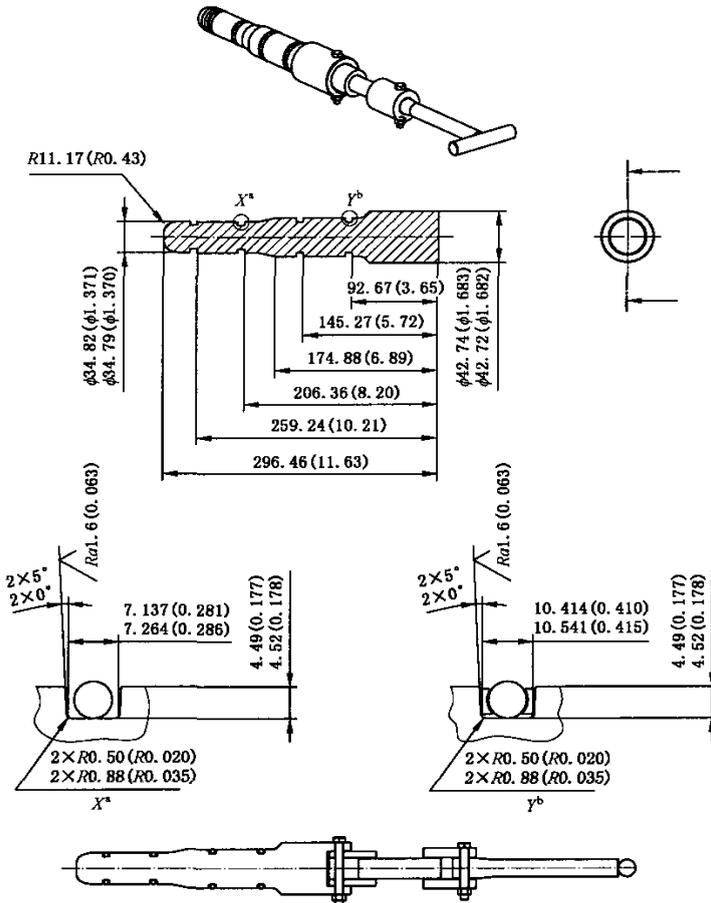
在设计即插式接头系统时确保对扣的母扣部分在安装时以及以后与公扣的连接中不受损害是非常重要的。材料选择宜考虑对扣准备使用的情况——如果在一个对扣系统的寿命期内仅仅使用 1 次或 2 次(例如:在给桩靴灌浆时),则会比维修时频繁使用的对扣需要较低的技术要求。

12.11 液压连接即插式接头接口类型 B

这种即插式接头除了具有类型 A 具备的特征外,还能允许从任何一端进入以及可通过某些尺寸的重复而具有多槽口特征。关于设计材料和操作方面的要求与类型 A 一样,见图 21。

接口的背部应带有开口以允许放空。所有密封孔尺寸的公差应以接口面算起为 0.3 mm(0.01 in)。进入密封孔的接口应在离“C”尺寸的直孔部分 2 mm(0.8 in)以外。应清理所有锐缘的毛刺。

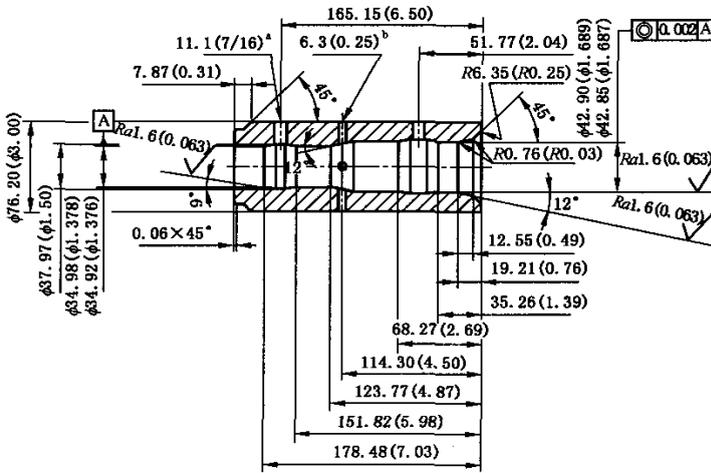
单位为毫米(英寸)



a 10 倍详图;
b 15 倍详图。

图 19 即插式接头连接接口类型 A 的总体布置图

单位为毫米(英寸)

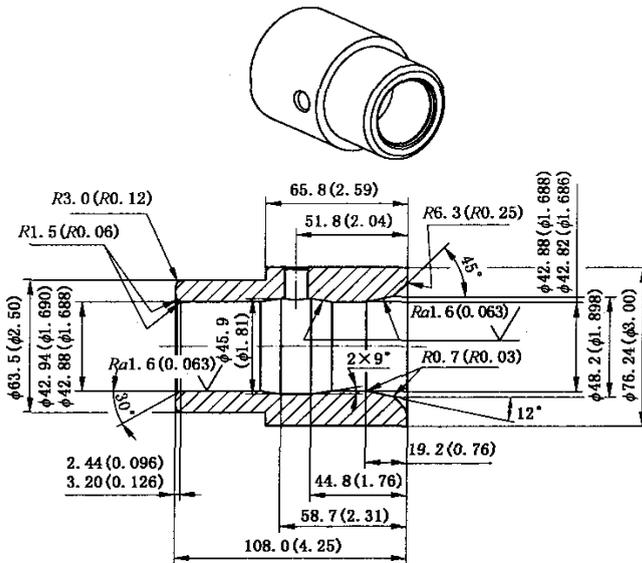


a 在常温常压下通过轻敲钻 11.1 mm(7/16 in) 的大小的两个孔,仅用于 10 倍详图情况。15 倍详图使用焊接或适当的高压方式准备孔;

b 钻 4 个 90° 分开的孔。

图 20 母扣插孔类型 A

单位为毫米(英寸)



注: 在常温常压下通过轻敲钻 11.1 mm(7/16 in) 的大小的一个孔,仅用于 10 倍详图情况。15 倍详图使用焊接或适当的高压方式准备孔。

图 21 即插式接头连接类型 B

12.12 旋转液动接头

12.12.1 功能

可提供多功能液力对接。

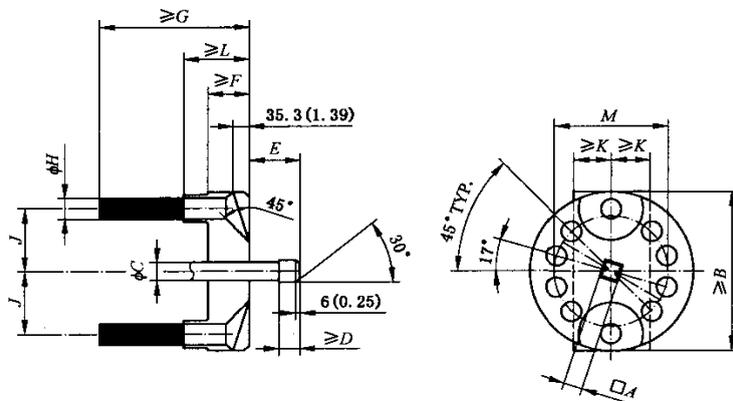
12.12.2 应用

旋转液动接头用于管线维修系统和油管连接的多功能液力对接的情况。

12.12.3 设计

对所有即插式接头的基本设计宜按 12.10 中所描述考虑的那样。见图 22。

单位为毫米(英寸)



尺寸/[mm(in)]		
符号	类型	
	2	3
A	17.3/17.0 (0.680/0.670)	28.6/28.3 (1.125/1.115)
B	164.5 (6.47)	240.5 (9.47)
C	17.0 (0.670)	28.3 (1.115)
D	25.4 (1.000)	31.8 (1.250)
E	57/25.5 (2.25/1.00)	76/32 (3.00/1.25)
F	12.5 (1.50)	62 (2.45)
G	216 (8.50)	222 (8.75)
H	20.6 (0.812)	30.2 (1.187)
J	63.5 (2.500)	95.2 (3.750)
K	50 (1.97)	56 (2.20)
L	82.5 (3.25)	98.5 (3.87)
phi M	—	171.5 (6.750)

注：在需要情况下，液动接头可选择多达 8 个位置安装，接头的尺寸见图 21。

公差大小如下：

3 位小数：±0.2 mm (0.01 in)

2 位小数：±0.5 mm (0.02 in)

分数：±1 mm (0.04 in)

图 22 旋转液动接头

12.13 CCO(部件更换)接口

12.13.1 功能

标准的 CCO 接口用于 ROV 工具系统更换水下生产设施的部件时就位和锁定。

注：该接口也能用在 ROT 的提升缆上为 ROV 定位或定位在 API 导向柱之间，这时工具系统安装在导向缆上。由于这两种布置方式在本部分中没有详细论述，因此可参考 GB/T 21412.9。

12.13.2 应用

该接口用于对垂直安装的部件的更换,能由 ROV 工具系统携带,划分在该类别的典型部件包括:

- 油嘴;
- 控制模块;
- 插入式阀门;
- 多相流量计;
- 清管发射器;
- 化学药剂注入模块;
- 液压增压模块;
- 防碎屑帽和承压帽。

12.13.3 设计

该接口由两个相同的就位单元构成(见图 23~图 27),每个就位单元带有一个中心锁合插孔和两个重力插孔。重力插孔可与水下重力交换系统组合使用。还存在另外一种情况,将盖板定位在重力插孔上面以确保软连接缓冲装置能产生反作用力。

就位单元安装的中心距应为 1 500 mm(59.65 in),这样就能操作面积达到 1 100 mm×1 100 mm(43.31 in×43.31 in)的部件。选择部件的名义高度达到 1 700 mm(66.93 in)时,就覆盖了大多数普通部件。这就是在设计环绕部件的接口时推荐使用的接口高度。连接部件的顶面宜定位在与部件提升心轴保持平齐或比它高的位置。连接附件可安装在采油树或管汇的高水平位,但在有合适的接口通道情况下也可安装在低水平位。

在部件尺寸超过上述情况下,建议将中心距延长到 1 750 mm(68.90 in),这样在工具能力允许的情况下,也能操作高度大于 1 700 mm(66.93 in)的部件。

部件提升心轴应根据图 29 所示的提升心轴进行设计。

连接部件可通过结构物框架或部件基体获得支撑。这种布置形式还应考虑为重力传动设备留出所需要的间隙。

就位单元的设计载荷对结构组件来说是一种特殊载荷,因此应在逐一评估的基础上设计一个在水中质量大约为 1 200 kg(1.2 t)[在空气中质量 3 000 kg(3 t)]的垂直接口,产生 200 kN(45 kJ)的最大垂直载荷以及在空气中为 60 kN·m(44 kJ·ft)的弯矩。该接口的制造材料的极限抗拉强度至少宜达到 450 MPa(65 300 psi),以便满足上述尺寸大小及载荷情况。

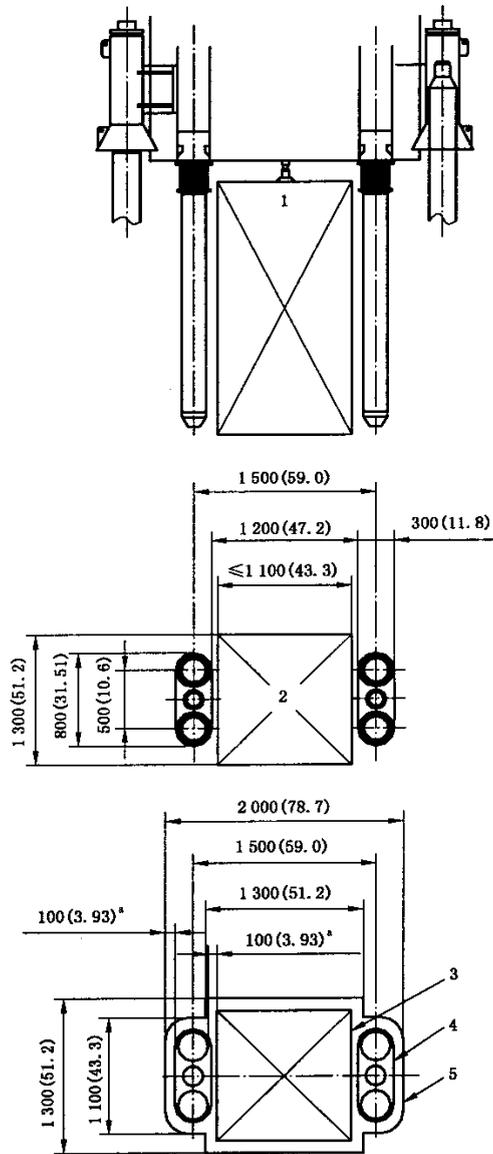
如图 25 所示,锁合插孔是在一个带有与对接接头插孔剖面相匹配的内剖面的杆上形成的。锁合杆安装在底板上。

承担将连接物体重量传递给主体结构任务的两个重力插孔构成顶板的一部分,并通过隔离管安装在底板上面。

12.13.4 操作

典型的结构组件拆卸操作过程由以下几步组成:ROV 和工具系统在接口上垂直着陆以及锁紧、完成某种形式的重力交换或浮力调整、以及随后通过工具系统或 ROV 扭矩接口的操作释放结构组件并将它提升到工具系统等。ROV 和工具系统就携带着结构组件从接口上解脱出来,结构组件的安装则是与之相反的一个过程。

单位为毫米(英寸)

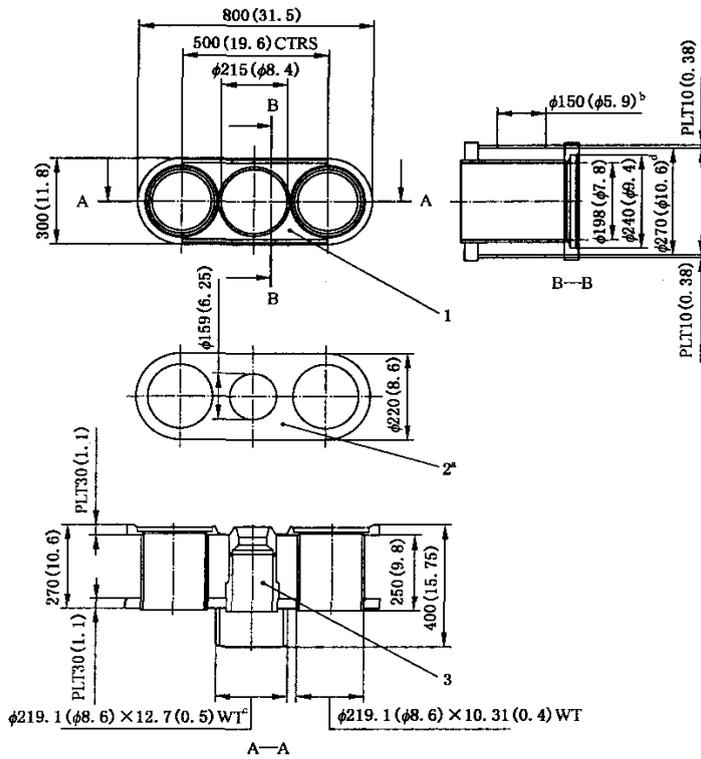


- 1——结构组件;
- 2——结构组件最大外形尺寸;
- 3——最大组件(1 100×1 100);
- 4——标准接口;
- 5——最小干净通道外形尺寸。

^a 典型的四周间隙。

图 23 CCO(用于结构组件更换)

单位为毫米(英寸)



- 1——顶板;
- 2——底板;
- 3——锁合杆(见图 25)。

^a 未指定尺寸,根据顶板的情况确定;

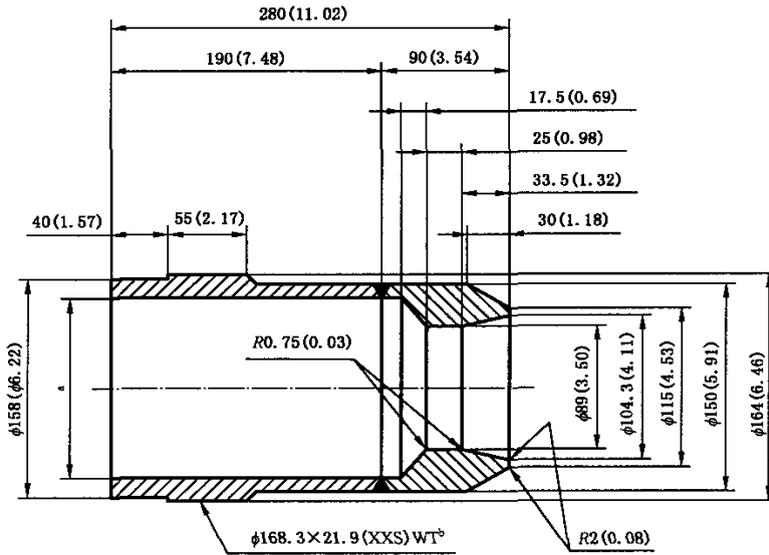
^b 新孔;

^c API 管;

^d 在刚性杆之间。

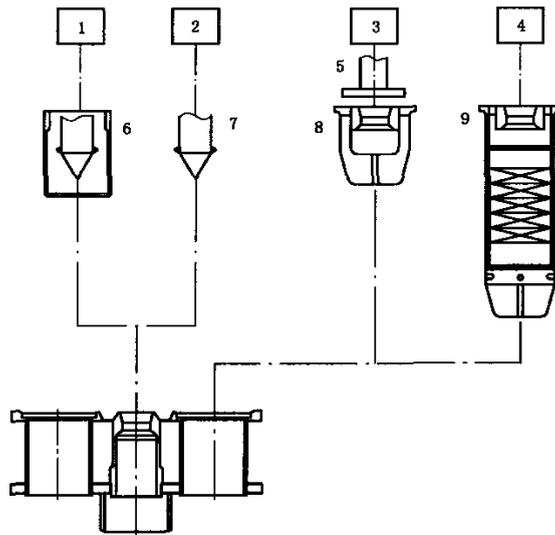
图 24 CCO 接口的结构形式

单位为毫米(英寸)



- ^a 公称管径;
- ^b API管或杆。

图 25 CCO 锁合杆详图



- 1——高能力锁合工具;
- 2——锁合工具;
- 3——减震底座;
- 4——配重连接底座;
- 5——减震器;
- 6——定位板;
- 7——锁合探头;
- 8——盖板;
- 9——加重系统。

图 26 CCO 锁合及配置系统

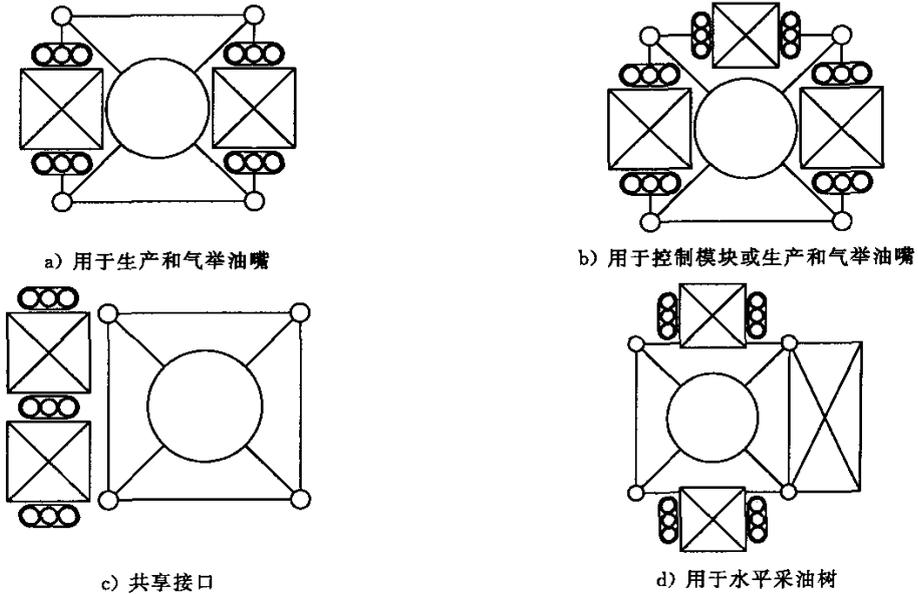


图 27 可供选择的 CCO 接口布置形式

12.14 提升心轴

这里描述的提升心轴已经被设计用于结构组件更换工作的接口上。提供的两种尺寸规格的提升心轴可用于目前所有由 CCO 接口施加的水下可更换的有效载荷的情况,典型的应用如下:

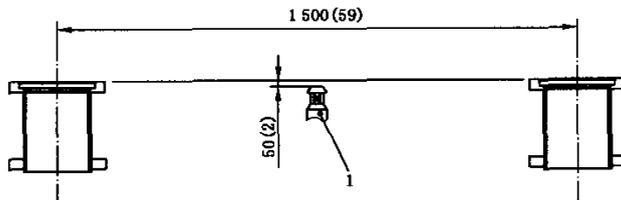
- 水下控制模块;
- 水下油嘴的插入;
- 多相流量计插入;
- 阀的插入。

根据图 29 所示,类型 A 的心轴应用于有效载荷达到 20 kN(4.5 klbf)(在空气中的总重)情况,而类型 B 的心轴可应用于有效载荷大于 20 kN(4.5 klbf)的情况,最大可达 50 kN(11.2 klbf)。

心轴已经加工成蘑菇形顶部形状以便锥形导向装置俘获。蘑菇形顶部应与 CCO 接口对接盘横截面的水平表面保持在同一高度[或者在 51 mm(2 in)范围内]。经过机械加工的扁平面在有效载荷从 CCO 工具转移到水下结构物接口上将充当反旋转机构。它们宜线性排列以便在 CCO 接口到达正视图位置时扁平面是横向的(见图 28)。

心轴与有效载荷的连接接口没有指定,能以机械式或螺旋式法兰、焊接孔连接或一个带螺纹口和螺销的接口等形式应用。整个系统容易按照在计划应用的地区所流行使用的或者由最终用户指定的大家公认的标准进行提升能力试验。

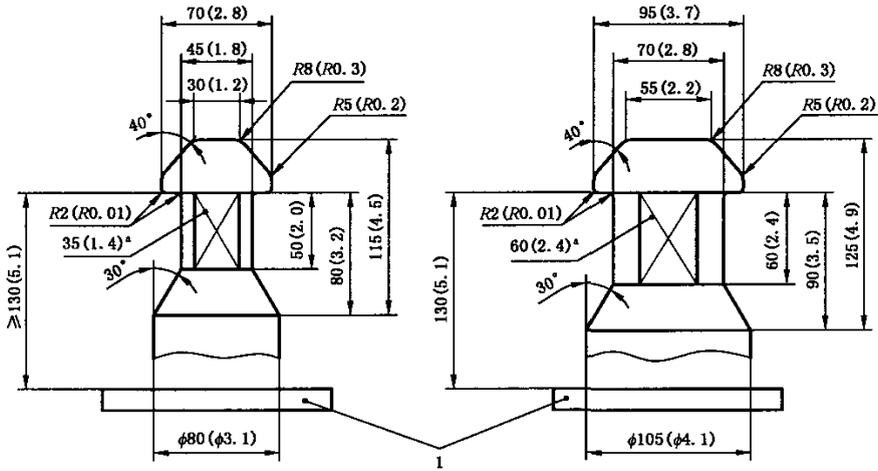
单位为毫米(英寸)



1——定向平面或提升心轴。

图 28 与 CCO 接口有关的提升心轴

单位为毫米(英寸)



a) 类型 A

b) 类型 B

1——附件(可在合适情况下选择设计使用)。

^a 对边宽度。

图 29 提升心轴

12.15 电液跨接管操作接口

12.15.1 功能

这种接口用于转移或安装操作中,采用电动、液压或组合式电-液跨接管,与水下生产设备互相连接在一起工作。

12.15.2 应用

当对接面的外形尺寸和重量在所选择 ROV 的能力范围内时,该装置能应用于所有采用浮游方式的连接及解脱操作中。

12.15.3 设计

在大量水下连接的应用中,需要采用与水下生产设备的内连接配合工作的电动、液压或组合式电-液跨接管进行转移或安装操作。这类跨接管的长度在几米到 100 m 以上的范围变化。这些跨接管的终端与一个简单的电动接头或电液耦合接头或一些集成在一起形成一个对接盘的接头连接。

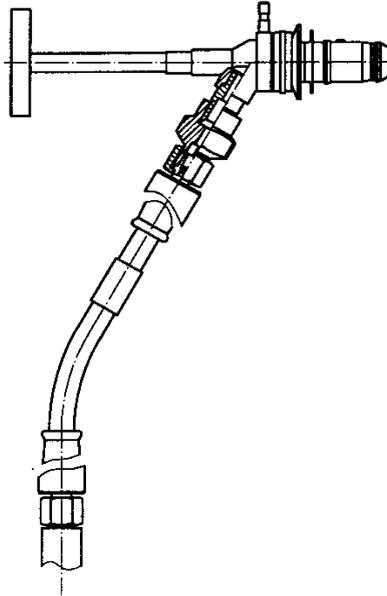
图 30 所示的是一种电动接头,它带有一根充油软管连接接头,适用于单独跨接管连接的情况。

作为另外一种选择,一种 TDU 抓握接口可安装在这种接头的后面,这样就可为 TDU 操作提供同样的接头(见图 31)。

尽管简单连接的接口既能应用于机械手操作,又能用于 TDU 操作,但是 MQC 式对接盘使 TDU 设备或一种机械手与工具提升装置的组合(见 4.3.2)更容易操作。锁定系统的接口宜如图 32 和图 33 所示的那样。

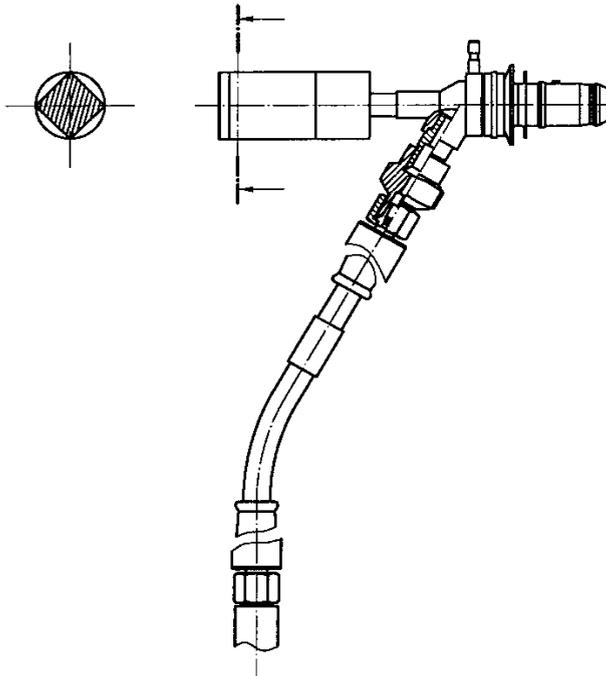
在同时需要使用几种连接的情况下,连接头通常安装在一个支撑盘上,该支撑盘带有专门的可在水下联接的电动或液动或电-液连接接头,当作单独的内连接接头使用。这样的 MQC 对接将要求提供一个相作用力来反抗因机械手的插入(自密封元件)产生的分离影响,而且要求提供液压供应。因此,需要采用主动螺纹锁定装置以便能产生足够大的作用力来进行连接和解脱操作。除了采用一种组合式中心定位或锁定销外,推荐使用第二种定位销以便在对接盘安装时提供可控制的方位。需要在工具接近和操作过程中使用一种用于定位控制和单独软管或电缆或两者的应力释放的夹紧装置。

当参考本部分内容的相关图表时,建议将所有用数字标明的尺寸参数作为标准的、非指定的尺寸并且可针对具体应用情况进行选择以满足不同应用情况的需要。



注：用于机械手操作的把柄见图 11，把柄也能包括柔性部分(见图 19)。

图 30 机械手连接操作



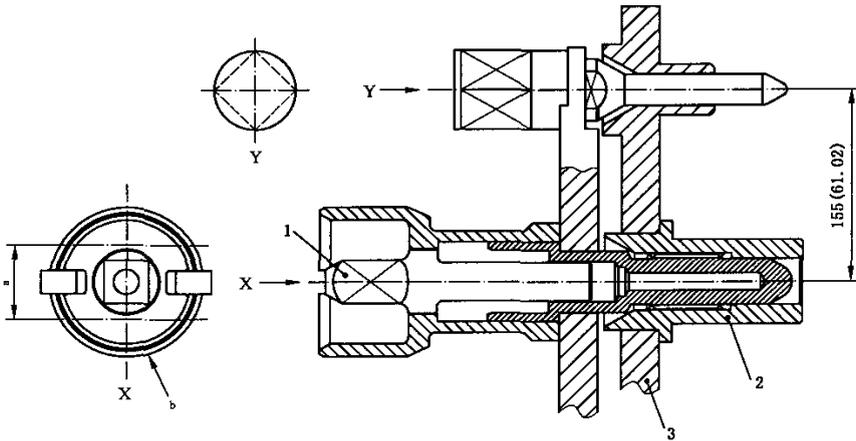
注 1：用于 TDU 操作的把柄(见图 12)。

注 2：抓爪轮廓(见图 34)。

图 31 TDU 连接的操作

图 32 给出了一种终止把柄操作以及在所推荐的把柄和中心锁定系统之间偏置的方法。材料技术要求、对接盘的形状及厚度取决于受到作用力的大小,这是以单独应用要求为基础引申得到的,并且不属于 GB/T 21412 本部分内容的范畴。锁定装置没有指定,而比较好的做法是为内侧锁定装置安装一个释放机构以便处理对接盘卡住的不利情况。

单位为毫米(英寸)



部件截面仅显示 ROV 接口。

1——对扣盘拧紧螺纹;

2——锁定机构(从内侧);

3——树状对接盘。

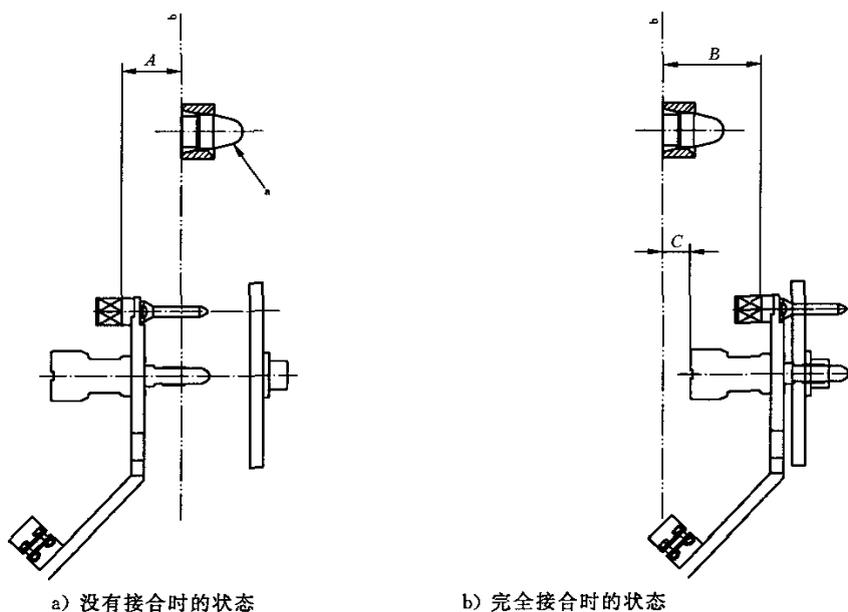
^a 插孔可截断以保留较小重量;

^b 见图 14。

图 32 多点连接跨接管对接盘

图 33 显示的是一种带有液压接头的 MQC 盘。类似的布置可安装在所有的电动或电动与液动组合的接头上。

图中所推荐的参数是基于由 ROV 传送的两联 TDU 系统操作能力范围的情况获得的。在这种情况下允许将两个 MQC 盘设计在一个单对接位置内面。这时总共必需有 5 个对接盘、两个 MQC、两个停放位置以及一个在操作过程中用于暂时停放保护帽的中间停放位置。同样的参数可应用于不使用潜水员安装跨接管的场合,这时终止操作通过使用一种专门的“飞入”工具安装在主体工具上实现。



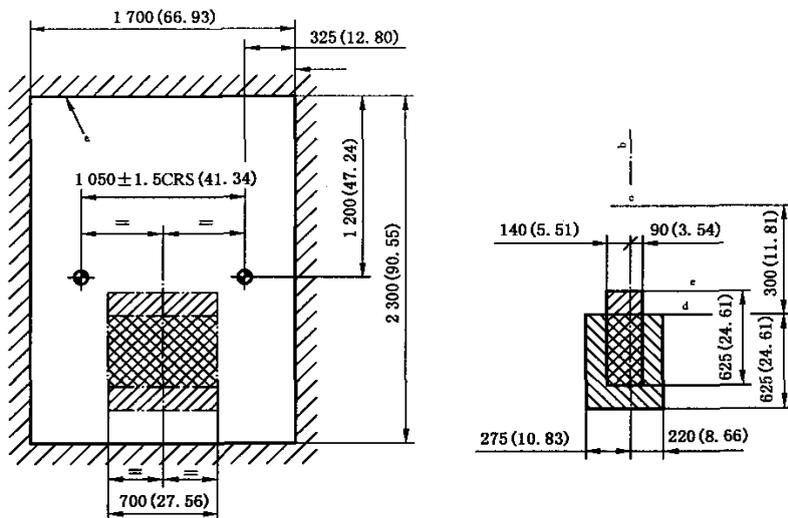
A 最大=140 mm (5.5 in)
 B 最大=90 mm (3.5 in)
 A+B 最大=230 mm (9.0 in) = TDU 的“Z”行程大小
 C 最大=270 mm (10.6 in)

^a 见图 7;

^b 对接面。

图 33 在没有接合和接合状态的典型跨接管

单位为毫米(英寸)



^a 推荐的间隙面积以便预留通道允许摄像机、支架等设备通过;

^b 对接面;

^c 对接插头的中心线;

^d 扭矩工具;

^e 抓爪。

图 34 用于跨接管操作的抓爪和扭矩工具组合的能力范围

附录 A
(资料性附录)

工作级 ROV 技术要求概况

表 A.1 描述了截止本标准出版时用于操作的工具类别。表中给出的尺寸大小和质量仅仅作为 ROV 接口设计时的指导。

表 A.1 ROV 工具类别

ROV 类别	长度		宽度		高度		质量	
	mm	(in)	mm	(in)	mm	(in)	10 ³ kg	(klb)
Challenger	2 475	(97.44)	1 400	(55.12)	1 325	(52.17)	1.71	(3.76)
Hysub 60	2 510	(98.82)	1 420	(55.91)	1 480	(58.27)	1.77	(3.89)
Pioneer	1 620	(63.78)	1 620	(63.78)	1 620	(63.78)	1.34	(2.96)
Super scorio	2 500	(98.43)	1 500	(59.06)	1 700	(66.93)	2.25	(4.95)
Triton	2 440	(96.06)	1 420	(55.91)	1 320	(51.97)	2.27	(5.00)
Trojan	2 200	(86.61)	1 600	(62.99)	1 600	(62.99)	1.84	(4.05)
MRV	2 300	(90.55)	1 500	(59.06)	1 560	(61.42)	1.90	(4.18)
SCV	2 500	(98.43)	1 500	(59.06)	1 700	(66.93)	2.81	(6.18)
Examiner	2 000	(78.74)	1 950	(76.77)	1 800	(70.87)	1.73	(3.82)
Diablo	2 466	(97.09)	1 500	(59.06)	1 750	(68.90)	1.94	(4.27)
Triton XL	2 440	(96.06)	1 480	(58.27)	1 620	(63.78)	3.06	(6.74)
Hydra magnum	2 400	(94.49)	1 400	(55.12)	1 700	(66.93)	2.03	(4.47)
Hydra millennium	3 000	(118.11)	1 524	(60.00)	1 700	(66.93)	2.22	(4.90)

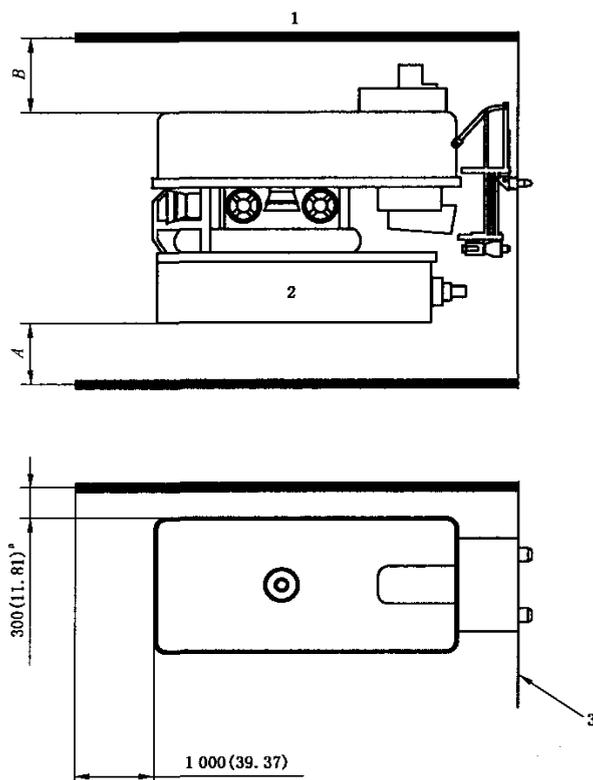
为了给 ROV 提供使用机会,设计的接口的质量宜在 2 500 kg~3 000 kg(5 510 lbs~6 612 lbs)范围。
注:表中所列参数不是惟一的,对可使用的工具的不同尺寸来说是指导性的。

附录 B
(资料性附录)
通道

ROV 作业的典型间隙要求见图 B.1。

在达不到推荐的间隙的情况下,应特别注意要确保不出现丢失 ROV 的可能性。

单位为毫米(英寸)



推荐与 ROV 底部或重心低的工具操作包间的间隙距离至少为 500 mm(19.68 in)。在 ROV 以上的间隙宜考虑脐带缆的连接。

- 1——结构物;
- 2——工具操作包;
- 3——结构物的端面。

^a 典型情况。

图 B.1 间隙大小

附录 D
(资料性附录)

末端受动器的替代设计形式

有些情况下需要采用一种可靠方式以确保阀门不容易出现过扭矩的情况。为了达到这个目的,已经开发出一系列末端受动器结构形式,它们可用于承受扭矩值在 0~2.71 kN·m(0~2 000 lbf·ft)范围的所有扭矩,其设计形式见图 D.1 所示。

单位为毫米(英寸)

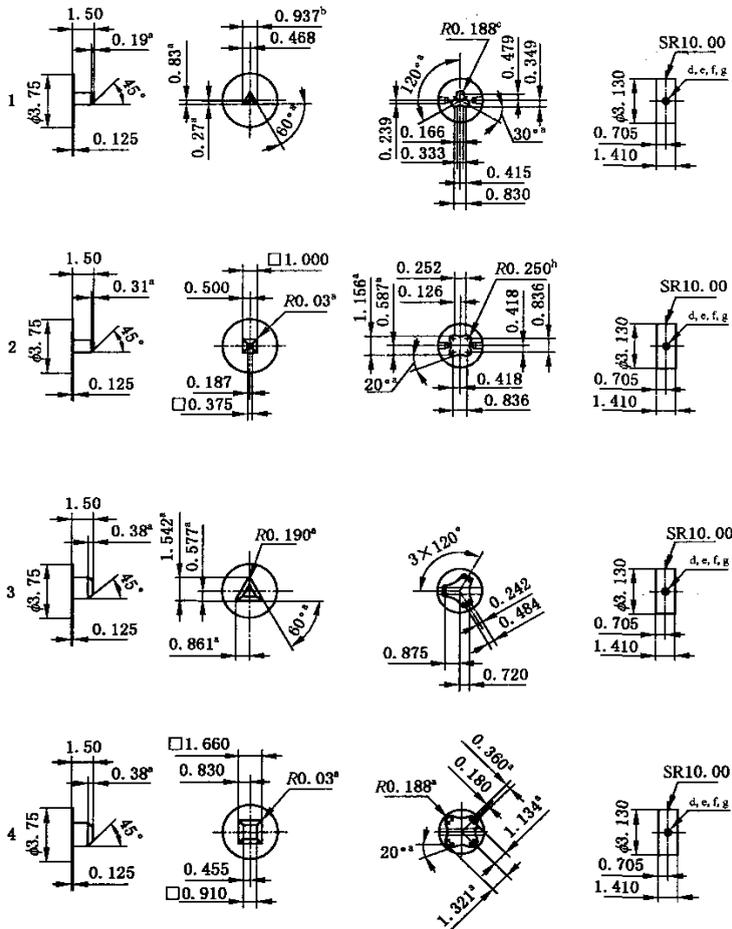
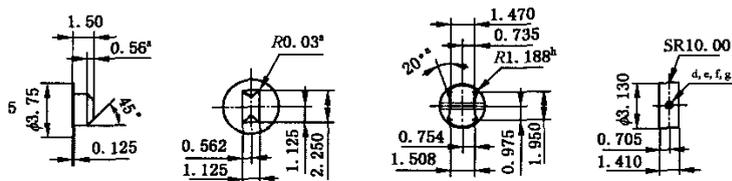


图 D.1 末端受动器可选择的剖面形式



- 1——边长为 15/16 in 的三角形,可承受 50 lbf·ft 大小的扭矩;
- 2——边长为 1 in 的正方形,可承受 51 lbf·ft~200 lbf·ft 大小的扭矩;
- 3——边长为 2 in 的三角形,可承受 201 lbf·ft~500 lbf·ft 大小的扭矩;
- 4——边长为 1.66 in 的正方形,可承受 201 lbf·ft~500 lbf·ft 大小的扭矩;
- 5——尺寸为 11/8 in×21/4 in 的长方形,可承受 851 lbf·ft~2 000 lbf·ft 大小的扭矩。

^a 典型情况;

^b 在半径范围以前;

^c 在三个位置具有相同的结构;

^d 钻 27/64 mm 孔径×75 mm 深度的孔;

^e 0.781C 孔径×0.10 mm 深度的孔;

^f 1/2-13 UNC-2B×0.60 mm 深度的孔;

^g 分开 180°的二个位置具有相同的结构;

^h 在四个位置具有相同的结构。

图 D.1 (续)

附录 E
(资料性附录)
出油管回接系统

E.1 概述

不使用潜水员对出油管进行连接已经应用好多年了。不使用潜水员,使用柔性的或刚性的出油管、脐带缆或所有这些方式的组合系统进行连接和回接是深水开发的先决条件。

典型的连接系统由内套(安装在水下采油树或管线上)、外套(连接在出油管的末端)、密封盘、卡箍和连接工具构成。

内套通常在水平面上产生最小的移动,出油管上的外套通常被拉向内套方向,这时它就会坐落在密封盘上。通常情况下,该系统最终由 ROV 工具夹紧。ROV 工具通过一台或两台螺旋千斤顶或一个筒夹接头驱动。

E.2 连接方法

内套能在水平盘上接入,接入时可使用或不使用浮力或使用一种铰链式和锁紧式装置。

通常对即插式接头进行密封试验和使用螺旋千斤顶操作。

密封装置和接头也能包含液压接头。

这种连接接头宜:

- 实现可靠的不使用潜水员的连接方式,并能对其整体进行检验(金属—金属密封类型或金属密封与橡胶密封类型);
- 实现短行程连接,以便将内套的移动距离以及残余应力降到最小;
- 允许替换密封件。

参 考 文 献

- [1] API 17D 水下井口和采油树设备规范
 - [2] GB/T 21412.9—2009 石油天然气工业 水下生产系统的设计和操作 第9部分:遥控操作工具(ROT)维修系统(ISO 13628-9:2000, IDT)
-