

# T/CDSA

## 中国潜水救捞行业协会团体标准

T/CDSA 305.27—2024

### 水下膨胀弯安装操作规程

Code of practice of operation for installation of underwater spool pieces

2024 - 08 - 01 发布

2024 - 10 - 01 实施

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	3
2 规范性引用文件 .....	3
3 术语和定义 .....	3
4 环境要求 .....	3
5 人员要求 .....	4
6 设备要求 .....	4
7 安装前的测量和预制 .....	5
8 安装作业 .....	6
9 安装后的检查和防护 .....	6
10 安全管理要求 .....	6
参考文献 .....	8

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由天津南江水下工程有限公司提出。

本文件由中国潜水救捞行业协会归口。

本文件起草单位：天津南江水下工程有限公司、安潜科技（深圳）有限公司、武汉长江航道救助打捞局、厦门坤城盾构工程服务有限公司、交通运输部上海打捞局。

本文件主要起草人：王悦涛、蔺滨海、蔺志法、付胜康、薛爽、黄建华、严海文、张莉、林树雄、张钰涵、卜立军、张辉。

# 水下膨胀弯安装操作规程

## 1 范围

本文件规定了水下膨胀弯安装操作的环境条件、人员要求、设备要求、安装前的测量和预制、安装作业、安装后的检查和防护，以及安全管理要求。

本文件适用于平台立管法兰与海底平管法兰之间的钢制膨胀弯安装作业。其它海底管道连接位置的膨胀弯安装作业可参考使用。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 20826 潜水员高压水射流作业安全规程
- GB/T 24555 200 m 氮氧饱和潜水作业要求
- GB 26123 空气潜水安全要求
- GB 28396 混合气潜水安全要求
- GB 40074 饱和潜水系统通用要求
- JT/T 211 气升式吸泥器作业要求
- JT/T 745 水下空气提升袋作业安全要求
- JT/T 1281 近海潜水支持船选择技术要求
- SY/T 6430 浅海石油起重船舶吊装作业安全规范
- 中国船级社 船舶与海上设施起重设备规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**膨胀弯** *spool piece*

连接平台立管与海底平管之间的弯曲钢制管道。

### 3.2

**立管** *riser*

连接平台水面设施与膨胀弯之间的管道。

### 3.3

**海底平管** *pipeline*

海底管道中靠近平台的与海床平行的管道。

## 4 环境要求

4.1 除应满足 GB 26123 的潜水作业环境条件外,水下能见度不应小于 1 m,吊放区域风速不大于 10 m/s,且浪高和流速应满足以下条件:

- a) 水面供气式潜水潜水员入水点浪高不大于 1 m,流速不大于 0.4 m/s;
- b) 饱和潜水最大有义波高不大于 2.5 m,表面综合流速不大于 1.0 m/s,最大海底流速不大于 0.75 m/s。

若超出上述条件,确需进行水下安装作业时,应在充分评估水下环境风险,并确保潜水员水下操作安全后,方可作业。

4.2 应提供足够的水面和水下照明。

## 5 人员要求

5.1 作业人员分为施工管理组、潜水组、起重组、定位组和甲板组,如有必要增加 ROV 组,各组人员组成如下:

- a) 施工管理组由施工经理、施工监督、健康安全监督、施工工程师组成;
- b) 潜水组由潜水监督、潜水员、待命潜水员、照料员、生命支持员、潜水医学技士和潜水机电员等组成,按具体潜水方式,必要时还应配备潜水医师、生命支持员;
- c) 起重组由司索指挥、司索和起重机司机组成;
- d) 定位组由定位监督、定位工程师组成;
- e) 甲板组由水手长和水手组成;
- f) 应在作业计划中明确项目负责人、各组组长和各岗位作业人员岗位职责;
- g) 施工管理组应负责膨胀弯预制方案设计和编制安装施工方案。

5.2 所有作业人员应掌握所安装的膨胀弯及其安装工具的结构和原理。

5.3 所有作业人员应经过膨胀弯安装及安装工具检查和操作等相关知识的培训。

5.4 所有作业人员应明了安装膨胀弯存在的风险和防控措施。

## 6 设备要求

6.1 安装施工船 1 艘,该船如作为潜水支持船,船舶性能应符合 JT/T 1281 的要求,并具备满足膨胀弯安装施工的起吊能力,且吊机宜具备升沉补偿功能

6.2 施工守护拖轮 1 艘,满足施工现场的交通运输和守护、消防需求。

6.3 运输船 1 艘,满足运输膨胀弯的需求。

6.4 根据安装计划,配备工作级 ROV 1~2 台,满足作业水深和辅助作业要求。

6.5 根据安装作业水深,配备相应的空气潜水、混合气潜水或饱和潜水系统,这些潜水系统应分别符合 GB 26123、GB 28396、GB/T 24555 和 GB 40074 的相关要求。

6.6 配备定位系统,包括 USBL 收发探头和相应的信标。

6.7 配备水下作业和测量工具,包括液压打磨机、吸泥器、焊接切割机、液压拉伸器、液压扳手、敲击扳手、棘轮扳手、手锤、法兰测量仪、法兰捕捉器、法兰间隙测量棒、空气提升袋、索具、吊篮等。

6.8 根据安装计划,配备 A 型架。

6.9 配备满足相应起吊工作安全载荷并检验合格的膨胀弯吊放框架、水泥块吊放框架。

6.10 根据安装要求,配备水泥块和沙袋。

6.11 吊机和吊索应满足 SY/T 6430 和《船舶与海上设备起重设备规范》的相关要求和作业水深要求。

## 7 安装前的测量和预制

### 7.1 初始设计和弯头预制

7.1.1 根据设计方案，结合立管和海底平管实际铺设两端法兰的位置，计算膨胀弯的尺寸，可采用制图法。

7.1.2 应在考虑海管整体弹性后，重点设计和预制膨胀弯弯头，使其满足海管弯曲半径。

7.1.3 根据具体情况，可在陆地按初始设计预制膨胀弯，但应为现场调整膨胀弯尺寸留下两道焊口。

### 7.2 安装位置测量

7.2.1 安装施工船到达现场后，安排 ROV 或潜水员下水，在水下找到海底平管法兰的实际位置，查看海管状态和膨胀弯安装路由情况。

7.2.2 若发现安装路由上的垃圾影响安装作业，应预先清除；若安装路由上存在沙坡，应使用吸泥器或高压水射流装置吹扫整平。吸泥器操作和高压水射流作业应分别满足 JT/T 211 和 GB 1281 的相关要求。

7.2.3 潜水员拆除海底平管法兰拖拉头和法兰保护等物件，为便于测量和安装，可在海底平管上绑扎空气提升袋，或在其下方垫上沙袋，使海管脱离泥面。

7.2.4 潜水员在需要连接的立管和海底平管端头法兰上安装法兰测量仪，并拉紧测距钢丝，测量出两端法兰相对角度和相对距离；也可使用定位打点方式或罗盘测量法兰角度；潜水员还应使用钢尺或卷尺测量立管底部法兰面与海床的距离。

7.2.5 现场项目工程师根据测量结果，通过绘图或计算得出结论，若符合膨胀弯安装要求，可直接进入安装作业程序；若不符合安装要求，则进行现场调整。

7.2.6 若膨胀弯不止一段，应按原设计方案先预制多出的膨胀弯，并预先安装完成，只在最后一段膨胀弯预留位置进行 7.2.4 的测量。

7.2.7 潜水员完成任务后，为便于后续潜水员及时找到安装位置，应在立管和平管法兰处系上导向绳，并将导向绳的另一端带回水面或潜水吊笼/潜水钟。

### 7.3 安装位置调整

7.3.1 方案一：根据计算或绘图结果，若通过调整立管法兰朝向后满足膨胀弯安装要求，可放松立管管卡螺栓，旋转立管，同步测量直至达到安装要求，然后拧紧立管管卡螺栓。

7.3.2 方案二：根据计算或绘图结果，若通过调整海底平管位置后满足膨胀弯安装要求，可使用空气提升袋调整海底平管位置，同步测量直至达到安装要求，然后拆除空气提升袋。

7.3.3 方案三：为便于现场选用，也可预制多款方向不一的膨胀弯弯头。

### 7.4 现场组对和检验

7.4.1 根据计算或绘图结果，在现场进行膨胀弯直管和弯头的组对和焊接，应注意直管和弯头焊接时的摆放方向与水下安装对接的方向一致。膨胀弯的长度不得太长，为便于安装应稍短一些。

7.4.2 膨胀弯制作完成后，再次使用法兰测量仪测量制作完的膨胀弯，如尺寸与计算存在差异，应重新调整，直至膨胀弯尺寸与计算结果基本一致。

7.4.3 膨胀弯制作完成后，应选用合适的方式（如超声（UT）、射线（RT）、磁粉（MT）或渗透（PT）等）进行无损检验。

7.4.4 膨胀弯在安装前，再进行测径、试压等检验，并对膨胀弯特别是焊口处进行防腐保护等。

7.4.5 重新计算膨胀弯的重心位置，并设计吊点位置和吊索长度；为使膨胀弯所受应力最小，可使用吊架吊放膨胀弯。

7.4.6 根据膨胀弯弯头位置裸露情况，安装弯头保护装置。

## 8 安装作业

8.1 膨胀弯安装前，按设计要求配置吊点和吊索；为了便于调节吊索长度，宜在吊索底端加装手拉葫芦；应注意每根吊索承受的重量，确保吊索、卸扣和手拉葫芦等的受力不超过工作安全载荷。

8.2 应在膨胀弯上系上导向绳，导向绳的另一端上绞车或与固定装置连接，通过绞车牵引和控制，稳定膨胀弯的摆动和控制其方向；根据水深，也可将导向绳的另一端固定在压重块上，进行锚固和调整。

8.3 吊索挂钩吊机后，应缓缓起钩，可利用手拉葫芦调节吊索长度，使膨胀弯吊起后基本达到水平状态。

8.4 起吊膨胀弯，并缓慢下放至水底安装位置，可配合使用水下定位系统，进行定位引导。

8.5 潜水员按潜水作业程序，沿入水绳下潜至立管法兰位置。

8.6 潜水员通知安装施工船吊机和绞车调整膨胀弯方位，或调整与压重块之间的导向绳松紧，直至膨胀弯法兰与立管法兰对接成功，穿入法兰下部 3~4 个螺栓并带上螺帽。

8.7 接着将法兰垫圈放入法兰垫圈槽，并穿入其余螺栓并带上螺帽（可由第二名潜水员协助安装）。

8.8 潜水员使用棘轮扳手或液压扳手对法兰螺栓进行预紧，使用法兰间隙测量棒调整两法兰盘间隙，应使两法兰盘处于平行状态。调整后的法兰状态应满足使用液压拉伸器进行拉伸紧固的要求。

8.9 潜水员沿入水绳到达海底平管法兰处，通知安装施工船吊机和绞车调整膨胀弯方位，直至膨胀弯法兰与海底平管法兰对接成功，穿入法兰下部 3~4 个螺栓并带上螺帽。

8.10 接着将法兰垫圈放入法兰垫圈槽，并穿入其余螺栓并带上螺帽（可由第二名潜水员协助安装）。

8.11 潜水员使用棘轮扳手或液压扳手对法兰螺栓进行预紧，使用法兰间隙测量棒调整两法兰盘间隙，应使两法兰盘处于平行状态。调整后的法兰状态应满足使用液压拉伸器进行拉伸紧固的要求。

8.12 潜水员也可在海底平管或膨胀弯上系上空气提升袋，利用空气提升袋协助调整法兰方位。

8.13 潜水员也可使用 A 型架和手拉葫芦，通过手拉葫芦使膨胀弯法兰与海底平管法兰或立管法兰对齐。

8.14 膨胀弯两端法兰最终应使用液压拉伸器将螺栓拧紧。

8.15 在每个膨胀弯法兰处缠上白色纱布。

8.16 最后，进行膨胀弯脱钩，回收吊索、导向绳、A 型架和空气提升袋等。

## 9 安装后的检查和防护

9.1 膨胀弯安装完成后，应进行整体清管试压检查，若压力可达到设计压力并稳压，则检查合格；若试压不合格，潜水员应根据白色纱布上的染色处检查漏点，并解掉白色纱布，并对泄露点的螺栓重新紧固，或更换垫圈后重新试压。

9.2 膨胀弯清管试压合格后，潜水员应使用棘轮扳手或液压扳手检查法兰螺栓拉伸紧固情况，安装所有法兰螺栓锁紧螺母。

9.3 检查和紧固立管管卡。

9.4 应在膨胀弯及邻近海底平管上压放水泥块，悬空部位应在管道下方垫放沙袋。

## 10 安全管理要求

10.1 项目启动前，编制详细作业计划，识别项目存在的危险源，做好工作安全分析。

10.2 制定船舶、台风、火灾和潜水等专项应急预案，明确岗位应急职责，并进行培训和演练。

- 10.3 项目启动前,召开安全技术交底会,向全体作业人员介绍作业程序、安全注意事项,确保每名作业人员充分了解自己的责任和作业内容。
- 10.4 作业期间,应提前查看天气预报,确认天气条件允许施工,并具备足够的施工窗口期。
- 10.5 作业期间,甲板作业人员应按规定穿戴劳动保护用品。
- 10.6 作业内容和作业步骤有所变更时,提前进行沟通,编制变更管理计划,并对变更进行审查批准。
- 10.7 所有作业人员充分了解膨胀弯吊装路径、起重最大工作安全载荷。
- 10.8 每项任务开始之前,相关作业人员应进行通信测试。
- 10.9 设置专职安全员,做好每日作业前、作业中和作业后安全巡查和监督。
- 10.10 对关键安全设施定期进行检查、维护;对甲板吊机、潜水系统、液压拉伸设备及工具,建立专人负责制,定期检查并填写设备维护保养记录;
- 10.11 膨胀弯安装作业时,在甲板上设置警示区域,并安排人员值守,非相关人员禁止进入该区域,特别是膨胀弯吊装及法兰液压拉伸对接期间。
- 10.12 膨胀弯安装作业时,潜水员应在膨胀弯、水泥压块或沙袋吊放入水并基本接近安装位置后,方可沿入水绳入水。
- 10.13 回收 A 型架等水下重物时,司索指挥和起重机司机应在潜水员的指令下缓慢起钩,水下重物离开海床并有一定受力后,应停止起吊,待潜水员返回水面、潜水吊笼或潜水钟,并得到潜水监督指令后,方可起吊。
- 10.14 潜水员水下操作空气提升袋时,应按照 JT/T 745 的相关要求操作。
- 10.15 膨胀弯安装作业中,若使用水下定位系统,应遵守相应的水下定位系统操作程序。
- 10.16 在平台附近以 DP 模式或锚泊形式就位时,保持与平台沟通,严格执行平台方的安全规定,并制定近平台作业安全保证措施。

## 参 考 文 献

- [1] JT/T 1452-2022 潜水打捞术语
- [2] 娄睿. 海上膨胀弯安全施工技术[C]. 第八届中国国际救捞论坛, 2014
- [3] 朱绍华. 海管法兰测量仪使用及法兰膨胀弯安装技术[C]. 我国近海油气勘探开发高技术发展研讨会, 2005
- [4] 赵福臣, 魏佳广, 李文成, 等. JZ 9-3 海管抢修项目中膨胀弯安装技术[J]. 中国科技投资 (A34), 2013
- [5] 王志伟. 海管膨胀弯形式分析及安装技术研究[C]. 中国油气管道安全运行与储存创新技术论坛, 2010
- [6] 毛丽娟, 刘婧, 陈兆胜, 等. 海管膨胀弯安装常见问题浅谈[J]. 石油和化工设备, 2013
- [7] 王志伟, 王章领, 徐亮, 等. 陆地预制海管膨胀弯的技术研究及应用[C]. 中国石油学会研讨会, 2012
- [8] 黄峰, 张宇, 崔占明, 等. 海管膨胀弯卡具维修关键技术及工程应用[J]. 化工准备技术, 2019
- [9] 田喆, 贾璐瑾, 胡云鹏, 等. 饱和潜水技术在深海海底管线膨胀弯安装中的应用[J]. 科技风, 2011
- [10] 蒋哲, 张立, 童仁平, 等. 浅谈膨胀弯安装施工工艺[C]. 第六届中国国际救捞论坛, 2010
- [11] 庄亚锋, 蔡长松, 张印桐, 等. 水下 A 架连接安装膨胀弯[J]. 中国造船, 2012
- [12] 安全潜水作业手册. 海洋石油工程股份有限公司[M], 2006
-