

T/CDSA

中国潜水救捞行业协会团体标准

T/CDSA 301.13—2024

水下压差环境潜水作业规程

Code of practice of diving operations in differential pressure underwater
environments

2024 - 08 - 01 发布

2024 - 10 - 01 实施

中国潜水救捞行业协会 发布

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 装备要求	4
7 防范措施	4
8 作业要求	5
附录 A（资料性）压差类型	7
附录 B（资料性）压差可能存在的位置	8
附录 C（资料性）压差作用力计算方法	9
附录 D（资料性）流经压差开口水流量的计算方法	10
附录 E（规范性）压差作业检查表	11
参考文献	13

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、交通运输部上海打捞局、黑龙江省水上交通救援中心。

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

水下压差环境潜水作业规程

1 范围

本文件规定了水下压差环境潜水作业的环境要求、人员要求、装备要求、防范措施和作业要求。
本文件适用于水下压差环境的潜水作业。

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 26123 空气潜水安全要求

JT/T 1452 潜水打捞术语

3 术语和定义

JT/T 1452 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

压差 differential pressure

水下不同压力界面之间的压强差值。

3.2

压差环境潜水 diving in differential water pressure

在不同压力界面之间存在或可能存在压强差值的水下环境中潜水。

3.3

禁区 exclusive zone, danger zone

紧邻压差源的区域，一旦潜水员或潜水脐带进入将无法逃脱。也称危险区。

3.4

脐带管理 umbilical management

将潜水脐带和潜水员控制在禁区以外的程序或方法。

3.5

金门 golden gate

一种在水下控制潜水员脐带的金属框，或水下潜水员中途照料点。

4 环境要求

4.1 除应满足 GB 26123 的潜水作业环境条件外，水下能见度宜不小于 1 m；若能见度差，应在充分评估水下环境风险，并确保潜水员安全后，方可作业。

4.2 应提供足够的水面和水下照明。

4.3 应根据预先勘察和计算结果，设置潜水作业禁区。

5 人员要求

- 5.1 应掌握潜水作业环境中压差类型（见附录 A）、可能存在的位置（见附录 B）、产生原因、可能产生的危害等知识。
- 5.2 应掌握水下压差环境的潜水作业程序和防范措施。
- 5.3 潜水监督应掌握压差作用力计算方法（见附录 C）和压差开口水流量计算方法（见附录 D），并具备压差环境潜水作业管理经验和应急处置能力。
- 5.4 应根据现场情况，在 GB 26123 规定的潜水作业最低人数上增加作业人员。

6 装备要求

- 6.1 应满足 GB 26123 规定的最低设备配备要求。
- 6.2 应配备头盔式潜水装具。
- 6.3 潜水脐带宜增加加强缆。
- 6.4 从动力定位船上潜水，应配备潜水钟或潜水吊笼，并根据作业半径对脐带长度需求配备金门。

7 防范措施

7.1 排除措施

- 7.1.1 如有可能，尽量不在存在压差的环境潜水。
- 7.1.2 如有可能，在潜水作业前，平衡或减少作业水域的压差。

7.2 替代措施

使用 ROV 或其他水下机械设备替代潜水员进行水下作业。

7.3 设计措施

- 7.3.1 船舶或水下设施的吸排水口应尽可能采用不产生过大压差的工程设计。
- 7.3.2 应在吸排水管开口处安装一个带筛网的盖子，或将吸排水管开口处设计为多孔进水，且孔与孔之间保持一定的距离。
- 7.3.3 给潜水脐带加装加强缆，减少潜水脐带的柔性。
- 7.3.4 潜水中，应严格控制潜水员脐带的释放长度。

7.4 隔离措施

- 7.4.1 应关闭影响潜水安全水域的所有进、出水管阀门，并上锁和挂牌。
- 7.4.2 应锁定潜水水域船舶的推进器和螺旋桨（动力定位船舶除外），并上锁和挂牌。
- 7.4.3 应在存在压差水域周围设立一个具备适当安全距离的禁区。

7.5 限制暴露时间

- 7.5.1 应减少潜水次数和每次下水潜水员人数。
- 7.5.2 如有可能，应减少潜水员潜水停留时间。

7.6 个人防护

- 7.6.1 不应使用自携式潜水装具潜水。
- 7.6.2 潜水员应穿戴头盔式潜水装具潜水。

7.6.3 从动力定位船上潜水，应使用潜水钟或潜水吊笼入出水。

7.7 控制措施

7.7.1 应加强压差环境的危险源识别，做好工作安全分析。

7.7.2 应针对压差环境作业特点，制定潜水作业计划（包括脐带管理）和应急程序。

7.7.3 应针对压差环境作业特点，做好技术和安全交底。

7.7.4 应按照检查表（见附录 E），进行潜水前计划、装备、环境和安全检查，并做好记录。

7.7.5 应执行作业许可制度。

8 作业要求

8.1 作业前

8.1.1 潜水监督应预先查看潜水作业的水下设施的结构图和布置图，并向水下设施的管理人员了解设施的结构和运转情况。

8.1.2 潜水监督应与水下设施管理人员一起识别作业水域可能存在的压差危险源和存在的位置，并告知设施管理人员水下压差对潜水员可能造成的危害。

8.1.3 召开工前会，潜水监督向所有潜水人员和相关人员介绍压差的危害，本次作业水下设施的结构和工作原理，水域压差的位置，压差控制措施和控制情况。

8.1.4 潜水监督或其指定责任人应按压差作业检查表（见附录 E）例行作业前检查。

8.1.5 所有与压差有关的泵机、闸门或阀门等，应有效隔离和挂牌上锁。

8.1.6 可使用 ROV、声纳成像、摄像机、流量计、拖把头检查水下流速。

8.1.7 如存在无法完全关闭的吸排口，应进行压差计算，并向潜水员交代禁区位置和范围。

8.1.8 如怀疑潜水作业的水下设施的结构存在潜在受损，应向潜水员交代禁区位置和范围。

8.1.9 潜水员入水前，应检查并确保所有潜水装具正确连接，无任何松动。

8.1.10 应检查并确保所有水面、水下通信装备完好，语音通畅、图像清晰。

8.1.11 从 DP 船上入水，潜水员脐带的长度应距离最近的螺旋推进器至少短 5 m，待命潜水员脐带的长度应距离最近的螺旋桨、推进器短 3 m。

8.2 作业中

8.2.1 宜在存在压差环境的低压段一侧进行潜水。

8.2.2 潜水员应通过潜水梯、潜水吊笼或潜水钟缓慢入水，并向监督报告入水点的水流情况。

8.2.3 下潜时，潜水照料员应始终不过多释放潜水脐带，并保持手握脐带吊紧潜水员；无论是水面照料员还是水下照料员，均应控制好潜水员和待命潜水员潜水脐带的长度，确保他们不会到达压差禁区。

8.2.4 潜水过程中，潜水员应向潜水监督持续报告水流情况和所有动作。

8.2.5 潜水过程中，潜水照料员和潜水监督应始终了解潜水员的位置。

8.2.6 潜水过程中，若水流超过作业计划限制条件，应立即回收潜水员至水面，并重新进行风险评估和修订作业计划。

8.2.7 若在水下结构物上切孔作业时，应切割相隔一定距离的狭长口，而非切割圆孔。

8.2.8 若在水下吸泥或疏浚作业时，应保持开沟坡度比不大于 1:3，并注意吸入口的压差，尤其在水深大于 10 m 时。

8.2.9 若在存在堵塞的排水口进行清堵作业时，应注意一旦堵塞物被清除，压差将会突然出现或突然增加，应预先采用适当的防范措施，如加装隔离拦栅等措施。

8.2.10 若在水下切割开孔，如有可能，应在开孔上方安装滤网等防护装置。

8.2.11 作业中一旦发生压差事故，单凭人力或机械力是无法解脱的，应设法立即关闭或阻断水流，或平衡压差。

8.3 作业后

8.3.1 潜水员出水前，确认水下结构件恢复原状，应不影响隔离解除。

8.3.2 潜水员出水后，通知水下设施管理人员解除泵机、闸门或阀门等的隔离。

8.3.3 对解除隔离的泵机、闸门或阀门等进行运转测试，确保其功能恢复正常。

8.3.4 应总结作业经验，提出本次作业存在问题和改进意见，以供今后类似压差环境潜水作业时参考。

附录 A
(资料性)
压差类型

A.1 压差通常分为如下类型：

- a) 相邻区域之间的水位发生变化并处于趋于平衡的过程；
- b) 水体内含有压力比水压低的气穴；
- c) 水体在机械设备的作用下通过进水口或泵机；
- d) 水体在机械设备的作用下通过船舶的螺旋桨或其他类型的推进器；
- e) 高压水下井口或管线负压释放。

附录 B
(资料性)
压差可能存在的位置

B.1 压差可能存在（但不限于）以下位置：

- a) 进水口滤网堵塞；
- b) 水坝出水口滤网/拦污栅；
- c) 储水罐中有孔；
- d) 泄洪闸门；
- e) 两个区域之间的屏障；
- f) 输送管道；
- g) 水塔排水；
- h) 管道开口端头使用法兰保护盖；
- i) 水下管线有孔；
- j) 船壳破损；
- k) 切割水下管线或其他存在压差的气管；
- l) 泵机房进水口；
- m) 吸泥或疏浚作业；
- n) 船舶推进器产生的牵引力。

附 录 C
(资料性)
压差作用力计算方法

压差引起的作用力的计算方法如式 (C.1) :

$$F = D \times \text{密度} \times \text{面积} \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

F — 作用力 (kgf)

D — 水位差 (m)

密度 = 1025 kg/m³ (海水)

密度 = 1000 kg/m³ (淡水)

圆面积 = πr^2 (r 为半径, 单位为 m)

矩形或方形面积 = 长度 x 高度 (m)

注: 1公斤力 (kgf) 约为9.8牛顿 (N)

附 录 D
(资料性)
流经压差开口水流量的计算方法

流经压差开口水流量的计算方法如式 (D.1)：

$$Q = 4.43 \times (A) \times (\sqrt{D}) \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

Q = 流量 (m³/s)

A = 开口面积 (m²)

D = 开口在水面下的深度 (m)

或流经压差开口水流量的计算方法如式 (D.2)：

$$Q = A \sqrt{2 \left(gH - \frac{P_2 - P_0}{\rho} \right)} \quad \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：

Q = 流量 (m³/s)

A = 管道截面积 (m²)

g = 重力加速度 (约为 9.81 m/s²)

H = 液面高度差

P₂ = 管道出口处的压力

P₀ = 大气压

ρ = 流体密度

附 录 E
(规范性)
压差作业检查表

表E.1规定了压差作业的检查表。

表E.1 压差作业检查表

业主名称		项目名称	
项目地点		检查日期	

序号	检查内容	检查结果
1	计划潜水	
1.1	在进行潜水计划时，已考虑到了压差危害，也已考虑到了潜水的替代方案。因为没有合适的替代方案，只能采用本次人员潜水。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
1.2	已告知业主潜水作业现场人员本次作业的确切日期。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
1.3	业主现场负责人已指定和授权，并随时可以联系。联系方式：	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
1.4	根据工作范围和工作危害分析（JSA）编写潜水计划。潜水计划应包括防范计划、应急响应计划和脐带管理计划。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
1.4.1	防范计划	
a	与业主现场人员一起查阅作业设施的相关图纸、文献，以了解设施的结构、布局和运行情况。 图纸名称： 结构名称：	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
b	与业主现场人员一起确定所有压差危险源类型和位置。 危险源类型： 位置：	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
c	计算已知危险区范围，并规定潜水员和潜水脐带与这一区域保持的最小安全距离。 脐带最小安全距离：	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
d	确定何时可以消除压差危险源。如果业主无法隔离危险源，则应有一个防止潜水员和潜水脐带被吸入的计划。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
e	与业主和相关方人员一起针对特定场所制定挂牌挂锁计划。 挂锁设施名称和位置：	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
f	确定密闭空间的适用范围和危险控制措施，包括水面人员进入密闭空间的许可。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
g	如果可能的话，制定一个安装物理屏障的计划。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
h	使用某种方法测量流量，如使用信号装置、流量计、ROV、声纳成像、观察下游水流等。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否

表E.1 (续)

序号	检查内容	检查结果
1.4.2	应急响应计划	
a	建立应急响应通信树和流程，以便在发生事故时通知设施人员以及现场和场外应急人员。 应急联络人员名单张贴位置：	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
b	确定可用于应急操作的现场急救人员。 现场急救人员姓名和联络方式：	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
c	按照潜水安全计划中确定的信息，书面确定是否符合潜水作业条件。 脐带释放长度： 物理限制方法：	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
d	规定紧急情况下潜水人员和支持人员的应急职责（每个成员的关键职责）。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
e	如果可行，规定抽水机的紧急停车程序。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
f	确定人员培训范围中设备操作和应急职责。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
f	确定最坏情况下的应急救援所需的人员。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
h	确定需要的应急救援物资。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
1.4.3	脐带管理计划	
a	确定照料潜水员的最佳位置，以尽量减少脐带缠绕和潜水员误入禁区。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
b	规划潜水员和脐带相对于物理结构的行进路径。识别并绘制工作区域的不同物理特征，以帮助潜水员识别其相对于压差源的位置。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
c	应确保脐带的释放长度，以防止进入水中的脐带过长。应对脐带进行物理限制或安装屏障，以防止其到达任何存在压差的区域。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
d	开发一种实时了解和跟踪潜水员活动路径的方法。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
e	确定声纳成像是否适合监测潜水员和/或脐带。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否

潜水监督：

检查人员：

参 考 文 献

- [1] 潜水及水下作业通用规则（第2版）. 中国潜水救捞行业协会，2023
 - [2] 空气潜水员职业技能鉴定培训教材. 交通运输部职业资格中心，2021
 - [3] 安全潜水作业手册. 海潮出版社，2006
 - [4] 潜水作业安全监管人员培训手册. 中国潜水救捞行业协会，2024
 - [5] ADCI International Consensus Standards of Commercial Diving and Underwater Operations (Ed 6.4) . Association of Diving Contractors International, 2020
 - [6] Protection of water intake points for diver safety. International Marine Contractors Association (IMCA D076), May 2023
 - [7] The Effects of Underwater Currents on Divers' Performance and Safety. International Marine Contractors Association (IMCA) , June 2021
-