

团 体 标 准

T/CDSA 305.16—2018

盾构维护高气压作业规程

Operating regulations for tunnel boring machine maintenance
under hyperbaric pressure

2018-01-30 发布

2018-01-30 实施

中国潜水打捞行业协会 发 布

目 次

前言 I

引言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 高压作业前准备 2

 4.1 一般规定 2

 4.2 作业组织机构人员配备 3

 4.3 进仓作业人员的选拔和培训 3

 4.4 进仓作业人员须知 3

5 高压作业程序 4

 5.1 高压作业流程图 4

 5.2 加压程序 5

 5.3 维护作业程序 5

6 减压出舱程序 6

7 高压作业安全风险分析 7

 7.1 安全风险及预控措施 7

 7.2 安全风险应急预案 7

附录 A（规范性附录） 盾构维护高压作业现场药品配置清单 9

附录 B（资料性附录） 盾构维护高压作业安全日检查表 11

附录 C（资料性附录） 空气潜水减压表 12

附录 D（资料性附录） 盾构维护高压作业职业健康安全风险表 16

参考文献 19

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国潜水打捞行业协会提出并归口。

本标准起草单位：中交一航局第一工程有限公司。

本标准参加起草单位：中交天和机械设备制造有限公司。

本标准主要起草人：殷天军、张伯阳、安秀山、陈铭、曹连印、梁江邕、陈光坤、王珍君、邵祎、王玖。

引 言

盾构维护高压作业与潜水施工作业性质非常相近,除作业环境不同外,均为在高压下作业,进仓作业人员要呼吸与工作压力相等的高压气体。因此,在工作压力大于 0.12 MPa 的压缩空气和工作压力更大(≥ 0.6 MPa)的混合气盾构维护作业中,由经过高压医学检查、培训及锻炼,适应高压作业的潜水员或相应的工作人员来完成是十分必要的。在目前国内外尚无统一作业标准的情况下,在潜水行业内起草本标准,可以规范、指导盾构维护高压作业,提高行业内此项操作的技能水平,为作业人员安全施工提供保障。

盾构维护高压作业规程

1 范围

本标准适用于盾构高压环境下换刀、焊接、切割和检测等维护作业,适用于呼吸压缩空气或混合气的盾构维护常规高压作业。

盾构高压环境下换刀、焊接、切割和检测等维护作业除应符合本标准规定之外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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/T 12521 空气潜水减压技术要求

GB/T 17870 减压病加压治疗技术要求

GB 20827 职业潜水员体格检查要求

GB 26123 空气潜水安全要求

GB 28396 混合气潜水安全要求

GB 50446 盾构法隧道施工与验收规范

CJJ 217 盾构法开仓及气压作业技术规范

JT/T 909—2014 潜水员潜水后飞行要求

3 术语和定义

GB 26123、GB 50446、GB/T 12521 和 CJJ 217 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高压 **hyperbaric pressure**

气压高于常压。高压对机体的作用分为两方面,即压力本身的机械作用和高压气体的生理和病理效应。

3.2

进仓 **chamber entry**

工作人员经过人闸进入刀盘所在开挖仓(土压平衡盾构机的土仓、泥水盾构机的泥水仓)。

3.3

进仓作业人员 **operator working in chamber**

适应高压作业的潜水员,或经过高压医学检查、培训及锻炼,适应高压作业的工作人员。

3.4

人闸 **man lock**

也称为人闸舱。在进行气压作业时,能实时实现升、降功能,并能使人员、物资安全出入盾构开挖仓的设备。人闸一般包括主、副舱两部分,宜选择并列双舱结构或多舱形式。

注:改写 CJJ 217—2014,定义 2.0.6。

3.5

医疗舱 **medical hyperbaric chamber**

在高于大气压的密闭舱内对气压作业不适的人员进行应急治疗的不属于盾构机组成部分的设备。

注：改写 CJJ 217—2014，定义 2.0.9。

3.6

工作压力 **working pressure**

高压作业时开挖仓内的压力(附加压)。

3.7

高压工作时间 **working time under hyperbaric pressure**

高压作业过程中从开始加压时刻起到开始减压时刻为止的一段时间。

4 高压作业前准备

4.1 一般规定

4.1.1 进仓作业人员应经过按 GB 20827 进行的相关体格检查,体检合格后方可从事高压作业。

4.1.2 进仓作业人员应经过岗位的培训、考核合格并取得与作业内容相匹配的电焊或切割等特种作业资格证书。

4.1.3 进仓作业人员应参加盾构维护培训,在技能方面能胜任进仓作业任务。

4.1.4 作业现场应配备紧急救援车辆待命,车上应配备担架和按附录 A 要求配置的急救药品箱。在盾构操作室内也应配备相同药品箱。

4.1.5 作业现场应配备医疗舱,潜水医师应就位。

4.1.6 潜水监督、潜水医师和操舱员应持证上岗。

4.1.7 高压作业前应对所有作业人员进行安全技术交底。

4.1.8 潜水监督应对每班进仓作业人员进行班前安全技术交底,进仓作业人员应填写附录 B 中的盾构维护高压作业安全日检查表。

4.1.9 高压作业前施工单位应进行安全分析和评估,对减压病或其他气压性创伤、外伤(包括坠落、机械伤害和电击)、火灾和气体中毒、掌子面垮塌等事故的发生制定安全防护措施,并对作业情况进行监控。

4.1.10 作业现场应采用两套独立的供气系统和两种不同的动力装置,保证不间断供气。

4.1.11 喷淋设备应满足现场消防要求,满足最大的工作压力需要。

4.1.12 高压作业前施工单位应对盾构安全设备、盾构监控设施、应急设备(包括照明、通信、交通、排水、消防、备用电源、备用保压气源等)、人闸系统、自动保压系统、医疗舱等进行检查并确认设备运转正常。

4.1.13 进仓作业人员应佩戴相应的安全防护用品,如防护头盔、防护面罩呼吸器、绝缘鞋、护目镜、防护服、防护手套和防护靴子等。

4.1.14 进仓作业期间应保持通信或视频联系。

4.1.15 通往人闸的逃生路线要保持畅通,不得堆放材料和设备。

4.1.16 进仓作业人员在高压环境下身体不适,中断工作超过一天时,或在压缩空气中工作有感冒或身体不适的症状时,应经过潜水医师检查确认健康后方可再在高压环境下工作。

4.1.17 进仓作业人员有下列情况时,潜水监督应接受潜水医师的建议,视其为暂时不适宜作业:

- a) 感冒、酒精作用中或酒精中毒及其后遗症影响;
- b) 药品或毒品的影响;
- c) 呼吸道感染、中耳疾病或外耳道感染、皮肤感染;

- d) 过度疲劳；
- e) 情感抑郁和其他心里因素的影响。
- 4.1.18 避免个人单独加压，如遇特殊情况需要单人加压时应遵守操作规范。
- 4.1.19 禁止带入在高气压环境下会产生危险的设备和材料。如：打火机、密闭罐体等。
- 4.1.20 进仓作业人员离开人闸后，应及时派人打扫人闸内的卫生。
- 4.1.21 出舱后，进仓作业人员在 24 h 内不应远离工地。
- 4.1.22 出现减压病或疑似减压病时，应及时由潜水医师进行诊断治疗。减压病的治疗可参考 GB/T 17870 或其他治疗表按使用说明进行。
- 4.1.23 进仓作业人员的休息时间应不低于潜水安全作业的规定。高气压作业后 12 h 内不应重复进行高气压作业。
- 4.1.24 进仓作业人员高气压作业后搭乘飞行器或去更高海拔地区时，应有潜水医师的指导，按 JT/T 909—2014 中 4.6 的要求执行。

4.2 作业组织机构人员配备

- 4.2.1 设置完善的组织机构。除现场管理人员外，还包括进仓作业人员、潜水监督、潜水医师、操舱员、安全员、现场巡视和其他辅助人员。
- 4.2.2 高气压作业组织机构应保证现场政令畅通，沟通及时、高效。
- 4.2.3 每班进仓作业人员数量不应多于人闸主舱允许最多容纳人数。
- 4.2.4 进仓作业人员数量可视作业内容和班次配备。每班进仓作业人员宜为 3~4 人，其中应有一人负责与外界通信、传递工具、看护舱门等工作。

4.3 进仓作业人员的选拔和培训

- 4.3.1 具有潜水医学保障经验的潜水医师对进仓作业人员的体检结果应做以下处理：
 - a) 应予以确认；
 - b) 对于初次参加高气压作业的人员，应重视其咽鼓管功能、加压试验和氧敏感试验 3 项特殊检查的结论；
 - c) 淘汰氧敏感试验阳性者。
- 4.3.2 在与工作压力接近或略高于工作压力的环境下加压锻炼，完成以下工作：
 - a) 淘汰有明显氮麻醉症状和体征者；
 - b) 进行抬放重物、脑力计算、电焊、切割及模拟盾构机高气压换刀等作业内容的模拟训练。
- 4.3.3 进行掌子面坍塌、舱内灌浆等突发事故的逃生演练。

4.4 进仓作业人员须知

4.4.1 进仓前

- a) 工作精神饱满，身体健康；
- b) 如有不适，应向潜水监督报告；
- c) 不可穿着化纤材质的衣服进仓作业；
- d) 不应穿着过紧的衣服；
- e) 避免空腹、过食及饮酒或酒精饮料；
- f) 备有足够的饮用水；
- g) 避免大量运动。

4.4.2 作业过程中

- a) 出汗多时应饮用温茶或水补充水分；

- b) 避免在很长一段时间靠在冰冷的金属上；
- c) 避免将身上弄湿变冷，特别是脚和胳膊；
- d) 禁止吸烟、饮用酒精饮料、碳酸饮料和大量进食；
- e) 有疾病症状的，如感冒、耳朵疼痛或肠胃疼痛，应向潜水监督报告。

4.4.3 减压过程中

- a) 穿着干燥暖和的衣服，避免寒冷或颤抖；
- b) 减压过程中如果吸氧应将氧气呼吸器面罩扣紧；
- c) 避免麻痹状态，确保身体各部位不要失去知觉；
- d) 每隔一段时间正常起立，活动四肢；
- e) 禁止吸烟、饮用酒精饮料、碳酸饮料和大量进食。

4.4.4 减压完成后

- a) 避免剧烈运动和麻痹状态；
- b) 避免用热水长时间冲洗；
- c) 发现减压病的征兆要及时联系值班医生。减压病的症状包括：皮肤痒、皮肤红斑、肌肉和关节痛、深呼吸时疼痛、心血管问题、头眼昏花、手指脚趾麻木等。

5 高气压作业程序

5.1 高气压作业流程图

呼吸压缩空气或混合气的常规高气压作业程序见图 1。

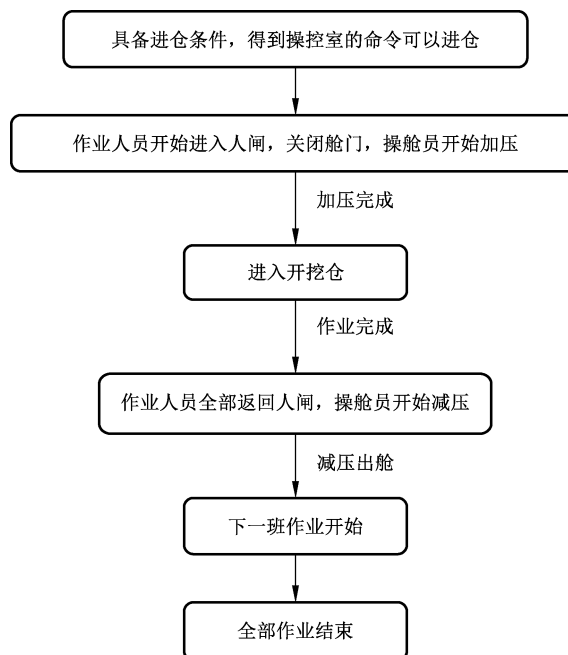


图 1 常规(压缩空气或混合气)高气压作业流程

5.2 加压程序

5.2.1 加压前,操舱员对所有的门闸和系统进行检查,了解气源的储备量和压力;检查管路、阀门和氧装置是否良好。

5.2.2 操舱员将氧气减压器输出压力调整到 0.55 MPa~0.7 MPa,检查好后将氧气气源关闭,待使用时再打开。

5.2.3 潜水监督和潜水医师应根据仓内的工作压力确定高血压作业时间,并根据工作压力和高血压作业时间,同时考虑高血压作业效率确定科学的减压方案。减压方案的选择依据如下:

- a) 压缩空气作业可根据附录 C 确定适宜的高气压作业时间;
- b) 工作压力 ≥ 0.6 MPa 时,应考虑混合气作业,减压应按混合气减压表实施。

5.2.4 进仓作业人员接通电源,打开照明系统,检查工具是否齐全,舱内各附属装置性能是否良好。

5.2.5 加压开始不宜过快,加压速率每分钟不得超过 0.15 MPa。

5.2.6 加压操作前密封门锁,加压过程中注意舱室温度,避免温度过高。

5.2.7 在有任何异常情况或收到任何异常汇报时应停止加压,进仓作业人员根据操舱员的指令采取行动。

5.2.8 到达高血压作业现场后应清点人数,确保所有进仓作业人员到齐后开始工作。

5.2.9 作业人员如想中途中断加压,返回常压环境,应征得潜水监督的同意,确保不危及其他加压人员的安全。

5.2.10 存在以下情况时,不能进行常规加压:

- a) 进仓作业人员培训和体检不合格;
- b) 作业人员身体不适或情绪不稳定时;
- c) 没有足够的呼吸气(包括氧气、混合气、备用氧气)时;
- d) 系统故障或紧急突发事件会影响隧道安全时;
- e) 因技术或身体等原因加压异常中断,在问题没有解决前。

5.3 维护作业程序

5.3.1 人闸压力达到工作压力后打开开挖仓仓门平衡阀,打开仓门进入开挖仓。观察掌子面是否正常,发现异常情况及时撤离并上报。

5.3.2 潜水监督应掌握作业过程中仓内的任何压力变化,并负责通知潜水医师实时调整减压方案。

5.3.3 监控作业环境内和地面管理区域的氧气含量,应保持在 21% 的最佳水平,且氧气含量最高不高于 23%,最低不低于 18%。仓内氧气含量水平不能控制在参数范围以内,应采取通风措施或中断高血压作业直到氧气含量达到上述标准。

5.3.4 监测二氧化碳、一氧化碳和其他有毒有害气体含量,应按风险评估预案采取必要的防护措施,如采取戴防护面罩呼吸器或空气置换等方法。

5.3.5 作业过程中刀盘应保持锁定状态,如果因作业需要转动刀盘,仓内人员应防止刀盘转动时损坏仓内设备,且应派专人看护舱门不被刀盘刮碰。盾构操控人员应听从仓内人员指挥,得到允许后方可将刀盘转到指定位置,锁死刀盘后通知仓内人员。

5.3.6 作业过程中盾构操控人员应时刻监控开挖仓的气体压力、液位等,仓内压力要保持基本恒定,波动值不大于 0.005 MPa。

5.3.7 富余氧气和废气应从盾构机人闸“倾倒”系统流出,通过专用的管线流到隧道排放系统,不能排放到隧道空气中。当排放系统故障,作业人员应停止使用氧气。

5.3.8 仓内高压作业更换刀具的操作流程如下：

- a) 检查倒链、吊带、吊耳、气动扳手、丝杠、撬棍及其他必要的工具，进仓前清点，出仓时全部收到材料仓。
- b) 将刀盘转至 12 点、9 点、3 点等适宜的位置，转动刀盘调整位置时，人员应离开刀盘到安全位置。
- c) 挂好安全带，防止滑倒或摔倒。
- d) 用高压水冲洗刀箱。作业时要防止高压水破坏掌子面，若掌子面轻微破损，要及时用特制的泥质材料封堵。
- e) 打开旧刀上的锁片，用气动扳手拧松螺栓，取出螺栓和压块，进仓作业人员站在重物侧面用吊具和丝杠将刀移出刀箱并吊至材料仓。
- f) 彻底冲洗刀箱后，将新刀吊至刀箱处，用丝杠将刀推入到刀箱的正确位置，将压块、螺栓和锁片装好。

5.3.9 仓内高压作业焊接、切割的操作流程如下：

- a) 仓内作业区严禁采用明火，当确需使用焊接、切割工艺时应严格按仓内焊接、切割工艺要求进行安全技术交底；
- b) 焊接作业人员应穿戴好防护面罩呼吸器、绝缘鞋等防护用品；
- c) 打开排风装置、加强通风；
- d) 作业人员进行焊接、切割作业时，应站在绝缘板上；
- e) 电焊焊接时，接地电缆需连接到工件上；
- f) 长时间停止工作，应切断焊枪电源，将电源线卷起来；
- g) 焊接停止，应将焊接线盒放在绝缘的位置上；
- h) 发生事故时，应立即关闭切割气体的供应。

6 减压出舱程序

6.1 应根据作业方式的不同选择不同的减压方案。减压方案宜考虑作业过程的高温和劳动强度等因素，降低减压病的发病率。

6.2 各减压表的使用均应按照说明进行操作。

6.3 本班或全部作业结束后根据潜水监督的指令处理好仓内的设备工具，出仓并关闭舱门，不得将杂物遗留在工作仓。

6.4 所有进仓作业人员返回人闸后方可关闭工作仓的舱门，并通知操舱员开始按程序减压。

6.5 在整个减压操作中，减压人员要听从操舱员的安排和指挥。只有在操舱员的指导下，才能调节内置门锁阀。

6.6 操舱员应向所有减压人员进行常规汇报，记录减压过程，发现异常情况后要及时上报潜水监督和潜水医师。

6.7 减压时在舱内不应把饮水瓶的瓶盖拧紧，以免瓶子减压时发生爆炸。

6.8 减压过程中在特殊情况下中断减压或中断氧气呼吸时，应记录压力，问题解决后，从中断的压力点重新开始减压。

6.9 除掌子面维护技术需要升降液面外，人员在舱内减压过程中应避免升降液面。

7 高气压作业安全风险分析

7.1 安全风险及预控措施

安全风险及预控措施按活动场所和生产过程分类,具体内容参见附录 D。

7.2 安全风险应急预案

7.2.1 盾构维护高气压作业应根据不同情况制定相应的应急处理预案。

7.2.2 应急处理预案流程包括:

- a) 减压后出现疑似减压病人应急处置流程见图 2;
- b) 作业仓发生掌子面坍塌应急处置流程见图 3;
- c) 进仓作业人员发生意外伤害应急处置流程见图 4。

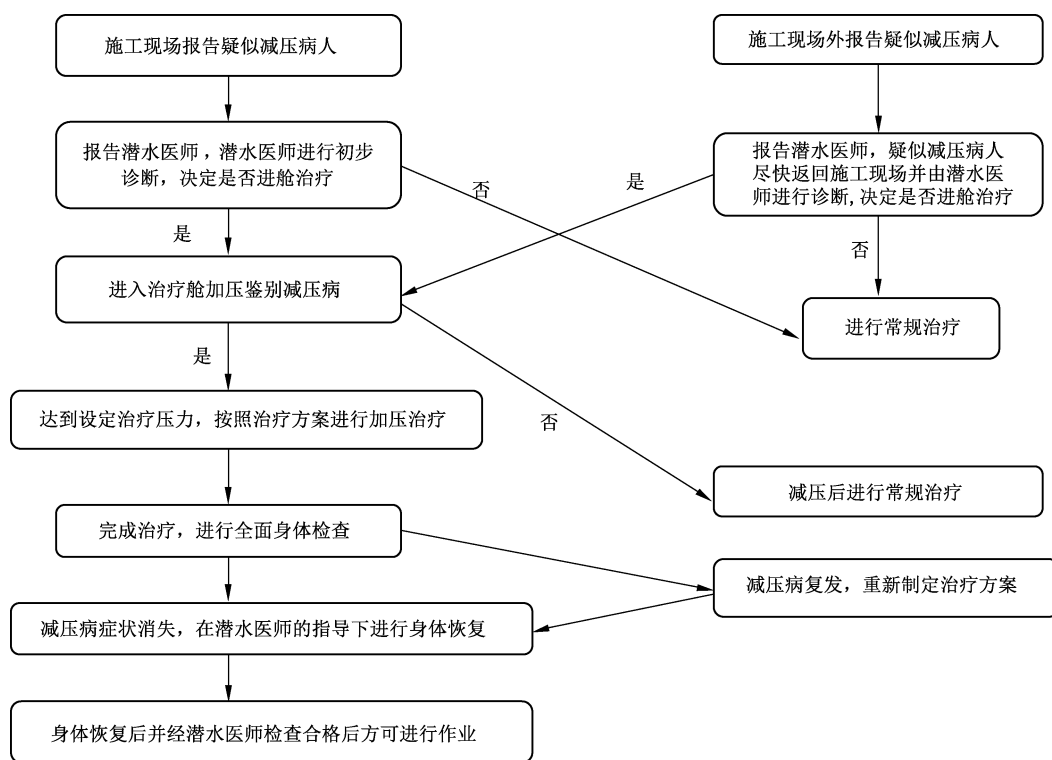


图 2 减压后出现疑似减压病人应急处置流程

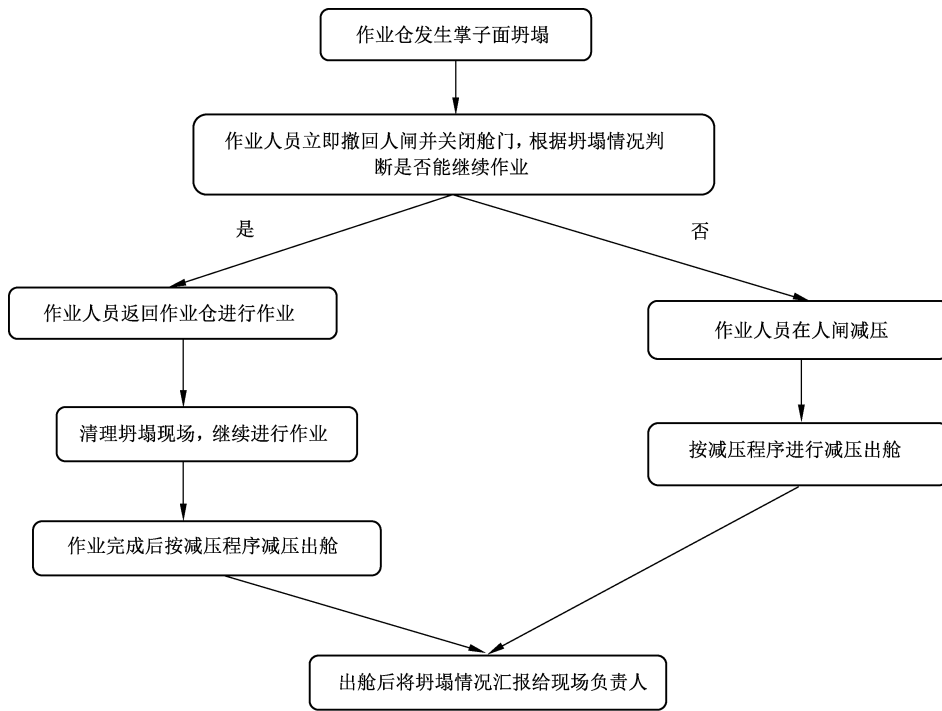


图 3 作业仓发生掌子面坍塌应急处置流程

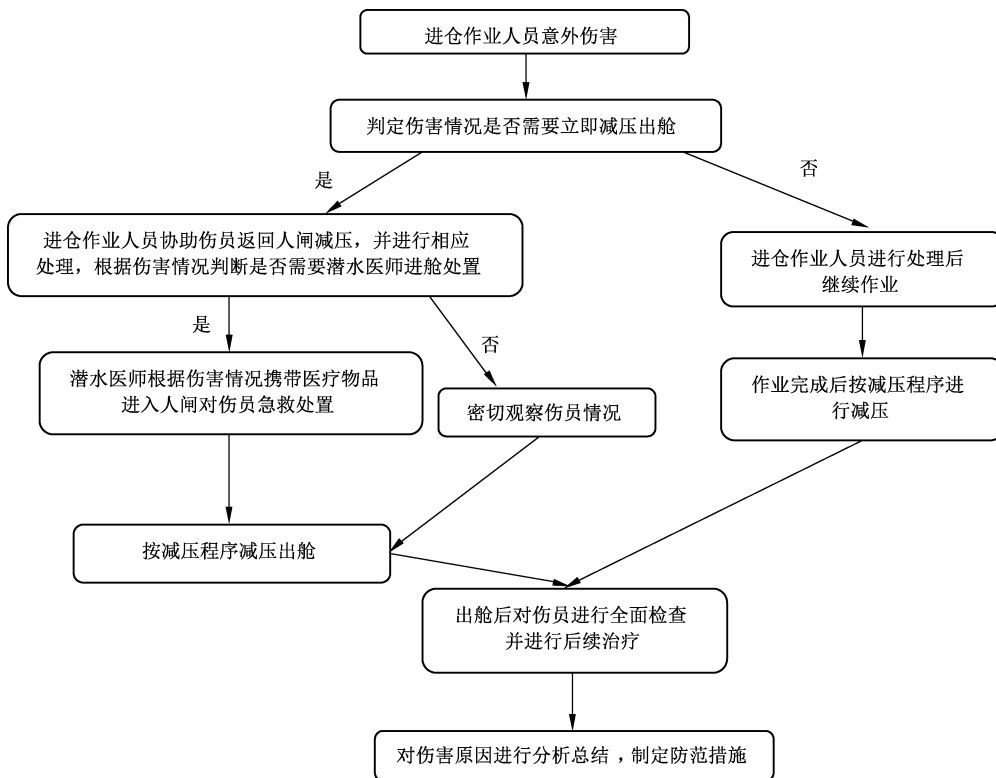


图 4 进仓作业人员发生意外伤害应急处置流程

附 录 A
(规范性附录)

盾构维护高压作业现场药品配置清单

盾构维护高压作业现场药品配置清单见表 A.1。

表 A.1 盾构维护高压作业现场药品配置清单

名称	型号 / 规格	配备数量	备注
诊 断 仪 器	笔型手电筒	1	
	电子式体温计	1	
	听诊器	1	
	气压式血压计	1	7 号电池 2 枚
	叩诊锤及测试针	1	神经系统检查用
	音叉	256 Hz	1
	耳镜	1	备用电池和灯泡
	压舌板	10	
	橡皮尺	1	
外 科 器 械 和 敷 料	皮肤消毒剂	瓶装碘酒棉球	1
	酒精棉球	瓶装酒精棉球	1
	止血钳	5 in & 7 in(1 in=25.4 mm)	2
	蚊式钳		1
	敷料镊		1
	细齿镊		1
	小剪刀		1
	敷料剪		1
	手术刀	一次性的	2
	手术刀柄	一次性的	1
	带缝针尼龙缝线	2/0 & 3/0	2
	带缝针可吸收缝线	2/0 & 3/0	2
	手术弯盘		2
	外科手套	一次性的	5
	外科口罩	一次性的	5
	外科洞巾	一次性的	4
	敷料	10 cm×10 cm	10
	敷料	15 cm×4.5 m	1
	黏性绷带		4
	纱布绷带		4

表 A.1 (续)

名称		型号 / 规格	配备数量	备注
外科 器械 和敷 料	三角巾		2	
	安全扣针		10	
	棉签	包	2	
	创口贴	条	100	
注射 和 输 液	注射器	2 mL/10 mL/20 mL	6	2each
	输液器	Disposable	2	
	输液瓶吊套		2	
	胶布		2	
	输液贴	box	1	
	止血带		4	2 根长的
复苏	复苏仪			可连 BIBS
导尿	导尿包	带气囊	1	
胸腔 引流	胸腔引流包	套	1	2 套胸腔引流管 4 条大口径静脉穿刺管 2 个固定翼阀
药 品	盐酸利多卡因针剂	100 mg/5 mL	2	麻醉/止痛药
	盐酸纳洛酮针剂	0.4 mg/mL	2	镇痛药
	肾上腺素针剂	1 mg/mL	2	复苏药
	阿托品针剂	1.2 mg	2	复苏药
	氢化可的松针剂	25 mg/5 mL	2	复苏药
	速尿针剂	20 mg	2	呋塞米注射液
	扑尔敏针剂	10 mg	2	
	安定针剂	10 mg/2 mL	5	
	生理盐水	500 mL	3	
	葡萄糖水	20 mL	3	
	抗菌素眼药水	8 mL	2	氯霉素滴眼液
	抗菌素滴耳液	15 mL	2	
	退热片		20	对乙酰氨基酚片
	止痛片		20	布洛芬缓释胶囊
	止咳片		20	氨酚双氢可待因片
	安定片		10	氯硝西泮片
	抗菌素片		40	头孢羟氨苄胶囊
	藿香正气胶囊	盒	4	
	口服补液盐	代	3	
	维生素 E	盒	5	抗氧化剂
	复合维生素	瓶	3	

附 录 B
(资料性附录)

盾构维护高压作业安全日检查表

盾构维护高压作业安全日检查表见表 B.1。

表 B.1 盾构维护高压作业安全日检查表

工程名称		记录日期	
进舱前准备			
检查项目	检查情况	检查项目	检查情况
作业人员体检是否合格	是 ☐ / 否 ☐	隧道内通风系统是否工作正常	是 ☐ / 否 ☐
作业人员劳保用品是否穿戴齐全	是 ☐ / 否 ☐	隧道内供电系统是否工作正常	是 ☐ / 否 ☐
携带物品中不存在危险品	是 ☐ / 否 ☐	盾构机空压机是否工作正常	是 ☐ / 否 ☐
操舱员或潜水医师是否到位	是 ☐ / 否 ☐	隧道内逃生通道是否畅通	是 ☐ / 否 ☐
紧急救援人员是否待命	是 ☐ / 否 ☐	现场急救药箱和担架是否配备	是 ☐ / 否 ☐
作业工具和材料是否配备齐全	是 ☐ / 否 ☐	各岗位值班人员是否到位	是 ☐ / 否 ☐
人闸安全检查			
检查项目	检查情况	检查项目	检查情况
人闸中通信系统是否工作正常	是 ☐ / 否 ☐	人闸内、外控制面板上仪表是否正常	是 ☐ / 否 ☐
人闸中呼吸面罩是否工作正常	是 ☐ / 否 ☐	人闸加/减压是否正常	是 ☐ / 否 ☐
人闸门开启/关闭是否正常	是 ☐ / 否 ☐	舱内平衡阀是否工作正常	是 ☐ / 否 ☐
开挖仓安全检查			
检查项目	检查情况	检查项目	检查情况
刀盘是否处于锁定状态	是 ☐ / 否 ☐	空气置换是否正常	是 ☐ / 否 ☐
泥膜气密性是否良好	是 ☐ / 否 ☐	掌子面是否稳定	是 ☐ / 否 ☐
泥水仓泥浆液面是否已下降	是 ☐ / 否 ☐	检测是否无可燃/有毒气体	是 ☐ / 否 ☐
泥水仓压缩空气气压(MPa)			
其他设备：			
进仓作业人员签字：			
检查结论	可否进行本次作业：是 ☐ / 否 ☐	现场负责人签字	

附 录 C
(资料性附录)
空气潜水减压表

空气潜水减压表见表 C.1。

表 C.1 空气潜水减压表

潜水 深度/m	水下 工作 时间/min	上升到第 一停留站 的时间 /min	停留站深度/m												减压总 时间/min	反复潜 水检索 符号
			36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3		
			停留时间/min													
12	360	2													2	*
15	105	2													2	M
	145	2												10	13	M
	180	2												14	17	O
	240	2											3	15	22	Z
	300	2											10	16	30	*
18	45	3													3	H
	60	2												5	8	K
	80	2												14	17	L
	105	2											3	16	23	N
	145	2											8	20	32	Z
	180	2											8	26	38	Z
	240	2										5	18	23	51	*
21	35	3													3	G
	45	3												5	9	K
	60	3												17	21	L
	80	2											8	17	29	M
	105	2										7	11	21	44	O
	145	2										8	14	29	56	Z
	180	2									3	12	19	31	71	Z
	240	2									10	18	24	36	94	*
24	25	3													3	F
	35	3												6	10	K
	45	3											6	20	31	K
	60	3											10	24	39	L
	80	2										7	10	25	47	N
	105	2										10	18	27	60	O
	145	2									9	12	23	34	84	Z
	180	2								4	13	18	28	39	109	*
	240	2								4	19	19	32	50	141	*

表 C.1 (续)

潜水 深度/m	水下 工作 时间/min	上升到第 一停留站 的时间 /min	停留站深度/m												减压总 时间/min	反复潜 水检索 符号
			36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3		
			停留时间/min													
27	20	4													4	F
	25	3												2	6	J
	35	3												12	16	J
	45	3											12	22	39	L
	60	3									7	12	23	48	M	
	80	3									9	20	24	59	N	
	105	2							2	11	15	22	29	86	Z	
	145	2								9	12	21	28	43	120	*
	180	2								12	16	25	33	51	144	*
30	15	4													4	E
	20	4												1	6	I
	25	4												4	9	I
	35	3										5	15	25	K	
	45	3									2	13	23	44	L	
	60	3								1	10	15	25	58	N	
	80	2							2	10	14	22	28	83	O	
	105	2							5	14	18	28	39	111	*	
	145	2						10	13	15	25	36	52	159	*	
180	2						14	19	21	30	40	61	193	*		
33	15	5													5	F
	20	4												3	8	I
	25	4												10	15	I
	35	3									5	10	16	37	K	
	45	3									8	14	24	52	L	
	60	3								12	14	17	26	76	N	
	80	3							6	12	16	25	32	99	O	
	105	2						8	12	19	20	33	41	141	*	
	145	2						9	13	15	20	30	42	65	203	*
180	2						6	19	22	24	39	60	73	262	*	
36	10	5													5	D
	15	5												3	9	H
	20	5												4	10	H
	25	4									2	6	12	27	I	
	35	4									10	12	17	46	L	
	45	3								5	12	13	24	61	N	
	60	3							4	14	16	18	30	90	O	
	80	3						7	4	10	18	21	27	35	124	*
	105	3					11	13	11	14	19	24	37	47	169	*
145	2							15	17	24	37	42	72	247	*	

表 C.1 (续)

潜水 深度/m	水下 工作 时间/min	上升到第 一停留站 的时间 /min	停留站深度/m												减压总 时间/min	反复潜 水检索 符号
			36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3		
			停留时间/min													
39	10	6													6	E
	15	5													12	F
	20	5													15	H
	25	4										6	10	14	37	J
	35	4									3	12	16	18	57	N
	45	4									6	16	20	27	77	O
	60	3							4	10	8	22	24	30	117	Z
	80	3						5	10	14	20	23	28	38	147	*
	105	2					6	10	14	18	21	31	47	57	214	*
	145	2				8	13	16	18	20	30	44	59	85	304	*
42	10	6													6	E
	15	6													16	G
	20	5											4	15	26	I
	25	5										9	14	16	47	J
	35	4									9	14	17	22	70	N
	45	4								4	10	19	22	27	91	O
	60	3						2	9	16	20	23	26	32	138	*
	80	3						12	14	17	22	25	32	42	174	*
	105	3						15	18	20	23	34	53	76	249	*
	145	2				12	14	18	19	26	39	49	75	105	368	*
45	10	6													6	C
	15	6													19	G
	20	6											6	16	30	H
	25	5									3	9	15	18	54	K
	35	5									11	16	20	23	79	N
	45	4								10	17	22	25	29	112	O
	60	3						11	13	17	20	24	30	37	162	*
	80	3					14	15	16	18	19	25	38	52	208	*
	105	6				12	14	16	18	21	28	39	61	79	300	*
	145	2			13	15	16	19	20	32	48	59	86	113	433	*
48	5	7													7	D
	10	6													9	F
	15	6											3	12	23	H
	20	6										4	7	17	37	J
	25	5									6	10	16	20	61	K
	35	5								6	15	18	22	29	100	N
	45	4						4	12	15	19	23	26	33	143	*
	60	3				1	8	12	16	18	21	26	37	44	195	*
	80	3				11	13	16	19	21	23	38	49	66	268	*
	105	3			12	14	15	17	20	26	33	45	70	94	359	*
	145	3		12	14	16	17	19	22	40	56	72	90	136	508	*

表 C.1 (续)

潜水 深度/m	水下 工作 时间/min	上升到第 一停留站 的时间 /min	停留站深度/m												减压总 时间/min	反复潜 水检索 符号
			36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3		
			停留时间/min													
51	5	7													7	D
	10	7												5	13	F
	15	6											9	14	31	H
	20	6									5	8	12	18	53	J
	25	6									10	13	18	21	72	L
	35	5								12	19	20	24	31	116	*
	45	4						10	13	14	22	27	30	39	166	*
	60	3				10	12	14	17	21	24	35	39	49	233	*
	80	3			12	14	15	18	21	24	29	49	57	77	329	*
	105	3		11	13	14	15	19	22	29	38	56	80	111	422	*
54	5	8													8	D
	10	7												7	15	F
	15	7											10	17	36	I
	20	6									7	10	14	18	59	K
	25	6								4	11	13	19	22	80	*
	35	5							11	14	17	21	29	39	142	*
	45	4					8	12	17	19	22	31	37	47	205	*
	60	4			6	12	14	16	20	23	27	37	48	65	282	*
	80	3		12	13	16	17	20	24	29	35	58	64	84	386	*
	105	3	12	13	14	14	16	21	26	32	42	62	92	124	483	*
57	5	8													8	D
	10	7											1	10	20	G
	15	7										4	11	18	43	I
	20	6									10	12	13	19	67	*
	25	5								9	12	14	20	24	89	*
	35	5						8	13	15	18	24	34	43	167	*
	45	4				7	12	14	18	21	26	35	44	56	246	*
	60	4			12	14	16	18	21	27	32	45	55	72	326	*
	80	3		14	15	17	18	23	28	34	42	64	79	93	441	*
	60	5	9													9
10		8											3	11	24	I
15		7										7	12	19	48	*
20		6								14	10	13	15	20	73	*
25		6							4	10	14	16	22	24	102	*
35		5						12	15	16	19	28	40	52	194	*
45		5				12	14	18	20	24	29	39	48	60	278	*
60		4		12	14	16	16	20	24	29	36	49	69	80	380	*
80		4	13	15	16	17	19	26	32	39	49	70	90	105	507	*

附录 D
(资料性附录)
盾构维护高压作业职业健康安全风险评估表

盾构维护高压作业职业健康安全风险评估见表 D.1。

表 D.1 盾构维护高压作业职业健康安全风险评估表

序号	生产、场所、活动	职业健康危险源	暴露频率	可能导致的风险或事故	控制措施
一、高压作业前					
1		不具备进仓作业人员资格	常见	人身伤害、易患减压病	严格落实特种作业人员持证上岗
2		作业前人员身体状况不符合要求	常见	易患减压病或其他一般事故	严禁作业人员带病进行高压作业
3		供电源未经检查验证	常见	机电损坏、漏电、触电	进场前对设备进行检测
4		供气源未经检查验证	少见	氮麻醉、中毒	严格对供气源进行检测
5		高压压进仓设备未经检验	少见	一般伤害、伤残	高压压进仓作业前对设备进行严格检测
6		对盾构机刀盘处结构不明确	常见	滑倒摔伤、撞伤	作业前进行系统培训,了解盾构机刀盘处结构情况
7		盾构机闸门系统封闭不严	少见	系统漏气、减压病	作业前对设备进行检查
8		无备用气源或电源	少见	挤压伤、窒息	现场设置应急备用气源、电源
9		施工方案不明确	常见	一般事故	完善施工方案和应急预案
10		无预备高压潜水员	少见	伤害、死亡	单组作业应有预备高压潜水员
11		盾构机闸门系统区域卫生不达标	常见	医疗疾病	建立卫生清洁制度,作业前进行检查
二、加压过程					
1		加压速度过快	常见	挤压伤	操舱员控制加压速度
2		加压过程中通信中断	常见	一般事故	作业前对设备进行严格检测,加备用设备
3		加压过程中身体不适	少见	挤压伤、伤残	终止加压,减压出舱
4		加压过程中的意外情况不报告	少见	挤压伤或其他一般事故	保持联系,遇到突发情况及时报告

表 D.1 (续)

序号	生产、场所、活动	职业健康危险源	暴露频率	可能导致的风险或事故	控制措施
二、加压过程					
5		加压过程中供电中断	少见	一般事故	加压前进行检查,启动备用电源
6		加压过程中供气中断	少见	影响作业	对设备进行安检,准备应急气源
7		在局限的入口或通道处滑倒、磕碰	常见	一般伤害	清理通道或入口,保证足够的照明
8		加压过程中的压力失常	少见	人体伤害	作业前对设备进行严格检测
三、作业过程					
1		作业人员滑入泥浆中	常见	窒息、死亡	设置防护装置、制定抢救措施
2		作业过程中通信中断	常见	一般事故	作业前对设备进行严格检测,启用备用设备
3		作业过程中身体不适	常见	伤害	终止作业,减压出舱
4		作业过程中的意外情况不报告	常见	挤压伤、伤残	随时保持联系,遇到突发情况及时报告
5		作业过程中压力失常	少见	挤压伤、窒息	作业前对设备进行严格检测
6		作业过程中压力未监控	少见	挤压伤、死亡	安排专人负责监控压力
7		作业过程中滑倒、摔伤	常见	一般事故	设置防护装置,穿防滑鞋
8		作业过程中机械伤害	少见	挤压伤、出血	终止作业,舱内处理,减压出舱
9		作业过程中供气中断	少见	挤压伤、窒息、死亡	对设备进行安检,启用备用气源
10		索具选用、配置不合理,索具磨损	常见	起重伤害	选用合适、安全的索具
11		高处作业临边防护措施不到位	常见	高处坠落	高处作业时佩戴安全带,设置防护措施
12		滚刀砸伤、压伤	少见	机械伤、伤残	制定作业规章制度,做好个人防护
13		有害气体不能及时排除	常见	气体中毒	及时通风换气,作业人员佩戴防护面罩
14		电焊机电源线接柱无防护盖,电焊机体破损严重,电焊机未做好接零保护或接线不牢固,电焊机把线与气焊管带交叉缠绕,电焊钳不符合规范,损坏严重,电焊钳绝缘强度不够,电焊机一、二次线过长,电焊机把线有裸露,绝缘不好	常见	触电伤害	电焊机作业前应首先检查电焊机电体、电焊钳、电源线、把线的完好情况,如发现异常应整改完毕再进行作业

表 D.1 (续)

序号	生产、场所、活动	职业健康危险源	暴露频率	可能导致的风险或事故	控制措施
三、作业过程					
15		焊接、切割时烫伤	常见	烫伤	按照规定穿着工服,带防护手套
16		焊接、切割时引燃易燃物	常见	火灾、烧伤	清除作业现场易燃物,配备高压水灭火
四、减压过程					
1		减压过程中姿态不当	常见	减压病	保持好身体姿态
2		减压过程中身体不适	常见	一般事故	观察陪护,必要时潜水医师进仓
3		减压过程中舱门漏气、失压	少见	减压病、耳膜穿孔	舱门加强检查,失压时及时关闭主、副舱过渡门,进副舱按新方案减压
4		减压过程中通信中断	常见	一般事故	作业前对设备进行严格检测,启用备用通信设备
5		减压过程中憋气	少见	减压病、肺撕裂	作业前对工作人员进行教育
6		减压过程中的减压不当	少见	减压病、伤残、死亡	严格按照减压表执行每一站停留时间
7		减压速度过快	常见	减压病、伤残	操舱员控制减压速度,规范操作

参 考 文 献

- [1] 徐伟刚.潜水医学[M].北京:科学出版社,2016.
 - [2] 王连山,奚正平.高压环境下盾构施工带压进仓技术研究[C].海峡两岸隧道与地下工程学术与技术研讨会,2013.
 - [3] 张凤祥,朱合华,傅德明.盾构隧道[M].北京:人民交通出版社,2004.
-