

有限空间作业安全指导手册

目 录

1 有限空间作业安全基础知识.....	1
1.1 有限空间定义和分类.....	1
1.1.1 有限空间的定义和特点.....	1
1.1.2 有限空间的分类.....	2
1.2 有限空间作业定义和分类.....	3
2 有限空间作业主要安全风险.....	5
2.1 有限空间作业主要安全风险类别.....	5
2.1.1 中毒.....	5
2.1.2 缺氧窒息.....	6
2.1.3 燃爆.....	8
2.1.4 其他安全风险.....	8
2.2 有限空间作业主要安全风险辨识.....	9
2.2.1 气体危害辨识方法.....	9
2.2.2 其他安全风险辨识方法.....	10
2.3 常见有限空间作业主要安全风险辨识示例.....	11
3 有限空间作业安全防护设备设施.....	12
3.1 便携式气体检测报警仪.....	12
3.2 呼吸防护用品.....	13
3.2.1 隔绝式呼吸防护用品.....	13
3.2.2 过滤式呼吸防护用品.....	15
3.3 坠落防护用品.....	15
3.4 其他个体防护用品.....	16
3.5 安全器具.....	17
3.5.1 通风设备.....	17
3.5.2 照明设备.....	17
3.5.3 通讯设备.....	17
3.5.4 围挡设备和警示设施.....	18
4 有限空间作业安全风险防控与事故隐患排查.....	19
4.1 有限空间作业安全管理措施.....	19
4.2 有限空间作业过程风险防控.....	21
4.2.1 作业审批.....	21
4.2.2 作业准备.....	22
4.2.3 安全作业.....	26
4.2.4 作业完成.....	27
4.3 有限空间作业主要事故隐患排查.....	28
5 有限空间作业事故应急救援.....	30
5.1 救援方式.....	30
5.2 应急救援装备配置.....	31
5.3 救援注意事项.....	32

附 录.....	33
附录 1 有限空间作业常见有毒气体浓度判定限值.....	33
附录 2 有限空间作业场所安全警示标志和安全告知牌.....	34
附录 3 有限空间作业审批单.....	35
附录 4 有限空间作业气体检测记录表.....	36
附录 5 有限空间作业安全相关法规标准和文件.....	37
附录 6 有限空间作业典型事故案例选编.....	38
附录 7 练习题.....	43

1 有限空间作业安全基础知识

1.1 有限空间定义和分类

1.1.1 有限空间的定义和特点

有限空间是指封闭或部分封闭、进出口受限但人员可以进入，未被设计为固定工作场所，通风不良，易造成有毒有害、易燃易爆物质积聚或氧含量不足的空间。有限空间一般具备以下特点：

（1）空间有限，与外界相对隔离。有限空间是一个有形的，与外界相对隔离的空间。有限空间既可以是全部封闭的，如各种检查井、反应釜，也可以是部分封闭的，如敞口的污水处理池等（图 1-1）。

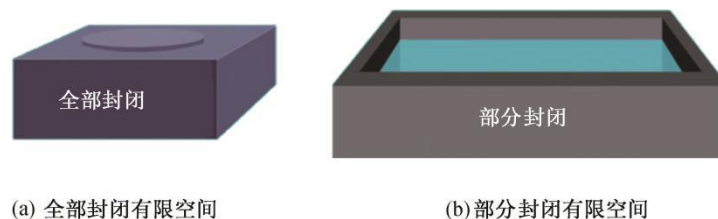
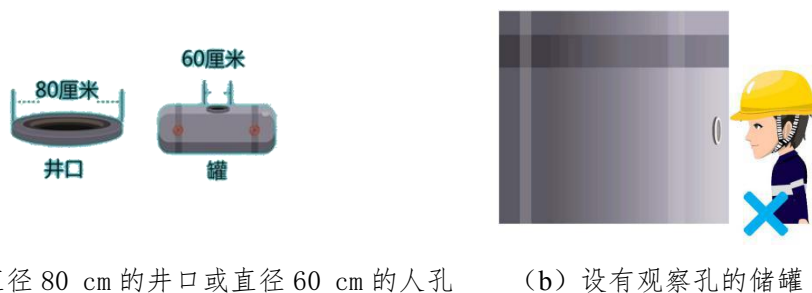


图 1-1 有限空间封闭或者部分封闭

（2）进出口受限或进出不便，但人员能够进入开展有关工作。有限空间限于本身的体积、形状和构造，进出口一般与常规的人员进出通道不同，大多较为狭小，如直径 80 cm 的井口或直径 60 cm 的人孔；或进出口的设置不便于人员进出，如各种敞口池。虽然进出口受限或进出不便，但人员可以进入其中开展工作。如果开口尺寸或空间体积不足以让人进入，则不属于有限空间，如仅设有观察孔的储罐、安装在墙上的配电箱等（图 1-2）。



（a）直径 80 cm 的井口或直径 60 cm 的人孔 （b）设有观察孔的储罐

图 1-2 有限空间进出口受限但人员可以进入

(3) 未按固定工作场所设计，人员只是在必要时进入有限空间进行临时性工作（图 1-3）。有限空间在设计上未按照固定工作场所的相应标准和规范，考虑采光、照明、通风和新风量等要求，建成后内部的气体环境不能确保符合安全要求，人员只是在必要时进入进行临时性工作。



图 1-3 有限空间未按固定工作场所设计

(4) 通风不良，易造成有毒有害、易燃易爆物质积聚或氧含量不足。有限空间因封闭或部分封闭、进出口受限且未按固定工作场所设计，内部通风不良，容易造成有毒有害、易燃易爆物质积聚或氧含量不足，产生中毒、燃爆和缺氧风险。

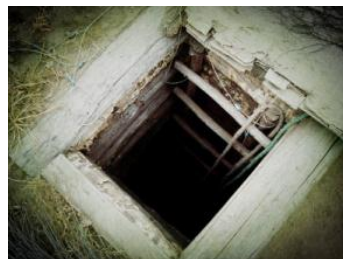
1.1.2 有限空间的分类

有限空间分为地下有限空间、地上有限空间和密闭设备 3 类。

(1) 地下有限空间，如地下室、地下仓库、地下工程、地下管沟、暗沟、隧道、涵洞、地坑、深基坑、废井、地窖、检查井室、沼气池、化粪池、污水处理池等，如图 1-4 所示。



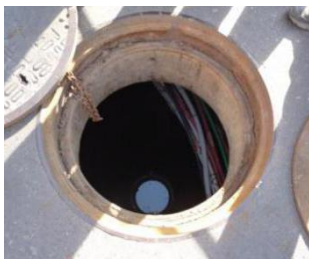
(a) 污水井



(b) 地窖



(c) 化粪池



(d) 电力电缆井



(e) 深基坑和地下管沟



(f) 污水处理池

图 1-4 地下有限空间

(2) 地上有限空间，如酒糟池、发酵池、腌渍池、纸浆池、粮仓、料仓等，如图 1-5 所示。



(a) 发酵池



(b) 料仓



(c) 粮仓

图 1-5 地上有限空间

(3) 密闭设备，如船舱、贮（槽）罐、车载槽罐、反应塔（釜）、窑炉、炉膛、烟道、管道及锅炉等，如图 1-6 所示。



(a) 贮罐



(b) 反应塔



(c) 锅炉

图 1-6 密闭设备

1.2 有限空间作业定义和分类

有限空间作业，是指人员进入有限空间实施作业。常见的有限空间作业主要有：

- (1) 清除、清理作业，如进入污水井进行疏通，进入发酵池进行清理等。
- (2) 设备设施的安裝、更換、維修等作业，如进入地下管沟敷設纜索、进入污水调节池更換设备等。
- (3) 涂装、防腐、防水、焊接等作业，如在儲罐内进行防腐作业、在船舱内进行焊接作业等。
- (4) 巡查、检修等作业，如进入检查井、热力管沟进行巡检等。

按作业频次划分，有限空间作业可分为经常性作业和偶发性作业：

（1）经常性作业指有限空间作业是单位的主要作业类型，作业量大、作业频次高。例如，从事水、电、气、热等市政运行领域施工、运维、巡检等作业的单位，有限空间作业就属于单位的经常性作业。

（2）偶发性作业指有限空间作业仅是单位偶尔涉及的作业类型，作业量小、作业频次低。例如，工业生产领域的单位对炉、釜、塔、罐、管道等有限空间进行清洗、维修，餐饮、住宿等单位对污水井、化粪池进行疏通、清掏等有限空间作业就属于单位的偶发性作业。

按作业主体划分，有限空间作业可分为自行作业和发包作业：

（1）自行作业指由本单位人员实施的有限空间作业。

（2）发包作业指将作业进行发包，由承包单位实施的有限空间作业。

2 有限空间作业主要安全风险

2.1 有限空间作业主要安全风险类别

有限空间作业存在的主要安全风险包括中毒、缺氧窒息、燃爆以及淹溺、高处坠落、触电、物体打击、机械伤害、灼烫、坍塌、掩埋、高温高湿等。在某些环境下，上述风险可能共存，并具有隐蔽性和突发性。

2.1.1 中毒

有限空间内存在或积聚有毒气体，作业人员吸入后会引发化学性中毒，甚至死亡。有限空间中有毒气体可能的来源包括：有限空间内存储的有毒物质的挥发，有机物分解产生的有毒气体，进行焊接、涂装等作业时产生的有毒气体，相连或相近设备、管道中有毒物质的泄漏等，如图 2-1 所示。有毒气体主要通过呼吸道进入人体，再经血液循环，对人体的呼吸、神经、血液等系统及肝脏、肺、肾脏等脏器造成严重损伤。



图 2-1 有限空间中有毒气体可能的来源

引发有限空间作业中毒风险的典型物质有：硫化氢、一氧化碳、苯和苯系物、氰化氢、磷化氢等。

1. 硫化氢 (H_2S)

硫化氢是一种无色、剧毒气体，比空气重，易积聚在低洼处。硫化氢易燃，与空气混合能形成爆炸性混合气体，遇明火、高热等点火源将引发燃烧爆炸。硫化氢易存在于

污水管道、污水池、炼油池、纸浆池、发酵池、酱腌菜池、化粪池等富含有机物并易于发酵的场所。低浓度的硫化氢有明显的臭鸡蛋气味，可被人敏感地发觉；浓度增高时，人会产生嗅觉疲劳或嗅神经麻痹而不能觉察硫化氢的存在；当浓度超过 $1000\text{mg}/\text{m}^3$ 时，数秒内即可致人闪电型死亡。

2.一氧化碳 (CO)

一氧化碳是一种无色无味的气体，比重与空气相当。一氧化碳与血红蛋白的亲合力比氧与血红蛋白的亲合力高 $200\sim 300$ 倍，因此一氧化碳极易与血红蛋白结合，形成碳氧血红蛋白，使血红蛋白丧失携氧的能力和作用，造成组织窒息，甚至导致人员死亡。一氧化碳易燃，与空气混合能形成爆炸性混合气体，遇明火、高热等点火源将引发燃烧爆炸。含碳燃料的不完全燃烧和焊接作业是一氧化碳的主要来源。

3.苯和苯系物【苯 (C_6H_6)、甲苯 (C_7H_8)、二甲苯 (C_8H_{10})】

苯、甲苯、二甲苯都是无色透明、有芬芳气味、易挥发的有机溶剂；易燃，其蒸气与空气混合能形成爆炸性混合物。苯可引起各类型白血病，国际癌症研究中心已确认苯为人类致癌物。甲苯、二甲苯蒸气也均具有一定毒性，对黏膜有刺激性，对中枢神经系统有麻痹作用。短时间内吸入较高浓度的苯、甲苯和二甲苯，人体会出现头晕、头痛、恶心、呕吐、胸闷、四肢无力、步态蹒跚和意识模糊，严重者出现烦躁、抽搐、昏迷症状。苯、甲苯和二甲苯通常作为油漆、黏结剂的稀释剂，在有限空间内进行涂装、除锈和防腐等作业时，易挥发和积聚该类物质。

4.氰化氢 (HCN)

氰化氢在常温下是一种无色、有苦杏仁味的液体，易在空气中挥发、弥散（沸点为 25.6°C ），剧毒且具有爆炸性。氰化氢轻度中毒主要表现为胸闷、心悸、心率加快、头痛、恶心、呕吐、视物模糊；重度中毒主要表现为深昏迷状态，呼吸浅快，阵发性抽搐，甚至强直性痉挛。酱腌菜池中可能产生氰化氢。

5.磷化氢 (PH_3)

磷化氢是一种有类似大蒜气味的无色气体，剧毒且极易燃。磷化氢主要损害人体神经系统、呼吸系统及心脏、肾脏、肝脏。 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 接触 6h，人体就会出现中毒症状。在微生物作用下，污水处理池等有限空间可能产生磷化氢。此外磷化氢还常作为熏蒸剂用于粮食存储以及饲料和烟草的储藏等。

2.1.2 缺氧窒息

空气中氧含量的体积分数约为 20.9%，氧含量低于 19.5%时就是缺氧。缺氧会对人体多个系统及脏器造成影响，甚至使人致命。空气中氧气含量不同，对人体的影响也不同（表 2-1）。

表 2-1 不同氧气含量对人体的影响

氧气含量 (体积浓度) /%	对人体的影响
15~19.5	体力下降，难以从事重体力劳动，动作协调性降低，易引发冠心病、肺病等
12~14	呼吸加重，频率加快，脉搏加快，动作协调性进一步降低，判断能力下降
10~12	呼吸加重、加快，几乎丧失判断能力，嘴唇发紫
8~10	精神失常，昏迷，失去知觉，呕吐，脸色死灰
6~8	4~5min 通过治疗可恢复，6min 后 50%致命，8min 后 100%致命
4~6	40s 内昏迷、痉挛，呼吸减缓、死亡

有限空间内缺氧主要有两种情形：一是由于生物的呼吸作用或物质的氧化作用，有限空间内的氧气被消耗导致缺氧；二是有限空间内存在二氧化碳、甲烷、氮气、氩气、水蒸气和六氟化硫等单纯性窒息气体，排挤氧空间，使空气中氧含量降低，造成缺氧。

引发有限空间作业缺氧风险的典型物质有二氧化碳、甲烷、氮气、氩气等。

1.二氧化碳（CO₂）

二氧化碳是引发有限空间环境缺氧最常见的物质。其来源主要为空气中本身存在的二氧化碳，以及在生产过程中作为原料使用以及有机物分解、发酵等产生的二氧化碳。当二氧化碳含量超过一定浓度时，人的呼吸会受影响。吸入高浓度二氧化碳时，几秒内人会迅速昏迷倒下，更严重者会出现呼吸、心跳停止及休克，甚至死亡。

2.甲烷（CH₄）

甲烷是天然气和沼气的主要成分，既是易燃易爆气体，也是一种单纯性窒息气体。甲烷的来源主要为有机物分解和天然气管道泄漏。甲烷的爆炸极限为 5.0%~15.0%。当空气中甲烷浓度达 25%~30%时，可引起头痛、头晕、乏力、注意力不集中、呼吸和心跳加速等，若不及时远离，可致人窒息死亡。甲烷燃烧产物为一氧化碳和二氧化碳，也可引起中毒或缺氧。

3.氮气（N₂）

氮气是空气的主要成分，其化学性质不活泼，常用作保护气防止物体暴露于空气中被氧化，或用作工业上的清洗剂置换设备中的危险有害气体等。常压下氮气无毒，当作