

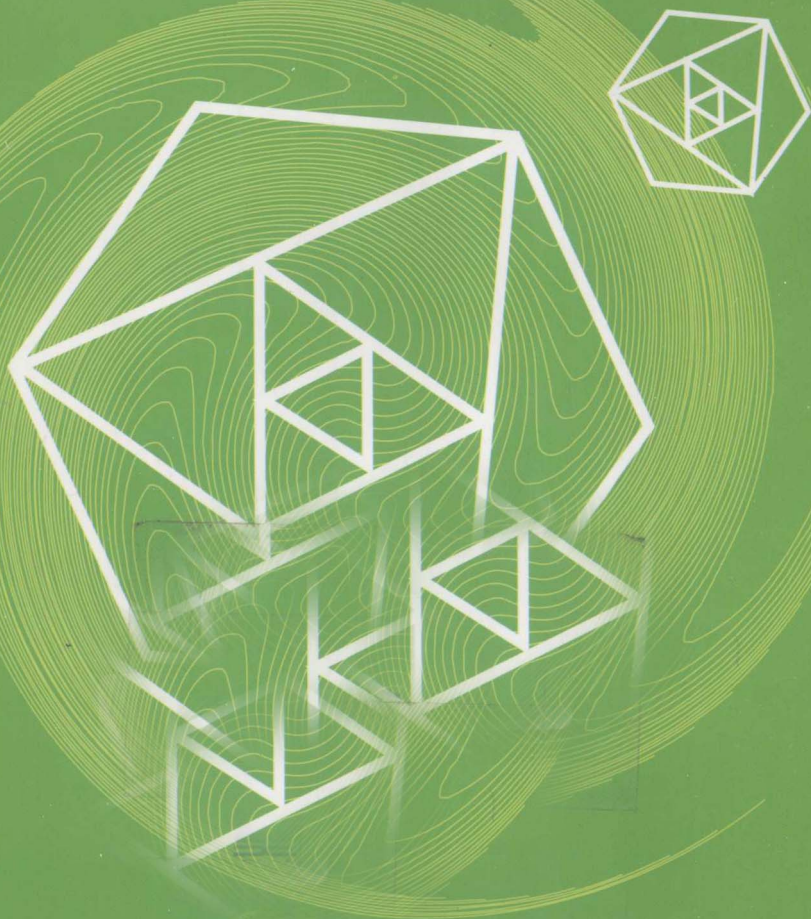
受限空间作业

事故防范与应急救援

赵正宏 王亚宏 / 编著

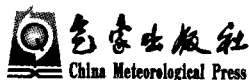
Shouxian Kongjian Zuoye

Shigu Fangfan yu Yingji Jiuyuan



受限空间作业事故防范 与应急救援

赵正宏 王亚宏 编著



内 容 摘 要

本书对受限空间的作业类型、作业危害、风险特点、事故原因进行了简要归纳分析。按照受限空间类型,精选大量极具警示与教育意义的典型事故案例,并择其重点简要分析。在此基础上,理论结合实际,详细阐述了防范受限空间作业事故的安全管理、安全技术措施。最后,运用现代应急救援理念与方法,对受限空间作业事故应急救援的原则、应急预案的编制与演练、装备的配备与使用进行了讲解。

本书内容系统,事例丰富,表述简练,通俗易懂,具有良好的科学性、实用性。

图书在版编目(CIP)数据

受限空间作业事故防范与应急救援/赵正宏,王亚宏编
著. —北京:气象出版社,2009.10
ISBN 978-7-5029-4837-5

I. 受… II. ①赵…②王… III. ①安全生产-事故-预防
②安全生产-事故-急救 IV. X93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 180102 号

Shouxian Kongjian Zuoye Shigu Fangfan Yu Yingji Jiuyuan 受限空间作业事故防范与应急救援

赵正宏 王亚宏 编著

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号 邮政编码:100081

总 编 室:010-68407112

发 行 部:010-68408042

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

E-mail: qxcbs@263.net

责任编辑:彭淑凡 张盼娟

终 审:黄润恒

封面设计:博雅思企划

责任技编:吴庭芳

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:850 mm×1168 mm 1/32

印 张:6.5

字 数:169 千字

版 次:2009 年 10 月第 1 版

印 次:2009 年 10 月第 1 次印刷

定 价:15.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

方寸之间，性命攸关

(代前言)

在我们的日常生产、生活中，类似水罐、油罐、下水道、电力井、污水池、菜窖等狭小的受限空间无处不在。

在这些狭小受限空间里的作业，如水罐防腐、油罐清洗、下水道疏通、电力井维修、污水池清淤、菜窖取物等作业，无时无刻不在进行。

在作业人员忙碌的背后，隐藏着一个个无形的杀手，他们幽灵般地在这些受限空间里伺机夺走作业人员的性命；他们的手法简单得要命，以静制动，简直就是守株待兔，转瞬间夺走一条条鲜活的生命。

更可悲的是，当正在作业的人员被幽灵缚住，他们竟丝毫不觉，其他人英勇果断、前仆后继地前去营救，结果恰如飞萤扑火，无知丧生。据统计，受限空间意外死亡人员中，国外有60%是救援人员，而我国高达67%的是救援人员。

这样的场景绝非偶然，在工厂、社区，在那些无计其数的受限空间作业过程中，频而又频地发生，成为现代知识社会、科技社会、人本社会里极不谐调的一道风景，简直就是对崇尚知识、关爱生命的极大嘲讽！

毋庸讳言，受限空间作业，是“螺丝壳里做道场”，不仅施展不开身手，而且也常要面对中毒、缺氧、火灾、触电、坠落等危险，可谓方寸之间，性命攸关。

但是，社会发展至今，这些危险对我们并不陌生，更不是无



能为力，没有任何不可防御的理由。总体而言，受限空间作业并不复杂，只要对受限空间作业安全稍加重视，掌握常规的安全操作与应急救援常识，绝大多数伤亡事故就断然不会发生。无数的事故表明，对受限空间作业安全的轻视，让危险得以横行，对常规安全、应急知识的无知，最终导致了事故的发生，甚至迅速恶化。

生命所需，形势所迫。当前，必须对看似简单的受限空间作业安全高度重视，大力普及安全操作、应急救援常识，切实提高事故防范与应急技能，从根本上防范受限空间作业伤亡事故的发生，建设安全工厂、和谐社区。

为此目的，谨撰此书。本书由赵正宏、王亚宏主编，参与编写的人员还有孙隆福、薛艳梅、王进军、赵菲菲、侯惠明、沈贤明、王建兵等。在此向各位付出劳动的作者表示感谢！

目 录

方寸之间，性命攸关（代前言）

第一章 受限空间作业常识（1）

一、受限空间的定义与种类（1）

二、受限空间作业类型（2）

三、受限空间作业危害（3）

四、受限空间作业事故类型（8）

五、受限空间作业事故原因（8）

第二章 受限空间作业事故实例与分析（10）

第一节 生产经营单位受限空间作业事故实例与分析（10）

一、容器（罐、釜等）（10）

二、管道（含隧道、巷道）（28）

三、污水池（31）

四、发酵池、纸浆池、拌浆池（35）

五、下水井、电力井、空调井、盐酸井（38）

六、船舱（42）

七、高炉烟囱、桩孔、坑（45）

八、涂刷·····	(47)
第二节 市政民用工程受限空间作业事故实例与分析 (52)	
一、容器 (罐、釜等) ·····	(52)
二、下水道、下水井·····	(53)
三、电力井、电梯井、燃气井·····	(79)
四、地窖、菜窖·····	(82)
五、化粪池·····	(86)
六、涂刷·····	(90)
七、沼气池、地下室、地桩槽·····	(97)
八、灌溉水井、水闸房, 挖土·····	(99)
第三章 受限空间作业事故防范 ·····	(103)
第一节 辨识受限空间及其危害·····	(103)
一、建立受限空间概念·····	(103)
二、辨识受限空间危害·····	(103)
第二节 受限空间的作业原则·····	(104)
一、先许可、后作业原则·····	(104)
二、先检测、后作业原则·····	(105)
三、持续作业、动态监测原则·····	(105)
四、内部作业、外部监护原则·····	(105)
五、险情敏感、从速救援原则·····	(106)
第三节 安全防范措施·····	(106)
一、安全管理措施·····	(106)
二、安全技术措施·····	(112)
三、个体防护与应急救援·····	(121)

第四章 受限空间作业应急救援	(122)
第一节 应急培训教育	(123)
一、应急培训的目标	(123)
二、应急培训的对象	(123)
三、应急培训的内容	(124)
四、抓好专业救援队伍的应急培训教育	(125)
五、应急培训方法	(125)
第二节 应急预案编制	(126)
一、专项应急预案的具体编制与实施	(127)
二、现场处置方案的具体编制与实施	(130)
三、预案需要列出的相关附件及要求	(132)
四、应急预案编制格式和要求	(133)
五、编制应急预案应特别注意的问题	(133)
第三节 应急救援装备	(135)
一、应急救援装备配备	(135)
二、空气呼吸器的正确使用与维护保养	(136)
第四节 应急救援方式与关键	(143)
一、应急救援的特点	(143)
二、应急救援的方式	(145)
三、应急救援的原则	(145)
四、应急救援的基本任务	(146)
五、受限作业空间应急救援的要点	(148)
六、克服应急救援中的常见错误	(150)
第五节 应急救援演练	(151)
一、应急演练	(152)

二、应急演练的作用	(153)
三、应急演练的目的	(155)
四、应急演练的类型	(155)
五、应急演练的原则	(157)
六、应急演练策划	(159)
七、应急演练评价	(161)
附录一 化学品生产单位受限空间作业安全规范 (AQ 3028—2008)	(164)
附录二 密闭空间作业职业病危害防护规范 (GBZ/T 205—2007)	(171)
附录三 缺氧危险作业安全规程 (GB 8958—2006) ...	(189)
附录四 北京市有限空间作业安全生产规范(试行) ...	(194)

第一章 受限空间作业常识

一、受限空间的定义与种类

（一）受限空间的定义

受限空间是指封闭或部分封闭，进出口狭窄，作业范围受限，自然通风不良，能形成有毒有害、易燃易爆物质积聚或氧含量不足的危险工作环境，且易对作业人员安全构成生命危害的临时性工作场所。

传统当中，受限空间也被称作有限空间（或密闭空间），两相比较，受限空间更为确切规范。

（二）受限空间的种类

受限空间的类型很多，归纳起来，大致可分为以下三类。

1. 封闭、半封闭设备

如船舱、储罐、槽罐、反应塔（釜）、冷藏箱、压力容器、管道、锅炉等。

2. 地下受限空间

如地下管道、地下室、地下仓库、地下工程、暗沟、隧道、涵洞、地坑、废井、窖井、地窖、污水池（井）、沼气池、化粪池、下水道、造纸浆池、地下电缆沟等。



3. 地上受限空间

如储藏室、酒糟池、发酵池、垃圾站、温室、冷库、粮仓、料仓、烟道等。

二、受限空间作业类型

受限空间作业是指作业人员进入受限空间实施的作业活动。

受限空间作业内容种类很多，作业时间长短各异，作业环境各不相同，因此，分类各种各样。根据在受限空间的作业内容进行分类，可以较好地把握作业时的危险与事故防范，一般而言，可以分为以下 5 种作业类型。

（一）清污作业

主要包括清理、移除受限空间内的废物，如污泥、碎石、杂物等。

（二）检修作业

主要包括对正在运行或开停工过程中的生产工艺装置区和市政民用工程中对受限空间内的设备进行检查，以及对设备进行抢修、维修等过程中进行的焊接、切割、打磨、更换等作业。

（三）涂刷作业

主要包括对受限空间墙壁及其内的设备进行装修、防腐等目的的涂刷作业。

（四）建造有限空间作业

主要包括建设地下管道、地下室、地下仓库、地下工程、暗沟、隧道、涵洞等工程的作业。

（五）救援作业

对受限空间内遇险人员进行应急救援的作业。

三、受限空间作业危害

受限空间作业危害的因素很多，根据事故发生的频率高低来看，首当其冲的是气体危害，它能形成易燃易爆、有毒有害、缺氧窒息等危险作业环境，稍有不慎，就会引发中毒窒息、着火爆炸等事故。据不完全统计，在受限空间作业伤害事故中，气体伤害事故占总数的60%以上。其次，是坠落、淹溺、物体打击、着火爆炸等危害。

（一）气体危害

气体危害主要包括有毒有害、易燃易爆、缺氧窒息三种类型。

1. 有毒有害气体

由于受限空间空气不易流通，使得生产过程中的有毒有害气体积聚其中；另外，下水道、污水池等受限空间的污物、杂物容易发酵等情况，也能产生大量有毒有害气体并蓄积其中；在受限空间内进行防腐涂层作业时，由于涂料中含有的苯、甲苯、二甲苯等有机溶剂的挥发，也能造成有毒气体的积聚。

抛开化工生产经营场所可能存在的各种有毒有害气体不谈，在各种受限空间内普遍存在的有毒有害气体主要包括：沼气（主要成分为甲烷）、硫化氢、一氧化碳、二氧化硫等。这些有毒有害气体通过呼吸吸入、皮肤吸收，可迅速对受限空间内的人员造成伤害，轻者中毒受伤，重者死亡。

受限空间内最常见的几种有毒有害气体如下所述。

（1）一氧化碳（CO）

一氧化碳是无色、无味、无刺激性的气体，有爆炸性，是最



常见的有害气体。它进入人体的肺泡后很快会和血红蛋白产生很强的亲合力，使血红蛋白形成碳氧血红蛋白，阻止氧和血红蛋白的结合。血红蛋白与一氧化碳的亲合力比与氧的亲合力大 200~300 倍，而碳氧血红蛋白的解离速度却比氧合血红蛋白慢 3600 倍。一旦碳氧血红蛋白的浓度升高，将导致血红蛋白运载氧气的功能障碍，进而造成组织缺氧，从而使人体中毒。

急性一氧化碳中毒主要表现为急性脑缺氧引起的损害症状；少数患者可有迟发性神经精神症状。一般轻度中毒会出现剧烈头痛、眩晕、恶心、呕吐、全身乏力、精神不振等症状；重度一氧化碳中毒可导致浅、中和深度昏迷，严重的可导致死亡。

在市政建设、道路施工时，如果损坏煤气管道，煤气容易渗透到受限空间或附近民居内，造成一氧化碳积聚；在设备检修时，设备内残留的一氧化碳会泄漏。

表 1-1 是一氧化碳不同浓度状态下人员暴露一定时间段内对人体的影响。

表 1-1 一氧化碳对人体的影响

气体浓度 (ppm)	对人体的影响	暴露时间
50	允许的暴露浓度	8 小时
200	可能导致轻微的前额头痛	2~3 小时
400	头痛并呕吐	2 小时
800	头痛、头晕、呕吐	45 分钟
1600	头痛、头晕、呕吐	20 分钟
3200	头痛、头晕	5~10 分钟
6400	头痛、头晕	1~2 分钟
12800	马上无知觉，有死亡危险	1~3 分钟

(2) 硫化氢

硫化氢是无色、有臭鸡蛋味的窒息性毒气，是一种强烈的神经毒物，对黏膜有明显的刺激作用。一定浓度时可引发急性中

毒；浓度极高时，可发生“电击样”死亡。硫化氢浓度极高时却无味，比重比空气重，易沉积于坑、池、井的底部。开挖和整治沼泽地、沟渠、水井、下水道、隧道以及清除垃圾、污物、粪便及有机物腐败物质时，极有可能接触到硫化氢。作业人员在清理、疏通下水道、粪便池、窑井、污水池、地窖等作业时容易因硫化氢而中毒。

表 1-2 是硫化氢不同浓度状态下人员暴露一定时间段内对人体的影响。

表 1-2 硫化氢对人体的影响

气体浓度 (ppm)	对人体的影响
0.13	最小的可感觉到的臭气味浓度
4.60	易觉察的有适度的臭气味浓度
10	开始刺激眼球，OSHA 允许暴露限值
27	强烈的难以忍受的臭味，无法忍受
100	咳嗽，刺激眼球，2 分钟后可能失去嗅觉
200~300	暴露 1 小时后，明显的结膜炎（眼睛发炎），呼吸道受刺激
500~700	失去知觉，呼吸停止（中止或暂停），以致死亡
1000~2000	马上失去知觉，几分钟内呼吸停止并死亡，即使个别人员被马上搬到新鲜空气处，也可能死亡

(3) 沼气

沼气的主要成分是甲烷 (CH_4)。甲烷是一种源自有机物质分解而产生的天然气。甲烷是没有颜色、没有气味的气体，沸点为 -161.4°C ，比空气轻，是极难溶于水的可燃性气体。甲烷和空气成适当比例的混合物，遇火花会发生爆炸。甲烷在自然界分布很广，是天然气、沼气、坑气及煤气的主要成分之一。它能够置换出有限空间内的氧气，导致头晕、无意识或窒息。



2. 易燃易爆气体

受限空间内的诸多气体，包括前面所述的有毒有害气体，大都具有易燃易爆的特性，一旦达到爆炸极限，就会因点火源的激发，而发生着火爆炸事故，造成严重的人员伤亡和财产损失。

3. 缺氧窒息

在外界正常的大气环境中，按照体积百分比，平均的氧气浓度约为 20.95%（氮约占 78.08%）。氧气是人体进行新陈代谢的关键物质，是人体生命活动的第一需要。如果缺氧，人体的健康和安

全就可能受到伤害。窒息性气体是导致人体缺氧而窒息的气体。根据它对人的作用不同，可以分两类：一类称为单纯性窒息性气体，其本身无毒，但由于它们的存在对氧的排斥，而造成机体缺氧，如氮气、甲烷和二氧化碳则属于这一类；另一类称为化学性窒息性气体，其主要危害是对血液或组织产生特殊的化学作用，使氧的运送和组织利用氧的功能发生障碍造成组织缺氧，这一类的物质有硫化氢、一氧化碳、氢化物等。此前所述有毒有害气体均为化学性窒息性气体。

由于二氧化碳比空气重，在长期通风不良的各种矿井、地窖、船舱、冷库等场所内部，二氧化碳易挤占空间，造成氧气浓度低，引发缺氧。工业上常用惰性气体对反应釜、贮罐、钢瓶等容器进行冲洗，如氮气、氩气、氦气、水蒸气等。容器内残留的惰性气体过多，当工人进入时，容易发生单纯性缺氧窒息。甲烷、丙烷也可导致缺氧窒息。

对于受限空间，虽然一般情况下也与外界大气环境相通，但会因为进出口狭小，通风不畅，作业人员呼吸消耗氧产生二氧化碳，焊接、切割作业消耗氧产生二氧化碳，而导致受限空间内的氧气浓度偏低或不足，因此当人员进入到受限空间内进行作业时

将面对缺氧危险，会出现呼吸加剧、心跳加快、体软乏力、甚至昏倒不起的现象。

在涂刷、清洗化工容器等作业中，缺氧窒息事故的发生，多是由化学性气体所致。

（二）其他危害

除去气体危害，从理论上分析，受限空间内的危险因素很多，譬如机械伤害、物体打击、坠落、触电、淹溺、噪声、表面光滑、强光、高温、富氧、惰性气体等，但是，在实际生产、生活中，这些危险因素导致的事故几率很低，鲜有耳闻。相比之下，较常见的有坠落、淹溺、物体打击、触电等。

（三）受限空间作业的危害特点

（1）可导致死亡，属高风险作业。

（2）受限空间存在的危害，大多数情况下是完全可以预防的。如加强培训教育，完善各项管理制度，严格执行操作规程，配备必要的个人防护用品和应急抢险设备等。

（3）发生的地点形式多样化。如船舱、贮罐、管道、地下室、地窖、污水池（井）、沼气池、化粪池、下水道、发酵池等。

（4）一些危害具有隐蔽性并难以探测。

（5）可能多种危害共同存在。如受限空间存在硫化氢危害的同时，还存在缺氧危害。

（6）某些环境下具有突发性。如开始进入受限空间检测时没有危害，但是在作业过程中突然涌出大量的有毒气体，造成急性中毒。

（7）季节性强。夏季温度较高，各种有毒有害气体聚集和挥发的程度比较高，污水井、下水道内有毒气体浓度要比以往高，所以发生受限空间中毒窒息事故的几率大大增加。



四、受限空间作业事故类型

从理论上分析，受限空间作业的事故类型很多，不下十数种，但从实践来看，常见的事故类型主要包括：

- (1) 中毒窒息；
- (2) 坠落；
- (3) 溺水；
- (4) 触电；
- (5) 物体打击；
- (6) 着火爆炸。

五、受限空间作业事故原因

通过大量的事故分析得出，受限空间作业事故发生的原因，既有表面上极其简单的直接原因，也有一时难以解决的深层次原因。

(一) 直接原因

受限空间事故发生的直接原因大多很简单，两大原因最值得关注：

- (1) 因为未对作业空间气体进行检测，造成气体中毒、缺氧窒息等，这是一个非常普遍的原因。
- (2) 当险情出现时，没有采取任何防护措施，盲目施救，冒险施救，从而造成了救援人员的伤亡。

(二) 深层次原因

受限空间事故发生的深层次原因，大致如下：

- (1) 安全意识差。许多人对受限空间作业不以为然，没有任何风险意识，几乎全是凭经验办事，无知、侥幸心理严重。
- (2) 基本安全常识缺乏。突出表现在对受限作业空间可能存