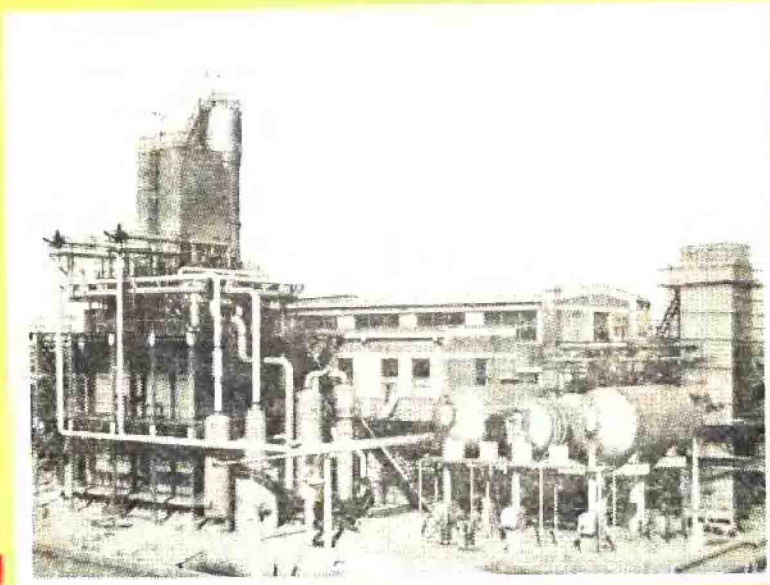


· 英国低温委员会安全小组编 ·

# 低温安全手册

罗让 肖家立 薛鸿堡译 刘静宜校



CRYOGENICS SAFETY MANUAL

劳动出版社

# 低 温 安 全 手 册

英国低温委员会安全小组 编  
罗 让 肖家立 薛鸿堡 译  
刘静宜 校

劳 动 人 民 出 版 社  
1982年11月北京

CRYOGENICS SAFETY MANUAL  
SAFETY PANEL  
BRITISH CRYOGENICS COUNCIL  
PRINTED IN GREAT BRITAIN BY  
C.F.HODGSON and SON LIMITED,  
LONDON, 1970

**低温安全手册**

英国低温委员会安全小组 编  
罗 让 肖家立 薛鸿堡 译  
刘静宜 校

\*

劳动出版社出版

(北京市和平里中街12号)

新华书店北京发行所发行

北京双桥印刷厂印刷

\*

787×1092毫米 32开本 5印张 112,000字

1982年4月第1版 1982年4月第1次印刷

印数：1—6,500

书号：15238·0020 定价：0.90元

## 译者的话

本书系根据英国低温委员会安全小组 (Safety Panel of the British Cryogenics Council) 编写的〈低温安全手册〉 (Cryogenics Safety Manual) 译出。

本书对一些常见的低温可液化气体如氧、氮、氢、液化天然气等的特性及其在生产、贮存、搬运过程中可能发生对人身健康的危害，发生火灾、爆炸的危险都有较详细的叙述；同时根据实践经验，对这些灾害的防止和处理提出了有效的措施。虽然本书不是一个规范，但可作为从事低温液化气体的操作、管理人员和工厂安全保护工作人员的参考工具书，对有关设计、科研、技术人员、学校师生也有参考价值。

本书是由北京制冷学会组织北京市氧气厂及北京钢铁设计研究总院〈低温安全手册〉编写组编译，国家劳动总局锅炉压力容器安全监察局的同志对译文进行了审校。但由于译者水平所限，仍不免会有错误，请读者批评指正。

1981年6月

# 目 录

安全小组成员	( 1 )
注意事项	( 2 )
绪 言	( 3 )
导 言	( 5 )
第一部分 一般安全要求	( 7 )
1. 低温可液化气体的物理性质	( 7 )
2. 低温可液化气体对健康的危害	( 7 )
附录 I 冷烧灼的处理	(12)
附录 II 窒息的生理学	(13)
3. 防护服	(14)
4. 防火及救火	(15)
5. 急救	(18)
6. 妥善管理	(18)
7. 人员配备及训练	(20)
8. 一般要求	(23)
参考文献	(47)
第二部分 特定的安全要求	
——生产氧、氮、氩的空气分离设备	(50)
前言	(50)

1. 灾害的详细说明 .....	(50)
2. 空分设备的操作和维护安全 .....	(55)
3. 液氧、液氮、液氩贮存、运输及搬 运设备的维护和操作时的安全 .....	(71)
4. 液氧、液氮、液氩蒸气的排放 .....	(76)
附录 I 三氯乙烯中油的测定 .....	(77)
参考文献 .....	(79)

### 第三部分 特定的安全要求——液化天然气.....(80)

前言 .....	(80)
1. 灾害的详细说明 .....	(80)
2. LNG 生产设备操作和维修时的安全 .....	(89)
3. LNG 贮存、输送及蒸发装置的操作和维修安全 .....	(95)
参考文献 .....	(101)

### 第四部分 特定的安全要求——氢气分离装置..... (103)

前言 .....	(103)
1. 危险的详述 .....	(103)
2. 氢装置在操作与维修时的安全 .....	(111)
3. 液体氢贮存、运输和搬运设备操作和维修时的安全 .....	(120)
参考文献 .....	(128)

### 第五部分 特定的安全技术——乙烯和乙烷..... (131)

前言 .....	(131)
1. 灾害的详细说明 .....	(131)
2. 乙烯生产装置在维护和操作时的安全 .....	(136)
3. 乙烯贮存、输送及蒸发装置的维修及操作安全 .....	(145)
参考文献 .....	(146)

## 安全小组成员

英国低温安全会安全小组的下列成员都为这本安全手册作了大量的准备工作:

Mr. J. L. Cort	空气产品公司
Mr. H. W. Dean	恺乐国际公司
Mr. J. Forrest(已故)	英国氧气公司 (1965—1968年主席)
Mr. P. Halford	石油碳化物开发公司
Mr. D. G. Johnson	英国壳牌化学品公司
Mr. H. A. Knight	帝国化学工业公司, 重有机化学品分公司 (秘书)
Mr. T. H. Malyn	气体协会
Mr. D. H. Tantom	英国氧气公司
Dr. R. C. Jutton	Conch 甲烷公司 (1968—1970年主席)
Mr. M. A. A. Wills	技术部

小组对他们的协助表示感谢, 同时对下列个人在安全手册后部稿件阶段帮助提出意见也表示感谢:

Dr. J. H. Burgoyne	顾问
Mr. H. Jagger	埃索石英公司及石油学会
Mr. J. L. James	恺乐国际公司
Mr. M. H. Vogel	空气产品公司

## 注 意 事 项

本书为所有从事低温液化气体的生产、贮存及运输设备的操作维护工作的人们提供指导。

尽管已经采取了各种措施来防止一切可能的事故，而最终责任必须归于科学家或从事设备设计及操作的工程师。

在本书的印刷期间，一些法令性的要求及其他参考文件在发行，如何适应现行的法令由使用者自己决定。



## 绪 言

气体的液化和加工目前正在世界上很多国家的数十个中心区大规模地进行，液体产品在这些国家的各个地区广泛地分配和使用。显而易见，低温工业正在顺利、健康地发展。这一成就取决于严格的科学管理，以及各国同行之间的竞争与协作。

作为一种正在发展中的工业，事故的危险也在增长，其原因是多方面的。俗话说顺境往往使人掉以轻心，这正是危险的所在。为此英国低温委员会认为有必要组织编写一本安全手册，总结、整理主要几家英国低温工业公司和一些著名的外国公司多年来积累的经验，供同行们参考。

最初，该手册是由化学工程师学会低温工程工作组的一个分组负责编制的，已故约翰·弗里斯特先生曾指导这一工作，他为该书的编制作出了很大贡献，使初稿取得了相当的进展。约翰·弗里斯特先生不幸于1968年8月在一次飞机失事中丧生，而他的功绩却永远记录在册。

此后，英国低温委员会成立，委员会的安全组负责气体分离分会的业务，并邀请瑞尔弗·塔顿先生指导该组的工作，他以他的智慧和能力领导编制该手册的后半部分。此外托尼·耐特先生作为小组的秘书为该手册的出版作了大量的卓有成效的工作。

该手册可作为操作者的参考工具书，而不是规范。读者

应灵活使用，有所发现，有所创新，只有这样才能使低温技术的应用不仅具有其发展前景和价值，同时也是安全可靠的。

英国低温委员会主席  
Geoffrey G. Haselden

1970年3月

# 导 言

在化学工程师协会所属低温工程工作组的安全小组首次会议上，一致同意对于所计划的低温设备安全手册的范围应包括：

(1) 广泛的领域，但不包括一般设备的安全条款，同时特别着重于低温操作的安全问题。

(2) 在低温设备安全的一般章节之后，要有专门章节研究适当的工艺材料。

(3) 重点放在原则问题上，一般不作详细的研究。

(4) 不包括详细的设计数据，但在涉及现行实用规范及标准的地方除外。

这些最初制定的原则，贯穿在手册的准备工作中，为使低温方面的专业人员易于掌握，适当的编入一些一般安全要点。因此，一些项目例如安全许可证的使用以及设备的情况都已编收在内。

手册是针对各级操作管理人员而不是设计人员的。该手册应能使一位操作班长在下列条件下，不用或很少用其他指导材料就能够安全地进行操作：(a) 正确的设计装置；(b) 设备附有标准的说明；(c) 设备在规定的范围内正常运转。

有许多问题涉及到上一级的管理工作，应根据本手册对现行操作程序重新检查。

为便于应用，在编排上，第一部分供所有低温设备的操作人员使用，阅读时必须结合后面各节的专门安全要求，

即：第二部分—生产氧、氮、氩的空分设备；第三部分—液化天然气；第四部分—氢以及第五部分—乙烯及乙烷。

必须指出，仅仅阅读专门的章节而忽视第一部分是足够的，因为有许多注意事项在各方面都是通用的，是安全操作所必须遵守的。手册中有些重复之处，是为了保证重要的地方不被忽视。

书中包括为数有限的，好的及不好的操作示例，每节之后附有参考书目传记。

可能某些未列出的参考文件更有价值，此处仅提供一个简短的参考资料清单，我们认为这些参考资料是最合于本手册的适用范围。

# 第一部分 一般安全要求

## 1. 低温可液化气体的物理性质

表 I 给出低温可液化气体的一些物理性质。

## 2. 低温可液化气体对健康的危害

### 2.1 一般的健康危害

表 II 给出低温可液化气体对健康的较为重要危害的扼要说明。

### 2.2 局部作用

#### 2.2.1 冷接触烧灼

任何一种特定的深冷物质所生成的液体、蒸气或低温气体，对皮肤均会产生类似烧灼的作用。其严重程度随着温度及暴露时间的不同而不同。

人体的裸露或没有足够保护的部分在接触没有绝热的管道或容器时，由于水分很快冻结而被粘住，分开时可能撕伤皮肤。故应避免穿湿衣服操作。

#### 2.2.2 冻伤

裸露着的皮肤持续暴露在冷空气中会造成冻伤。

发生冻伤之时，通常有局部疼痛的前兆。在 $42^{\circ}\text{C}\sim 44^{\circ}\text{C}$ 温度下重新温暖，可防止局部皮肤损伤。

(见附录 I 一作为冻伤处理的低温烧灼，以及低温冻伤的推荐治疗方法。)

(见第3节—防护服)

## 2.3 一般情况

### 2.3.1 窒息

任何一种特定的气体其中氧含量低于20.9% (体积) 时, 就会使人发生窒息。

(见附录Ⅱ—窒息的生理学)

### 2.3.2 冷对肺部的影响

短暂的敞露于冷气体或蒸气中, 不论其是否可供呼吸, 都会引起呼吸不适, 而长时间吸入会影响肺部, 可能导致严重的肺部损害。

### 2.3.3 一般的冷曝露

对低温环境未作适当防护的人, 其反应性和功能可能受到不良影响。可能出现体温过低, 甚至达到 $10^{\circ}\text{C}$ 。

明显遭受影响的人应立即撤离低温区并迅速回暖。

## 2.4 毒性

已知各种特定的气体, 毒性一般都很低, 而在高浓度时特别是碳氢化合物, 可能会引起恶心、麻木或昏眩。

脱离曝露区可使症状很快消失。

## 2.5 氧气的特殊危险

在密闭的空间, 应特别注意氧气的危险主要是火灾而不是窒息。大气中含氧量超过正常的20.9% (体积) 时, 应认为有火灾的危险。

出现周期性的气喘一次比一次严重, 可能发生痉挛。随之呼吸停止, 但心脏可能继续跳动几分钟。

## 2.6 爆炸及火灾 (表Ⅲ)

对氧的危险要特别注意。氧是不可燃的, 但它对可燃材料和通常认为相对的不燃材料具有快速的助燃作用。尽管一

表 I 低温可液化气体的物理性质

	氧	氮	氩	氦	氪	氙	氖	甲烷	乙烯	乙烷	氢
化学符号	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Ar	He	Kr	Xe	Ne	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	H <sub>2</sub>
分子量	32	28	39	4	84	131	20	16	28	30	2
气体颜色	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无
液体颜色	微兰	无	无	无	无	无	无	无	微	甜	无
气体味道	无	无	无	无	无	无	无	无	微	甜	无
气体嗅味	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无
正常沸点 °F	-297	-321	-303	-447	-243	-162	-411	-258	-155	-126	-423
(°C)	(-183)	(-196)	(-186)	(-269)	(-153)	(-108)	(-246)	(-161)	(-104)	(-88)	(-253)
临界温度 °F	-182	-233	-188	-450	-81	+63	-380	-116	+50	+30	-400
(°C)	(-119)	(-147)	(-122)	(-268)	(-63)	(+17)	(-229)	(-82)	(10)	(+32)	(-240)
冰点 °F	-362	-346	-308		-251	-170	-416	-296	-272	-297	-434
(°C)	(-219)	(-210)	(-189)		(-157)	(-112)	(-249)	(-182)	(-169)	(-183)	(-259)
临界压力 磅/英寸·绝压	731	492	705	33	796	855	395	669	747	709	191
(公斤/公分 <sup>2</sup> ·绝压)	(51.4)	(34.5)	(49.5)	(2.32)	(56)	(60)	(27.8)	(47)	(52.5)	(40.7)	(13.4)
标准英尺 <sup>3</sup> 气体/ 英尺 <sup>3</sup> 液体 在 60 °F 及 30 英 寸汞柱时	843	683	823	740	683	549	1415	625	487	435	833
标准米 <sup>3</sup> 气体/ 米 <sup>3</sup> 液体											

表 I 低温可液化气体对健康的危害

	氧	氮	氩	氦	氖	氫	氙	氪	氩	氮	甲烷	乙烯	乙烷	氢
<b>局部作用</b> 由于皮肤触及液体, 伤害性气化物或在液态温度下显露造成冷接触“烧灼” <sup>①</sup> 由于低温造成冻伤或低温 <sup>②</sup>	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有
	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有
<b>麻醉全身作用</b> 吸入冷的气化物造成呼吸不适或困难 <sup>③</sup> 暴露于冷气体或气化物中, 而产生冻伤或低温麻醉	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有
	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有
<b>窒息</b> 在全封闭空间要求清除后才允许使用。 <sup>④</sup>	不是为防窒息而是为防火灾	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有
	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无
<b>毒性</b>														

注: ①见第7页第2.2.1节冷接触烧灼及附录 I 冷接触烧灼的处理

②见第7页第2.2及第2.3节

③见第8页第2.3节

④见第8页第2.3.1及附录 I



表Ⅱ 低温可液化气体的爆炸及火灾危险

	氧	氮	氩	氦	氖	氫	氙	氟	氡	甲烷	乙烯	乙烷	氢
与可燃材料发生爆炸事故	是	否	否	否	否	否	否	否	否	否	否	否	否
与氧或空气发生爆炸事故	—	否	否	否	否	否	否	否	否	是 (火灾事故时, 在燃烧极限之中)	是	是	是
如果液态或冷气体在密封情况下, 发生压力爆破 火灾危险	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是
可燃	无	无	无	无	无	无	无	无	无	是	是	是	是
助燃	是	否	否	否	否	否	否	否	否	是	是	是	是
会使空气冷凝, 因此如果燃烧或有可燃材料存在时放出 带有氧的爆炸混合物	否	是	是	是	是	是	是	是	是	否	否	否	否
在氧中燃烧极限% (体积)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5—61	3—80	3—66	4—94
在空气中燃烧极限% (体积)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5—55	3—32	3—12	4—75
在空气中, 大气压下自然着火温度°F (°C)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1000 (538)	810 (451)	959 (515)	1076 (572)
最小的着火能量 mJ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.30	0.08	0.25	0.02
火焰温度 °F (°C)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3434 (1880)	3578 (1970)	3452 (1900)	3722 (2050)
火焰速度 英尺/秒 (厘米/秒)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.28 (39)	2.43 (74)	1.31 (40)	8.9 (270)
极限氧指数 体积%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	10	11	5 <sup>①</sup>

① 当化学计算的燃料空气混合物用氮气稀释时, 为维持火焰传播的最小氧浓度