

泐春干 薛 定 编著



槽罐车 操作技术

CAO GUANCHE
CAO ZUO
JISHU



化学工业出版社

湫春干 薛定 编著



槽罐车

操作技术

CAO GUANCHE
CAO ZUO
JISHU



化学工业出版社

· 北京 ·

本书主要包括气体基础知识,罐车介质的性质及应用,罐车结构,罐车的罐体,安全附件,罐车的安全使用与管理及其定期检验,常温罐车、低温罐车、铁路罐车、集装罐、罐船的操作,罐车维护保养、故障处理及罐车操作的安全技术,罐车充装站的建站条件及要求。

本书可作为罐车操作人员、司机、押运人员培训教材或学习用书,同时也可供罐车相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

槽罐车操作技术/泱春干,薛定编著. —北京:
化学工业出版社, 2009. 2

ISBN 978-7-122-04560-7

I. 槽… II. ①泱…②薛… III. 汽车: 罐车
IV. U469. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 006611 号

责任编辑: 李玉晖

文字编辑: 张绪瑞

责任校对: 蒋 宇

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京市彩桥印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 17 $\frac{3}{4}$ 字数 446 千字 2009 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

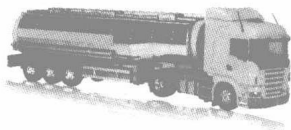
购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究



序

随着国民经济增长和社会发展,压缩气体(俗称永久气体)如氧、氮、氩、天然气(CNG)等,液化气体如氯、氨、液化石油气(LPG)等,低温液化气体如液氧、液氮、液氩、液化天然气(LNG)等被大量使用,作为气体的贮运设备的罐车、罐式集装箱、槽罐船也随之发展,已经渗透到国民经济的各个领域;这类设备作为压力容器又是一种具有爆炸危险性的特种设备。由于其具有移动和重复充装的特点,比其他压力容器复杂且危险性大,一旦发生爆炸或泄漏,甚至引起灾难性事故发生,人民的生命财产造成不可挽回的损失,对社会也带来巨大影响。因此,这类设备的使用必须安全可靠。

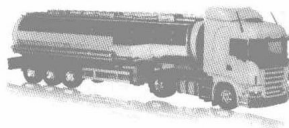
本书作者根据自己在培训和工作中的经验和体会,并参考了国内外这方面的信息,编写了《槽罐车操作技术》一书。该书理论联系实际,图文并茂,通俗易懂,具有普及性、专业性、综合性、全面性,使之既可作为罐车操作人员、司机、押运人员的培训教材或学习用书,同时也可供罐车相关技术人员和安全管理人員学习参考。

我相信该书的出版,必将促进相关的管理人员和操作人员、检验人员、司机、押运人员等的安全技术素质的提高。

国家质量监督检验检疫总局特种设备安全监察局
原局长

A stylized handwritten signature in black ink, appearing to read '张华' (Zhang Hua).

2008 年 10 月



前言

随着国民经济和社会的发展,作为大量液化气体、低温液体贮运设备的运输式容器也必然随之发展,已经并继续渗透到国民经济的各个领域,由于运输的距离也越来越远,其安全操作也显得尤为重要。

运输式容器(本书统一简称为罐车)用来将低温液体、液化气体从生产地或供应站运往使用地点,常有公路、铁路和水运(含海运和内河运输)等几种形式,它们分别称为汽车(槽)罐车、铁路(槽)罐车、(槽)罐船及罐式集装箱。《压力容器安全技术监察规程》(质技监局锅发[1999]154号)将汽车(槽)罐车[液化气体运输(半挂)车、低温液体运输(半挂)车]、铁路(槽)罐车(介质为液化气体、低温液体)和罐式集装箱(介质为液化气体、低温液体)划分为移动式压力容器。由于罐车又是一种具有爆炸危险性的特种设备,又因其移动和重复充装的特点,比其他压力容器复杂,一旦发生爆炸或泄漏,往往发生火灾和中毒,甚至引起灾难性事故发生,给国民经济的发展和人民生命的财产带来损失,对社会带来巨大影响,因此,罐车的装卸、贮运和使用必须安全可靠。

但我们在配合政府部门进行培训中,发现老师和学员都普遍感到缺少一本针对罐车操作的培训、学习教材。本书就是为适应此要求而编写的。本书根据我们在培训、工作中的经验和体会,并收集了国内外有关这方面的理论和实践信息编写而成。在内容上,力求从基本概念和原理出发,突出针对性和实用性,着重传授基础知识,注重能力的培养,并从当前罐车的操作人员、司机、押运人员的实际情况出发,努力做到理论联系实际,通俗易懂,使之既可作为罐车操作人员、司机、押运人员的培训教材或学习用书,同时也可供罐车相关技术人员参考。

由于本书涉及的面广,而且许多新技术和法规还在不断发展和完善之中,同时限于我们的学识水平,书中欠缺之处在所难免,尚请读者批评指出。

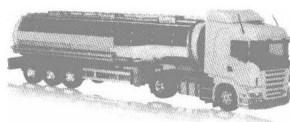
本书在编写过程中,考虑到长管拖车[永久气体运输(半挂)车]的特殊性,未将其纳入,我们将会另外编写图书来单独介绍;同时,考虑到(槽)罐船(介质为液化气体、低温液体)与本书内容相近,故将其一同纳入本书介绍,在书中称为罐船。

本书在编写过程中,承蒙专家、教授及好友的热情帮助,使得本书得以问世。同时,感谢中国工业气体工业协会的支持,尤其感谢石家庄安瑞科气体机械有限公司的翟兰惠对本书第6章罐车的安全使用与管理中的支持与帮助。

本书参考引用了有关的文献资料,在此特向有关作者表示衷心的感谢。

作者

2008年10月



目 录

1 概述	1
1.1 气体基础知识	1
1.1.1 气体概念	1
1.1.2 物质的状态	5
1.2 气体分类	9
1.2.1 分类标准	9
1.2.2 单一气体	10
1.2.3 混合气体	11
1.3 罐车运输的发展	11
1.3.1 罐车运输的特点	11
1.3.2 罐车运输的发展趋势	11
复习思考题	12
参考文献	13
2 罐车介质的性质及应用	14
2.1 永久气体	14
2.1.1 不燃无毒和不燃有毒气体	14
2.1.2 强氧化性无毒和强氧化性有毒气体	17
2.1.3 可燃无毒和可燃有毒气体	22
2.2 高压液化气体	26
2.2.1 不燃无毒和不燃有毒气体	26
2.2.2 强氧化性气体	30
2.2.3 可燃无毒和自燃有毒气体	31
2.2.4 易分解或聚合的可燃气体	35
2.3 低压液化气体	37
2.3.1 不燃无毒和可燃有毒、酸性腐蚀气体	37
2.3.2 强氧化性剧毒气体	43
2.3.3 可燃无毒和可燃有毒、碱性腐蚀气体	46
2.3.4 易分解或聚合的可燃气体	52
2.4 混合气体	54
2.4.1 液化石油气	54
2.4.2 天然气	56
复习思考题	56
参考文献	57

3 罐车结构	58
3.1 罐车的类型及特点	58
3.1.1 汽车罐车	58
3.1.2 铁路罐车	71
3.1.3 罐式集装箱	74
3.2 罐车的基本要求	75
3.2.1 结构设计与制造的基本要求	75
3.2.2 结构设计与制造依据	76
3.3 罐车的主要部件及其作用	77
3.3.1 汽车罐车的主要部件及其作用	77
3.3.2 铁路罐车的主要部件及其作用	78
3.3.3 罐式集装箱的主要部件及其作用	80
复习思考题	81
参考文献	81
4 罐车的罐体	83
4.1 罐体的基本结构和要求	83
4.1.1 基本结构	83
4.1.2 对罐体的基本要求	86
4.1.3 罐体材料	86
4.1.4 保温和绝热材料	87
4.2 罐体设计	88
4.2.1 载荷	88
4.2.2 许用应力	88
4.2.3 设计参数	88
4.2.4 腐蚀裕量	89
4.2.5 绝热和真空设计	89
4.3 罐体制造及质量检验	91
4.4 罐体的充装量	92
4.4.1 罐体容积	92
4.4.2 最大充装量	92
4.4.3 低温罐车充满率	93
复习思考题	93
参考文献	93
5 安全附件	95
5.1 安全阀	95
5.1.1 弹簧式安全阀的结构形式和工作原理	95
5.1.2 罐车用安全阀的基本要求	96
5.1.3 罐车用安全阀的选用	97
5.1.4 罐车用安全阀的安装、调试与维护	97
5.2 安全泄放装置	99
5.2.1 基本要求	99
5.2.2 爆破片装置	100
5.2.3 安全阀与爆破片组合安全泄放装置	100

5.3 紧急切断阀	100
5.3.1 油压式紧急切断装置	101
5.3.2 机械式紧急切断阀	102
5.3.3 易熔塞	103
5.3.4 过流阀	103
5.3.5 对紧急切断装置性能的要求	103
5.4 液位计	105
5.4.1 液位计的形式及结构	105
5.4.2 液位计的安全技术要求	106
5.5 压力表	107
5.5.1 弹簧管式压力表的结构及工作原理	107
5.5.2 差压表的结构及工作原理	108
5.5.3 压力表的选用与安装	109
5.5.4 压力表的维护	109
5.6 其他附件	109
5.6.1 温度计	109
5.6.2 装卸阀门	110
5.6.3 装卸管接头	111
5.6.4 装卸软管	111
5.6.5 消除静电装置	112
5.6.6 消防器材	112
复习思考题	112
参考文献	113
6 罐车的安全使用与管理	114
6.1 罐车安全使用与管理的基本要求	114
6.1.1 注册登记	114
6.1.2 过户	118
6.2 罐车的作业人员	118
6.2.1 罐车作业人员要求	118
6.2.2 资格考核办法	118
6.2.3 作业人员应履行的职责	121
6.3 罐车的安全标志	125
6.3.1 汽车罐车的漆色与标志	125
6.3.2 铁路罐车的漆色与标志	126
6.3.3 罐式集装箱的漆色与标志	127
6.4 罐车的操作	130
6.4.1 充装前的检查	130
6.4.2 充装	130
6.4.3 卸车	131
6.4.4 装卸量的控制	131
6.4.5 装卸质量的控制	131
6.5 安全事故应急救援预案与演练	132
复习思考题	132
参考文献	133

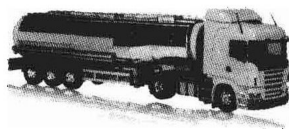
7 罐车的定期检验	134
7.1 年度检验	134
7.1.1 常温型（裸式）罐车罐体年度检验	134
7.1.2 低温罐车罐体年度检验	135
7.1.3 罐车资料审查	135
7.1.4 易燃、易爆、助燃、毒性或窒息性介质的罐车的检验要求	136
7.1.5 有人孔的罐车的检验要求	136
7.1.6 对不设人孔的深冷型罐车的检验要求	136
7.1.7 罐体与底盘连接紧固装置的检查	136
7.1.8 导静电导线连接的检验	137
7.1.9 安全附件的检验	137
7.1.10 装卸阀门的检验	137
7.1.11 装卸软管的检验	138
7.1.12 气液相接管检查	138
7.1.13 其他检查要求	138
7.1.14 组装要求	138
7.1.15 气密性试验要求	138
7.1.16 紧急切断阀及远程控制系统检验	138
7.1.17 罐体充氮	138
7.1.18 罐体的颜色及标志检查	139
7.1.19 罐体铭牌检查	139
7.1.20 罐车年度检验报告	139
7.2 全面检验	139
7.2.1 首次全面检验	139
7.2.2 耐压试验	139
7.2.3 壁厚的测定	139
7.2.4 焊缝检查	139
7.2.5 罐体外表面油漆检查	140
7.2.6 其他	140
7.2.7 全面检验报告	140
7.3 耐压试验	140
7.3.1 罐体耐压试验要求	140
7.3.2 耐压试验	141
7.3.3 耐压试验报告	143
复习思考题	144
参考文献	144
8 常温罐车的操作	145
8.1 常温罐车工艺	145
8.2 常温罐车启封	145
8.3 常温罐车充装操作	146
8.3.1 常温罐车充装前准备	146
8.3.2 常温罐车充装	146
8.3.3 常温罐车充装后检查	147
8.3.4 常温罐车充装工艺	147

8.4 常温罐车卸车操作	149
8.4.1 常温罐车卸车前准备	149
8.4.2 常温罐车卸车	150
8.4.3 常温罐车卸车后检查	151
8.4.4 常温罐车卸车工艺	151
8.5 操作注意事项	154
复习思考题	155
参考文献	155
9 低温罐车的操作	156
9.1 低温罐车工艺	156
9.2 低温罐车启封	156
9.2.1 低温罐车加温吹除	157
9.2.2 低温罐车净化	157
9.3 低温罐车充装操作	158
9.3.1 低温罐车充装前准备	158
9.3.2 低温罐车充装	159
9.3.3 低温罐车充装后检查	160
9.3.4 低温罐车充装工艺	160
9.4 低温罐车卸车操作	161
9.4.1 低温罐车卸车前准备	161
9.4.2 低温罐车卸车	161
9.4.3 低温罐车卸车后检查	162
9.4.4 低温罐车卸车工艺	163
9.5 高压液化气体的操作	165
9.6 液化天然气的操作	166
9.7 置换贮运介质的方法	166
9.8 操作注意事项	166
复习思考题	167
参考文献	167
10 铁路罐车的操作	169
10.1 铁路罐车装卸线	169
10.1.1 站内铁路线	169
10.1.2 铁路罐车装卸栈桥	169
10.1.3 工艺管道及装卸鹤管	169
10.2 铁路罐车装卸工艺	171
10.2.1 一般工艺	171
10.2.2 简易工艺	172
10.3 铁路罐车操作	172
10.3.1 铁路罐车充装	172
10.3.2 铁路罐车卸车	175
10.4 铁路罐车装卸的注意事项	176
复习思考题	176
参考文献	177

11 罐式集装箱的操作	178
11.1 集装箱运输的特性	178
11.2 集装箱运输方式	180
11.2.1 船舶运输	180
11.2.2 陆上运输	181
11.2.3 航空运输	182
11.3 液体罐式集装箱的一般要求	182
11.3.1 液体罐式集装箱的外形尺寸	182
11.3.2 罐式集装箱的特点	183
11.3.3 罐式集装箱的结构	184
11.3.4 罐式集装箱的种类	184
11.4 罐式集装箱操作	185
11.4.1 低温罐式集装箱的操作	185
11.4.2 低温液体罐式集装箱操作	185
11.5 罐式集装箱运输要求	190
11.5.1 罐式集装箱海运要求	190
11.5.2 罐式集装箱公路、铁路运输要求	190
复习思考题	190
参考文献	191
12 罐船的操作	192
12.1 罐船的发展	192
12.1.1 罐船发展概况	192
12.1.2 我国罐船的发展	193
12.2 罐船分类	194
12.2.1 全压式船	194
12.2.2 半压/半冷式船	195
12.2.3 半压/全冷式船	195
12.2.4 全冷式船	195
12.2.5 乙烯船	196
12.2.6 LNG 船	196
12.3 液货舱结构形式	196
12.3.1 独立型液舱	196
12.3.2 薄膜型液舱	198
12.3.3 其他液舱形式	199
12.4 LNG 船液舱的构造材料	200
12.5 罐船流程	201
12.5.1 罐船典型流程	201
12.5.2 罐船装卸管路连接系统	202
12.6 罐船操作	203
12.6.1 罐船靠码头前信息传递	203
12.6.2 罐船装货操作	204
12.6.3 罐船卸货操作	207
12.6.4 新罐船装货前处理	209

12.6.5	换装货品操作	214
12.7	罐船装卸作业安全技术	216
12.7.1	装卸作业前检查	216
12.7.2	作业期间的现场监督检查	217
12.7.3	罐船装卸作业中的注意事项	217
12.7.4	罐船装卸完毕注意事项	217
12.7.5	制定作业期间事故应急方案	217
	复习思考题	218
	参考文献	218
13	罐车维护保养及故障处理	220
13.1	罐车的维护保养	220
13.1.1	日常维护检修	220
13.1.2	现场检查方法	221
13.2	罐车罐体常见缺陷及其处理方法	221
13.2.1	罐体腐蚀缺陷及其处理方法	221
13.2.2	罐体裂纹缺陷及其处理方法	223
13.2.3	罐体变形缺陷及其处理方法	224
13.3	安全附件常见故障及处理方法	224
13.3.1	安全阀常见故障及处理方法	224
13.3.2	紧急切断阀常见故障及处理方法	225
13.3.3	液位计常见故障及处理方法	225
13.3.4	温度计常见故障及处理方法	226
13.3.5	压力表常见故障及处理方法	227
13.4	罐车典型事故事例	227
13.4.1	装卸前检查不到位而发生的事故	227
13.4.2	装卸过程发生的事故	228
13.5	罐车在装卸过程中紧急事故的处理措施	230
13.5.1	在装卸过程中泄漏应采取的一般处理措施	230
13.5.2	安全阀在运用中的常见突发故障判断与应急处理	231
13.5.3	液位计在运用中常见突发故障及应急处理方法	231
13.5.4	紧急切断阀(含球阀或截止阀)在运用中常见突发故障与应急处理方法	232
13.5.5	压力表接口处在运用中常见突发故障及应急排除方法	233
13.5.6	温度计接口处在运用中常见突发故障与应急处理方法	233
	复习思考题	233
	参考文献	234
14	罐车操作的安全技术	235
14.1	低温液体的安全技术	235
14.1.1	使用低温液体的安全技术	235
14.1.2	发生深冷冻伤时的急救措施	235
14.2	液氧安全技术	236
14.3	液氢安全技术	236
14.3.1	液氢危险的性质	236
14.3.2	氢-氧的爆轰效应	237
14.3.3	液氢安全操作	237

14.4	液化天然气安全技术	238
14.5	液化石油气安全技术	238
14.6	液氨安全技术	239
14.7	罐车装卸安全技术	240
	复习思考题	241
	参考文献	241
15	罐车充装站的建站条件及要求	242
15.1	充装站基本条件	242
15.2	安全管理体系建立和运转要求	242
15.2.1	建立安全管理体系	242
15.2.2	安全管理体系运转要求	242
15.3	资源条件	243
15.3.1	技术力量	243
15.3.2	设备和场地要求	243
15.4	充装过程中的特别安全要求	244
	复习思考题	244
	参考文献	245
附录		246
附录 1	压力容器年度检查报告	246
附录 2	压力容器全面检验报告	249
附录 3	液化石油气装卸站事故应急救援预案	269



1 概述

1.1 气体基础知识

1.1.1 气体概念

1.1.1.1 气体分子与原子

分子是能够独立存在并保持原物质性质（化学性质）的最小微粒。组成分子的更小的微粒，叫原子。在一定条件下，分子能够分解成原子，但分解后的原子将不保持原物质的化学性质。氮、氩等气体，它们的分子是由单个原子组成的，叫单原子分子；氢、氧等气体，它们的分子由两个原子组成的，叫双原子分子；二氧化碳、氨、丙烷等气体，它们的分子是由两个以上的原子组成的，叫多原子分子。

在化学中，把性质相同的同一类的原子叫做元素。元素就是同种原子的总称。采用一定的字母符号来表示各种元素，称为元素符号。用元素符号来表示物质分子组成的式子，叫分子式。例如氩的分子式是 Ar，氧的分子式是 O_2 ，二氧化碳的分子式是 CO_2 ，氨的分子式是 NH_3 ，丙烷的分子式是 C_3H_8 。

1.1.1.2 压强（压力）

装有气体的容器受到气体的压力。物体单位面积上所受的垂直作用力称为压强。常用符号“ p ”表示。

在物理学中，“压力”与“压强”是两个不同的物理量，它们的量纲不同，单位也不同。但在工程技术以及日常生活中，却常把压强称为压力。本书以后提到的压力，实际上都指的是压强。

（1）压强单位

根据 GB 3102 及国务院颁布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》，规定压强的法定计量单位名称是帕 [斯卡]，单位符号为“Pa”。它与力和单位面积的法定计量单位的关系如下

$$1Pa=1N/m^2$$

在工程中，Pa 显得太小而很少使用，常用 kPa 或 MPa。此外，由于压强单位中的作用力和单位面积在历史上曾选用了不同的计量单位，因此，在工程技术中就出现了各种不同的压强单位。常见的有工程大气压、标准大气压、英制大气压、巴等。

压力有绝对压力（简称绝压）和表压力（简称表压）之分；若所测压力低于大气压，则称为负压或真空。它们的关系见图 1-1。

在工业上所用的压力指示值多数为表压，即压力表的指示值，是绝对压力和大气压力之差，所以绝对压力为表压和大气压之和。工程上采用表压加 0.1MPa 得到被测压力的绝

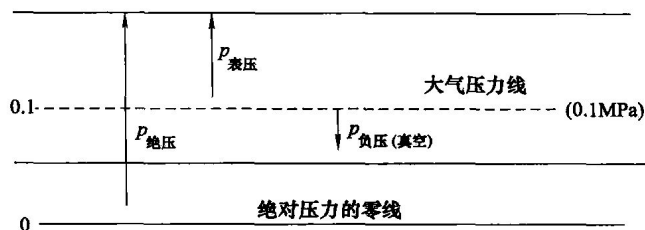
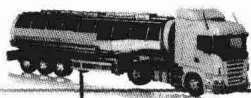


图 1-1 压力表达方式示意

对值。

标准大气压，又称物理大气压，单位符号为“atm”。它是地心引力对大气层作用的结果。物理学上把纬度 45° 的海平面上常年的平均空气压力定为 1atm。

英制大气压是工程大气压的一种，通常用 lbf/in^2 表示。习惯用符号“psi”表示。它也有绝压 (psia) 和表压 (psig) 之分。它在英、美及英联邦国家普遍采用。

巴作为压力单位在东欧国家普遍采用，在我国气象部门也常用，其符号为“bar”。

除以上四种之外，毫米汞柱 (mmHg)、米水柱 (mH_2O) 和毫巴 (mbar) 也是压强单位。

(2) 压强之间的换算关系

上述各压强单位之间的换算关系见表 1-1。

表 1-1 压强常用单位与法定单位的换算

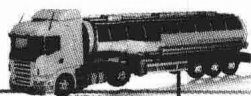
单位名称	帕斯卡 (Pa)	工程大气压 (kgf/cm^2)	标准大气压 (atm)	磅力/英寸 ² (lbf/in^2)	巴 (bar)	毫米汞柱 (mmHg)	米水柱 (mH_2O)	毫巴 (mbar)
帕斯卡 (Pa)	1	1.01972×10^{-5}	9.86923×10^{-6}	1.45038×10^{-1}	1×10^{-5}	7.50064×10^{-3}	9.86923×10^{-6}	1×10^{-2}
工程大气压 (kgf/cm^2)	9.80665×10^4	1	9.67841×10^{-1}	1.42233×10^{-2}	9.80665×10^{-1}	7.35562×10^2	10	9.80665×10^2
标准大气压 (atm)	1.01325×10^5	1.03323	1	14.6959	1.01325	760	10.3323	1.01325×10^3
磅力/英寸 ² (lbf/in^2)	6.89476×10^3	7.0307×10^{-2}	6.805×10^{-2}	1	6.894×10^{-2}	51.7151	7.0307×10^2	68.9476
巴 (bar)	1×10^5	1.01972	9.86923×10^{-1}	14.504	1	750.064	10.1972	1×10^3
毫米汞柱 (mmHg)	1.33322×10^2	1.35951×10^{-3}	1.31579×10^{-3}	1.934×10^{-2}	1.33322×10^{-3}	1	1.35951×10^{-2}	1.33322
米水柱 (mH_2O)	9.80665	0.1	9.67841×10^{-2}	1.42233×10^{-3}	9.80665×10^2	73.5562	1	98.0665
毫巴 (mbar)	1×10^2	1.01972×10^{-3}	9.86923×10^{-4}	1.4504×10^{-2}	1×10^{-3}	7.50064×10^{-1}	1.01972×10^{-2}	1

(3) 常用压强术语

在罐车标准和技术文件中，有关压强的常用术语有如下几种。

工作压力——在正常工作情况下，罐体顶部可能达到的最高表压力，单位一般为“MPa”。

设计压力——设定的罐体顶部的最高表压力，与相应的设计温度一起作为罐体的设计载



荷条件, 其值不低于工作压力, 单位一般为“MPa”。

计算压力——在相应设计温度下, 用以确定元件厚度的压力, 其中包括液柱静压力和动载荷等, 单位一般为“MPa”。当元件所承受的液柱静压力小于5%设计压力时, 则可忽略液柱静压力。

等效压力——罐车在运行过程中, 由于罐车惯性力的影响, 罐内介质所产生的液体冲击力。该压力等于液体惯性力除以罐体端面的投影面积。液体惯性力按相应工况的纵向力乘以载重与罐车总重的比值求得, 单位一般为“MPa”。

封口真空度——有绝热层的罐车在抽真空结束且完成封口时, 夹层在常温状态下的真空度, 单位一般为“Pa”。

1.1.1.3 温度

温度是表示物体冷热程度的物理量。它是物体分子运动平均动能的度量。

测量温度的仪器叫温度计。常见的有水银温度计、酒精温度计、电阻温度计和热电偶温度计等。测定温度就需要首先制定测量温度高低的温度标准, 即平常所说的“温标”。

(1) 温标

世界上最早出现的温标是华氏温标, 1714年由德国物理学家华伦海特(Fahrenheit)利用物体受热后体积膨胀的性质建立起来, 即在标准大气压(101.325kPa)用水银作为温度计内的工作介质, 并将冰融点定为32度, 水沸点定为212度, 两点之间等分180格, 每格即为1华氏度, 以符号 $^{\circ}\text{F}$ 表示。英、美等国普遍使用。

1742年, 瑞典天文学家摄尔休斯(Celsius)用同样工作介质的温度计和同样的两个原始分度点建立了摄氏温标。不同的是摄氏温标把冰融点定为0度, 水沸点定为100度, 两点之间等分100格, 每格称为1摄氏度, 以符号 $^{\circ}\text{C}$ 表示。

1848年, 英国物理学家开尔文(Kelvin)提出, 以(纯)水的三相点(0.01°C , 压力是611.8Pa)作为温标的基准点确定温度。因为这种确定温度的方法是在热力学基础上建立起来的, 所以称为热力学温度。它是法定计量单位的七个基本单位之一。单位名称为开[尔文], 单位符号为K。

热力学温度单位开[尔文]是水三相点作为温标的基准点, 也就是把 0.01°C 定为热力学温度的273.16K, 向下降温到 0°C (即273.15K)时, 水就会开始无气态结冰(即水的冰点), 假如水完全结冰后再继续向下降温, 一直降了273.15K时, 开尔文温度就达到零度(即绝对零度)。这样因从理论和实践中来讲, 所有温度都高于绝对零度, 从而使用开[尔文]表示温度就没有负值。

同时, 也可看出: 冰的熔点 0°C 就是273.15K, 水的沸点 100°C 就是373.15K。就每一度的大小来说, 热力学温度和摄氏温度是相同的。

(2) 温度之间的换算关系

若用 $t_{(\text{C})}$ 表示摄氏温度, 用 $t_{(\text{F})}$ 表示华氏温度, 用 $T_{(\text{K})}$ 表示热力学温度, 则三者之间的换算关系如下

$$t_{(\text{C})} = 5/9 \times [t_{(\text{F})} - 32]$$

$$t_{(\text{F})} = 9/5 \times t_{(\text{C})} + 32$$

$$t_{(\text{C})} = T_{(\text{K})} - 273.15$$

$$T_{(\text{K})} = t_{(\text{C})} + 273.15$$

(3) 常用温度术语

在罐车标准和技术文件中, 有关温度的常用术语有如下几种。



设计温度——在正常工作情况下，设定的元件的金属温度（沿元件金属截面的温度平均值）。设计温度与设计压力一起作为设计载荷条件。

1.1.1.4 质量与重量

质量是我国法定计量单位的七个基本单位之一，它是表示物质多少的一个物理量。质量的符号为“ m ”，单位名称为“千克（公斤）”，单位符号为“ kg ”。

在生活语言及贸易部门的技术语言中，人们习惯把质量称为重量。严格地说“重量”指的是物体受到重力的大小。重力的大小是随地点的变化而变化的，而质量是不随地点的变化而变化的。为与行业习惯一致，本书中提到的“重量”指的是质量。

在罐车标准和技术文件中，有关质量的常用术语有如下几种。

自重——空罐时自身具备的质量。

额定质量——空罐质量与最大允许盛装介质质量之和。该质量在营运中为最大值，在试验时为最小值。

整车整备质量——整车设备（包括备胎等附件）及燃油的质量总和。

最大设计总质量——车辆制造厂规定的最大车辆质量，包括装运介质质量、乘员质量及整车整备质量。

最大设计装载质量——最大设计总质量减去整车整备质量及乘员的质量所得到的数值。

静蒸发率——低温液体罐达到 90%~100% 额定充满率，内部静置的低温液体在大气压下达达到热平衡后，24h 内自然蒸发损失的液体质量和罐内有效容积下液体质量的百分比，换算成标准状况下（0℃、101325Pa）蒸发率值，单位为“%/d”。

1.1.1.5 体积

由于气体分子的热运动，气体总是充满容器的空间。一般情况下，气体分子本身的体积可以忽略不计，所以，说到容器的容积，通常就是指在容器中充满介质所占的体积。在法定计量单位中，体积是用“立方米”来表示，单位符号为“ m^3 ”。

在罐车标准和技术文件中，有关体积的常用术语有如下几种。

几何容积——按设计的几何尺寸确定的容器内部的体积（对有保温层或绝热层的，则为内容器内部的体积）。

有效容积——在使用状态下允许达到最大装运液化气体或低温液体的体积。

充满率——罐内所充装介质的体积与罐内容器的几何体积之比。

额定充满率——罐内允许达到最大充装量时的体积与罐内容器的几何体积之比。

1.1.1.6 比容和密度

比容是确定物质状态的基本参数之一，它是均匀物质的单位质量所占有的空间的量度。常用“ v ”表示，单位“ m^3/kg （ L/g ）”。

单位体积中所容的物质质量叫密度，常用“ ρ ”表示，单位“ kg/m^3 （ g/L ）”。它是比容的倒数。

$$\rho = 1/v$$

密度是物性计算和罐车充装量计算中广泛使用的一种物理量。气体的密度（比容）对温度、压力的变化都敏感，而液体的密度（比容）受温度影响明显，受压力的影响却不大，特别是在低压下，其压力的影响可略而不计。

相对密度，是指一流体的密度和某一标准流体的密度之比。

通常，液体的相对密度是液体的密度与 1atm、4℃ 时纯水的密度之比，以 d 表示，即