



中国石化集团销售企业培训系列教材

WHXL/2000-005

油品储运技术

胡建华 编著



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

内 容 提 要

本书从石油库油品储运工技师的工作要求出发,着重介绍了石油库油罐的合理使用、石油库管道工艺、气阻和气蚀的控制、泵的泄漏与密封、阀门的使用维护和保管、石油库生产安全管理、石油库电气安全等内容,可作为油品储运工技师培训教材,也可供从事石油库储运工作的技术人员和管理人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

油品储运技术/胡建华编著.
—北京:中国石化出版社,2000(2006.6重印)
中国石化集团销售企业培训系列教材
ISBN 7-80043-980-1

I.油… II.胡… III.石油与天然气储运-技术培训-教材 IV.TE8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 04114 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

东远先行彩色图文中心排版

北京大地印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 11 印张 281 千字

2006 年 6 月第 1 版第 5 次印刷

定价:26.00 元

系列培训教材

总 编 辑：王孚智

副 总 编：胡明月

本 书：

主 编：胡建华

主 审：王文川

封面创意：王 放

封面设计制作：

北京大文电脑设计公司

系列培训教材名称

《实用石油商品学》

《油品储运》

《油品化验》

《油品销售》

《储运技师教材》

《化验技师教材》

《销售技师教材》

《储运工题库》

《化验工题库》

《销售工题库》

《石化销售管理知识》

《石化经济概论》

《加油站经营与管理》

《站长考核试题库》

《站长工作指南》

《加油员导读》

前 言

为了搞好中国石化销售企业油品储运工的职业资格培训和技术等级鉴定工作，中国石化销售公司组织编写了《油品储运技术》一书，作为油品储运工技师的培训教材。

本书共分七章，依次为油罐的合理使用及安全监测、石油库工艺管道、气阻和气蚀的控制、泵的泄漏与密封、阀门的使用与维护管理、石油库生产安全管理、石油库电气安全等，内容基本涵盖了石油库油品储运工技师应掌握的基本技能。在编写中力求构思新颖，通俗易懂，既要兼顾石油库油品储运技师和高级工的实际工作需要，使教材具备可读性；又要使教材具有一定的理论深度。本书也可作为油品储运管理人员的技术指南。

本书由胡建华编著并编纂。

参与本书策划、审订和指导的同志有王孚智、胡明月、王文川、刘世湘、吴金林、陈国方、毕港峰、竺柏康等。张仁坤同志对本书第四章、第五章的内容作了较详细的标准化校核。在本书编写、调研过程中得到了有关单位领导和专家的大力协助，在此一并致谢。

由于编者水平有限，不足之处在所难免，恳请从事油品储运工作的同行提出宝贵意见，使之日臻完善。

编 者

目 录

第一章 油罐的合理使用及安全监测	1
第一节 油罐技术参数的合理确定	1
一、油罐技术参数的合理确定	1
二、附件的合理选择与安装	2
第二节 油罐使用的管理要求	4
一、合理使用油罐	4
二、正确操作油罐	5
三、精心维护油罐	5
四、油罐基础基本要求	6
第三节 油罐必须具备的使用条件	8
一、油罐验收合格,技术资料齐全	8
二、符合设备完好标准	8
三、工艺合理,便于收发储作业的正确调度	8
第四节 油罐的安全监测	8
一、油罐罐体强度的监测	8
二、油罐易损部位的定期监测	10
三、油罐安全寿命的估算	10
第五节 油罐的检修和维护	11
一、油罐的检修周期和内容	11
二、各种附件的检查周期和检修内容	13
三、油罐检修	15
四、油罐的报废条件	16
第六节 油罐的腐蚀与防腐	17
一、油罐内外壁腐蚀	17
二、油罐防腐涂料	18
第七节 油罐清洗作业	23
一、油罐清洗基本要求	23
二、油罐清洗方法	23
第八节 油罐事故的预防与处理	27
一、溢油	27
二、内浮顶油罐沉盘事故	27
三、油罐吸瘪事故及修复	29
四、油罐渗漏的修补	30

第二章 石油库管道工艺	33
第一节 输油工艺管组	33
一、罐区工艺管组	33
二、卸油管组	33
三、发油工艺	34
第二节 管道使用与维护管理	35
一、管道投用前注意事项	35
二、管道试压	36
三、管道的使用	36
四、管道检查与维护	38
五、管道防腐、保温与伴热	38
六、管道的防漏和应急抢修	40
第三节 石油库管道的水击现象及控制	41
一、石油库管道水击现象	41
二、石油库管道水击的危害	42
三、水击控制和消除	42
第四节 石油库工艺流程	44
一、石油库工艺流程图的绘制	44
二、设备、阀门及管道图例	45
三、石油库工艺流程的应用	46
第三章 气阻和气蚀的控制	47
第一节 气阻控制	47
一、气阻的产生机理	47
二、产生气阻的原理讨论	47
三、气阻的消除和控制	50
第二节 气蚀控制	54
一、气蚀的产生	54
二、气蚀的危害	55
三、产生气蚀的外界因素	55
四、离心泵气蚀的简易计算	57
五、气蚀的控制	58
第四章 泵的泄漏与密封	60
第一节 离心泵过流部件及泄漏	60
一、过流部件	60
二、离心泵的泄漏	61
第二节 机械密封装置	62

一、机械密封的构成·····	62
二、密封原理·····	63
三、机械密封主要零部件要求·····	64
四、油泵机械密封的主要结构型式·····	72
五、机械密封的特点·····	77
第三节 机械密封的装配与检修·····	77
一、对使用机械密封泵的技术要求·····	77
二、机械密封安装与拆卸的基本常识·····	78
三、机械密封的修理·····	79
第四节 填料密封装置·····	84
一、填料函填料密封·····	84
二、密封环填料密封·····	86
第五章 阀门的使用与维护管理 ·····	87
第一节 阀门的基本知识·····	87
一、阀门的基本知识·····	87
二、阀门的识别·····	87
第二节 石油库常用阀门的使用与维护·····	88
一、阀门的使用·····	88
二、阀门的维护·····	89
第三节 石油库常用阀门的故障及排除·····	89
一、闸阀常见故障·····	89
二、截止阀的常见故障·····	93
三、球阀的常见故障·····	94
四、止回阀的常见故障·····	94
五、安全阀的常见故障·····	95
第四节 阀门的安装与检修·····	96
一、阀门的选用·····	96
二、阀门的安装·····	99
三、阀门的修理·····	100
四、阀门填料的选用·····	105
第五节 阀门的管理·····	107
一、阀门检查·····	107
二、阀门及安全阀试验·····	109
三、阀门管理·····	112
第六章 石油库生产安全管理 ·····	113
第一节 石油库投产的安全管理·····	113
一、投产准备·····	113

二、投产前的验收和安全检查	114
三、投产安全要求	115
第二节 石油库生产的安全管理	116
一、安全管理机构	117
二、安全管理制度	117
三、工艺设施的安全管理	121
第三节 石油库设备管理	122
一、石油库设备管理的意义、内容与任务	122
二、设备的选择、购置和日常管理	122
三、设备的检查	125
四、设备维修计划的编制	125
五、设备故障分析及事故处理	128
六、设备技术档案资料	129
第四节 油罐清洗作业的安全防护	131
一、防中毒、防窒息	133
二、防火防爆	134
三、防静电	134
四、防工伤	135
第五节 输油管道生产的安全管理	135
一、熟练的工艺调度	135
二、输油管道的安全保护	135
第七章 石油库电气安全	136
第一节 石油库电气安全的基本内容和概念	136
一、基本内容	136
二、绝缘防护	136
第二节 电气设备的保护接零与保护接地	137
一、接地的基本概念	137
二、保护接零的基本原理	140
三、保护接零的应用范围	141
四、重复接地的作用	141
五、保护接地的基本原理及应用范围	142
六、保护接零的安全要求	143
七、TN-S(三相五线)供电系统	143
第三节 电气安全装置	144
一、漏电保护装置的保护原理	145
二、联锁装置和信号装置	145
第四节 防爆电气设备	146
一、爆炸危险区域的划分	146

二、爆炸性气体混合物的类、级、组	147
三、防爆基本知识	148
四、防爆电气设备的基本要求	152
五、爆炸危险区域的电气线路	154
第五节 石油静电的危害及预防	155
一、输油管道起电规律	155
二、油罐中的静电	156
三、铁路、公路油罐车的静电	156
四、油轮静电	157
五、过滤器起电规律	158
六、石油静电的预防技术	158
七、石油静电的其它预防技术	162
第六节 杂散电流危害及防护	164
一、杂散电流的形式及危害	164
二、杂散电流的防护措施	165

第一章 油罐的合理使用及安全监测

油罐是储存石油及产品的金属薄壁容器，具有安全可靠、耐用、不易渗漏、施工方便等特点，是石油库储运系统的主要设施之一。

第一节 油罐技术参数的合理确定

油罐种类繁多，目前我国大量使用的立式油罐为拱顶油罐和浮顶油罐。拱顶油罐结构简单，施工快，适合储存各类油品，目前主要用于储存柴油和润滑油；浮顶油罐有良好的降低油品蒸发损耗的特点，但比拱顶油罐用钢量多，适用于储存原油，内浮顶油罐兼有拱顶油罐和浮顶油罐的优点，主要用于储存汽油、煤油等易挥发的轻质油品；卧式油罐能承受较大的正压和负压，但单位容积耗钢量过大，只适合储存油量不大的油品。

一、油罐技术参数的合理确定

几何尺寸主要是指油罐的直径、罐壁高度、油罐总高和油罐容量等。储罐总高与拱高（矢高）有关，拱顶曲率半径目前我国一般采用 $R = (0.8 \sim 1.2)D$ ，有的专家建议 $R = (1.2 \sim 1.5)D$ 以降低总高度，增加油罐稳定性。油罐容量为 $V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H$ ，即容量由直径 D 和罐壁高度 H 决定。因此，油罐几何尺寸的优化即选择最佳的油罐直径和罐壁高度的比值。

1. 最佳油罐直径 D 和罐壁高度 H

油罐直径 D 和罐壁高度 H 尺寸可以有多种组合，其中总有一种组合可使油罐建设投资费用最低或使油罐耗用的钢材最省。我国一般采用钢材耗量最省来确定油罐的基本尺寸。

假设油罐顶、罐底和罐壁是由同一厚度钢板组成，拱顶的曲率半径为 $R_{\text{顶}} = D$ ，则油罐耗钢量为：

$$Q = Q_{\text{壁}} + Q_{\text{顶}} + Q_{\text{底}} = \pi \cdot D \cdot H \cdot t_1 + 0.268\pi \cdot D^2 \cdot t_2 + \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot t_3 \quad (1-1)$$

式中 t_1 ——壁板厚度；

t_2 ——顶板厚度；

t_3 ——底板厚度。

对 (1-1) 式进行 Q 对 H 的一级求导，化简可得当 $H/R = 2$ ，即 $H = 2R = D$ 时，或者说油罐高度与直径相等时钢材耗量最小。经计算 4mm 钢板等壁罐理论容量可达 970m^3 。

实际上罐壁厚度是从上到下由薄变厚，厚薄不一。对非等壁罐，经理论推导，当罐顶与罐底金属用量之和等于罐壁金属用量时，油罐的金属用量最省。其最佳高度为：

$$H = \sqrt{\frac{[\sigma] \cdot \Phi}{\rho \cdot g}} (t_2 + t_3) \quad (1-2)$$

式中 Φ ——焊缝系数, 0.8~0.9;

$[\sigma]$ ——许用应力, kPa;

ρ ——水的密度, kg/m³。

油罐的高度取决于罐底、顶板钢板厚度与材料的许用应力。油罐的直径可由公式(1-3)求得。

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot H}} \quad (1-3)$$

2. 油罐最佳尺寸的发展趋势

近年来,随着我国市场经济步伐的不断加快,石油销售企业也从计划型走向市场型,对经济效益提出了更高的要求。在决定油罐的最佳尺寸时,除考虑最小的钢材耗量外,还应考虑与油罐尺寸有关的土地费用、油罐基础造价。油罐最佳尺寸应使油罐在使用期内每年总平均费用为最少。

经理论推导,考虑上述因素的油罐直径 D 与罐壁高度 H 的关系为:

$$D = 4 \cdot H \cdot \frac{C_1}{C_2 + C_3 + C_4 + C_5} \quad (1-4)$$

式中 C_1 ——罐壁每年的费用/单位面积;

C_2 ——罐底每年的费用/单位面积;

C_3 ——罐顶每年的费用/单位面积;

C_4 ——油罐基础每年费用/单位面积;

C_5 ——油罐土地面积每年费用/单位面积。

按钢材用量最省来选择油罐的直径 D 和罐高 H , 对一般地基条件来说是合适的。在实际工程中,库址选择涉及很多因素,合适的库址往往不一定地质条件良好。有时改变油罐高度,以适应较差的地质条件比加固地基更合算。基础的地质条件不好,有时可导致基础的费用为油罐造价的 40% 以上。

1000~2000m³ 间的油罐,经济尺寸为 $H \approx D$; 而对于 3000m³ 以上的大型油罐,其经济尺寸为 $H = \frac{3}{8} D$ 到 $H = \frac{3}{4} D$ 之间较为合理。

二、附件的合理选择与安装

1. 油罐呼吸阀

(1) 机械呼吸阀

机械呼吸阀是保证油罐安全使用,减少油品蒸发损耗的一种重要设备。按其结构和压力控制方式可分为重力式和弹簧式二种。根据使用条件,呼吸阀又可分为普通型和全天候型两种。普通型适用温度为 0~60℃,全天候型适用于 -30~60℃ 环境。

一般固定顶油罐设计压力为正压 1.96 kPa (200mmH₂O), 负压 0.49kPa (-50mmH₂O)。为油罐安全使用,油罐呼吸阀按使用压力可分为 3 级:

- A 级 正压 355Pa (36 mmH₂O)
 负压 295Pa (-30 mmH₂O)
- B 级 正压 981Pa (100 mmH₂O)
 负压 295Pa (-30 mmH₂O)
- C 级 正压 1765Pa (180 mmH₂O)
 负压 295Pa (-30 mmH₂O)

过去大量使用的多为重力式机械呼吸阀。这种呼吸阀压力阀和真空阀分二个阀室。在使用中发现阀杆和阀盘极易结霜挂露,产生冻卡现象,有时也发生阀盘回位不严而使油气泄漏。

近年来新建油罐多采用全天候机械呼吸阀,如图 1-1 所示。该阀采用自重力结构,正压、负压阀盘为同轴式排列,正压气体从顶部两侧排出,负压空气从侧面下部吸入,在阀盘与阀座间采用带空气垫的软接触,气密性好,不易结霜挂露。该阀流通阻力少,超压时能有较大通气能力,低压时又十分严密。

该阀由阀体、阀盘、阀座、导杆、导向套和防滴罩组成。阀体材料为铸铁。缺点是体积和重量过大,在油罐顶板因腐蚀变薄时,继续使用很不安全。

有一种新型全天候呼吸阀,阀体材料为铝合金,重量为同规格铸铁材料的 1/5~1/8,阀盘、导杆、阀座采用憎水材料四氟乙烯,使用时安全可靠,目前已在各地应用。

机械呼吸阀多安装在油罐顶部中央,安装数量及口径应根据油罐最大进出油量(即泵的流量)来选择。

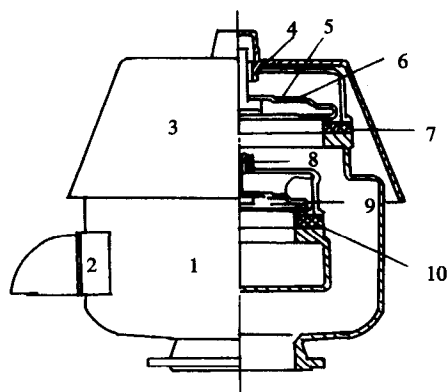


图 1-1 全天候机械呼吸阀

- 1—阀体;2—空气吸入口;3—阀罩;4—压力阀导架;
 5—压力阀阀盘;6—接地导线;7—压力阀阀座;
 8—真空阀导架;9—真空阀阀盘;10—真空阀阀座

表 1-1 机械呼吸阀选择表

油罐收发量/(m ³ /h)	呼吸阀个数	呼吸阀口径/mm
< 25	1	50
26~100	1	100
101~150	1	150
151~250	1	200
251~300	1	250
> 300	2	300

(2) 液压呼吸阀

液压呼吸阀是为提高油罐更大安全使用性能的又一保护设备。它的工作压力比机械呼

吸阀高出 5% ~ 10%。正常情况下，它是不动作的。当机械呼吸阀因阀盘锈蚀或卡住而发生故障或油罐收发作业异常出现罐内超压或真空度过大时，它将起到油罐安全密封和防止油罐损坏的作用。它与机械呼吸阀并列装在罐顶中央同一高度，内部装有 - 10 号、- 20 号柴油或 20 号变压器油密封液，在油罐出现正压或负压时，阀内密封液将发生升降变化，利用环形空间液面差压，保持油罐有良好的密封状态。但在使用中常出现“喷油”现象，污染罐顶；同时加油和换油也比较麻烦，新建油罐已很少使用液压呼吸阀。

2. 阻火器

金属丝网阻火器由于阻燃性能差，现已淘汰。目前推广使用的是波纹板阻火器，它与全天候呼吸阀联成一体。型号有 ZGB - 1 和 FZT - 1 两种。另外还有一种防爆震型阻火器，适宜安装在易燃易爆混合气管道上或油罐群装有集气系统的气体连通管道上。

3. 门式人孔

这种人孔兼有清罐清扫孔的作用，像门一样，不用取下就可以开启及关闭。大油罐及需要二个人孔的油罐，可将其中一个人孔改为门式人孔，与专用人孔配合使用。

4. 盘梯静电消散扶手

通常安装在油罐上罐扶梯开始处。加装一段 1m 左右的镀锌钢管或不锈钢管，将人体静电在上罐作业前通过扶手消散。对于储存轻质油品的油罐都应加装这种扶手。也有的石油库在进入油罐区防火堤的台阶旁加装这种扶手。消散扶手应与石油库防静电防雷电接地装置连成一个完整的系统。

第二节 油罐使用的管理要求

一、合理使用油罐

油罐建造都有设计依据。要使用好油罐，就必须了解油罐结构、特点和性能，熟悉设计要求，然后安排油罐进油投用。油罐储油应尽量装满，这样不仅有利于增加油罐储量，而且也可减少气相空间，减少油品蒸发损失。油罐装不满会使油罐容积利用率低，同时也加大了油罐小呼吸损失。油罐也不可装得过满，以防止冒罐（跑油）或损坏设备。

油罐利用率也称为油罐利用系数，为油罐的储存容量和名义容量之比。通常拱顶油罐为 0.95，浮顶油罐为 0.9，润滑油罐为 0.85，卧式油罐为 0.8 ~ 0.95。

油罐安全高度的确定要考虑以下原则：

① 油品受热，温度升高，体积膨胀时，油品不能从消防泡沫管道溢出跑油（内浮顶油罐还要考虑罐壁通气孔）；

② 油罐一旦发生火灾，油面上的空间高度应能保证（预留）有一定的滞留泡沫层的高度，以利灭火。

立式油罐安全高度计算公式为：

$$H = \frac{\rho_1}{\rho} (H_1 - H_2) \quad (1-5)$$

式中 H ——立式油罐安全装油高度，cm；

H_1 ——油罐总高，cm；

H_2 ——消防泡沫需要高度，cm，查表 1-2。当 H_2 小于消防泡沫口下沿 A 至顶板下沿距离时，用 A 点至顶板下沿距离代替 H_2 ；

ρ_t ——储油期间最高油温时的油品密度， g/cm^3 ；

ρ ——罐内收油时的油品平均密度， g/cm^3 。

表 1-2 消防泡沫厚度 H_2

油品闪点/℃	泡沫极限厚度/cm		安全厚度/cm
	化学泡沫	空气泡沫	
< 28	45	30	100
28 ~ 45	30	30	
> 45	18	30	

二、正确操作油罐

油罐区的操作包括：收发油作业、检尺计量和测温、油品调合、油品输转等。正确操作油罐最重要的就是必须认真遵守操作规程。

1. 执行指令

油罐区作业应认真执行作业调度令或主管领导指令。操作前应对作业管道、油罐号、罐内存油量、油位高度、油温、油品密度和垫水层等情况，做到了如指掌。

2. 认真核对

开关阀门或倒换流程必须认真核对，防止开错阀门。换罐时应先开后关，防止跑油、憋泵（管）事故的发生。

3. 收、发油过程要掌握好流速

如装油初速不得超过 $1m/s$ （包括空罐时进出油短管浸没前的进油）。进油速度过快，易产生静电事故。浙江省某油库在 80 年代就曾发生过空罐进煤油时，因初速过大导致静电积聚过多，静电放电产生爆炸的事故。进油过慢，在冬季易造成粘油冻凝管道事故。而发油速度过快，在大宗发油时易使油罐发生低压失稳（吸瘪）事故。

油罐收、发油作业时，应做到在安全作业高度范围内操作。特别是在排放油罐垫水层时，做到人不离现场。

4. 认真操作

罐区动态作业罐必须每 $1 \sim 2h$ 检尺一次，静态罐每班检尺一次。检尺取样后，要盖严计量孔，做到油罐严密不漏。

三、精心维护油罐

任何设备都不可能一劳永逸地长期连续运转，要使油罐能长期安全地使用，平时应加强检查、做好日常保养；同时还应定期、定项目、定内容进行维护和检修，使油罐始终以完好状态运行作业。

1. 油罐腐蚀是影响油罐使用寿命的主要问题

油罐使用久了，罐外壁会受雨、雪、霜、雾和潮湿空气以及大气中化学气体的侵蚀。

油气与罐顶内表面、壁板内壁接触，罐底与水杂接触都会发生电化学腐蚀或氧化腐蚀，使钢板漆膜脱落，钢板腐蚀变薄，甚至穿孔造成漏油。因此油罐表面应定期防腐刷漆，罐壁定期测厚。防腐刷漆周期原则上淋水油罐 3~4 年一次，非淋水油罐 4~6 年一次。发现油罐有腐蚀穿孔和严重泄漏现象，应及时将油料排空，清罐修补。一般渗漏可采用带压堵漏新技术进行修补。

2. 油罐安全附件的定期检查与维护

油罐上装设的机械呼吸阀、阻火器、防雷电、防静电接地系统和泡沫发生器等安全设施，都应按照《石油库设备检修规程》和《石油库设备完好标准》的要求。定期检查、清洗和校验（核）。

3. 油罐加热与保温

温度直接影响油品的挥发，油品储存的温度越高，蒸气压就越大，蒸发损失也越多。但在储存具有高粘度高凝点的液体时，为保持其流动性，就需要加热或保温，使其保持在便于输送的状态。

油罐外壁保温层过去多采用保温砖和石棉制品。由于热胀冷缩，再加上雨水侵蚀，负重加大，使部分保温材料从罐壁脱落，从而加大了油罐热损失，使油罐保温状态不良。近年来，保温层多采用阻燃型聚氨脂硬质泡沫塑料喷涂或镶嵌方式，保温效果好，缺点是容易老化，随着时间的推移，导热系数“ λ ”上升较快。还有聚乙烯硬质泡沫塑料，使用寿命可达 10 年以上。

油罐加热器由于腐蚀或水击常引起焊口裂缝而漏气，凝结水渗出混入油中会使油品变质，甚至使粘油罐加温突沸。加热器表面沉积的杂质或油垢会导致传热效率降低，油温上去，而加大蒸汽压力和流量又会造成蒸汽浪费，能耗提高。

4. 油罐应定期清洗

油罐长期使用，罐底总要积存一部分水杂和锈渣等污物，罐底积存的水、油砂、胶质、沥青质、蜡等沉积物很多，如不定期清理，将影响油品质量，减少油罐的有效容积，并降低油罐加热效率，造成能源浪费。因此油罐应定期清洗，销售公司规定油罐清洗周期为 3~5 年。

油罐清洗时一定要注意安全，清洗后的油罐应经有关部门检查验收，封罐后要及时进油。

油罐清洗，也为油罐重新标定、油罐主要附件拆卸检查、堵漏刷漆等工作创造了条件。

四、油罐基础基本要求

油罐基础质量的好坏，直接影响到座落在其上的油罐能否正常地投入生产。如果油罐地基出现过大的不均匀沉降，那么对于浮顶油罐往往会出现罐壁圆度的改变，使呈椭圆形，影响浮顶的升降；而对于固定顶油罐则可以造成罐壁的局部失稳，罐壁产生翘曲或使罐壁产生过大的局部应力集中现象，威胁油罐安全。

1. 油罐基础基本要求

① 油罐基础必须高出设计地坪 0.5m 左右，沉降完成后的罐底高度不得低于设计高度，至少要便于罐底油污排空和不影响油罐与管道的连接。要注意最大地面积水不能淹没

油罐底板。

② 基础的土质要均匀，避免不均匀下沉。地耐力必须大于油罐本身加上承重、雪荷等重量。通常要求基础的承载能力如表 1-3 所示。

表 1-3 油罐地基最低承载能力

油罐容量/m ³	100	200	300	500	700	1000	2000	3000	5000	10000
油罐直径/m	5	6.5	7.5	9	10	12	15.5	18	23	30
承载能力/kPa	59	78	78	98	98	98	127.5	127.5	157	>176.6

③ 应最大限度地防止油罐基础的不均匀沉降。不均匀沉降量：拱顶油罐 $D \leq 22\text{m}$ ，任意直径方向上的许可沉降值 $\leq 0.015D$ ，当拱顶油罐 $22\text{m} \leq D \leq 40\text{m}$ 时，任意直径方向上的许可沉降值为 $\leq 0.01D$ ；浮顶罐及内浮顶罐其允许偏差值减半。不均匀沉降造成的罐体倾斜不得大于设计高度的 1%（最大不超过 9cm）。

④ 油罐基础的表面尺寸。有环梁时，每 10m 弧长内任意两点的高差不得大于 6mm，整个圆周长度内任意两点的高差不得大于 12mm；无环梁时，每 3m 弧长内任意两点的高差不得大于 12mm。

对油罐基础的要求，还有很多内容，可参照《立式圆筒形钢制焊接油罐施工及验收规范》（GBJ 128—90）。

2. 油罐基础沉降观察方法

(1) 水准点的设置

① 设置地点。距油罐区和其它新建筑物的距离不能少于 50m。水准点可以用捣制混凝土短桩，埋置于空旷场所不易遭碰撞的地方。埋置深度应超过当地冰冻线，并深入老土，总深度不能小于 1m。

② 观察点的设置。如地基土壤压缩性较小（压缩模量 $E \geq 9.81\text{MPa}$ ），可沿油罐罐壁圆周设置 4 个点，每点相隔 90°；如地基土壤压缩性较大（ $E < 9.81\text{MPa}$ ），则应设置 8 个点，每两点相隔 45°。旧油罐观察点应设置在罐底板的外露部分，并以油漆标定；如属新建油罐，应在接近油罐基础的壁上（拟测定的位置处），焊上 60mm × 30mm × 6mm 的钢板一块，与基础成水平，以便观察时安设水平尺。

(2) 观察方法

① 投产前的试水时期观察。试水前，观察各测点的原始标高，然后向罐内注水。加水高度每次为 2.5m。开始注水 2.5m 时观察一次，然后每 1h 观察一次，共测 4 次。如已稳定，继续加水 2.5m，按上法进行观察，直至加满为止。加满后，每 1h 观察一次，共 4 次。接着每 3h 观察一次，共 2 次。最后每 6h 观察一次，直至沉降稳定为止。

加满水沉降稳定后，即分次卸水，每卸水 2.5m 观察一次。卸水过程中要作时间记录。

在装、卸水沉降观察过程中，必须将每次读数记录下来，分别绘制时间 - 沉降和压力 - 沉降曲线图，以便观察沉降的稳定性。

② 使用时期沉降观察。使用期间，前半年每月观察一次，以后每隔 2~3 月观察一次，直至沉降稳定为止。每次暴雨后都要进行观察，以了解其对油罐基础影响程度。油罐腾空后要进行观察（必须进行 3 次空罐观察），以了解地基的弹性回弹值。并结合进行罐