



李汉勇 主 编
宫 敬 陈家庆 副主编

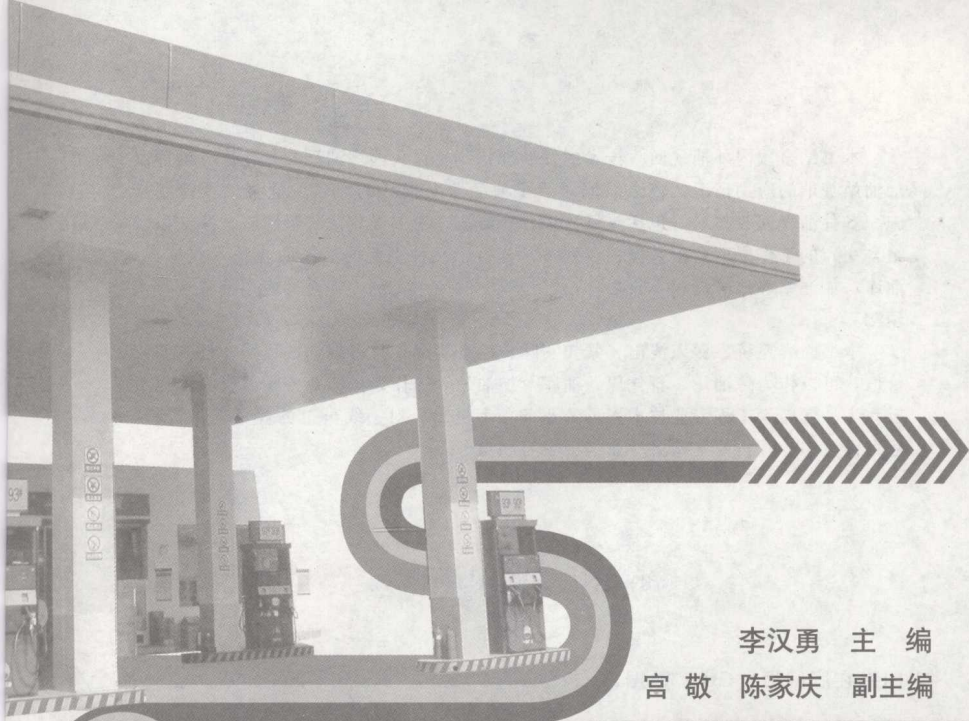


油气回收技术

YOUQI HUI SHOU JISHU



化学工业出版社



李汉勇 主 编
宫 敬 陈家庆 副主编



油气回收技术

YOUQI HUI SHOU JISHU



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书结合国内外油气回收技术的发展现状及其在我国炼油厂、石化厂、油库及加油站等地的应用情况,较全面地介绍了油品蒸发损耗的原因、危害性及控制措施、各种油气回收技术(包括热氧化法、冷凝法、溶剂吸收法、吸附法、膜法以及组合法)的工作原理及工艺流程,列举并分析了几种主要的油气回收技术在炼厂、油库、加油站等地的储存、收发、销售过程中的应用实例,并对其应用前景进行了预测。

本书内容系统、深入浅出、紧扣实际、注重实用,具有很强的可操作性和实用价值,可以作为炼油厂、石化厂、油库及加油站等工作人员的业务学习资料,也可以作为油气储运工程专业技术人员的业务参考资料、对一线员工的业务培训资料,还可供大中专院校油气储运专业学生学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

油气回收技术/李汉勇主编. —北京:化学工业出版社, 2007. 11
ISBN 978-7-122-01312-5

I. 油… II. 李… III. 油气-回收 IV. X74

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 160680 号

责任编辑:郑宇印

装帧设计:王晓宇

责任校对:郑捷

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:化学工业出版社印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张7 字数188千字

2008年1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:20.00元

版权所有 违者必究

前言

石油及其产品是多种碳氢化合物的混合物，其中的轻组分具有很强的挥发性。在石油的开采、炼制、储运、销售及应用过程中，不可避免地会有一部分较轻的液态组分汽化，排入大气，造成油品的蒸发损耗。油品蒸发带来的危害多种多样，诸如油品数量减少、造成经济损失、油品质量降低、污染环境、影响健康、危害安全等。减少油品蒸发的方法很多，如减小油罐内油品温度变化幅度、提高油罐承压能力、减小油罐上部气体空间、加强管理等，但是要想从根本上解决油品蒸发的问题，油气回收是最经济、最有效的方法。目前，在世界石油行业，对油气回收系统的研究和建设一直是油品管理工作的重中之重。

为了普及油气回收技术知识，加大油气回收系统的研究力度，开发新的更好的油气回收系统，提高炼油厂、油库、加油站及油码头等地工作人员操作油气回收装置的水平，同时提高管理者的管理能力，确保周围环境和工作人员的安全及健康，作者依托北京市优秀人才培养资助项目“油气储运回收中的技术研究培训”（项目号：20061B0500500154），凭借较长时间对国内外油气回收技术及应用方面的理解以及多年高校油气储运专业的执教经验，编写了《油气回收技术》一书，对油品蒸发损耗的原因、危害性及控制措施，国内外对油气回收技术的研究进展，各种油气回收技术（包括热氧化法、冷凝法、溶剂吸收法、吸附法、膜法以及组合法）的工作原理及工艺流程，几种主要的油气回收技术在炼厂、油库、加油站等的储存、收发、

销售过程中的应用实例等进行了详细的介绍，并对其应用前景进行了预测。本书对油气回收技术的实际应用具有指导意义，是一本非常实用的学习和工作参考书。

本书涉及的数据资料部分来源于参考文献所列的文章及国家标准，在各引文中不再单独加注。

本书由北京石油化工学院李汉勇担任主编，中国石油大学（北京）的宫敬、北京石油化工学院的陈家庆、中国石油大学（北京）的于达、中原油田钻井四公司技术发展部的毛瑞华、中原油田勘查设计研究院的周姝娟参加了编写工作。本书第一章由宫敬执笔；第二章由于达执笔；第三章由周姝娟执笔；第四章由毛瑞华执笔；第五章由陈家庆执笔；第六章、第七章由李汉勇执笔。全书由李汉勇负责统稿。

由于时间仓促和编者水平所限，书中疏漏和不足之处在所难免，敬请广大读者和专家批评指正。

李汉勇
2007年8月

目 录

第一章 油气回收技术概述	1
第一节 油品蒸发损耗的原因、危害性及控制措施	1
第二节 油气回收技术简介	16
第三节 油气回收技术的发展现状及其在我国的应用前景	31
第二章 冷凝法油气回收技术	37
第一节 冷凝法油气回收的原理及工艺流程	37
第二节 冷凝法油气回收的应用实例	42
第三章 溶剂吸收法油气回收技术	48
第一节 溶剂吸收法油气回收的原理及工艺流程	48
第二节 油气吸收剂及其吸收性能的研究	51
第三节 溶剂吸收法油气回收的应用实例	60
第四章 吸附法油气回收技术	72
第一节 吸附法油气回收的原理及工艺流程	72
第二节 吸附剂的选取	78
第三节 吸附法油气回收的应用实例	84
第五章 膜法油气回收技术	93
第一节 膜法油气回收的原理及工艺流程	93
第二节 膜分离材料和膜分离组件	96
第三节 膜法油气回收的应用实例	100

第六章 油气回收技术在加油站中的应用	107
第一节 加油站设置油气回收系统的原因	107
第二节 加油站的油气回收技术简介	113
第三节 加油站油气回收系统的设备配置	131
第四节 我国加油站在油气回收工程方面的误区	141
第七章 油气回收技术在油品装卸过程中的应用	156
第一节 油船装卸时的油气控制	156
第二节 油品运输装卸时的油气控制	160
第三节 密闭装卸加油系统	166
第四节 油品装卸过程中的油气回收技术应用实例	172
附录	180
参考文献	216

第一章 油气回收技术概述

第一节 油品蒸发损耗的原因、危害性及控制措施

石油及其产品是多种碳氢化合物的混合物，其中的轻组分具有很强的挥发性。在石油的开采、炼制、储运、销售及应用过程中，不可避免地会有一部分较轻的液态组分汽化，排入大气，造成油品的损耗和大气环境的污染，具有较大的危害性。

据 1995 年第四届国际石油会议报道，在英国，油品从井场经炼制加工到成品销售的全过程中，油品损耗的数量约占原油总产量的 3%。1980 年，我国对 11 家主要油田进行的测试结果表明，从井口开始到矿场原油库，矿场油品损耗量约占采油量的 2%，其中井站库的蒸发损耗量约占总耗量的 32%；从炼油厂生产装置到装车外运过程的损耗为 0.5%；再加上石油公司经营储运过程中的蒸发损耗，我国的总损耗量约为 3%。就连石油紧缺的日本，其油品蒸发损耗率也远超过 2%。若以总损耗率 3% 估算，每年全球散失到大气中的油品数量约为 10^8t ，几乎相当于中国的原油年产量。

大多数的油码头、炼油厂、油库和加油站分布在人口稠密的城市或其周围，散发到大气中的油气中含有苯和有机活性化合物 (ROCs)，苯可以使人致癌，而有机活性化合物与氮氧化物在紫外线的作用下会发生一系列的光化学反应，生成臭氧（占反应物的 85%）、一氧乙酞硝酸酯 (PAN 约占反应物的 10%)、高活性自由基 (RO_2 、 HO_2 、 RCO 等)、醛类（甲醛、乙醛、丙醛）、酮类和有机酸类等二次污染物；大气中的 SO_2 还会生成硫酸盐气溶胶（即光化学气溶胶），这种一次和二次污染物的混合物就是光化学烟

雾。产生光化学烟雾的后果十分严重，有毒物质强烈刺激人的眼睛、喉咙，导致头痛以及使呼吸道疾病患者病情恶化，严重的会造成死亡。因此，如何有效地降低油品的蒸发损耗一直是石油储运专业人员研究和解决的一个重要课题。

一、引起油品蒸发损耗的原因

油品损耗可分为三种形式：漏损、混油和蒸发损耗。前两种主要是由于管理不善，设备维持及操作不当等造成的，通过加强各方面的管理就可避免。蒸发损耗属于一种自然损耗，是油品损耗中最大的一种，在整个油品储运损耗中约占 70%~80%。引发的内因是油料的馏分组成，馏分越轻，初馏点越低，蒸气压越大，蒸发越严重，蒸发损失越大。促使油品蒸发损耗的外部因素主要是温度、油罐上方空间的大小、油罐的大小呼吸等。因此，易发生蒸发损耗的主要是溶剂汽油、航空汽油、车用汽油和原油，煤油、柴油的蒸发损耗较小，润滑油的蒸发损耗很小，可忽略不计。

1. 温度

油品储存温度越高，油料蒸发越严重。例如，我国南方地区一个容积为 10000m^3 的钢制油罐，在夏季储存汽油时，每天汽油的蒸发损耗可达 $500\sim 1000\text{kg}$ 。

2. 油罐的密封程度

油罐附件及油罐顶部的钢材焊接的密封程度都会引发油品的蒸发损耗。一座 5000m^3 的油罐，因孔盖不严密，引起自然通风，一个月损失汽油可达 $53\times 10^3\text{kg}$ ，损失原油为 $28\times 10^3\text{kg}$ 。

3. 油罐上方油气空间

油罐中油品上部空间越大，蒸发损失越大，例如，在相同温度和密封条件下储存同一种汽油，装油量为油罐容积的 20% 时的蒸发损失比装油量为油罐容积的 95% 时大 8 倍。

4. 自然通风损耗

自然通风损耗是由于罐顶有孔眼或在两个孔眼间存在着高差情况下，因混合气密度比空气密度大，致使罐内混合气从低处孔眼排

2 油气回收技术

入大气，外界空气从高处孔眼流入罐内，这种由于孔眼位差和气体密度的不同引起气体自然对流所造成的损耗叫自然通风损耗。

自然通风损耗多发生在罐顶、罐身腐蚀穿孔或焊缝有砂眼、消防系统泡沫室玻璃损坏、呼吸阀阀盘未盖严、液压阀未装油或油封不足，量油孔、透光孔未盖好等情况下。据调查，某石油库一座 5000m^3 油罐储存汽油时由于严重通风，经测定损耗汽油 53t，损耗率约为 1.5%。

由于自然通风损耗原因既有设备问题，又有管理问题，因此只要加强管理，及时维修好设备，自然通风损耗是可以避免的。

5. “小呼吸”损耗
罐内油品在没有收发作业静止储存情况下，随着外界气温、压力在一天内的升降周期变化，罐内气体空间温度、油品蒸发速度、油气深度和蒸气压力也随之变化，这种排出油蒸气和吸入空气的过程造成的油品损失叫“小呼吸”损耗，通常也叫油罐静止储存损耗。

造成油罐“小呼吸”损耗的主要原因是大气温度变化。当气温从黎明起随着太阳照射增加而升高，到下午 4~5 点左右达到最大值时，罐内油品温度也随之变化，引起蒸发速度加快，蒸发压力提高，当压力超过呼吸阀正压额定值时，罐内油气混合气通过呼吸阀排入大气，这就是油罐的“呼气”过程。而当下午 5 点后，日照逐渐减弱时，罐内油品温度也随之降低，蒸发速度逐渐减慢，罐内压力也随之降低。当罐内压力低于呼吸阀规定的负压额定值时，外界空气通过开启的真空阀被吸入罐内，这就是油罐的“吸气”过程。因此，油罐的“呼气”和“吸气”过程每天都在有规律地周期变化着，一般来说，每天的“呼气”持续时间比“吸气”的持续时间要长。有关资料表明，一座 5000m^3 的拱顶罐，一昼夜“小呼吸”损耗可达 350kg。南方某石油库一座 1000m^3 的地上拱顶金属罐，储存汽油一年，“小呼吸”损耗达 11.7t，损耗之大足以影响其经济效益。

影响“小呼吸”损耗的因素很多，主要有以下几点。

(1) 与昼夜温差变化大小有关 昼夜温差变化越大，“小呼吸”

损耗越大；反之，昼夜温差变化小，损耗也小。

(2) 与油罐所在地的日照时间有关 日照越长，“小呼吸”损耗越多；反之则损耗越少。

(3) 与储罐敞口面积有关 通常储罐越大，敞口时总面积越大，蒸发面积也越大，“小呼吸”损耗也越大；反之，储罐小，蒸发面积小，“小呼吸”损耗也小。

(4) 与大气有关 大气压越低，“小呼吸”损耗越大；反之则损耗减少。

(5) 与油罐装满程度有关 油罐装满气体空间容积小，“小呼吸”损耗就少；空间容积大，损耗也大。

除此之外，“小呼吸”损耗也和油品性质（如沸点、蒸气压、组分含量等）及油品管理水平等因素有关，因此，利用公式计算“小呼吸”损耗有很大局限性，通常还是以计量实测数据作为油罐静止储存损耗量较为准确。

6. “大呼吸”损耗

油罐在进行收发作业（包括卸油、输转、发油等）时，由于油面的升降变化引起油罐内气体空间变化，进而带来气体压力的升降变化，使混合油气排出或外界空气吸入，这个过程所造成的损耗叫油罐“大呼吸”损耗，有时也叫油罐动态损耗。

当油罐收油时，罐内油面上升，气体空间体积缩小，油气被压缩，压力逐渐升高，当罐内混合气压力超过呼吸阀额定正压值时，呼吸阀盘自动开启，混合油气排出罐外。而当油罐发油时，罐内油面逐渐降低，气体空间随之增大，油气压力减小，油气浓度降低，油品不断蒸发以保持一定平衡。当罐内气体空间压力低于呼吸阀额定负压值时，真空阀盘自动打开，外界空气被吸入罐内。

如果油品是在两个油罐间输转（倒罐或向高架罐输油），则发油罐液面不断下降，罐空增加，负压值不断增大直至吸入空气，而收油罐液面不断上升，罐空减少，压力增大直至油气排出。因此，在油品输转时，“大呼吸”损耗在两个罐间是同时发生的，通常也可用输转损耗来表示。

4 油气回收技术

影响“大呼吸”损耗的因素也很多，最主要的有以下几点。

(1) 与油品性质有关 油品密度小，轻质馏分越多，损耗越大；蒸气压越高，损耗越小；沸点越低，损耗越大。

(2) 与收发油速度快慢有关 进油、出油速度越快，损耗越大；反之，进油、出油速度越慢，损耗越小。

(3) 与罐内压力等级有关 常压敞口罐“大呼吸”最大。

(4) 与油罐周转次数有关 油罐收发越频繁，则“大呼吸”损耗越大。

除此以外，“大呼吸”损耗还和油罐所处地理位置、大气温度、风向、风力、湿度及油品管理水平等诸多因素有关。因此，利用公式计算油罐“大呼吸”损耗也有很大局限性，在生产管理和科研实验中，多以计量实测数据为准。

按照其作业性质，石油库中常把这类损耗叫做收油损耗或输转损耗。如在收发汽油时，油罐“大呼吸”损耗为 $1.08 \sim 1.65 \text{ kg}/(\text{t} \cdot \text{次})$ ，最大可达 $2.4 \text{ kg}/(\text{t} \cdot \text{次})$ 。

7. 灌装损耗

油品由罐区经栈桥（或油码头）装油鹤管（胶管或输油臂）装入罐车（或油船），经装油管嘴灌入油桶，由于流速高，压力大，油品发生冲击、喷溅、搅动，都会有大量油气逸出而损耗，这种损耗也属于蒸发损耗的一种。按作业性质分，通常分为装车（船）损耗和灌桶损耗。

影响油品灌装损耗的因素主要有油品性质、油温、装油压力大小、装油流速、装油方式及气候条件。一般来说，轻质油灌装损耗大，重质油损耗小；油温高、压力大、流速快油品损耗大；高位喷溅灌装损耗大，低位液下灌装损耗小。据有关资料介绍，汽油喷溅高位装车单耗最大为 $3 \text{ kg}/\text{t}$ ，低位液下装车损耗为 $0.4 \sim 0.8 \text{ kg}/\text{t}$ ，煤油损耗为 $0.21 \sim 0.24 \text{ kg}/\text{t}$ ，柴油损耗为 $0.03 \sim 0.06 \text{ kg}/\text{t}$ 。

二、油品蒸发损耗带来的危害

如汽油的爆炸极限为 $1.0\% \sim 6.0\%$ （体积分数），汽油蒸气的

密度约为 $3.0 \sim 3.1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (STP), 空气的密度为 $1.1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (STP)。因此, 油品在储存、收发、销售过程中, 严重超过火灾爆炸极限、密度比空气大的高浓度的油气大量蒸发排放扩散, 并主要漂浮聚积在地面空间, 给企业和社会带来了许多严重危害性。

1. 危及各个石油储运环节的安全

由于轻质油品大部分属于挥发性易燃易爆物质, 易聚积, 与空气形成爆炸性混合物后沉聚积于洼地或管沟之中, 遇火极易发生爆炸或火灾事故, 造成生命和财产的重大损失。如果烃浓度在 $1\% \sim 7\%$ 之间, 则处于爆炸范围。对于这种危害, 目前人们更多地通过加强管理, 增加安全设施投入来防止事故发生。尽管如此, 由于油气爆炸极限范围宽, 油气扩散范围广, 安全生产影响因素多, 由此引起的火灾爆炸事故时有发生。统计结果表明, 在 222 例火灾爆炸事故中, 由于油气引起的就有 101 起, 占 45.5% 。成品油库各区的火灾发生率统计结果为罐区: 6.94% , 装卸区: 27.78% , 发油区: 36.11% , 这三个区占 71% 。

2. 污染环境, 产生不同程度的破坏

油气是气相烃类有毒物质, 密度大于空气而漂浮于地面上, 从而加剧了对人及周围环境的影响。一般裂化汽油比直馏汽油毒性大, 如汽油中含不饱和烃、芳香烃等, 对大气的污染就更为严重了。人吸入不同浓度的油气, 会引起慢性(轻度)中毒或急性(重度)中毒, 其呼吸系统、神经中枢系统受破坏较大, 芳香烃含量大还会影响造血系统。油气直接进入呼吸道后, 会引起剧烈的呼吸道刺激症状, 重患者可出现呼吸困难、寒战发热、支气管炎、肺炎甚至水肿、伴渗出性胸膜炎等。油气对神经中枢系统的破坏, 轻度中毒症状有头昏、乏力、恶心、呕吐、酒醉感等轻度麻醉症状和流泪、咳嗽、眼结膜充血等黏膜刺激症状。其慢性中毒作用主要表现为神经衰弱综合症、多发性周围神经炎, 部分患者有“汽油性癌症”及中毒性脑病(类似精神分裂症)。重度(急性)中毒可出现谵忘、昏迷、四肢强直、发作性痉挛, 少数患者发生脑水肿、精神症状或中枢高热, 也可伴有多发性周围神经病变, 严重者直至死

亡。汽油还具有去脂作用，使皮肤等细胞内类脂质平衡发生障碍，出现干燥、皲裂、角化，个别有急性皮炎。动物试验结果表明，丙烷、丁烷和异丁烷对心脏功能具有抑制作用。据调查，石化企业环境污染已经对周围儿童健康产生影响，如非特异性免疫功能呈下降趋势。不同浓度的烃蒸气对人的危害程度如表 1.1 所示。

表 1.1 不同浓度烃蒸气对人的危害程度

烃浓度/($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	危害状况
38~49	短期接触咳嗽、眼、咽喉有刺激症状，长期接触能引起昏眩及死亡
25~30	长期接触有生命危险
10~20	有急性中毒症状
9.5~11.5	有明显的黏膜刺激等
3.2~3.9	鼻及咽喉有刺激症状，少数人步态不稳
0.6~1.6	部分人有头疼、咽喉不适、咳嗽及黏膜刺激症状

油气还会对涂料等有机化工材料起剥蚀作用，从而加速设备的腐蚀速度。油气不仅作为一次污染物而对环境产生直接危害，还是产生光化学烟雾的主要反应物。光化学烟雾是现代工业化社会的主要污染物之一，如洛杉矶与东京地区曾出现著名的光化学烟雾严重事件，因此早已受许多国家所重视。20 世纪 70 年代，我国也在兰州西固区观察并实测到油气等烃类形成的光化学烟雾及造成的不同程度的危害性。

3. 浪费能源，造成严重的经济损失

20 世纪 70 年代以前，我国对油气损耗基本未采取控制手段，油气损耗占原油量的比例高达 0.6% 左右，随着技术的不断进步，特别是浮顶罐的推广应用，使油气损耗大幅度降低。资料显示，汽油从炼油厂生产出来到达最终用户手中，一般要经过 4 次装卸。每次装卸都有 1.8% 的挥发损失，4 次装卸的损失率即为 7.2%。以北京为例，目前已达到年消耗汽油 $200 \times 10^4 \text{ t}$ 的水平，估计北京上空每年都将增加 $1.4 \times 10^4 \text{ t}$ 以上的汽油成分，这是一个十分严重的问题。表 1.2 给出了 2000 年国内油气蒸发损耗的情况估算，从表 1.2 中可见，油气损耗占原油的 0.19%，总量高达 40 万吨；若按

汽油出厂价格为 3000 元/吨计，则每年损失 12 亿元。

表 1.2 2000 年国内油气蒸发损耗的情况估算

项 目	原 油		汽 油			其他轻质油品		合计
	储罐	火车、汽车、轮船	储罐	火车、汽车、轮船	加油站	储罐	火车、汽车、轮船	
数量/($\times 10^4$ t)	21100	2100	4500			500		
平均转运或装卸次数	3	1.5	5	2	2	25	2	
防止油气损耗或油气回收措施	100%用浮顶罐	无油气回收	98%用浮顶罐，2%用拱顶罐	无油气回收	无油气回收	98%用浮顶罐，2%用拱顶罐	无油气回收	
第次转动或装卸损失率/(kg/t)	0.19	1.2	0.64	3.4	3.4	0.4	3.4	
总损失/($\times 10^4$ t)	4.0	2.5	29	15.3	15.3	0.2	0.2	40.4
占总损失/%	10.0	6.2	7.2	37.8	37.8	0.5	0.5	100
	16.2		82.8			1.0		100

注：1. 汽油装卸损耗平均为 0.17%，浮顶罐损耗按拱顶罐损耗的 8% 计。

2. 原油油气损耗参照国外和国内的有关调研数据取 0.8 kg/t。

4. 降低油品质量，影响油品正常使用

由于损耗的物质主要是油品中较轻的组分，因此油品蒸发损耗不仅造成数量损失，还将造成质量下降。如汽油随着轻馏分的蒸发损耗，汽油的初馏点和 10% 点升高，汽化性能变坏，即汽油的启动性能变差。此外，蒸发损耗还将加速汽油氧化，增加胶质，降低辛烷值。

三、降低油品蒸发损耗的措施

石化销售企业在不同环节存在着较严重的油品蒸发损耗，这种损耗已引起有关部门的高度重视，也必将进一步促进相关治理技术措施的研究开发。目前，从行政执法管理部门（如环保部门）的角度来看，国内外都采用了各种严格的控制方式来控制油蒸气排放，

如法律法规、管理条例、环境质量标准（指标）、排放控制法令（指标），一般包括最大允许排放浓度、最大允许排放量等指标。既有定性控制，也有定量控制；既有从本地、本国技术水平出发制定的标准，也有从卫生角度制定的标准。

美国分阶段控制油气挥发污染，规定人口密集城市区域的排放 $\leq 10\text{mg/L}$ ，即每加 1L 汽油允许的总烃泄漏量不超过 10mg；对其他一般地区，要求排放 $\leq 35\text{mg/L}$ 。欧洲 II 号标准 94/63/EC 规定，排放的工业废气中烃浓度不大于 35g/m^3 ；德国 TI 空气质量标准中规定，排放的工业废气中烃浓度不大于 150mg/m^3 。欧共体各国的炼油厂、油库普遍采用了油气回收措施，加油站的油气回收也已开始实施，在 2005 年前已全部完成，油品从生产到消费全过程所产生的油气都得到了回收，全部油气达到标准后排放。而在这一领域领先的美国，已基本形成了储存、装卸、运输、加油全过程相互衔接的完整的油气回收体系。

我国于 1996 年颁布了《环境空气质量标准》（GB 3095—1996）和《大气污染物综合排放标准》（GB 16297—1996），标准中对非甲烷烃类气体的排放浓度作出了明确限定：现有大气污染源和新大气污染源排放的非甲烷总烃最高允许浓度分别为 150mg/m^3 和 120mg/m^3 ，现正在对其进行可行化的修正。但直到 1999 年以前，我国油气损耗中的 82.4% 发生在运输装卸和加油站部分，这部分的油气基本没有回收，而是处于任意排放状态。北京市人民政府在 2001 年发布的第六阶段控制大气污染措施通告中，明确要求市经委协调中石化北京石油分公司和中石油华北销售公司分别组织年吞吐量 10 万吨以上的储油库或油罐区，进行安装油气回收装置的试点。2003 年 8 月，北京市环保局和北京市质量技术监督局联合颁布了北京市地方标准——“储油罐/油罐汽车/加油站油气排放标准”（DB 11/185—2003），这是国内加油站油气排放方面的首个标准。我国又于 2007 年 6 月由国家环境保护总局与国家质量监督检验检疫总局联合发布了《加油站大气污染物排放标准》（GB 20952—2007），并于 2007 年 8 月 1 日开始实施。

1. 油品蒸发损耗的控制措施

油品易蒸发是石油及其产品的主要特征，从装、储容器等设备排出的混合气体是油品损耗的重要部分。其损耗多少通常则取决于混合气中蒸气浓度 c 、排出的气体体积 V 以及油气的密度 ρ 。油品蒸发损耗量 G 的简单计算可用 $G=cV\rho$ 表示。

节约能源，减少因损耗对环境的污染一直是石油储运专业人员需要研究和解决的重要课题，由于油气密度由油品内在组分而定，人们无法改变，现在已经有了许多成熟经验和可靠措施正在生产上付诸实施，这包括技术上、工艺上采取一定措施，管理上得到加强，操作技术不断提高，设备上得到改进等。

在生产实践中，降低油品损耗是大家共同的目的，但由于分析方法和考虑角度不同，因此方法上有所差异，但归纳起来包括以下几个方面。

(1) 加强管理，改进操作措施 制定并执行科学而严格的法律条文、管理制度、操作规程，不断采用最新的科研成果（如浮顶罐、全天候机械呼吸阀、自动计量技术、新型油罐涂料、密闭底部装卸油品等）；提高操作人员的技术素质；加强储、输油设备容器的日常检查、维修和保养，确保设备容器经久耐用，气密性好，状态最佳。减少中间流通环节，减少中转站的储运蒸发损耗。对于现有的拱顶油罐，人工计量尽可能地安排在罐内外压差最小的清晨或傍晚吸气刚结束时；合理安排油罐使用，及时调进油品，以减少气体空间体积，减少库内输转倒罐，适时收发油（即温升时发油、温降时收油），恰当掌握收发油速度（即慢发快进）。

(2) 油品蒸发排放的抑制措施 油品蒸发排放的抑制技术是防止油品蒸发损耗及对大气污染的根本措施，在该领域，国内外一直都在进行深入的研究并陆续开发了许多有效的降耗措施。油品烃分子的自由运动扩散对流是造成蒸发的根本原因，蒸发只能在气液相界面处进行，气体空间的压力、体积、温度、浓度、界面面积等参数的大小或变化幅度将直接影响着油品蒸发损耗的大小，故应首先从此着手。具体抑制油品蒸发损耗的技术措施有以下几种。

10 油气回收技术