



北京市高等教育精品教材立项项目

油气回收与排放 控制技术

陈家庆 朱 玲 编著



中国石化出版社

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



北京市高等教育精品教材立项项目

油气回收与排放控制技术

陈家庆 朱玲 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书在收集整理、分析综合大量最新文献资料的基础上,从油气排放控制标准的发展、油气回收单元处理技术基础、油品大周转量场合的油气回收处理技术、面向加油站的油气排放控制技术、油气回收与排放控制技术的工程实践等角度全面阐述了国内外油气回收与排放控制技术的现状和最新发展趋势,尤其是首次在国内客观地介绍了车载加油油气回收(ORVR)技术以及美国环保局(EPA)的控制策略,并对国内当前存在的问题进行了反思。全书行文通俗易懂、图文并茂,兼顾了理论知识的系统性和工程实际的参考性。

该书是油气回收与排放控制技术领域第一本系统全面的技术参考书,非常适合投身该领域的科技人员、工程建设者与管理者、设备制造商以及油品储运销各环节的从业人员等阅读。

图书在版编目(CIP)数据

油气回收与排放控制技术/陈家庆编著. —北京:中国石化出版社,2009
ISBN 978-7-5114-0095-6

I. 油… II. 陈… III. ①油气-回收 ②油气-废气治理
IV. X74

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 169566 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

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

北京科信印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 19.5 印张 494 千字

2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷

定价:48.00 元

前 言

在石油和天然气的开采、集输、炼制、储运、销售和应用过程中不可避免地会产生气态烃类 VOCs(行业称其为“油气”),对人们的健康、环境、安全以及油品质量等问题带来了一系列负面影响。发达国家自 20 世纪 70 年代以来就开始了相关的油气排放污染控制工作,目前在设备开发、安装布置、运行管理等方面都已经积累了大量经验,相应的技术、设备及法规也都日益健全。油气排放污染控制是一个涉及到油库、油罐车、加油站、机动车等多个环节的系统工程,任何动其一环而无视其他环节的做法不仅会劳民伤财、事倍功半,甚至还可能会给国家或地方行政部门留下历史性遗患。国内目前仅有北京地区在“绿色奥运”理念的推动下进行了大规模的油气排放污染治理工作,但与发达国家相比仍然存在较大差距。

更令人遗憾的是,上溯过去十多年油气排放污染控制技术的应用和研发历程,国内已经走了或者仍然正在走着许多弯路,主要表现在:一方面不重视国外(如美国国家环境保护局[EPA]、美国加州空气资源委员会[CARB])在这方面的定位和发展理念,或偏信或照搬;另一方面,部分一线从业人员或盲从于决策管理层或媒体的科普性舆论导向,过于轻信环保效益或经济效益,或纷纷出炉一些自以为具有国情特色的技术方案甚至是专业术语。仅以加油站第二阶段油气排放污染控制为例,多数加油站改造采用的进口油气回收处理设备恰恰在美国尚未通过强化油气回收(EVR)认证,而美国 1990 年版的清洁空气法案修订版(CAA 1990)中已经明确指出美国国内将会逐步取消加油站第二阶段油气回收系统,而全部通过在机动车上安装车载加油油气回收(ORVR)系统实施油气排放污染控制!又如,所谓的“油气回收后处理装置”就是当前国内一些人的肤浅认识,国外通称为“地下储油罐的压力管理系统”,包括膜分离、可变空间存储、活性炭吸附等技术。凡此种种,不得不令人扼腕叹息。

全书共六章,分别从油气排放污染控制标准的发展和现状、油气回收单元处理技术基础、油品大周转量场合的油气回收处理技术、面向加油站的油气排放污染控制技术、油气排放污染控制技术的工程实践应用等方面给读者一个全面深入、客观公正的论述,不仅力求保证技术概念的准确性,而且兼顾到国内外的最新发展动态,从而给读者留下一个自我判断思考的空间。全书由北京石油化工学院陈家庆教授统稿,朱玲副教授负责第三章并承担了第一章、第五章部分内容的编写工作,张宝生副教授参与了第六章部分内容的编写工作。本书的编写得到了北京市科委“科技新星计划”项目和北京市属高等学校人才强教深化计划之“创新人才建设计划”项目(PHR 200906214)的支持,在即将付梓出版之际还入选了“北京市高等教育精品教材立项项目”;编著者所在学校的王建宏、李汉勇、曹

建树等老师，中国石油大学(北京)的宫敬教授等对该书提出了许多宝贵意见和建议，中石化北京石油分公司等单位提供了第一手的现场数据；现在北京工业大学能源与环境学院攻读硕士学位的王金惠同学等在文字录入、图形绘制等方面进行了大量工作。由于目前国内外此类专业书籍相对较少，在资料收集、整理、分析、筛选的过程中，直接参考引用了美国 EPA、CARB 等行政管理部门以及 Vapor Systems Technologies(VST)、Veeder Root、Healy Systems 等加油站设备厂商门户网站上的英文资料；部分国内外相关研究文献、标准规范及其编制说明，也使编著者受到了较大启发，在此一并表示诚挚的谢意。

该书可以作为高等院校环境工程、油气储运工程等专业的教学用书，更是油气排放污染控制技术领域第一本系统全面的技术参考书。编著者希望该书的内容不仅对高等院校的师生，更希望对投身油气排放污染控制行业的相关技术人员、工程建设者与管理者、设备制造商们有所帮助，以共同促进我国油气排放污染控制乃至节能减排技术的发展，进而提高我国大气污染治理的整体水平。

限于编著者的学术水平和工程经验，同时由于时间仓促，书中的缺点和错误在所难免，恳请广大读者和专家提出宝贵意见，以使本书在再版中得以不断更新和完善。同时出于节省篇幅的考虑，相关的国内外标准规范就不作为附录而赘列在本书中，有需要的读者请致 Jiaqingbpt@gmail.com，编著者将竭力协助提供。

陈家庆

目 录

第 1 章 绪论	(1)
§ 1.1 石油产品及其储存运输设备概况	(1)
§ 1.2 油品蒸发损耗的途径及损耗估算	(11)
§ 1.3 油气的物化特性及其分析测试方法	(24)
§ 1.4 油气蒸发的危害及实施控制的意义	(34)
第 2 章 油气排放污染控制标准的发展和现状	(41)
§ 2.1 美国油气排放污染控制标准的发展	(41)
§ 2.2 其他发达国家或地区的油气排放污染控制标准	(46)
§ 2.3 我国油气排放污染控制标准的发展	(50)
§ 2.4 油气排放的减量化控制与回收率的计算	(58)
第 3 章 油气回收单元处理技术基础	(68)
§ 3.1 燃烧法	(68)
§ 3.2 吸收法	(78)
§ 3.3 冷凝法	(88)
§ 3.4 吸附法	(95)
§ 3.5 膜分离法	(110)
第 4 章 油品大周转量场合的油气回收处理技术	(129)
§ 4.1 油气密闭收集技术与设备	(129)
§ 4.2 吸收法的工艺流程	(135)
§ 4.3 冷凝法的工艺流程	(143)
§ 4.4 吸附/吸收组合工艺流程与关键设备	(149)
§ 4.5 其他组合工艺流程	(164)
§ 4.6 油气田开发及炼油过程中的轻烃回收处理	(172)
第 5 章 面向加油站的油气排放污染控制技术	(186)
§ 5.1 第一阶段油气排放污染控制技术与关键设备	(186)
§ 5.2 第二阶段油气回收技术与关键设备	(191)
§ 5.3 基于膜分离技术的储油罐压力管理系统	(201)
§ 5.4 基于可变空间存储技术的压力管理系统	(211)
§ 5.5 基于吸附技术的储油罐压力管理系统	(215)
§ 5.6 站内在线监测(ISD)系统的结构与工作原理	(225)
§ 5.7 车载加油油气回收(ORVR)系统	(233)

第 6 章 油气排放污染控制的工程实践与应用 (253)

 § 6.1 油气回收系统工程设计与技术原则 (253)

 § 6.2 油品大周转量场合的油气排放污染控制工程案例 (257)

 § 6.3 加油站油气排放控制工程案例 (268)

 § 6.4 油气回收治理工程的验收与定期检测 (272)

 § 6.5 站内在线监测 (ISD) 系统的运行维护 (286)

 § 6.6 国内加油站油气回收工程的问题与分析 (295)

附录 相关标准清单 (302)

参考文献 (304)

第1章 绪 论

§ 1.1 石油产品及其储存运输设备概况

能源是人类生存的必要因素，是社会经济发展的基础动力，对国民经济的持续、快速发展和人们生活水平的不断提高起着举足轻重的作用。长期以来，人类使用的主要能源有石油、天然气和煤炭等化石燃料，虽然在经历了几次石油危机之后，因石油价格高涨而致使核能、风力、水力、地热等其他形式的能源被逐渐开发和利用，但石油及其产品仍然在国民经济中扮演着异常重要的角色，称之为“工业的血液”和“经济的命脉”毫不为过。仅以北京地区为例，2007年消耗汽油324.72万t、煤油277.10万t、柴油192.02万t、燃料油42.85万t、液化石油气67.38万t、天然气46.64亿 m^3 。

1.1.1 原油及其产品概述

石油是原油及其产品的总称，而原油是从地层里开采出来的、未经加工提炼的天然石油，通常呈暗绿色至褐色。经过蒸馏，可以从原油中提取各种燃料油（汽油、煤油、柴油等）、润滑油、石蜡、沥青、石油焦等产品。

1) 分子结构

原油的组成随地质区块的不同而不同，但所含的主要化学元素都是碳和氢，其中碳含量一般为83%~87%，氢含量一般为11%~14%；此外，还有少量的硫、氧、氮和微量的钙、钠、钾、铁、镍、钒、砷等元素。石油中碳和氢组成的碳氢化合物，简称烃；硫、氧、氮等则与碳、氢元素形成含硫化合物、含氧化合物、含氮化合物、胶质和沥青质等，简称非烃。原油及其产品中的烃类按其分子结构的不同可分为烷烃、环烷烃、芳烃和烯烃（原油中不含烯烃）等。

(1) 烷烃

烷烃又名脂肪族烃，分子通式为 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ，属饱和烃。石油中既有正构烷烃也有异构烷烃。烷烃的熔点、沸点和密度随碳原子数的增加而升高，在常温、常压条件下，分子小的烷烃（ $\text{C}_1\sim\text{C}_4$ ）是气体，中等的（ $\text{C}_5\sim\text{C}_{17}$ 个碳原子）是液体，分子大的（ C_{18} 及以上）是蜡状固体。烷烃的化学性质不活泼，常温下不易与其他物质发生反应，但较大分子的烷烃可与发烟硫酸作用。此外，大分子烷烃加热到4000℃以上时可以裂解出小分子烃。

(2) 环烷烃

环烷烃是含有碳环结构的饱和烃，由许多围成环的多个亚甲基（ $-\text{CH}_2-$ ）组成，分子通式为 C_nH_{2n} 。石油中的环烷烃主要是环戊烷和环己烷，可以是单环、双环、三环或多元环。环烷烃在石油各馏分中的含量不同，其相对含量随馏分沸点的升高而增加。但在重的石油馏分中，因芳香烃的增加，环烷烃则逐渐减少。环烷烃的性质与烷烃相似但稍活泼，在一定条件下，环己烷可以从分子中脱掉氢原子而转化为苯。高温可使环烷烃的环状结构断裂，生成烷烃和烯烃。

(3) 芳香烃

芳香烃有时也简称为“芳烃”，通常指分子中含有苯环基本结构的烃类化合物，分子通式为 C_nH_{2n-6} ，属于不饱和烃，大都具有芳香气味。有单环、双环和多环，芳烃也大多含有长短不等的烷基侧链。有些多环芳烃具有荧光，这是有些油品能发出荧光的原因。

石油中的烷烃、环烷烃和芳烃常常互相包含，一个分子中往往同时含有芳香环、环烷环以及烷基侧链。

(4) 烯烃

烯烃是含有碳碳双键的不饱和烃，因此化学性质很活泼，可与多种物质发生反应。在一定条件下烯烃可以加氢转化为烷烃，小分子烯烃可叠合成大分子烯烃，在空气中被氧化而最终生成胶质，特别是二烯烃常温下极易被氧化。烯烃由于辛烷值较高，凝点较低，故有时将热裂化馏分掺入汽油以提高其抗爆性，掺入柴油以提高其低温流动性。但由于烯烃的化学安定性在所有烃中最差，故含有烯烃，特别是含有二烯烃的油品不宜长期储存。

2) 石油产品的种类

(1) 汽油

汽油可以分为车用汽油和航空汽油。判断汽油好坏有两个主要的评价指标，一是汽油的馏分组成，二是辛烷值。一般在炼油厂的实验室里面有一个恩氏蒸馏实验，就是把 100mL 的汽油放在一个带有支管的小烧瓶里，插上温度计进行加热蒸馏。当蒸出第一滴油时温度计所指示的温度，叫做初馏点；蒸出物的体积达到 10mL 时的温度，叫做 10% 点；依次可以得到 20% 点、30% 点、……；直到蒸出最后一滴的温度，叫做干点。这样得到的组成汽油的各种成分按各自沸点范围所占的比例，就是汽油的馏分组成。辛烷值 (RON) 是指和汽油抗爆性相同的标准燃料中所含异辛烷的体积百分数，一般就是人们所说的汽油的牌号值，我国车用汽油的牌号有 90 号、93 号、97 号等，前两种为普通汽油，后一种为优质汽油。汽油的辛烷值由专用仪器测定，辛烷值越高，表示汽油的抗爆震性能越好，但该值的高低与炼制所用原油及加工工艺有关。

车用乙醇汽油是指在不含氧化合物的专用汽油组分油中，按体积比加入一定比例 (我国目前暂定为 10%) 的变性燃料乙醇，由车用乙醇汽油定点调配中心按《车用乙醇汽油》(GB 18351—2004) 的质量要求，通过特定工艺混配而成的点燃式内燃机车用燃料。变性燃料乙醇是按《变性燃料乙醇》(GB18350—2001) 的质量标准，通过专用设备、特定脱水工艺生产的含量在 99.2% (体积分数) 以上的无水乙醇，仅供混配车用乙醇汽油的燃料乙醇。根据 2007 年 6 月 22 日《车用乙醇汽油》(GB 18351—2004) 国家标准第 3 号修改单的规定，车用乙醇汽油按研究法辛烷值分为 E10(90 号)、E10(93 号)、E10(97 号) 三个牌号。

(2) 煤油

煤油除了用于点灯照明之外，还在工业上被用作洗涤剂，在农业上用作杀虫药的溶剂等，另外一种重要产品就是航空煤油 (喷气燃料)。航空煤油主要用作喷气式飞机的燃料，要求其具有较高的发热值和较大的密度，对其馏程范围和黏度也有一定的要求。

(3) 柴油

柴油是压燃式发动机 (简称柴油机) 的燃料，根据柴油机的使用需要可分为轻柴油和重柴油两种。转速 1000r/min 以上的高速柴油机要使用轻柴油，中速 (500 ~ 1000r/min) 和低速 (小于 500r/min) 的柴油机使用重柴油，显然轻柴油的用量较大。轻柴油按其凝点的高低分为 6 个牌号：10 号 (凝点不高于 10℃)、0 号 (凝点不高于 0℃，以此类推)、-10 号、-20 号、-35 号、-50 号。

(4) 燃料油

燃料油一般分为船用内燃机燃料油和锅炉用燃料油两大类。船用内燃机燃料油是由直馏重油经减黏并与一定比例柴油调和而成，用于大型低速船用柴油机(转速小于 150r/min)；锅炉用燃料油又称重油，来自炼油厂的各种残渣，供工业炉或一般锅炉作燃料。

1.1.2 油库与储罐

如图 1-1-1 所示，液体油品从油田外销到终端成品油消费者至少要经过 4 次装卸：油罐收油、储油库发油、油罐车卸油和加油站给汽车油箱加油。此外，在炼油厂向铁路油罐车装油、铁路油罐车和油罐汽车运输过程、储油库和加油站管线及接头泄漏等环节也会产生部分排放。

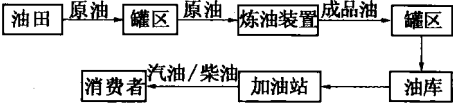


图 1-1-1 油品储运流程示意图

1) 油库

油库是指用于接收、储存和发放原油或石油产品的企业和单位，是协调原油生产、原油加工、成品油供应及运输的纽带，是国家石油战略储备和供应的基地，对促进国民经济稳定发展、保障人民生活 and 国防安全都有特别重要的意义。油库的主要功能有：在油田用于积聚和中转原油；在油料销售部门用于供应消费流通领域；在企业用于保证正常生产；在储备部门用于战略或市场储备。可以按照不同的标准将油库分类如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 油库的分类列表

分 类 基 准	油 库 类 型		
管理体制和经营性质	独立油库	民用油库	储备油库、中转油库、分配油库
		军用油库	储备油库、供应油库、野战油库
	附属油库	油田原油库、炼油厂原油及成品油库、机场或港口油库、 农机站油库、其他企事业单位油库	
主要储油方式	地面(地上)油库、隐蔽油库、山洞油库、水封油库、海上油库		
运输方式	水运油库、陆运油库、水路联运油库		
经营油品	原油库、润滑油库、成品油(汽油、煤油、柴油、航空燃油等)库		

油库的储油容量越大、轻质油料越多、业务范围越广，其危险性就越大。一旦发生火灾或爆炸等事故，因其影响范围大，对企业和人民生命财产造成的损失也大。因此，从安全防火的观点出发，可以根据总储油容量的大小将油库分成若干等级，并制定出与之相应的安全防火标准，以保证油库更加合理和长期安全运营。《石油库设计规范》(GB 50074—2002)根据油库储存油料总容量的多少将油库分为五个等级，见表 1-1-2。在成品油销售业，中石化现有约 670 座油库，中石油现有约 600 座油库，包括其他性质的油库在内，全国的成品油库应不少于 1500 座。为追求规模化经济效益，中石化远期规划将由现在的 670 座成品油库缩减为 400 座，留存的每座油库汽油周转量将比现有的周转量增加。另一方面，国内经济的发展致使汽油的使用量不断增大，每座油库的汽油周转量将进一步增加。

表 1-1-2 油库的分级

等级	石油库总容量 V/m^3
一级	$100000 \leq V$
二级	$30000 \leq V < 100000$
三级	$10000 \leq V < 30000$
四级	$V < 10000$

注：①表中总容量 V 系指油罐容量和桶装油品设计存放量之总和，不包括零位罐和放空罐的容量；②当石油库储存液化石油气时，液化石油气罐的容量应计入石油库总容量。

油库一般由收油、储存、发放设备及公用工程、生产和生活设施等部分组成。收油设备主要是指收油用的阀组；储存设备主要是储罐，是储运系统的主体设施之一。发放设备是指将原油外运或外输所需要的设备，采用铁路外运时，需要建铁路专用线、装油鹤管、栈桥、装油泵和计量设备等；采用管线外输时，需要安装外输泵、外输阀组、加热设备和计量设备等。联合外运(输)油库的发放设备，则是以上两种油库发放设备的综合。在可能的条件下，应充分利用地形高差来装车，以节省能源。

2) 储罐

储罐种类繁多，形态不一，结构比较复杂。可以按照储罐的安装位置、使用材质、结构和盛装油品类型来区分，详见表 1-1-3。原油及其产品储罐主要是立式圆柱型金属油罐，常用的有固定顶罐(fixed roof tank，拱顶罐)、外浮顶罐(external floating roof tank)、内浮顶罐(internal floating roof tank)、可变气体空间罐(variable vapor space tank)和压力罐(pressure tank)等类型，都有各自的适用范围。

表 1-1-3 储罐的分类

分类基准	储罐类型	备注
相对标高	地面罐、地下罐、半地下罐、高架罐	
材质	金属罐、非金属罐	
油罐形状和结构特征	立式罐(包括拱顶罐、外浮顶罐和内浮顶罐)	常压容器
	卧式罐	压力容器
	球罐	压力容器

(1) 外浮顶罐

外浮顶罐的基本结构就是在敞口圆筒形容器内有一个能在油面上浮动的罐顶。常规外浮顶罐的密闭采用一次弹性密封和挡雨板的组合结构，国外 20 世纪 70 年代就开始采用二次密封替代。浮顶罐二次密封系在一次密封的基础上增加的一套装置，它由高分子材料和金属材料两部分组成，高分子材料包括特种橡胶加工而成的橡胶滑动片及气体阻隔膜，金属材料包括由镀锌板(或不锈钢板)制成的承压板及各种压板。二次密封在承压板后面敷设了防蒸发隔膜，彻底隔绝了内外气体经承压板搭接缝隙出入的可能，不会有涡流、对流导致的油气损耗现象出现。橡胶密封刮板在支撑板水平推力作用下与罐墙形成紧密的面接触，将唯一会由此处泄漏油气的间隙限制到最小，空气的进入和油气的泄漏都十分困难。

由于常规大型无顶盖外浮顶罐在运行过程中出现了不少问题和事故，为了提高油品储存的安全性，美国 Colonial 管线公司于 1978 年首先在石油储罐上采用了铝合金球面穹顶，随后在技术不断改进和完善的基础上得到了很快发展。到 1997 年，Colonial、Shell、Texaco、Esso 等知名石油企业共安装了 566 台铝合金球面穹顶，最大规格直径达到了 $\phi 64.5\text{m}$ 。目前工业用铝合金球面穹顶外浮顶罐(Domed external floating roof tank)已经成为美国石油储罐的标准设施，其油罐直径已经达到 $\phi 78\text{m}$ 。

(2) 内浮顶罐

内浮顶罐是装有浮盘的拱顶罐，它兼有拱顶罐防雨、防尘和浮顶罐降低蒸发损耗的优点。内浮顶罐的结构形式较多，无论何种内浮顶罐，主要均由罐体、内浮盘、密封部分、导向机构、防转装置、静电导线、通气孔及高液位报警等组成，其主要区别在浮盘上。浮盘结构目前使用较多的有浅盘式(又叫钢盘式)、船舱式和浮筒式等；浮盘材料曾一度有用塑料

制造的,但由于其耐温较差及使用寿命较短等问题,目前仍以钢制内浮盘为主,近期铝制材料使用得也较多。装配式铝制内浮顶罐的基本结构如图 1-1-2 所示,主要由浮筒、构架、盖板及支腿等部件组成。浮筒是承受浮力的构件,采用铝合金板卷焊而成,浮筒的数目根据浮力来确定。构架由边缘构件和槽铝组成,边缘构件是采用挤压法制造的异形板。除了铝浮顶与罐壁环形空间外,所有的油面均由盖板组成的铝浮顶覆盖,铝浮顶周边与罐壁之间的环形间隙设有丁腈橡胶制成的舌形密封装置或填料式舌形密封装置加以密封。浮顶上设有量油孔、真空阀、浮盘人孔、踏步板、泡沫挡板、采样口等附件。为防止铝浮顶旋转,用两根钢丝绳对称通过铝浮顶,两端分别焊接在罐底板和面板上。此外,在罐壁上开设罐顶通气孔,在罐内油品进口处安装扩散管。

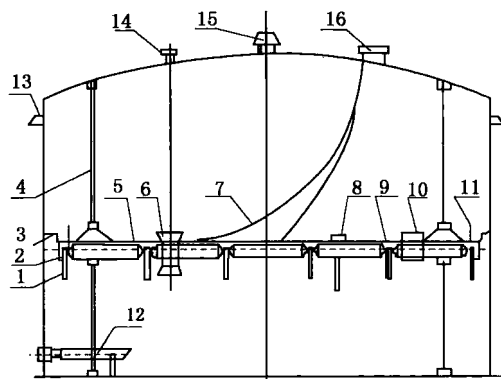


图 1-1-2 装配式铝制内浮顶罐的结构示意图

- 1—支柱；2—边缘构件；3—舌形(囊式)密封装置；
4—防旋装置；5—浮筒；6—量油孔；7—静电导出装置；
8—真空阀；9—铺板；10—人孔；11—消防泡沫挡板；
12—油品入口扩散管；13—罐壁通气孔；
14—罐顶量油孔；15—罐顶通气孔；16—罐顶透光孔

据调查,目前国内多采用一次密封装置的内浮顶罐储存汽油,国内尚未使用外浮顶罐储存汽油。而所有储存汽油的内浮顶罐均为一次密封内浮顶,没有采取二次密封装置。内浮顶罐的大量使用,主要原因是可将固定顶罐改造为内浮顶罐,现行的内浮顶罐,大部分采用这种方式而来。《储油库大气污染物排放标准》(GB 20950—2007)规定,所有油库的储油罐均需改造成浮顶罐,并要求所有新、改、扩建的内浮顶罐,其浮盘与罐壁之间应采用液体镶嵌式、机械式鞋形、双封式等高效密封方式;所有新、改、扩建的外浮顶罐,浮盘与罐壁之间应采用双封式密封,且初级密封采用液体镶嵌式、机械式鞋形等高效密封方式;并规定必须定期对其密封装置进行检测,以保证所有密封结构不应有造成漏气的破损和开口。

1.1.3 加油站

加油站是油品销售的终端环节,用于向机动车付油或发油,工作时先通过泵将储油罐中的成品油送至加油机计量系统进行计量,然后再通过与加油机连接的加油枪将油品送入机动车油箱中。

目前,我国成品油行业是政府管制下的不充分竞争行业。从流通环节上看,中石油、中石化、中海油负责批发,三大石油公司及部分专项用户和社会加油站负责成品油零售。据统计,至2006年底,全国共有93879座加油站,其中中石油自营及特许加油站18207座(其中自营站16906座,特许站1301座),较2005年增加43座,占全国加油站总数的19.4%;中石化自营及特许加油站数量为28801座(其中自营站28001座,特许站800座),较2005年减少846座,占全国加油站总数的30.7%;其他国有、民营、外资加油站共计46871座,占全国加油站总数的49.9%,其中外资加油站约2607座,占全国加油站总数的2.8%。从数量上看,外资似乎并不能对国内成品油销售体系形成威胁,但实际上,以欧美、日韩及中东大型国家石油公司为主的外资公司已进入我国长三角、珠三角、环渤海等地区的成品油批发与销售市场,取得了成品油批发权和进出口经营权。大型加油站主要分布在城市内,且销售的油品主要为汽油。目前全国万吨站已达到近千个,且有逐年增加的趋势。中石化北京石油公司所有加油站的汽油加油量情况见表1-1-4。初步估算,北京石油公司占其加油站总数

7.74%的38座万吨站,年汽油销售量约57万t,占总销售量的34.04%;占其加油站总数18.94%的93座5000t以上的加油站,年汽油销售量约96万t,占销售量的57.33%。

表 1-1-4 北京石油公司加油站汽油销售量情况

汽油销售量/(t/a)	加油站/座	占总站数 百分比/%	估算平均 销售量/(t/a)	销售量/(t/a)	占销售量 百分比/(t/a)	各销售量 累计百分率/%
≥10000	38	7.74	15000	570000	34.04	34.04
8000~10000	13	2.65	9000	117000	6.99	41.03
5000~8000	42	8.55	6500	273000	16.30	57.33
3000~5000	47	9.57	4000	188000	11.23	68.56
≤3000	351	71.49	1500	526500	31.44	100.00
合计	491	100.00	—	1674500	100.00	—

1) 加油站储油罐

(1) 容积划分

加油站销售的油品来自加油站的储油罐,罐内的油品由汽车油罐车卸油供给。加油站储油罐的总容积根据其业务量确定,一般宜为3~5天的销售量。为区别对待不同储油罐容积的加油站,《汽车加油加气站设计与施工规范》(GB 50156—2002)将加油站划分为三个等级:储油罐总容积为121~180m³的加油站划为一级加油站,而二级加油站的允许储油罐总容积调整到61~120m³,三级加油站的储油罐总容积规定为≤60m³。储油罐容积越大,其危险度也越大,对周围建、构筑物的影响程度也越高。在兼顾安全因素和加油站运营需要的前提下,GB50156—2002还对各级加油站的单罐最大容积做出了限制。储油罐总容积大于60m³时,单罐容积不应大于60m³;当储油罐总容积≤60m³时,单罐容积不应大于30m³。柴油的闪点较高,其危险性远不如汽油,故规定柴油罐容积可折半计入储油罐总容积。

一般加油站设有2~4台加油机,大型加油站可达到6~8台加油机,加油机上的加油枪有2条或4条。例如,壳牌小营加油站位于北京市海淀区清河镇小营立交桥附近,是一家年销售量为5548~6000t的综合性加油站,由壳牌公司负责经营。安装有6台3油品6枪加油机,配有POS机及闭路监视系统。拥有地下储油罐4个,每个储油罐容积为60m³。

(2) 安装方式

储油罐可以设置在露天地面上,也可以设置在房间内或地下、半地下的坑道内,多采用无浮顶的卧式罐。图1-1-3为美国Core Engineered Solutions公司的ConVault型地上储油罐

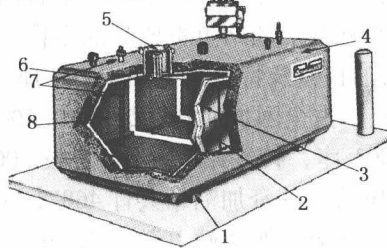


图 1-1-3 美国 Core Engineered Solutions 公司 ConVault 型地上储油罐的结构示意图
1—混凝土支腿;2—聚乙烯膜内衬;3—绝热层;
4—钢筋加固;5—溢流保护;6—混凝土外壳;
7—测漏装置;8—与外部隔绝的钢罐

(Above Storage Tank, AST) 的结构示意图。ConVault 型 AST 采用6厚混凝土外壳来保护内部的两层容器,从内到外依次是钢罐、绝热层、聚乙烯膜内衬、混凝土外壳和钢筋加固,这种革新性的结构最大程度地提高了其安全系数和性能。与钢制外壳相比,采用混凝土外壳减少了钢铁腐蚀带来的维护费用。整个系统可以在安装完整后运送到现场,从而将现场安装费用降到了最低。

储油罐设在室内发生的爆炸火灾事例较多,造成的损失也较大。其主要原因是室内必须要安装一些阀门等附件,它们是产生爆炸危险气体的

释放源，泄漏挥发出的油气由于通风不良而积聚在室内，易于发生爆炸火灾事故。例如，陕西省户县某林场汽车队加油站的地上罐室，1976年6月7日因油气积聚而发生爆炸起火；贵阳铁路分局某段大修队的地上罐间，起火后无法扑救，烧了4个小时；唐山某加油站的地下罐室，1970年7月9日因雷击引起罐室爆炸，将上部的房子炸塌；石家庄某企业附属加油站，也是汽油罐室，发生一次跑油着火事故，烧死16人，烧伤39人；西安有两个加油站的地下罐室因室内油气浓度太高，操作人员曾中毒昏倒。其次，罐室还有造价较高、占地面积大、不利于安全操作与管理等缺点。

从国内外的有关调查资料统计来看，储油罐埋地设置时发生火灾的几率很少，即使发生着火，也容易扑救。例如，1986年5月2日，郑州市人民路加油站的油罐人孔处着火，用干粉灭火器及时扑灭；1987年2月4日，北京市某加油站储油罐进油口着火，用干粉灭火器很快被扑灭，没有影响其他设施；广州、天津也曾发生过加油站埋地罐口着火情况，也都用干粉灭火器很快被扑灭，均未造成灾害。英国石油学会《销售安全规范》讲到，I类石油（即汽油类）只要液体储存在埋地罐内，就没有发生火灾的可能性。事实上，国内外迄今也没有发现加油站有大的埋地罐火灾。埋地油罐与地上油罐比较，因其不需要设置防火堤，省去了救火堤的占地面积，必要时还可将油罐埋设在加油场地及车道之下，不占或少量占地。此外，加上因埋地罐较安全，与其他建构物的要求距离也小，也可减少加油站的占地面积，这对于用地紧张的城市建设意义很大。另一方面，也避免了地面罐必须设置冷却水，以及油罐受紫外线照射、气温变化大带来的油品蒸发和损耗大等不安全问题。

北京市城区内不允许建一级加油站，因此加油站的埋地油罐罐容积为 $20 \sim 30\text{m}^3$ ，直径为 $\phi 2.2 \sim 2.4\text{m}$ ，埋地挖深达 4.6m ，在该深度下有的已到地下水层。有的加油站还有罐顶离地面 $1.2 \sim 1.5\text{m}$ 半地下罐，甚至有的加油站还有加油机部分埋地的情况。

(3) 基本结构

在各类加油站使用的储油罐，基本上都是卧式钢制油罐。按照系列规格，可分为准球形封头卧式油罐、螺旋卧式油罐、蝶形封头卧式油罐等几类。油罐所用钢板标准厚度规格不应小于 5mm ，其承压能力应能满足油罐所承受外压作用下的强度要求。埋地卧式油罐需要根据安装条件进行强度和稳定性的校核计算，还需考虑抗浮问题。我国设计制造的卧式罐，承受内压的能力为 $0.001 \sim 4\text{MPa}$ 。用于储油的卧式罐，承压一般不超过 0.2MPa 。卧式罐的单体容积为 $2 \sim 400\text{m}^3$ ，直径为 $\phi 1.4 \sim 4.5\text{m}$ ，长度为 $3 \sim 25\text{m}$ 。

储油罐要进油、出油、呼吸和计量检测，就必须安装进出油附件、计量装置、呼吸系统等。为了便于与外部主管路的连接，直埋式地下储罐在罐上都装有一个结合短管，进、出油结合短管的结构如图1-1-4所示。由于埋地的储罐人孔盖上安装有量油孔、进出油结合短

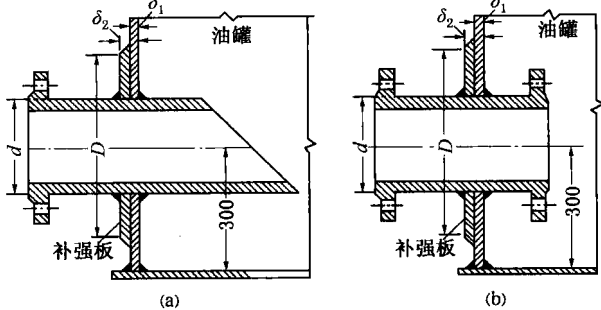


图1-1-4 进、出油接合管的结构示意图

管、透气管等配件，为方便维护管理和操作使用，需设人孔操作井。加油站地下储罐的典型结构如图 1-1-5 所示。油罐的进油管应向下伸至罐内距罐底 0.2m 处，量油孔应设带锁的量油帽，量油帽下部的结合管宜向下伸至罐内距罐底 0.2m 处。

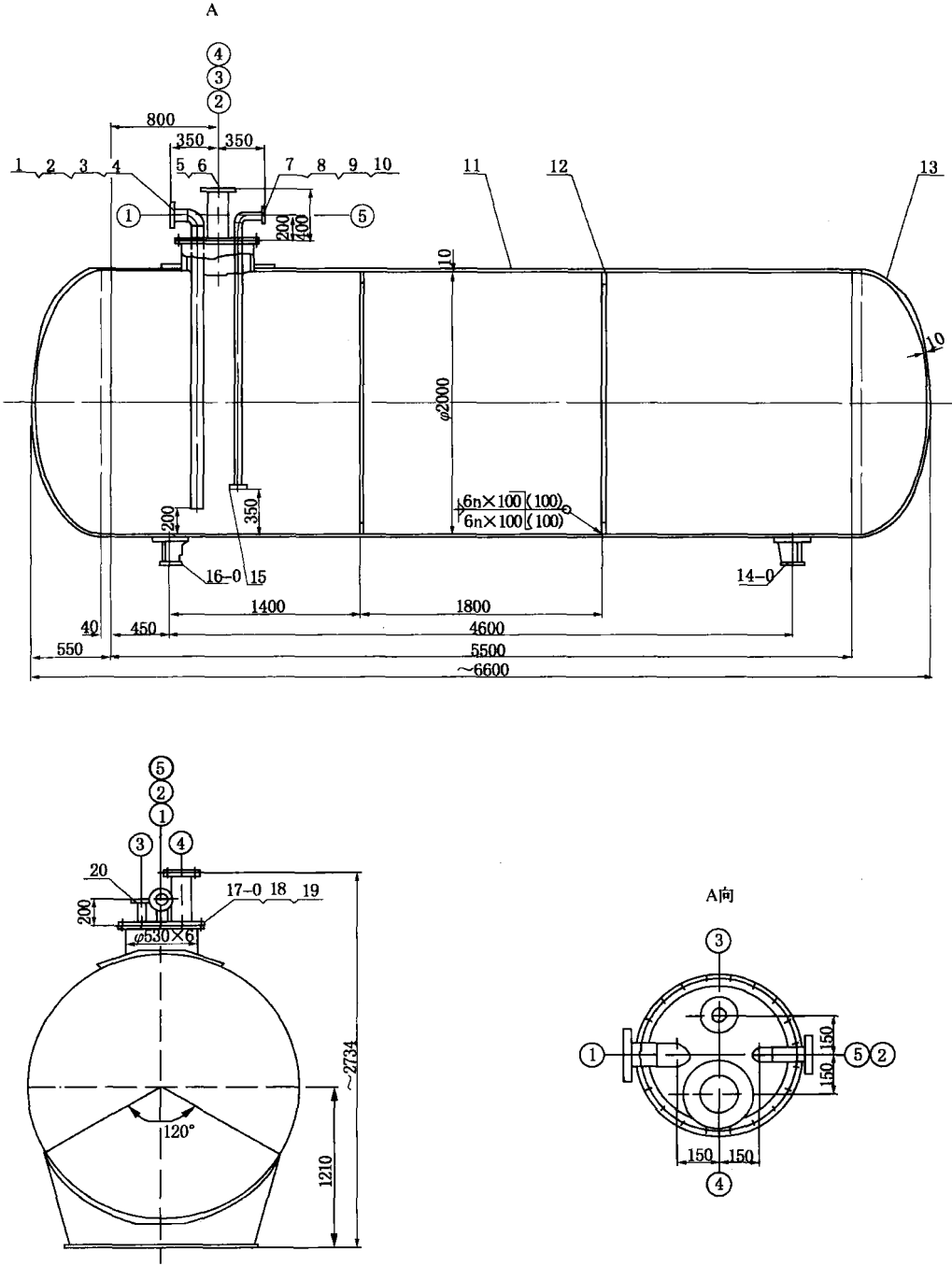


图 1-1-5 加油站地下储油罐的典型结构示意图

- 1—板式平焊钢制管法兰；2—接管；3—无缝弯头；4—进油管；5—板式平焊钢制管法兰；6—接管；
 7—板式平焊钢制管法兰；8—接管；9—弯头；10—出油管；11—筒体；12—加强筋；13—椭圆形封头；
 14—0—活动鞍式支座；15—板式平焊钢制管法兰；16—0—固定鞍式支座；17—0—常压人孔；18—补强圈；
 19—垫片；20—透气管；①—进油口；②—人孔；③—通气孔；④—量油口；⑤—出油口

2) 呼吸阀与阻火器

(1) 呼吸阀

储油罐呼吸阀是一种抑制蒸发损耗，保护储油罐在超压或超真空时免遭损坏的装置。加油站储油罐使用的呼吸阀主要有重力式、弹簧式、重力弹簧复合式和全天候呼吸阀等四种。

呼吸阀按结构形式可分为全天候型和普通型两种，操作温度范围分别为 $-30 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 和 $0 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。其规格以连接法兰的公称通径表示，有 $DN50$ 、 $DN80$ 、 $DN100$ 、 $DN150$ 、 $DN200$ 和 $DN250$ 等六种。呼吸阀的控制压力分为三级：呼出压力 355Pa，吸入压力 295Pa；呼出压力 980Pa，吸入压力 295Pa；呼出压力 1765Pa，吸入压力 295Pa。图 1-1-6 为常用 $DN50$ 机械呼吸阀的结构示意图，适用于卧式油罐，供油罐大小呼吸用。其控制正压为 2156Pa，负压为 637Pa，可用重块调节正负压力值。

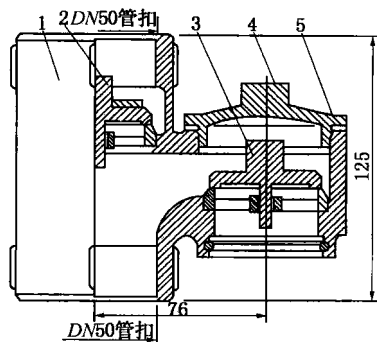


图 1-1-6 $DN50$ 机械呼吸阀

1—阀体；2—压力活瓣；3—真空活瓣；
4—小盖；5—密封圈

(2) 阻火器

储油罐阻火器只允许气体通过，不允许火焰通过，以阻止火花窜入罐内造成火灾，是阻止易燃液体蒸气火焰蔓延的消防安全装置，目前比较通用的结构型式有金属网型和波纹型。阻火器的规格也以连接法兰的公称通径表示，与呼吸阀的规格相对应，也有 $DN50$ 、 $DN80$ 、 $DN100$ 、 $DN150$ 、 $DN200$ 和 $DN250$ 等六种。对阻火器的性能要求主要为耐压性能、耐烧性能、阻爆性能、通气性能、流阻性能和耐低温性能。

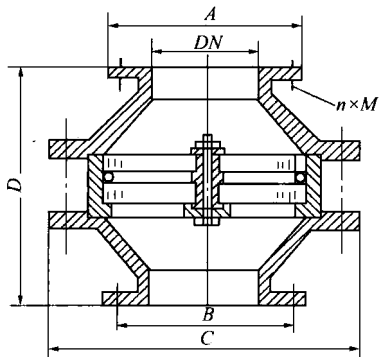


图 1-1-7 ZGB-1 型阻火器结构图

常用的 ZGB-1 型波纹石油储油罐阻火器可装于汽油、煤油、轻柴油、苯、甲苯、原油等固定顶储罐上与呼吸阀配套使用，也可装于内浮顶罐通气管上或加油站地下油罐通气管上。阻火器用铝合金壳体，阻火层采用不锈钢材料。ZGB-1 型阻火器的结构如图 1-1-7 所示。

3) 加油机

美国吉尔巴克 (Gilbarco) 公司于 1920 年生产出了世界上第一台机械加油机，我国上海于 1923 年引进了第一台机械燃油加油机。继 1974 年世界上出现了第一台电脑加油机之后，我国于 1976 年推出了由电子计数取代机械计数的电子加油机，并于 1985 年拥有了自己生产的电脑加油机。自从电子计算机技术应用于加油机以后，加油机增加了数码液晶显示、金额计算、数据存储、单价更改等多项功能，甚至可以将交易数据远程传输，以及进行远程控制等等。

常规电脑加油机主要由电机、油泵、油气分离器、流量计、电脑和加油枪等组成，其主要工作系统有液压系统和电脑系统。加油机的工作过程为：提取加油枪、电脑系统回零、电机启动、油泵工作、油经过油滤进入油气分离器，再经过电磁阀、流量计和加油枪，进入到机动车的油箱。电脑加油机由电脑系统控制加油机的全部工作，在接收外部启泵和关泵命令的同时，也能将加油机的实时加油信息传送到外部，实现和外部的连接和互动。液压系统负责将油从油罐运送到加油枪，再输送到机动车的油箱中。加油机的重要功能是计量和控制，

计量通过计量器完成, 计量器将计量的数值传输给电脑系统; 控制采用电磁阀, 通过电脑系统的指令控制加油机的启动和停止。电脑系统是加油机的中枢系统, 负责计量结果的计算、显示和存储; 负责加油机加油过程的控制以及数据的传输。电脑系统还可以实现加油机所加出各个油品的总累计和班累计, 帮助加油站实现班管理。

加油机分为固定泵式加油机(自吸式加油机)和潜泵型加油机, 后者又分为自带泵型潜油泵电脑加油机和不自带泵型潜油泵电脑加油机。自带泵型潜油泵电脑加油机的特点是, 每支加油枪均配备一只专用油泵为其供油, 该油泵的启停仅接受与之配对加油枪的指令, 摘枪启泵, 挂枪停泵。油泵、泵用接触器及电控接线等都安装于加油机的机体内, 全部由制造厂组装总成。因此, 自带泵型加油机在安装时, 现场的电气接线十分简单, 将电源线接入加油机的接线盒即可, 安装中不存在油泵电控接线出错的问题。

4) 加油枪

加油枪是加油机油路系统的终端, 是向车辆油箱中加油的工具, 属于加油站更换比较频繁的零部件。加油枪分为普通式加油枪、自封式加油枪和油气回收型加油枪。目前, 国内的加油机普遍采用自封式加油枪, 其特点是能够自动关枪。尚有部分加油机采用普通式加油枪。我国正在大力推进健康、安全、环保(HSE)加油站的建设, 越来越多的大城市加油站以及星级加油站正在大力实施加油站的油气回收处理, 因此油气回收型加油枪越来越受到人们的青睐。油气回收型加油枪与普通式加油枪、自封式加油枪的主要区别在于其加油胶管为反向同轴胶管(即夹壁胶管), 枪体与枪管既有油品通道又有油气通道。

现用加油枪的口径一般都为 $\phi 19\text{mm}$, 当流量为 $60\text{L}/\text{min}$ 时, 管中流速已达 $3.54\text{m}/\text{s}$, 接近限制流速。而且流速越大, 在油箱内产生油沫子也越多, 往往油箱还未加满, 油沫子就溢出油箱; 同时也容易发生静电着火事故。另外, 现在规定的加油机爆炸危险场所的范围, 也按流量为 $60\text{L}/\text{min}$ 时测定, 流量如果增大, 油气的扩散范围也会相应扩大。综合考虑以上因素, 《汽车加油加气站设计与施工规范》(GB50156—2002) 规定加油枪的流量不应大于 $60\text{L}/\text{min}$ 。

除了上述常规加油站之外, 目前在北京等地还出现了集装箱式撬装加油设备。

1.1.4 油罐车

成品油运输系统包括管道运输、油罐汽车运输、铁路罐车运输、油轮运输等几种。以北京地区为例, 目前该地区的成品油运输多采用铁路罐车运输和油罐汽车运输。2007年8月由中石化投资建设的北京环六环成品油管道工程, 起于燕山石化, 全长 183km , 年接收燕山石化来油能力可达 420万 t 。据悉中石油也计划在北京投资建设成品油管道工程。即便如此, 向每个加油站储油罐供油的任务仍然主要借助油罐汽车来完成。

1) 油罐汽车

油罐汽车是盛装、运输油品的车辆, 罐体用金属板材制作, 设有在一定压力下通气的呼吸阀, 作为加油的罐车还将配置油泵、流量计、保温设施等。汽车罐车是散装油品公路运输的专用工具, 其设计、制造安装和使用均应符合易燃易爆石油化工产品的有关安全规定, 其外观结构如图 1-1-8 所示。

在轻油类罐车中, 中国在 20 世纪 50 年代初期只能生产载重 25t 、有效容积仅为 30.5m^3 的 G_3 型轻油罐车。1953 年设计制造了载重 50t 、有效容积 51m^3 的 G_{50} 型全焊结构轻油罐车。1967 年设计制造了有效容积 60m^3 、载重 52t 的 G_{60} 型轻油罐车, 以及 1965 年开始制造的有效容积 77m^3 、载重 63t 的 G_{19} 型无底架轻油罐车。