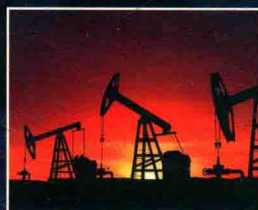


石油化工安全系列教材

油气储运安全 技术及管理

徐玉朋 竺振宇◎主 编
张红玉 张华文◎副主编

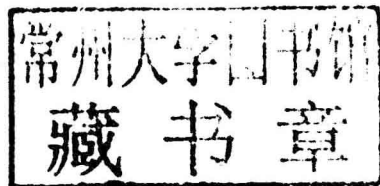
*YOUQI CHUYUN ANQUAN
JISHU JI GUANLI*



油气储运安全技术及管理

徐玉朋 竺振宇 主 编

张红玉 张华文 副主编



海洋出版社

2016年·北京

内 容 提 要

本书概括性地阐述石油及天然气行业储运安全技术及管理的基本思想、基本理论、基本方法以及预防事故的基本技术。

全书共分为7章。主要内容包括绪论、系统安全工程基础知识、系统安全分析与评价、加油(气)站安全管理、油库安全技术与管理、管道安全分析与评价、油库安全消防等内容。

编写过程中,本书内容的广度和深度紧紧围绕油气储运工程专业培养目标展开,强调完整性和实用性,力争用较少的篇幅,使读者较系统、较清晰地掌握石油及天然气行业储运安全技术和管理的核心与精髓。是从事油气储运安全技术与管理工作的参考资料,适用于工程技术人员,管理人员,也可供相关院校师生学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

油气储运安全技术及管理/徐玉朋,竺振宇主编. —北京:海洋出版社,2016.6
ISBN 978-7-5027-9510-8

I. ①油… II. ①徐… ②竺… III. ①石油与天然气储运-安全管理 IV. ①TE8

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第141177号

责任编辑:赵武 黄新峰

责任印制:赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路8号 邮编:100081

北京朝阳印刷厂有限责任公司印刷 新华书店发行所经销

2016年6月第1版 2016年6月北京第1次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:15.5

字数:373千字 定价:45.00元

发行部:62132549 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

浙江海洋大学特色教材编委会

主任：吴常文

副主任：虞聪达

编委：(按姓氏笔画排序)

王颖	方志华	邓一兵
邓尚贵	全永波	李强
吴伟志	宋秋前	竺柏康
俞存根	唐志波	黄永良
黄品全	韩伟表	程继红
楼然苗	蔡慧萍	

前 言

石油及天然气是国家的重要能源之一，随着石化工业的发展，石油及天然气在国民生产和生活中扮演的角色越来越重要，越来越受到人们的重视。

油气储运安全技术及管理是一门综合性的学科，其研究内容涉及对储运行业的人、物、环境等诸多对象采取的安全技术措施；设计、施工、验收、操作、维修以及经营管理等诸多环节中的安全技术问题，包括安全设计、设备和设施的安全技术管理、检修安全技术、环境保护、劳动保护、消防技术、事故预测与分析技术等。

编写背景

作为国家支柱产业的石油天然气行业具有易燃易爆、有毒有害、高温高压、连续作业、链长面广等特点，极具危险性，事故发生概率高，且一旦发生事故后果极其严重。近几年，随着我国石油天然气事业的不断发展，油气的生产、储运和使用的数量也越来越多，范围也越来越广，油气储运系统中发生的泄漏、火灾与爆炸事故时有发生，这些事故的发生不仅给国家和人民群众的生命与财产造成极大的损失，也给社会的公共安全与社会稳定带来了极大的负面影响，从一定程度上影响了石油天然气事业的推进与发展。因此，油气储运安全是石油天然气行业首先要考虑的问题之一。采取有效的安全防范措施，对工程全程进行有效监控与管理，可以说已经成为保障石油天然气行业财产和人身安全的重要手段。

同时，随着我国法制化建设的不断深入和市场经济的不断完善，国家对企业的安全管理要求越来越高，企业面临的压力越来越大。全社会已形成了“热爱生命、关注安全”的舆论氛围，“安全第一”的理念深入人心。石油天然气的安全管理受到了前所未有的重视，这必将促进我

国石油天然气行业的安全管理工作，有利于建立安全长效机制，为在石油及天然气行业率先建立一流的社会主义现代化企业和具有较强国际竞争力的跨国企业集团提供保障。如何处理好安全与生产的关系问题，预防事故、减少各种损失，已成为企业发展的首要问题。

主要内容

各章主要教学内容如下。

第1章 绪论。本章从介绍近几年石油化工有限公司发生的重大事故案例出发，探讨研究油气储运安全技术与管理内容的意义，同时介绍储运安全技术研究对象及内容。

第2章 系统安全工程基础知识。本章从危险概念、有害因素分类与识别方法出发，重点介绍重大危险源辨识与控制理论、事故致因理论及管理方法。

第3章 系统安全分析与评价。本章从安全评价的基本概念及原理出发，重点介绍定性与定量安全分析方法。

第4章 加油（气）站安全管理。本章从介绍各种加油（气）站功能与类型出发，重点介绍CNG加气站、LNG加气站、加油站、输油站场安全管理技术与知识。

第5章 油库安全技术与管理。本章从油库储运安全技术与管理要求出发，重点介绍油库设备安全检修的一般要求、油库设备检修过程中的隔离封堵和清扫清洗技术及油库动火、动土、罐内和高空作业安全要求。

第6章 管道安全分析与评价。本章从管道安全评价模式出发，重点介绍输油管道运行安全管理技术、输气管道与站场运行安全管理技术及管道安全运行控制技术。

第7章 油库安全消防。本章介绍了防火和灭火的基本原理；消防给水和灭火剂数量的计算方法；灭火器配置要求与使用方法；灭火应急预案制定与演练要求；重点介绍油库常见火灾的灭火方法。

编写特色

本书根据《石油设计规范》（GB50074-2014）、《汽车加油加气站设

计与施工规范》(GB50156-2012)、石油及天然气行业的规程、标准、安全科学理论,以及长期从事石油及天然气行业安全教学与培训积累的经验编写而成。

本书既有一定的理论深度,又结合安全工程实际,既含有安全工程的最新技术,又有解决具体问题的方法,并吸取现代安全科学理论和技术措施。具体为:

(1) 便于教学:在编写教材时,不仅考虑到教学内容的科学性、系统性等方面的问题,同时尽可能地使教材易教易学,繁难一些的内容经过学生努力也能够掌握。

(2) 适当的先进性:在编写过程中,选用最新的行业标准、规范。树立先进的安全理念,引用先进的管理体系,介绍的石油及天然气行业储运安全技术也是目前最成熟和可靠的。

(3) 可操作性:为培养应用型人才的需要,教材内容中,强调了操作技能的培养,如消防设备的使用及维护方法,重点介绍了油库、加气站应急情况下的应急处理手段,如:输油管道发生事故的抢维修技术、加油站发生常见事故的处理方法等。

(4) 提高分析和解决问题能力:每部分内容增加了近几年发生的典型案例。通过对案例的分析,提高学生对事故分析及事故发生紧急情况下的处理能力。

教学建议

本教材建议学时为40学时,各章学时分配如下。

第1章:理论教学2学时。通过本章教学使学生了解本课程的研究对象与内容,掌握油气储运安全技术与管理研究的意义。

第2章:理论教学4学时。通过本章教学使学生了解危险、有害因素分类与识别方法;掌握重大危险源辨识与控制理论;掌握事故致因理论及管理方法。

第3章:理论教学6学时。通过本章教学使学生系统掌握安全评价的基本概念及原理;掌握定性与定量安全分析方法。

第4章:理论教学8学时。通过本章教学使学生掌握CNG加气站、

LNG 加气站、加油站、输油站场安全管理技术与知识。

第5章：理论教学6学时。通过本章教学使学生掌握油库油品储运安全技术与管理方面知识；掌握油库设备安全检修的一般要求；掌握油库设备检修过程中的隔离封堵和清扫清洗技术；掌握油库动火、动土、罐内和高空作业安全要求。

第6章：理论教学6学时。通过本章教学使学生掌握管道安全评价模式；掌握输油管道运行安全管理技术；掌握输气管道与站场运行安全管理技术；掌握管道安全运行控制技术。

第7章：理论教学8学时。通过本章教学使学生掌握防火和灭火的基本原理；掌握消防给水与灭火剂用量计算方法；掌握泡沫灭火设备设施使用方法；了解灭火作战方案制定和演练要求；掌握油库加油站火灾的扑救方法。

自学建议

(1) 本课程涉及规范等条文内容较多，在自学过程中，需要结合课外相关资料。

(2) 要学会结合前阶段油气储运工程专业课程理论背景，综合分析，解读成因，释出疑虑。

(3) 本课程实践性较强，需要有丰富的实践经验才能加深理解和掌握，在有限的学习时段内，应主动参与现场观摩，增强感性认识。

(4) 培养预习下一次课堂内容的习惯，能全面思考每章节后的思考题。

适用对象

本书是高等院校油气储运工程专业本、专科使用教材，是从事油气储运安全技术与管理工作人员的参考资料，同时也适用于工程技术人员，管理人员参阅。

编写团队

在本书的编写过程中，得到了中石化浙江舟山石油有限公司鲁信春

副总经理以及浙江天禄能源有限公司朱根民总经理的大力支持和帮助，另外郝斌、王奕文、叶佳君、陈安等浙江海洋大学本科生在资料收集和整理过程中付出了辛勤劳动。

致谢

本书参考了国内外油气储运工程领域的研究成果，谨向原作者和出版社致以崇高的敬意和诚挚的感谢。

本书由浙江海洋大学教材出版基金资助出版。

由于编著时间仓促，书中缺点和错误在所难免，真诚希望广大读者给予批评赐教，以臻完善。

编者

2016年5月

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 油气储运事故案例	(2)
1.2 油气储运安全技术研究的意义	(4)
1.3 储运安全技术研究对象及内容	(5)
第2章 系统安全工程基础知识	(8)
2.1 危险、有害因素的分类与识别	(9)
2.1.1 危险、有害因素的概念	(9)
2.1.2 危险、有害因素的分类	(9)
2.1.3 危险、有害因素的识别	(10)
2.2 重大危险源辨识与控制理论	(22)
2.2.1 重大危险源辨识	(22)
2.2.2 重大危险源控制	(23)
第3章 系统安全分析与评价	(28)
3.1 系统安全评价的基本概念及原理	(29)
3.1.1 系统与系统观	(29)
3.1.2 系统安全与系统安全工程	(29)
3.1.3 系统安全评价	(30)
3.2 定性安全分析	(31)
3.2.1 安全检查表	(31)
3.2.2 危险性预先分析	(35)
3.2.3 故障类型和影响分析	(39)
3.2.4 危险性与可操作性研究	(43)
3.2.5 作业条件危险性评价	(47)
3.2.6 危险度评价法	(50)
3.2.7 事件树分析	(52)
3.3 定量安全评价	(56)
3.3.1 事故树分析	(56)
3.3.2 道化学火灾、爆炸危险指数评价法	(63)
3.3.3 蒙德火灾、爆炸、毒性危险指数评价法	(69)

第4章 加油(气)站安全管理	(78)
4.1 压缩天然气加气站安全管理	(79)
4.1.1 加气站的分类和系统组成	(79)
4.1.2 压缩天然气加气站危险因素分析	(80)
4.1.3 天然气加气站常见操作规程	(84)
4.1.4 压缩天然气加气站安全管理规定	(87)
4.2 液化天然气汽车加气站安全管理	(91)
4.2.1 液化天然气安全特性	(92)
4.2.2 液化天然气加气站设备运行危险分析	(95)
4.2.3 液化天然气加气站安全运行	(97)
4.2.4 液化天然气加气站的安全管理规定	(100)
4.3 加油站安全管理	(102)
4.3.1 加油站平面布置安全要求	(102)
4.3.2 加油站工艺设施安全要求	(102)
4.3.3 油罐设置的安全要求	(103)
4.3.4 加油站的火灾危险性分析以及预防	(103)
4.3.5 加油站防雷工程技术	(105)
4.3.6 加油站安全操作规程	(106)
4.3.7 加油站常见事故预案	(109)
4.4 输油站安全管理	(111)
4.4.1 输油站总体工艺流程	(111)
4.4.2 输油站场主要危险因素分析	(113)
4.4.3 输油站场设备安全管理	(116)
4.4.4 输油站场安全试运及安全管理	(121)
第5章 油库安全技术与管理	(125)
5.1 油库收发油作业安全措施	(126)
5.1.1 油库收发油作业中防着火爆炸的安全措施	(126)
5.1.2 防止跑、冒油的安全措施	(127)
5.1.3 防止混油的安全措施	(127)
5.1.4 防静电灾害的安全措施	(128)
5.1.5 检尺、测温和采样作业的安全措施	(129)
5.2 油库安全管理制度	(130)
5.2.1 安全生产责任制	(130)
5.2.2 安全教育制度	(134)
5.2.3 安全检查制度	(136)

5.2.4	用火管理制度	(139)
5.2.5	事故及事故隐患管理制度	(142)
5.2.6	安全监督制度	(144)
5.2.7	工业卫生管理制度	(145)
5.2.8	安全作业禁令和规定	(145)
第6章	管道安全分析与管理	(150)
6.1	油气管道安全的重要性	(151)
6.1.1	输油管道事故的特点	(151)
6.1.2	输气管道事故的特点	(151)
6.2	管道运行安全影响因素	(152)
6.2.1	设计因素	(153)
6.2.2	施工因素	(154)
6.2.3	误操作因素	(155)
6.2.4	腐蚀因素	(155)
6.2.5	第三方损坏因素	(156)
6.3	输油管道运行的安全管理	(156)
6.3.1	线路维护	(157)
6.3.2	线路巡查	(158)
6.3.3	管道系统设备的安全	(158)
6.3.4	输油管道系统安全运行管理	(159)
6.3.5	输油管道的清管	(160)
6.4	输气管道运行安全管理	(161)
6.4.1	输气管道试运投产的安全措施	(161)
6.4.2	输气管道运行的安全措施	(162)
6.4.3	输气站场的安全管理	(162)
6.4.4	压缩机组的安全管理	(162)
6.4.5	重要设备的安全管理	(163)
6.5	管道抢维修施工作业	(163)
6.5.1	一般要求	(163)
6.5.2	带压堵漏的作业安全管理与防护	(165)
6.5.3	作业安全注意事项	(168)
6.6	油气管道的腐蚀和缺陷检测	(169)
6.6.1	外防腐层监测	(170)
6.6.2	内腐蚀监测	(171)
6.7	输油管道的泄漏监测	(173)

6.7.1	压力或流量突变法	(173)
6.7.2	体积或质量平衡法	(174)
6.7.3	实时模型法	(174)
6.7.4	声学法	(174)
6.7.5	压力梯度法	(175)
6.7.6	负压力波法	(175)
第7章	油库安全消防	(177)
7.1	防火防爆知识	(178)
7.1.1	油品的火灾危险性分类	(178)
7.1.2	燃烧与爆炸机理	(179)
7.2	灭火的基本方法及常用灭火剂	(183)
7.2.1	灭火基本方法	(183)
7.2.2	油库常用灭火剂	(185)
7.3	灭火器的配置及使用	(192)
7.3.1	常用灭火器	(192)
7.3.2	灭火器的配置	(196)
7.4	油库灭火系统	(204)
7.4.1	消防给水系统	(204)
7.4.2	消防泡沫灭火系统	(209)
7.5	灭火作战预案制订与演练	(217)
7.5.1	制定灭火作战方案的意义和原则	(217)
7.5.2	确定消防重点保护部位	(217)
7.5.3	灭火作战方案的主要内容	(218)
7.5.4	灭火作战方案的演练	(219)
7.6	油库火灾的扑救方法	(220)
7.6.1	油罐火灾的扑救	(220)
7.6.2	油泵房火灾的扑救	(225)
7.6.3	油罐车火灾的扑救	(225)
7.6.4	油船火灾的扑救	(227)
7.6.5	油桶及桶装库房和堆场火灾的扑救	(227)
7.6.6	油管破裂火灾的扑救	(229)
7.6.7	扑救人员的安全保障	(230)
参考文献		(232)

第1章 绪 论

教学目标:

1. 了解石油天然气行业事故特点
2. 掌握储运安全技术研究对象及内容

本章重点:

1. 了解石油天然气的危险特性
2. 掌握研究储运安全技术的意义

本章导读: 石油及天然气是国家的重要能源之一,随着石油及天然气的发展,石油及天然气在国民生产和生活中扮演着重要的角色,越来越受到人们的重视。

作为国家支柱产业的石油天然气行业具有“易燃易爆、有毒有害、高温高压、连续作业、链长面广”等特点,极具各种危险性,事故发生概率高,且一旦发生事故后果极其严重。因此,油气储运安全是石油天然气行业首先要考虑的问题之一,采取有效的安全防范措施,对工程全程进行有效监控与管理,可以说已经成为保障石油天然气行业财产和人身安全的重要手段。

1.1 油气储运事故案例

对于石油天然气行业，油气储运作为从油气开采到终端销售的中间环节，具有不可替代的重要作用。由于石油及天然气具有易燃、易爆、挥发性强等特性，在储运过程中极易发生泄漏、燃烧以及爆炸等事故。储运事故的发生，会造成大量的国家财产损失、人员伤亡、环境破坏，甚至产生极坏的社会影响。

据统计，新中国成立以来石油天然气行业储运事故已经多达数千起，带来的损失是巨大的。

近几年发生的典型事故：

(1) 大连市开发区新港镇输油管道发生爆炸引发火灾。

2010年7月15日15时30分许，“宇宙宝石”油轮开始向国际储运公司原油罐区卸油，卸油作业在两条输油管道同时进行。当天20时许，作业人员开始通过原油罐区内一条输油管道（内径0.9米）上的排空阀，向输油管道中注入脱硫剂。7月16日13时许，油轮暂停卸油作业，但注入脱硫剂的作业没有停止。18时许，在注入了88立方米脱硫剂后，现场作业人员加水对脱硫剂管路和泵进行冲洗。18时8分许，靠近脱硫剂注入部位的输油管道突然发生爆炸，引发火灾，造成部分输油管道破损，大量原油泄漏。附近储罐阀门、输油泵房和电力系统损坏。事故导致储罐阀门无法及时关闭，火灾不断扩大。原油顺地下管沟流淌，形成地面流淌火。事故造成103号罐和周边泵房及港区主要输油管道严重损坏，部分原油流入附近海域。

经初步分析，此次事故的原因是，在“宇宙宝石”油轮已暂停卸油作业的情况下，作业人员继续向输油管道中注入含有强氧化剂的原油脱硫剂，造成输油管道内发生化学爆炸。大火持续燃烧15个小时，事故现场设备管道损毁严重，周边海域受到污染，社会影响重大，教训极为深刻。

事故原因：①事故单位对所加入原油脱硫剂的安全可靠性没有进行科学论证；②原油脱硫剂的加入方法没有正规设计，没有对加注作业进行风险辨识，没有制定安全作业规程；③原油接卸过程中安全管理存在漏洞。指挥协调不力，管理混乱，信息不畅，有关部门接到暂停卸油作业的信息后，没有及时通知停止加剂作业，事故单位对承包商现场作业疏于管理，现场监护不力；④事故造成电力系统损坏，应急和消防设施失效，罐区阀门无法关闭。另外，港区内原油等危险化学品大型储罐集中布置，也是造成事故险象环生的重要因素。

(2) 青岛输油管道爆炸。

2013年11月22日凌晨3点,位于青岛市黄岛区秦皇岛路与斋堂岛路交汇处的输油管线破裂,事故发现后,约3点15分关闭输油,斋堂岛街约1000平方米路面被原油污染,部分原油沿着雨水管线进入胶州湾,海面过油面积约3000平方米。黄岛区立即组织在海面布设两道围油栏。处置过程中,当日上午10点30分许,黄岛区沿海河路和斋堂岛路交汇处发生爆燃,同时入海口被油污染海面上发生爆燃。事故共造成62人遇难,136人受伤,直接经济损失7.5亿元。

事故原因:输油管道泄漏原油进入市政排水暗渠,在形成密闭空间的暗渠内油气积聚遇火花发生爆炸。事故发生的直接原因是输油管道与排水暗渠交汇处管道腐蚀减薄、管道破裂、原油泄漏,流入排水暗渠及反冲到路面。原油泄漏后,现场处置人员采用液压破碎锤在暗渠盖板上打孔破碎,产生撞击火花,引发暗渠内油气爆炸。由于原油泄漏到发生爆炸达8个多小时,受海水倒灌影响,泄漏原油及其混合气体在排水暗渠内蔓延、扩散、积聚,最终造成大范围连续爆炸。

(3) 西安储油罐爆炸事故。

2010年10月11日20时40分,西安市某化工厂内一个储油罐发生爆炸,事故至少造成6人不同程度受伤。事故发生后,西安市公安消防支队立即启动将于次年召开的世园会消防预案,调集全市多个消防中队近百辆消防车和数百名消防官兵赶赴现场展开抢险,直到22时30分许将险情基本控制,但仍在对爆燃油罐进行喷水冷却。公安灞桥分局出动260余名警力维护现场秩序,并对附近2000余名群众进行了安全疏散。

21时05分,38名消防官兵和9辆消防车赶赴现场进行处置,当时现场的火焰高达20多米,他们除了对爆炸起火的油罐进行灭火外,还会同随后赶到现场的官兵对另外4个地埋油罐进行不间断地冷却,经过1小时40分钟的紧张扑救,终于将火势控制,险情基本被排除。

23时30分,事发现场整个院内污水横流,远远就能闻到还有刺鼻的气味在空中飘浮着,距爆炸厂房约70米处是油罐爆炸的中心位置。炸裂的油罐残骸倒栽在泥土中,半截已经不见踪影,而紧邻该罐最危险的油罐还在向外冒着热气。加工柴油的器具也乱七八糟横躺在院内各处,而该厂房玻璃也被爆炸震得支离破碎。在现场的公安灞桥消防支队8中队的38名官兵仍在对现场另外4个半埋在地下的油罐喷水降温。

事故原因:一辆油罐车卸油过程中出现事故引起。

从以上的案例可以得出,作为储运设备中的油轮、管道、油罐都可能会发生事

故，事故类型及原因也各有不同。随着国家经济高速发展，油库规模越来越大、管道覆盖范围越来越广，带给储运行业的安全压力也与日俱增。

1.2 油气储运安全技术研究的意义

石油及天然气行业具有“易燃易爆、有毒有害、高温高压、连续作业、链长面广”等特点，极具危险性，事故发生概率高，且一旦发生事故后果极其严重。油气储运安全是石油天然气行业首先要考虑的问题之一，采取有效的安全防范措施，对工程全程进行有效监控与管理，可以说已经成为保障石油天然气行业财产和人身安全的重要手段。

因此，在石油及天然气行业研究油气储运技术是十分必要的，其原因主要有以下几方面。

(1) 原材料和油品的性质：石油及天然气行业生产过程中涉及物料危险性大，发生火灾、爆炸及群死群伤事故几率高。石油及天然气行业生产过程中所使用的原材料、辅助材料半成品和成品绝大多数属易燃、可燃物质，一旦泄漏，其蒸发的气体与空气形成爆炸性混合气体，极易引发燃烧和爆炸事故；许多物料是高毒或剧毒物质，极易导致人员伤亡。

(2) 工艺条件：石油及天然气行业生产工艺复杂，运行条件要求严格，易出现突发灾难性事故。生产过程需要经历很多物理、化学过程和传质、传热单元操作，一些过程控制条件要求异常苛刻，如高温、高压、低温、真空等。

(3) 生产方式：石油及天然气行业生产装置大型化，生产规模大，连续性强，局部事故会影响整个装置的运行。装置呈大型化和单系列，自动化程度高，只要某一部、某一环节发生故障或操作失误，就会牵一发而动全身。

(4) 设备装置：石油及天然气行业生产设备日益大型化，原油罐从1万 m^3 增加到15万 m^3 甚至20万 m^3 ；液化气球罐从400 m^3 发展到8000 m^3 ，低温贮罐从5 m^3 增加到2万 m^3 ，甚至5万 m^3 。但设备大型化导致安全生产、防火灭火、安装检修的难度不断加大，并产生相应的变化。一旦发生事故，扑救难度大，损失更加严重。

(5) 动力能源：石油天然气行业生产具有火源、电源、热源交织使用的特点。这些动力能源如果存在设备与工艺缺陷、管理不当等情况，极易发生各种事故。石油天然气行业生产安全管理是企业经营的重要组成部分，它关系到企业经营状况和企业整体形象的好坏，是保证企业振兴与发展的一项重要工作。