



中国石油天然气集团公司统编培训教材

工程建设业务分册

储罐施工

《储罐施工》编委会 编



石油工业出版社

中国石油天然气集团公司统编培训教材

工程建设业务分册

储罐施工

《储罐施工》编委会 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书从钢制立式圆筒形储罐及球形储罐的基础知识出发,系统详细地介绍了储罐用钢材及焊材、施工准备、基础施工及处理、立式储罐的预制与组装焊接、球形储罐的预制与组装焊接、附件安装、无损检测、质量检验与试验等内容,是一本指导储罐工程施工的参考书。

本书是中国石油天然气集团公司组织编写的“统编培训教材”系列丛书之一,是参与石油天然气储罐工程施工的中、高级工程技术人员的培训教材,适合于从事储罐工程施工的技术人员和管理人员业务学习,同时也可供与储罐施工相关的设计、建设、监理等单位员工参考。

图书在版编目(CIP)数据

储罐施工/《储罐施工》编委会编.
北京:石油工业出版社,2016.2
(中国石油天然气集团公司统编培训教材)
ISBN 978-7-5183-0729-6

I. 储…

II. 储…

III. 储罐—工程施工—技术培训—教材

IV. TE972

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 112830 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com

编辑部:(010) 64523580 图书营销中心:(010) 64523633

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2016 年 2 月第 1 版 2016 年 2 月第 1 次印刷

710×1000 毫米 开本:1/16 印张:26.5

字数:466 千字

定价:93.00 元

(如出现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

《中国石油天然气集团公司统编培训教材》

编 审 委 员 会

主任委员：刘志华

副主任委员：张卫国 金 华

委 员：刘 晖 胡永庆 翁兴波 王 跃
马晓峰 闫宝东 杨大新 吴苏江
赵金法 方朝亮 古学进 刘东徐
张书文 雷 平 郑新权 邢颖春
张 宏 侯创业 李国顺 杨时榜
张永泽 张 镇

《储 罐 施 工》

编 委 会

主 任：白玉光

副 主 任：杨庆前 李崇杰 杨时榜

委 员：陈 广 辛荣国 于国锋 孙 申

陈中民 赵彦龙 徐 鹰 刘春贵

朱广杰 李松柏 孟 博 李明华

刘晓明 周 平 陶 涛 魏斯钊

《储 罐 施 工》

编 审 人 员

主 编：刘家发

副 主 编：曲文忠 韩宝林

编 写 人 员：赵洪元 贺长河 王怀庆 高安翔

刘古文 吕 滨 李英华 官云胜

单 凌 张艳玲 纪海涛 邹志宏

康 军 王剑勃 孟振铎 王宏红

刘 聪 周俊鹏 张信飞 李 杨

审 定 人 员：张德山 张家晖

序

企业发展靠人才，人才发展靠培训。当前，集团公司正处在加快转变增长方式，调整产业结构，全面建设综合性国际能源公司的关键时期。做好“发展”、“转变”、“和谐”三件大事，更深更广参与全球竞争，实现全面协调可持续，特别是海外油气作业产量“半壁江山”的目标，人才是根本。培训工作作为影响集团公司人才发展水平和实力的重要因素，肩负着艰巨而繁重的战略任务和历史使命，面临着前所未有的发展机遇。健全和完善员工培训教材体系，是加强培训基础建设，推进培训战略性和国际化转型升级的重要举措，是提升公司人力资源开发整体能力的一项重要基础工作。

集团公司始终高度重视培训教材开发等人力资源开发基础建设工作，明确提出要“由专家制定大纲、按大纲选编教材、按教材开展培训”的目标和要求。2009年以来，由人事部牵头，各部门和专业分公司参与，在分析优化公司现有部分专业培训教材、职业资格培训教材和培训课件的基础上，经反复研究论证，形成了比较系统、科学的教材编审目录、方案和编写计划，全面启动了《中国石油天然气集团公司统编培训教材》（以下简称“统编培训教材”）的开发和编审工作。“统编培训教材”以国内外知名专家学者、集团公司两级专家、现场管理技术骨干等力量为主体，充分发挥地区公司、研究院所、培训机构的作用，瞄准世界前沿及集团公司技术发展的最新进展，突出现场应用和实际操作，精心组织编写，由集团公司“统编培训教材”编审委员会审定，集团公司统一出版和发行。

根据集团公司员工队伍专业构成及业务布局，“统编培训教材”按“综合管理类、专业技术类、操作技能类、国际业务类”四类组织编写。综合管理类侧重中高级综合管理岗位员工的培训，具有石油石化管理特色的教材，以自编方式为主，行业适用或社会通用教材，可从社会选购，作为指定培训教材；专业技术类侧重中高级专业技术岗位员工的培训，是教材编审的主体，按照《专业培训教材开发目录及编审规划》逐套编审，循序推进，计划编审300余门；操作技能类以国家制定的操作工种技能鉴定培训教材为基础，侧重

主体专业（主要工种）骨干岗位的培训；国际业务类侧重海外项目中外员工的培训。

“统编培训教材”具有以下特点：

一是前瞻性。教材充分吸收各业务领域当前及今后一个时期世界前沿理论、先进技术和领先标准，以及集团公司技术发展的最新进展，并将其转化为员工培训的知识和技能要求，具有较强的前瞻性。

二是系统性。教材由“统编培训教材”编审委员会统一编制开发规划，统一确定专业目录，统一组织编写与审定，避免内容交叉重叠，具有较强的系统性、规范性和科学性。

三是实用性。教材内容侧重现场应用和实际操作，既有应用理论，又有实际案例和操作规程要求，具有较高的实用价值。

四是权威性。由集团公司总部组织各个领域的技术和管理权威，集中编写教材，体现了教材的权威性。

五是专业性。不仅教材的组织按照业务领域，根据专业目录进行开发，且教材的内容更加注重专业特色，强调各业务领域自身发展的特色技术、特色经验和做法，也是对公司各业务领域知识和经验的一次集中梳理，符合知识管理的要求和方向。

经过多方共同努力，集团公司首批 39 门“统编培训教材”已按计划编审出版，与各企事业单位和广大员工见面了，将成为首批集团公司统一组织开发和编审的中高级管理、技术、技能骨干人员培训的基本教材。首批“统编培训教材”的出版发行，对于完善建立起与综合性国际能源公司形象和任务相适应的系列培训教材，推进集团公司培训的标准化、国际化建设，具有划时代意义。希望各企事业单位和广大石油员工用好、用活本套教材，为持续推进人才培训工程，激发员工创新活力和创造智慧，加快建设综合性国际能源公司发挥更大作用。

《中国石油天然气集团公司统编培训教材》

编审委员会

2011 年 4 月 18 日

前言

油气储罐以储存石油、天然气等液态和气态介质为主要功能，是复杂的焊接壳体结构容器，广泛应用于石油、天然气、化工、石油化工等工业领域。随着我国经济建设的高速发展，对石油、天然气等能源的需求数量逐渐增大，同时为了保障能源安全，国家大力提高储备能力，进一步推进了储罐工程的建设规模及水平。

我国储罐的设计及建造技术主要来源于国外，经过多年的消化和吸收，已经逐步掌握了设计、材料制造及施工技术。国内各储罐施工单位在长期的生产活动中，积累了丰富的施工经验，总结出了许多科学且行之有效的施工方法，无论在理论上还是应用技术上，都取得了不少成果。国内的专家、学者也先后出版了一些储罐设计、建造方面的书籍，对推进储罐建设的标准化和规范化起到了积极作用。但总体上看，现有专著的内容偏向于储罐的设计和基础理论，对储罐施工方面的论述还不够全面、深入和系统。

为满足广大储罐施工技术人员业务培训需要，我们组织工程技术人员从材料、土建、金属预制加工、安装、焊接、防腐保温等多个专业角度出发，总结了储罐施工单位的经验，汲取了广大技术人员的成果，并与当前和今后一个时期储罐施工技术发展趋势相结合，编制完成了本书。希望能对从事储罐工程施工的技术人员的学习提高有所帮助。

本书依据现行的储罐工程施工规范、规程和质量验收标准，并汲取了储罐工程的新技术、新工艺、新材料、新机具成果，按照合理的施工程序，对储罐施工的全过程进行了介绍。在内容上力求从实际出发，立足油气田储罐工程，突出行业特点，并将管理和技术有机地结合起来，保证教材的科学性、实用性和可操作性。本教材共分 13 章，主要内容包括储罐施工特点及技术发展，储罐用钢材及焊材，施工准备，基础施工及处理，立式储罐的预制、安装及焊接，球罐的预制及组装焊接，附件安装，防腐保温，无损检测，质量检验与试验等。

本教材由中国石油天然气集团公司工程建设分公司牵头组织，由大庆油

田工程建设有限公司负责组织编写。全书各章的编者为：第一章由刘家发、王怀庆编写，第二章由赵洪元、吕滨编写，第三章由贺长河、韩宝林编写，第四章由李英华、纪海涛、刘聪编写，第五章由高安翔、韩宝林、王剑勃编写，第六章由曲文忠、孟振铎、李杨编写，第七章由高安翔、刘古文、王宏红编写，第八章由官云胜、周俊鹏编写，第九章由刘家发、高安翔编写，第十章由刘家发、邹志宏编写，第十一章由王怀庆、高安翔、张信飞编写，第十二章由康军、张艳玲编写，第十三章由单凌、曲文忠编写。本教材由大庆油田工程建设有限公司刘家发主编，由中国石油天然气管道局第二工程分公司张德山和中国石油工程建设公司第一建设公司张家晖主审。全书由刘家发、王怀庆和高安翔进行统稿整理。

本书在编写过程中得到了中国石油天然气集团公司人事部员工培训处和工程建设分公司综合管理处的大力帮助和指导，得到了大庆油田有限责任公司基建管理中心的全力支持，在此一并表示衷心的感谢。

本书编写过程中，参考和引用了相关领域专家、学者和工程技术人员的著作和研究成果，在此我们向这些技术文献的原作者致以深切的谢意，正是由于他们的辛勤劳动才丰富了本书教材的内容。

由于时间仓促，加之编者水平有限，错误和疏漏之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见和建议。

编 者

2015 年 1 月

说明

本教材可作为中国石油天然气集团公司所属各建设、设计、预制、施工、监理、检测、生产等相关单位储罐培训的专用教材。本教材主要是针对从事储罐建设及管理的中高级技术人员和管理人员编写的，也适用于操作人员的技术培训。教材的内容来源于实际工程施工，实践性和专业性很强，涉及内容广。为便于正确使用本教材，在此对培训对象进行了划分，并规定了各类人员应该掌握或了解的主要内容。

培训对象主要划分为以下几类：

(1) 生产管理人员，包括项目经理、预制厂厂长、施工员、材料员、预算员、生产单位管理人员等。

(2) 专业技术人员，包括建设单位监督员、监理工程师、设计人员、施工单位技术及质量人员、预制厂技术及质量人员、检测技术人员等。

(3) 现场作业人员，包括预制厂工人、项目部工人、生产单位维修及操作工人等。

各类人员应该掌握或了解的主要内容如下：

(1) 立式储罐生产管理人员，要求掌握第三章、第四章、第五章、第六章、第七章、第十一章的内容，要求了解第一章、第二章、第十二章、第十三章的内容。

(2) 球形储罐生产管理人员，要求掌握第八章、第九章、第十章、第十一章的内容，要求了解第一章、第二章、第十二章、第十三章的内容。

(3) 立式储罐专业技术人员，要求掌握第一章、第二章、第三章、第四章、第五章、第六章、第七章、第十一章、第十二章、第十三章的内容。

(4) 球形储罐专业技术人员，要求掌握第一章、第二章、第八章、第九章、第十章、第十一章、第十二章、第十三章的内容。

(5) 立式储罐现场作业人员，要求了解第一章、第二章、第三章、第四章、第五章、第六章、第七章、第十一章、第十二章、第十三章的内容。

(6) 球形储罐现场作业人员，要求了解第一章、第二章、第八章、第九



章、第十章、第十一章、第十二章、第十三章的内容。

各单位在教学中要密切联系生产实际，在课堂教学为主的基础上，还应增加施工现场的实习、实践环节。建议根据教材内容，进一步收集和整理施工过程照片或视频，以进行辅助教学，从而提高教学效果。



目 录

第一章 绪论	1
第一节 储罐的种类和构造	1
第二节 储罐的施工特点和内容	9
第三节 储罐发展及施工技术概况	12
第四节 本书的内容和教学要求	16
第二章 储罐用材	17
第一节 储罐用材种类与要求	17
第二节 储罐用钢材简介	25
第三节 储罐的焊接材料选用及管理	31
第三章 施工准备	38
第一节 技术准备	38
第二节 人力资源准备	45
第三节 施工机具设备准备	46
第四节 施工物资准备	47
第五节 施工现场准备	49
第四章 储罐地基处理与基础施工	52
第一节 储罐地基处理的目的和方法	52
第二节 储罐地基处理施工工艺	57
第三节 储罐基础类型与施工	77
第五章 立式储罐的预制	89
第一节 预制场地的建立	89
第二节 罐底板的预制	93
第三节 罐壁板的预制	97

第四节	拱顶的预制	102
第五节	浮顶的预制	106
第六节	预制安全技术措施	108
第六章	立式储罐的组装	111
第一节	组装工艺介绍	111
第二节	组装设备与机具	119
第三节	正装法组装工艺	127
第四节	倒装法组装工艺	137
第五节	组装安全技术措施	146
第七章	立式储罐的焊接	150
第一节	概述	150
第二节	焊接设备与机具	158
第三节	储罐底板的焊接	168
第四节	储罐壁板的焊接	173
第五节	罐顶的焊接	180
第六节	焊接安全技术措施	183
第八章	球罐的工厂预制	185
第一节	球壳板的成型	185
第二节	球壳板下料及坡口加工	191
第三节	支柱和接管与球壳板的组焊	204
第四节	球壳板的检验	209
第五节	球壳板的存放及运输	212
第九章	球罐的现场组装	214
第一节	组装方案的编制	214
第二节	组装设备及工具	217
第三节	组装准备	226
第四节	组装方法	233
第五节	球罐防护棚的安装	255
第六节	组装安全措施	257
第十章	球罐的焊接	259
第一节	焊接技术方案的制订	259
第二节	球罐焊接的一般要求	264

第三节	球罐的焊条电弧焊	269
第四节	球罐的气体保护自动焊	277
第五节	焊接缺陷的修补	282
第六节	焊后整体热处理	285
第十一章	储罐附件安装与防腐保温	295
第一节	储罐附件安装	295
第二节	储罐防腐	308
第三节	储罐保温	325
第十二章	储罐的无损检测	331
第一节	概述	331
第二节	储罐射线检测	335
第三节	储罐超声检测	343
第四节	储罐渗透检测	347
第五节	储罐磁粉检测	351
第六节	储罐的检测实例	355
第十三章	储罐的质量检验、试验与交工验收	364
第一节	立式储罐的质量检验与试验	364
第二节	球形储罐的质量检验与试验	380
第三节	储罐的交工验收	400
参考文献		406

第一章 绪论

储罐作为油品、天然气和石油液化气及液态化工产品的专用储存设备,是石油化工装置和储运系统设施的重要组成部分。在石油和天然气的开采、储备、加工和消费过程中,都需要建设储油储气设备,都离不开各种容量和类型的储罐。

第一节 储罐的种类和构造

一、储罐的分类

目前,对储罐的分类尚无统一规定,通常按照储罐的建造位置、建造材料、几何形状、结构形式、储存介质、介质温度、用途等方面进行分类,并以几何形状分类最为常用。

1. 按建造位置分类

按储罐的建造位置可分为地上储罐、地下储罐、半地下储罐、海上储罐、海底储罐等。

2. 按建造材料分类

按建造储罐的材料可分为非金属储罐和金属储罐两大类。

非金属储罐有混凝土和预应力钢筋混凝土储罐、砖砌储罐、水封岩洞储罐、塑料储罐、玻璃钢储罐等。

金属储罐有钢制储罐、铝制储罐及铝镁合金储罐等,其中钢制储罐最常用。目前我国的储油储气设施以地面金属储罐为主。

3. 按几何形状分类

按储罐的外部几何形状可分为立式圆筒形储罐(以下简称为立式储罐)、卧式圆筒形储罐、球形储罐(以下简称为球罐)、双曲线储罐和悬链式储罐五类。

图 1-1 为常见的立式圆筒形储罐、卧式圆筒形储罐和球形储罐实物图。



图 1-1 常见的储罐形状实物图

立式储罐适用于储存常压、大容量的液体,如原油等;卧式圆筒形储罐适用于储存容量较小且需要压力较高的液体;球罐适用于储存容量较大、有一定压力的液体及气体,如液氨、液化石油气、乙烯等;双曲线储罐因结构复杂、施工困难、造价高,国内没建造过,国外也很少采用,实际上已经被淘汰;悬链式储罐在国内又称为无力矩储罐,国内在 20 世纪 50—60 年代曾建造过,但由于顶板过薄且易积水,出现锈蚀损坏,目前已被淘汰。

4. 按结构形式分类

立式储罐按其罐顶结构可分为固定顶储罐和浮顶储罐两种类型。

固定顶储罐又可分为锥顶储罐、拱顶储罐、伞形顶储罐和网壳顶储罐。浮顶储罐又可分为外浮顶储罐和内浮顶储罐。目前油气储运工程中常用的是拱顶储罐和外浮顶储罐,如图 1-2 所示。



图 1-2 立式储罐的结构形式

球罐按支承结构分为柱式支承和裙式支承、半埋入式支承、高架支承;按球壳的组合方式分为纯橘瓣式、纯足球瓣式和足球橘瓣混合式,如图 1-3 所示。目前,工程中广泛采用的是纯橘瓣式和足球橘瓣混合式球罐。

储罐按壳体层数可分为单层壳体储罐和双层壳体储罐。现在已经广泛采用双层壳体结构的是储存低温介质(如液化天然气)的储罐(图 1-4),其余储罐多采用单层壳体。