

化工施工技术经验汇编

球罐施工

化学工业部基建局组织编写



化学工业出版社

81.7865
152

化工施工技术经验汇编

球 罐 施 工

化学工业部基建局

组 织 编 写

310247/04

化学工业出版社

内 容 提 要

《化工施工技术经验汇编》是由化学工业部基建局组织编写的，包括大型压缩机安装、工业管道安装、化工炉施工、吊装、防腐衬里、绝热工程、球罐施工、焊接、土建、乙烯工程等十个分册。

本书为球罐施工，内容分四篇共十五章，第一篇为各类容积球罐施工特点及其主要问题，第二篇为球罐的整体热处理，第三篇为球罐施工的质量管理，第四篇为球罐的检测与修复。书中分别就球罐的组装和焊接、整体热处理、质量管理及检测修复等做了叙述。这些内容总结了各化工施工企业的实践经验，适于从事化学工业基本建设施工人员阅读。

本书主编单位为吉林化学工业公司建设公司，第一、二、四篇由罗清执笔，概论与第三篇由马骥龙执笔并对全书做了修改。

化工施工技术经验汇编

球 罐 施 工

化学工业部基建局
组 织 编 写

责任编辑：孙世斌
封面设计：许 立

化学工业出版社出版发行

（北京和平里七区十六号楼）

北京市京辉印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

开本787×1092¹/₁₆ 印张16³/₄ 字数424千字
1982年10月第1版 1983年10月北京第1次印刷

印 数 1—2,500

ISBN 7-5025-0176-2/TQ·138

定 价 5.20 元

《化工施工技术经验汇编》

编辑委员会

主 任	王凤璋		
副主任	张光裕	芦秀海	雍拥洪
委 员	王贞万	区振儒	李忠民
	吕荣麟	许树浩	李宝楼
	段福田	林葆聪	张辉南
	郭志恭	韩学通	康鸿鹤
	廖品静	黄璋佑	刘瑞奎
	董纪丰	王茂盛	谭俊杰

前 言

当前,我国工业正面临着一个提高质量,降低消耗,提高经济效益,提高企业素质的新转变。近十年来,化工系统各施工企业承担了大量的大型化肥和石油化工引进装置的建设任务,吸取了国外的新技术,创造了很多具有我国特色的施工方法。企业的技术素质有了明显的提高。但就化工系统施工企业全局而言,在技术上、管理上和国际先进水平相比,差距仍然较大,这种情况,远远不能满足社会主义四个现代化建设的需要。在第一个五年计划完成以后,我们曾经以大连、吉林化工建设经验为基础,总结编写了《施工技术汇编》。这套汇编曾对以后全国的化工建设起了很好的作用。为了全面推广近十年来的新经验,消化、吸收引进的先进技术,认真做好培训工作,化工部基建局从1982年初即开始组织力量,收集分散在各施工企业的资料,进行分析、整理、总结,以写实的方法着手编写《化工施工技术经验汇编》(简称《汇编》),供化工系统从事基本建设工作的广大干部、技术人员、工人学习培训使用。这套汇编包括大型压缩机安装、工业管道安装、化工炉施工、吊装、防腐衬里、绝热工程、球罐施工、焊接、土建、乙烯工程等十个分册。

《汇编》各分册将陆续出版,与读者见面。编委会借此谨向各主编单位以及热心帮助本书出版的同志、提供资料和执笔的同志致以谢意。

本书的内容力求准确、实用,文字尽量做到深入浅出简明扼要,我们希望《汇编》能对提高施工企业素质,对社会主义四个现代化的建设起到应有的作用。

由于水平所限,疏漏、谬误之处在所难免,尚祈广大读者予以指正。

《化工施工技术经验汇编》编委会

目 录

概 论	1
一、球罐的特点	1
二、球罐的结构及型式	1
三、球罐的材料	2
四、球罐的制作和施工	3
五、球罐的试压、检验和维修	4
六、引进球罐概况	5

第一篇 各类容积球罐施工特点 及其主要问题

第一章 8250m ³ 液氨球罐	8
第一节 概述	8
第二节 施工前的准备	10
第三节 球罐组装	14
第四节 球罐焊接	25
第五节 水压试验	31
第六节 球罐水压试验时的应变测量	41
第二章 5000m ³ 液氨球罐	46
第一节 概述	46
第二节 施工前的准备	48
第三节 球罐组装	52
第四节 球罐焊接	56
第五节 质量检验	58
第三章 1350m ³ 乙烯球罐	64
第一节 概述	64
第二节 施工前的准备	66
第三节 球罐组装	72
第四节 球罐焊接	73
第五节 质量检验	88
第六节 水压试验	90
第四章 1000m ³ 乙烯球罐	93
第一节 概述	93
第二节 施工前的准备	95
第三节 球罐组装	108
第四节 球罐焊接	113
第五节 质量检验	124
第六节 缺陷的返修及修补	128

第七节 水压试验	129
第八节 气密性试验	132
第九节 冬季施工	133
第五章 400m ³ 球罐	136
第一节 概述	136
第二节 球罐组装	136
第三节 球罐焊接	137
第四节 主要施工机具和材料	139
第六章 200m ³ 液氨球罐	140
第一节 概述	140
第二节 球罐组装	140
第三节 球罐焊接	143
第四节 整体热处理	146
第五节 质量检验	146
第六节 几点建议	147
第七章 120m ³ 液氨球罐	148
第一节 概述	148
第二节 焊接要求	150
第三节 组装程序	151
第四节 焊接施工	153
第五节 安全措施	154

第二篇 球罐的整体热处理

第一章 1000m ³ 丙烯球罐整体热处理	155
第一节 概述	155
第二节 热处理前的准备工作	155
第三节 热处理机具的选择	157
第四节 热处理工艺	161
第五节 热工计算	166
第六节 热处理操作	180
第七节 质量检验	182
第八节 安全技术	183
第九节 几点体会	183
第二章 400m ³ 与200m ³ 球罐整体热处理	185
第一节 概述	185
第二节 热处理工艺流程	185
第三节 热处理设备	187

第四节	热平衡及燃料低热值的计算	192
第五节	热处理检验	192
第六节	结语	193
第三章	120m ³ 球罐整体热处理	194
第一节	概述	194
第二节	热处理前的准备工作	194
第三节	热处理工艺及过程	198
第四节	球罐整体热处理后性能的测定	203
第四章	120m ³ 球罐电热法整体热处理	205
第一节	概述	205
第二节	热处理方法和原理	205
第三节	主要设备、材料	212
第四节	几点说明	212

第三篇 球罐施工的质量管理

第一章	质量保证	213
第一节	概述	213
第二节	质量管理体系	213
第三节	质量管理机构	214
第四节	质量保证手册	215
第五节	质量控制管理制度	218
第二章	用全面质量管理方法提高球罐建造质量	221
第一节	概述	221
第二节	质量管理的重点(选题)	221
第三节	基本做法	222
第四节	几点体会	228

第四篇 球罐的检测与修复

第一章	液化气及丙烯球罐的检测与修复	229
第一节	概述	229
第二节	球罐的检测项目	230
第三节	修复程序及方法	230
第四节	返修后检查	231
第五节	表面缺陷及其修复	233
第六节	热处理及水压试验	234
第七节	对球罐修复的几点看法	235
第二章	二氧化硫球罐的检测与修复	236
第一节	概述	236
第二节	球罐的检测	236
第三节	缺陷确定和修复	237
第四节	补焊修复的焊接工艺试验	238
第五节	补焊修复	240
第六节	补焊的质量检验	242

附 录

一、球罐的施工方案	243
第一节 概述	243
第二节 编制方案的主要技术依据	243
第三节 编制方案需要考虑的一些问题	244
第四节 方案内容	244
二、50~2000m ³ 球罐球壳板压片下料图	249
三、热处理喷嘴分析	259
四、单位换算表	263

概 论

球形储罐（以下简称球罐）是储存和运输各种气体、液化气体、液体的压力容器。五十年代后期，球罐作为一种有效的、经济的压力容器，在世界各国得到了广泛应用。最近十多年来，我国在化工、石油、冶金、造船及城市煤气等领域，建造了大量的球罐，与此同时，随着球罐的引进，建造技术得到了很大发展，使国产球罐的技术水平达到了一个新的高度。在球罐的设计、选材、制造、组装、焊接、检测、管理等方面都积累了许多经验。今后，随着工业向大型化、高参数方向发展，球罐的建造及应用将与日俱增。

一、球罐的特点

球罐具有许多特点而优于其他形状的压力容器，其主要特点如下：

1. 与同等容量的圆筒形容器相比，球罐的表面积最少，因而在储运气体或液化气体介质时，冷量或热量损失最少，可减少能源消耗，降低储运成本；
2. 球罐受力均匀，在相同直径和工作压力下，其薄膜应力仅为圆筒形容器环向应力的一半；在相同直径与壁厚的条件下，球罐承载能力提高一倍。因此在高压装置中，球罐被广泛采用；
3. 由于球罐表面积小壁厚薄，因而重量轻、耗材少，具有较好的经济性；
4. 采用赤道正切柱式支承球罐，基础简单，工程量小，建造费用便宜；
5. 球罐建造方便，组装周期短，维修容易，占地面积小，外形美观；
6. 球罐的缺点是球壳板较多，焊缝长，焊接要求高，手工焊环境恶劣，劳动强度大；同时检验技术要求高，施工管理严格。

二、球罐的结构及型式

1. 球罐结构

根据球罐储存物料的种类、物性、容量的大小及使用条件，球罐可分为单层与双层两种，目前国内建造的球罐均系单层结构；且支承与球罐壳体的连接型式均匀为赤道正切式。此类球罐由以下几部分组成：

（1）球壳

球壳以各种经纬线分割成各种球壳板组成，目前常见的有桔瓣式（参见图1-1）、足球式、足球桔瓣混合式（参见图3-1）三种；我国主要采用桔瓣式壳板。其球壳通常由上、下板，上、下温带，赤道带（上、下）五部分球壳板构成。

（2）支承构件

球罐是由多种钢结构的支承件支承的，目前国内均为赤道正切支柱拉杆结构。支承构件包括支柱、拉杆、地脚螺栓等部件；赤道正切式支柱，稳定性较好，避开了赤道焊缝，但连接处焊缝的应力复杂；根据热处理工艺的要求，支柱又分成单段式和分段式两种，后者，上段支柱在制造厂预先焊在球壳上，并进行消除应力热处理，出厂后现场装配。

一般，球罐的拉杆都在相邻支柱间配置。对于大型球罐（如容积为8250米³的液氮球罐）拉杆是每间隔一个支柱配置的，这种配置方法可减小拉杆与地面间的倾角，有利于发挥拉杆

的承载能力。

(3) 人孔、接管及补强

人孔、接管及补强是焊接于球壳上的受压元件。一般在球罐上部和下部分别设置人孔一个；而为了进入或输出介质，以及液位、温度、压力测试等开设的接管，也可分为上部接管和下部接管两种。

根据钢材强度级别，补强方式有两种，对一般中等强度的钢材($\sigma_s \leq 50 \text{ kgf/mm}^2$)常采用加补强板的方式；对高强调质钢($\sigma_s \geq 50 \text{ kgf/mm}^2$)则采用整体锻件补强凸缘来解决补强问题。对于采用补强板方式加强的人孔或接管，常在制造厂组装焊接，并经热处理后运到现场。

(4) 附件设施

附件设施包括梯子平台、内部转梯及平台、喷淋设施、绝热设施，以及计测安全设施等。

计测安全设施又包括安全阀（异常安全阀及火灾安全阀）、温度计、压力计、液位计及紧急切断装置。

2. 球罐的各种型式

在工业领域中使用的球罐，型式是多种多样的，主要型式分类如下。

(1) 按使用的工艺条件分类：

a. 高压常温球罐

使用压力在 $10 \sim 30 \text{ kgf/cm}^2$ 之间，使用温度为常温；例如，储存氧气、氮气、液化石油气等储罐；

b. 中压低温球罐

使用压力在 $16 \sim 22 \text{ kgf/cm}^2$ 之间，使用温度在 $-20 \sim -50^\circ\text{C}$ 的范围之内；例如，乙烯、丙烯等液化气体球罐；

c. 低压超低温球罐

使用压力在 5 kgf/cm^2 以下，使用温度为 $-104 \sim -253^\circ\text{C}$ 左右；例如，液氢、液氧、液氮等储运球罐；

d. 超高压超低温球罐

使用压力在 408 kgf/cm^2 左右，超高压储存液氧和液氢的球罐。

(2) 按储存的介质分类：

a. 储存气体的球罐

用于储存氧气、氮气、氢气空气、城市煤气等球罐；

b. 储存液化气体的球罐

主要储存液化石油气 (LPG)、液化天然气 (LNG)、液态乙烯、液态丙烯、液氢、液氧、液氮、液氨等介质，在球罐内往往是气液两相共存；

c. 储存液体的球罐

储存液体，如水、轻油等，一般使用压力很低。

此外，尚有按球罐壳体材料划分及按球罐结构形式划分两种情况，不再详述。

三、球罐的材料

球罐的材料包括内容较多，主要项目如下：球壳材料，人孔、接管及补强材料，支柱与拉杆材料，其它附件及紧固件材料等等。这里主要介绍球壳材料。

1. 球壳选材原则

球壳是由多块球壳板组焊而成, 因此, 球壳板的选材必须能满足设计、制造及使用的要求, 其原则如下:

(1) 满足使用条件下的工艺要求。如温度条件、介质腐蚀及应力腐蚀条件;

(2) 保证设计要求的机械性能。主要是强度指标 (如 σ_s 和 σ_b) 和韧性指标 (如常温 α_k 及低温 α_{KV});

(3) 具有良好的焊接性能。由于球罐大多数在现场组装, 目前国内都采用全位置手工焊接, 施工环境恶劣, 为防止球罐失稳破坏, 球壳钢材必须具有良好的可焊性。即材料具有不高于规定的碳当量 (C_{eq}) 数值, 或具有不高于规定的裂纹指数 (P_c) 数值。

(4) 具有良好的冶金品质和冷热加工性能。

用于制造球壳的板材应是轧制均匀, 没有内部及外部缺陷的容器用钢 (如 16MnR); 应对冷加工者热加工有良好的适应性能。

2. 球罐壳板的选材动向

(1) 美国、日本对球壳用材倾向于采用 $50\text{kgf/mm}^2 \sim 80\text{kgf/mm}^2$ (屈服极限) 的高强材。其特点是球壳薄、经济性好, 但焊接工艺苛刻, 易产生脆性破裂;

(2) 法国、英国、德国对球壳用材倾向于采用 50kgf/mm^2 (屈服极限) 以下的中、低强材。其特点是球壳厚、经济性差, 常常要通过整体热处理消除残余应力, 但运行安全, 事故少。

(3) 我国目前立足于国内的材料主要是采用 A3R、16MnR 及 15MnVR。主要用于容积为 400m^3 及小于 400m^3 的球罐用材, 目前主要依靠引进。常用材料为: N-TUF50、SPV36 等。

四、球罐的制作和施工

球罐的制作与施工是确保质量的关键, 其中又以避免低应力脆性破坏为最重要。

1. 球壳板压制工艺

目前, 球壳板的压制工艺, 国内外均倾向于冷压法。我国球罐制造厂多采用小胎具冷压 (逐步) 成型工艺; 首先对粗坯料进行粗压, 边压边用弧形样板测量, 然后进行精成型。冷压后, 对于高强材有时需热处理, 热处理时要用胎具工装控制变形, 热处理后不再整形。

2. 球壳板精度和厚度的控制

球壳板各部几何尺寸的精度, 对控制成球后的角变形与错边量有密切关系。球壳一般均在现场组装, 环境差, 条件苛刻。球壳板的几何精度差 (尤其是曲率精度差), 就无法保证球罐的成球质量, 这是一个十分重要的问题。

在现场组装焊接的球罐, 焊后总要产生不小的残余应力, 这种残余应力被认为是潜在的危险 (尤其是对于用高强钢建造的球罐)。所以当板厚超过一定范围时就需要想办法消除残余应力, 以保证球罐运转的安全性。美国 “ASME” 规范规定, 低碳钢板厚度的界限是 32mm , 德国规范规定的板厚界限是 30mm , 日本的板厚界限是 38mm 。我国一般为 34mm 以上。除特殊情况之外, 一般均应将球壳板的厚度分别控制在上述数值之下。这样既可减小组装、运输等工作量, 又可缩小焊接部位的残余应力, 避免整体热处理。

即使球壳厚度未超过上述规定值, 如在人孔等附件集中安装在极板上 (支柱焊在赤道带板上) 时, 对球罐经应力消除后, 运到施工现场, 也是非常有益。

3. 焊接线能量、扩散氢的控制

确保球罐的质量,除设计及原材料的问题之外,焊缝质量是一个关键的问题。

钢材与焊接区的韧性,是保证焊接构件质量的关键。球罐必须选择焊接性能与韧性均优良的钢材,并应控制焊接线能量的上限与下限值。对于 16MnR 等中、低强度的钢材及 N-TUF50 等较高强度的钢材,焊接线能量在 12~60kJ/cm 范围之内。过高的线能量导致焊接区软化,削减强度;过低的线能量使焊接区产生淬硬组织,容易产生冷裂纹。因此,在选择线能量时,应综合考虑球罐的操作条件、钢材及焊材的韧性关系。

4. 发展自动化、半自动化焊接技术

为了提高焊接质量,减轻劳动强度,迫切需要焊接技术向自动化与半自动化方向发展。目前,我国许多施工企业、科研单位正在作这方面的探索。

综上所述,球罐的建造主要应注意如下四个问题:

- (1)防止缺口损伤导致裂纹的扩展;
- (2)减小焊接角变形,缓和应力集中;
- (3)减小或疏散焊接残余应力;
- (4)减小熔敷金属中的扩散氢含量,预防裂纹产生。

五、球罐的试压、检验和维修

1. 耐压试验与气密性试验

近年来的球罐事故报道证实,耐压试验是考核球罐性能的关键,应予以重视。耐压试验有助于残余应力的机械失效,目前又被认为是提高破坏强度的有效措施之一。耐压试验中,为避免球体几何形状的剧变,在充满液体升降压时,应缓慢进行。所用试验液体(一般为水)应尽量降低其氯离子与硫化氢等腐蚀介质的含量。试验结束后应放净球罐中液体,并应采取防腐蚀措施。

耐压试验时,应控制用水的温度,水温度应在球壳钢材的脆性转变温度以上,并应有一定的安全裕度。我国容器规范规定 16MnR 类低合金结构钢的试验水温在 5℃以上,其他低合金钢应在 15℃以上。但是,在我国北方地区,对于大容积的球罐,要确保提高试验水温。在技术上和经济上还有一些困难,但这是一个必须认真解决的问题。

由于气体的渗漏程度比液体大得多,所以对于储存危险性介质的球罐,气密性试验是十分必要的。但应注意气密性试验必须在对耐压试验之后进行,且应密切注意温度的变化。

2. 球罐检验

球罐的检验可分为制作时的检验和使用中的检验两部分。制作时的检验,从广义说,又包括从原料检验到竣工检验等各个项目;主要包括材料检验、制作尺寸及外观检验、无损检验三个方面。

材料检验是指对所用钢材的质量检验,包括化学成分、机械性能、板厚及内外部缺陷等的检验。

制作尺寸及外观检验又划分为工厂与施工现场两部分。特别是施工现场,应对被组装的球罐的角变形、错边量、焊缝间隙及内外部工卡具焊痕等进行严格检验,以避免或减小脆性破坏。

对球罐焊接区的检验一般均采用无损检验方法;对内部缺陷,采用超声波探伤与射线探伤方法。前者主要用于检验裂纹类面形缺陷;后者主要用于检验夹杂、气孔类体形缺陷。对于外部(表面)缺陷,采用着色(渗透)探伤和磁粉探伤方法。

此外, 耐压试验、应力测定、声发射 (AE) 等检验方法, 也被用于球罐的检测。后者主要用于耐压试验时或使用中, 作为裂纹开裂的一种监测方法, 我国目前使用较少。

3. 球罐的维修

液化石油气球罐, 运转若干年后, 焊接区 (主要是熔合线) 经常发现裂纹, 这些裂纹如不加以处理, 一经扩展, 其后果是很危险的。所以必须对球罐作定期检查并及时修复, 以确保球罐安全运行。重要的是合理规定维修周期, 我国目前正在制定这方面的标准。此外, 对全部附件的维修也是一个值得关注的问题, 尤其是球体上的安全附件以及紧急泄放装置。

六、引进球罐概况

七十年代初, 我国的化工、石油等部门从国外陆续引进了一批大型石油化工装置, 如年产 30 万吨合成氨装置、年产 11.5 万吨乙烯装置及年产 30 万吨乙烯装置等。这些装置主要来自日本、法国、西德、美国。这些装置中的原料与成品储罐, 有些采用了球罐; 比较典型的有储存液化石油气、液态丙烯、液态乙烯的球罐及储存液态氨的球罐。这些球罐中容积最大的为 8250m^3 , 使用温度最低的达 -30°C , 以 1000m^3 的球罐数量最多。

引进球罐的设计、压片、附件制造等均在外国进行, 由外商提供全部球壳板、焊接材料、球罐的全部附件及配件, 并在外国专家指导下, 在国内进行现场组装、焊接、检验等工作。球罐的建造质量, 由我国验收部门按相应标准进行验收, 由外商保证球罐在运转中的安全可靠性以及各项工艺参数达到设计指标。

1. 典型球罐的基本状况

引进装置中比较典型的球罐的主要技术参数, 如表 1 所示。球壳板选用材料的化学成份和机械性能, 如表 2 ~ 3 所示。

所用材料基本上分两类: 一类是强度极限在 50kgf/mm^2 左右的热轧或正火处理的钢材; 一类是屈服极限在 50kgf/mm^2 以上的调质高强度钢。不论哪一类钢材, 其相应工作温度下的冲击韧性都比较高。特别是热轧或正火处理的钢材, 其冲击韧性比我国类似的钢材高得多。

2. 安装施工要求

外商对球罐的安装施工要求很严, 因为它是保证球罐安全使用的关键。

(1) 球壳板检查。为保证组装精度, 减少因强制组装而造成的残余应力, 组装前要求对球壳板逐块进行尺寸校核。

(2) 组装要求。引进球罐均配有组装用的工卡具, 以保证组装间隙。特别是球壳板间的错边及坡口间隙, 都必须达到设计要求。

(3) 焊接工艺。所有引进球罐都规定采用手工焊。对每一种材料都有一套详细而严格的焊接工艺程序。施焊的工人必须按规定的工艺程序进行焊接考核, 合格后才能施焊。综合各国球罐的施工要求, 主要有如下几个方面:

a. 焊条的烘干、保存、使用都有明确的规定。如日本引进的 1000m^3 乙烯球罐要求焊条必须经 400°C 一小时烘干, 然后放入 150°C 恒温箱, 自动恒温。并要求在规定时间内用完, 否则必须重新烘干。焊条从恒温箱中取出后, 要放在焊工随带的保温筒内, 保温筒内的焊条必须在四小时内用完;

b. 现场焊接都有预热, 层间温度及后热要求, 以防止冷裂纹的产生。预热温度、层间温度及后热温度根据钢种不同而有所不同。预热时要求整条焊缝都达到要求的温度, 焊缝两侧的加热范围至少为 100mm , 并以距焊缝一侧 50mm 处的温度为准。层间温度与预热温度

表 1 国外引进球罐的主要技术参数

公称容积, m ³	400	500	1000	1350	1900	2200	5200	8250
球罐内径, m	9.3	9.83	12.4	13.7	15.4	16.31	21.5	25.1
储存介质	丁 烷	液态乙烯	液化石油气	液态乙烯	液态乙烯	液态丙烯	液 氨	液 氨
介质比重	0.53	0.442	0.48	0.43	0.442	0.51	0.638	0.633
设计压力, kgf/cm ²	6	29.7	18.963	21.486	21	18.6	5.0	4.05
操作压力, kgf/cm ²	4	26.97	15	20.5	18.4	16	4.0	3.7
设计温度, °C	55~-20	-29	55~-20	40~-40	-31	48	0	+4~-10
操作温度, °C	40	-16	40	-30	-30.1	常 温	3.4	—
水压试验压力, kgf/cm ²	9	44.6	28.445	32.23	31.5	27.9	7.5	6.08
气密试验压力, kgf/cm ²	—	32.7	—	—	21.0	18.6	5.5	—
球壳材料	DILL INAL 52/36N	N-TUF50	UNION ₃₆ Nb	CREUS- EL SO ₃₄ SS	RIVER ACE ₆₀ L	WELTEN 62	SPV ₃₆	A ₅₂ P ₁
设计壁厚, mm	10.26~ 10.92	34.7~35.9	39.50~ 40.63	49.52~ 50.68	39~40	36.0~38.3	17~21	15.7~21.5
腐蚀裕度, mm	0	1.5	0	0	1.5	1.85	1.0	1.0
支柱形式	赤道正切	赤道正切	赤道正切	赤道正切	赤道正切	赤道正切	赤道正切	赤道正切
支柱规格(根×直径×厚)	6×φ450 ×6	6×φ318.5 ×10.3	7×φ600 ×6.5	8×φ650 ×7.5	10×φ509 ×9.5	10×φ609.6 ×9.5	12×φ711 ×12.7	16×φ1016 ×12
拉杆规格	12×φ16	16×φ20	20×φ42	20×φ25	12×φ20	14×φ20	24×φ75	32×φ30
赤道高度, m	6.90	9.00	9.36	10.19	6.80	8.40	12.40	14.06
全球总高, m	11.85	15.85	16.80	18.38	11.25	11.80	23.32	26.6
引进国别	日 本	法 国	日 本	日 本	法 国	法 国	日 本	法 国
安装地点	上 海	辽 阳	北 京	上 海	辽 阳	辽 阳	四川、山东	南京、安庆、 广州
建成、投料年月	1976年7月 投料	1978年 交工	1975年5月 投料	1976年7月 投料	1978年 交工	1978年 交工	1977年 投料	1978年 投料

表 2 引进球罐用钢板的化学成分, (%)

成 分	C	Si	Mn	P	S
N-TUF50	≤0.16	0.15~0.55	0.90~1.40	≤0.030	≤0.030
CREUSEL SO ₃₄ SS	≤0.16	0.15~0.50	0.80~1.60	≤0.035	≤0.035
RIVERACE ₆₀ L	≤0.18	≤0.55	≤1.50	≤0.035	≤0.035
WEL-TEN ₆₂	≤0.16	0.15~0.55	0.90~1.50	≤0.030	≤0.030
DILLINAL 52/36N	≤0.20	≤0.50	≤1.60	≤0.40	≤0.40
UNION 36Nb	≤0.18	0.15~0.50	0.90~1.60	≤0.035	≤0.035
SPV ₃₆	≤0.20	0.15~0.55	≤1.6	≤0.035	≤0.040
A ₅₂ P ₁	≤0.24	≤0.60	0.90~1.60	≤0.05	≤0.05

注: 1. N-TUF50还含有: Ni≤0.60%, Cr≤0.40%, Mo≤0.30%, V≤0.08%;

2. CREUSEL SO₃₄SS(St50/34 SRF₂)还含有Ni≤0.50%;

3. RIVER ACE₆₀L还含有: Ni, Cr, Mo, V。

对球罐用钢板实测的化学成分:

C 0.12%, Si 0.25%, Mn 1.39%, P 0.010%, S 0.006%,

Ni 0.02%, Cr 0.02%, Mo 0.121%, V 0.031%;

4. WEL-TEN₆₂还含有: Ni≤0.60%, Cr≤0.30%, Mo≤0.30%, V≤0.10%;

5. UNION₃₆Nb(St 50/34 SRF)还含有: Nb 0.02~0.040%。

表 3 引进球罐用钢板的机械性能

材 料	厚度范围 mm	屈服强度 kgf/ mm ²	抗拉强度 kgf/ mm ²	试验温度 ℃	V形缺口冲击值(纵向, kg·m/cm ²)	
					平均值	最小值
N-TUF50(调质)	≤32	≥50	60~75	-40	>100%纤维状断口时冲击值的1/2	
CREUSEL SO ₃₄ SS(调质)		≥34	50~60	-54	≥5	≥4
RIVER ACE60L(调质)	≤40	≥50	62~75	-31		≥2.5
WEL-TEN62(调质)		≥50	62~74	-15	≥4.8	
DILLINAI 52/36N(热轧)		≥36	52~62	-20	≥5.0	
UNION36Nb(热处理)		≥34	50~60	-20	≥5.0	≥4.0
SPV36(热轧或热处理)	≤40	≥36	52~65	0	≥4.8	≥2.8
A52P1(热轧)	30~50	≥34	52~62	-20	≥5.0	≥3.5

要求相同。而在每条焊缝完成后应要进行一定时间的后热，目的是促进氢的逸出，避免冷裂纹的产生。

c. 为了保证焊接质量，考虑到现场条件，都规定了对气象条件的要求。如规定下雨下雪又无遮蔽措施时不得施焊，对施焊现场的气温相对湿度、风速等都有一定要求。

d. 对于球罐焊后的整体消除应力热处理，各国要求不同。日本倾向于采用高强钢以减少壁厚，避免进行整体热处理。法国则不回避整体热处理，热处理时采用霍克喷嘴内部燃烧法。

3. 检验

对引进的球罐，除常规检验要求外，还有一些特殊要求：

- (1) 对所有球壳板都要求进行100%超声波探伤，探伤合格后方准使用；
- (2) 要求对所有对接焊缝的第一层焊道清根后进行100%的着色检验，以检查根部裂纹；
- (3) 所有对接焊缝在水压试验前均应作100% α 光射线检验；在水压试验前、后分别作100%磁粉检验；

- (4) 球体上的角焊缝、工卡具拆除后的焊缝残迹，在水压试验前，后作着色检验。

通过引进球罐的施工，积累了一定的经验，本书第一篇及第二篇将用部分篇幅系统的介绍这些球罐的施工经验。引进球罐的建造，为我国自行设计、制造及施工各类大型球罐创造了良好的开端。

第一篇 各类容积球罐施工特点 及其主要问题

第一章 8250m³液氨球罐

第一节 概 述

8250m³液氨球罐是从法国引进的年产30万吨合成氨装置中的配套设备,它由法国“铁索”厂(TISSOT)制造,并提供组装方法、焊接规范及全套工卡具。“铁索”球罐以确保球质量和减少焊接变形为主题,在设计、结构和组装工艺等方面具有一定特色。组装时采取散装法、低拘束度焊接、纵缝近距交错、合理的坡口形式、圆钢点固焊、日字形卡具、间隙片、砂轮磨削清根等一系列工艺措施,保证了大型球罐的建造质量。

一、技术参数

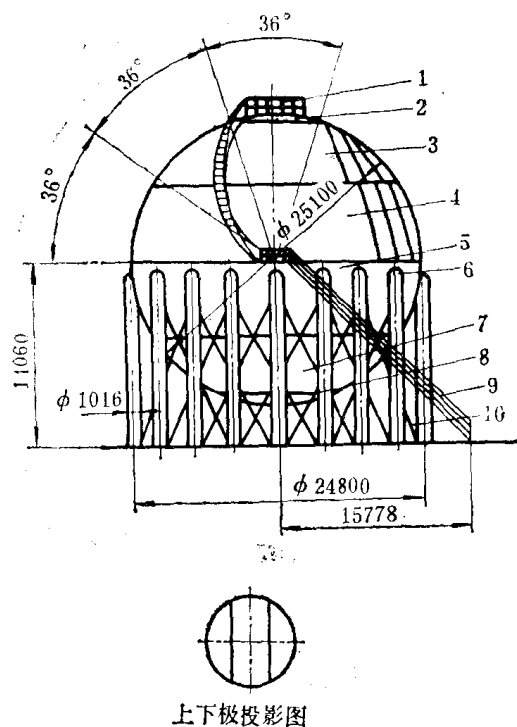


图 1-1 氨球罐结构简图

1—平台;2—上极;3—上温带;4—上赤道带;5—下赤道带;6—支柱;7—下温带;8—下极;9—扶梯;10—拉杆

主要技术参数 见表 1-1。

表 1-1 球罐主要技术参数

1	公称直径	$\phi 25100\text{mm}$	8	焊缝系数	1.0
2	公称容积	8250m^3	9	贮存介质	液 氨
3	设计温度	$-10\sim 40^{\circ}\text{C}$	10	球体重量	363t
4	工作温度	$+2^{\circ}\text{C}$	11	球体及附加重	463t
5	设计压力	4.05kgf/cm^2	12	工作时球罐重量	5710t
6	工作压力	3.75kgf/cm^2	13	充水后球罐重量	8713t
7	试验压力	6.075kgf/cm^2	14	充水后每个柱承重	549.1t

二、球罐的构造

球罐的结构、名称见图 1-1、图 1-2 和表 1-2。

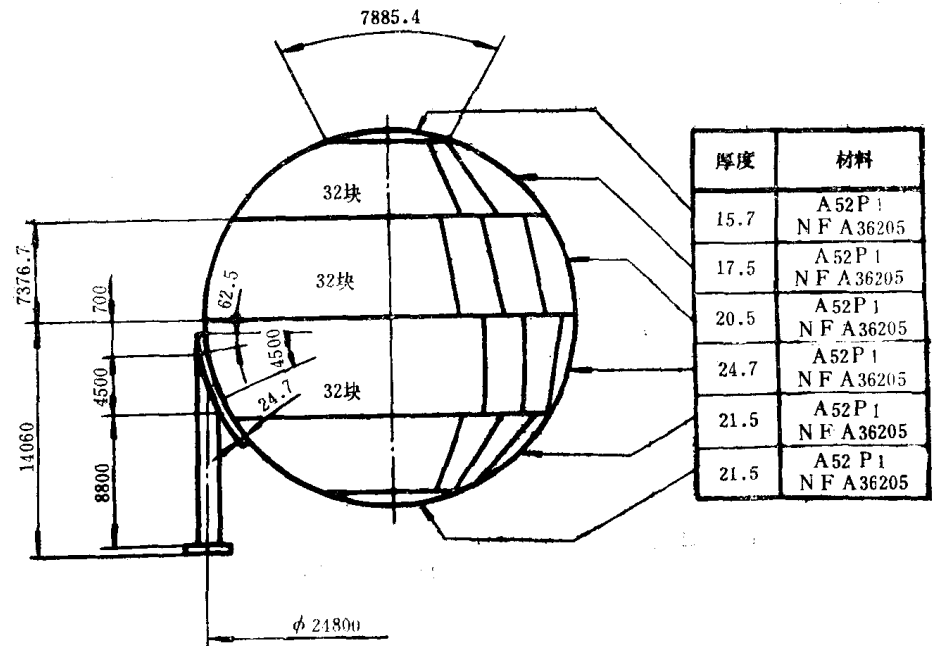


图 1-2 液氨球罐各带板厚度

表 1-2 8250m³液氨球罐结构组成

序号	名 称	数量(块)	板厚(mm)	单重(kg)	总重(kg)
1	上极板	4	15.70	最大块3200	7000
2	上温带板	32	17.50	1600	51200
3	上赤道带板	32	20.50	3000	96000
4	不带腿下赤道带板	16	24.70	3600	57600
5	带腿下赤道带板	16	24.70	10000	160000
6	下温带板	32	21.50	2000	64000
7	下极板	4	21.50	最大块4400	9000
8	顶部环形平台	1			
9	上部螺旋梯			2075	2075
10	中间平台				
11	下部直斜梯				
12	立 柱	16根	$\phi 1018\times 12$	6400	
13	拉 杆	32根	$\phi 30$		
14	包括附件总计				463000

球罐支柱采用双段式支柱结构。上段支柱材料与球壳板材料相同，它与加强板一同焊在下赤道带板上，这工作已在制造厂完成，并经退火消除应力处理。下段支柱与底板焊在一起，用两根地脚螺栓固定在基础上。

整个球罐的结构特点是：采用赤道焊缝和大块球壳板结构，大大减少安装工作量。同时每根拉杆跨越一根支柱，这样配置是为了减少拉杆与支座水平线的夹角，改善其受力状况，以缩小拉杆的横截面积。罐内不设转梯，可降低工程造价；日后检修时，可用灌水泛舟法或其他方法解决。

三、球罐的材料

球罐主要构件材料的化学成分和机械性能见表 1-3。

表 1-3 球罐主要构件材料的化学成份和机械性能

部 件 名 称	材 料	化 学 成 分, %								机 械 性 能		
		C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	σ_b kgf/mm ²	σ_s kgf/mm ²	δ %
球壳板、加强板、支柱封头、上段支柱	A52P	≤0.24	≤0.60	≤0.90	≤0.05	≤0.05				≥52	≥36	≥22
下段支柱	E30-2	0.25~0.29		0.80~1.00	0.05	0.04				58~80	36	23
支柱底板	E24-2									55~65	30	25
地脚螺栓	A37									37~44	24	21~27
拉 杆	E24-1											
法 兰	A181-1	0.35		0.90	0.05	0.05				60	30	22
接 管	A106-B	≤0.30	≥0.10	0.29~1.06	≤0.05	≤0.048				≥60	≥35	≥22
接管螺栓	A193-B7	0.38~0.480	0.20~0.35	0.75~1.00	≤0.04	≤0.04	0.80~1.00					
接管螺母	A94-2H	≥0.40			0.05	0.05						

4. 材质检验

表 1-4

材料检验	由法方提供出厂合格证，现场抽查化学成分、机械性能、壳板进行外观检查、测厚和超探
焊条检验	按批量抽查一定的组数
焊缝检验	外观检查, 100 % 射线检查, 100 % 磁粉探伤, 100 % 着色检查, 100 %

5. 设计制造及安装规范

采用美国机械工程师协会“受压容器”第八篇第二分册，即：ASME-1971Ⅷ-Ⅱ。

第二节 施工前的准备

一、劳动组织、施工机具与施工平面布置

劳动力安排 见表 1-5