

石油化工设备设计选用手册

CHUCUN  
RONGQI

# 储存容器

中国石化集团上海工程有限公司 组织编写

张亚丹 刘吉祥 等编

.2-62



化学工业出版社



石油化工设备设计选用手册



TQ053.2-62  
Z220

CHUCUN  
RONGQI

# 储存容器

中国石化集团上海工程有限公司 组织编写

张亚丹 刘吉祥 等编



化学工业出版社

·北京·

《石油化工设备设计选用手册》由中国石化集团上海工程有限公司组织编写，共 12 分册。

本书为《储存容器》分册。包括了固体料仓和钢制低压湿式气柜两篇内容。分别介绍了两类储存容器的材料、结构、设计计算、强度校核及制造、检验、验收等内容，为储存容器的设计、选用提供了有力的依据，为用户选用到合理、安全的设备创造了条件。

本书可供从事料仓、气柜类储存容器的设计、制造、使用等的工程技术人员及设计人员参考使用。

#### 图书在版编目 (CIP) 数据

储存容器/中国石化集团上海工程有限公司组织编写；  
张亚丹等编. —北京：化学工业出版社，2009.4  
(石油化工设备设计选用手册)  
ISBN 978-7-122-04490-7

I. 储… II. ①中…②张… III. 石油化工-化工设备-  
油气储存-容器-设计-技术手册 IV. TQ050.4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 212886 号

---

责任编辑：辛 田  
责任校对：顾淑云

装帧设计：张八辉

---

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 刷：北京永鑫印刷有限责任公司

装 订：天津市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 14 字数 334 千字 2009 年 10 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：39.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

《石油化工设备设计选用手册》(以下简称《手册》)由中国石化集团上海工程有限公司组织编写。《手册》着眼于工程,强调设计、选用,目的是使工程公司、生产企业中的工艺、设备技术人员能据此设计、选用到最佳设备。本《手册》突出工程性、工艺性、实用性。

为保证《手册》的工程实用性,中国石化集团上海工程有限公司成立了编委会,确定了《手册》的编写要求,组织全国知名专家参与撰写,并由编委会负责《手册》的审稿及协调工作。

《手册》对每一类设备的作用、适用场合、分类与形式、选用要求进行阐述,主要介绍该类设备选用的工艺计算、结构设计、强度计算,以及本类设备的制造检验特殊要求,同时也涉及该类设备的标准及零部件标准(重点在于如何应用)以及相关应用软件。

本《手册》包括工艺型设备,如《换热器》、《反应器》、《塔器》、《干燥器》、《除尘器》、《工业炉》、《机泵选用》等;材料结构型设备,如《石化设备用钢》、《承压容器》、《储存容器》、《有色金属制容器》、《搪玻璃容器》等,共12个分册。

本书为《储存容器》分册,包括两篇。上篇为“固体料仓”,介绍料仓的材料、结构、设计计算以及制造、检验、验收等内容,为料仓的设计、选用提供了有力的依据。下篇为“钢制低压湿式气柜”,全面介绍了钢制低压湿式气柜的设计标准和规定,结构要素,构件制造、验收,气柜的温度核算等内容,同时重要介绍了钢制湿式气柜的选用方法,为钢制湿式气柜的用户安全、合理选用气柜创造了条件。

“固体料仓”部分由中国纺织工业设计院张亚丹、李梦强、郑宝山等编;“钢制低压湿式气柜”部分由东华工程科技股份有限公司刘吉祥等编。全书由叶文邦统稿、审定。

希望《手册》对读者的工作能起到促进作用,据此设计、选用到高效、节能、环保的工程设备,为我国的工程建设添砖加瓦,也深切希望读者对本《手册》不足之处提出宝贵意见,以便再版时修正。

叶文邦

# 目 录

## 上篇 固体料仓

<b>第 1 章 料仓概述</b> .....	3
1.1 料仓发展概况 .....	3
1.2 松散固体物料 .....	4
1.3 料仓内松散物料的流动形式 .....	5
1.4 深仓与浅仓的划分 .....	6
1.5 料仓的基本构成 .....	6
1.6 设计计算基础 .....	6
1.6.1 设计压力 .....	6
1.6.2 设计温度 .....	7
1.6.3 公称容积 .....	7
1.7 载荷 .....	8
1.7.1 静载荷 .....	8
1.7.2 动载荷 .....	10
1.8 厚度 .....	12
1.8.1 腐蚀裕量和磨蚀裕量 .....	12
1.8.2 最小厚度 .....	12
1.9 料仓的设计和选用原则 .....	13
<b>第 2 章 料仓结构</b> .....	15
2.1 仓壳顶结构 .....	15
2.2 仓壳锥体 .....	16
2.3 仓壳圆筒结构 .....	17
2.4 料仓支座 .....	17
2.4.1 耳式支座 .....	17
2.4.2 环形支座 .....	18
2.4.3 裙式支座 .....	19
2.5 料仓接管、法兰 .....	19
2.5.1 细长铝接管加强结构 .....	19
2.5.2 铝接管与法兰的连接 .....	20
2.5.3 铝接管与铝制料仓壳体的连接 .....	20

2.5.4 铝接管补强结构 .....	21
2.6 料仓防堵结构 .....	21
2.7 料仓梯子平台 .....	21
<b>第3章 料仓材料</b> .....	<b>23</b>
3.1 料仓的选材 .....	23
3.2 料仓常用材料 .....	24
3.2.1 料仓常用钢材 .....	24
3.2.2 料仓常用铝材 .....	27
3.3 许用应力 .....	29
3.4 不锈钢复合钢板的许用应力 .....	29
3.5 焊接接头系数 .....	29
<b>第4章 料仓设计计算</b> .....	<b>31</b>
4.1 物料对料仓壁作用的两种理论 .....	31
4.1.1 詹森理论 .....	31
4.1.2 赖姆伯特理论 .....	33
4.2 地震力、风载荷及最大弯矩的计算 .....	40
4.2.1 按 JB/T 4735—1997 计算 .....	40
4.2.2 按 JB/T 4735.2 计算 .....	45
4.3 仓壳受力计算 .....	48
4.3.1 詹森计算方法 .....	48
4.3.2 赖姆伯特计算方法 .....	49
4.4 仓壳应力计算 .....	51
4.4.1 仓壳圆筒部分 .....	51
4.4.2 料仓锥体部分 .....	53
4.5 仓壳顶的计算 .....	54
4.5.1 自支承式锥形仓壳顶 .....	54
4.5.2 自支承式拱形仓壳顶 .....	55
4.5.3 仓壳顶加强筋 .....	55
4.5.4 仓壳顶与仓壳圆筒连接处的加强结构 .....	56
4.6 仓壳锥体和仓壳圆筒连接处的加强结构 .....	56
4.7 料仓支承结构 .....	57
<b>第5章 料仓选用</b> .....	<b>58</b>
5.1 仓壳锥顶角 .....	58
5.2 仓壳圆筒的高径比 .....	59

5.2.1	仓壳的应力分析 .....	59
5.2.2	整体优化设计 .....	59
5.3	仓壳圆筒与仓壳锥体连接处 .....	71
5.3.1	仓壳圆筒与仓壳锥体连接处受力分析 .....	71
5.3.2	仓壳圆筒与仓壳锥体连接处厚度计算 .....	72
5.3.3	仓壳圆筒与仓壳锥体连接处厚度的讨论 .....	83
5.3.4	常用 PTA 料仓仓壳圆筒与仓壳锥体连接处临界厚度说明 .....	83
5.4	仓壳圆筒厚度 .....	84
5.5	仓壳顶和支承结构推荐 .....	84
<b>第 6 章</b>	<b>料仓的制造、检验与验收 .....</b>	<b>85</b>
6.1	钢制料仓的制造、检验与验收 .....	85
6.1.1	总则 .....	85
6.1.2	材料在下料前的检查 .....	85
6.1.3	加工成形 .....	85
6.1.4	组装 .....	86
6.1.5	焊接 .....	87
6.1.6	无损检测 .....	89
6.1.7	表面处理 .....	89
6.1.8	试验 .....	90
6.1.9	验收 .....	91
6.2	铝制料仓的制造、检验与验收 .....	92
6.2.1	总则 .....	92
6.2.2	材料在下料前的检查 .....	92
6.2.3	加工成形 .....	92
6.2.4	焊接 .....	92
6.2.5	表面处理 .....	93
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>94</b>

## 下篇 钢制低压湿式气柜

<b>第 7 章</b>	<b>概述 .....</b>	<b>97</b>
7.1	常用储气设备的结构形式和应用场合 .....	97
7.2	压力恒定类储气设备的结构形式和应用场合 .....	98
<b>第 8 章</b>	<b>低压湿式气柜 .....</b>	<b>101</b>
8.1	低压湿式气柜的发展历程 .....	101

8.2	钢制低压湿式气柜的分类及术语定义 .....	101
8.3	钢制低压湿式气柜的工作原理 .....	102
8.4	钢制低压湿式气柜的形式 .....	103
<b>第9章</b>	<b>钢制低压湿式气柜设计标准和规定 .....</b>	<b>106</b>
9.1	钢制低压湿式气柜设计标准 .....	106
9.2	钢制低压湿式气柜的设计荷载规定 .....	106
9.3	钢制低压湿式气柜用材的规定 .....	111
9.4	钢制低压湿式气柜用材料的设计许用值 .....	114
<b>第10章</b>	<b>钢制低压湿式气柜结构设计 .....</b>	<b>118</b>
10.1	钢制低压湿式气柜基本参数的确定 .....	118
10.2	钢制低压湿式气柜的结构设计 .....	122
10.2.1	钟罩 .....	122
10.2.2	活动塔节 .....	126
10.2.3	钢水槽 .....	128
10.2.4	导轮 .....	132
10.2.5	导轨 .....	135
10.3	钢制低压湿式气柜的附属件设计 .....	139
10.3.1	导气管 .....	139
10.3.2	配重计算与配重块设计 .....	140
10.3.3	接管及开孔补强开孔补强 .....	142
10.3.4	水槽的溢流装置 .....	142
10.3.5	梯子、平台、栏杆 .....	144
10.3.6	集水槽与齐平清扫孔 .....	145
10.3.7	容积指示及控制的设计 .....	146
10.3.8	隔水槽设计 .....	146
10.3.9	水槽及水封挂圈的加水设计 .....	147
10.3.10	防冻设计 .....	147
10.3.11	防雷设计 .....	149
10.3.12	导气管上的水封闸设计 .....	150
10.3.13	基础设计 .....	150
10.3.14	防腐设计 .....	150
<b>第11章</b>	<b>《钢制低压湿式气柜系列》标准 .....</b>	<b>152</b>
11.1	钢制低压湿式气柜系列的规格 .....	152
11.2	《钢制低压湿式气柜系列》的设计荷载 .....	153



11.3	钢制低压湿式无外导架直升式气柜标准 .....	155
11.4	钢制低压湿式有外导架直升式气柜标准 .....	157
11.5	钢制低压湿式螺旋气柜标准 .....	159
<b>第 12 章</b>	<b>钢制低压湿式气柜的选用 .....</b>	<b>162</b>
12.1	钢制低压湿式气柜的容积确定 .....	162
12.2	钢制低压湿式气柜工作压力的确定 .....	162
12.3	钢制低压湿式气柜选用的其他因素 .....	164
12.4	钢制低压湿式气柜的选用表 .....	165
<b>第 13 章</b>	<b>钢制低压湿式气柜的制造检验要点 .....</b>	<b>167</b>
13.1	构件预制 .....	167
13.1.1	放样 .....	167
13.1.2	预制 .....	168
13.2	组装和焊接 .....	171
13.2.1	底板的组装和焊接 .....	171
13.2.2	水槽壁板组装 .....	172
13.2.3	垫梁安装 .....	173
13.2.4	塔节安装 .....	173
13.2.5	导轨安装 .....	174
13.2.6	导轮安装 .....	175
13.2.7	罩顶拱架安装 .....	175
13.2.8	顶板安装 .....	176
13.2.9	其他附件安装 .....	177
13.3	焊接接头检测 .....	177
13.4	防腐施工的要求 .....	178
13.5	总体验收 .....	178
<b>第 14 章</b>	<b>钢制低压湿式气柜的强度核算 .....</b>	<b>180</b>
14.1	气柜壳体的强度验算 .....	180
14.2	气柜钢构件的强度验算 .....	183
14.2.1	球形拱架结构设计 .....	183
14.2.2	内立柱的强度计算 .....	190
14.3	气柜导轮轮压计算 .....	191
14.3.1	螺旋气柜导轨轮压计算 .....	192
14.3.2	外导架直升式气柜导轨轮压计算 .....	193
14.3.3	无外导架直升式气柜导轨轮压计算 .....	196
14.4	气柜导轮设计 .....	197

14.4.1	螺旋导轮 .....	197
14.4.2	直升气柜的导轮设计 .....	199
14.5	气柜导轨设计 .....	201
14.5.1	外导架直升式气柜的导轨设计 .....	201
14.5.2	无外导架直升式气柜的导轨设计 .....	203
<b>参考文献 .....</b>		<b>205</b>
<b>附录 钢制料仓焊接常用坡口形式及尺寸 .....</b>		<b>206</b>

# 上篇 固体料仓

白粉山圖 附九

# 第1章

## 料仓概述

### 1.1 料仓发展概况

在生产力发展到一定水平后，首先是稻谷、小麦、大豆等粮食类松散粒状固体物料要进行储存，人们用苇席编制、陶制、木制、砖木混制的各种容器、仓体等来储存多余的粮食，这是料仓的雏形。随着生产力的进一步发展，除对粮食类物料外，对建筑材料中的沙石、水泥，及各种工业原料和产品等都需要进行储存、配用。现在需要储存的松散固体物料的种类越来越多，特别是粮食、水泥及各种工业原料和产品成为料仓储存中最多的品种。

每一种物料都有其独特的属性，所以，多物料的出现，就需要料仓的设计出现多样化，首先是制造材料的多样化。远古时代，认识自然、改造自然的能力有限，人们只能依赖芦苇、木头、泥土等天然的材料完成料仓的制造。随着工业化进程的推进，出现了更多、更新的高强度材料，曾经有一段时期，出现了体积庞大、笨重的钢筋混凝土料仓，但由于对料仓内部受力认识的局限性，再加上混凝土结构本身存在塑性差的致命弱点，曾造成巨大的坍塌事故，带来严重的损失。目前，在冶炼技术迅猛发展的基础上，金属料仓得到了广泛的应用。根据储存物料的特性，可以选择不同的钢材、铝材、复合材料等多种材质。

其次，仓体的形状也更多样化，先后出现了圆形、方形、矩形、星形、蜂窝形以及组合式等各种储存料仓，还产生了管风琴式、内置多卸料管式等均化料仓。每一种形状都有不同的特点，就目前使用的情况来看，圆形料仓较其他形状的料仓要更好一些，因为在物料流动过程中，避免出现在几何上不连续产生更多的积料现象，改善料仓的受力情况。

随着近年来固体物料输送设备的发展，输送能力有了很大提高，在气流输送方面，输送方式有稀相、疏密相、密相不同的输送方法，物料的输送方式和输送量也发生了巨大的变化。

另外，料仓的容积和制作方法也发生了很大的变化。工业规模化进程的加快，大容积的料仓越来越多，据报道已经出现了上万立方米容量的特大型料仓。目前常用的圆形钢板料仓的制作方法主要包括焊接板式、螺旋卷边、外部用螺栓连接后内部再焊接等几种。

螺旋卷边制作的利浦式料仓<sup>[19,20]</sup>是近年来引进的包括设计、制造、装配一体的专利技术。因为具有结构轻盈、制作简单的优点，在粮食、食品、饲料、轻工

行业被广泛地采用。但是，这种结构不能承受偏心载荷，并且要求中心进料、均匀进料，承受内压较低，所以，多用于平面形状为圆形且中心装卸料，无偏心和无内压场合。

荷兰 JANSSENS & DIEPERINK 公司的包括设计、制造、装配一体的专利技术，每块料仓面板都在四边带面板法兰，在组装时外部用螺栓连接后内部再焊接。因其是标准件加工，组装出来的料仓整齐美观，面板法兰起到加强作用，同时可作为管架、梯子的支撑，是一种在国外推广使用的铝合金料仓，近年来也在国内引进装置中采用。

焊接板料仓可以承受系统压力波动、物料冲击，以及料仓顶部平台、管架支撑、集中载荷等载荷，并且进出口设计灵活，故在石化行业中广泛采用。

综上所述，料仓的种类繁多，其结构和制造工艺也相差甚远。其中金属板制料仓具有占地面积小，具有先进的装、卸料工艺，机械化程度高，能保证储存物料的质量等优点，成为工业用料仓中的一个不可缺少的设备。石油、化工、化纤、粮食、建筑等行业中广泛采用的金属板制料仓，考虑到储存的是松散的固体物料，在流动过程中会产生积料等不利影响，所以，通常将仓壳筒设计为受力均匀、流动性较好的长圆筒形，也就是所谓的筒仓（silo），料仓顶部为拱顶形或锥顶形，料仓底部为仓壳锥体（hopper，有时也指斗仓、料斗）形。

在下面介绍的固体料仓内容只适用于圆筒形板式料仓。

## 1.2 松散固体物料

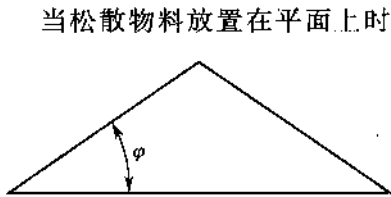


图 1-1 安息角

当松散物料放置在平面上时，上部散落的物料会在重力的作用下向下运动，同时就会受到周围其他物料对它运动的约束，当物料重力在其运动方向产生的分力与周围物料对其的作用相等时，达到最终的平衡，物料堆积成母线与水平面成一定角度  $\varphi$  的圆锥体（见图 1-1）。对于每一种物料， $\varphi$  角具有特定的数值，称为安息（休止）角。

假如松散物料堆放在封闭空间内（如筒仓），一方面，顶部松散的物料会在仓壳顶部形成圆形锥体；另一方面，松散物料在仓壳圆筒向下的运动会受到料仓壁的约束，所以，储存固体松散物料的料仓有别于储存气体、液体的容器。气体和液体在常温的自然状态下是无形的物质，松散的固体物料在自然状态下有堆积形态。气体充满于所储存的容器内，以自身的压力对整个容器壁产生作用力；液体盛装在容器里，对液面以下的容器壁，以液柱的静压对不同高度的壁面产生不同的作用力；松散的固体物料盛装在容器里，对物料料面以下的容器壁产生垂直压力、水平压力，在物料流动的情况下对壁面还产生摩擦力。所以，设计固体料仓时除要考虑容器的共性外还要考虑到它的特殊性。

### 1.3 料仓内松散物料的流动形式

松散物料的种类很广，物料间的堆积特性、流动特性差异很大。一般而言，研究者认为物料在料仓中的流动形态分为两大类：漏斗流形态 [又称为中心流动型，图 1-2 (a)~(c)] 和柱塞流形态 [又称为整体流动型，图 1-2(d)]。

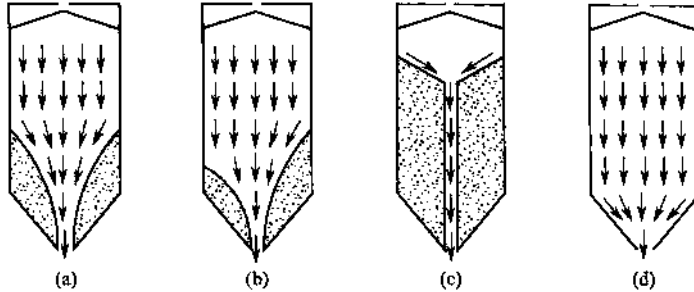


图 1-2 料仓内物料的流动形式

在柱塞流形态的料仓内，物料均匀有序地流过料仓的各个断面，避免料仓内局部出现物料的滞留，也就是说物料在料仓中的流动符合先进先出 (first-in/first-out) 的原则，先装进料仓内的物料在卸料时先卸出，物料流动时所产生的动压力均匀地直接作用在料仓壳上，仓壳所受的压力变化是稳定的。

在漏斗流形态的料仓中，物料是以漏斗流的形式流动的，也就是说物料在料仓中的流动不完全符合后进先出 (last-in/first-out) 的原则。后装进的物料在卸料时在某种程度上先卸出，物料只沿料仓的中心流动，靠近仓壳的物料是否流动是随松散物料的流动特性、储存时间、加料方法等因素的变化而变化，仓壳所受的压力变化是不稳定的，呈动态变化。如果物料在仓壳处滞留，经过长时间的挤压，容易结实，在外界干扰的情况下，就会产生“崩塌”，对仓壳形成冲击，使料仓的受力变得复杂。

由于料仓内的物料流动形态不同，设计者在设计料仓时应当全面考虑组成料仓的各部分的详细情况，如物料入口、物料出口、料仓高径比、仓壳锥体的半顶角大小、仓壳锥体是否采用反吹装置或内反锥装置、仓筒内壁的粗糙度等这些影响物料储存和输送、影响料仓形状和强度的因素，进而确定料仓的各个结构要素，确定设计时如何使用静力计算方法或是再增加使用动力计算方法来解决实际问题。

多年以来不少科学家们对料仓和其储存的固体松散物料进行了大量的科学实验和理论研究，在处理松散物料的流动时，不可能对其流动形态进行单一的描述和计算，为了解决工程问题，必须确定物料的确切特性。瑞斯涅尔等人对“粗粒”、“细粒”和“粉末”物料进行分类，粗粒物料是基本上自由流动的材料，它不能够在结实压力作用下形成很大的开放屈服强度，在堆积时却能够形成机械性卡咬；细粒物料表现出黏结性质，在结实压力作用下容易形成黏结性料拱；而粉末物料的黏结性更大，不但会形成黏结性

料拱，更会形成结管现象。按照所储存的松散物料的流动特性设计料仓，分析该料仓有无形成料拱的可能，需不需要振动给料器或其他装置，这些都是很有必要的。

## 1.4 深仓与浅仓的划分

料仓一般分为深仓和浅仓。深仓是指仓筒内所储松散物料的整个滑坡面都位于仓筒之内，否则为浅仓。浅仓中物料对仓壳的作用不均匀，在设计浅仓时应考虑比深仓更多一些不利的因素，在实际使用中的料仓大都处于深仓范围。

深仓与浅仓的界限划分还有其他不同的方法：①按仓壳圆筒直段高度与圆筒内直径的比值划分；②按仓壳圆筒直段高度与仓壳圆筒截面积的平方根的比值划分；③按储料的破裂面划分。

## 1.5 料仓的基本构成

料仓壳体主要由仓壳顶、仓壳圆筒和仓壳锥体组成。仓壳顶需要承受内部压力、仓顶均布载荷、仓顶集中载荷、活载荷等；仓壳圆筒需要承受内部压力以及物料的作用力，包括侧压力和摩擦力；仓壳锥体同样需要承受内部压力以及物料的作用力，包括法向压力和摩擦力。设计者首先需要计算、校核每一部分的强度与刚度，然后还要计算各个部分连接处的受力情况。

仓壳顶和仓壳圆筒的结合部称肩部，仓壳锥体和仓壳圆筒的结合部称臀部。此两部分的结构根据料仓的不同大小和形状以及料仓使用的不同材质而有所不同，并且由于几何上的不连续性，使连接部位的受力情况更加复杂。设计者应根据实际情况采用不同的结构形式，以保证料仓具有足够的刚度和强度。

## 1.6 设计计算基础

### 1.6.1 设计压力

固体料仓是用来储存固体物料的容器，通常与大气连通，设计压力的适用范围一般按常压考虑。但是，工程装置中固体料仓多采用气体输送进料，并且有时候根据工艺的要求需要氮气密封，还需要设置安全泄放装置，所以，设计压力不得低于最高工作压力，装有安全泄放装置的料仓，设计压力不得低于安全阀的开启压力。由于料仓的直径都比较大，过高的设计压力就会增加料仓的壁厚，增加设备的投资，影响料仓的使用经济性，而且从安全性角度来讲，压力过高就会存在极大的安全隐患，所以，实际使用过程中，压力也会被限制在一定范围内。我国机械行业标准 JB/T 4735—1997 第 14 章圆筒形料仓，规定设计压力的适用范围为  $-500 \sim 2000 \text{ Pa}$ ，即真空度取  $500 \text{ Pa}$ ，设计压力



最大取 2000Pa。然而,实际设计过程中,设计压力有可能大于 2000 Pa,因为料仓属于常压容器,所以,设计压力不能大于 0.1MPa,当设计压力大于 2000 Pa 小于 0.1MPa 时,仍然可以按照 JB/T 4735—1997 进行物料作用力、地震力、风载荷的计算,但是需要充分考虑仓壳顶等部件的设计,确保安全。固体物料,尤其是粉末物料,极其容易在储存过程中形成料拱,料拱的坍塌会在料仓的顶部产生一定的负压,故料仓的设计需要考虑微负压,JB/T 4735—1997 取 -500Pa。

### 1.6.2 设计温度

固体料仓的使用温度大都为常温,我国南北纬度跨度大,北方部分地区冬季极端最低气温较低,而南部、西南部地区夏季日照下仓壳的温度可达几十度,设计者决定设计温度时应考虑到料仓所处的地理位置。由于固体料仓一般不用保温,仓壳的温度基本与环境温度一致,裙座的用材应考虑环境温度的影响。当对储存物料有加热的要求时还应考虑物料的温度效应及热膨胀的影响。因此料仓设计标准规定料仓的设计温度范围取料仓所使用的仓壳金属允许的使用温度,但由于通常料仓的使用温度不高,故仓壳材料的许用应力相应给到 200℃,如果设计者遇到使用温度高于 200℃ 的情况时,许用应力可以按行业标准中相关章节提供的许用应力计算公式进行计算求得。

### 1.6.3 公称容积

公称容积小于 15m<sup>3</sup> 一般称为料斗,设计计算比较简单。过去公称容积大于 4000m<sup>3</sup> 的料仓在工程装置中极少见,这是由于设计和制造难度大、成本高所致。但是,根据目前我国的设计、制造、安装技术的不断进步和经验的不断积累,新建公称容积再大些的料仓也是可以实现的,比如,在粮食行业中已经出现 6000m<sup>3</sup> 以上的利浦式料仓,在石化行业中 5000m<sup>3</sup> 的板式料仓也已经投入使用。两种行业相比较,石化行业中根据储存物料特性的不同,对料仓材料、料仓结构以及安全性都有特殊的要求,再加上,为了满足连续生产的要求,采用气体输送,料仓顶部会出现一定的正压,产生向上的轴向力,故广泛用于粮食行业的超大型、结构轻盈的螺旋卷板利浦式料仓目前在石化行业中还没有被广泛采用,石化行业中使用的料仓的容积也受到了一定的限制。建造超大型料仓时,首先,要考虑合理的高径比,尽量降低仓壳的厚度;另外,还要校核料仓圆筒与料仓锥体结合部、料仓顶部与料仓圆筒结合部不连续结构的应力,总之,是要对料仓的经济性和可靠性予以充分的考虑。

铝合金也是料仓的一种常用材料,虽然,金属铝以及铝合金的许用应力、弹性模量较碳素钢和不锈钢小了很多,料仓的公称容积会受到很大的限制,一般只能做几百立方,但是,金属铝和铝合金的密度仅是钢材密度的三分之一左右,整体投资也会有所减少,尤其对于小型料仓,金属铝和铝合金有比较明显的优势。据报道,国内最大的铝制焊接料仓的公称容积是 1000m<sup>3</sup>;国际上, JANSSENS & DIEPERINK 铝合金料仓,由于采用了定型的面板法兰结构,有效地降低了材料的用量,提高了仓壳的稳定性。建造