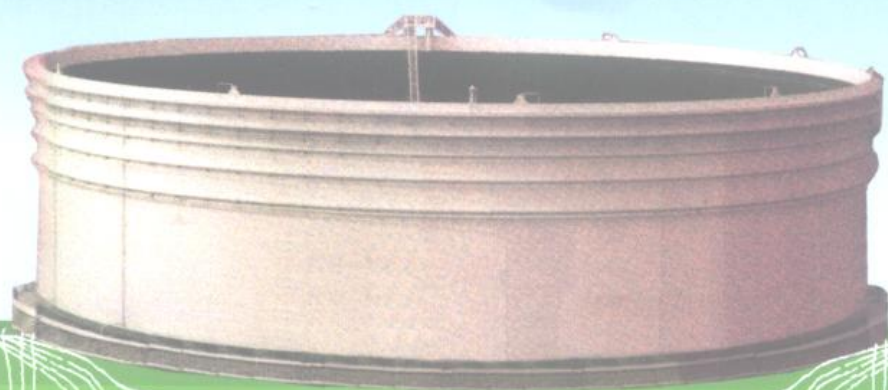


大型储罐基础设计 与地基处理

徐至钧 许朝铨 沈珠江 编著



中國石化出版社

内 容 提 要

本书主要包括:储罐基础设计;各种储罐基础地基处理的工程实例;储罐基础破坏事故实例与分析;原位测试与地基承载力计算;圆形储罐地基允许变形的确定;储罐地基固结变形的非线性分析;储罐底板和地基变形后的可靠性分析;环墙内力分析与配筋计算;储罐基础的纠偏调正;储罐基础施工与工程质量检验;储罐区的防火堤设计;储罐基础的充水预压与沉降观测等,最后附有现浇与预制装配钢筋混凝土环墙式基础通用图。

本书内容丰富,实用性强,是土建工程技术人员的必备手册。

图书在版编目(CIP)数据

大型储罐基础设计与地基处理/徐至钧等编著. —北京:
中国石化出版社, 1999
ISBN 7-80043-799-X

I. 大… II. 徐… III. ①储罐, 大型-基础(工程)-设计 ②储罐, 大型-地基处理 IV. TU753

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 29917 号

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

京建印刷厂排版

海丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 16 开本 29 印张 739 千字 印 1—3000

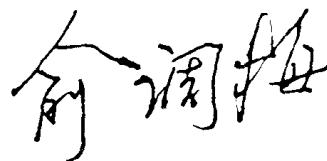
1999 年 11 月第 1 版 1999 年 11 月第 1 次印刷

定价:45.00 元

序

本书论述软土地区大型储罐的地基基础问题,系统地介绍了我国 30 多年来在这一领域内的设计、施工和监测的经验,提出了不同种类大型储罐的容许变形与倾斜、倾斜的纠偏方法及油罐钢底板变形问题,阐述了储罐环墙基础的设计计算。把这些散见于杂志及其他文献的资料汇集成篇,对于从事大型储罐工作的技术人员无疑将有很大帮助。本书编者徐至钧和许朝铨先生均多年从事储罐基础设计工作,有丰富经验;沈珠江先生在土力学方面有很深的造诣,从而保证了本书的质量。

徐至钧先生要我为本书写序言,使我对几十年来参与软土地区(主要是上海)地基基础问题的咨询工作进行了回忆。首先,在 50 年代,主要以经验及理论分析为主,力求经济。因此,设计思想的主流是对于软土地基尽量不打桩、不作处理,并采用较高的天然地基容许承载力,结果是虽然节约了造价,但也产生了一些问题。后来,大力开展勘察试验与监测工作,使地基基础的计算分析有了很大的进步,特别是对于大型储罐那样的体型简单、计算分析中边界条件比较明确的问题取得了很好的成果。今后该怎么办?我认为在勘察、试验、监测与计算指标、计算方法等方面均应避免繁琐,力求简单明了,要制订与施工水平、工业生产及经济条件相适应的技术规范。例如,对于软土地区大型储罐的地基,几十年来的成功经验表明,在带有砂井(或没有砂井)的地基上主要采用充水预压进行加固。今后是否将采用其他地基处理方法或采用柔性桩基,目前还很难预见。以上是我的粗浅想法,向编者及读者请教。



1999 年 8 月

前 言

大型储罐在石油、化工、油气田和石油化工工业中是量大面广的设备。目前这类储罐的应用范围非常广泛，如在冶金、发电、煤气、医药、食品、轻工、军工等工业中，储罐的应用都很普遍。

储罐的特点是直径大、荷载重，因而对地基和基础设计有特殊的要求。目前，国内应用的最大储罐为 $10 \times 10^4 \text{m}^3$ 浮顶式油罐和 $20 \times 10^4 \text{m}^3$ 干式储气罐，其储罐直径可分别达到 80m 和 58m，高度则分别为 21m 和 85m。这种“庞然大物”建在土质较差的软土地基上，确实有不少困难和技术问题。

这类特殊构筑物的基础同工业与民用建筑的基础相比，在设计、施工方面截然不同，如按常规的地基基础规范进行设计，则会出现较大的差错。为此，近 30 年来，国内不少科技人员为开发这类大型储罐基础的地基设计与地基处理，进行了不少研究，并初步掌握了对不同土质情况下不同地基进行处理的方法。目前应用在大型储罐基础的地基处理方法，有充水预压加固法、砂井预压排水处理法、振冲碎石桩法、旋喷法处理法、爆扩挤密加固法、强夯加固法（在饱和软土地基上最好不采用此法）、土工织物加固法、预堆土反压加固法，以及水泥深层搅拌法。在诸多的地基加固方法中，充水预压加固法是最经济、最方便的方法，也是目前应用较广泛的一种。

回忆 60 年代初，在上海的吹填土上，拟建 $2 \times 10^4 \text{m}^3$ 大型浮顶油罐（1050 号罐），基础采用充水预压加固方案。由于当时国内还没有先例，故不少科技人员对这种加固方案表示担忧，而同济大学俞调梅教授那时却积极支持这一方案，并亲自参与指导。后来通过储罐地基的预压实践，这一方案终于获得成功。30 多年的实践证明，这个加固法是完全可行的。

目前，由于作者对大型储罐的环墙内力和储罐底板的变形特性进行了深入分析研究，并将储罐基础施工与工程质量检验及储罐基础的纠偏调正等进行了总结，加之作者又收集了不少有关储罐基础的地基处理方法，所以特编写本书供同行参考。

徐至钧编写了第 1~6、8~11、14 章，许朝铨编写了第 4、12、13 章，并对第 1、9 章进行修改、补充和整理，沈珠江编写了第 7 章，附录部分由徐至钧、许朝铨两人共同完成。中国海洋石油总公司毕平章教授级高级工程师审阅了本书，并提出了宝贵意见。

在编写过程中得到同济大学、浙江大学、中国轻工业北京设计院、华东建筑设计研究院、南京水利科学研究院、中国石油化工集团公司北京设计院、中国石油化工集团公司洛阳石油化工工程公司的专家、学者，以及高大钊、胡中雄、魏汝龙、胡瑞清、王竹三、陈惠康、陈恭弼、闵泉欣、杨华民、巫敏龄、陈树棕、柳妖国等同志的大力协助和支持，谨此一并表示感谢。由于作者水平有限，本书难免有欠妥和错误之处，敬请读者批评指正。

目 录

第1章 概述	1
1.1 储罐的用途和分类	1
1.2 大型储罐的选型及国产化条件.....	11
1.3 场地选择.....	15
1.4 工程地质勘察.....	16
1.5 储罐区的总平面布置.....	18
1.6 储罐的基础型式.....	22
1.7 几种储罐基础地基处理方法.....	25
第2章 储罐基础设计	28
2.1 储罐对基础的设计要求.....	28
2.2 护坡式基础.....	28
2.3 护圈式基础.....	29
2.4 环墙式基础.....	29
2.5 装配式环墙基础.....	31
2.6 其他基础形式.....	31
2.7 基础材料与构造要求.....	32
第3章 各种储罐基础地基处理的工程实例	37
3.1 地基处理的发展概况.....	37
3.2 预压加固地基的工程实例.....	44
3.3 砂井预压加固地基的工程实例.....	76
3.4 强夯加固地基的工程实例.....	94
3.5 爆扩挤密加固地基的工程实例	110
3.6 振冲碎石桩加固地基的工程实例	119
3.7 土工织物加固地基的工程实例	131
3.8 预堆土反压法加固地基的工程实例	154
3.9 水泥深层搅拌法处理地基的工程实例	160
3.10 CFG 桩复合地基的工程实例	169
3.11 结论.....	178
第4章 储罐基础破坏事故实例与分析	180
4.1 储罐基础破坏实例	182
4.2 储罐基础破坏分析	188

第 5 章 原位测试与地基承载力计算	190
5.1 储罐基础的原位测试技术	190
5.2 地基承载力计算	202
第 6 章 圆形储罐地基允许变形的确定	210
6.1 储罐地基允许变形的有关规定	210
6.2 导致储罐地基变形和倾斜的主要因素	213
6.3 储罐地基变形的实测与分析	215
6.4 沉降计算方法和讨论	218
6.5 储罐基础的地基允许变形值	223
6.6 模糊数学在研究圆形储罐地基变形中的应用	224
第 7 章 储罐地基固结变形的非线性分析	229
7.1 概述	229
7.2 计算公式	229
7.3 应力应变模式	233
7.4 计算方法及算例	236
第 8 章 储罐底板和地基变形后的可靠性分析	241
8.1 储罐基础不均匀沉降和底板变形的实测	241
8.2 储罐底板变形后的理论分析	243
8.3 储罐底板的可靠度设计	246
8.4 不同的地基处理对储罐底板变形的研究	250
8.5 储罐底板变形的评定标准	253
第 9 章 环墙内力分析与配筋计算	255
9.1 荷载计算和地震作用	256
9.2 环墙尺寸的确定	260
9.3 环墙设计调查	263
9.4 环墙侧向压力实测与分析	272
9.5 环墙内力分析与计算	274
9.6 环墙环向钢筋的计算	291
第 10 章 储罐基础的纠偏调正	292
10.1 预压纠偏法	292
10.2 排水纠偏法	294
10.3 挖沟纠偏法	296
10.4 顶升调正纠偏法	298

第 11 章 储罐基础施工与工程质量检验	302
11.1 建筑材料质量标准.....	302
11.2 施工操作要点.....	309
11.3 工程质量的检验.....	318
11.4 质量通病与防治.....	321
第 12 章 储罐区的防火堤设计	327
12.1 储罐区防火堤布置原则.....	327
12.2 防火堤种类与构造要求.....	331
12.3 防火堤的内力分析与计算.....	333
12.4 防火堤断面设计.....	342
第 13 章 储罐基础的充水预压与沉降观测	347
13.1 充水预压.....	347
13.2 沉降观测.....	347
第 14 章 储罐基础的技术经济分析	351
附录 现浇与预制装配钢筋混凝土环墙式基础通用图.....	356

第 1 章 概 述

1.1 储罐的用途和分类

储罐有很多种类，而各类储罐的结构型式和使用功能有很大差别，因而各类储罐基础的沉降和倾斜的限值也应有所不同。圆形储罐按其使用功能，可分为储气罐和储油罐两大类。

1.1.1 储气罐

根据采用的压力可以分为低压储气罐，中压储气罐和高压储气罐，低压储气罐的压力为 $(1.47 \sim 3.92) \times 10^{-3} \text{MPa}$ ，中压储气罐的压力为 $(5.88 \sim 8.34) \times 10^{-3} \text{MPa}$ ，高压储气罐的压力为 $0.07 \sim 3.04 \text{MPa}$ ，而大型储气罐均属于低压储气罐。

低压储气罐按照它自己的工艺和结构特性，可以划分为湿式储气罐和干式储气罐。湿式储气罐下设一固定水池，由于采用水作为密封，所以称湿式储气罐。顶盖像一个倒放杯子的钟罩，连接中间各节活动罐体，充气时它的压力首先将钟罩升起，然后通过挂圈，将其他各节活动罐体逐节上升；当所有活动罐体连接成一个整体时，则罐达到最大容积。当气体从罐内放出时，则活动罐体和钟罩逐节下降。气罐的升或降都是沿着罐壁导轨进行的。根据导轨的型式储气罐又可分为垂直导轨湿式储气罐 [图 1-1(a)] 和螺旋导轨湿式储气罐 [图 1-1(b)] 二种。由于导轨必须保持其垂直度或有一定的角度，因此基础的不均匀沉降，可能使罐壁卡住，影响储气罐的上升或降落。目前国内已建的最大湿式储气罐，直径为 80m，储气容量为 $20 \times 10^4 \text{m}^3$ (表 1-1)。

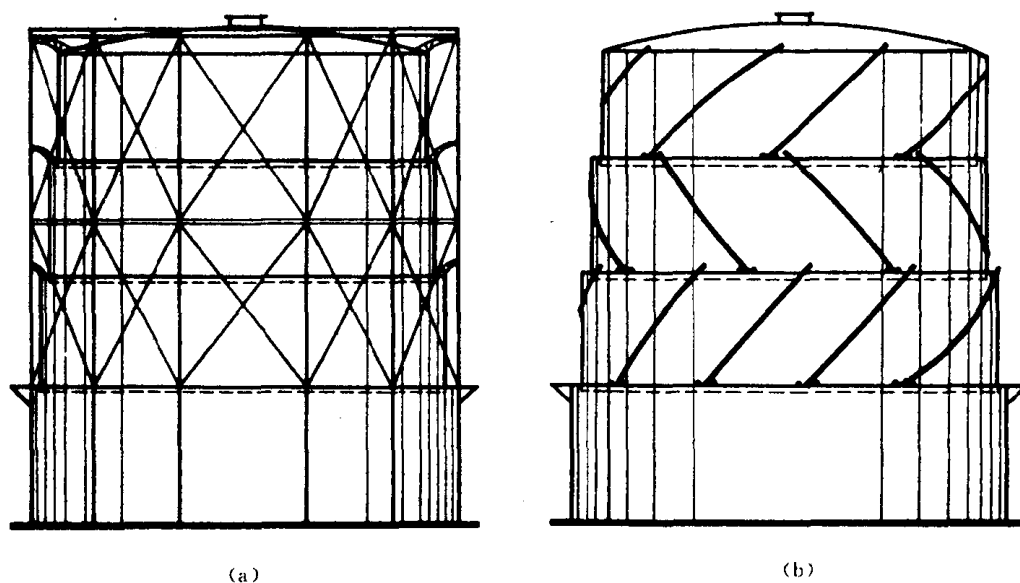


图 1-1 湿式储气罐示意图
(a)垂直导轨储气罐；(b)螺旋导轨储气罐

干式储气罐不需要水封槽，为了得到可靠的不漏气密封，一般采用圆筒形环，它由围膜、壳体壁板及活塞组成，其间灌入一种在相当低的温度才结冰的防冻液体。一般简称这种储气罐为曼(德文 MAN 的译音)型罐，由德国人发明，也称稀油密封型干式储气罐(图 1-2(a)和表 1-2)。另一种是柔膜密封型干式储气罐，它在圆筒形储罐内装有顶盖及底板，并设有沿着高度方向移动的垫板。垫板在气体压力的作用下向上升起，在气体排出后就下降，由其本身的重量而对储气罐排出的气体加压力。密封是在壳体及垫板之间设橡胶软性隔板，代替液体接触密封。这种储气罐是美国 Wiggus 研制成功的。(图 1-2(b)和表 1-3)。

表 1-1 螺旋式储气罐系列数据

序 号	公称 容积/ m ³	计算 容积/ m ³	有效 容积/ m ³	塔 节 数	塔节直径/m					塔 节 高 度 /m	水槽尺寸/m		罐 全 高 /m	高 径 比 $\frac{H}{D}$	顶 板 厚 / mm	底 板 厚 / mm	罐 壁 厚 / mm	导 轨 数	总耗 钢量/ t
					D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅		直 径	高 度							
1	2000	2675	2490	2	16.6	15.7				6.7	17.5	7.0	20.15	0.87	3	6	3	8, 8	97.03
2	3000	4140	3875	2	19.1	18.2				7.7	20	8.0	23.35	0.86	3	6	3	8, 12	127
3	5000	6580	6030	2	24	23				7.7	25	8.02	23.47	1.07	3	6	3	12, 12	167.44
4	10000	13665	12870	3	29	28	27			7.7	30	8.02	30.67	0.98	3	6	3	12, 12, 16	265
5	20000	25640	23700	3	39	38	37			7.7	40	8.02	31.37	1.28	3	6	3	16, 16, 20	405.6
6	30000	35400	32900	3	44	43	42			8.2	45	8.52	33.97	1.33	3	6	3	16, 16, 24	508.48
7	50000	57610	53570	4	49	48	47	46		8.2	50	8.52	42.57	1.18	3	6	3	16, 24, 24, 28	696.32
8	75000	87180	80850	4	57	56	55	54		9.0	58	9.32	47.22	1.23	3	6	3	20, 24, 24, 32	1002.1
9	100000	113845	105000	4	64	63	62	61		9.2	65	9.52	48.8	1.33	3	6	3	24, 24, 32, 48	1223
10	150000	172620	160920	5	71.4	70.3	69.2	68.1	67	9.2	72.5	9.52	57.85	1.25	3	6	3	24, 32, 32, 48, 56	1679.6
11	200000		206750	5	78.9	77.8	76.7	75.6	74.5	9.7	80	10.02	61.22	1.31	3	6	3	32, 32, 48, 48, 56	1845

注：1) 均为钢水槽；
2) 导轨为 24kg/m 轻轨；
3) 表中总耗钢量未包括配重耗钢量。

表 1-2 稀油密封型干式储气罐系列数据

容积/m ³	角数	边长/m	最大直径/ m ²	壁板总高/ m	底面积/m ²	密封油循环 装置的数量	总耗钢量/t
5000	8	6.5	16.985	28.3	204	1	0.51
20000	14	5.9	26.514	43.0	534	2	0.63
50000	20	5.9	37.715	53.05	1099	3	0.815
100000	20	7.0	44.747	73.22	1547	4	1.219
150000	24	7.0	53.629	76.53	2233	4	1.772
200000	26	7.0	58.073	85.51	2623	4	1.93
250000	22	8.824	62.003	94.35	2979	5	2.21
300000	24	8.824	67.603	94.87	3549	5	2.571
400000	28	8.824	73.206	107.0	4168	5	2.95

表 1-3 柔膜密封型干式储气罐系列数据

容积/ m^3	最大直径/m	总高/m	活塞行程/m	底面积/ m^2	类别
100	5.8	6.18	3.96	24.42	A
500	10.62	9.71	5.94	88.58	A
1000	12.54	12.79	8.49	123.5	B
2500	15.5	17.2	14.44	188.7	C
5000	19.3	21.5	17.90	292.5	C
10000	26.96	21.82	18.63	570.9	C
30000	38.5	33.0	27.58	1164.2	C
50000	45.85	39.0	32.04	1651	C
70000	50.13	47.0	37.63	1974	C
100000	57.8	47.4	41.04	2624	C'
150000	65.23	54.15	47.73	3342	C'

- 注：1) A 型：容积 500m^3 以下，活塞的中心设管子，装在顶盖中心套管中随活塞升降上下移动。
 2) B 型：容积 $500\sim 2500\text{m}^3$ ，活塞是靠装有平衡装置来保持升降。
 3) C 型：容积 2500m^3 以上，构造与 B 型相同，但具有环状的 T 型挡板的大型气柜的标准形式。
 4) C 型：气柜容积超过 100000m^3 时为二段式 T 型挡板。

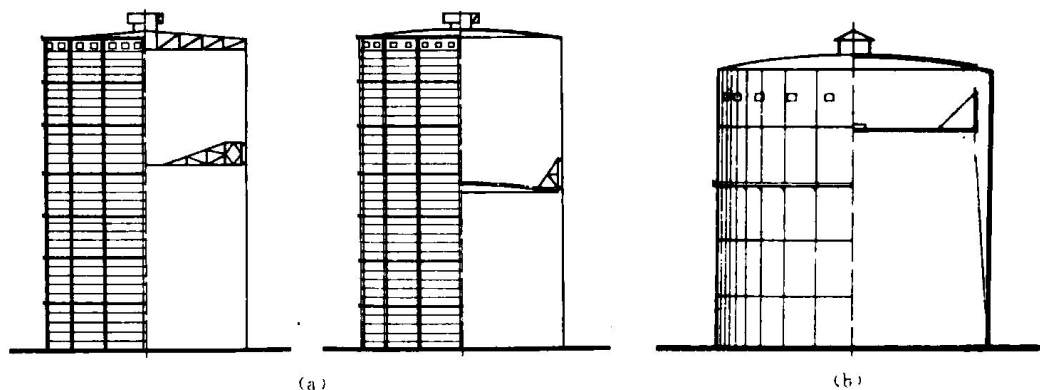


图 1-2 干式储气罐示意图

(a) 稀油密封型储气罐；(b) 柔膜密封储气罐

图 1-3 是在广州吉山建成的二台 80000m^3 干气罐，直径为 41.4m ，高度为 77.6m 。目前国内最大密封干式储气罐的容积是 150000m^3 ，高度为 99.33m 。

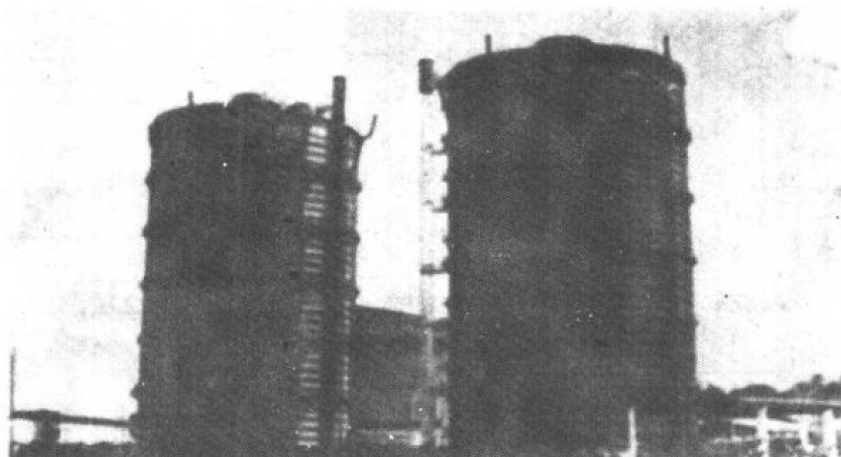
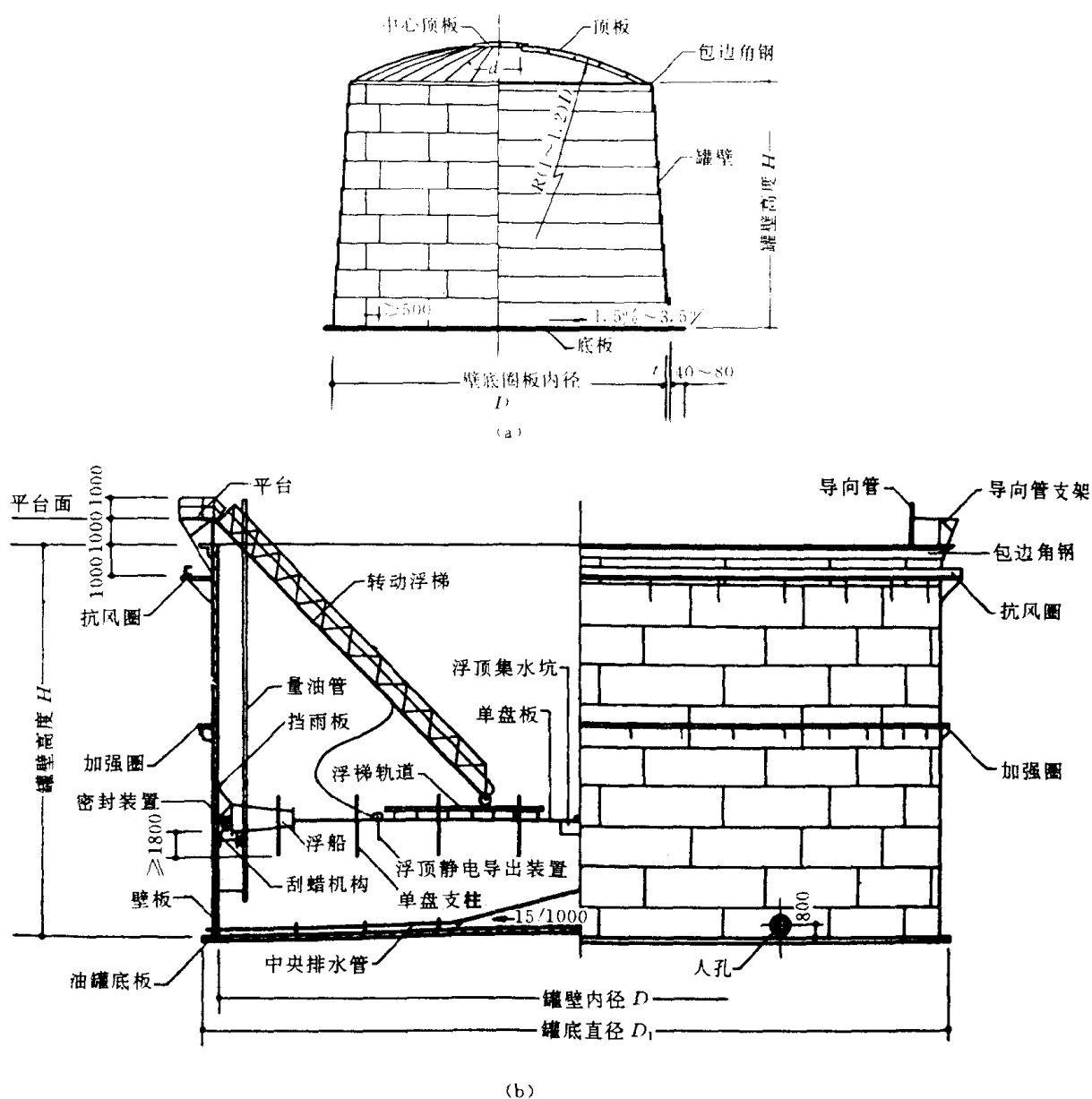


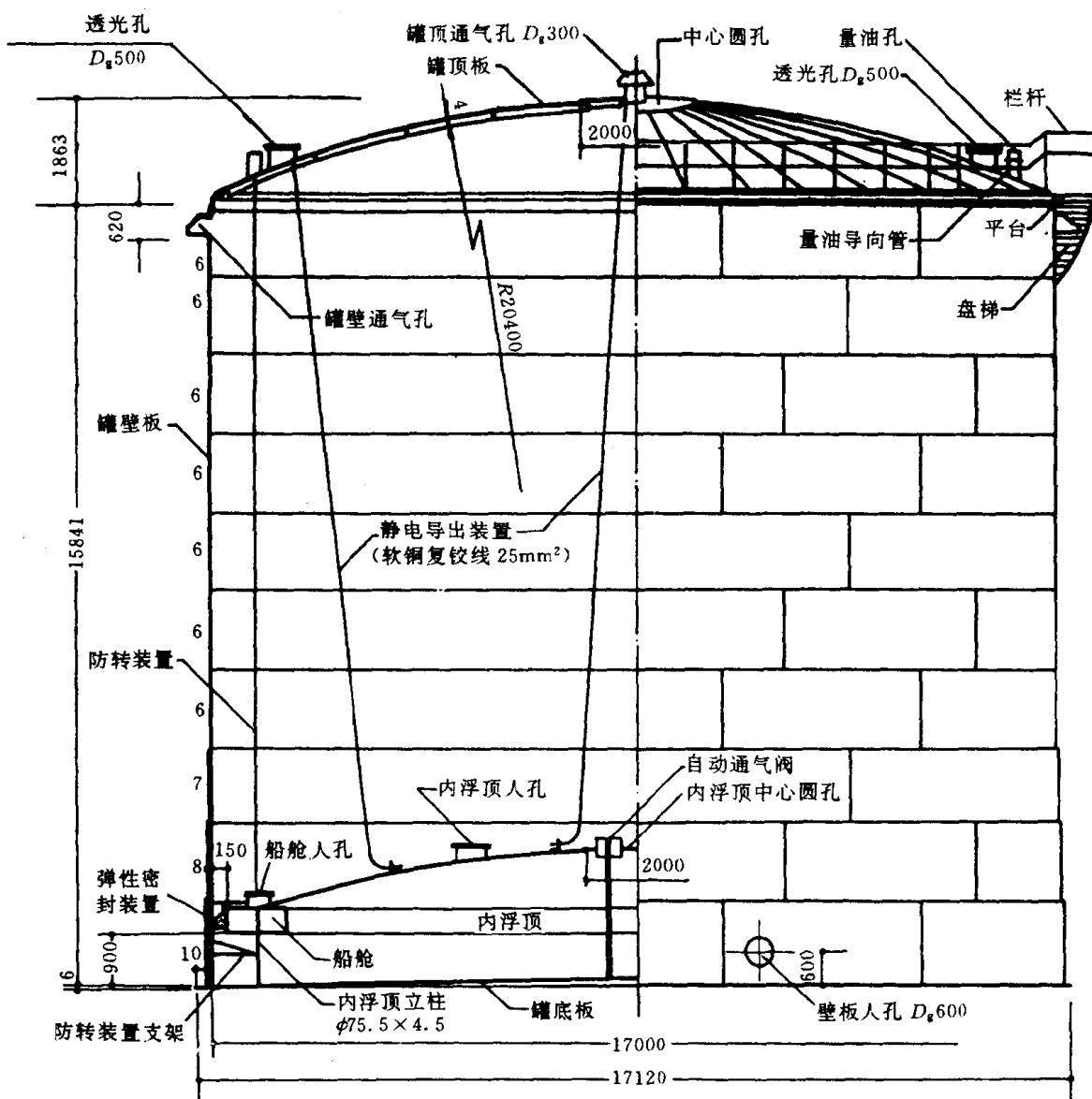
图 1-3 80000m^3 干气罐在广州建成

1.1.2 储油罐

储油罐是储存各种油品的圆形储罐，通常使用的储罐有固定顶储罐、浮顶储罐和内浮顶储罐三类。固定顶储罐顶盖多半采用拱型顶盖，一般用来储存原料油或渣油等重质油品，目前国内已建成最大储罐容积是 10000m^3 ，储罐直径为 34.4m ，高度为 11.4m 。对这类储罐的基础不均匀沉降可以适当放宽要求。浮顶储罐顶盖为浮船式活动顶盖，在罐顶设有转动浮梯和浮船舱，顶盖随进油而浮升，卸油而降落，浮顶与内部液体直接接触，因而油品损耗少，一般用于轻质油品的储存。对这类储罐的基础不均匀沉降要求严。如有较大不均匀沉降就会影响储罐浮顶的上升和降落。目前国内已建成最大储油罐容积是 100000m^3 ，直径是 80m ，高度是 21.80m 。内浮顶储罐是在拱型顶盖内设置一层活动顶盖，采用中国石化集团物装公司重点科技成果获国家专利的 ZF 系列组合式铝合金内浮盘。这类储罐也是储存轻油的。目前国内已建成最大容积是 10000m^3 。

上述三种类型储油罐如图 1-4 所示，系列数据见表 1-4、1-5、1-6。





(c)

图 1-4 圆形储油罐示意图

(a)固定顶储罐；(b)浮顶储罐；(c)内浮顶储罐

近几年储罐的建设已向大型化发展，1985 年我国首次从日本引进了 100000m^3 浮顶油罐的全套技术，至今已建成 100000m^3 大型储罐 20 多台。储罐壁板开始采用日本高强度钢板 SPV490Q，到 1996 年北京燕山石化公司新建 3 台 100000m^3 储罐，已开始采用武汉钢铁公司生产的高强度钢板 07MnCrMoVR 实现了国产化。

总之，通过上述扼要介绍，说明储罐类型较多，究竟选择何种适宜的储罐形式，需根据储存介质的种类、性质、结构、用途和使用条件决定。

表 1-4(a) 固定顶储罐系列数据

序 号	公称 容积/ m ³	计算 容积/ m ³	底圈板 内径 D/ mm	罐壁 高度 H/mm	中心孔 直径 d/ mm	罐壁厚度/mm								包边角 钢规格	底板厚度/ mm		顶 板 厚 /mm	中心顶 板厚/ mm	拱顶板 半径 R/ mm	储罐总重量/ kN	壁传给 基底重/ (kN/m)	
						底 层	二 层	三 层	四 层	五 层	六 层	七 层	八 层		顶 层	中 幅 板						边 缘 板
1	100	110	5172	5300	1500	4	4	4	4	4					L63×6	4		4	4	6132	42.4	2.5
2	200	220	6620	6470	1500	4	4	4	4	4	4				L63×6	4		4	4	7860	67.2	3.0
3	300	330	7750	7070	1500	4	4	4	4	4	4	4			L63×6	4		4	4	9216	88.2	3.3
4	400	440	8288	8270	1500	4	4	4	4	4	4	4			L63×6	4		4	4	9852	105.9	3.7
5	500	550	8983	8810	1500	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5		L63×6	4.5		4.5	4.5	10668	138.6	4.4
6	700	770	10263	9410	1500	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5		L63×6	4.5		4.5	4.5	12204	173.9	4.7
7	1000	1100	11580	10580	2000	6	5	5	5	5	5	5	5	5	L75×8	5		5	5	13728	254.9	6.1
8	2000	2200	15781	11370	2000	8	7	6	5	5	5	5	5	5	L75×8	5		5	5	18762	438.8	7.5
9	3000	3300	18992	11760	2000	9	8	7	6	5	5	5	5	5	L90×8	5	6	5	5	22608	615.1	8.6
10	5000	5500	23760	12530	2000	12	12	9	8	7	6	6	6	6	L100×10	6	8	6	6	28296	1102.8	11.9
11	10000	10700	31282	14070	2100	18	16	14	12	10	8	7	7	7	L150×14	6	9	6	6	37272	2104.5	17.5

注:本表为石化总公司系列储罐数据。

表 1-4(b) 100~30000m³ 固定顶储罐系列基本参数和尺寸

序 号	标准序号	公称		计算	罐 内径 φ/mm	高度/mm			罐壁高度/mm												拱顶 板厚 mm	罐底板厚		罐体材料	设计温度/℃ 设计压力/kPa	罐 储 总重量/ (kN)
		容积	容积			罐壁 厚度	拱顶 高度	总高	底圈	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二		中幅板边缘板	罐底板			
1	HG 21502.1-92-250-251	100	110	5200	5200	554	5754	6	6	6															61.35	
2	HG 21502.1-92-253-254	200	220	6550	6550	700	7250	6	6	6	6														97.6	

续表

序 号		标准序号	公称容积		计算容积 m ³	储罐 内径 φ/mm	高度/mm			罐壁高度/mm												拱顶 板厚	罐底板厚		罐体材料	设计温度/℃ 设计压力/kPa	储 罐 总重量/ (kN)
			容积	m ³			罐壁 厚度	拱顶 高度	总高	底圈	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二		mm				
																							中幅板	边缘板			
3	HG	21502.1-92-255 256 257	300	330	330	7500	805	8305	6	6	6	6	6								5.5	6	6	Q235-A,F	-19~150 -0.5~2	127.6	
4	HG	21502.1-92-258 259 260	400	440	440	8250	887	9137	6	6	6	6	6								5.5	6	6			152.9	
5	HG	21502.1-92-261 262 263	500	550	550	8920	972	9892	6	6	6	6	6								5.5	6	6			177.45	
6	HG	21502.1-92-264 265 266	600	660	660	9315	1023	10338	6	6	6	6	6	6							5.5	6	6			218.4	
7	HG	21502.1-92-267 268 269	700	770	770	9425	1112	9425	7	6	6	6	6	6							5.5	6	6			236.15	
8	HG	21502.1-92-270 271 272	800	880	880	10500	10165	11297	7	6	6	6	6	6							5.5	6	6			257.2	
9	HG	21502.1-92-273 274 275	1000	1100	1100	11500	10650	1241	11891	8	7	6	6	6	6						5.5	6	7			312.2	
10	HG	21502.1-92-276 277 278	1500	1645	13500	11500	1468	12968	10	8	7	6	6	6	6						5.5	6	7	Q235-A		-19~150 -0.5~2	427.4
11	HG	21502.1-92-279 280 281	2000	2220	15780	11370	1721	13091	11	9	8	7	6	6	6						5.5	6	9				561.95
12	HG	21502.1-92-282 283 284	3000	3300	18900	11760	2049	13809	13	11	9	8	6	6	6						5.5	6	9	20R			809.8
13	HG	21502.1-92-285 286 287	5000	5500	23700	12530	2573	15103	17	14	12	10	8	6	6						5.5	7	9			1356.65	
14	HG	21502.1-92-288 289 290	10000	11000	31000	14580	3368	17948	24	21	19	16	14	11	9	9	9				5.5	7	9			2498.2	

续表

序 号	标准序号	公称 容积	计算 容积	储罐		高度/mm			罐壁高度/mm											拱顶 板厚	罐底板厚		罐体材料	设计温度/℃ 设计压力/kPa	储 罐 总重量/ (kN)	
				内径	φ/mm	罐壁 厚度	拱顶 高度	总高	底圈	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一		十二	中幅板边缘板				mm
15	HG 21502.1-92-291 292-293	20000	23500	42000	17000	4546	21546	29	26	22	19	16	13	10	9	9	9				5.5	7	12	5072.052		
16	HG 21502.1-92-294 295-296	30000	31300	44000	20600	4788	25388	36	34	31	28	23	20	17	14	12	10	10	10		5.5	7	12	7049.1		

注:1) 计算容积按罐壁高度和罐罐内径计算的圆筒几何容积;

2) 各圈壁板、顶板、底板厚度均包括腐蚀裕量;

3) 储液密度 $\rho=1200\text{kg/m}^3$;

4) 本表为化工部系列数据。

表 1-5 浮顶储罐系列数据表

序 号	公称容积/ m ³	计算容积/ m ³	储罐内径/ mm	罐壁高度/ mm	罐壁材质及厚度/mm										罐壁钢 板设计 宽度/ mm	底板厚度/ mm		浮顶盘 板厚度/ mm	储罐总 重量/ kN	备 注
					底 层	第 二 层	第 三 层	第 四 层	第 五 层	第 六 层	第 七 层	第 八 层	第 九 层	第 十 层		中 幅 板	边 缘 板			
1	1000	1077	12000	9520	A3F、A3、A3R										1580	5	5	4	369	石油天然气总 公司系列
2	2000	2095	14500	12690	A3F、A3、A3R										1580	5	6	4	549	石油天然气总 公司系列
3	3000	3051	16500	14270	A3F、A3、A3R										1580	6	6	4	744	石油天然气总 公司系列
4	5000	5424	22000	14270	A3F、A3、A3R										1580	6	8	4	1236	石油天然气总 公司系列

续表

序 号	公称容积/ m ³	计算容积/ m ³	储罐内径/ mm	罐壁高度/ mm	罐壁材质及厚度/mm										罐壁钢 板设计 宽度/ mm	底板厚度/ mm		浮顶盘 板厚度/ mm	储罐总 重量/ kN	备 注
					底 层	第 二 层	第 三 层	第 四 层	第 五 层	第 六 层	第 七 层	第 八 层	第 九 层	第 十 层		中 幅 板	边 缘 板			
5	10000	10111	28500	15850	A3F、A3、A3R										1580	6	8	5	1988	石油天然气总 公司系列
6	20000	20419	40500	15850	16MnR										1580	6	8	5	3277	石油天然气总 公司系列
7	30000	32138	46000	19350	16MnR										1930	6	10	5	5087	石油天然气总 公司系列
8	50000	54711	60000	19350	16MnR										1930	8	12	5	8995	石油天然气总 公司系列
9	100000	109520	80000	21800	SPV490Q										2400	12	21	4.5	18670	日本提供
10	125000		85000 (90000)	24000 (21800)	SPV490Q														22000 (23500)	
11	150000	93000		24000	SPV490Q														27500	

注：表中括号内的尺寸，为另一系列储罐尺寸。

表 1-6 100~30000m³ 内浮顶储罐系列基本参数和尺寸

序 号	标 准 序 号	公称 容积	计算 容积	储罐 内径	罐壁厚度/mm										拱顶 板厚	罐底板厚		浮盘 板厚	罐体材料	设计温度/℃ 设计压力/kPa	储罐 总重/ kN
					罐壁 高度	拱顶 高度	总高	底圈	二	三	四	五	六	七	八	九	十	中幅板边缘板 mm			
1	HG 21502.2-92-101 102	100	110	4500	7850	477	8237	6	6	6	6	6	6	6	5.5	6	6	5			81.7

续表

序号	标准序号	公称容积 m ³	计算容积 m ³	储罐 内径 φ/mm	高度/mm			罐壁厚度/mm											拱顶 板厚 mm	罐底板厚 mm	浮盘 板厚 mm	罐体材料	设计温度/℃ 设计压力/kPa	储罐 总重/ kN
					罐壁 高度	拱顶 高度	总高	底圈	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一						
2	HG 21502.2-92-103 104	200	220	5500	10260	587	10847	6	6	6	6	6	6						5.5	6	6	5		126
3	HG 21502.2-92-105 106	300	320	6500	10650	695	11345	6	6	6	6	6	6						5.5	6	6	5		159.8
4	HG 21502.2-92-107 108	400	430	7500	10650	805	11455	6	6	6	6	6	6						5.5	6	6	5		192.8
5	HG 21502.2-92-109 110	500	530	8200	11000	881	11881	6	6	6	6	6	6	6					5.5	6	6	5	Q235-A.F	222.2
6	HG 21502.2-92-111 112	600	635	9000	11000	969	11969	6	6	6	6	6	6	6					5.5	6	6	5		258.35
7	HG 21502.2-92-113 114	700	764	9200	12500	991	13491	6	6	6	6	6	6	6					5.5	6	6	5		287.2
8	HG 21502.2-92-115 116	800	864	1000	12000	1078	13078	6	6	6	6	6	6	6					5.5	6	6	5		319
9	HG 21502.2-92-117 118	1000	1140	11500	12000	1254	13254	7	6	6	6	6	6	6					5.5	6	7	5		394
10	HG 21502.2-92-119 120	1500	1650	13000	13500	1405	14905	8	7	6	6	6	6	6	6				5.5	6	7	5	Q235-A	
11	HG 21502.2-92-121 122	2000	2186	14500	14350	1569	15919	9	8	7	6	6	6	6	6				5.5	6	7	5		
12	HG 21502.2-92-123 124	3000	3360	17000	15850	1841	17691	11	10	9	8	7	6	6	6	6			5.5	6	9	5		894
13	HG 21502.2-92-125 126	5000	5360	21000	16500	2278	18778	13	12	11	9	8	7	6	6	6			5.5	7	9	5	20R	1314
14	HG 21502.2-92-127 128	10000	10700	30000	16500	3260	19760	19	17	15	13	11	9	7	6	6	6		5.5	7	10	5		2865
15	HG 21502.2-92-129 130	20000	22400	42000	17500	4546	22046	20	18	16	14	12	10	8	8	8	8		5.5	7	12	5	16MnR	5108
16	HG 21502.2-92-131 132	30000	31300	44000	22000	4788	26788	28	25	22	20	18	16	13	11	9	9	9	5.5	7	12	5		6902

注：1) 计算容积按罐底上表面到罐壁气孔下沿的圆筒几何容积；
2) 各圈壁板、顶板、底板厚度均包括腐蚀裕量；
3) 内浮盘材料为 Q235-A；
4) 本表为化工部系列数据。