

1000米³以下砖砌油罐

第一分册

結構部分

石油工业部北京勘察设计院編

石油工业出版社

內 容 提 要

非金屬油罐的試制成功和广泛应用，在我国石油工业战线上，具有很大的政治意义和經濟价值，就目前來說，在我国石油工业飞跃发展和鋼材不足的情况下，非金屬油罐更具有现实的推广价值。

为了进一步在全国推广磚砌油罐，石油工业部北京勘察設計院于1959年召开了有商业部、建工部、军委等20多个单位参加的非金屬油罐总结座談会。会后，根据座談和总结的經驗，进行了整理和补充，並編成这本书，以适应当前的需要。

書中着重介紹了油罐結構、油罐防渗、油罐建造施工等方面的經驗。为了便于使用，本書可分成三个分册：第一分册为結構部分，第二分册为防渗部分，第三分册为施工部分。

本書为第一分册，主要内容敘述罐頂盖、罐壁、罐地板的結構和計算，最后一部分为500米³磚砌油罐（磚拱頂）設計举例。

本書主要供各地搞中小型煉油厂和油庫时使用，对大型煉油厂和油庫也有参考价值。

統一書号：15037·860

1000米³以下磚砌油罐

第一分册

結構部分

石油工业部北京勘察設計院編

*

石油工业出版社出版（地址：北京/西城石油工业部內）

北京市書刊出版業營業許可証出字第083號

石油工业出版社印刷厂印刷 新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 开本·印张1 $\frac{1}{2}$ ·22千字·印1~5,000册

1960年2月北京第1版第1次印刷

定价（10）0.17元

說 明

在1958年和1959年两年工农业大跃进的年代里，石油和石油产品的需要量日益增加。为此，全国各地需要建造大量的油罐，儲存各种油品，以供社会主义建設全面跃进的需要。因此，大力推广非金屬油罐，特别是砖油罐，不但可以节省鋼材，而且可以减少油品消耗和油罐的維修費。同时提高了防火安全。这具有很大的政治意义和經濟价值。

砖油罐在我国较为大量的建造是1958年冬才开始的，它一誕生就得到党的重視和全国各地人民的欢迎。到目前为止，虽然仅有短短的一年多的時間，但在党的总路綫光輝照耀下，在大搞羣众运动，大鬧技术革新和技术革命的高潮中，非金屬油罐已显示出強大的生命力，一年来的实践，強有力地証明了非金屬油罐完全可以代替金屬油罐（从小容量到大容量，从儲重油到儲輕油），再次地証实了党的土洋並举的“两条腿走路”的方針是无比正确的。

1959年在全国范围内修建了將近30万米³的非金屬油罐，經過一年来的考驗，一般情况是良好的，少数油罐还有些滲漏，但这是个别的，是由于時間尚短，經驗不足所致。为了更好地总结經驗，給今后更广泛地推广砖油罐創造条件，1959年末由石油工业部北京勘察設計院負責召开了非金屬油罐总结座談会，由商业部、建工部、軍委和石油部等二十余个有关单位参加，会上交流和总结了非金屬油罐建造情况和經驗，並对1960年推广的砖油罐分別按結構、防滲、施工等

三个方面进行了討論。为了使这些經驗得到全面地推广和普及，代表們認為有必要把会上介紹的經驗加以整理並組織出版。現經我院整理和补充，已編出本資料。为了使用方便，分別編制成三个分册：

第一分册——結構部分——对1960年推广的砖油罐結構設計进行了敘述，並附有計算例題，可供設計或修改設計时参考。

第二分册——防渗部分——对1960年推广的防渗涂层种类及其性能和施工方法进行敘述，可供各单位进行防渗涂层和施工过程中参考。

第三分册——施工部分——系“砖油罐施工操作說明”，对砖油罐的施工操作方法和要求进行了敘述，可供施工中采用。

由于資料的編制尚系初次进行，非金屬油罐的建造工作还在不断的发展和提高，因而本資料通过实际中使用后将逐步进行修改。非金屬油罐的建造必須因地制宜，因而采用时切勿局限于条文。

最后，要求使用单位 能对本資料 中的不恰当处加以指正，並多提宝贵意見，来函請寄北京六鋪炕石油工业部北京勘察設計院。

1960年1月15日

目 录

說 明	
一、前言	1
二、罐頂蓋	3
三、罐壁	13
四、罐底板	20
附录 500米 ³ 磚砌油罐（磚拱頂）設計例題	21

一、前 言

本書系磚砌油罐資料中的第一分冊——結構部分。書中敘述磚油罐的結構設計，並附有例題，供設計和修改設計時參考。

為明晰和易于閱讀起見，編寫時尽可能利用表格代替繁雜的理論性公式進行計算。

由於油罐較矮，對地基負荷不大，因而，地耐力要求不高，一般地區的地耐力均能滿足要求。但非金屬油罐最怕的是基礎沉降過大，特別是松軟地基引起的不均勻沉降，從而會引起結構破裂，發生滲漏，因此，按嚴格的要求應計算油罐沉降而引起的罐底壁應力。計算下沉量時須有充分的地質資料。一般情況下，建議按油罐的容量大小，概括地用下列地耐力值來表示油罐要求的地質條件。底板不作計算。

100及100米 ³ 以下磚油罐	要求計算地耐力不少於 10噸/米 ²
200—500米 ³ 磚油罐	要求計算地耐力不少於 12噸/米 ²
700—1000米 ³ 磚油罐	要求計算地耐力不少於 15噸/米 ²

如果地基土壤過於松軟時，結構本身應局部加強或改善土壤和處理地基等辦法來保證油罐的使用安全。

油罐頂蓋種類很多，設計時應結合各地區施工、使用和材料供應的具體情況進行選擇，例如木頂蓋必須考慮防火的

要求和儲存油品的種類；汽油的揮發性大，木頂蓋難以達到密封要求，防火性差，不宜採用；預制鋼筋混凝土頂蓋可減少模版用量和容易滿足防爆的要求，但必須考慮施工條件的可能性；磚砌球形圓頂，能節省鋼材和水泥，但施工技術較為複雜，應着重考慮施工技術是否能達到質量要求。所有的頂蓋都必須作防水層，以防雨水滲漏，同時必須粉刷淺顏色，避免因吸熱而增加油品損耗。

油罐的結構設計，往往易於忽視工藝的合理性，從而影響油罐的使用和安全。在今後的設計中，對工藝方面的要求應特加注意，儘量做到工藝上的合理性。現提出下面幾點工藝方面的意見，供設計時參考：

1. 為滿足工藝流程要求，設計時應儘可能將罐體提高，使輸油管綫進出口處標高幾乎接近地面。
2. 使用管綫輸油時，應使油罐能相互倒油，以防在發生火災時，可以將油倒入其他油罐，減少損失。
3. 儲存輕質油品的油罐，頂部應設有呼吸閥、防火器等附件。
4. 如油罐儲存重質油品（如重柴油、燃料油），應設有加溫設置，作低溫卸油時加熱油品用。為此，磚罐壁的下端應埋設蒸汽進口和冷凝水出口等套管（冷凝水出口套管位置應較蒸汽進口套管稍低），罐內布置加熱盤管。
5. 重油罐頂部無須設置呼吸閥，但應設置通風管。

二、罐 頂 蓋

圓柱形油罐的頂蓋種類很多，在設計上一般常用的有下列幾種型式：

1. 鋼筋混凝土圓平板：這種頂蓋只有一塊單獨的圓板（見圖1），結構簡單，施工方便。由於罐內沒有柱子，泡沫消防能得到良好的效果。當油罐直徑 ≤ 6 米時，宜採用這種形式的頂蓋。

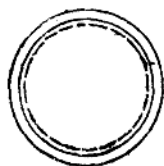


圖 1 鋼筋混凝土
圓平板頂蓋

圓平板的設計方法有三種：第一、將平板分成條形，按普通的公式計算。這種設計假定，用普通材料力學理論即可，因此，在設計程序上大為簡化，但設計成果不很正確。第二、按應用力學基礎用高等數學推導而求得精確結果；第三、先用靜力學求得平板的平均彎矩，再由試驗決定最大力矩，然後按材料力學理論計算應力。根據油罐頂蓋情況按第二種方法分析較為適宜。

現將圓平板小撓度理論的設計步驟介紹如下：

（1）假定頂板厚度（因板是直接支于磚牆上，邊界條件可按簡支考慮，板厚可取 $1/40$ 平板直徑，如板厚小於 $1/40$ 平板直徑時，應復核板的撓度）。

（2）計算板的荷載（動荷載可視為均勻分布）。

(3) 根据表 1 查出板上环向和径向各处的弯矩系数。

(4) 计算板上各点的弯矩:

$$\text{环向弯矩} \quad M_T = K_T q R^2$$

$$\text{径向弯矩} \quad M_R = K_R q R^2$$

K_T ——环向弯矩系数

K_R ——径向弯矩系数

q ——均布荷载

R ——计算半径

(下同)

(5) 钢筋选择:

$$\text{环向弯矩} \quad M_T = K_T q R^2$$

$$\text{径向弯矩} \quad M_R = K_R q R^2$$

2. 钢筋混凝土一柱圆板: 这种顶盖在圆平板的中心下设有一根柱子, 从而减少平板的无支长度 (如图 2)。此适用于直径 6—10 米的油罐。



图2 钢筋混凝土一柱圆板

板下仅有一柱, 泡沫消防仍可得
到完满的解决。柱子按中心受压计
算。板上动荷载可近似地视为均匀分
布。平板之厚度取决于板上荷重强度

和板边连接情况。在一般情况下板厚可取 $1/40$ 平板计算半径。

设计步骤:

(1) 假定顶板厚度及求出平板计算半径。

(2) 算出板的荷载。

(3) 根据表 2, 3, 4, 查出弯矩系数 (如板是直接支于砖壁上, 板边应按简支计算)。

(4) 计算板上各处之弯矩:

$$\text{环向弯矩} \quad M_T = K_T q R^2$$

$$\text{径向弯矩} \quad M_R = K_R q R^2$$

如 q 的单位为公斤/米²,而 R 单位为米,則 M_T 及 M_R 的单位为公斤/米。

(5) 选择钢筋。

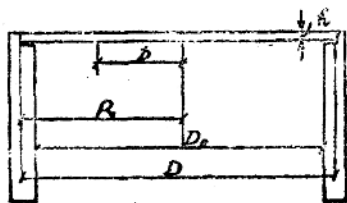
表 1

$\frac{x}{R}$	边 緣 嵌 固		边 緣 簡 支	
	环向弯矩系数 K_T	径向弯矩系数 K_R	环向弯矩系数 K_T	径向弯矩系数 K_R
0.0	+0.073	+0.073	+0.198	+0.198
0.1	+0.072	+0.071	+0.197	+0.197
0.2	+0.069	+0.065	+0.191	+0.190
0.3	+0.065	+0.056	+0.190	+0.178
0.4	+0.058	+0.041	+0.183	+0.166
0.5	+0.049	+0.023	+0.174	+0.148
0.6	+0.040	+0.002	+0.164	+0.128
0.7	+0.027	-0.025	+0.153	+0.102
0.8	+0.013	-0.054	+0.139	+0.072
0.9	+0.004	-0.088	+0.124	+0.038
1.0	-0.021	-0.125	+0.104	+0.000

註: 正号表示荷重面受压;

本表抄自丁大鈞編“鋼筋混凝土樓蓋計算(續集)”第6頁表 8-1;

計算跨徑 $D=2R=D_0+h$ (式中 D_0 为內径, h 为板厚)。



有中心柱圓板內

条件: 均布荷重;

 $M = \text{系数} \times qR^2$, 公斤/米;式中 q 单位为公斤/米², R 单位为米;

边缘铰接。

$\frac{C}{D}$	各 点 的					
	0.05 R	0.10 R	0.15 R	0.20 R	0.25 R	0.30 R

径 向 弯 矩

0.05	-0.3859	-0.1886	-0.0640	-0.0221	+0.0058	+0.0255
0.10		-0.2487	-0.1180	-0.0557	+0.0176	+0.0081
0.15			-0.1869	-0.0977	-0.0467	-0.0135
0.20				-0.1465	-0.0800	-0.0381
0.25					-0.1172	-0.0645

环 向 弯 矩

0.05	-0.0731	-0.1277	-0.1040	-0.0786	-0.0569	-0.0391
0.10		-0.0498	-0.0768	-0.0684	-0.0539	-0.0394
0.15			-0.0374	-0.0516	-0.0470	-0.0375
0.20				-0.0293	-0.0367	-0.0333
0.25					-0.0234	-0.0263

註: 本表抄自1950.11“工程建設”第九期第31頁表14。

正号表示荷重面受压。

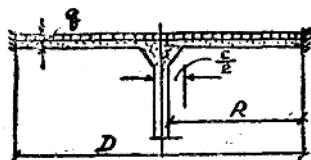


表 2

系 数

$0.40 R$	$0.50 R$	$0.60 R$	$0.70 R$	$0.80 R$	$0.90 R$	$1.00 R$
M_R , 系数 K_R						
+0.0501	+0.0614	+0.0629	+0.0566	+0.0437	+0.0247	0
+0.0391	+0.0539	+0.0578	+0.0532	+0.0416	+0.0237	0
+0.0258	+0.0461	+0.0518	+0.0494	+0.0393	+0.0226	0
+0.0109	+0.0352	+0.0452	+0.0451	+0.0368	+0.0215	0
-0.0055	+0.0245	+0.0381	+0.0404	+0.0340	+0.0200	0

M_T , 系数 K_T

-0.0121	+0.0061	+0.0175	+0.0234	+0.0251	+0.0228	+0.0168
-0.0153	+0.0020	+0.0134	+0.0197	+0.0218	+0.0199	+0.0145
-0.0175	-0.0014	+0.0097	+0.0163	+0.0186	+0.0172	+0.0123
-0.0184	-0.0042	+0.0065	+0.0132	+0.0158	+0.0148	+0.0103
-0.0184	-0.0062	+0.0038	+0.0103	+0.0132	+0.0122	+0.0085

有中心柱圓面

条件:

均布荷重;

边缘嵌固;

$M = \text{系数} \times qR^2$, 公斤/米;

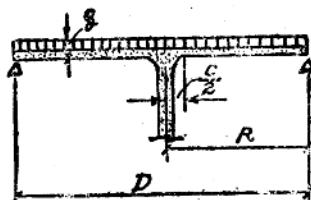
$\frac{C}{D}$	各 点 的					
	0.05 R	0.10 R	0.15 R	0.20 R	0.25 R	0.30 R
径 向 弯 矩						
0.05	-0.2100	-0.0729	-0.0275	-0.0026	+0.0133	+0.0238
0.10		-0.1433	-0.0624	-0.0239	-0.0011	+0.0136
0.15			-0.1089	-0.0521	-0.0200	+0.0002
0.20				-0.0862	-0.0429	-0.0161
0.25					-0.0698	-0.0351
环 向 弯 矩						
0.05	-0.04117	-0.0700	-0.0541	-0.0381	-0.0251	-0.0145
0.10		-0.0287	-0.0421	-0.0354	-0.0268	-0.0168
0.15			-0.0218	-0.0284	-0.0243	-0.0177
0.20				-0.0172	-0.0203	-0.0171
0.25					-0.0140	-0.0150

注: 本表抄自1950.11. "工程建設" 第九期第31頁表13.

正号表示荷重面受压。

板內的彎矩

表 3



系 数

0.40 R	0.50 R	0.60 R	0.70 R	0.80 R	0.90 R	1.00 R
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

 M_R 系数 K_R

+0.0342	+0.0347	+0.0277	+0.0142	-0.0049	-0.0294	-0.0589
+0.0290	+0.0326	+0.0276	+0.0158	-0.0021	-0.0255	-0.0541
+0.0220	+0.0293	+0.0269	+0.0169	+0.0006	-0.0216	-0.0490
+0.0133	+0.0249	+0.0254	+0.0176	+0.0029	-0.0178	-0.0441
+0.0029	+0.0194	+0.031	+0.0177	+0.0049	-0.0143	-0.0393

 M_T 系数 K_T

+0.0002	+0.0085	+0.0118	+0.0109	+0.0065	-0.0003	-0.0118
-0.0027	+0.0059	+0.0099	+0.0093	+0.0061	-0.0009	-0.0108
-0.0051	+0.0031	+0.0080	+0.0086	+0.0057	-0.0006	-0.0092
-0.0070	+0.0013	+0.0062	+0.0075	+0.0052	-0.0003	-0.0088
-0.0083	-0.0005	+0.0046	+0.0064	+0.0048	0.0000	-0.0078

有 中 心 柱 圓 板

条件：邊緣鉗接；

每米有力矩 M 作用在邊緣

$M = \text{系数} \times M \text{ 公斤}$

C D	各 点 的					
	0.05 R	0.10 R	0.15 R	0.20 R	0.35 R	0.30 R

徑 向 弯 矩

0.05	-2.650	-1.121	-0.622	-0.333	-0.129	+0.029
0.10		1.950	-1.026	-0.584	-0.305	-0.103
0.15			-1.694	-0.930	-0.545	-0.280
0.20				-1.366	-0.842	-0.499
0.25					-1.204	-0.765

环 向 弯 矩

0.05	-0.530	-0.980	-0.847	-0.688	-0.544	-0.418
0.10		-0.388	-0.641	-0.608	-0.518	-0.419
0.15			-0.319	-0.472	-0.463	-0.404
0.20				-0.272	-0.372	-0.368
0.25					-0.239	-0.305

註：本表抄自1950.11. “工程建設” 第九期第31頁表15。

正号表示压力在上面。

內的彎矩

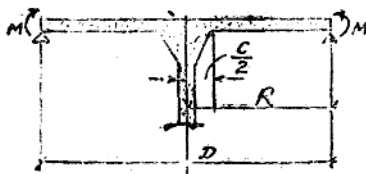


表 4

系 數

0.40 R	0.50 R	0.60 R	0.70 R	0.80 R	0.90 R	1.00 R
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

M_B 系 數

K_B

+0.268	+0.450	+0.596	+0.718	+0.824	+0.917	+1.000
+0.187	+0.394	+0.558	+0.692	+0.808	+0.909	+1.000
+0.078	+0.323	+0.510	+0.663	+0.790	+0.900	+1.000
-0.057	+0.236	+0.451	+0.624	+0.768	+0.891	+1.000
-0.216	+0.130	+0.392	+0.577	+0.740	+0.880	+1.000

M_T 系 數

K_T

-0.211	-0.042	+0.095	+0.212	+0.314	+0.405	+0.486
-0.233	-0.072	+0.066	+0.185	+0.290	+0.384	+0.469
-0.251	-0.100	+0.035	+0.157	+0.263	+0.363	+0.451
-0.261	-0.123	+0.007	+0.129	+0.240	+0.340	+0.437
-0.259	-0.145	+0.020	+0.099	+0.214	+0.320	+0.414

3. 钢筋混凝土无梁楼盖：当油罐直径大于10米时，如用圆平板或一柱平板时，往往板厚过大，不太经济。这时宜用多柱子（四柱或四柱以上）构成无梁楼盖顶板，设计方法与普通钢筋混凝土无梁楼盖相同。

4. 球形圆顶：这种顶盖宜用于预应力钢筋混凝土油罐，在非预应力时，由于拱脚水平推力较大，支座圈梁的钢筋用量较多，为减少支座的水平推力可以提高矢高（建议在一般情况下矢高采用不小于 $1/5$ 圆顶计算跨度）。这样顶盖的缺点是施工较麻烦，模板用量较大，储油空间利用率小（指油品储存至圈梁附近而言）。

根据目前的设计，球形圆顶有砖砌和钢筋混凝土的二种。1959年某库采用过跨度达18米的砖砌球形圆顶，并已试建成功（该罐顶厚为半砖厚），从而再次有力地证明了砖砌顶盖只要施工上稍加注意，完全可以代替钢筋混凝土结构。目前工农业都在飞跃的发展，钢材需要量日益增加，用更少的钢材建造更多的油罐，具有重大的意义，因此，砖砌球形圆顶具有一定的推广价值，应大量采用。其设计方法按无弯矩理论进行（详见例题）。

除上述各种顶盖外，尚有井式，密肋……各种钢筋混凝土平顶式顶盖，以及各种类型木结构顶盖。其设计方法与普通房屋结构同，此处不作介绍。木结构顶盖的防火性和耐久性较差，密封要求也不易达到。建议轻油罐特别是汽油罐不采用此种结构。