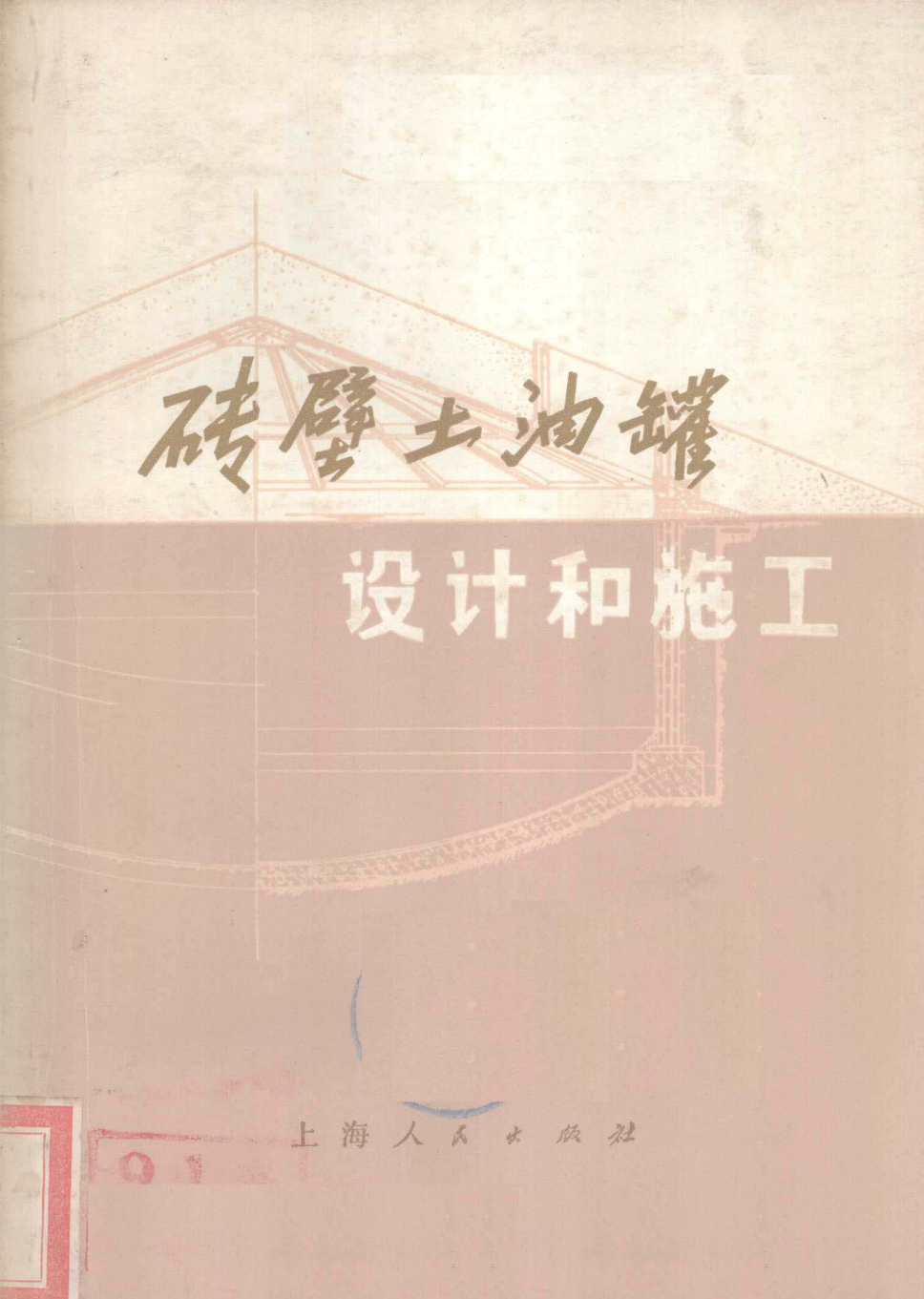




砖壁土油罐

设计和施工

上海人民出版社

砖壁土油罐设计和施工

上海县建筑服务公司

上海人民出版社

砖壁土油罐设计和施工

上海县建筑服务公司

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷六厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 7 字数 152,000

1973年10月第1版 1973年10月第1次印刷

印数 1—13,000

统一书号: 15171·99 定价: 0.41 元

前 言

在伟大领袖毛主席关于“发展经济，保障供给”和“备战、备荒、为人民”的伟大方针指引下，各地为了适应石油生产、供应的迅速发展和备战的需要，广泛发动群众，发扬自力更生、艰苦奋斗的革命精神，在建造金属油罐的同时，建造了一批土油罐，扩大了石油储存能力，节省了钢材和资金，支援了工农业生产，并且创造了不少多快好省建造油库的经验。

土油罐是用砖、石、混凝土等材料砌筑成的，在内壁粉刷一层防渗材料做衬里，或涂刷耐油涂料，也有采用双壁水封的防渗办法，以防石油渗漏。这种油罐结构简单，建造方便，节省钢材、木材，能就地取材，便于迅速上马，造价低廉，深受使用单位欢迎。

土油罐是广大群众在我国工农业生产迅速发展的形势下创造出来的。一九五八年广大群众在总路线精神鼓舞下，破除迷信，解放思想，土法上马，因地制宜地建造了一批土油罐。这一新生事物一出现，就遭到刘少奇一伙所推行的修正主义路线的压制，使刚刚建造起来的土油罐绝大部分停止使用。但是有些地区的革命群众顶住了这股妖风，保住了土油罐。这些土油罐一直使用到现在，效果良好。例如，四川省射洪县坚持用一座一百立方米的土油罐装油，十二年来不渗油、不漏油。河北省昌黎县有五座土油罐，装油十四年，一直未漏过油。无产阶级文化大革命中，各地认真总结了油库建设中两条路线斗争的历史经验，更加坚定地贯彻执行土洋并举的方

针,在全国范围内大力建造土油罐,取得了显著成绩。

为了更好地做好石油的贮存工作,我们学习了兄弟单位的先进经验,根据我县建造土油罐的一些体会,并收集了一些有关资料,编写了这本小册子,主要介绍砖壁土油罐设计、施工以及油库管理等知识,供有关同志在实际工作中参考。

本书在编写中,得到了上海工业建筑设计院、上海市政设计院、上海市建筑科学研究所、上海市化工局设计室以及上海县商业局、杜行公社修建队等单位领导、工人、技术人员的帮助和指导,上海工业建筑设计院的有关同志为本书进行多次审稿,提供了许多宝贵意见。

由于我们学习马列主义、毛主席著作很不够,理论水平不高,又缺乏实践经验,书中一定存在不少缺点和错误,衷心欢迎广大读者提出宝贵意见,以便我们改正。

编 者 一九七三年七月

目 录

第一章 概述	1
第二章 罐壁的计算	5
第一节 容积计算	5
第二节 罐壁的主要外力	6
第三节 砖壁的形式及上下端的构造	9
第四节 罐壁内力的计算	14
第五节 罐壁的强度计算	42
第六节 温度应力的概念	50
第三章 盖板和底板的计算	56
第一节 平面梁板结构的计算与构造	57
第二节 曲梁与扇形板的计算	64
第三节 无梁楼盖的计算	75
第四节 球面形或圆锥形盖板和底板的计算与构造	91
第四章 油罐的抗浮计算	103
第五章 计算例题与讨论	105
第一节 50 吨竖砌砖壁油罐	105
第二节 400 吨平砌砖壁油罐与若干问题的讨论	119
第三节 12 米砖砌球面形壳顶	148
第六章 其他几种形式的油罐	150
第一节 双壁水封油罐	150
第二节 球面壳顶平底油罐	150
第三节 球面壳顶盖与底板的油罐	153

第七章 油罐的施工	155
第一节 材料	156
第二节 开挖基坑	158
第三节 基坑排水	160
第四节 底板与顶板的施工	163
第五节 砖壁与底板连接处的施工	169
第六节 罐壁的施工	171
第七节 粉刷	175
第八节 回填土	176
第九节 养护	178
第十节 试水	179
第八章 耐油砂浆、耐油混凝土和耐油涂料简介	181
第一节 耐油砂浆	181
第二节 耐油混凝土	182
第三节 衬里材料与涂料	185
第九章 油库的安全设施、管理与消防	193
第一节 油罐的安全设施	193
第二节 油库管理	195
第三节 消防	197
附 录	198
附录 I 三角函数表	198
附录 II 材料	204
附录 III 其他	209

第一章 概 述

在毛主席关于“自力更生”、“艰苦奋斗”、“打破洋框框，走自己工业发展道路”的光辉指示指引下，各地建筑战线上的广大革命职工，发扬了敢想、敢说、敢为的革命精神，建造了许多砖砌油罐，并在实践中总结了不少丰富的经验。

砖石是一种地方性材料，各地都可就地取材。用砖建造小型油罐，具有结构简单、节约木材和钢材、造价低廉、不需要特殊的技术要求和技术设备等优点。

油罐从平面形式可分为正方形、长方形、圆形等。从埋置深度可分为地下式、半地下式、地上式。从底板及顶盖的形状，又可分为球面形、圆锥形、平面形等(如图1所示)。

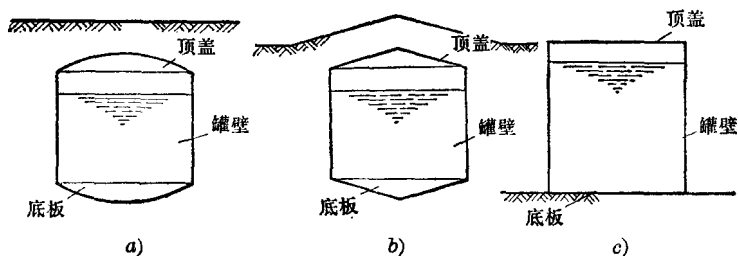


图1 油罐的顶盖与底板形式

a) 球面形顶盖、底板；b) 圆锥形顶盖、底板；c) 平面形顶盖、底板

地下及半地下油罐有很多优点，可使油罐减少外部动力的影响，减少大气侵蚀和温度的影响。所以，一般地下或半地下油罐，虽然使用时间较长，结构仍完好。如上海某煤气厂已

使用 30 多年的大型地下焦油池,近年拆除时砌体完好无损。地上砖砌油罐的情况就不同。有些地上油罐或水池,往往使用 2~3 年后就开始粉刷脱落,在钢筋混凝土环梁处普遍产生水平裂缝。

所以,砖砌油罐或水池的耐久性,除了与材料及施工质量有很大关系外,更重要的还决定于防冻和防风化的措施。把油罐置于地下或半地下,上面覆盖一定厚度的土层,对增加砖石油罐的耐久性是很有有效的。

当油罐内满罐加温时,地下或半地下油罐由于外部土压力的作用,改善了罐壁的受力情况;在无外部土压力作用时(地上油罐或地下油罐外部检修时),油罐壁往往容易产生水平裂缝。

从受力情况及经济指标方面来看,最有利的要算是圆形油罐,因为它在外力(液体压力、土压力等)作用下,罐壁在同一水平高度上所有点的应力大小都是相同的,这样给油罐的构造提供了很大的方便。另外,在同样容积的条件下,圆形油罐的表面积最小,就是说建造时所需的材料最省。

本书介绍的竖砌砖壁油罐,它是利用油罐外侧的土壤来抵御内部液体的压力,所以它只适用于建造地下油罐或露出地面不多的半地下油罐。由于土壤的物理性质(如含水量、容重等)和力学性质(如内摩擦角、凝聚力等)是随土质不同而有变化,而这些指标对土压力的关系均很大,所以砖壁油罐的设计建造必须结合当地的地质条件。我县目前做的这类油罐一般容量都不大,在 5~50 吨。今后还需在实践中不断地摸索经验。因为地下油罐如能有效地利用外面的土压力,可以得到很大的经济效益。

平砌砖壁油罐,它主要是利用罐壁自身的强度来抵御外

力的作用,所以它可取任何一种埋置方案。地下或半地下油罐主要考虑建造地点的地质情况,当地的施工条件,及其贮运油品是否方便等因素。如采用半地下式油罐时,油罐埋置深度的决定,应考虑建造场地的土方平衡,使挖出的土方能足以覆盖油罐。覆土的厚度一般不少于 50 厘米。

底的形式主要看建造地点的地质情况及施工条件。如果土质情况较好,可以使土胎成形,即可采用球面形或圆锥形壳底。因为球面形或圆锥形壳受力性能比较好,象建造一般小型油罐,除了壳体边缘环梁需要配置适量钢筋外,底板中只需配一些构造钢筋,就能满足强度要求。此外,这类形式的底板,还可以增加油罐的有效容积,建议优先采用。如果土质情况差,土胎不易成形,则可做平底板。平底板施工比较方便,但消耗材料较多。

为了便于油品流向集油槽,油罐底板应做成一定的坡度,该坡度可用混凝土在底板上捣出。

顶板形式主要看材料与施工条件等情况来选择。为了便于排除雨水,应根据具体情况,在油罐顶盖做出一定的坡度。

砖壁油罐一般适用于罐壁高度与直径不大的中小型油罐,因为当油罐容量很大时,就会使罐壁做得很厚,材料消耗很大。另外,因为砖石是一种脆性材料,油罐平面尺寸过大,容易因地基不均匀沉陷而发生裂缝,造成渗漏。根据有关资料介绍,纯砖石结构的水池容积一般不宜大于 500 米³;钢筋混凝土环梁和砖砌体组合构造的水池容积一般不宜大于 2000 米³。油罐的受力情况与水池相仿,一般情况可参照水池的适用范围(均指平砌砖壁油罐)。但随着形势的发展,又有许多新的经验创造出来,最近广东茂名石油公司设计建造了 15000 米³ 平面为方形的砖砌油罐,正在试用中。

砖本身虽是透水性的材料，如砌筑质量好，砌体密实，对于防漏可以起到一定的作用，此外还须做好内表面防渗层，在有条件的地方，再加耐油涂料，这样，渗漏问题基本上可以得到解决。

材料质量是否符合要求，施工质量的好坏，对油罐的强度、防渗漏和耐久性都有很大影响，因此，凡不符合要求的材料均不能勉强使用。

选择油罐的建造场地，应从安全管理、消防、运输、地质情况等多方面考虑。油罐不宜紧靠公路，河道或居住房屋。油罐建造地点的选择，应与当地消防部门取得联系。尽可能选择比较隐蔽，管理与运输方便的地方。

为了确保油罐的质量，应尽可能选择土质较好的地方，切忌在暗浜、枯井以及接近河浜边缘建造油罐，因为这些地方的土质往往是比较松软而且不均匀，很难保证油罐的质量。也不要太靠近树木建造地下或半地下油罐，因为树根在生长过程中会伸入灰土及灰缝，使油罐漏油。为了减少地基的不均匀沉降，应尽可能选择土质比较均匀的地方建造油罐。

在建造油罐前，必须了解当地的地质情况，包括土的物理力学性质，地下水状况，地下水位标高及其侵蚀性等。

毛主席教导我们：“人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。停止的论点，悲观的论点，无所作为和骄傲自满的论点，都是错误的。”所以，我们必须用发展的观点来看待土油罐的设计与施工，我们深信，各地建筑战线上的广大工人同志，一定能在不断的生产实践中，创造出结构更合理的更新型的土油罐。

第二章 罐壁的计算

油罐罐壁属圆柱薄壁结构,在外力(液压、土压、气压、端部弯矩等)作用下,环向为轴心受拉或受压,竖向为偏心受压。

地上油罐或未回填土的地下或半地下油罐,主要是验算油罐试水阶段的受力情况;对于地下或半地下油罐,还需验算今后使用过程中空罐时外面土压力和地下水作用下的受力情况。在必要的情况下,还需考虑油品加温时的温度应力。

我们必须熟悉油罐的工作原理,才能组合各种荷载作用下罐壁最不利的受力情况,然后作出比较合乎实际的设计。

第一节 容 积 计 算

油罐的尺寸,可以根据油的容重,存放的吨位,求得油罐所需的容积,然后即可算出油罐的直径和高度。

油罐的容积:

$$V = \frac{G}{\gamma_{\text{油}}} = \frac{\pi D^2}{4} (H - a) \quad (1)$$

油罐的高度:

$$H = \frac{4V}{\pi D^2} + a \quad (2)$$

式中: G ——存放油的吨位;

$\gamma_{\text{油}}$ ——油的容重,视油的品种,取 $0.72 \sim 1.0$ 吨/米³;

H ——油罐的净空高度,一般不宜超过 4 米;

a ——液面至顶盖的预留空间高度,一般取 10 厘米到 15 厘米;

D ——油罐的内净直径。

当油罐采用球面形或圆锥形的底板时，其容量及有关尺寸按下列公式计算。

圆锥形底的油罐(图 2)：

油罐贮存的吨位：

$$G = \gamma_{\text{油}} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \left(H_1 + \frac{1}{3} H_2 \right) \quad (3)$$

底板表面积：

$$A_s = \pi r L \quad (4)$$

底板斜面长度：

$$L = \sqrt{r^2 + H_2^2} \quad (5)$$

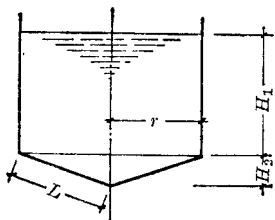


图 2 圆锥底的油罐

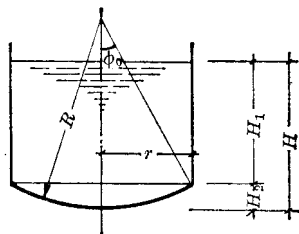


图 3 球面底的油罐

球面形底的油罐(图 3)：

油罐贮存的吨位：

$$G = \gamma_{\text{油}} \cdot \pi \left[r^2 H_1 + \frac{H_2}{6} (3r^2 + H_2^2) \right] \quad (6)$$

底板表面积：

$$A_s = \pi (r^2 + H_2^2) \quad (7)$$

第二节 罐壁的主要外力

一、液体的压力

油罐里盛满了液体(试水阶段是水， $\gamma = 1$ 吨/米³；使用阶

段是油, $\gamma=0.72\sim 1.00$ 吨/米³), 油罐深处的压力大, 接近水面处的压力小, 通常用单位面积所受的压力大小(称为“压强”)来衡量压力的情况。不同深度处的压强不同, 实验证明: 压强与水深成正比。现用 P 表示水深某处的压强, h 表示某处的水深, 则它们的关系是:

$$P=\gamma h \quad (8)$$

由上式可以得出罐壁所受的压力是呈三角形分布的: 液面处 $h=0$, 所以 $P=0$; 底部 $h=H$, 所以得到最大的压强 γH (见图 4 所示)。

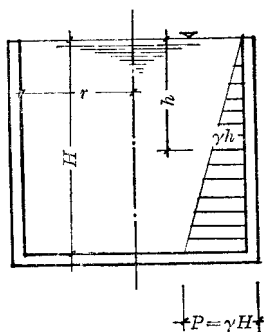


图 4 液体对油罐壁的侧压力

二、气 压

为了密封油罐, 减少油的蒸发损耗, 在油罐顶部装置专门的呼吸器(也称“呼吸阀”), 使油罐内部造成一定的正气压; 另外, 为了减少抽去油品而造成的真空压力, 到一定的负气压时, 可将一部分空气补充进油罐。正气压均匀地作用于油罐的内部, 对罐壁来说受矩形荷载; 负气压均匀地作用在油罐外部。

三、土压力和地下水压力

地下或半地下油罐, 罐壁外侧将受到主动土压力的作用; 当有地下水存在时, 还要承受地下水的静水压力作用。

在无地下水时:

$$\sigma = \gamma_{\pm} H \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (9)$$

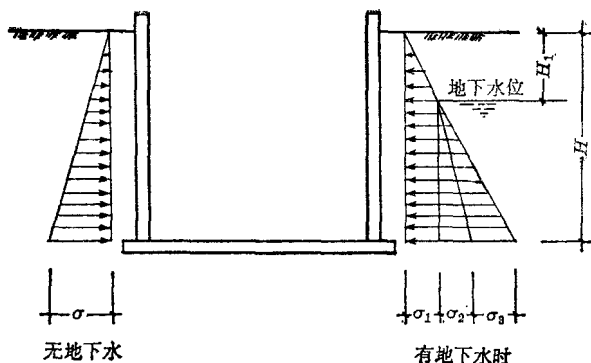


图5 作用在油罐外部的土压力和静水压力

在有地下水时, 地下水位以上 H_1 高度的土压力:

$$\sigma_1 = \gamma_{\pm} H_1 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (10)$$

地下水位以下部分的土压力:

$$\sigma_2 = (\gamma_{\pm} - 1) (H - H_1) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (11)$$

地下水静水压力:

$$\sigma_3 = \gamma_{\kappa} (H - H_1) \quad (12)$$

式中: $\gamma_{\pm}$ ——土壤的容重, 一般取 $1.8 \sim 2.0$ 吨/米³;

γ_{κ} ——水的容重, 取 1.0 吨/米³;

ϕ ——土壤内摩擦角。由于公式中忽略了土壤的凝聚力, 所以一般土壤可取 30° ;

$\operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$ ——侧压系数, 可由表1查得。

表1 侧压系数

ϕ	15°	18°	20°	25°	30°	35°	40°
$\operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$	0.588	0.527	0.490	0.406	0.333	0.271	0.217

在验算平砌砖壁油罐空罐的土压力时，尚须考虑地面活荷载的作用。

第三节 砖壁的形式及上下端的构造

一、砖壁形式

砖壁形式较多，大体有如图 6 所示几种。

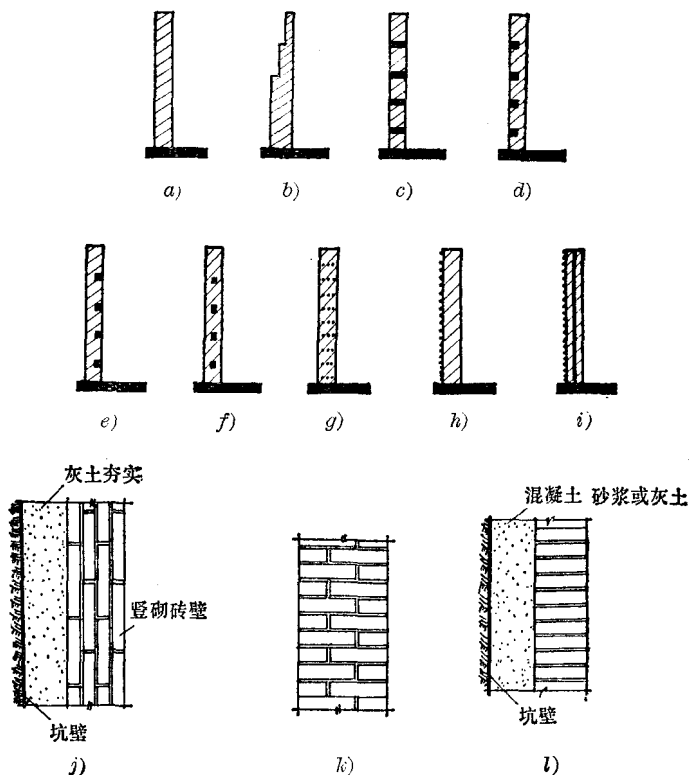


图 6 砖壁的形式

图 6a 所示是等截面砖砌罐壁，其中又可分为竖砌和平砌二种。竖砌砖壁油罐(图 6j)是一种较新的施工方法(具体构造和施工方法见第七章第六节)。它的优点是大大减少了墙面的灰缝，基本上消除了砌体的通缝，增加了砌体抗渗的能力。它利用外面夯实的灰土与四周坑壁土壤的共同作用，来抵御内部的液压，所以罐壁不需做得很厚，节省了材料，在建造小型油罐的实践中，已收到了较好的效果。这种形式的油罐只能放在地下。平砌砖壁油罐(图 6k)，它主要是依靠自身的强度来抵御内部液压的作用，所以截面按计算要做得厚些；广东和中南其他地区，也有采用类似竖砌砖壁油罐的原理，用平砌砖壁砌筑了一些水池，在竖直开挖的坑壁和罐壁之间的预留空隙，用混凝土、砂浆或灰土仔细填实，使罐壁与坑壁形成整体，共同受力(见图 6l)。如湖南省某市水厂的快滤池，直径 6.1 米，池壁高度 4.1 米，仅用 37 厘米厚的砖壁，用混凝土填实空隙，效果良好。

图 6b 所示是变截面罐壁，这种形式宜用于小型的地上油罐。

图 6g 所示是砖配筋形式。在灰缝内配置适量的细钢筋，可以提高砌体的轴心抗拉强度和整体性。根据四川省某单位的试验资料，沿罐壁高度方向配置适量直径为 4~6 毫米的构造钢筋，可提高抗拉强度 10% 左右。

图 6c、d、e、f 四种形式，为砖砌体与钢筋混凝土环梁组合构造的罐壁。由钢筋混凝土环梁承担环向拉力或两者共同承担拉力，这样可使罐壁做得较薄，而且加强了罐壁的刚度。环梁断面宽度一般用 13 厘米，高度 30~60 厘米，环梁间的净距为 1.5~2.0 倍的壁厚，一般为 80~120 厘米。如河南省某化肥厂 1000 米³半地下气柜水池，池壁用石块砌成，厚