

低压湿式贮气罐设计与施工

翁 开 庆 编著

文南尤5

DIYASHISHIZHUQIGUAN
SHEJIIYUSHIGONG

中国建筑工程出版社

低压湿式贮气罐设计与施工

翁 开 庆 编著

中国建筑工业出版社

本书比较系统地介绍了低压湿式贮气罐的构造及设计、施工等方面的实际经验，并附有设计计算的实例与图表。可供城市煤气、石油、化工及冶金等工业部门的设计、施工人员和有关大专院校师生参考。

低压湿式贮气罐设计与施工

翁开庆 编著

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：77/8 字数：212 千字

1981年3月第一版 1981年3月第一次印刷

印数：1—4,450册 定价：0.97元

统一书号：15040·3878

前 言

低压湿式贮气罐是城市煤气、石油、化工及冶金等工业作为调节供应、节约能源、消除污染和储存各种气体的主要设备。它具有构造比较简单、便于管理、维修容易等优点。因此，虽然低压湿式贮气罐早从欧洲工业发达的国家创造使用以来，迄今已有一个世纪，但在目前各国许多工业上仍然继续使用。

近年来，随着工业的发展，我国各地建造低压湿式贮气罐的数量日益增多，尤其是城市煤气供应方面，更趋于建造大容积（数10万米³）的低压湿式贮气罐。但是，迄今国内却难以见到系统介绍低压湿式贮气罐构造及其设计、施工等方面的参考书籍。

有鉴于此，作者总结了十余年来在从事低压湿式贮气罐设计与施工工作中的经验，并参考国外有关资料编写成本书。

本书编写中，得到上海中华造船厂、天津市机电设备安装公司一工区、安徽省石油化工设计院、北京、上海市煤气公司和天津市公用局煤气事业管理处等单位的大力支持和帮助；此外天津市政工程设计院华毓文、庞鸿俊、卫经籍及李学新等同志还提供了参考材料，谨此一并致谢。

编 开 庆

一九七九年三月

目 录

第一章 概述	1
第一节 贮气罐的应用	1
第二节 贮气罐的分类	2
第三节 贮气罐的历史	6
第四节 低压湿式与低压干式贮气罐的优缺点比较	8
第五节 外导架直升式与螺旋导轨式低压湿式贮气罐的优缺点比较	9
第六节 城市煤气贮气罐总容量的确定	11
第七节 低压湿式贮气罐容积及压力计算	11
第八节 低压湿式贮气罐的防火间距	17
第二章 材料及容许应力	18
第一节 结构材料	18
第二节 焊接材料	20
第三节 容许应力	22
第三章 低压湿式贮气罐设计	24
第一节 罐体的组成	24
第二节 罐体基本尺寸的选择	28
第三节 罐体结构的设计	31
第四章 低压湿式贮气罐结构分析	87
第一节 设计荷载	87
第二节 结构分析	101
第三节 贮气罐的抗震验算例	156
第四节 低压湿式贮气罐的震害	165
第五章 低压湿式贮气罐防护	171
第一节 防冻	171
第二节 防雷	177

第三节 防腐	181
第六章 低压湿式贮气罐施工	189
第一节 施工要点	189
第二节 放样	190
第三节 制作	194
第四节 现场安装	204
第五节 施工总验收	221
第七章 低压湿式贮气罐置换	224
第一节 概说	224
第二节 置换原理	225
第三节 置换用介质	226
第四节 惰性气体发生装置	227
第五节 置换方法	228
附录一 国外低压湿式贮气罐技术经济指标	239
附录二 国外低压湿式贮气罐安装容许偏差	242
附录三 国外低压湿式贮气罐防火间距	244
参考资料	246

第一章 概 述

第一节 贮气罐的应用

贮气罐是储存气体的设备。开始主要用于城市煤气的气源产气量与供应量的调节。嗣后，由于工业的发展，贮气罐更广泛用于储存各种化工原料气体及可燃气体的。

一、用于城市煤气供应方面

1. 由于城市用气量有季节性和时间性的变化，而气源不能在短时间内迅速改变产气量，故必须设置贮气罐以均衡输配系统中的负荷，调节产气量与用气量之间的不平衡量。

2. 用贮气罐混合不同热值的煤气，使之符合供气的要求热值。

3. 当气源产气量有较大的灵活性时，如天然气，贮气罐可作为产气过程中的均衡罐。

4. 贮气罐可保持供气管网内压力的稳定。

5. 当供电发生故障时，保证供气不致中断。

二、用于工业生产方面

1. 储存石油化工等工业生产上的各种气体如：氧气、氮气、氨气、氦气、二氧化碳气、乙炔气、乙烯气及甲烷气等。

2. 小化肥厂的半水煤气贮气罐的作用：

(1) 均衡系统负荷、起缓冲作用。

(2) 使回收的吹风气和水煤气充分混合，起均匀气质的作用。

(3) 进一步分离气体中的灰尘，起净化作用。

(4) 作为变换气贮气罐，将CO转化后的气体贮存。

三、用于节约能源、防止污染方面

现代冶金工业的钢铁厂中，多设有储存高炉煤气、焦炉煤气及转炉煤气的贮气罐，以保证发电厂与焦炉充分利用高炉煤气，并以焦炉气充分用于轧钢系统。这样，既节约能源，又可防止大量地将高炉煤气放散到大气中污染环境。

第二节 贮气罐的分类

目前一般使用的贮气罐可按储存气体压力、密封方式和构造方式分类（图1-1）。

一、按储存气体压力分类

当提高贮气罐内的气体压力时，则在一定容积内就可以储存更多的气体。因此，如储存容积相等的气体，高压贮气罐所消耗的钢材要比低压贮气罐为少。但是高压贮气罐需用高强度钢材，制作比较困难，同时为加压需要经常耗用电量。而低压贮气罐则具有可以使用大量生产的强度较低的钢材、制造容易及不需消耗动力等优点。所以贮气罐一般根据不同的具体条件以及工艺要求的工作压力，而设计成为低压、中压及高压三种。

1. 低压贮气罐 储存气体压力150~400毫米水柱。

2. 中压贮气罐 储存气体压力600~850毫米水柱。

3. 高压贮气罐 储存气体压力0.7~30大气压。

二、按密封方式分类

低压贮气罐及中压贮气罐的容积，一般随贮气量的变化而变化。当贮气罐的容积变化时，要求罐的储存的气体与罐外大气隔绝，这必须采用密封手段来解决。

低压湿式贮气罐的构造是在水槽内置放钟罩，钟罩随煤气的充入或放出而升降，同时利用水槽内的水隔绝钟罩内储存的煤气进入大气或钟罩外的空气进入罩内。这类用水作密封介质的贮气罐称为低压湿式贮气罐。

干式贮气罐，或称活塞式贮气罐，或称无水式贮气罐，其构

造由圆柱形外筒、可沿外筒内壁升降的活塞以及底板、顶板组成。煤气在活塞以下储存。活塞是随煤气储存量的变化而升降的。隔绝活塞下面所储存的煤气与活塞上面的空气所使用的密封方式有三种：

1.在活塞与外筒接触的周边，用油液密封。当活塞升降时，油液沿周边空隙流至罐底，再用油泵打到罐顶循环使用。

2.在活塞与外筒接触的周边，用在活塞外边上安装的合成橡胶与棉织品压成的密封圈压紧筒壁，以保持活塞下面的储存气体不致外逸。

3.在外筒下端与活塞周边，安装柔性的密封帘（用合成橡胶及尼龙线织物制成），可随活塞的升降而放下或卷起，以达到密封目的。

以上三种密封方式都不是使用水作密封介质，故一般称为干式贮气罐。干式贮气罐可以是低压贮气罐，也可以是中压贮气罐。

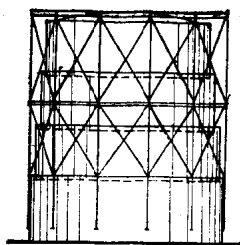
三、按构造方式分类

贮气罐的构造主要按罐体是可变容积的或是固定容积的而定。低压湿式贮气罐，低、中压干式贮气罐都是可变容积的，因此，它们的构造方式采用可升降的钟罩及塔节或者采用可升降的活塞，以随储气量的变化而改变罐容积。高压贮气罐是固定容积的（罐的储气量只能随压力变化），因此，罐体的构造按高压特点而采取在一定容积下材料消耗最少的结构形式。以下分别加以叙述：

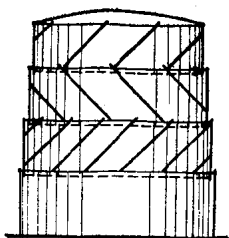
1.低压湿式贮气罐

（1）外导架直升式 在罐的水槽上设有外导架。外导架由立柱、环梁及立柱之间的十字支撑组成。钟罩及塔节上设有内、外导轮及内导轨。贮气罐充气时钟罩、塔节以立柱和内导轨作为导向，垂直上升或下降（图1-1(a））。

（2）螺旋导轨式 钟罩及塔节上设有与水平成45度角的斜轨，在水槽平台上和塔节的水封挂圈上设有导轮。钟罩及塔节以



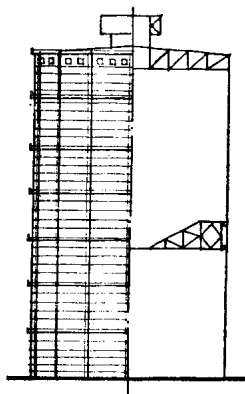
(a) 外导架直式低压湿式贮气罐



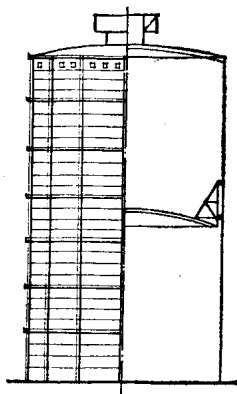
(b) 螺旋导轨式低压湿式贮气罐



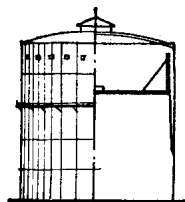
(c) 无外导架直式
低压湿式贮气罐



(d) 曼阿恩(M·A·N)型干式贮气罐



(e) 可隆(Klönne)型干式贮气罐



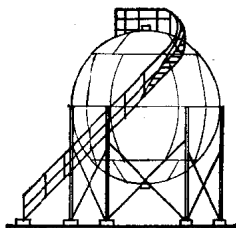
(f) 威金斯(Wiggins)型
干式贮气罐



(g) 立式圆柱体
高压贮气罐



(h) 卧式圆柱体高压贮气罐



(i) 球形高压贮气罐

图 1-1 贮气罐的分类

斜轨为导向，上升或下降时作螺旋向转动（图1-1(b)）。

（3）无外导架直升式 它与螺旋导轨式的构造相似。但导轨不是斜向而是垂直向，导轮也分为内导轮及外导轮。钟罩和塔节以敷设在外壁上的直轨及内导轨为导向，垂直上升和下降（图1-1(c)）。

2. 干式贮气罐（低压或中压）

（1）曼阿恩（M.A.N）型 罐体外形为正多边形。活塞外周设油槽，油槽内注满油液，利用油位高度高于贮存气体的工作压力密封罐内储气。罐外设油泵将流至罐底的油液打到罐顶循环使用（图1-1(d)）。

（2）可隆（Klonne）型 罐体外形为圆柱形。活塞周边安装用合成橡胶及棉织品压成的密封圈，以密封圈压紧筒壁密封活塞下面的储存气体。密封圈内注入油脂以减少摩擦（图1-1(e)）。

（3）威金斯（Wiggins）型 罐体外形为圆柱形。在筒壁下端与活塞周边用柔性的密封帘连接，密封帘可随活塞的升降而

贮气罐分类表

表 1-1

按储存气体压力分类	按密封方式分类	按构造方式分类
低 压 (150~400毫米水柱)	湿 式 (有水式)	1. 外导架直升式 图1-1(a) 2. 螺旋导轨式 图1-1(b) 3. 无外导架直升式 图1-1(c)
	干 式 (活塞式，无水式)	1. 曼阿恩(M.A.N.)型 图1-1(d) 2. 克隆(Klonne)型 图1-1(e) 3. 威金斯(Wiggins)型 图1-1(f)
中 压 (600~850毫米水柱)	干 式	1. 曼阿恩(M.A.N)型 2. 克隆(Klonne)型
高 压 (0.7~30大气压)		1. 立式圆柱体 图1-1(g) 2. 卧式圆柱体 图1-1(h) 3. 球 形 图1-1(i)

放下或卷起，以达到密封活塞下面储存气体的目的。密封帘由合成橡胶及尼龙线织物压制而成（图1-1(f)）。

3. 高压贮气罐

（1）立式圆柱体高压贮气罐（图1-1(g)）。

（2）卧式圆柱体高压贮气罐（图1-1(h)）。

（3）球形高压贮气罐（图1-1(i)）。

兹将贮气罐的分类综合列出如表1-1所示。

第三节 贮气罐的历史

一、低压湿式贮气罐

低压湿式贮气罐的创始人，是法国拉弗西埃(A.V.Lavoisier)氏。1789年他制成一个试验用仪器，即将一个钟罩倒放在水槽内，钟罩内可储存气体，当引入气体时钟罩上升；当气体放出后钟罩下降，气体的容积可以从钟罩出水面的高度加以核算。因此，这个仪器被称为气体计量器（Gasometer），也就是低压湿式贮气罐的雏形（图1-2）。

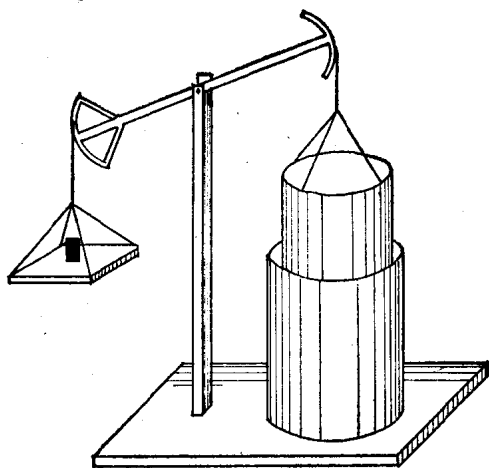


图 1-2 拉弗西埃（Lavoisier）氏湿式贮气罐

应用拉弗西埃氏气体计量器原理, 1812年英国克赖格 (Clegg) 氏在伦敦建成一座外导架直升低压湿式贮气罐。1890年英国盖德斯世 (Gaddsche) 氏创造了螺旋导轨低压湿式贮气罐。嗣后, 欧美各国由于工业发展以及城市煤气的需要陆续修建了不少大容积低压湿式贮气罐 (表1-2)。

国外低压湿式贮气罐概况

表 1-2

建 罐 年 份	地 区	罐 容 积 (米 ³)	附 注
1880~1895	伦 敦	150~345000	外导架直升式
1878	汉 堡	50000	外导架直升式
1890	纽 约	400000	外导架直升式
1900~1910	汉 堡	200000	外导架直升式
1928	多伦多 (加拿大)	280000	外导架直升式
1951	布鲁塞尔 (比利时)	100000	螺旋导轨式
1957	巴 黎	225000	螺旋导轨式
1957	悉尼 (澳大利亚)	113000	螺旋导轨式
1962	柏林 (西德)	200000	螺旋导轨式
1964	格兰芝 (英国)	170000	螺旋导轨式
1967	西 德	300000	螺旋导轨式

在1880年以前欧美各国修建的低压湿式贮气罐一般是采用锻铁板铆接的, 1900年开始改用低碳钢材制造。本世纪三十年代以后。逐渐采用焊接。

近二十多年来, 我国随着工业及城市煤气事业的发展, 各地建成不少全焊接低压湿式贮气罐。其中, 螺旋导轨低压湿式贮气罐容积最大达150000米³。

二、低压干式贮气罐

1. 曼阿恩 (M.A.N) 型干式贮气罐 这种贮气罐最早由德国曼阿恩 (M.A.N) 厂在1913~1915年间登记专利, 罐体外壳为正多边形, 密封油液一直沿用特制的煤焦油, 1945年改用石油产品。目前各国普遍采用这种贮气罐。已建成的最大罐容积达566000米³。

2. 克隆 (Klonne) 型干式贮气罐 这种贮气罐最早由德国

克隆 (Klonne) 厂在 1927 年登记专利, 罐体外壳为圆柱形, 活塞外周有合成橡胶制密封圈、采用油脂润滑。目前在国外已建成的最大罐容积达 600000米^3 。

3. 威金斯 (Wiggins) 型干式贮气罐 美国加特可斯 (GATX) 公司在 1948 年登记专利的, 罐体外壳为圆柱形, 构造上的特点是, 活塞外周用密封帘 (合成橡胶与尼龙布压制而成) 来密封罐内储存的气体。目前, 国际上已建成的这种罐其最大容积为 140000米^3 。

第四节 低压湿式与低压干式贮气罐 的优缺点比较

目前, 应用最广的贮气罐有低压湿式与低压干式两大类, 但在应用中具体地选择哪一类, 就必须进一步比较其优缺点, 然后按具体条件决定所选用罐的类型。

一、低压湿式贮气罐的优缺点

1. 对罐体制造和安装上的容许偏差要求: 湿式贮气罐较干式为低。其罐体安装高度, 尤其是螺旋导轨式贮气罐, 比干式贮气罐的安装高度低。施工比较容易。

2. 罐体构造简单, 在运转中很少发生故障, 因而容易管理, 需用管理人员也少。

3. 比干式贮气罐需用的机电设备少。例如, 干式贮气罐需要外部和内部电梯, 循环油泵等, 而湿式贮气罐则不需要这些机电设备。

4. 储存气体的压力, 随塔节在升降中的脱封或合封而变化, 变化的幅度一般为 $100 \sim 200$ 毫米水柱。因此, 一般需要压缩机加压以获得定常压力。

5. 在寒冷地区的冬季, 水槽及水封内的水需要采暖防冻, 罐体钢结构由于经常浸入水内容易腐蚀, 定期油漆防腐的维修费用

较大。

6.大型湿式贮气罐水槽内的水重很大,以50000米³贮气罐为例,水槽内水重可达15000吨。当地基土质软弱时,处理费用较大。

二、低压干式贮气罐的优缺点

1.干式贮气罐不需用水槽,可以储存干燥的气体,罐体钢材表面也保持干燥,不易腐蚀,可大大减少防腐维修的费用和延长罐的使用年限。在寒冷地区的干式贮气罐由于没有水槽防冻的问题,故比湿式贮气罐要节约。

2.干式贮气罐储存气体压力是由活塞自重决定,因此气体压力是不变的,可以作到以定常压力送气。

3.干式贮气罐没有水槽,因而作用于地基上的荷载比湿式贮气罐要小得多,在软土地基上建罐,地基处理费用远比湿式贮气罐为少。

4.由于罐体密封构造的要求,干式贮气罐的罐体部件加工、制作和安装都要求能够达到较高的精确度。同时罐壁板厚只有5~6毫米、而直径则有20~60米、高度可达100米,因此在施工时要采用有效方法和防止焊接变形的特殊措施。

5.干式贮气罐在运行时管理比较复杂,需要有专人定时检查。

6.干式贮气罐的附属设备较多。例如,外部及内部要有电梯,循环油泵和检查用仪表等。同时,还要耗用一定量的电力。

7.由于附属设备多,所以,同样容积的贮气罐,干式比湿式的造价高。一般干式贮气罐要比湿式高10%。

第五节 外导架直升式与螺旋导轨式低压湿式贮气罐的优缺点比较

一、外导架直升式低压湿式贮气罐的优缺点

1.钟罩和塔节上的内、外导轮,沿导架立柱和内导轨作垂直

向的上升或下降。其导轨与导轮之间的可调节余量较大，所以罐体的制造和安装容许偏差比螺旋导轨式贮气罐的要求为宽，施工较容易。

2. 外导轨架的刚度较大，在侧向力作用下（主要是风和地震力），钟罩及塔节升起后的稳定性好，不容易发生倾斜。所以，在大地震的国家（如日本）多采用外导架直升式低压湿式贮气罐。

3. 外导架的高度较大，尤其是大容积的贮气罐其高度达40~50米，施工需要高空作业，必须采取有效的安全措施。

4. 外导架耗用的钢材较多，比没有外导架的螺旋导轨式贮气罐要多耗用钢材15~25%。当前容积较大的贮气罐一般都采用螺旋导轨式。

二、螺旋导轨式低压湿式贮气罐的优缺点

1. 钟罩和塔节借助安装在水槽和塔节上的导轮，沿敷设在钟罩和塔节侧壁上的斜轨（与水平成45度角）旋转上升或下降。这样就要求罐体在制造和安装上要精确。为了避免螺旋导轨加工难度大的问题，近年来，安徽省石油化工设计院设计了容积由300~2400米³的无外导架直升式贮气罐（图1-1(c)）。这样，采用直线形导轨代替螺旋形导轨，避免了螺旋导轨加工上的困难。但是，直轨无外导架对抗侧向力的性能较差，只能应用于高度不大，受风力小，只有一个钟罩的小型贮气罐。

2. 螺旋导轨式贮气罐没有外导架，钟罩和各塔节的高度基本上与水槽高度相等。因此即使是容积较大的贮气罐，其安装高度也只有10~12米。

3. 螺旋导轨式贮气罐没有外导架，钢材用量少，相对来讲贮气罐容积愈大节约的钢材愈多。同时，由于没有外导架，当钟罩和塔节下降后，从外形看也比较美观。

4. 螺旋导轨式贮气罐没有刚度较大的外导架，它的抗侧向力性能差一些，但是，通过近年来地震区内的螺旋导轨式贮气罐的震害调查：当地震烈度为7~9度时，震害现象大都是导轮脱轨，罐体主要部分损害较小，经过一般修理仍可使用。

第六节 城市煤气贮气罐总容量的确定

在城市煤气供应中，低压湿式贮气罐的主要用途是，在用气高峰时，补充气源不能适时供应的煤气量。由于城市中居民用户每天日间的煤气需要量要比夜间为多，而制气设备的生产不可能随供气需要量的变化而变化，贮气罐就可以将夜间生产剩余的煤气储存起来，以弥补日间煤气最大需要量的不足。因此，一般说来城市煤气罐贮气总容量是按上述原则确定。但合理的贮气罐总容量还需要考虑其它很多的因素，如城市中工业用户及居民用户两者用气量的比例、制气设备可调量的大小、居民的生活习惯以及城市中公共福利设施的多少等等。所以对确定贮气罐总容量作出一般的规定是很不容易的。表 1-3 为贮气罐总容量估算，表 1-4 为我国几个城市目前贮气罐总容量与供气量的比例，可供设计贮气罐总容量时的参考。

贮气罐总容量的估算

表 1-3

工业用气量占日供气量 (%)	民用用气量占日供气量 (%)	贮气罐总容量占日 供气量(%)
50	50	40~50
>60	<40	30~40
<40	>60	50~60

注：当有机动气源时，可按具体情况确定罐的容量。

第七节 低压湿式贮气罐容积及压力计算

一、容积计算

低压湿式贮气罐的容积有三种表示方法：即几何容积、有效容积和公称容积。在容积计算中，以钟罩及各塔节全部升至最高