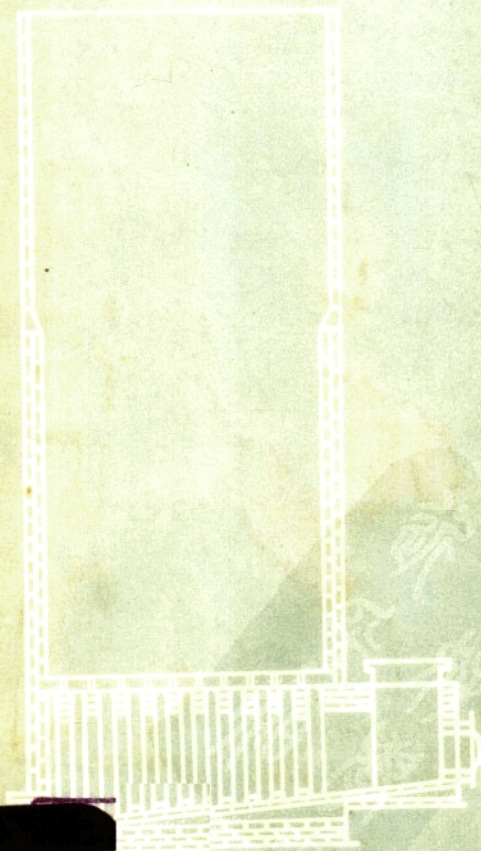


硫酸工厂

塔设备耐酸砖衬里的施工

邓荣立 编



化学工业出版社

硫酸工厂

塔設備耐酸磚衬里的施工

邓榮立 編

化学工业出版社

本书是根据化工厂硫酸車間基本建設施工实际經驗而編写的，分为用耐酸磚工段所需之材料及其檢驗方法、施工操作及施工中的質量問題等部分。

本书可作为耐酸磚衬里技术工人的学习資料，也可以供技术人員在耐酸施工中作参考。

硫酸工厂 塔設備耐酸磚襯里的施工

邓荣立 編

化学工业出版社 出版 北京安定門外和平北路

北京市书刊出版业营业許可証出字第 092 号

化学工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

开本：787×1092公厘1/32 1959年7月第1版

印张：1 $\frac{13}{32}$ 1959年7月第1版第1次印刷

字数：28千字 印数：1—1270

定价：(9)0.17元 书号：15063·0527

目 录

緒言	4
一、耐酸砖衬里施工中所需各种材料及其一般要求和試驗方法	6
1. 耐酸 砖	6
2. 填充 料	9
3. 胶合 剂	9
1) 鈉水玻璃的化学組成	10
2) 水玻璃的化学分析方法	10
3) 水玻璃系数的測定及改变系数之計算实例	11
4. 加速凝固剂	13
5. 石棉板	14
6. 瀝青及溶剂	14
7. 材料的运输保管	15
二、耐酸砖砌筑的施工过程	15
1. 耐酸砖衬里前被衬设备工作面的处理	16
2. 石棉板之粘貼	20
3. 砌砖	21
1) 砌磚用耐酸水泥的調制	21
2) 耐酸磚的衬砌操作	24
3) 耐酸衬里的冬季施工	35
4) 耐酸磚衬里过程中旋拱磚以上部分之砌筑与运料方法	36
4. 耐酸砖砌体的干燥与酸化	38
1) 干燥	38
2) 酸化	39
5. 施工过程中应注意的安全事項	39
附录	40
一、耐酸混凝土的成份配料及施工方法	40
二、砌砖工程自檢記錄式样	43
参考资料	44

緒 言

腐蝕問題，在化學工業中具有特別重要的意義，這是因為化學工業中的許多介質，大部份均具有強腐蝕性。每年因此而帶來的各種金屬的耗損，是化學工廠的重要支出之一，並且常常是某部份設備或整個裝置失去工作能力或停工的主要原因，從而造成對生產的嚴重威脅和安全事故。因此，防腐蝕問題就成了化學工廠一個很重要的工作。然而，在化學工業中所用的耐腐蝕金屬材料，主要是有色合金、貴金屬或稀有金屬，這些材料都比較缺乏和昂貴，有的我國目前還不能大批生產或者不能製造。因此，如何利用非金屬耐腐蝕材料或其制成品及黑色金屬來代替上述金屬材料，在國民經濟上有着重大的意義。

目前，在我國能夠供工業大量採用的非金屬耐腐蝕材料，只有人造硅酸鹽製品一種，其它暫時還不能供工業大量使用。但是，人造硅酸鹽製品，大部份均為單獨的小塊形狀，必須通過砌築使它們成為一個整體，才能成為起防腐蝕作用的防腐蝕層，而一般往往因為砌築施工中的一些問題，使整個防腐蝕保護層遭到腐蝕介質的侵蝕而致破壞。因此，人造硅酸鹽製品的衬砌施工，又是一個具有關鍵性問題。過去在對這類資料很感缺乏，本文僅就耐酸人造硅酸鹽製品中的耐酸磚衬砌施工，作一般性的介紹。其中有關施工方面的問題，系根據工廠中實際施工的情況與經驗而寫出。

對金屬來講，凡因外部介質的化學作用或電化作用而引起的破壞，都叫做腐蝕。對非金屬來講，因外部介質的化學作用而導致的破壞，也可以叫做腐蝕。但是，它與金屬遭受的破壞，在机理上不同。

腐蝕的種類是很多的，就反應性質來看，可分為化學腐蝕與電化腐蝕；就腐蝕介質作用的情況來看，可分為流體腐蝕、大氣腐

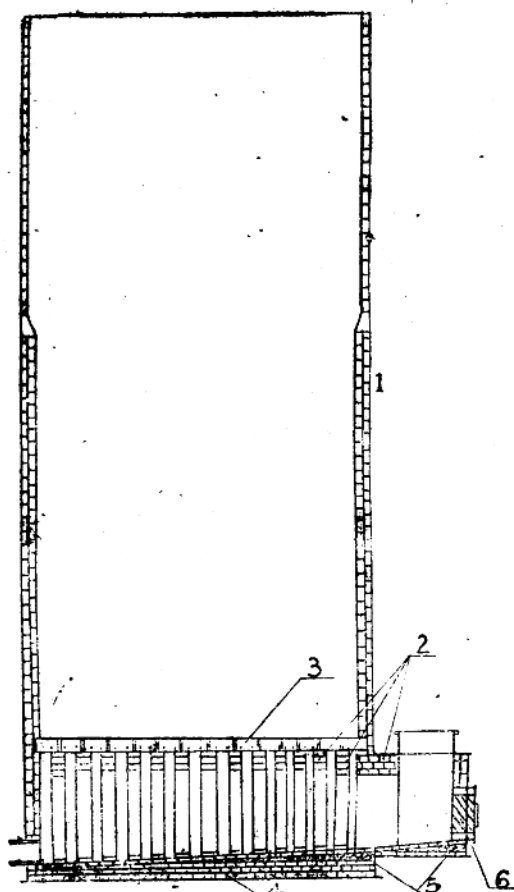


图 1 酸塔砌砖结构示意图

1—壁砖；2—砖砌旋拱；3—筒子砖；4—底砖；5—坡度部份(用碎砖加耐酸胶泥或用耐酸混凝土)；6—抗火石(一种耐酸的火成岩)

蝕、土壤腐蝕、高溫腐蝕、海水腐蝕及微生物腐蝕、等等。就化学厂的腐蝕情况来看，主要是流体腐蝕和电化腐蝕，但是腐蝕现象往往不是单一存在的，而是以一种腐蝕为主同时有好几种其它类型的腐蝕伴随着。比如，在带有搅拌装置的化学反应器中，器壁与搅拌装置所遭受的腐蝕，不但有介质的电化腐蝕，而且还有因搅拌冲击而带来的冲击浸蝕，在軸及搅拌桨的部份还会有机械摩蝕存在。因此，在考虑设备的防腐蝕問題时，要分析腐蝕的情况，然后采取不同的方法和不同的防腐蝕材料分別对待。本文所談的防腐蝕耐酸施工，是仅对化工容器的壁、底、旋拱、篦子与梁等而言的。其具体結構見图1。设备是由鋼制外壳內衬耐酸砖而組成的塔，塔的下部用耐酸砖砌底后，在底上用砖做成若干旋拱，拱上砌放篦子砖作为承受磁环之用。砌拱后，为了使酸液能順利流出，还在底上砌成1:2.5的坡度。塔高16米，直径6.5米，全部耐酸材料重400余吨。

一、耐酸磚衬里施工中所需各种材料 及其一般要求和試驗方法

1. 耐 酸 磚

耐酸砖是由有粘結性的耐火粘土、难熔性的粘土、高岭土、石英砂、长石等原料經粉碎、篩分、調制、成型、煅烧而成的。在化学成分方面，高岭土比粘土所含的杂质少，但其顆粒較粗可塑性小。并具有比粘土更高的耐火性能。粘土的特点在于可塑性大，使得成型后的制品在干燥及煅烧的过程中，能保持成型时所获得的形状而不致破損或发生裂紋。但是，粘土中所含的鈣、鎂、鉄等的氧化物能够被酸所溶解，只有經過高温燒結轉化为硅酸盐以后，才能成为耐腐蝕的材料。因此，砖的本身煅烧得是否透也就是瓷化是否完全，是一个很重要的技术条件，因为它决定着材料的耐酸性能。

一般耐酸度試驗的方法是：取能代表大部份材料的質量的試塊，并把它制成顆粒形狀，在比重為1.84的濃硫酸中煮一小時。試驗后，求出其殘余重量的百分率，要求其大於97%（一般多高於此數）。耐酸度按下式計算：

$$\text{耐酸度} = \frac{\text{煮后殘余重量}}{\text{样品原重}} \times 100\%$$

其次，在燒結的過程中，由於火候的不同，可以使磚的顯氣孔率由1%增加至7%左右，这样就使得耐酸度可從99%下降到97%。關於耐酸磚的耐酸性能，除用上述方法測量其耐酸度外，一般還可以用簡單的方法求它的氣孔率來判定。氣孔率的大小，決定於材料顆粒形狀的大小和燒結的致密程度，這種致密程度可用肉眼觀察磚的新斷面而給以粗略的估計，或者以墨水一、二滴滴於新斷面上，觀察它向四圍擴散的速度快慢與範圍大小來估計。如果瓷磚的斷面疏松而不致密，或墨水擴散的速度快、範圍大，這就表明它的氣孔率一定大而其耐酸性能也一定不好，因為這將使得酸滲透的可能性增大而導致容器外殼的腐蝕。一般吸水率在0.35%（氣孔率約在7%左右）時，耐酸度為97~98%。目前我國天津、大連所產之耐酸磚其質量均超過這一標準，有的吸水率僅0.2%。

耐酸磚的機械強度，與燒結程度、氣孔率有關；但在燒結範圍附近時，這些因素的影響並不大，而與磚坯的質量、分散均勻性、顆粒細度以及顆粒本身的強度等關係較大。例如原料相同的試塊，會由於其分散不均勻、顆粒太粗而使其抗壓強度降低二分之一左右。因此，從耐酸磚斷面的是否均勻致密也可判斷磚的強度。

耐酸磚的熱穩定性（溫度急變抵抗性）差，對它來講是一個最大缺點。由於它的組成部份的膨脹系數各不相同，因而使得它的熱穩定性很不好，當溫度發生劇烈的變化時，很容易發生破損或崩裂。試驗證明，熱穩定性與氣孔率、強度等有關，氣孔率越小也就是磁化越好，它的強度也就越高，但是，熱穩定性能也就越差。因此，

在施工干燥或冬季保温的过程中，严格防止用直接火焰加热、骤热、骤降及局部受热等等；同时，在加热以后也应防止冷气流的突然侵袭。一般试验热稳定性的方法是，将试块加热到 350°C ，然后急冷至 20°C 左右（大部份是把加热的砖投入冷水中），如此反复数次直至破坏为止。试块所经受的次数即为评定热稳定性的标准。此外，砖的外形尺寸也是施工中要求较严的一项，长短宽窄的不一致会给施工带来很多困难，因为耐酸砖的机械加工是很困难的，它既硬又脆，不容易加工到理想的要求。对耐酸砖的具体要求见表1、表2及表3。

耐酸砖的化学性质

表 1

成 分	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	Fe_2O_3
百分含量	大于67	小于23	小于1	小于1	小于4	小于3

耐酸砖的物理性质

表 2

比 重	耐酸度(%)	吸水率(%)	抗压强度极限 (公斤/厘米 ²)	温度急变抵抗性 (次数)
2.1~2.4	大于96	小于4	大于250	大于或等于2

耐酸砖外形尺寸允许公差(毫米)

表 3

长 度	宽 度	厚 度	弯 度	缺 角	裂 纹
±3	±2	±1	小于1	小于5	不允许

除上述要求之外，外观不得有歪曲或表面成凸凹不平现象，亦不得附有砂粒或釉药；应致密坚硬；断口应有光泽无烧火不足等弊病；组织必须均匀没有渣粒与空隙；用钢鎚敲击时应发出清脆的声音。此外，缺角砖如用在非工作面时可允许其不大于15毫米。

2. 填充料

填充料是砌砖过程中用来作为粘合剂填料的耐酸粉末，一般要求它耐酸性高，并且有较高的粉碎细度，因为填充物的粒度越细所生成的孔隙越小，因而酸的渗透可能性也就越小。通常多采用含二氧化硅(SiO_2)量高的岩石如中性长石、石英石、花岗石等的粉末，或者用人造硅酸盐材料如熔融辉绿岩粉、耐酸水泥、瓷粉等。我国沈阳苏家屯耐酸材料厂所出产的69号耐酸水泥，其包装为50公斤一箱其中并附带有一包加速凝固剂(氟硅酸钠)，约为水泥重量的6%，对一般配合比说来均已够用。耐酸水泥的化学成分及物理性能列于表4及表5。

69号耐酸水泥之化学成份

表 4

成 份	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	K_2O	Na_2O	MgO	PbO
百分含量	87.68	4.63	1.13	0.74	0.29	0.15	0.03	5.4

69号耐酸水泥物理性能*

表 5

比 重	抗张强度 (28天) (公斤/厘米 ²)	抗压强度 (28天) (公斤/厘米 ²)	湿 度 (%)	通过筛孔 (目)	表面凝固 时间(分)**	耐 酸 度 %
2.48	32	160	小于2	200	15	大于96

* 表中之强度均为该种水泥按本书所說的配合比制成的试块测得。

** 表面凝固时间是从调制起至调好的水泥表面不粘手止的时间。

对耐酸水泥湿度的要求甚严，故在保管中应防雨雪及受潮。

3. 胶 合 剂

一般在耐酸砖施工中，多采用水玻璃为胶合剂。市场能买到的大多数呈液态，为浓厚的浆状液体，由几种碱金属的硅酸盐混合物

組成(水玻璃也有固体状态的,用清洁的热水溶解后即可使用),純时无色透明,由于制造过程中混入杂质的影响,常呈青白色、黄綠色甚至棕色的悬浊物。它的分子式可以写成:



式中R是代表Na或K(鈉、鉀)。

通常用的为鈉水玻璃,比重为1.36~1.45(根据設計要求决定)。如果比重过高,可以加入适量的清溫水一边搅拌一边测量,使之稀釋至所要求的比重;反过来,如果比重过低則可加热使它蒸发而液縮至要求的比重。水玻璃的系数(也称模数,是二氧化硅的分子数与碱金属氧化物的分子数之比值)为2.6~2.9,系数如不合要求可以調整,具体方法将在下面談到。

1) 鈉水玻璃的化学組成: 鈉水玻璃的化学組成列于表6。

表 6

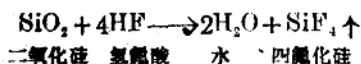
成 份	SiO ₂	Na ₂ O	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	H ₂ O
百分組成	32.0~34.5	11~13.5	小于0.25	小于0.2	小于0.18	小于57

2) 水玻璃的化学分析方法:

甲) 二氧化硅(SiO₂)的測定

取需要分析的水玻璃5克,溶于250厘米³的蒸餾水中,待溶解完毕并于其分布均匀时(搖晃或搅拌后),取出50厘米³放于蒸发皿中,同时加入比重为1.19的盐酸使呈酸性,然后在水浴上蒸干。将蒸干后所得之干渣繼續加热以驅除剩余的HCl,冷却后加数滴HCl潤湿,經15分钟后加沸水60厘米³过滤,得析出之无定形二氧化硅沉淀物,用水冲洗至无HCl(用AgNO₃檢驗)。剩下之滤液及洗液用水浴蒸干,并再接上述方法进行重新結晶得第二次析出二氧化硅。将两次获得的沉淀物置白金坩堝中灼烧至重量不变时为止,这时称出重量即二氧化硅和杂质的共同重量。在經称量以后,于白金

坩埚中滴入两滴比重为1.84的浓硫酸，同时加入 10厘米³ 氢氟酸，并于水浴上加热，则二氧化硅都变成四氟化硅挥发，其反应如下：



然后，将残渣蒸干除去硫酸，并灼烧，至坩埚重量不变时即得其中所含杂质的重量。以上次求得之重量减去杂质的重量，即得二氧化硅之净重。由于取样时只取了全量的五分之一，所以二氧化硅的重量亦仅样品中二氧化硅重量的五分之一，全部二氧化硅之重量还得五倍之。

计算公式：

$$\text{二氧化硅}\% = \frac{\text{灼烧后之二氧化硅净重}}{\text{样品重量}} \times 100$$

乙) 氧化钠 (Na_2O) 的测定

取需要分析的水玻璃 5 克溶于 250厘米³ 蒸馏水中，以 0.1N 盐酸进行滴定，以甲基橙为指示剂。

计算公式：

$$\text{氧化钠}\% = \frac{\text{酸用量(厘米}^3\text{)} \times \text{酸当量} \times \frac{\text{氧化钠分子量}}{2000}}{\text{样品重量}} \times 100$$

3) 水玻璃系数的测定及改变系数之计算实例

水玻璃系数的测定，是施工过程中不可缺少的工作，因为系数过低会使耐酸性能降低，但系数高了也不好，因为这时水玻璃的粘度也随着增加，将使得水泥浆的可塑性下降，这会使施工操作增加困难。有水玻璃知其中含 SiO_2 32.6%，含 Na_2O 13.5%，那么它的系数即为：

$$\frac{32.6}{60} : \frac{13.5}{62} = 2.5$$

式中 60 为 SiO_2 的分子量，62 为 Na_2O 的分子量。

如果測得之系数不合施工的要求，我們可以通过計算于其中加入氫氧化鈉 (NaOH) 或硅胶[Si(OH)₄]粉来改变系数值。

例 1 仓库存有上述成份系数为 2.5 的水玻璃，現施工需要系数为 2.75 的水玻璃，問需要在上述水玻璃中加入何物若干？

解： 因为要求我們增加系数，因此在上述水玻璃中要增加 SiO₂ 的含量。由上一例中知道这种系数为 2.5 的水玻璃，其 SiO₂ 含量为 32.6%、Na₂O 含量为 13.5%，所以必需使其中 SiO₂ 的含量为 (以 100 克水玻璃为計算基准)：

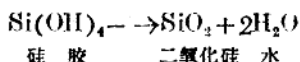
$$\frac{32.6 \times 2.75}{2.5} = 35.9 \text{ (重量計)}$$

才能合乎要求，今該液中已含有 32.6%，所以如果以 1000 克上述水玻璃計算尚需加入 SiO₂。

$$359 - 326 = 33 \text{ 克}$$

$$\text{相当于 } \frac{33}{60} = 0.55 \text{ 克分子}$$

因为



由以上反应式可見，一克分子二氧化硅相当于一克分子硅胶，所以上面求得的克分子数亦即需加入硅胶之克分子数，乘以 Si(OH)₄ 的分子量后即得所需加入的克数。亦即：

$0.55 \times 96 = 52.8 \text{ 克} \cdots \cdots 1000 \text{ 克水玻璃中应加入硅胶之量}$
式中 96 为 Si(OH)₄ 之分子量。

例 2 有水玻璃含 SiO₂ 30.1%、Na₂O 10.5%，現需要系数为 2.25 的水玻璃問应如何处理？

解：現有水玻璃之系数还不知道，故无法处理。因此，首先要求出它的系数才能判定。

$$\text{系数} = \frac{30.1}{60} : \frac{10.5}{62} = 2.96$$

因为系数比要求的高，所以需要加入 Na_2O 予以降低。以100克水玻璃为计算基准，所需 Na_2O 总量应为：

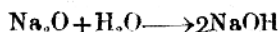
$$\frac{10.5 \times 2.96}{2.25} = 13.8 (\text{重量计})$$

因此在1000克上述水玻璃中还需要加入 Na_2O

$$138 - 105 = 33 \text{ 克}$$

$$\text{相当于 } \frac{33}{62} = 0.532 \text{ 克分子}$$

因为



氧化钠 水 氢氧化钠

所以上面所得的克分子数亦即需加入之氢氧化钠的克分子数。因为一克分子 Na_2O 相当于两克分子 NaOH ，所以应加入的 NaOH 之量为：

$$0.532 \times 40.01 \times 2 = 42.6 \text{ 克} \cdots \cdots 1000 \text{ 克水玻璃中应}$$

加入氢氧化钠之量

式中40.01为 NaOH 之分子量。

4. 加速凝固剂

一般加速凝固剂多只采用氟硅酸钠 (Na_2SiF_6)，是由过磷酸盐生产中的废气所制成。工业用的其中所含 Na_2SiF_6 为93~95%，主要的杂质是氟化钠，游离的氢氟酸、氟硅酸及二氧化硅等，外形为白色的粉末，其化学成份如表7所示。

氟硅酸钠的化学成份

表 7

成 份	Na_2SiF_6	游 离 酸	NaF	H_2O
百 分 含 量	大于93~95	小于0.3~0.2	小于3~5	小于1

它的粒度要求通过 015 号筛(1670孔/厘米²)，施工时要求处于

完全干燥状态，如果潮湿，則应在 60°C 以下使之干燥。干燥以后用上述规格的篩子篩选。在施工过程中由于氟硅酸钠加入量的不同，而得到强度与凝固速度不同的耐酸水泥。由于它的加入，不但使耐酸水泥的凝固速度加快，而且使它具有耐水性。但是，加入量如果过多，則耐酸水泥的机械强度会因而降低，这是因为 Na_2SiF_6 与酸作用后会产生过多的气体使水泥变疏松之故；同时，由于硬化过程也将因此而加快，也会使砌砖的操作过程增加困难。如果过少，則水泥凝固慢，对强度也不好。这在下面在讲到灰浆的調制时还要提到。

5. 石棉板

在耐酸砖衬里以前，于被衬设备的表面上貼一层石棉板，使设备衬里在受温度影响而膨胀时具有緩冲作用，同时由于它是以水玻璃粘貼，故尚能稍起防酸作用。通常所用的是純斜方角閃石石棉纖維，或者加矿物填充料的斜方角閃石纖維的制成品。其化学成份列于表8中。

角閃石石棉的化学組成

表 8

成 份	SiO_2	MgO	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$	CaO	Al_2O_3	$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	H_2O
百分組成	58	29	10	0.2	2.0	0.3	1.67

在高温($350\sim 400^{\circ}\text{C}$)的影响下，斜方角閃石的物理性质会发生变化，由于結晶水的損失，石棉纖維的机械强度在这时将降低 $30\sim 35\%$ 。因此石棉也有一定的温度限制范围($600\sim 800^{\circ}\text{C}$)。

6. 瀝青及溶剂

瀝青是許許多多不同的碳氢化合物及其氧、硫及氮的衍生物的混合物，是一种比較耐化学腐蝕的非金属材料；但它的主要缺点是

耐热性能与机械性能差，一經受热或磨損时容易軟化与脫落。因此，它的使用范围大大的受到限制。一般使用的多半为石油瀝青（或地瀝青），而选其軟化温度在70°C以上的应用，常用的4号石油瀝青其性能如表9所示。

4 号石油瀝青性能表

表 9

軟化点 °C	針入度 (25°C $\frac{1}{10}$ 毫米) 毫米	脂火点 °C	伸长度厘米	溶解度 %
大于70	21~40	大于230	大于3	大于99

汽油与动力苯均可用作溶剂，但常用的为一般車用汽油。动力苯易中毒，故少用为宜。

7. 材料的运输保管

在运输保管中，对耐酸砖来讲，主要是防止在运输过程中破損及在貯藏中受潮。因此在运输中应用草繩捆好，輕拿輕放，防止过猛的碰撞与顛簸；运到以后卸放于能防雨雪的仓库中。对于填充料及加速凝固剂，主要是防潮，宜保存于干燥的地方。水玻璃最主要是防冻，冻结以后性质容易发生变化，故宜保存于有防寒设备的庫房中。如果一旦冻结，可以用直接蒸汽煮化，經檢驗其不丧失原有性质时方可使用。对于瀝青与汽油，应严格防止烟火，也不宜在烈日下曝曬，最好保存于阴凉的、距厂房及其它庫較远的、单独的庫房中，并加强防火措施。

二、耐酸磚砌筑的施工过程

耐酸砖的砌筑过程，是一个細致而重要的工作，很小的疏忽也可能导致设备的很快腐蝕。因此，对于砌筑过程的每一工序都必须严格执行操作规程。下面所叙述的，是一般的圓形塔結構（见图1）

每一工序的施工方法与技术要求。

1. 耐酸磚襯里前被襯設備工作面的处理

黑色金属材料由于其在空气中被氧化而生成的氧化层，使得設備与耐酸材料的結合不良，因此在砌筑衬里以前必須設法除去，同时，为了使其不致再度被氧化，在处理之后之表面上必須涂以保护层。現在分別叙述如下。

1) 在設備本身及其上所有附件均焊接完毕以后，就可以用出口压力不低于3个大气压的噴砂机进行打磨。使用这种方法去锈比較快而且质量好，它的操作流程见图2。經過打磨以后的設備内表面，可以完全除去锈痕与油蹟达到下列要求：

甲、表面均匀一致，具有无光泽的灰色；

乙、完全除去氧化层与油污油漆等；

丙、处于干燥状态。

这三个要求也是除锈工序的质量要求。施工中为了能达到这样的标准，对所用空气、砂粒、操作环境等也提出不同的要求：

噴砂所用之压缩空气，不能象其它施工过程在均压以后就直接送入噴砂器使用，而必須經過图2所示之除油水装置。它的构造和普通的过滤器差不多，鋼制的外壳内充磁环或焦炭，来自压缩机的压缩空气自过滤器中央的导管进入，通过过滤层由上部引出（凡能达到净化目的設備均可利用，如机械捕油冷却器、干燥器等）。在經過除油、水的工序以后，将压缩空气通至現場，并使之再經過一个小的可移动的过滤器，这样才能保証压缩空气中不会含有油份与水份。对压缩空气的检查方法，是将净化后的压缩空气吹在距离噴嘴100毫米有支撐的白紙上，及一片干燥干淨的玻璃上，如果吹过30秒钟后在紙上沒有肉眼可見的油迹，在玻璃上沒有发现水珠，即認為净化后的压缩空气是合格的，否則根据检查的結果增加相应的設備。