

化工设备 防腐蚀施工工艺

太原化工厂编

上海化学工业设计院石油化工设备设计建设组

毛主席语录

打破洋框框，走自己工业发展的道路。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此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。

前 言

为了及时交流各地区、各单位开展防腐蚀工作的经验，进一步推广使用各种非金属耐腐蚀材料，解决化工生产设备的腐蚀问题，特将太原化工厂编写的“化工设备防腐蚀施工工艺”出版，供内部交流。

“化工设备防腐蚀施工工艺”共分十二部分，系根据该厂防腐蚀施工十余年的体会，并吸收各兄弟单位先进经验编写而成的。~~此书可供有关~~化工厂、设计部门、高等院校参考，~~因水平有限，~~错误难免，望广大读者批评指正，以便在~~今后工作中~~进一步修改及完善。

目 录

前言	
一 绪论	(1)
一 防腐蚀工作的重要性	(1)
二 防腐蚀方法	(5)
三 化工生产中防腐蚀设备的使用与保养	(10)
二 金属设备的表面处理	(14)
一 对金属设备结构的要求	(14)
二 喷砂处理的施工工艺	(17)
三 耐腐蚀砖板衬里工艺	(31)
一 施工原理	(32)
二 耐腐蚀砖板的性能与规格	(35)
三 胶合剂配比与原料规格	(41)
四 衬里结构	(48)
五 砖板衬里施工	(50)
六 影响砖板衬里质量因素与施工中的注意事项	(61)
七 砖板衬里设备缺陷的修复	(66)
八 安全规程	(69)
九 衬里质量标准与消耗定额	(71)
四 橡胶衬里施工工艺	(73)
一 橡胶的性能与施工原理	(74)

二	橡胶衬里设备的设计参数与结构特点·····	(81)
三	设备衬橡胶工艺·····	(84)
四	质量标准与缺陷修复·····	(101)
五	消耗定额·····	(102)
六	安全规程·····	(102)
五	硬聚氯乙烯设备设计、成型、制作与安装工艺··	(105)
一	硬聚氯乙烯塑料的性能与成型原理·····	(106)
二	硬聚氯乙烯原材料规格·····	(107)
三	硬聚氯乙烯设备设计·····	(111)
四	设备热成型工艺·····	(129)
五	硬聚氯乙烯焊接工艺·····	(136)
六	粘结工艺·····	(148)
七	设备管道的安装·····	(150)
八	消耗定额·····	(152)
九	安全规程·····	(152)
六	不透性石墨设备设计、构造与制作安装工艺··	(154)
一	不透性石墨材料的性能·····	(154)
二	不透性石墨设备的设计·····	(159)
三	不透性石墨设备的结构特点·····	(166)
四	石墨材料的浸渍与粘结工艺·····	(185)
五	块孔式石墨热交换器的制作工艺·····	(199)
六	浮头列管式石墨热交换器的制作工艺·····	(203)
七	不透性石墨设备的安装与维护·····	(210)
七	酚醛石墨压型管生产工艺·····	(212)
一	液压机工作原理·····	(213)
二	石墨管挤压机性能、规格、操作、保养与	

	安全事项.....	(217)
三	酚醛石墨压型管挤压工艺条件.....	(229)
四	酚醛石墨压型管聚合与碳化处理.....	(238)
五	高粘度热固性酚醛树脂制作工艺条件.....	(240)
六	石墨管挤压机油路图解.....	(242)
八	热固性合成树脂的性能和一些树脂的制备工艺.....	(245)
一	酚醛树脂.....	(245)
二	呋喃树脂.....	(256)
三	环氧树脂.....	(262)
四	不饱和聚酯树脂.....	(269)
九	玻璃钢设备设计、成型与施工工艺.....	(282)
一	玻璃种类组成、钢性能与原材料规格.....	(287)
二	成型方法与施工原理.....	(299)
三	玻璃钢衬里工艺.....	(305)
四	湿法缠绕成型玻璃钢工艺.....	(325)
五	整体玻璃钢设备成型工艺.....	(339)
六	干法滚压与压制成型工艺.....	(345)
十	涂料保护.....	(354)
一	涂料的组成和涂层结构.....	(355)
二	涂料的分类.....	(364)
三	防腐蚀涂料品种的选择.....	(367)
四	酚醛及改性酚醛树脂涂料.....	(370)
五	环氧树脂涂料.....	(386)
六	过氯乙烯涂料.....	(394)
七	生漆与漆酚树脂涂料.....	(403)

八	沥青类涂料·····	(411)
九	聚氨酯涂料·····	(416)
十	底漆与带锈底漆·····	(418)
十一	涂料施工概述·····	(427)
十二	涂层常见的缺陷及处理·····	(433)
十三	安全技术·····	(434)
十一	非金属材料的分析与工艺控制·····	(440)
	各工种分析控制项目·····	(440)
一	水玻璃的分析·····	(442)
二	氟硅酸钠的分析·····	(445)
三	耐酸粉料的分析·····	(447)
四	合成树脂原料与产品分析·····	(451)
五	块状材料与石墨材料的物理检验·····	(460)
十二	非金属材料耐腐蚀性能·····	(467)
一	非金属材料耐腐蚀性能定性比较·····	(467)
二	硬聚氯乙烯塑料的耐腐蚀性能·····	(470)
三	软聚氯乙烯塑料的耐腐蚀性能·····	(475)
四	聚乙烯、聚丙烯、石棉酚醛塑料和含氟塑料的耐腐蚀性能·····	(476)
五	天然橡胶与合成橡胶耐腐蚀性能·····	(484)
六	浸渍石墨耐腐蚀性能·····	(488)
七	玻璃钢耐腐蚀性能·····	(491)
八	硅质胶合剂耐腐蚀性能·····	(494)
九	合成树脂胶合剂耐腐蚀性能·····	(497)
十	搪瓷、玻璃、陶瓷耐腐蚀性能·····	(504)

一 绪 论

一 防腐蚀工作的重要性

1 防腐蚀工作是保证化工生产正常进行的重要环节

石油化工生产的特点是连续性强，从原料到生产过程中接触各种具有腐蚀性极强的酸、碱、有机溶剂等介质，品种多样化，有气体、液体和固体不同的形态。由原料到产品要经过数道工序。由于反应中接触象硫酸、盐酸、氯化氢、二氧化硫等多种腐蚀性强和剧毒性介质。所以反应要在密闭设备中进行。设备和输送管道必须耐腐蚀，才能保证生产的正常进行。象盐酸在数小时内就可将5毫米厚的钢板腐蚀穿孔，不采取防腐措施，生产就无法进行。因此，在石油、化工生产中和其它接触酸碱等腐蚀介质的工业部门，必须认真开展防腐蚀工作，才能保证生产的正常进行。

2 金属腐蚀涉及到国民经济各个部门 在国民经济各个领域，都或多或少的存在着金属腐蚀问题，化工生产中表现最为突出。其它工业无论冶金、机械、轻工、食品、交通各部门也都存在着金属设备腐蚀问题。象海水对船舶的腐蚀，大气对桥梁的腐蚀，天然气对矿井的腐蚀，土壤对地下构筑物、管道的腐蚀等等。所以随着国民经济的发展，防腐蚀工作在各个工业部门中将得到不断的开展。

金属主要是黑色金属（钢铁及合金），每年因腐蚀损失很

大，一个大型化工企业，因腐蚀过去每年需数百吨钢材检修设备，据统计，世界上每年因腐蚀损失的金属约占冶炼出的十分之一左右，这是一笔巨大的损失，此外化工生产中排出的废气、废液、废渣，对地下构筑物、建筑物严重腐蚀。对动植物危害很大，在资本主义国家中，资本家为了超额利润，拚命扩大生产，但污水、废气不加处理，造成了严重的危害（称为公害），象美国最大的湖，已变成死湖，任何动植物不能生长，在日本、美国等国，很多人患有各种因公害引起的不治之症。

3 我国防腐蚀工作的发展 我国人民是伟大的人民，有五千年以上的文化和历史。我国劳动人民几千年前就制造出了精美的陶制品、瓷制品。利用竹管引出天然气，从海水和岩井中提炼食盐。早就利用天然耐腐蚀涂料如生漆、桐油涂装建筑物、木制品，使很多古代建筑物和艺术品完整的保存下来。我国古代金属冶炼技术水平极高，如太原晋祠的“金人”是宋朝冶炼的，不仅造型复杂，而且至今完整如新，经分析是含铬铸铁，所以不锈蚀。

但是漫长的封建社会，劳动人民处在水深火热之中，严重阻碍了生产的发展，十八世纪以来，英法日俄等帝国主义侵略，美帝国主义扶植国民党反动派对革命人民的压迫，使我国沦为半封建半殖民地。根本没有现代工业，更谈不到防腐蚀技术。

在伟大领袖毛主席的领导下，中国人民经过二十八年英勇奋斗，终于推翻了反动政权，赶走了帝国主义，一九四九年成立了中华人民共和国，工人阶级当家作主了。

解放后，化学工业和其它工业一样，从无到有，从小到

大，随着化学工业的发展，防腐蚀技术也从无到有，不断发展。二十余年来防腐蚀工作取得了巨大成就。

二十余年，防腐蚀技术发展大致可分为三个阶级；在国民经济恢复时期，防腐蚀技术主要是利用砖板衬里，衬铅和涂料等方法，由于研究出了我国自己的橡胶衬里配方，橡胶衬里在化工、医药、食品等工业中得到了广泛的应用。一九五八年大跃进，我国社会主义工业突飞猛进的发展。在防腐蚀材料方面不断出现新的品种，硬聚氯乙烯、合成树脂、石墨材料、陶瓷、玻璃等化工设备也大量制作与使用。

但是在刘少奇一类政治骗子推行“洋奴哲学”“爬行主义”“专家治厂”等反革命黑货的影响下，新品种、新工艺的发展受到很大影响，防腐蚀技术中一些领域是跟在外国人后面爬行，很多工人阶级的技术革新被视为无“科学根据”，妄图打入冷宫。如一九六八年某化工机械分厂制作的容量30吨塑料槽车，为国外没有的大型硬聚氯乙烯设备。一些“权威”“学者”却认为国外无先例，无计算依据，不给予技术上的肯定。但是无产阶级文化大革命打破了少数所谓“防腐专家”的技术垄断，各种硬聚氯乙烯结构设备大量应用，代替了大量不锈钢和有色金属，改革了工艺。

无产阶级文化大革命激发了亿万群众的革命干劲，在认真贯彻落实伟大领袖毛主席一系列建设社会主义的战略方针中，防腐蚀战线与其它工业战线一样，几年来取得了巨大成就。在新合成材料应用方面，在施工技术方面都比过去有较大的进展。此外适合我国实际需要的低合金钢近几年来研究的品种不断增加，解决不少高压、高温设备腐蚀问题。

目前较大型的非金属结构设备应用实例如下：

玻璃钢槽车	容量 8 吨、50 吨
玻璃钢增强硬聚氯乙烯槽车	容量 50 吨
硬聚氯乙烯球形容器	容积 75 米 ³
硬聚氯乙烯电除雾器	直径 5 米、高 3 米
硬聚氯乙烯立式贮罐	高 12 米、容积 300 米 ³
浮头列管式石墨换热器	冷却面积 400 米 ²
侧盖板式板室换热器	冷却面积 20 米 ²
三合一石墨合成炉	日产量 30 吨
块孔式换热器	冷却面积 35 米 ²

在选择各种耐腐蚀合成树脂方面成绩很大，象改性环氧、酚醛、呋喃等合成树脂已在中小型化工厂普遍应用。耐高温咪唑类树脂、聚醚类塑料，含氟塑料得到应用。成型技术不断取得进展。电化学保护方面，化肥生产中碳酸氢铵碳化塔阳极保护成功。并得到推广，缓蚀剂在石油工业、机械工业防锈钢方面都得到广泛应用。涂料防腐蚀品种增加很快，用于防腐的，已有百种以上。

无产阶级文化大革命以来，防腐蚀工作另一个特点是各省市防腐专业队伍不断壮大，群众性防腐协作普遍展开，全国大部分省市成立了防腐蚀协作组。交流防腐蚀技术，解决各种设备腐蚀问题，取得良好效果。

当前不仅化工系统，冶金系统、建材系统防腐蚀工作都取得很大成就，轻工系统设备防腐蚀也发展很快，象糠醛生产高压水解锅防腐蚀衬里工艺较先进，容积 6 至 20 米³ 容器，在 13 公斤/厘米² 压力下操作衬陶砖两层，可用 6 年，介质为稀硫酸。

4 我国设备防腐蚀的特点 大力发展使用非金属防腐

蚀材料解决设备腐蚀问题，仍是今后数年之内的方针。我们当前必须节约使用金属、有色金属和优质合金钢。这些材料往往不如一些非金属材料耐腐蚀，用来制作设备，不分场合应用。不仅解决不了腐蚀问题，而且白白浪费掉。如有人在盐酸介质中用不锈钢搅拌器，结果只用十几个小时就腐蚀掉了。如果改用酚醛或环氧玻璃钢防腐，则可用好几年。

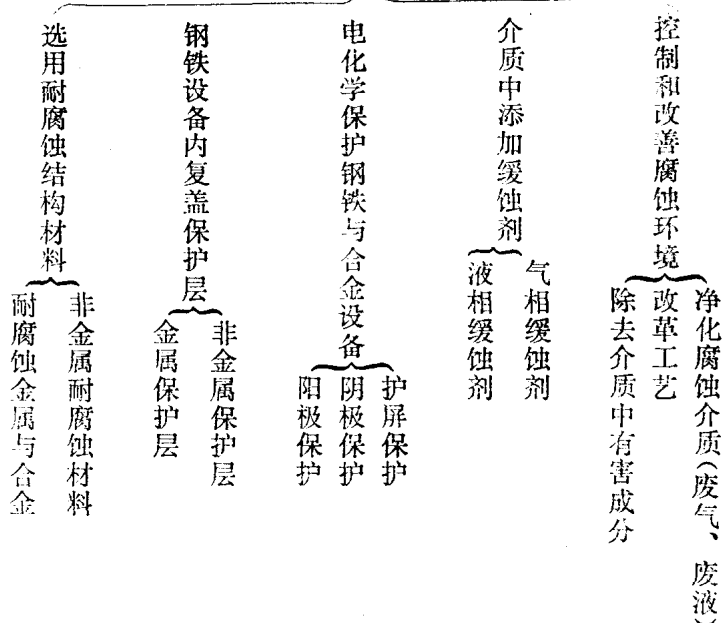
我国是发展中的国家。工业基础还较薄弱。当前各工业部门急需各种金属材料，同时我们还负有支援世界革命的光荣任务。所以开展防腐工作，采用各种非金属耐腐蚀材料是每个防腐工作者的光荣责任。

二 防腐蚀方法

1 防腐蚀方法的分类

石油化工设备可概括的分为静止设备、反应设备和流体输送及机械设备三类。主要的防腐蚀方法如下：

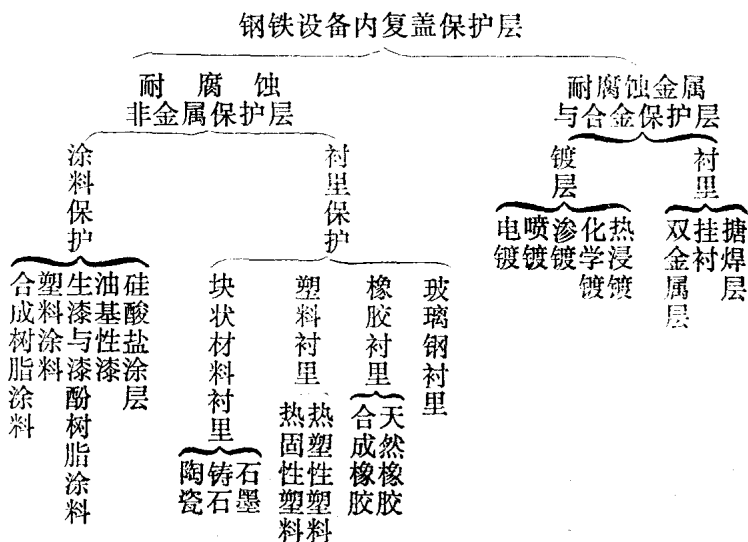
防腐蚀方法



(1) 选用耐腐蚀结构材料 选择各种非金属作结构材料，防止设备腐蚀具有重要意义，可以代替贵重的有色金属与合金，应首先考虑。象稀硝酸吸收塔，国外都用不锈钢制作，而我国用廉价的硬聚氯乙烯塑料制作，塔直径2.6米全高15米，已有连续使用12年良好的实例。氯气间接冷却器如用金属材料需选用钛，而选用非金属材料则可用玻璃管或硬聚氯乙烯石墨塑料管，原材料易得，国内已有应用的实例。流体输送设备、泵和风机用各种工程塑料或玻璃钢增强塑料制作，取得良好的防腐蚀效果，国内定型产品很多。

在受压受温不能用非金属结构材料时，可考虑使用其它防腐方法，必要时，不推荐使用有色金属、贵金属或合金作结构材料。

(2) 钢设备内复盖保护层 这类防腐方法应用最广，因为钢铁是价廉的结构材料，复盖各种耐腐蚀保护层后，隔离了腐蚀介质，避免钢铁的腐蚀。主要防腐方法可详细分类如下：



采用各种非金属保护层是当前设备主要的防腐方法。

(3) 电化学保护 在石油化工生产中一些设备可用阴极保护和阳极保护防腐，象地下管道、碱蒸发器用阴极保护取得良好效果，碳酸氢铵生产中碳化塔用阳极保护取得成功。

(4) 缓蚀剂保护 在腐蚀介质中添加少量某种物质,可终止或减缓其对金属的腐蚀,这种方法叫缓蚀剂保护,所添加的物质叫缓蚀剂。缓蚀剂要具备以下条件:

- ①加入量极少,一般为千分之几至百分之几;
- ②能有较高的防腐蚀效果;
- ③不改变介质的其它化学性能。

象盐酸中加入少量乌洛托品(六次甲基四胺)和三氧化二砷,就可使盐酸同铁不发生反应,保护效率达到99%以上。但不改变盐酸的其它性能,仍可同金属氧化物作用、同碳酸盐反应。加入缓蚀剂的盐酸可用于清洗锅炉水垢、钢铁除锈等方面。我厂1963年协助太原钢铁公司焦化厂用缓蚀盐酸清洗三台2000米²大型炉气冷却器,效果良好。

国内应用缓蚀剂防止天然气对矿井腐蚀,含硫石油对设备腐蚀取得良好效果。缓蚀剂保护主要用于特定的腐蚀环境中。

(5) 控制改善腐蚀环境 是减少设备腐蚀的重要环节。除去气相、液相介质中有害成分减缓腐蚀的生产实例很多,象氯化苯生产中水分含量超过0.05%,对钢制精馏塔严重腐蚀,因而苯干燥工序工艺控制很重要;聚氯乙烯生产中,氯化氢同乙烯催化反应应用固定床设备时,氯化氢中水分含量>0.1%,设备花板与管连接部位严重腐蚀。净化腐蚀介质,减少废气、废液排出,不仅减缓工业大气对金属的腐蚀,废液对构筑物腐蚀,而且还可避免环境污染产生公害。

改革工艺设备,采用先进技术减少设备腐蚀,无产阶级文化大革命以来实例很多取得显著成绩,如防止合成氨变换系统设备腐蚀的经验已在全国推广。

2 正确选择非金属耐腐蚀材料合理设计非金属耐 腐 蚀设备 选择更多的非金属耐腐蚀材料,解决设备腐蚀问题,是摆在我们面前的重要工作,有重要的政治意义。建国20余年来,取得很大成绩。以我厂为例,苯酚生产、氯苯生产、硫酸生产和电解氯气等生产系统,十余年来都经过重大的技术改造,逐步克服原苏修设计落后的防腐蚀面貌,生产设备不断选择各种耐腐蚀非金属材料与选择先进的施工技术,从而每年为国家节约大量金属和有色金属材料。1969年我厂协助北京加气混凝土厂研制成功新型高分子钢筋防腐剂,质量超过瑞典专利,该厂采用合成树脂代替原专利的酚素和天然橡胶,每年为国家节约1万吨牛奶和10万元。1970年以来在湿法成型玻璃钢设备方面取得很大成绩,用玻璃钢贴衬的含苯盐酸贮罐,容量30吨,已使用4年,整体设备象直径300毫米高5米的氯化氢尾气吸收塔,正常使用3年半,湿氯气管道,酚水回收管道、氯化氢尾气排空烟囱,直径皆为300毫米,已用2年半到3年,此外象厂房风罩、光气分离罐等设备,已使用近2年。1973年我厂同太原塑料公司研制成功硬聚氯乙烯石墨塑料,为石油化工生产提供了新型导热、低电阻耐腐蚀非金属材料。为进一步研制热塑性石墨材料打下了基础。

多数非金属材料质脆,是其最大的缺点,如果选择结构不合理、使用不当,就会造成严重的后果。如接触法生产硫酸,净化系统—洗塔循环酸冷却器,因酸中带有大量矿尘杂质,采用浮头式列管热交换器,卧放,酸泥在管壁结垢,使用1个月后即降低冷却效率90%,半年后酸泥堵管,设备报废。由于冷却效率急剧降低,至使循环酸温过高,造成生产被动局面,不少设备管道因酸温过高而严重腐蚀。其中仅设备损

失即达80余万元，应引以为教训。

此外象在浓硝酸中或含苯介质中，有人选用硬聚氯乙烯材料作设备、管道，造成短期腐蚀损坏。环氧酚醛玻璃钢泵性能良好，是我国近几年的新产品，可输送酸碱介质，但用来输送氯化苯介质，仅用1个月就将叶轮腐蚀掉，造成很大浪费。

作为防腐蚀工作者必须了解材料的性能和设备的特点，作到正确设计，合理选材，以使更多的非金属材料应用到生产实际中解决设备腐蚀问题。

三 化工生产中防腐蚀设备的使用与保养

我厂化工生产中防腐蚀设备基本上可分为三类：静止设备，反应设备和流体输送设备，静止设备，包括贮槽、计量槽等，这类设备特点为容积较大，常温常压，介质静止；反应设备特点是容积、操作条件、介质状态差异很大，有直径4米、高12米的吸收塔，也有直径仅有400毫米高不到0.5米的分离罐，反应温度有的在 100°C 以上，有的在 0°C ，有的在负压系统操作，有的在正压下操作，这类设备衬里保护层因腐蚀条件苛刻最易损坏。流体输送设备包括各种非金属物料管道、管件、泵、阀、考克等设备。以上三类防腐设备我厂除其中一部分是购买的定型产品外，其余皆为我们自行加工或制作的。

正确使用与保养防腐设备，是保证设备正常使用和延长寿命的关键，各生产车间必须切实遵守以下使用规程，保证