

化工工人技术理论培训教材



化工防腐金属铅焊

2041668
化学工业部人事教育司
化学工业部教育培训中心

组织编写

化学工业出版社

化工工人技术理论培训教材

化工防腐金属铅焊

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

化学工业出版社

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

化工防腐金属铅焊/化学工业部人事教育司, 化学工业部教育培训中心组织编写.-北京: 化学工业出版社, 1997. 6

化工工人技术理论培训教材

ISBN 7-5025-1932-7

I. 化… II. ①化…②化… III. 化工机械-焊包复, 铅-技术培训-教材
IV. TQ050.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 09088 号

化工工人技术理论培训教材

化工防腐金属铅焊

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

责任编辑: 程树珍

责任校对: 凌亚男

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京市燕山联营印刷厂印刷

北京市燕山联营印刷厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 2 字数 56 千字

1997 年 7 月第 1 版 1997 年 7 月北京第 1 次印刷

印数: 1—5000

ISBN 7-5025-1932-7/G·538

定 价: 4.50 元

版板所有 违者必究

· 该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

前 言

为了适应化工系统工人技术等级培训的需要、提高工人的技术理论水平 and 实际操作技能，我们依据《中华人民共和国工人技术等级标准》和《化工系统工人技术理论培训教学计划 and 教学大纲》的要求，组织有关人员编写了这套培训教材。

在教材编审过程中，遵循了“坚持标准，结合实际，立足现状，着眼发展，体现特点，突出技能，结构合理，内容精炼，深浅适度”的指导思想，以“等级标准”为依据，以“计划和大纲”为蓝图，从有利于教师教学和方便工人自学出发，力求教材内容能适应化工生产技术和现代化生产工人培训的要求。

按照《中华人民共和国工人技术等级标准》规定的化工行业 168 个生产工种的有关内容，在编制教学计划和划定大纲时，在充分理解等级标准的基础上，吸取了国外职业教育的成功经验，对不同工种、不同等级工人围绕技能所要求掌握的技术理论知识进行分析和分解，作为理论教学的基本单位，称之为“单元”。在计划和大纲中，168 个工种按五个专业大类（及公共课）将不同等级的全部理论教学内容分解为 301 个教学单元。为了方便各单位开展培训教学活动，把教学计划中一些联系较为密切的“单元”合在一起，分成 112 册出版。合订后的全套教材包括以下六部分。

无机化工类单元教材共 25 册：《流体力学基础》、《管路的布置与计算》、《物料输送》、《气相非均一系分离》、《液相非均一系分离》、《物料混合》、《固体流态化与应用》、《加热与冷却》、《蒸发》、《结晶》、《浸取与干燥》、《制冷》、《焙烧与工业炉》、《粉碎与筛分》、《电渗析》、《吸附分离》、《离子交换》、《常见的无机化学反应》、《电解及其设备》、《物料衡算与热量衡算》、《合成氨造气》、《合成氨变换》、《合成氨净化》、《合成氨压缩》和《氨的合成》。

有机化工类单元教材共 7 册：《吸收》、《蒸馏》、《萃取》、《有机化学反应（一）》、《有机化学反应（二）》、《有机化学反应（三）》和《化学反应器》。

化工检修类单元教材共 43 册：《电镀》、《腐蚀与防护》、《机械传动及零件》、《液压传动与气动》、《金属材料热处理知识》、《机械制造工艺基础》、《化工检修常用机具》、《工程力学基础》、《测量与误差》、《公差与配合》、《化工机器与设备安装》、《化工压力容器》、《展开与放样》、《化工管路安装与维修》、《钳工操作技术》、《装配和修理》、《钢材矫正与成型》、《电工材料及工具》、《焊工操作技术》、《焊接工艺》、《阀门》、《化工用泵》、《风机》、《压缩机》、《化工分析仪表（一）》、《化工分析仪表（二）》、《化工测量仪表》、《电动单元组合仪表》、《化工自动化》、《集散系统》、《仪表维修工识图与制图》、《仪表常见故障分析与处理》、《过程分析仪表》、《化工检修钳工工艺学》、《化工检修铆工工艺学》、《化工检修管工工艺学》、《化工检修焊工工艺学》、《化工防腐橡胶衬里》、《化工防腐金属喷涂》、《化工防腐金属铅焊》、《化工防腐砖板衬里》、《化工防腐塑料》以及《化工防腐玻璃钢》。

化工分析类单元教材 6 册：《化学分析的一般知识及基本操作》、《化学分析》、《电化学分析》、《仪器分析》、《化验室基本知识》和《有机定量分析》。

橡胶加工类单元教材共 11 册：《橡胶、配合剂与胶料配方知识》、《再生胶制作机理、工艺及质量检验》、《橡胶加工基本工艺》、《轮胎制造工艺方法》、《力车胎制造工艺方法》、《胶管制造工艺方法》、《胶带制造工艺方法》、《橡胶工业制品制造工艺方法》、《胶鞋制造工艺方法》、《胶乳制品制造工艺方法》和《炭黑制造工艺方法》。

另外还有公共课及管理课类单元教材共 20 册：《电工常识》、《电工基础》、《电子学一般常识》、《电子技术基础》、《机械识图》、《机械制图》、《化工管路识图》、《工艺流程与装备布置图》、《工厂照明与动力线路》、《电气识图与控制》、《电机基础及维修》、《工厂电气设备》、《工厂电气技术》、《安全与防护》、《三废处理与环境保护》、《化工计量常识》、《计算机应用基础知识》、《化工应用文书写作》、《标准化基础知

识》和《化工生产管理知识》。

按照“单元”体系组织编写工人培训教材，尚是一种尝试，由于我们经验不足和教材编审时间的限制，部分教材在体系的合理性、内容的先进性、知识的连贯性和深广度的准确性等方面还不尽如人意，为此建议：

一、各单位在组织教学过程中，应按不同等级的培训对象，根据相应的教学计划和教学大纲的具体要求，以“单元”为单位安排教学。

二、工人技术理论的教学应与操作技能的培训结合起来。技术理论的教学活动除应联系本单位生产实际外，还应联系培训对象的文化基础、工作经历等实际情况，制订相应的教学方案，确定相应的教学内容，以提高教学的针对性和教学效率。

三、在教学过程中发现教材中存在的问题，可及时与我们联系，也可与教材的编者或出版单位联系，使教材中的问题得到及时更正，以利教学。

本套教材的组织编写，得到全国化工职工教育战线各方面同志的积极支持和帮助，在此谨向他们表示感谢。

化学工业部人事教育司

化学工业部教育培训中心

1996年3月

目 录

化工防腐金属铅焊 (专 007)	(1)
第一章 铅的性质及其应用	(2)
第一节 铅的一般性质	(2)
第二节 铅的耐腐蚀性能	(2)
第三节 杂质对铅性能的影响	(4)
第四节 硬铅及其物性	(5)
第五节 铅在工业中的应用	(7)
第六节 搪铅、衬铅和硬铅的比较	(8)
第二章 铅焊工艺	(10)
第一节 铅焊工具及辅助设备	(10)
第二节 热源的选择	(13)
第三节 铅焊的特点	(15)
第四节 铅焊施工前的注意事项	(16)
第五节 铅板的焊接	(19)
第六节 管材的焊接	(25)
第七节 管件的煨制方法	(29)
第八节 硬铅件的模铸	(31)
第三章 铅衬里的施工	(33)
第一节 铅衬里施工前的准备	(33)
第二节 铅衬里的固定方法	(33)
第三节 铅衬里的焊缝安排	(35)
第四节 典型设备衬里举例	(37)
第五节 铅衬里缺陷及质量检查方法	(38)
第四章 搪铅施工工艺	(41)
第一节 搪铅及其应用	(41)
第二节 搪铅施工前的准备	(41)
第三节 设备表面的处理方法	(42)

第四节	搪铅焊剂的原理及配制	(43)
第五节	搪铅火焰的选择	(45)
第六节	搪铅的方法	(45)
第七节	搪铅层的缺陷及消除方法	(48)
第八节	搪铅的质量检查方法	(48)
第五章	铅焊施工的安全与劳动保护	(50)
第一节	中毒	(50)
第二节	铅、铋中毒的预防	(51)
第三节	其他安全注意事项	(52)

化工防腐金属铅焊
(专 007)

吉化公司染料厂	李丰春	编
吉化职工教育总校	王刚本	审

第一章 铅的性质及其应用

第一节 铅的一般性质

铅是防腐蚀施工中常用的一种金属。纯净的铅呈银灰色金属光泽，是质地软而且重的低熔点金属。日常，人们见到的铅呈蓝灰色，没有光泽，这是因为铅在空气中与氧发生反应，表面产生一薄层氧化铅的缘故。

铅的化学元素符号为 Pb，原子量为 207.21，和其他金属亲合力较

强，能够和一些金属组成合金，如常用的铅锡合金等。铅的延性和展性良好，使它的应用更加扩大；铅的机械强度较低，随着温度的升高，强度降低。强度与温度的关系见图 1-1。

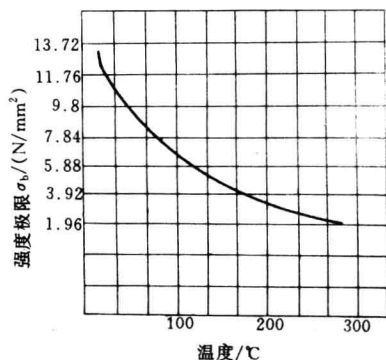


图 1-1 铅的强度与温度的关系

铅的强度低，质地软，单独作为结构材料比较困难；铅有良好的焊接、铸造、锻压等工艺性能，具有很强的阻挡各种射线的能力。

常温下，铅的物理机械性能为：

密度 11.34g/cm^3 ，熔点 327.4°C ，沸点 1620°C ，硬度 $4\sim 4.2$ （布氏），伸长率 $45\%\sim 50\%$ ，导热系数 $0.084\text{W}(\text{m}\cdot\text{K})$ ，线膨胀系数 29.5×10^{-5} （ $20\sim 100^\circ\text{C}$ ），电阻系数 0.2065 。

第二节 铅的耐腐蚀性能

铅的化学性质比较稳定，所以铅在一些腐蚀介质中具有良好的耐腐蚀性能。常温下，在无机酸中，特别是在稀硫酸中，有良好的耐腐

蚀性能。铅在 75% 以下浓度的硫酸中，温度 50℃ 时，是很稳定的，这是由于铅与硫酸发生反应，生成一层十分致密的不溶性硫酸铅薄膜覆盖在表面上，起着保护作用，使铅与介质隔离，不再继续腐蚀。但是当硫酸浓度大于 75% 时，或温度高于 50℃ 时，硫酸铅被溶解，铅发生进一步反应，而被腐蚀。

不同温度和浓度的硫酸对铅的腐蚀速度见图 1-2。

铅在各种水溶液的腐蚀介质中，耐腐蚀性和它的腐蚀生成物（相应的化合物）的溶解度有关，随着溶解度的增大，耐腐蚀性就越差。表 1-1 是各种铅的化合物的溶解度（每 100 份水中所含化合物的份数）。

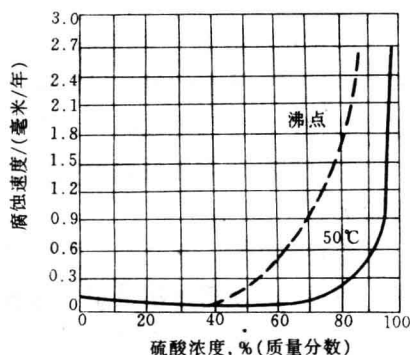


图 1-2 不同浓度、温度的硫酸对铅的腐蚀速度

表 1-1 各种铅的化合物的溶解度

化合物名称	溶解度	化合物名称	溶解度
醋酸铅	极大	草酸铅	0.00016
碳酸铅	极小	氧化铅	极小
氯化铅	0.673	氧化铅 (含水)	极小
氟化铅	0.064	磷酸铅	0.000014
碘化铅	0.012	硫酸铅	极小
铬酸铅	极小	硫化铅	0.0001
硝酸铅	54.3	亚硫酸铅	极小
甲酸铅	1.6	铅酸钠	极大

在中性腐蚀介质中生成的产物一般为碳酸铅和氧化铅。这两种化合物溶解度都很小，所以铅在中性介质中耐腐蚀性能很好。

铅在碳酸盐溶液中，生成碳酸铅膜而保护铅不再腐蚀。当水中二

氧化碳(游离)过量时,碳酸铅转变为易溶的酸性碳酸铅 $\text{Pb}(\text{HCO}_3)_2$, 致使铅遭受腐蚀。



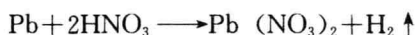
铅在硬水中由于生成保护膜,所以比在软水中耐腐蚀。

常温下,干燥的氟、氯、溴气体对铅有轻微的腐蚀。铅在二氧化硫气体中,即使温度较高,也很稳定。

铅对碱的耐腐蚀性很差。因为铅与碱反应生成亚铅酸盐,其溶解度很大。

铅在氰化物、氯化物、醋酸盐、次氯酸钠、过硫酸盐、有机氯化物、酚类和醛类等水溶液中,也易受到腐蚀。

常温下,铅在 10% 以下盐酸中腐蚀性不大,但随着盐酸的浓度增大和温度增高,腐蚀速度也加速。铅在硝酸中不耐腐蚀。特别是在 28% 的硝酸中,腐蚀性最大,在这个条件下铅与硝酸反应生成易溶的硝酸铅。



铅在有机酸中如醋酸、蚁酸不耐腐蚀。铅在铬酸、亚硫酸及磷酸中耐腐蚀情况良好。当在硫酸、硝酸及水的混合液中,水分含量不大于 25% 时,铅的耐腐蚀性能也很好。

第三节 杂质对铅性能的影响

铅中含有的杂质对铅的性能有很大影响。铅的杂质是在其制造过程中,铅矿石中含有的其他元素在冶炼时没有被除去,混入铅材之中。这些杂质的存在导致铅的某些性能改变。根据铅中含有杂质的种类和数量的不同,铅材牌号也不同。

各种牌号铅的杂质含量见表 1-2。

一般,铅中某种金属的含量低于 0.5% 时称为杂质,而高于 0.5% 时就称之为合金组分。

铅中含有杂质、对铅的机械性能及物理化学性质都有影响。具体详见表 1-3。

表 1-2 铅的化学成分

牌号	主要成分 Pb $\geq$ (%)	杂质含量 (%) $\leq$								总和
		Ag	Cu	Sb	As	Bi	Sn	Zn	Fe	
Pb ₁	99.994	0.0005	0.001	0.001	0.0005	0.03	0.001	0.0005	0.0005	0.006
Pb ₂	99.9	0.002	0.01	0.05	0.01	0.03	0.01	0.002	0.002	0.1
Pb ₃	99.0	0.003	0.1	0.5	0.2	0.2	0.2	0.01	0.1	1.0

表 1-3 杂质对铅的性能的影响

含杂质名称	对性能的影响
铋	降低耐腐蚀性
砷	使铅变脆
锌	减弱铅的防腐性能
钠、钙、镁	显著提高硬度和机械强度、降低化学稳定性
银、镍、铜	提高在硫酸中腐蚀过程的初期稳定性
钛	增加耐腐蚀性能
锑	提高硬度和机械强度
镉、锡、碲	提高疲劳极限

第四节 硬铅及其物性

在防腐领域中，常用的是由铅锑组成的合金。在铅锑合金中再加入铜锡二元素，便组成硬铅。硬铅的强度约比铅高一倍，它能单独作为结构材料使用。但硬铅的耐腐蚀性能比铅略有降低。

硬铅中金属锑的含量，根据它的用途和性能来决定。

锑的化学元素符号为 Sb，纯净的锑具有银白色光泽的金属，熔点为 630℃，密度为 6.69g/cm³，硬度（布）为 30，线膨胀系数为 11.29 × 10⁻⁶。

锑的延性和展性都很差，不能单独使用，一般组成合金应用。

铅锑组成的合金，性能提高、应用范围拓宽。但选择锑含量多少的铅锑合金（硬铅），才能具有防腐施工中所需要的性能呢？由铅锑合

金平衡图(图 1-3)可以看出,在不同温度下,合金的成分与组织间的关系,并以此说明合金的性能。

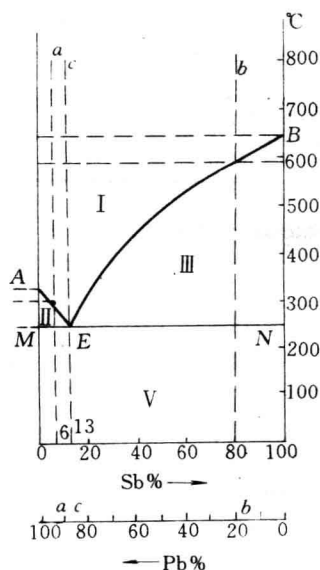


图 1-3 铅锡合金平衡图

图中纵坐标表示温度,横坐标表示铅锡合金的百分比。

在平衡图上 AEB 线以上是液体, AEB 线叫液相线。 MEN 线和 AEB 线之间是液体和固体, MEN 线以下是固体。 MEN 线叫固相线。

图中在 E 点的左边(如 $a-a$),当合金冷却时,温度降到液相线(AE),铅开始结晶析出,随着温度的下降及铅的析出,液体内含铅量逐渐减少,而含锡量相对增加,直到含铅量达到 87%,含锡量为 13%时,温度到 MEN 线(246°C),锡和铅共同结晶析出。

在 E 点右边(如 $b-b$ 线)的合金冷却时,温度达液相线(EB 线)时,锡开始结晶析出,随着温度的降低及锡的析出,液体内含锡量逐渐减少,含铅量相对增加,温度至 246°C (即 MEN 线)锡含量达 13%,铅含量达 87%,铅和锡共同结晶析出。

E 点($c-c$ 线),铅的组成是 87%,锡的组成是 13%,此种合金冷却时,温度降到 246°C (即 MEN 线),铅锡共同结晶析出,直到全部变为固体为止,这种晶体叫做共晶体。所谓共晶体是同时由液体内析出两种或两种以上晶体的机械混合物。从上述分析可以看出,只有温度降到 MEN 线(246°C),才有铅锡的共晶物析出,所以 MEN 线又叫共晶线。 E 点恰好是共晶成分,该种成分的合金叫作共晶合金。

图 1-3 中,合金成分位于共晶体成分之左,如($a-a$)合金称为亚共晶合金。位于共晶成分之右,如($b-b$)合金称为过共晶合金。

铅锡共晶体是一个重要组织,它是一种机械混合物,含铅 87%、锡 13%。它在铅锡的一系列合金中具有最低的凝固和熔化温度。组织较

细致，呈片状或粒状，铸造性能好，机械性能也较佳。

实践证明，铅中加入适量的锑，能明显增加它的强度和硬度。但含锑量过多，能使铅变脆，耐腐蚀性能降低，也不利于焊接。作为耐腐蚀材料使用的硬铅含锑量在 4%~12% 之间；用作结构件或加强件的硬铅含锑量在 8%~10% 之间；用于化工设备、管道的硬铅含锑量约为 4%~8% 之间。

硬铅的适用温度可达 150℃ 左右。硬铅中锑的含量不同，其性质也不相同。详见表 1-4。

表 1-4 硬铅的性质

含锑量 %	密度 g/cm ³	熔点 ℃	抗拉强度 N/mm ²	伸长率 %	布氏硬度	
					15 C	75 C
0	11.34	327	12.25	50	4.2	3.0
1	11.26	320	—	—	6.1	4.2
2	11.18	313	—	—	7.8	4.8
3	11.10	306	32.34	35	9.0	5.3
4	11.04	299	39.00	32	10.1	5.7
5	10.95	292	43.81	29	10.5	6.2
6	10.88	285	47.14	24	—	6.5
7	10.81	278	49.20	21	—	6.8
8	10.74	271	51.16	19	—	7.0
9	10.66	265	52.23	17	—	7.2
10	10.59	261	52.82	15	—	7.3
11	10.52	256	52.53	13	—	7.4
12	10.45	252	51.55	12	—	7.4

第五节 铅在工业中的应用

铅在工业中的用途较广，尤其在石油化学工业中，铅是著名的耐腐蚀材料，最大用途是在硫酸生产中。由于铅的耐稀硫酸腐蚀能力较

强，在硫酸生产工艺过程中，从如铅室、洗涤塔、除雾器、冷却器等大型的塔器到较小的零部件如阀门、法兰、泵壳等，都是采用铅制造的。

化工生产中，凡是用硫酸作为原料的生产工艺，所用的设备或部件，都是用铅制造的。现在虽然有些场合被玻璃钢和塑料制品所代替，但铅具有较高的回收率及良好的焊接、铸造、锻压等工艺性能。铅仍然是常用的主要的防腐材料。

其他领域中，也有较广的应用。由于铅对各种射线的阻挡能力强，所以在原子能工业及其他防辐射线的应用中，铅是重要的屏蔽材料。

铅作为合金组分用于钎焊的软焊料，如锡焊料、镉焊料、铋焊料等，这些焊料都得到较为广泛的应用。

第六节 搪铅、衬铅和硬铅的比较

铅材的使用范围较广，在化工防腐蚀施工中，选用何种施工方法和铅材的品种，对所制造铅的部件和设备的耐腐蚀性及其使用寿命是非常重要的。

选用铅材时，首先考虑的是在给定的腐蚀介质和温度下，铅材的耐腐蚀性能；然后再根据设备的大小、受力情况及其他特殊要求，选择采用搪铅或衬铅的施工方法，是否使用硬铅，同时还要考虑施工的难易程度。

为了更好的选择衬铅、搪铅和硬铅，下面分别把衬铅、搪铅和硬铅三种情况按适用的介质、温度、工艺条件和施工方法等进行比较。

1. 衬铅 主要用于稀硫酸和硫酸盐介质。适用于正压、静负荷、工作温度小于 90°C 的情况。衬铅施工比较简单，用铅板焊接而成。缺点是易变形损坏，试漏比较困难。为防止铅板衬里下坠脱落，要有可靠的固定方法。

2. 搪铅 耐腐蚀性能同衬铅。适用于真空、振动、较高温度和传热等。其施工比衬铅复杂。被搪铅表面需要除锈，施工速度也比衬铅慢得多，一般熟练焊工每 6 小时搪制 $0.2\sim 0.3$ 平方米。搪铅多数搪在普通碳钢上。在铸铁件上搪铅时，需先挂锡，然后，才能搪铅。搪铅

的施工条件差，施工时有大量毒气放出。

3. 硬铅 耐腐性能略低于铅。工作温度最高可达 150°C ，不宜作尺寸过大和压力高的设备。硬铅的施工比衬铅复杂，施工条件比搪铅好。由于硬铅比铅的强度高一倍，一般可单独作为结构材料使用。常用来制作一些设备、蛇管和零部件等。

复 习 题

1. 铅具有哪些一般性质？
2. 铅的耐腐性能如何？
3. 杂质对铅的性能有哪些影响？
4. 比较搪铅、衬铅和硬铅的性能。