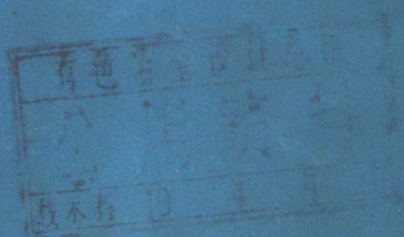


朱恒奇

工业仪表防腐蚀

《工业仪表防腐蚀》编写组



兰州化学工业公司化工设计院
石油化工自控设计建设组

前 言

由于工业生产的飞跃发展，工业自动化仪表（简称工业仪表）的腐蚀给生产带来的危害，日益成为仪表行业迫切需要解决的重要课题。工业自动化仪表的腐蚀不仅影响生产的正常进行、新工艺流程的采用和工业自动化生产水平的提高，还影响仪表的使用范围，缩短仪表使用寿命，甚至造成安全事故。所以，开展仪表防腐蚀工作，不仅是生产技术问题，而首先是路线问题，是能不能怀着强烈的无产阶级感情，急工人所急、急生产所急，多快好省地建设社会主义，赶超世界先进水平的重要问题。

无产阶级文化大革命以来，工业仪表防腐蚀工作有了飞速的发展，不论是在仪表防腐的研究、制造和材料合理选用，还是在仪表使用中的防护都取得了丰硕的成果。就是在这样的形势下，经石油化工自控设计建设组安排，由山西省化工设计院和上海工业自动化仪表研究所组织有关单位，共同编写了这本《工业仪表防腐蚀》资料，总结已经取得的成绩，供从事设计、仪表研究、制造、使用部门的同志在工作中参考。

在编写过程中，我们坚持了实践第一的观点，深入实际，调查研究，曾到许多厂矿、仪表制造、科研和设计单位了解情况，收集资料，听取意见。

参加本资料编写工作的有山西省化工设计院，兰化公司设计院、吉化公司设计院、重庆仪表材料研究所、重庆工业自动化仪表研究所、西安仪表研究所、西安仪表厂、上海工业自动化仪表研究所等单位。在编写过程中，还得到各有关单位的大力帮助。

由于编者水平和调查范围的限制，本资料难免存在错误和不足之处，望读者予以指正。

《工业仪表防腐蚀》编写组

1975年4月

毛主席语录

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。

目 录

前 言

第一章 概 述

一、腐蚀和防腐蚀的概念.....	(1)
1. 腐蚀的概念.....	(1)
2. 腐蚀的分类.....	(1)
3. 腐蚀的影响因素.....	(2)
二、工业仪表防腐蚀.....	(3)
1. 仪表防腐蚀的特点.....	(3)
2. 仪表防腐蚀的一般方法.....	(3)
3. 仪表防腐蚀的工作重要意义.....	(4)
4. 仪表防腐蚀的工作概况.....	(4)

第二章 工业仪表常用材料及保护层

一、金属材料.....	(6)
1. 结构材料.....	(6)
2. 磁性材料.....	(30)
3. 弹性材料.....	(40)
4. 国内外金属材料对照.....	(45)
二、非金属材料.....	(50)
1. 塑料.....	(50)
2. 玻璃.....	(54)
3. 陶瓷.....	(54)
4. 搪瓷.....	(55)
5. 石墨.....	(55)
6. 橡胶.....	(56)
7. 玻璃钢.....	(57)
8. 涂料.....	(57)
三、保护层.....	(58)
1. 塑料保护层.....	(58)
2. 涂料保护层.....	(60)
3. 玻璃保护层.....	(60)
4. 搪瓷保护层.....	(60)

5. 橡胶保护层.....	(61)
6. 铝和铝合金的氧化处理.....	(61)
7. 铜和铜合金的氧化及纯化.....	(62)
8. 钢铁的表面处理.....	(62)
9. 电镀和化学镀.....	(63)
10. 化学热处理.....	(65)

第三章 工业仪表的防腐

一、检测仪表.....	(71)
1. 测温仪表.....	(71)
2. 测压仪表.....	(71)
3. 测流量仪表.....	(73)
4. 测物位仪表.....	(77)
5. 成份分析仪表.....	(78)
二、执行器.....	(80)
1. 调节阀.....	(80)
2. 电磁阀.....	(84)
三、隔离装置的选择.....	(86)
1. 隔离器.....	(86)
2. 隔离液.....	(87)
3. 隔离膜.....	(89)
4. 仪表连接管(冲击管).....	(89)
5. 隔离装置的安装.....	(89)
四、工业大气的防腐措施.....	(90)
1. 工业大气的环境条件.....	(90)
2. 控制室内仪表、电气设备端子板等的防腐措施.....	(91)
3. 工业大气环境下防腐型仪表的生产.....	(91)
4. 工业大气下使用仪表电气设备的防护.....	(94)
5. 现场安装仪表的防护.....	(94)
6. 现场管线的防护.....	(94)

第四章 耐腐蚀材料的选用

一、按介质选用材料.....	(96)
1. 说明.....	(96)
2. 常见酸碱选材图及腐蚀图.....	(96)
3. 其他介质的材料选用.....	(112)
二、常用材料的工业挂片试验数据.....	(128)

1. 碳钢	(128)
2. OCr13	(130)
3. 1Cr13	(131)
4. Cr17Ti	(132)
5. OCr17Ti	(133)
6. OCr18Ni9	(133)
7. 1Cr18Ni9Ti	(134)
8. Cr18Ni12Mo2Ti	(136)
三、一些新材料的耐腐蚀性能	(136)
1. Cr18Mn8Ni5 (AISI204)	(136)
2. Cr18Mn10Ni5Mo3 (AISI204+Mo)	(137)
3. Cr17Mn14Mo2N (A4)	(139)
4. Cr13Si4Nb	(141)
5. Cr5Al7NbTi	(141)
6. Cr20Ni24Si4.5Ti (C6)	(142)
7. Ni25Mo4Cu2SiNb (9-41)	(142)
8. ZG1Cr17Mn9Ni3Mo3Cu2N	(143)
9. OCr17Ni17Mo7Cu2Nb (新10*钢)	(144)
10. 3J1 (Ni36CrTiAl) 合金	(145)
11. 聚苯硫醚	(146)
12. 莫来石瓷、刚玉瓷	(149)

第五章 国内仪表防腐蚀措施实例

一、腐蚀介质的自控仪表问题	上海农药厂仪表组 (151)
二、靶式流量计在粘度大腐蚀性强的介质中应用	兰化公司化肥厂仪表车间 (155)
三、液氯工段热工测量与自控	武汉市葛店化工厂 (159)
四、氯气的压力流量温度测量问题	锦西化工厂 (164)
五、低压氯气调节阀	武汉市葛店化工厂 (167)
六、在测量氯气中所用的隔离介质	武汉市葛店化工厂 (171)
七、检测氯气介质时隔离装置的应用	北京农药二厂仪表组 (174)
八、应用电远传转子流量计测量氯气流量	金川有色冶金公司 (177)
九、仪表防腐蚀的点滴体会	金川有色冶金公司 (182)
十、高压调节阀使用情况	兰化化肥厂仪表车间 (187)
十一、关于高压差调节阀在我厂使用的几点体会	鲁南化肥厂 (193)
十二、氯化石油的质量检测	上海洗涤剂厂西安轻工所 (198)
十三、机械清洗式铂电极pH计在洗涤剂生产中的应用	上海洗涤剂厂西安轻工所 (200)
十四、浓硝车间的仪表防腐问题	兰化化肥厂浓硝车间 (218)

十五、防腐型电感式液位计	抚顺化工三厂 (220)
十六、50%稀硫酸的压力液位流量的测量	锦州石油六厂 (222)
十七、铬—锰—氮钢孔板用于硫酸介质	兰州合成橡胶厂 (223)
十八、浓硫酸的流量液位控制	上海炼油厂 (223)
十九、刚玉瓷衬里气动防腐调节阀的研制及应用小结	国家建委建筑材料科学研究所陶瓷室 (224)
二十、化工陶瓷的性能及应用	宜兴非金属化工机械厂 (231)
二十一、聚苯硫醚在防腐蚀涂层上的应用	湖北工学院 (234)
二十二、防腐调节阀及其防腐工艺调研报告 (摘录)	天津调节阀厂上海工业自动化仪表所 (242)
二十三、防腐调节阀低压聚乙烯喷涂工艺试验小结	天津调节阀厂上海工业自动化仪表所 (248)
二十四、防腐玻璃转子流量计试制总结	常州仪表厂上海工业自动化仪表所 (251)
二十五、防腐型远传金属管转子流量计的试制	开封仪表厂 (257)
二十六、耐氢氟酸腐蚀玻璃锥管塑料涂复工艺	上海光华仪表厂 (263)
二十七、导磁塑料及其在涡轮流量计中的应用	上海工业自动化仪表所 (266)
二十八、玻璃转子流量计基座中的玻璃衬套	沈阳市玻璃仪器厂 (268)
二十九、碱液温差浓度计的使用	上海燎原化工厂 (270)
三十、新10号钢在自控仪表方面的应用	兰州炼油厂催化剂分厂 (272)
三十一、各厂仪表防腐经验点滴	编写组整理 (273)
三十二、聚三氟氯乙烯的涂复与模压成型	上海曙光化工厂 (275)
三十三、塑料粉末静电喷涂	上海无线电二十四厂 (277)
三十四、氯化聚醚的成型加工	晨光化工厂 (285)
三十五、聚四氟乙烯的成型加工	编写组摘要 (293)
三十六、聚全氟乙丙烯 (F ₄₆) 的涂复工艺	编写组摘要 (294)
三十七、真空密封法渗铬及其应用	上海工业自动化仪表所 (296)
三十八、85~95%硫酸浓度计的试制及其现场使用	南化公司磷肥厂仪表车间 (311)
三十九、电磁硫酸浓度计	南京化工研究院一室 (319)

第一章 概 述

一、腐蚀和防腐蚀的概念

1. 腐蚀的概念

金属或合金材料与外部介质接触而产生化学作用或电化学作用所引起的破坏，称为腐蚀。

但对于构成工业仪表零部件的金属或非金属材料，由于物理作用、机械作用、化学或电化学作用引起的侵袭腐蚀现象，可通称为仪表的侵蚀。

金属材料的耐腐蚀性通常用腐蚀率（毫米/年或克/米²·小时）表示。工业仪表零部件的腐蚀率，一般要求不大于0.1毫米/年，但对精密零部件，往往要求更小的腐蚀率。

至于金属材料的不均匀腐蚀、晶间腐蚀，以及非金属材料在侵蚀性条件下所遭到的破坏，则不能简单地采用腐蚀率作为衡量仪表材料耐腐蚀性能的指标，必须依据零部件的机械、物理、化学等综合性能的变化加以评价。如：被腐蚀零部件的重量变化率每年不大于1%，仪表零部件外形几何尺寸无明显变化等。特别重要的应根据仪表在使用过程中的耐用年限（通常要求在1～2年以上）、检测精度和灵敏度的变化，作为仪表耐腐蚀性能的主要指标。

2. 腐蚀的分类

仪表腐蚀可按腐蚀原因，主要分为三类：

（1）化学腐蚀：是材料与干燥高温气体或非电解质溶液（苯、乙醇等）发生化学作用所引起的腐蚀。比较常见的如：仪表材料在石油生产裂解装置和硫铁矿沸腾炉中的腐蚀。

（2）电化学腐蚀：指金属材料与介质发生电化学作用而引起的腐蚀。其特点是引起腐蚀的介质是电解质，腐蚀过程中伴随有电流产生。一般来说，电化学腐蚀比化学腐蚀强烈得多。金属的破坏大多是由电化学腐蚀所致。

1) 介质腐蚀：是一种最广泛的电化学腐蚀。常见的是酸、碱、盐溶液对仪表材料的腐蚀。其中以混酸、酸碱交替溶液的腐蚀性为最严重。腐蚀性介质中如果存在着杂质时，常会大大加速腐蚀过程。例如“氯油”（混酸、杂质）对很多金属的严重腐蚀就是一个典型。

2) 大气腐蚀：就其性质而言，也是一种电化学腐蚀。所不同的是腐蚀过程发生在金属表面的一层薄薄的冷凝液膜中。特别是当冷凝液膜中溶解有工业大气中的二氧化硫和氯化物盐类时，腐蚀大大加剧。例如电子电位差计中滑线电阻以及金属连接管线的腐蚀。

3) 水腐蚀：在工业生产中，普遍地存在着水腐蚀问题，海水腐蚀就相当严重。水腐蚀过程也属电化学腐蚀。

4)土壤腐蚀:土壤中因盐类、电解质溶液或者杂散电流引起的腐蚀,在工业自动化仪表的腐蚀方面比较少见。

3)其它腐蚀:除化学和电化学腐蚀外的一些仪表侵蚀过程。

1)由于物理、机械作用造成对仪表材料的侵蚀。例如:在合成氨生产过程中,高压减压阀阀芯受到“空蚀”(汽蚀)而产生的破坏;炼油生产过程中,催化、裂化装置内温度计保护套管的磨损过程。

2)仪表非金属材料(如塑料、橡胶等)受大气或介质作用引起的溶解、溶胀、老化、龟裂等。

3. 腐蚀的影响因素

腐蚀的影响因素不外乎内因和外因两个方面,前者是构成仪表本身的材料和结构问题;后者的影响因素较多,现分述如下:

(1)介质的影响

1)介质对仪表的腐蚀最为普遍, pH值是衡量介质腐蚀性的重要指标:

pH=7的纯水的腐蚀,主要决定于氧在水中的浓度,绝大多数金属在纯水中是不会受腐蚀的。

pH=7的中性盐溶液对金属的腐蚀率是随盐溶液的浓度增加而增加,并且有一极大值,当盐溶液浓度超过某一极大值后,腐蚀率逐渐下降。

pH<7的酸性溶液对金属的腐蚀率,在非氧化性酸溶液内(如盐酸、浓度小于70%硫酸),酸的浓度愈大,腐蚀率愈高;氧化性酸溶液内(如硝酸、浓度大于75%的硫酸),腐蚀情况可分两种:若金属表面能生成致密的保护膜,则腐蚀率随浓度上升而下降;反之,腐蚀率随浓度上升而上升。

对于许多高分子化合物,由于硝酸的硝化作用和硫酸的脱水作用,会加速材料的腐蚀破坏。

pH>7的硷性溶液,对金属材料的腐蚀性基本上与生成产物的可溶性有关:如果生成不溶性产物,则随硷液浓度增大,腐蚀率逐渐降低;反之,如腐蚀产物是可溶性的,则随硷液浓度增大,腐蚀率升高。

多数高分子化合物在耐热温度内对硷性溶液是耐腐蚀的;相反,硅酸盐材料的耐腐蚀性却大大地下降了。

2)杂质的影响

工业生产过程中,操作介质往往都不会很纯,经常含有这样或那样的杂质成份,而这些杂质的存在,会大大加速材料的腐蚀。以尿素生产为例,纯净的尿素,其腐蚀能力不是很强的;但当尿素在合成过程中伴随有氨基甲酸铵、二氧化碳和氨的存在时,腐蚀作用便显著增强。以致于含钼不锈钢也不能很好地抵御其腐蚀作用了。

3)水份的影响

干燥气体对材料的腐蚀作用并不强烈,如氯气、氯化氢、氢氟酸等。但是,当含有水份时,其腐蚀率便急剧上升。干燥的氯气,一般钢材,聚氯乙烯均耐腐蚀;而对含水的氯气,即便是含微量水份时,腐蚀作用便急剧增大。

4)相变的影响

一般地讲，在相变部位所产生的腐蚀比较严重。

(2) 温度和压力的影响

1) 温度的影响：在大多数情况下，介质温度升高，腐蚀性增强。此外，温度的变化，对仪表零部件上喷、涂、衬、包的非金属防腐蚀材料，也容易造成老化、开裂、脱落等破坏。

2) 压力的影响：压力增加、气体在溶液中溶解度加大，腐蚀性也相应地有所增加。

3) 速度的影响

多数情况下，随着介质运动速度增大，都会使腐蚀过程加速，机械冲刷腐蚀更为突出。

4) 应力的影响

仪表零部件在制造过程中存在的残余应力会加速腐蚀，应力愈大，愈易腐蚀。

二、工业仪表防腐蚀

1. 仪表防腐蚀的特点

仪表防腐蚀同设备防腐蚀相似，但也有其特点，具体有以下几方面：

1) 工业仪表的规格、品种繁多，碰到的介质千变万化，要采用一种或几种防腐蚀仪表来解决各种各样条件下的防腐蚀问题是有困难的。但若完全针对不同腐蚀介质生产不同的防腐蚀仪表亦不符合“三化”要求和经济合理的原则；

2) 工业仪表一般比较精巧，检测使用又要求快速、灵敏、精确、可靠。所以，介质的腐蚀很容易给这些特点带来威胁，有时甚至会造成严重的生产和安全事故；

3) 由于仪表零部件小，给生产厂和用户采用先进防腐蚀技术带来一定的有利条件。

2. 仪表防腐蚀的一般方法

(1) 针对性地选择耐腐蚀金属或非金属材料制造防腐蚀仪表的零部件，是工业仪表防腐蚀的根本方法。比如用新十号钢制作调节阀阀芯，阀座、用于浓度小于70%的硫酸调节；用巨四氟乙稀作转子流量计转子，都获得了比较满意的防腐蚀效果。

(2) 合理的结构和先进的加工工艺，也是提高仪表防腐蚀性能的重要途径。在合成氨生产中，加长高压减压阀阀芯节流部位，加大压紧面，可以延长阀的使用寿命；在差压变送器波纹膜片生产中，多次成型比一次成型工艺产生的热应力小，故防腐蚀性能得到相应提高。

(3) 对仪表零部件进行喷、涂、镀、渗、包、衬等各种防腐蚀金属或非金属材料，也是不可缺少的防腐蚀措施。

(4) 稳定工艺生产，选择合理的检测方法和检测点，对提高仪表防腐蚀性能也很重要。例如：碳钢对浓硫酸是比较耐腐蚀的，但由于生产不稳定、检修、冲洗等，使硫酸稀释后，碳钢，甚至普通不锈钢材质的调节阀也不耐腐蚀了。所以，在生产过程中，应该尽量避免这些不利因素。

(5) 隔离防腐

除了采用以上办法提高仪表防腐性能外，尽量让仪表检测部份同腐蚀性介质隔离，也是常见而又易行的方法：

1) 采用放射性、超声波、光辐射等仪表检测，可以完全避免仪表被介质腐蚀破坏；

2) 隔离装置、隔离膜、片、法兰差压变送器和其它隔离措施，都可以使仪表检测部份与介质隔离，达到防腐效果。

综上所述，工业仪表防腐方法很多，具体应用时，我们必须首先从生产之急出发，同时，也兼顾经济合理，先进可靠、加工难易等。

3、仪表防腐工作的重要意义

积极开展工业仪表防腐工作，对提高生产自动化水平、增加产品产量、保证产品质量、改善工人操作环境、防止生产和安全事故的发生都具有很大的意义。

毛主席教导我们：“要使我国富强起来，需要几十年艰苦奋斗的时间，其中包括执行厉行节约、反对浪费这样一个勤俭建国的方针。”搞好仪表防腐工作，不但可以大大延长仪表使用寿命，具有上述明显的经济效益，更重要的是很大程度上减轻工人的繁重体力劳动，减少操作定员。劳动力的节约是最大的节约，可以更好地发挥人民群众的无限创造力，极大地推动社会主义革命和建设事业迅猛地向前发展，充分地体现了社会主义制度的无比优越性。

由此可见，搞好工业仪表防腐工作，不但具有显著的经济意义，而且，更具有很大的政治意义，是贯彻落实伟大领袖毛主席“备战、备荒、为人民”，多、快、好、省地建设社会主义的路线问题。

4. 仪表防腐工作概况

新中国成立以来，在毛主席无产阶级革命路线指引下，我国工人阶级发扬“自力更生、艰苦奋斗”的革命精神，使仪表工业从无到有，从小到大，逐渐在各条生产战线上得到广泛应用，取得了很大成绩。随之而来的是仪表防腐工作亦愈来愈显得突出，愈来愈显得重要。从仪表防腐材料的研究，到防腐仪表的设计和制造；从仪表在使用过程中采用一些简单的防腐措施，到防腐仪表的技术革新和技术改造，都出现了一个生气勃勃的大好形势。特别是通过波澜壮阔的无产阶级文化大革命和批林批孔运动，深入地批判了大卖国贼刘少奇、林彪两个资产阶级司令部长期以来在仪表防腐工作上所推行的“洋奴哲学”、“爬行主义”和“利润挂帅”等反革命修正主义路线，更加激发了战斗在仪表防腐战线上的广大工人和技术人员的革命积极性，极大地推动了仪表防腐群众运动的向前发展。一支工业仪表防腐队伍正在茁壮成长，不断壮大；一个仪表防腐工作的群众运动新高潮正在逐渐形成。

第二章 工业仪表常用材料及保护层

一、金属材料

工业仪表常用金属材料的分类见表 2—1。本章中只介绍常与腐蚀性介质直接接触的仪表常用结构材料、磁性材料和弹性材料，其余几类材料不予介绍。

仪表常用金属材料的分类

表 2—1

分 类 名 称	用 途	备 注
结 构 材 料	制作仪表外壳、螺栓、螺母等仪表普通结构零部件，也包括制作调节阀阀芯、阀座等有一定特殊要求的零部件	结构材料中按类别又分铸铁、碳钢、不锈钢、有色金属及其合金等
磁 性 材 料	制作仪表磁性元件	按类别分软磁和硬磁材料
弹 性 材 料	制作弹簧、簧片、弹簧管游丝、波纹管、膜盒、膜片等仪表用弹性元件	按类别分弹簧钢、铜合金弹性材料及高弹性、恒弹性精密合金材料等
膨胀合金及热双金属材料	低膨胀合金多用作精密仪器仪表中要求尺寸稳定的零件；定膨胀合金多用作玻璃、陶瓷等非金属的封接材料。 热双金属材料用于制作温度调节装置，测量仪器仪表中的感温元件	
电热、精密电阻合金材料	电热材料一般用作电加热元件；精密电阻合金材料多用作标准电阻，电桥及仪器仪表中要求严格的电阻元件	
测 温 材 料	制作检测仪表中的测温元件	包括热电偶和热电阻材料

1. 结构材料

材 料 类 别	名 称 或 牌 号	主 要 化 学 成 份 (%)	物 理 性 能		机	
			比 重 γ	线 胀 系 数 $\alpha \cdot 10^{-6} \text{mm/mm} \cdot ^\circ\text{C}$	铸件壁厚 mm	试棒毛坯 直径 mm
普通铸铁	HT10—26	—	7.0~7.4	11	所有尺寸	30
	HT15—33	—	7.0~7.4	11	4~8 >8~15 >15~30	13 20 30
	QT45—5	—	—	—	—	—
	合金铸铁	稀土中硅铸铁 (1号耐酸硅 铸铁)	—	—	—	—
合金铸铁	硅 铜 铸 铁	C 0.5~0.8, Si 13.5~15.0, Mn 0.5~0.8, S ≤ 0.05, P ≤ 0.07 Cu 6.5~8.5	—	—	—	—
	铝 铸 铁	C 3.00, Si 1.60, Mn 0.99, S 0.094, P 0.21, Al 5.20	—	—	—	—
	耐碱铸铁	Ni 13~15, Cu 5~7, Cr 1.5~2.5, C 2.5~3.0, Si 1.5~2.5, Mn 1~1.5, S 0.08, P 0.148	—	—	—	—
	高铬铸铁	C 0.87, Si 1.55, Mn 0.26, P 0.048, S 0.026, Cr 22.13, Mo 2.07, Cu 1.66	—	—	—	(热处理 820~850 ℃退火)

机械性能						主要性质
抗拉强度 σ_b kg/mm ²	屈服强度 σ_s kg/mm ²	抗弯强度 σ_{bb} kg/mm ²	伸长率 σ_s %	冲击韧性 a_K kg·M/cm ²	硬度 HB	
10	—	26	—	—	143~229	在常温下, 浓度大于65%硫酸中耐蚀, 但不能用于发烟硫酸中。在硝酸与盐酸中, 不论任何浓度, 均不耐蚀。水份不超过35%的硝酸和硫酸的混酸中, 温度小于110℃时相当耐蚀。在有机酸中不耐蚀。在烧碱中, 浓度小于30%时, 任何温度下都很耐蚀, 但浓度大于30%时, 易破裂。
28	—	47	—	—	170~241	
20	—	39	—	—	170~241	
15	—	33	—	—	163~229	
45	33	—	5.0	2.0	170~207	稀土中硅铸铁在温度小于50℃, 浓度小于46%的硝酸, 温度小于90℃, 浓度为70~98%的硫酸, 室温下, 浓度为60~70%并为氯气饱和的硫酸溶液耐蚀良好。可以车削、钻孔、套丝。
—	—	34~45 (900℃ 长期退火)	—	—	28~35 (Rc)	
13~20	—	18~32	—	—	255~375	在硫酸中耐腐蚀性能比灰铸铁高20~40倍; 在碱性溶液中耐蚀性能比铝铸铁高。有良好的耐磨性。可车、刨、钻孔、绞丝。
—	—	>36	—	—	229~302	在碱性溶液中(如铵盐水、氯化铵等)有很好的耐蚀性。有良好的抗高温氧化性能。
—	—	—	—	—	—	在碱性溶液及熔融碱中的耐蚀性能不差于蒙乃尔合金。有优良的铸造性能。
38.5	28.0	70.0	—	0.28	219~233	有较高的耐热(1100℃以下), 耐磨及耐蚀性, 能耐磷酸、硝酸、硫酸铵、碳酸铵、碱等介质的腐蚀, 但不耐盐酸、氢氟酸腐蚀。可代替18-8+Mo不锈钢和K合金用于制作不受冲击, 不需焊接的构件。

材 料 类 别	名 称 或 牌 号	主 要 化 学 成 份 %	物 理 性 能		机 状 态
			比 重 γ	线 胀 系 数 $\alpha \cdot 10^{-6} \text{mm/mm} \cdot ^\circ\text{C}$ (20~100℃)	
碳素铸钢	ZG 15	C>0.12~0.22, Mn 0.35~0.65, Si 0.20~0.45	—	—	热处理铸件
	ZG 25	C>0.22~0.32, Mn 0.50~0.80, Si 0.20~0.45	—	—	热处理铸件
	ZG 35	C>0.32~0.42, Mn 0.50~0.80, Si 0.20~0.45	—	—	热处理铸件
	ZG 45	C>0.42~0.52, Mn 0.50~0.80, Si 0.20~0.45	—	—	热处理铸件
碳 钢	A3, A3F A4, A4F		—	—	热 轧
	10	C 0.07~0.13, Si 0.17~0.37 P≤0.040, S≤0.045	7.85	11.6	热轧或冷轧后退火 正 火
	15	C 0.12~0.18, 其它同上	7.82	11.75	热 轧 910℃正火
	20	C 0.17~0.24 其它同上	7.82	11.16	热 轧 正 火
	25	C 0.22~0.29, 其它同上	7.82	12.18	热 轧 正 火
	30	C 0.27~0.34, 其它同上	7.82	11.09	热 轧 正 火
	35	C 0.32~0.39 其它同上	7.82	11.1	热 轧 正 火
	40	C 0.37~0.44 其它同上	7.82	11.21	热 轧 正 火
	45	C 0.42~0.49 其它同上	7.81	11.59	热 轧 正 火
	50	C 0.47~0.55 其它同上	7.81	10.98	热 轧 正 火

续表 2-2

机械性能						主要性质
抗拉强度 σ_b kg/mm ²	屈服强度 σ_s kg/mm ²	伸长率 δ_s %	断面收缩率 ψ %	冲击韧性 α_k kg·M/cm ²	硬度 HB	
40	20	25	40	6.0	—	在水中的腐蚀与水中的氧含量有很大关系,在大气中的腐蚀与温度、湿度及大气中的污染有关。 在盐酸中,随盐酸浓度的增大腐蚀加快。在稀硫酸中,随浓度增大而加快,但在浓度70~100%的硫酸中,碳素钢是耐蚀的。在浓度75~80%温度65℃以下的氢氟酸中是稳定的,在无水氢氟酸中更耐蚀。在碱溶液中相当稳定,但在高温熔融碱中会发生强烈腐蚀,在热而浓的碱溶液中会发生“碱脆”。在盐溶液中比在水中的腐蚀更强。在有机溶剂中,实际上腐蚀不大,但当有硫化氢和硫醇等杂质时,腐蚀速度大大增高。在有机酸中,对碳钢的腐蚀最强烈的是草酸、蚁酸、醋酸、柠檬酸和乳酸。
45	24	20	32	4.5	—	
50	28	16	25	3.5	—	
58	32	12	20	3.0	—	
38~52	21~26	19~27	—	6	—	
≥32	≥20	≥24	—	—	≤137	
≥34	≥21	≥31	≥55	—	—	
—	—	—	—	—	≤143	
≥38	≥23	≥28	≥55	—	—	
—	—	—	—	—	≤156	
≥42	≥25	≥26	≥55	—	—	
—	—	—	—	—	≤170	
≥46	≥28	≥24	≥50	≥10	—	
45~60	—	19~20	—	—	≤179	
≥50	≥30	≥22	≥50	≥10	—	
—	—	—	—	—	≤175	
≥53	≥32	≥21	≥45	≥9	—	
—	—	—	—	—	≤217	
≥57	≥34	≥19	≥45	≥9	—	
—	—	—	—	—	≤229	
≥62	≥36	≥17	≥40	≥8	—	
—	—	—	—	—	≤241	
≥66	≥37	≥15	≥40	≥7	—	

材 料 类 别	名 称 或 牌 号	主 要 化 学 成 份 %	物 理 性 能		机 状 态
			比重 γ	线 胀 系 数 $\alpha \cdot 10^{-6} \text{mm/mm} \cdot ^\circ\text{C}$	
抗大气、 海水腐蚀 用低合金 钢	16Mn	C 0.12~0.20, S $\leq$ 0.050, Mn 1.20~1.60, P $\leq$ 0.050	—	—	(板厚 17~ 25mm)
	15MnV	C 0.12~0.18, S $\leq$ 0.05, Mn 1.00~1.60, P $\leq$ 0.05, V 0.04~0.12	—	—	(板厚 5~ 16mm)
	09Mn2Cu	C $\leq$ 0.12, Mn 1.4~1.8 Cu 0.2~0.4, S $\leq$ 0.050, P $\leq$ 0.050	—	—	—
	09MnCuPTi	C $\leq$ 0.12, Mn 1.00~1.50, Cu 0.20~0.40, P 0.05~0.12, Ti $\leq$ 0.03	—	—	(板厚 $\leq$ 16 mm)
	10MnPNbRe	C $\leq$ 0.14, Mn 0.8~1.2, P 0.06~0.12, Nb 0.015~0.05, Re加入量 $\leq$ 0.20,	—	—	"
抗硫化氢 腐蚀用低 合金钢	12A1V	C $\leq$ 0.15, A 10.7~11.0, V 0.03~0.10, S $\leq$ 0.045, P $\leq$ 0.045	—	—	(板厚 $\leq$ 10 mm)
	12MoA1V	Mo 0.03~0.40, 其它同上	—	—	"
	12CrMoA1V	Cr 0.40~0.70, 其它同上	—	—	"
	12Cr4MoA1	C 0.09~0.15, A 10.4~0.8, Cr 3.80~4.50, S $\leq$ 0.045, Mo 0.10~0.20, P $\leq$ 0.045	—	—	(板厚 $\leq$ 16 mm)