

矿山设备的 腐蚀与防护 知识问答

段 慎 修 编 • 煤 炭 工 业 出 版 社

矿山设备的腐蚀与 防护知识问答

段 慎 修 编

煤炭工业出版社

61.45

3992076

内 容 提 要

本书以问答的形式介绍了金属腐蚀与防护的基本知识和煤矿设备防护采取的各种方法。书中较详细地介绍了材料的防护性能、金属表面预处理、防腐施工工艺、有关设备的防护方法,以及管理、安全等方面的知识。

本书可供煤炭系统从事矿山设计、基建、生产、管理和机制、维修等方面的工程技术人员、施工人员和管理工作人员参考,也可供从事金属和非金属矿山建设和管理的有关人员,以及其他从事金属腐蚀与防护的有关人员参考。

责任编辑: 顾建中

矿 山 设 备 的 腐 蚀 与 防 护 知 识 问 答 段 慎 修 编

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平门北首21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本787×1092¹/₃₂

印张5³/₄

字数122千字

印数1—2,080

1987年4月第1版

1987年4月第1次印刷

书号15035·2853 定价1.00元

前 言

腐蚀是一个非常普遍而严重的问题，它甚至成了国民经济发展中的一大障碍。全世界每年因腐蚀而造成的钢铁损耗占当年钢产量的30%左右，由于腐蚀而造成的直接损失相当于各国当年经济总产值的2~4%。我国煤炭系统金属的腐蚀状况也非常严重。由于防护措施不力，造成设备寿命短，维修、更换频繁。据初步调查每年由于设备腐蚀而造成的直接损失合吨煤1元左右。如果再把停产维修引起的间接损失，以及建井、地质等非生产性单位的腐蚀损失也计算在内，这个数字就会更大。

煤炭工业中的严重腐蚀问题已引起各级领导和有关单位的高度重视，大家对煤矿设备和结构防腐质量的要求越来越高。为了适应当前新形势下煤炭工业高速发展的需要，确保煤炭部提出的“以一番保两番”的宏伟目标，努力提高煤炭工业的经济效益，搞好矿井设备的防腐工作是非常重要的。为了在煤炭系统普及防腐蚀的基本知识和技术，提高施工质量，我们结合煤炭系统近年来防腐工作的经验、教训和当前的实际状况，编写了这本书。本书采用问答的形式，既有基本概念，又有具体解决问题的方法。叙述力求通俗易懂，简明实用，便于有关工程技术人员、企业管理人员和施工人员参考、借鉴。

由于防腐蚀学科是一门综合性的科学，涉及的知识面很广，应用的工艺、材料繁多，所以“问答”中有不够全面，不确切，或错漏之处，恳请广大读者和有关专家批评、

指正。

本书在编写过程中得到中国腐蚀与防护学会能源工程专业委员会、煤炭学科组、江苏省煤矿研究所等单位的大力支持和帮助。中国腐蚀与防护学会常务理事、能源工程专业委员会主任委员许维钧高级工程师、副主任委员毛光宁高级工程师不仅对编写工作给予了具体指导，还为本稿作了仔细的审查、修改；煤炭工业部技术发展司魏伯科工程师、江苏省煤矿研究所程瑞珍同志在编写过程中也都给予很大的支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

目 录

一、基 本 概 念

1. 什么叫 腐蚀? 1
2. 什么叫 化学 腐蚀? 什么叫电化学腐蚀? 1
3. 什么叫大气腐蚀? 引起大气腐蚀的基本条件是
什么? 2
4. 金属在潮湿的大气中进行电化学腐蚀的机理是
什么? 3
5. 金属在大气中的电化学腐蚀速度与空气的相对湿度和温度有什么关系? 4
6. 什么叫原电池? 什么叫腐蚀原电池? 什么叫
微 电 池? 6
7. 什么叫局部电池? 什么叫局部 腐 蚀? 7
8. 什么叫极化? 什么叫去极化? 7
9. 什么叫阴 极 保护? 什么叫阳极保护? 8
10. 什么叫内应力? 什么叫应力 腐 蚀? 9
11. 什么叫电偶 腐 蚀? 在工程设计中应如何预防和
利用电偶腐 蚀? 10
12. 腐蚀疲劳的机理是什么? 影响 腐 蚀疲劳的
因素有 哪些? 12
13. 什么是电位——pH图? 铁的电位——pH图有
哪 些应用? 13
14. 在有关金属腐蚀与防护的资料中, μ , mil, ipy, mpy和
mdd分别表示什么 意思? 15

二、金 属 腐 蚀

15. 腐蚀的危害有多大? 17

16. 煤矿环境的特点是什么?	18
17. 当前, 煤矿环境中钢铁设备的腐蚀状况如何?	20
18. 怎样表示金属的腐蚀速度?	22
19. 煤矿中常见的金属腐蚀形式有哪几种? 它们各自的危害如何?	24
20. 目前主要采取哪些办法解决腐蚀问题?	25

三、防腐前的表面处理

21. 钢铁构件在防腐处理前, 通常采取哪些办法除锈? 它们各有哪些优缺点?	27
22. 除锈的质量等级是如何划分的?	29
23. 喷砂除锈包括哪些主要设备? 使用中应注意哪些问题?	32
24. 酸洗除锈的机理是什么? 酸洗除锈应注意哪些问题?	34
25. 什么叫氢脆? 应如何避免氢脆?	36
26. 酸洗除锈后, 为什么要进行中和及钝化处理? 有哪些钝化液配方适合煤炭系统使用?	37
27. 在酸洗过程中, 如何测定酸溶液中铁离子的浓度?	39
28. 如何测定酸洗溶液的浓度? 用比重计测量是否可靠?	41
29. 如何制备简易酸洗池?	42
30. 如何测定钝化液中亚硝酸根 (NO_2^-) 的含量?	44
31. 什么叫阴极浸蚀除锈法? 应用阴极浸蚀法除锈应注意哪些问题?	45
32. 什么叫带锈涂料? 带锈涂料有哪几种类型?	47
33. 使用带锈涂料应注意哪些问题? 煤矿井筒装备能否使用带锈涂料进行防护?	48
34. 如何用化学方法脱除旧漆膜?	49

四、涂料基本知识

35. 涂料防腐的原理是什么? 涂料防护有哪些优点?52
36. 涂料包括哪些基本组成部分? 它们各起什么作用?53
37. 涂料是如何进行分类和命名的?54
38. 什么叫常规涂料? 什么叫长效防腐蚀涂料?56
39. 什么叫调和漆? 什么叫磁漆?57
40. 什么叫物理干燥涂料? 什么叫化学干燥涂料?58
41. 什么叫多组份涂料? 什么叫多组份涂料的活化期?59
42. 粉末涂料有哪些优点? 如何进行施工?60
43. PVC的含义是什么?62
44. 油度 (Oil length) 是什么意思?63

五、常用涂料

45. 什么叫车间底漆? 使用车间底漆应注意哪些问题?65
46. 什么叫富锌底漆? 它有哪些特点?65
47. 什么叫磷化底漆? 使用磷化底漆应注意哪些问题?67
48. 环氧富锌底漆是如何配制和使用的? 使用中应注意哪些问题?68
49. 如何配制和使用无机富锌涂料? 使用无机富锌涂料应注意哪些问题?69
50. 氯化橡胶涂料有哪些特点? 使用中应注意哪些问题?72
51. 环氧涂料有哪些主要类型? 其特点各是什么?74
52. 环氧沥青涂料有哪些主要特点? 使用中应注意哪些问题?76
53. 聚氨脂涂料有哪些特点? 它有哪些主要应用?78
54. 过氯乙烯涂料有哪些优缺点? 它有哪些主要应用?81
55. 醇酸树脂涂料有哪些主要特点? 它有哪些主要应用?82

56. 酚醛涂料有哪些主要特点? 它有哪些主要应用?84
57. 硝基涂料有哪些主要特点? 它有哪些主要应用?85
58. 沥青涂料有哪些主要特点? 它有哪些主要应用?86

六、涂料的施工

59. 在防腐施工前, 如何确定涂料的使用量?88
60. 调配涂料应注意哪些问题?90
61. 如何测定和评价漆膜的附着力?90
62. 涂层厚度与附着力的关系如何?93
63. 在防腐蚀施工中, 如何测量涂层的厚度?94
64. 在煤矿设备防腐蚀施工中, 应如何保证
涂层的质量?96
65. 如何提高涂层在底材上的附着力?97
66. 涂料的溶剂和稀释剂可以通用吗? 在使用中
应注意哪些问题?99
67. 高压无空气喷漆机的原理是什么? 高压无空气喷涂
有哪些主要优缺点? 101
68. 喷涂法有哪些主要优缺点? 喷涂施工中应注意
哪些问题? 102
69. 刷涂法施工的主要优缺点是什么? 刷涂施工中
应注意哪些问题? 103

七、涂料贮存、施工中的弊病及预防

70. 涂料在贮存过程中为什么会发生沉淀结块现象?
应如何防止和减轻这种弊病? 106
71. 在涂装施工过程中为什么漆膜会发生流挂?
应如何避免这种病态的发生? 107
72. 涂料施工以后, 为什么会发生慢干和返粘现象?
应如何避免? 108
73. 如何避免漆膜出现针孔的弊病? 110

74. 漆膜为什么会发生鼓泡或剥落? 应如何避免? 111
75. 在涂料涂装过程中, 为什么会发生咬底?
应如何避免? 113
76. 漆膜产生刷痕的原因是什么? 应如何避免? 114
77. 钢铁设备涂刷防锈漆以后, 为什么很快又会发生
锈蚀? 应如何避免? 115
78. 空气的相对湿度RH是如何测量和计算的? 116

八、金属镀层

79. 金属镀层可分哪几种类型? 对它们的质量有
哪些基本要求? 118
80. 什么叫电镀? 电镀层可分哪几种类型? 119
81. 如何选择金属电镀层? 120
82. 什么叫金属喷镀? 它有哪些主要优缺点? 122
83. 什么叫金属热浸镀? 采用热浸镀工艺应注意
哪些问题? 124
84. 什么叫化学镀? 它有哪些优缺点? 125
85. 什么叫快速电镀? 如何选择电镀溶液? 127
86. 搪瓷防护有哪些主要优缺点? 在煤炭系统有
哪些应用? 128

九、合金和玻璃钢

87. 什么叫不锈钢? 不锈钢共分几 种类型? 130
88. 不锈钢有哪几种类型的腐蚀形式? 如何防止
不锈钢腐蚀? 132
89. 低合金钢有哪些特点? 在煤矿中应用的前景
如何? 135
90. 耐蚀铸铁有哪些特点? 在煤矿中应用的前景
如何? 136
91. 玻璃钢有哪些特点? 玻璃钢在煤矿中有哪些

主要应用?	137
92. 用玻璃钢衬里或外贴来对金属设备进行防护的 施工中应注意哪些问题?	138

十、矿山设备的防护

93. 选择涂料时应注意哪些问题?	140
94. 在潮湿的地下环境中, 应选用哪些类型的 防护涂料?	141
95. 有哪几种类型的涂料可用于野外大型钢铁设备的 长期保护?	142
96. 煤矿井筒装备应如何进行防护?	144
97. 应如何对矿井排水系统进行防护?	145
98. 井下通风系统如何进行防护?	147
99. 井下运输系统如何进行防护?	148
100. 采掘机械应如何进行防腐处理和维护?	149
101. 井下切割或焊接后, 焊缝处的腐蚀状况如何? GS-841干湿两用防锈漆在井下使用时应注意 哪些问题?	151
102. 如何延长矿用钢丝绳的使用寿命?	152

十一、安全施工及其他

103. 在涂料防腐施工中, 需要采取哪些安全措施?	155
104. 在防腐施工中, 应如何防止工作人员中毒?	156
105. 在井下焊接时, 应如何防止工作人员中毒?	158
106. 金属设备在贮运过程中发生锈蚀的原因 是什么?	159
107. 为什么手汗会引起金属锈蚀? 应如何预防?	160
108. 如何配制和使用“液体手套”?	161

一、基 本 概 念

1. 什么叫腐蚀？

答：材料在周围环境的作用下所引起的破坏或变质称为腐蚀。广义的腐蚀包括除单纯机械破坏以外材料的所有损坏形式；腐蚀对象包括各类材料。习惯上往往只把金属材料的破坏称为腐蚀，对于非金属材料腐蚀则另有专称。例如，橡胶、塑料及玻璃钢等高分子材料发生龟裂、膨胀等破坏性变质现象称为“老化”；砖石、混凝土等无机材料由于化学侵蚀或介质渗透到材料内部所引起的崩散性破坏称为“溶蚀”或“风化”；木材的破坏则称为“腐烂”或“开裂”等等。

金属腐蚀一般是指金属材料在周围介质的化学作用或电化学作用下，或是与机械、生物等因素的共同作用下而引起金属材料的破坏或变质。金属腐蚀大多数属于电化学反应及化学反应过程，在某些情况下，也可能涉及到金属物理变化过程。

2. 什么叫化学腐蚀？什么叫电化学腐蚀？

答：在高温下，或在干燥的大气中，金属表面直接与空气中的氧气、氯气、硫化氢、二氧化硫等酸性气体，或其他非电解质接触时，由于发生化学反应而使金属发生腐蚀称为化学腐蚀。钢材表面的黑色氧化皮是典型的化学腐蚀产物。化学腐蚀过程完全符合化学动力学规律。

金属在潮湿的大气中，或在水和其他电解质溶液里，由于金属组成和结构的不均一性，或因介质浓度、温度等因素的差异，在金属表面能形成许多微小的化学原电池，其作用的结果会引起金属材料发生腐蚀，此种腐蚀称为电化学腐蚀。

大气腐蚀就是典型的电化学腐蚀。电化学腐蚀必须有水存在，并发生电子的转移，其反应过程符合电化学动力学规律。

3. 什么叫大气腐蚀？引起大气腐蚀的基本条件是什么？

答：金属在潮湿的大气中，由于水份、氧气以及其他杂质的作用而引起的腐蚀叫大气腐蚀。大气腐蚀是普遍存在的，它属于电化学反应的类型。

大气腐蚀的两个基本因素是氧气和水份，二者缺一不可。有人曾实验过，把铁钉放在脱气的海水中，几十年后，铁钉仍能保持光泽，这是因为缺氧的缘故。另外，在沙漠地带，虽然空气中的氧气含量和沿海基本相同，这里的气候又很恶劣，昼夜温差很大，但是由于空气的相对湿度低，因而金属也不易生锈。

在潮湿的大气中金属容易生锈，这是因为金属在潮湿的大气中表面能形成一层极薄的水膜，氧气容易在这样的水膜中溶解、扩散，并通过它到达金属表面。在这种情况下，既能形成氧的浓差腐蚀原电池，又有利于氧的去极化作用，因而金属容易锈蚀。

当水中含有酸、碱、盐以及其他电解质时，由于金属的组成和结构的不均匀性，以及介质浓度的差异等原因，在金属表面都能形成大量极微小的化学原电池；另一方面，由于电解质的存在，溶液的导电性增大，会使电化学腐蚀速度加快。当将电解质溶液泼洒在钢材表面上而不及时间进行处理时，几分钟后就能看到明显的锈蚀，其原因就在这里。

大气腐蚀是涉及面最广的一种腐蚀形式。据统计，世界上的钢铁70%以上是在易于生锈的大气中使用的。因此，大气

腐蚀必须引起高度重视。

4. 金属在潮湿的大气中进行电化学腐蚀的机理是什么？

答：金属在潮湿大气中的腐蚀实际上是由两种不同类型的腐蚀原电池引起的。

(1) 水膜中氧气浓度分布不均匀性造成的氧浓差电池

当钢铁表面有水滴存在时，空气中的氧能溶于水，并由表面向水滴内部扩散、渗透。由于距离的差异，在水滴的不同部位氧的浓度是不相同的，结果形成了氧的浓差腐蚀原电池。在水滴边缘的金属表面上，氧的浓度高，越往中心，氧的浓度越低。中心区电位低，形成阳极；边缘区电位高，形成阴极（见图1）。

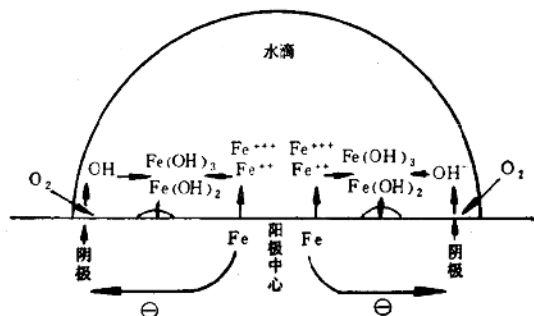
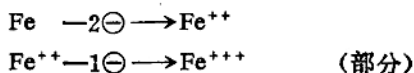
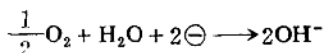


图1 钢铁表面水滴下氧的不均匀充气腐蚀

图1所示是钢铁表面水滴下氧的不均匀充气腐蚀。在阳极区的反应过程是：



在阴极区的反应过程是：



电子不断由阳极区通过金属流到阴极区，反应就继续进行下去。阳极区生成的 Fe^{++} 、 Fe^{+++} 和阴极区生成的 OH^- 相互扩散，相遇后生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，沉积于阴极和阳极之间，形成铁锈。

凡是能导致氧在水膜中浓度不均匀的因素都能造成氧的浓差腐蚀。这种腐蚀多发生在水膜厚薄不均匀的情况下。工件经雨淋、水洗或有凝露，出现可见的水滴时，都易发生氧的浓差腐蚀。

(2) 金属表面不均匀状态造成的腐蚀微电池

金属表面的不均匀状态包括化学组成不均匀和物理状态（内应力、表面光洁度等）不均匀两个方面，它们都能造成水膜下不同区域间的电位差异。两个相邻的电位不同的区域连接在一起，水膜作为电解液传送离子，金属作为导体传送电子，形成一个短路电池。金属表面有许许多多这样的腐蚀微电池，使金属发生电化学腐蚀。当水中有氧和其他电解质存在时，增加了溶液的导电性和去极化作用，加速了金属的腐蚀。实际上，大气腐蚀常常是上述两种腐蚀原电池同时起作用，而以一种过程为主。

5. 金属在大气中的电化学腐蚀速度与空气的相对湿度和温度有什么关系？

答：金属在大气中的电化学腐蚀状态主要是锈蚀，其腐蚀速度是由空气的相对湿度和环境温度两个重要因素决定的。一般认为，空气的相对湿度是决定金属锈蚀速度的更为重要的因素。当空气的相对湿度处在临界值以上时，温度能

加快金属锈蚀的速度。

对金属锈蚀产生影响的空气湿度指的不是绝对湿度而是相对湿度。金属表面水膜的形成与大气的相对湿度有直接关系。空气的相对湿度越高，金属表面形成的水膜就越厚。金属的腐蚀速度与水膜的厚度关系极大。当水膜的厚度在 $100 \text{ \AA}$ 以下时，氧的扩散、渗透非常容易，在金属表面不易形成氧的浓差电池，因而金属的电化学腐蚀速度缓慢；当水膜厚度为 $0.01 \text{ 微米} \sim 1 \text{ 微米}$ 时，氧气透过水膜到达金属表面比较容易，此时，既能形成氧的浓差微电池，同时氧的去极化作用又不受阻碍，因而腐蚀速度最快。当水膜厚度超过 1 微米 时，氧透过水膜到达金属表面的速度大为减慢，氧的去极化作用也受到了阻碍，因而电化学腐蚀速度反而会变慢；当金属完全浸没在水中时，氧的扩散、渗透将更为困难，因而腐蚀速度就更缓慢了（见图2）。当金属处于流动的水中时，氧的浓差腐蚀几乎不存在，因而金属的腐蚀速度也就更

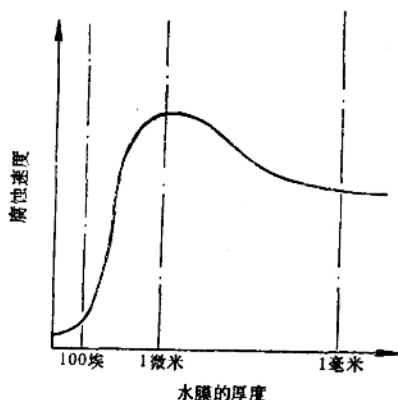


图2 大气腐蚀速度与金属表面水膜厚度的关系

慢了。

事实证明，对于每种金属的腐蚀都存在着一个空气相对湿度的临界值。当空气的相对湿度低于某种金属的特定临界值时，由于该种金属表面不能形成连续的水膜，因而就不能形成腐蚀原电池，该金属的腐蚀速度就很慢，可以认为基本不腐蚀。只有当空气的相对湿度高于其临界值时，该金属才会发生电化学腐蚀。钢铁锈蚀相对湿度的临界值约为70%。但当空气有污染，或金属表面不清洁时，相对湿度的临界值会下降，即在较低的相对湿度下，金属表面也能形成足以导致明显电化学反应的水膜，促使该金属提早发生锈蚀。

温度对金属大气腐蚀的影响与相对湿度也有密切的关系。当空气的相对湿度在某金属的临界值以下时，无论在什么温度下，金属几乎都不发生电化学腐蚀。例如，在沙漠地带金属不易发生锈蚀就是这个道理。但当空气的相对湿度在临界值以上时，温度升高，腐蚀速度相应加快。一般认为，温度每升高10℃，金属锈蚀的速度可提高2倍。实践证明，在温度变化大，金属表面能周期性地发生凝露的情况下，金属的锈蚀最为严重。我国的华南、华东地区空气相对湿度大，气温较高，因而金属的腐蚀速度也明显地高于其他地区。例如，1981年煤炭部组织了对140个煤矿井筒装备腐蚀与防护状况的调查，结果是华东、华南地区的年平均腐蚀深度为0.25毫米；华北地区的年平均腐蚀深度为0.17毫米；东北地区的年平均腐蚀深度为0.09毫米。由此可见，温度和湿度都能对金属的腐蚀速度发生重要的影响。

6. 什么叫原电池？什么叫腐蚀原电池？什么叫微电池？

答：原电池是由两种不同材料的电极和一种电解质溶