



建筑

钢结构涂装工艺师

上海市金属结构行业协会 编

中国建筑工业出版社

711767

建筑钢结构涂装工艺师

上海市金属结构行业协会 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑钢结构涂装工艺师/上海市金属结构行业协会编.
北京: 中国建筑工业出版社, 2007
ISBN 978-7-112-09173-7

I. 建… II. 上… III. 建筑结构: 钢结构-涂漆
IV. TU767

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 038913 号

建筑钢结构涂装工艺师

上海市金属结构行业协会 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京市彩桥印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 14½ 字数: 351 千字

2007 年 6 月第一版 2007 年 6 月第一次印刷

印数: 1—3 000 册 定价: 25.00 元

ISBN 978-7-112-09173-7

(15837)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书针对钢结构涂装工艺师必须掌握的知识和技术作了全面系统的讲解，包括涂装前的表面处理、常用涂料品种与特性、涂装工艺设计、涂料质量检测与钢结构涂装工程验收、涂装作业安全卫生和环境保护、金属腐蚀原理与防护方法、重防腐涂料与涂装工艺、大型钢结构涂层长效防腐、钢结构防火涂料的涂装、涂料施工质量管理及涂装监理等内容。读者可通过本书熟悉钢结构涂装工艺特点及应用，解决实际工程中的疑难问题，掌握并制定钢结构的涂装工艺流程、工艺要领、质量标准、施工进度及应变调整措施，懂得施工技术规范、安全生产规范、机械设备及定额预算等相关内容。本书可以作为钢结构涂装施工的工具书，也可以作为钢结构涂装工艺师的培训教材。

* * *

主 编：顾纪清 吴贤官

责任编辑：徐 纺 邓 卫

责任设计：董建平

责任校对：刘 钰 孟 楠

前 言

自改革开放以来,上海钢结构建设发展很快,目前全上海有 900 多家钢结构企业。一些大型企业引进和自主开发了许多钢结构新设备、新工艺、新技术、新材料,取得了良好的效果。上海市金属结构行业协会根据会员单位的建议和要求——在施工工艺上迫切需要加快钢结构行业专业技术人员的知识更新和提高企业队伍的整体素质,以确保工程质量,针对钢结构施工的四大主体专业技术(焊接、制作、安装和涂装),聘请有关专家编写了这套钢结构工艺师丛书,包括《建筑钢结构焊接工艺师》、《建筑钢结构制作工艺师》、《建筑钢结构安装工艺师》、《建筑钢结构涂装工艺师》。参与编写的专家一致认为,在钢结构建设工程项目中,焊接工艺师、制作工艺师、安装工艺师、涂装工艺师是施工阶段的关键岗位。丛书能使读者熟悉钢结构金属材料的性质、特点及应用,解决实际工程中的疑难问题,掌握并制定钢结构的工艺流程、工艺要领、质量标准、施工进度及应变调整措施,懂得施工技术规范、安全生产规范、机械设备及定额预算等相关内容。丛书可以作为钢结构施工的工具书,也可以作为钢结构工艺师的培训教材。

《建筑钢结构涂装工艺师》由顾纪清、吴贤官先生主编,吴建兴、吴海义、吴景巧先生辅编,协会曾先后三次组织专家对初稿评审,并多次进行修改和补充。因钢结构行业还会不断出现新工艺、新标准,本书疏漏之处难免,殷切希望业内专家及广大读者指正。

上海市金属结构行业协会的会员目前已经拓展到江苏、浙江、安徽、山东、新疆、北京、甘肃、四川、山西、辽宁、河南、福建等 13 个省市。我们深信,本套丛书会对提高钢结构施工工艺水平起到良好的促进作用。

上海市金属结构行业协会
2006 年 6 月 20 日

目 录

1 概论	1
1.1 涂料与涂装技术发展史	1
1.2 金属腐蚀促使涂料发展	2
1.3 钢结构工程防腐蚀的重要性	2
1.4 建筑钢结构的腐蚀及防治	3
1.5 提高钢结构工程涂装防护质量的有效途径	5
2 涂装前的表面处理	7
2.1 涂装前表面处理的作用、方法和特点	7
2.2 GB 8923—88 中的涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级	9
2.3 我国钢材表面处理标准与国外同类标准的比较	12
2.4 除锈处理的粗糙度与清洁度	14
2.5 涂料品种对除锈等级的适用性	16
2.6 除锈处理与底涂料涂装间隔时间的控制	17
3 常用涂料品种与特性	19
3.1 涂料产品组成与作用	19
3.2 涂料产品分类命名和型号	21
3.3 钢结构防护涂料产品特性与用途	25
4 涂装工艺设计	34
4.1 建设工程涂装腐蚀环境分类	34
4.2 建设工程涂装涂层厚度设计	36
4.3 导静电涂料涂装设计	39
4.4 镀锌层表面涂装设计	45
5 涂料质量检测与钢结构涂装工程验收	50
5.1 技术标准及质量验收标准	50
5.2 涂料性能测试和涂装性能测定	53
5.3 钢结构工程涂装性能测定	54
6 涂装作业的安全卫生及环保	59
6.1 涂装作业标准及安全生产要求	59

6.2	涂装作业的卫生和环保	61
6.3	涂装作业三废治理	63
6.4	对涂装中有害物质的防护	68
6.5	涂装防火防爆	74
7	金属腐蚀的原理与防护方法	78
7.1	金属腐蚀原理	78
7.2	杂散电流腐蚀	79
7.3	建筑钢结构防腐蚀	80
7.4	常用的防护方法	82
8	重防腐涂料与涂装	87
8.1	重防腐涂料	87
8.2	重防腐涂装工艺	95
8.3	重防腐涂料与涂装新发展	99
9	大型钢结构涂层长效防腐	101
9.1	大型钢结构腐蚀的特点及防护方法	101
9.2	国内重点钢结构工程涂装实例	116
10	钢结构防火涂料的涂装	146
10.1	钢结构防火的重要性及防火涂料基本原理	146
10.2	钢结构防火涂料的分类及技术性能	147
10.3	钢结构防火涂料涂装工艺	149
10.4	钢结构防火涂料施工的验收	151
10.5	钢结构防火涂料应用注意事项及执行标准	152
11	涂料施工质量管理及涂装监理	153
11.1	涂料施工质量管理意义	153
11.2	施工过程质量控制	155
11.3	建设工程涂装质量责任	162
11.4	涂料施工对前期工程质量的检测验收	169
11.5	建设工程涂装试样制作管理	172
11.6	涂装工程质量因果辩证	177
11.7	露点温度与相对湿度的应用	179
附录 A	钢结构涂料涂装配套方案	186
附录 B	锌-铝-镉合金牺牲阳极 (GB/T 4950—2002)	213
参考文献		222
建筑钢结构涂装工艺师岗位规范		223
后记		224

1 概 论

1.1 涂料与涂装技术发展史

人类生产和使用涂料已有约 5000 年的历史，中国是发明和应用油漆最早的国家，在古代有过辉煌的成就。早在公元前两三千年，我国古代劳动人民已能从桐树上采集桐籽榨取桐油，熬制熟桐油，加入颜料制成涂料。由于早期涂料大多采用植物油和天然树脂为原料，故称为油漆。

早在新石器时代，我国已经能利用赭石和炭黑等天然颜料及蛋白质等天然成膜物质调合，彩绘陶器表面；到商周时代，我国的天然大漆得到发展和应用，漆器品种增多且花纹精细、装饰精美。

油漆诞生后的 2000 多年历史中，均是利用天然植物油、大漆或虫胶等天然树脂与颜料调配成各种油漆，其品种性能很有限且全部采用手工涂饰。形成涂料工业并飞跃发展是在 20 世纪中期，这是由于化学工业的迅猛发展，为涂料生产提供了合成树脂，使涂料新品种不断出现，为各行各业提供优质涂料。涂装生产也由手工作业进入高效工业化生产方式，并由空气喷涂、浸涂、淋涂、辊涂等一般高效机械化涂装作业发展到静电喷涂、高压无气喷涂、粉末涂装、电泳涂漆和自动涂装等现代工业涂装新技术。

涂装安全生产及环境保护是一个十分重要的问题，1967 年美国洛杉矶地区首先发布了“66”法规，禁止使用光活性溶剂，此后世界发达国家都制订了各自的法规。现代工业涂料和工业化涂装技术是按照高效率向优质、公共社会性（含经济安全性、低污染性、资源节约性等几方面）发展的。

我国的涂料品种总数已达 1000 多种，性能好，使用方便，各种特殊用途的新品种不断出现，例如导电涂料、发热涂料、防静电涂料、发光涂料、蓄光涂料、伪装涂料、吸波涂料（吸收雷达波、红外辐射和声波）、防雷达伪装涂料、防辐射涂料、防放射性物质污染涂料、射线屏蔽涂料、航天器热控涂料、烧蚀涂料（主要用于表面温度高达数千摄氏度的航天飞机、宇宙飞船等有关部件的保护）、阻尼涂料（隔声涂料）、示温涂料、可剥性涂料（广泛用于机械零件、电器、仪器等防锈和防擦伤）、防渗碳涂料、防氢脆涂料、防雾涂料、防粘涂料、防霉涂料、防结露涂料、碰撞变色涂料等。

新型涂料不断出现。零污染纳米涂料进入试生产。众所周知，涂料产品广泛应用于各种建筑物的内、外墙装饰，但涂料中一种挥发性有机化合物“VOC”含量浓度如果超标，对人体十分有害。新型“零 VOC”纳米涂料，无异味、不沾污、透气性好、不结露、耐水洗、抗霉变，使用后坚固耐久。

20 世纪 80 年代，我国引进阴极电泳涂料与电泳涂装技术，之后，国内许多大型油漆厂引进了 PPG、BASF、Hoechst、关西、日本涂料、AKZO 等国际知名企业的涂料生产

技术与它们合作生产。

随着近年来钢结构建筑的飞速发展，钢结构工程项目更趋大型化、高耸化、已有跨海大桥、海上机场等超大型工程，普通涂层已不能满足使用要求，因而对重防腐涂料和涂装工艺提出了专门要求。

1.2 金属腐蚀促使涂料发展

金属腐蚀，按形式分有均匀腐蚀、局部腐蚀（孔蚀、缝隙、脱层、晶间腐蚀、应力腐蚀等），按作用原理分有化学腐蚀和电化学腐蚀。

金属与氧气、氯气、二氧化碳、硫化氢等干燥气体或汽油、润滑油等非电解质接触会发生化学腐蚀；与液态介质、水溶液、潮湿气体或电解质溶液接触时会产生电化学腐蚀；铁路桥梁、公路大桥和跨江大桥、各种钢铁工业和民用建筑、石化炼油设备、电力设备等钢结构，长年累月暴露在大气中，经受着工业大气、风沙、尘土、盐类等侵蚀。在空气相对湿度达到 100% 时，大气中的 SO_2 、 NH_3 等气体腐蚀物质被金属表面的水膜溶解后，形成酸雨，加剧了钢材的腐蚀。在工业大气中，碳素钢的腐蚀速度为 0.1mm/年，低合金钢腐蚀速度为 0.08~0.09mm/年；各种不同钢材浸在海水中，腐蚀速度都在 0.1~0.2 mm/年范围内。然而不完全浸入海水中的钢结构，在交变水区腐蚀速度特别快，例如：插入海水中的钢桩，位于水面以上 0.8m 处的腐蚀速度比水平面附近高 4 倍；高水位浪溅区钢桩腐蚀速度为海底土中的 6 倍。

防止钢结构腐蚀，必然促进涂装的发展。建筑钢结构向高耸、大型化发展，大修并非易事，要停产、停市，施工中噪声、尘沙还影响环境。业主期望减少维修次数，延长使用年限，但由于钢结构被工业大气、酸雨等腐蚀介质所包围，腐蚀十分严重，一般 2 年左右必须整修一次。钢结构遭受腐蚀是客观存在的自然规律，随着建筑钢结构的大量兴建，若干年后将面临频繁的整修，因此，必须从发展方向做好以下工作。

(1) 重视钢材表面处理。把氧化皮彻底去除，喷丸后立即涂刷车间底漆，干燥后下料、切割、加工、装配，有利于焊接质量、文明生产以及最终的涂装质量。我国大型船厂早在 20 世纪 60 年代已采用“钢材预处理流水线作业”，随着建筑钢结构不断发展，可以借鉴船厂经验。

(2) 在高耸大型钢结构工程上采用长效防腐、重防腐涂料防护，例如，鳞片重防腐涂料、超厚浆型重防护涂料等，以及采用喷铝、锌及防护涂料的复合涂层，有利于延长使用年限，节省大量维修经费。

1.3 钢结构工程防腐的重要性

资料显示，我国 2001 年因腐蚀造成的损失高达 4979 亿元，相当于国民经济总产值的 5%，仅在石油和化学工业造成的经济损失就达 400 多亿元，腐蚀给国民经济带来极大的损失和危害。腐蚀问题的解决与否，往往会直接影响新技术、新材料、新工艺的实现。尤其是现代建筑钢结构构件防腐效果不一致，使用年限不同步，严重影响建筑的使用年限。现代化高温、高压和处在复杂腐蚀介质的设备，其腐蚀问题解决不好，

将影响正常生产。由于腐蚀失效而引起的事故屡见不鲜，造成了巨大的经济损失及人身伤亡。如 1979 年 12 月 18 日，吉林市 400m³ 的石油液化气贮罐爆炸引起大火，造成 82 人死亡，54 人受伤，直接经济损失 600 余万元。钢结构工程防腐蚀如此重要，必须引起高度重视。

1.4 建筑钢结构的腐蚀及防治

建筑钢结构处于工业大气、海洋大气和农村大气中经受腐蚀，其中海洋大气腐蚀最为严重，工业大气次之，农村大气最轻。

大气腐蚀是综合作用的结果，通常碳钢在大气中腐蚀速率取决于湿度、温度、降水量、凝露以及大气中的灰尘、含盐量、污染等。

空气中相对湿度 (RH) 的大小，决定了大气中金属腐蚀的速度。当 $RH > 65\%$ 时，金属表面上附着 0.001~0.01mm 的水膜且溶解有酸、碱、盐，则会加速大气腐蚀，碳钢在各类大气中的腐蚀速度，农村大气 4~65 $\mu\text{m}/\text{年}$ ，工业大气 26~175 $\mu\text{m}/\text{年}$ ，海洋大气 26~104 $\mu\text{m}/\text{年}$ 。

大气腐蚀与金属表面上水膜层厚度有关。当水膜层厚度 $\delta = 1 \sim 10\mu\text{m}$ ，腐蚀速度急剧上升； $\delta = 1\mu\text{m}$ ，腐蚀速度最高； $\delta > 1\text{mm}$ ，腐蚀速度趋缓。

1.4.1 压型彩钢板建筑防腐

压型彩钢板具有重量轻、造价适宜、工期短、抗震性好、外形美观、使用年限长等特点，因此发展很快。压型彩板自身的抗腐蚀能力很强。压型彩钢板经过镀锌、化学转化膜、初涂层和精涂层等特殊处理，具有良好的耐久性，镀铝、锌板采用优质冷轧卷板，经过连续热浸镀制成，具有优越的防蚀性，其使用寿命比一般镀锌钢板高 4 倍，涂料是含氟树脂 (PVDF)，能对付恶劣环境，在国际已广泛使用，使用年限一般可达 30 年以上。但是必须关注另外一个事实，与压型彩钢板连接的部件（如檩条）以及紧固件（如自钻自攻螺钉）其抗腐蚀能力必须与压型彩钢板相当（使用 30 年以上），否则，会降低轻钢压型彩钢板建筑的使用年限。

从材质上讲，压型彩钢板基体是碳钢，选用碳钢螺钉作为紧固件未尝不可，但是压型彩钢板经过特殊防腐处理，其使用功能已不是“碳钢”，已达到不锈钢级别，应当选择 AISI 304 或 AISI 316 不锈钢螺钉，这是欧美钢结构建筑首选的紧固件。若选用碳钢螺钉作为紧固件，一旦遇到“酸雨”侵袭，特别容易造成腐蚀，甚至造成结构解体。

压型彩钢板建筑漏水现象时有发生，压型彩钢板屋面常见的渗、漏水部位有：碳钢螺钉与彩钢板接触处，彩钢板搭接处，彩钢板与混凝土、采光带连接处，彩钢板与屋脊板交接处，彩钢板屋面与风机口、空调系统、天窗以及伸出屋面管道相贯处。要防腐，就要先防水，方法有：(1) 首选不锈钢螺钉作为紧固件，杜绝腐蚀，防止漏水；(2) 在横跨接缝及管道与屋面相贯处采用“基层涂料+专用纤维布+表层涂料”密封防水。

钢结构房屋（单层、多层、高层）容易引起腐蚀的部位还有：不能保养的“死角”和钢构件与潮湿木材接触处。

1.4.2 混凝土中钢筋的腐蚀

一般情况下, 由于水泥的水化作用的高碱性阻止了埋置在硅酸盐水泥混凝土、砂浆或类似材料中钢筋的腐蚀。但是氯化物的存在会破坏这种保护, 于是大气中的水和氧气将导致混凝土中钢筋的腐蚀。海水中含有氯化物, 有些地方用未冲洗过的海砂、冬季路面除冰剂经常使用氯化物会使钢筋腐蚀, 钢筋腐蚀产生很大应力, 使混凝土开裂并加速腐蚀。阴极保护可以防止混凝土中钢筋的电化学腐蚀、杂散电流腐蚀和应力腐蚀。

1.4.3 港口码头的腐蚀

港口码头构筑物经受着工业大气、海洋大气和水的腐蚀, 水腐蚀的影响因素有溶解氧、电导率、pH 值、水质流速及温度等。码头遭受海洋环境的腐蚀, 平均腐蚀速率达 $0.3 \sim 0.4 \text{ mm/年}$, 局部可达 1 mm/年 , 使钢板穿孔, 影响使用年限及码头的安全性。

根据海上钢桩及构筑物的腐蚀程度通常将环境分成五个区域:

- (1) 海洋大气区, 腐蚀比陆地快二倍;
- (2) 飞溅区, 满潮线以上 $2 \sim 3 \text{ m}$, 腐蚀严重, 比陆地快 10 倍;
- (3) 潮位差区, 冲击和干湿相交, 腐蚀条件较温和;
- (4) 海水全浸区, 遭受海水成分、温度、流速等引起的腐蚀以及电化学腐蚀;
- (5) 海泥带, 钢构件插入泥土部位, 与陆地地下基本相似, 但条件更苛刻。

大型港口码头及海洋工程常采用牺牲阳极和强制电流综合作用实施保护。

1.4.4 钢桥的腐蚀

海滨钢桥经受高湿度大气和盐雾的侵蚀。海滨钢桥与空气清新的山区钢桥相比, 其腐蚀程度大得多。钢结构桥梁采用重防腐涂层, 常用两种涂装体系: (1) 富锌底漆体系; (2) 热喷涂铝 (锌) 体系。实践证明, 有效的涂装能提高钢桥使用年限, 例如, 武汉长江大桥, 以前用 316 醇酸面漆, 使用寿命 $2 \sim 3$ 年, 后来改用 C04-45 灰铝、锌、醇酸面漆或灰云铁醇酸面漆均能使用 10 年以上。

1.4.5 埋地管道的腐蚀

埋地钢质管道发展很快, 我国到 1995 年底有输油、输气管道 17882 km , 2005 年竣工的西气东输工程的管道约 1000 km , 埋地管道遭受腐蚀主要起因于管道外壁与土壤中的腐蚀性介质接触。防腐的方法, 一般用涂料涂装以及阴极保护, 多种情况下, 两种方法结合使用。

地下钢质管道防腐的特点在于“平时不可能挖掘出来进行涂装保养”。然而它遭受土壤的酸碱度、氧化还原电位、电阻率、含水量、含盐量、透气性及微生物等直接或间接影响。必须在安装管道时, 率先考虑埋地管道的防腐。

工业发达城市地下管道腐蚀比较复杂, 如受电气化铁路各种用电设备、接地等杂散电流腐蚀或干扰腐蚀。

管道内壁受输送介质的腐蚀, 以焦炉煤气为例, 由于焦炉煤气净化不好, 出厂温度高, 加剧了管道及其设施的腐蚀, 主要腐蚀物为 H_2S 、 CO_2 。

为防止土壤造成腐蚀，埋地管道外壁敷有防腐绝缘层，施加了阴极保护，这对于管道防腐十分有利，但加重了强线路对埋地管道的感应影响，威胁管道的正常运行，危及操作人员人身安全和设备安全。

1.4.6 钢质储罐的腐蚀

钢质储罐经常遭受内、外环境的腐蚀，外部遭受大气、土壤、杂散电流干扰腐蚀以及保温层结构吸水后的腐蚀；内部受物料（油、气、水）、罐内积水（油品中的水分离）及罐内空间部分的凝结水气的腐蚀，属气相腐蚀，由于凝结水膜很薄， O_2 的扩散很容易，因而耗氧型腐蚀在多数情况下起主导作用。罐壁下部和罐底是储罐内腐蚀的重点，其表现形式为电化学腐蚀。

1.4.7 工业烟囱腐蚀

工业烟囱可分为砖烟囱、钢筋混凝土烟囱、钢烟囱等类，它们所排放的烟气中大多含有二氧化硫、硫化氢、一氧化碳、二氧化氮以及氮气等腐蚀气体及尘埃。湿热水汽造成的结露与腐蚀气体结合成亚硫酸或稀硫酸，对烟囱内壁产生重腐蚀破坏作用。

工业烟囱防腐蚀方法因烟囱的材质和烟气成分不同而异。烟囱外壁同样受大气腐蚀，要选择具有防腐、耐候、耐老化，又具有航空标志的涂层，上部结构采用氯化橡胶丙烯酸涂料防腐，下部结构采用氯磺化聚乙烯-氯化橡胶涂料防护，内防腐工艺，采用 W61-32 型涂料，涂料特点是：耐 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ 高温、耐酸碱、耐工业大气腐蚀、附着力强、常温干燥、施工方便。

1.5 提高钢结构工程涂装防护质量的有效途径

半个世纪以来，我国涂装防护科技工作者做了大量工作，为钢构防护取得了显著实效，例如环氧富锌底漆、环氧云铁漆和氯化橡胶面漆构成的重防腐涂料配套体系，使用寿命可达 15 年；大型钢结构还常用喷锌或喷铝并用防腐涂料构成长效防腐涂层，与基体结合牢固，使用寿命长，长期经济效益好。从国外引进的“锌加涂膜镀锌”，其防腐蚀性能优良，使用年限可达 $30\sim 50$ 年。结构涂装防护是一项系统工程，与业主、设计、制作、安装、使用、维修等单位密切相关，环环相扣。一环脱节，全局失控。必须目标一致，共同努力才能搞好涂装防护。

1.5.1 强化设计的龙头作用

2006 年 7 月 4 日，上海市勘察设计行业协会、上海市金属结构行业协会召开的“立足技术创新、改革传统建筑体系，推动钢结构在建设中的发展和应用大会”，特别强调“设计是建设的灵魂，设计是龙头”。钢结构涂装防护，设计是关键。例如，轻钢彩板屋盖系统的檩条规格、间距、材质、紧固件规格、材料牌号、使用年限等技术参数必须在设计图纸或技术文件中注明，制作单位严格按照设计图纸及技术文件施工，未经设计单位签证，施工单位不得修改。尊重设计，这是几十年的好传统。

1.5.2 树立正确的投资观念，重视防腐资金的投入

要使用 30 年，压型彩钢板应选用 AISI 304 或 AISI 316 型不锈钢螺钉，设计部门早就达成了共识，可是业主为了要节约初始投资，贸然选用碳钢螺钉。为了使业主提高防腐意识，有人作了经济技术分析，很有说服力。某上万平方米屋盖，第一方案是选用 AISI 304 不锈钢螺钉，一次性投资 20 万元，第二方案选用碳钢螺钉，一次性投资 2.2 万元，仅为第一方案的 11%，可是平时维修费甚高，全寿命周期费用 118 万元，为第一方案总成本的 6 倍，初始投资的“省”，补偿不了日后维修费用剧增的“失”，从生命周期代价 (LCC) 看，一方案是 0.64 万元/年，二方案是 3.91 万元/年。选择一方案十分有利。

1.5.3 加强培训，提高防腐意识

涂装防护技术十分重要，必须注意科学普及，在实施一项工程的涂装操作前，应该向工人进行技术交底，使大家懂得为何要这么做。有一家钢结构制作单位，采用锌板作为牺牲阳极进行防护，一名油漆工在锌板上涂刷防腐油漆，结果锌板失去防护作用。当工艺师把锌板防护的作用和效果告诉油漆工后，才恍然大悟。有的工件，表面氧化皮未曾去除，在氧化皮上涂刷油漆，氧化皮脱落，油漆也一起脱落，类似这方面的误区很多，这是涂装施工中必须引起注意的。

过去，有人把涂装称作“漆糊涂”，其实涂装是一门学问、一门技术，涂装工艺师应具有技术全面、一专多能、技艺高超、生产经验丰富的优良技术素质，才能担负起组织和指导生产人员解决涂装生产过程中出现的关键和疑难问题的责任。

2 涂装前的表面处理

2.1 涂装前表面处理的作用、方法和特点

2.1.1 与涂装前表面处理相关的标准规范

2.1.1.1 《工业建筑防腐蚀设计规范》(GB 50046—95) (表 2-1)

各类底漆涂装所要求的钢铁基层除锈等级

表 2-1

涂 料 品 种	最低除锈等级
各类富锌底漆、喷镀金属基层	Sa2½
其他树脂类涂料、乙烯磷化底漆	Sa2
醇酸耐酸涂料、氯化橡胶涂料、环氧沥青涂料	St3 或 Sa2
沥青涂料	St2 或 Sa2

- 注：1. 不易维修的重要构件的除锈等级不应低于 Sa2½ 级。
2. 钢结构的一般构件选用其他树脂等涂料时，除锈等级可不低于 St3 级。
3. 除锈等级标准应符合现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》(GB 8923—88)。

该规范第 5.6 条说明：除锈效果不同的基层，其对涂层的影响使用寿命差 2~3 倍。

2.1.1.2 《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001)

《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001) 第 14.2.1 条检验方法：用铲刀检查和用现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》(GB 8923—88) 规定的图片对照观察检查，见表 2-2。

各种底漆或除锈漆所要求的最低的除锈等级

表 2-2

涂 料 品 种	除 锈 等 级
油性酚醛、醇酸等底漆或防锈漆	St2
高氯化聚乙烯、氯化橡胶、氯磺化聚乙烯、环氧树脂、聚氨酯树脂等底漆或防锈漆	Sa2
无机富锌、有机硅、过氯乙烯等底漆	Sa2½

2.1.1.3 化工行业涂料防腐蚀涂装表面预处理除锈等级

《化工设备、管道防腐蚀施工及验收规范》(HGJ 229—91) 和《化工设备、管道外防腐设计规定》(HG/T 20679—90) 关于涂料涂装预处理除锈等级的比较见表 2-3。

涂料涂装预处理除锈等级比较

表 2-3

涂 料 品 种	HGJ 229—91	HG/T 20679—90
各类富锌底漆	Sa2½	Sa2½ 或 Be 级
乙烯磷化底漆	Sa2½	Sa2½ 或 Be 级
有机硅树脂漆	Sa2½	Sa2½ 或 Be 级
环氧树脂漆	Sa2½	Sa2½ 或 Be 级
环氧沥青漆	Sa2 或 St3	Sa2½ 或 Be 级
醇酸、酚醛类漆		Sa1 或 St2

2.1.1.4 《石油化工设备和管道涂料防腐技术规范》(SH 3022—1999)

《石油化工设备和管道涂料防腐技术规范》(SH 3022—1999)第3.3.5条：底涂层涂料对钢材表面除锈等级的要求，应符合表2-4的规定。对锈蚀等级为D级的钢材表面，应采用喷射或抛射除锈。（这与《钢结构工程施工及验收规范》(GB 50205—95)第3.0.3.2条“钢材表面锈蚀等级应符合现行国家标准规定的A、B、C级”、条文说明“D级钢材不得用作结构材料”有所不同。）

底涂层涂料对钢材表面处理除锈等级的要求 表 2-4

底涂层涂料种类	除 锈 等 级		
	强腐蚀	中等腐蚀	弱腐蚀
酚醛树脂底漆	Sa2.5	St3	St3
沥青底漆	Sa2 或 St3	St3	St3
醇酸树脂底漆	Sa2.5	St3	St3
过氯乙烯底漆	Sa2.5	Sa2.5	—
乙烯磷化底漆	Sa2.5	Sa2.5	—
环氧沥青底漆	Sa2.5	St3	St3
环氧树脂底漆	Sa2.5	Sa2.5	—
聚氨酯防腐底漆	Sa2.5	Sa2.5	—
有机硅耐热底漆	—	Sa2.5	Sa2.5
氯磺化聚乙烯底漆	Sa2.5	Sa2.5	—
氯化橡胶底漆	Sa2.5	Sa2.5	—
无机富锌底漆	Sa2.5	Sa2.5	—

从上表所列各种规范的表面处理标准或以表达的文字作对照，可看出有较大的差异。

除锈等级只和底层涂装合适性相关，与腐蚀等级无关。如果底涂层种类与除锈等级差异太大，抗蒸馏水都成为问题。

2.1.2 原始锈蚀等级与除锈等级规范化

原始锈蚀等级 A、B、C、D 与喷丸除锈等级 Sa 之间的关系，由两者测定结果所决定，Sa2½有 A Sa2½、B Sa2½、C Sa2½和 D Sa2½几个等级，相同的除锈等级由于锈蚀等级不同而影响涂装工程的耐久性，避免 D 级材料的使用（图 2-1）。

2.1.2.1 钢结构表面处理的质量中间等级和定额标准

《钢材涂装防护技术》一书谈到除锈，“除锈包括从表面清除钢的腐蚀生成物，应用不同的除锈方法，用某一种除锈方法只能形成某种的状态，达到一定的除锈质量等级，相应地被处理表面的外观，不但与除锈质量等级有关，而且与除锈方法有关”。该书还提出，“除锈等级之间的级别，例如 Sa 1 到 2，而 Sa 2.7 或 Sa2+ 不得采用”。又指出，除锈等级已给出，不存在施工影响。

《钢结构涂装手册》（宝钢施工技术处编）表面处理消耗工时：Sa2 级 100%，Sa2½级为 130%，Sa3 级则为 200%，设计、建设及施工单位可作参考。

施工管理要防止施工单位因装备不足、技术力量缺乏、检测手段不全以及责任性不强等因素，蜕变为偷工减料，贪图经济效益而危及表面处理的质量。钢材表面处理的质量，应以设计为准，设计以涂料品种为依据，钢材表面处理的质量等级，由施工合同根据设计文件制定标准，只设合格，不应设优良。

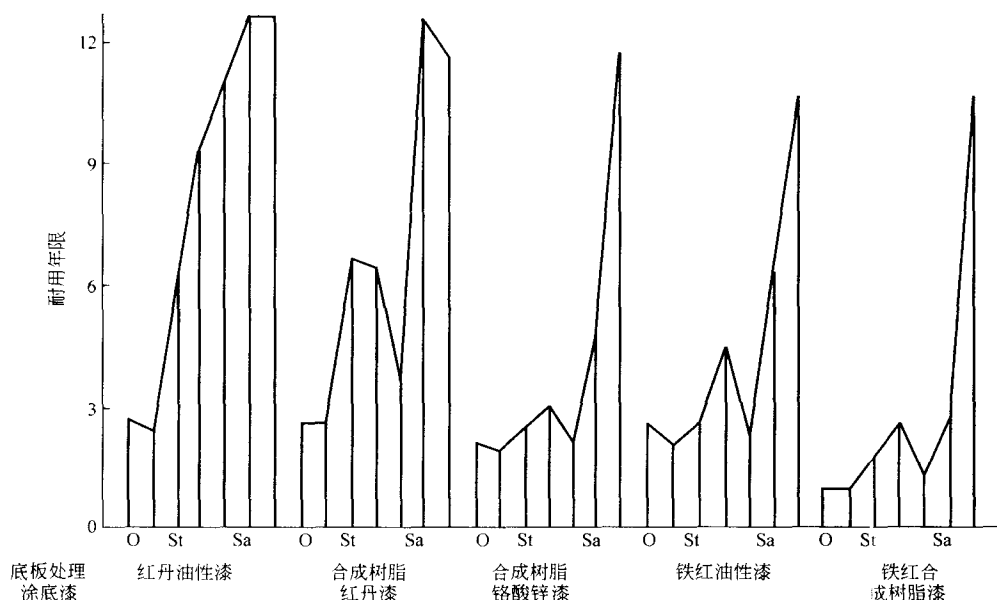


图 2-1 底材处理程度与涂膜耐久性的关系

2.1.2.2 钢结构表面处理标准的几个要素

(1) 钢结构表面处理的除锈等级

钢结构表面处理的除锈等级，其涂料防护寿命在一定程度上受材料的表面状态也就是锈蚀等级所影响，最终影响涂层的使用寿命，见表 2-5。

钢材原始状态对涂层（红丹亚麻仁油涂料）使用寿命的影响

表 2-5

原始状态	A	B	C	D
表面处理的清洁度等级	ASa3	BSa3	CSa3	DSa3
涂层的使用寿命(年)	17	15	11	9

从上表可看出，当钢材表面呈现点蚀时，同样的涂层防护，有效期相差将近 $\frac{1}{2}$ ，数据告诉我们，重要的工程，重要的构件不得选用 D 级钢材。

(2) 钢结构表面处理的粗糙度

钢结构经表面处理表面过于光洁，对于像无机富锌之类的涂料不适宜。粗糙的表面，为涂料涂层提供一个增加了几十倍面积的附着面，附着力显著提高，这是涂层的耐腐蚀性能发挥的基础。

2.1.2.3 表面处理是涂料防腐蚀工程质量控制的关键点

影响涂料防腐蚀工程的质量有几个关键点，有工程设计、材料的质量及配套性、基层质量（包含表面处理）、施工条件、涂装时间间隔以及涂层养护等六个方面。

2.2 GB 8923—88 中的涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级

标准规定了涂装前钢材表面锈蚀程度和除锈质量的目视评定等级。它适用于以喷射或

抛射除锈、手工和动力工具除锈以及火焰除锈方式处理过的热轧钢材表面。冷轧钢材表面除锈等级的评定也可参照使用。

标准等效采用国际标准《涂装油漆和有关产品前钢材预处理——表面清洁度的目视评定——第一部分：未涂装过的钢材和全面清除原有涂层后的钢材的锈蚀等级和除锈等级》ISO 8501-1: 1988。

2.2.1 总则

(1) 本标准将未涂装过的钢材表面原始锈蚀程度分为四个“锈蚀等级”，将未涂装过的钢材表面及全面清除过原有涂层的钢材表面除锈后的质量分为若干个“除锈等级”。钢材表面的锈蚀等级和除锈等级均以文字叙述和典型样板的照片共同确定。

(2) 本标准以钢材表面的目视外观来表达锈蚀等级和除锈等级。评定这些等级时，应在适度照明条件下，不借助于放大镜等器具，以正常视力直接进行观察。

2.2.2 锈蚀等级

钢材表面的四个锈蚀等级分别以 A、B、C 和 D 表示。

A——全面地覆盖着氧化皮而几乎没有铁锈的钢材表面；

B——已发生锈蚀，并且部分氧化皮已经剥落的钢材表面；

C——氧化皮已因锈蚀而剥落，或者可以刮除，并且有少量点蚀的钢材表面；

D——氧化皮已因锈蚀而全面剥离，并且已普遍发生点蚀的钢材表面。

2.2.3 除锈等级

2.2.3.1 通则

1. 钢材表面除锈等级以代表所采用的除锈方法的字母“Sa”，“St”或“Fl”表示。如果字母后面有阿拉伯数字，则其表示清除氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物的程度等级。

2. 钢材表面除锈等级的文字叙述见第 3.2、3.3、3.4 条。

注：(1) 本章各除锈等级定义中，“附着物”这个术语可包括焊渣、焊接飞溅物、可溶性盐类等。

(2) 本章中当氧化皮、铁锈或油漆涂层能以金属腻子刮刀从钢材表面剥离时，均应看成附着不牢。

2.2.3.2 喷射或抛射除锈

1. 喷射或抛射除锈以字母“Sa”表示。

2. 喷射或抛射除锈前，厚的锈层应铲除，可见的油脂和污垢也应清除。喷射或抛射除锈后，钢材表面应清除浮灰和碎屑。

3. 对于喷射或抛射除锈过的钢材表面，本标准订有四个除锈等级。其文字叙述如下：

(1) Sa1 轻度的喷射或抛射除锈

钢材表面应无可见的油脂和污垢，并且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物。

(2) Sa2 彻底的喷射或抛射除锈