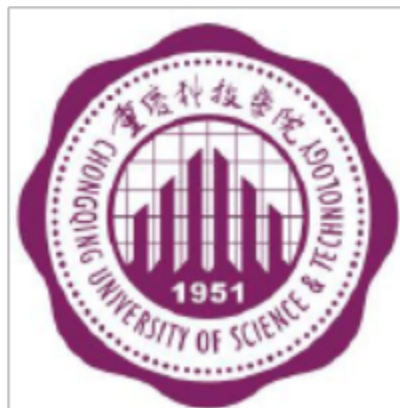


重庆科技学院



毕业设计（论文）

题 目 4 万台/年客车车身电泳涂装车间设计

学 院 冶金与材料工程学院

专业班级 材料工程技术 08-01

学生姓名 苏 XX 学号 20226305XX

指导教师 李 XX 职称 教授

评阅教师 职称

2022 年 6 月 10 日

学生毕业设计〔论文〕原创性声明

本人以信誉声明： 所呈交的毕业设计〔论文〕是在导师的指导下进行的设计〔研究〕工作及取得的成果， 设计〔论文〕 中引用他〔她〕人的文献、数据、图件、资料均已明确标注出，论文中的结论和结果为本人独立完成， 不包含他人成果及为获得重庆科技学院或者其它教育 机构的学位或者证书而使用其材料。 与我一同工作的同志对本设计〔研 究〕所做的任何奉献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

毕业设计〔论文〕作者〔签字〕：

年 月 日

摘要

近几年随着我国汽车工业的开展，各厂家都在新建或者改造涂装生产线，新建的电泳涂装线，大多数都采用阴极电泳涂装方式。由于阴极电泳工艺条件要求比拟严格，加之电泳涂装线设备多，工艺环节多，比拟复杂，一次性投资大，所以设计方案严格要求，才干充分发挥其涂装工艺特点，以取得好的经济效益。

本文为电泳车间设计，主要阐述电泳工艺、设备与计算和平面布置等局部。工艺设计中将主要介绍电泳工序的根本知识、操作要点和涂装工艺参数。设备计算方面对槽体尺寸、搅拌系统流量及其他设备作了简单计算。最后通过通过电泳工艺路线图及其他图片介绍对车间平面布置进行了详细描述。

关键词：阴极电泳 工艺参数 超滤系统 循环搅拌系统

ABSTRACT

In recent years as the development of China's automobile industry , the manufacturers are in new or modified coating production line, the new electrophoresis coating line , most of the cathodic electrodeposition coating methods are used . Electrodeposition conditions as more stringent requirements , coupled with electrophoresis coating line of equipment , technology links and more complex , one-time investment , so the design of the stringent requirements in order to give full play to the characteristics of coating process to achieve good economic returns .

This workshop designed for the electrophoresis , mainly on the electrophoretic process , layout of equipment and computing and other parts . Electrophoresis technology design process will introduce basic knowledge of operating points and the coating process parameters . Calculated in terms of equipment , cell size , flow mixing system and other equipment made a simple calculation . Finally . the road map through the electrophoresis process and other photographs of the plant layout is described in detail.

Key words: cathode electrocoating; process parameters; ultrafiltration system; cycle mixing system

目录

摘要 I

ABSTRACT II

1 绪 论 1

 阴极电泳的开展史 1

 阴极电泳涂装的开展趋势 2

 电泳设计原那末 2

 3

2 电泳涂装工艺设计 6

 6

 阴极 电泳 的原 理 6

 电泳 涂装 的特 点 7

 7

 电泳前 处理 8

 阴极 电 泳涂装工 艺影 响 因素 8

3 电泳涂装设备与计算 11

 1 1

 1 6

 槽体 尺寸 的计 算 16

 循环 搅拌 系统 的计算 19

4 电泳车间平面布置设计 20

 2 0

 2 0

5 结束语 22

参考文献 23

致 谢 24

附录 25

1 绪论

电泳涂料源于 20 世纪 30 年代，20 世纪 70 年代由美国 PPG 公司率先开辟成功的，起初用于对耐腐蚀性能要求高的家用电器上作底漆，随后逐渐开辟出了耐腐蚀性能更高且具有装饰性效果的阴极电泳涂料。由于其具有优良的防腐蚀性、高泳透率、高流平性、高装饰性且涂装自动化程度高、涂装污染少等特点，非但应用在汽车行业中，还广泛地应用在其它行业中。如在建筑材料中，防火门、钢窗等涂装耐候性好的双涂层的环氧树脂阴极电泳涂料，钢制家具和间壁材料使用丙烯酸树脂系阴极电泳涂料。在五金行业中，电泳锁具、金属眼镜架、自行车部件、文具、皮箱扣、打火机等用品，均取得了令人满意的效果。 [1]

阴极电泳涂装最先在美国应用。早在 20 世纪 60 年代中期德国 BASF 公司和美国 PPG 公司首先进行了阳离子型树脂的合成（即阴极电泳的研究）。1971 年美国的 PPG 公司开始应用第一代阴极电泳漆。先在菲利普公司的电冰箱、洗衣机以及干燥机耐腐蚀性能要求高的家用电器上作底漆。1976 年 6 月美国通用汽车公司将汽车部件采用 PPG 公司第二代阴极电泳漆（CED-3002#）获得成功。1977 年开始正式用阴极电泳漆为底漆来涂装汽车车身。基于阳极电泳涂装过程产生阳极溶解、阳极电泳涂膜的耐腐蚀性较低，而阴极电泳涂膜的耐腐蚀性能优良、能成倍地提高汽车车身的使用寿命，阴极电泳涂装工艺得到快速普及。1978 年美国通用汽车公司和福特汽车公司根本上把原来使用的 65 条阳极电泳涂装生产线改用新的阴极电泳涂装生产线。1977 年日本和英国由美国 PPG 公司引进技术以后，他们的汽车涂装从 1978~1979 年也向阴极电泳涂装转化。到 1978 年底初步统计，世界上约有 120 条阴极电泳涂装生产线，其中美国有 70 条以上，日本有 20 条，欧洲有 10 条。至 1985 年，汽车车身的阴极电泳化率达 90% 以上，至今全世界大量流水线生产的汽车车身几乎 100% 都采用阴极电泳涂装打底。

在改革开放 30 年中我国汽车工业和涂料工业跟上了阴极电泳涂装技术的开展步伐。我国第一条现代化流水生产的汽车车身阴极电泳涂装生产线于 1986 年 7 月在第一汽车创造厂车身厂投产。随后第二汽车创造厂和济南车身阴极电泳涂装替代阳极电泳涂装趋势。到 1990 年底共建成投产的阴极电泳涂装线共建成投产的阴极电泳涂装线有 21 条（其中车身涂装线 16 条）。在近 20 年中我国汽车工业获得超高速的开展，特别是客车工业的开展更迅猛，2022 年宇通客车全年累计生产各类客车 41894 万辆，同比增 46.35%。据不彻底统计，我国已有年产 5 万辆以上的汽车车身阴极电泳涂装线近百条，还有车架、车轮、车箱、中小冲压

件等汽车零部件阴极电泳涂装线上百条。^[2]

在当今建设环境友好型、资源节约型社会的形势下，市场竞争剧烈，惟独优质、低成本才有竞争力。根据上述开展历程及有关文献资料，预测阴极电泳涂装的开展趋势如下：

〔1〕进一步提高结构复杂的被涂物〔如客车车身〕用阴极电泳涂料的泳透力，最终目标是 100%，以进一步提高车身内外表及空腔的涂装质量，提高生产效率和减少阴极电泳涂料的使用量。

〔2〕开辟采用节能减排型的阴极电泳涂料与涂装技术，进一步提高阴极电泳涂料与涂装的环保性，开辟采用VOC 含量更低的、固化时分解物更少和无 HAP 的阴极电泳涂料，依靠 ED-RO 技术提高水的利用率，实现阴极电泳涂装污水“零”排放。

〔3〕在现有各种特种功能的阴极电泳涂料的根抵上，改良或者开辟新的各种助能的阴极电泳涂料，如锐边耐蚀性阴极电泳涂料、耐候性〔耐 UV 型〕阴极电泳涂料、厚膜阴极电泳涂料等。

〔4〕加强管理，实现无缺陷的电泳涂装，废止打磨工序。^[3]

为使电泳涂装车间设计能充分表达先进、合理、经济、可靠，在设计过程中必须遵循以下设计原则：

〔1〕根据产量的大小、产品特点、上下加工工序之间的关系和运输距离等因素，涂装工作的布点应尽可能集中，以节省投资，方便管理，提高工艺和机械化的水平。

普通涂装车间是易产生大气污染和火灾危险性（wei）的场所，因此应尽可能将涂装车间设置在与加工装配车间相隔离的具有防火能力的厂房内或者独立的建筑物内。在多层建筑物内涂装车间应设置在边跨，以保证由车间可直接向外撤离。

〔2〕工艺设计应掌握先进、合理、经济、可靠的原则，努力推广、采用节能、低污染和无污染型的涂装技术和装备，使新的涂装车间在各项技术、经济指标方面都具有较先进的水平。工艺水平过低，必然会造成劳动生产率低，劳动强度大，能源和材料消耗大，涂层质量低，有时占地面积大；工艺水平过高，那么会造成投资过大，设备的生产能力不能充分发挥。因此，应权衡利弊，统筹考虑。

〔3〕应根据当地的能源情况选用供给充足、最经济的能源，并在工艺和设

备设计中从节能的角度全面衡量各种设施，保证各种余热到达充分地综合利用。

〔4〕选用涂料时，应首先考虑满足涂层质量要求，如果无视质量，一味追求经济效益，那末会失去竞争力；在保证质量的前提下，优先选用低温快干型涂料，以节省能源。此外，还应尽可能选用低污染或者无污染型涂料〔如水性涂料、粉末涂料、高固体份涂料等〕代替溶剂型涂料，以减少火灾危（wei）险性和大气污染。

〔5〕新设计的涂装车间操作工位环境应符合劳动保护条例和涂料工艺要求，并应具备涂装三废的防治措施。

〔6〕在新设计场合要考虑到开展改造的可能性，涂装设备应有较高的适应性。〔4〕

电泳车间设计根抵资料包括生产任务、生产纲领、年时基数、生产节奏、涂装标准等的计算。〔4〕

〔1〕生产任务

涂装工作量大取决于被涂物的特性和数量，以及对涂层的技术要求〔如耐久性、耐腐蚀性、外观装饰性〕。所以在设计前必须明确被涂覆零部件清单，包括零部件名称、规格〔外形尺寸、分量、涂覆面积、材质〕、图号、每套产品件数、年产量等〔见表〕。

表 1.1 被涂零部件清单〔2〕

序号	零件号（车 工号）	零件规格			品 车件 数	年生产任务	涂装技术 条件	备注
		长	宽	高				

〔2〕生产纲领

生产纲领是车间在单位时间内分工种的任务指标。编制涂装车间年生产纲领前将各产品需进行涂覆处理零、部件整理出表，然后根据各产品的年产量及涂覆处理零件表，编制出涂装车间年生产纲领。电泳车间的规模和类型是由车间生产纲领来确定的。车间生产纲领计算表格形式如表 1.2。

序号	产品名称	零件号（车工号）	材料	外形尺寸			处理种类	涂层厚度 (um)	年生产纲领	每日产量	备注
				表 1.2 长	车 宽	车 高					

〔3〕生产节奏

生产节奏是指平均多长期涂装一件产品，可用下式计算求得： t

= 60 •T •e •p/ (M •n)

式中： t — 生产节奏，分钟/件；

M— 年生产任务，台/年

n — 套产品的涂装件数；

p —合格率， %

T — 年时基数，小时；

e —设备利用系数，涂装设备的利用系数普通为 80~85%。

〔4〕工作制度和年时基数^[5]

电泳车间工作制度可根据车间生产量和生产条件来决定。当产量较大时一班制不能完成任务时可采用二班或者三班制生产； 中途不能停顿的连续生产要采用三 班制。

年时基数就是每年生产的实际时数， 可分为工人的年时基数和设备的年时基数。 由于电泳车间自动化程度比拟高， 主要考虑设备的年时基数。 设备的年时基数是每台设备每年的实际的生产时数， 即扣除设备检验及其他必要的工时间损失后的有效工作时间。

表 1.3 设备的年时基数^[2]

每年计算 时间（天）	工作制度	每天工作 时间（小时）	工位年时基数 （小时）	设备年时基数		备 注
				维修损失 时间	年 时 基 数 〔小时〕	

〔5〕 YES 电泳标准即电泳漆膜厚度到达 25 微米、耐盐雾试验大于 1000 小时、电泳防腐内外无死角。电泳后的漆膜具有较好的展平性和延展性，面漆喷漆更加平整美观；防腐能力超强，8 至 10 年内不会浮现锈蚀；车身及车架内板、外板、型材内腔防腐无死角，底盘、骨架耐久度大大增强。

〔6〕 4 万台/年客车车身电泳涂装车间设计根抵资料

生产任务： 40000 台/年

生产纲领：

长： 13.7m 宽： 2.6m 高： 3.8m （以上均为最大车型尺寸）

产量： 150 台/天

年时基数和工作制度：

每年工作时间： 270 天

工作制度：三班制〔23 小时〕

工位年时基数： 6210 小时

维修损失时间： 4%

涂装标准： YES 电泳标准

设备年时基数： 小时

生产节奏： $t = 60 \cdot \cdot 85\% \cdot 98\% / 40000 = 7.45$ 分钟/台。

2 电泳涂装工艺设计

由于设计要求产量较高，电泳工艺宜采用阴极电泳，以下将主要介绍阴极电泳的工艺设计。

阴极电泳是带正电荷的阳离子树脂通电后向阴极挪移，由于阴极附近 pH 值上升，发生粒子交换，阴极涂料就析出覆到试件上。^[6]

阴极电泳概括起来，它包括电解、电泳、阴极电沉积、电渗四种现象。^[7]下面以环氧树脂类阴极电泳漆为例，来分析阴极电泳过程。

环氧树脂普通带有碱性基团，用有机酸(如醋酸)中和后生成盐而溶于水。同时，由于水的离解，在直流电场作用下，阴极电泳过程如下：

(1) 电解反响： $2H_2O+2e^-=H_2\uparrow+2OH^-$ 。电解过程主要是涂料中的小份子物质在电极上的竞争反响；最主要的电解反响是电解水，水的电解反响程度与电场强度成正比，因此，电泳时尽量不采用过高电压；电解过程是电泳涂装中不需要的反响，但电解反响是不可防止的，只能是适当控制。

(2) 电泳： $RN+H(C_2H_4OH)_2$ 和 H^+ 向阴极运动。电泳过程是电泳涂装的根抵，涂料中高份子离子的胶体性质决定了涂料泳动过程中的性质；电泳过程中移动的粒子的组成与涂料的组成差异在很大程度上影响到最后漆膜的质量。

影响因素：

- ①槽电压
- ②电位梯度
- ③涂料粘度
- ④温度

阳极电泳胶粒模型

+ + + + + + + + + + + + + + +

| | | | | | | | | |

+ +

| | | | | | | |

〔3〕阴极电沉积：由 H^+ 在阴极放电，阴极和漆液界面处， OH^- 浓度升高，当 OH^- 浓度增加到一定数值时〔pH 值最高可达 12〕，漆膜便在阴极(工件)外表产生沉积。在直流电场作用下，带电高份子粒子到达工件外表，并在其上放电；阳极电泳涂料主要是羧酸盐的反响；阴极电泳涂料主要是铵盐的反响；阴极电泳涂料的泳透力以及电流效率都高过阳极电泳涂料；阴极电泳过程中不存在金属的氧化过程。

〔4〕电渗：电泳涂装过程中，漆膜沉积的初始阶段，粒子(或者离子)电荷不一定全部被中和、放电。沉积所得的漆膜结构是疏松的，含水量相当高，离子能通过。因此，电渗的作用是：当继续通电时，阴极外表产生的阴离子通过漆膜向阳极方向挪移，并在漆膜外表与涂料粒子中和形成新的沉积漆膜。同时，阴离子渗出时夹带着水份子挪移，使漆膜内所含水分逐渐排到漆膜外，最后形成含水率很低，电阻相当高的致密漆膜，这种漆膜就可直接进入烘箱中固化，形成最终的电泳涂层。 [9]

电泳涂装的特点 [10]

①有利于实现涂装连续化、自动化，大大提高了劳动生产率并减轻了劳动强度；

②电泳涂装无挥发性溶剂，无人员中毒和火灾等隐患；

③无论形状简单、复杂的工件，均可获得附着力良好，厚度均匀的涂层；

④涂料利用充分，可大大降低本钱；

⑤设备复杂，投资费用大；

⑥对涂料稳定性要求较高，槽液管理技术复杂。

与阳极电泳涂装法相比，它具有如下优点：

①被涂物不发生阳极溶解，使涂膜与底材的附着力和防腐蚀性能均有所提高；

②漆基中含有防止底材腐蚀的基团(如含氮基团)，耐腐蚀性和泳透力均高于阳极电泳涂料，于是使被涂物的内腔和焊缝泳涂得更好。

阴极电泳涂装的工艺包括电泳前的前处理、电泳 2 局部：即工件经过脱脂、磷化等前处理，再进行阴极电泳处理，其主要工艺流程为：预处理→上线→预脱脂→脱脂→工业水洗 1→工业水洗 2→表调→磷化→工业水洗 3→工业水洗 4→纯

水洗一→ 阴极电泳→UF 水洗 1→UF 水洗 2→纯水洗二→烘干→强冷→ 电泳完成转出。^[9]

电泳前处理

〔1〕脱脂

工件外表的油污必须首先彻底去除，脱脂普遍采用水基型脱脂剂。脱脂工艺要点是控制脱脂温度、浓度和脱脂时间。脱脂温度过高，水解速度加快，工件外表易泛黄；温度过低，不利于脱脂液中外表活性剂的润湿、乳化、增溶等作用，脱脂不干净。脱脂温度普通控制在 50~60℃为佳。同时，脱脂液pH 值高，脱脂能力强，反之脱脂能力差，普通脱脂液总碱度控制在 10~20 点。

脱脂的方式以喷浸联用为好，因为喷淋时的冲击力有利于油污除去（压力为 0.06~0.12MPa，时间 3min），浸渍能除去工件内部不易冲洗的油污（时间 3min）。

脱脂后应清洗干净，否则金属外表覆盖一层碱性物质，使金属外表活泼晶核被覆盖，导致晶核数减少，使后续磷化膜粗糙、发花，最终影响抗腐蚀性能。

[11]

〔2〕磷化

磷化膜质量的优劣，主要表现在所生成晶体粗细和致密程度、外表有无沉淀物以及膜厚等方面，它们的差异对漆膜结合力产生不同的影响。

合用阴极电泳的磷化膜应薄（2~6 μm），吸漆量小。常用低温、低渣快速磷化工艺，但是中温磷化工艺稳定，磷化膜质量比低温磷化好。

磷化工艺的关键是控制磷化温度、时间、促进剂含量及磷化液的游离酸和总酸度。普通控制磷化液温度 38~45℃，浸入时间 3min，总酸度 20~27 点，游离酸 0.7~1.3 点，含锌量 0.9~1.2g/L，磷化出槽喷淋 1min，喷淋压力 0.04~0.06MPa。

此外，磷化后的清洗工序不能无视，必须彻底洗净磷化膜上残留的可溶性盐，因为这种可溶性盐在湿热条件下，易引起涂层的早期起泡和脱落；此外，这种可溶性盐带入电泳槽会严重污染电泳漆。普通磷化后，先用自来水喷淋清洗，然后用去离子水喷淋。

阴极电泳涂装工艺影响因素^[12]

〔1〕电压

通常电泳时间是固定的，膜厚是通过提高或者降低电压来调节。提高电压可增加工件内外表及半封闭面的漆膜厚度，但由于工件入槽瞬间冲击电流太大，漆膜沉积速度过快。易造成漆膜外观和性能变劣。电压过低，电沉积速度太低、效率