

汽车涂装车间主要输送设备设计

陶禹

中国汽车工业工程有限公司 天津 300113

摘要：旨在探讨涂装车间主要的输送设备设计要点，为涂装车间整体规划的合理性、输送设备的可靠性提供建议。

关键词：涂装车间；输送系统；摆杆输送机；喷漆双链

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.08.007

输送机不仅要穿越普通的工作环境，还要依次穿越高湿度、腐蚀性、高温及防爆的工作环境，不同段的工艺室内又充斥着大量的涂料、密封胶以及VOC（有机挥发物），这些都会对输送设备的运行、维护产生很大的影响。在设计过程中，要充分考虑环境对于输送机的影响，合理选用输送形式，尽量减少输送机在不良环境中的暴露范围，确保输送机运行稳定可靠。

涂装车间输送设备特点

平稳性：平稳性是输送设备的主要要求之一。输送机运行平稳，能有效降低设备的振动、冲击，降低设备的故障率，减少车间检修和维护时间。同时降低车间噪声，满足环保要求。

可靠性：可靠性要求主要分为两方面，一方面要求设备运行稳定可靠，设备开动率高，产能使用充分，避免设计浪费；另一方面是产品质量可靠，避免或降低因输送机运行问题带来的质量问题。

输送载荷能力：输送机的设计要匹配被输送物的

质量，在设计过程中要充分考虑载荷对于输送机的设计影响，例如对于一些链式输送机，驱动装置和张紧装置要通过计算确定。

精准性：一些输送精度较高的工位，例如和机器人配合的工位，要求输送机精度必须能够达到自动机器人容许的误差范围内，对被输送物要实现精确定位，精确控制，满足喷涂的精度要求。

设计前提

在输送系统整体布局与具体设备设计之前，首先要明确设计前提。具体包括涂装车间与其他车间的设备分工，其中就包括输送专业的分工。常见的设计分工有以车间隔墙作为分界线、以具体的移载设备定位设备分界等。同时车间内不同专业的设计分工，尤其对于设计要求中一些专业不太明确的设备或者由于业主对于设计单位分工不明确导致的标书中专业分工有误的设备，要及时与其他专业沟通，确定设计分工，避免出现设计遗漏与重复。设计输入主要包括车间主

要的工艺选择以及对应的输送形式。一般此项工作业主都会有所预期和考虑，并会在规划阶段与乙方进行充分探讨，结合生产模式、净产能、主力生产车型等综合因素，确定主要工艺以及对应的输送形式。根据主要工艺选择和车间产能，确定各个工艺段的产能和节拍。目前国内普遍采用B1B2和3C2B工艺，主要区别是车间内是否有中涂线和中涂烘干线。原则上面漆生产线要考虑一部分返修量以及其他生产需要，并根据预估的点修补和大返修比例，确定面漆线的节拍，并完成车间整体的工艺计算。根据整体工艺计算与工件的长宽高和外轮廓形状，确定输送机的关键参数，例如：摆杆输送机、翻转输送机、喷漆双链、烘干双链或者反向地面输送机的节距与链速，滑橇输送系统橇体的长度、滚床长度，UBS/UBC线吊具长度与工位长度。这些参数是输送系统的关键核心参数。

常见输送系统设计

输送系统主要包括前处理和电泳摆杆输送机、地面滑橇输送机、反向单轨输送机、底涂空中摩擦输送系统、叉式移栽设备、升降机、车身承载器具（不含备件框）及其定位装置以及设备支撑钢结构、安全护栏/护栏等。

1.前处理电泳工艺输送

前处理电泳主要工艺为大流量清洗、预脱脂、脱脂、水洗、表调、磷化或者薄膜、阴极电泳、超滤水洗及纯水洗等诸多工艺。目前国内外主流汽车厂采用摆杆输送和翻转输送两种输送机，部分产能较低、载荷较重、规划长度较短的工厂采用自行小车输送系统（EMS）。

摆杆输送系统为链式输送机，主要运动部件由牵引链条带动，主要由入口滚床、入口塔、室内轨道与吊挂系统、前后摆杆、导电铜排、出口塔、出口塔、驱动装置、张紧装置、返回导向轨及导电支腿清洗等部件组成。摆杆输送系统结构复杂，参数众多，与前处理电泳专业配合紧密，因此设计难度较大。采用三维设计软件，利用参数化驱动三维模型，可以提高设计效率与设计质量，大量减少设计错误。提高效率的关键是将摆杆输送系统进行合理划分，分段进行三维建模，最后进行总体装配。各部件单元三维设计

方法大致相同，主要分为参数驱动基本结构建模、各零部件详细设计调整、制造图绘制与导出三个步骤。

根据设备结构特点主要有两种设计思路，一种是各个项目外形尺寸均会随着工件尺寸进行调整的设备，设备外形相对固定，调整参数较多，涉及零部件数量比较多，例如摆杆轨道、入口塔、出口塔等，以出口塔为例，具体步骤如下。

1) 根据工件的外形尺寸和车间二层楼板确定出口塔的基本尺寸，并将主要参数填入表格，利用参数驱动三维模型完成基本建模，如图1所示。

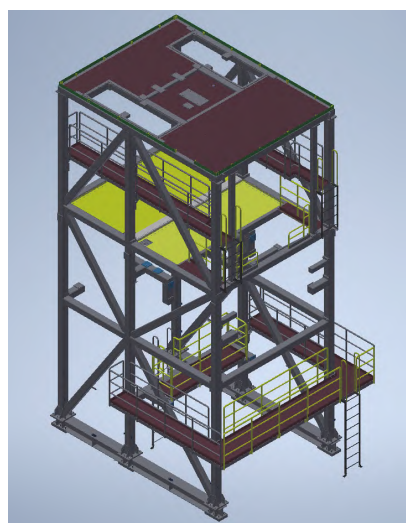


图1 出口塔三维模型

2) 根据塔上各个部件的安装板的使用功能，局部调整一些安装板的定位尺寸。例如设备平台的牛腿安装板、摆杆驱动装置安装板等。

3) 最后利用与三维模型关联的模型绘制制造图，根据项目编号统一对图样进行编号与整理，并导出为制造厂接受的二维图样。

另外，零部件虽然各个项目也存在变化，但涉及参数较少，相似结构较多，无需三维设计便可满足制造与采购要求，例如清洗装置、牵引链条等，可以直接二维出图，优先满足项目进度，后续在模型汇总前完成三维建模并对二维图进行检查。

2.喷漆室体内输送

喷漆线由人工擦净、喷漆室、流平间、侧面洁净室、操作踏台（擦净、喷涂、补喷）及钢平台等组成。喷漆室体结构如图2所示，喷漆室体内常采用滚床

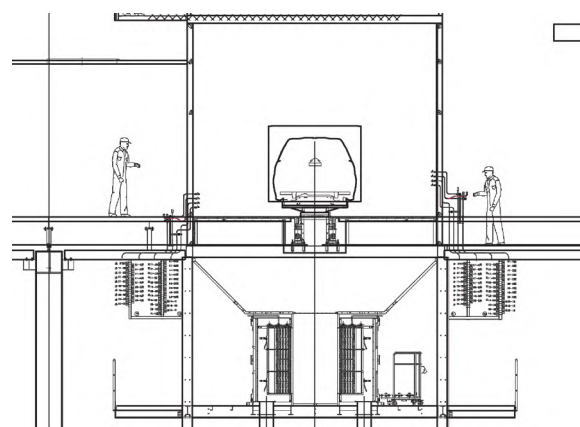


图2 喷漆室体结构

和链式输送机。喷漆室内有大量漆雾，属于防爆I区，输送机在设计时应重返考虑自身结构是否满足防爆和防起雾要求。

为满足防爆要求，滚床和链式输送机的电动机应通过联轴器拉出至室外外面，脱离防爆环境。应该注意的是，如果喷漆室体设置开门，开门1m内范围均为防爆环境，设计驱动轴位置时应注意此要求。此外，驱动装置拉出至室外外，还要充分考虑对车间通道是否有影响，检修是否容易到达，是否具备一定的维修空间。

为满足防起雾要求，输送机设计主要由两方面考虑。喷漆室体的基本送风原理是上送下排，即由室体顶部送风，确保室体内的温度和湿度，同时通过室体底部将漆雾排至漆雾捕捉系统中。由于输送机位于室体下方，有大量漆雾通过的需求，因此输送机中间要和喷漆室体保持一致，设置格栅板。输送机通过撬体的区域采用迷宫式结构，避免此区域大量积漆，影响撬体运行。格栅面的高度和撬体衡量的间隙根据产量和清洗频率以及操作人员脚步安全综合设计，此间隙过大则无法对操作人员的脚形成有效保护，间隙过小则格栅板在短时间内积漆后影响撬体的通过性。

喷漆双链一般分为驱动单元、标准单元、非标单元和张紧单元。驱动单元设计主要考虑防爆要求、过载保护和必要的电控配合要求，例如预留编码器安装孔等。标准单元长度可根据市场采购的板材规格与加工设备尺寸确定，一般无特殊要求，满足安装要求即可。非标单元长度各个项目均不一致，综合考虑输送链长度、链条圆整情况、车间布局及输送链前后交接

设备衔接情况等进行设计。张紧单元要根据链条张力确定张紧力大小，根据环境温度和链条结构确定链条的伸长量，选择张紧单元的形式。张紧单元一般采用重锤张紧或者弹簧张紧形式。根据工件重量、输送节距、链速及输送链长度确定链条张力，利用张力法确定电动机的输送功率和张紧单元的张紧力。

链条张力计算公式：

$$F_{n+1} = (\phi F_n + fL - qH) \phi$$

式中 F ——链条张力，单位为N；
 f ——链条阻力，单位为N/m；
 q ——链条负载，单位为N/m；
 L ——链条水平长度，单位为m；
 H ——链条弯曲高度，单位为m；
 ϕ ——助力系数。

3.烘干室体内输送

烘干线一般由高温烘干室体、强冷室体（见图3）组成，一些烘干线配备了低温预烘干室体。目前主流汽车厂的烘干线有直通式、桥式、 π 式三种烘房，对应的输送机也不同。其中直通式和 π 式烘房的烘干段多采用烘干双链输送机，强冷端一般采用滚床。近年来，为解决润滑油挥发和主要传动部件润滑困难的问题，传动装置位于室体外的高温滚子输送机也在逐步推广和应用。桥式烘房一般采用反向单轨输送机（IMC）。

烘干双链输送机虽然与喷漆双链输送机在结构上存在诸多不同之处，但双链式输送机的基本设计原理一致。根据工件重量、输送节距、链速及输送链长度

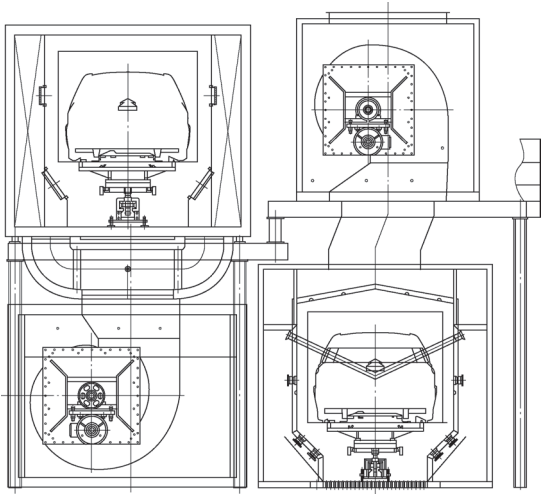


图3 烘干室体结构

确定链条张力，利用张力法确定电动机的输送功率和张紧单元的张紧力。由于工作环境温度较高，烘干双链的轴承要采用高温轴承，设备在高温环境下的伸长量相对较大，张紧装置要配备较大的行程，通常采用重锤张紧结构。

反向单轨输送机（IMC）应用于桥式烘房的输送。主要由驱动装置、张紧装置、链条、台车、轨道及回转装置等组成。主要分为有台车和无台车两种结构。对于滑橇输送系统，采用有台车形式，橇体自动转接至台车上，进入烘房完成烘干。在一些日系车企的工厂，由于采用地面摩擦输送系统，工件通过台车完成车间输送，因此烘房IMC可不配台车，根据节距在链条上设置推头，完成对台车的转挂和输送。链式输送机均要进行逐点张力计算，确定驱动力和张紧力。此外，由于IMC需要在烘房内完成上下坡和水平回转等动作，也需要绘制相应动作的轨迹，检查前后工件是否会干涉，间隙是否满足安全距离要求以及运动过程中是否会与室体发生干涉。

安全防护设计

车间内的设备种类繁多，多处存在安全风险。在设计、制造和安装阶段充分考虑潜在的安全风险并制定安全对策，在设计阶段尽可能消除或减少危险源，最大程度避免事故的发生。常用的安全设计有以下几方面。

1.护网和护栏

随着产能不断提高，地面输送设备的速度不断提高。为确保人和运动设备的有效隔离，车间内通常设置护栏或者护网（见图4）。护栏和护网的设置要满足

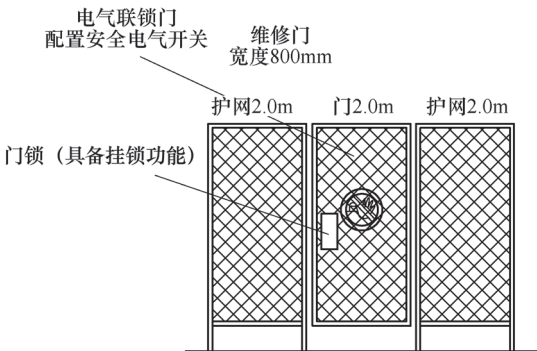


图4 护网示意

国家设计标准和业主的安全准则，并且要充分考虑动设备和护网的间隔既要实现有效隔离，身体的任何部位无法通过触碰动设备造成伤害，又要求此空间满足人员的逃生和躲避要求，避免二次伤害。

2.升降类设备

升降类设备是车间的重大安全隐患，要采用多种形式的防护措施，形成安全冗余，避免造成重大伤害事件发生。例如，堆柴垛工位和空橇返回区域，要设置更高的护网进行防护。一些转挂工位由于工件顶升高度比较高，将此区域通过机械护网和电气开关等措施组合使用，形成封闭的保护区域，确保人员误操作或者误闯入的情况下紧急停机。楼层间的升降机设置多种防护措施。例如，升降机高位的洞口周围设置防护网、维修挡杆、安全绳挂环等；升降机低位安全护网向外延伸、设置摇摆门，两层的地面上设置阻挡人员进入此区域的装置，例如安全渔网和锥形挡板。具体如图5所示。

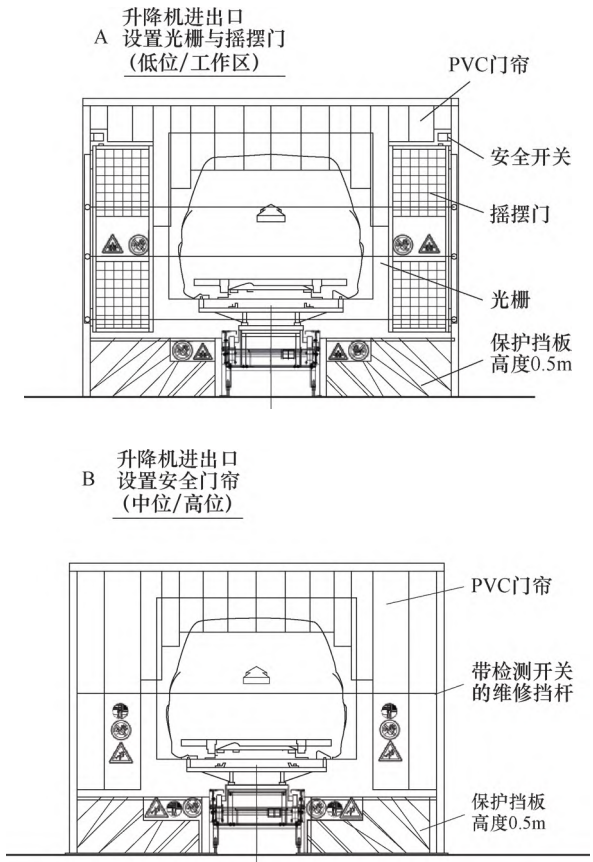


图5 升降类设备防护示意

（下转第20页）

定位送料。同时为提高送料精度，本研究采用多个定位销均布在链条上，在冲压时，每个定位销带一个冲压工位。带料首先在第一个冲压工位上冲压成通孔，此时定位销在链条的带动下进入通孔实现带料定位牵引。每个冲压循环结束，链条带动下一个定位销插入一个新的通孔中，依次带动带料向前移动。

2) 偏心轮结构用于定位销的上下插拔和同步传动。定位销的插拔动作和脱离动作都是靠链条下端的偏心轮结构完成。偏心轮结构采用轴杆带动旋转，进而带动支架上滑球和推板运动，使得定位销先垂直于通孔升起插入，再水平带动送料带前移。在下料时，偏心轮结构可以使得定位销自动下行脱离送料带，使送料和定位销联动完成。

3) 拼接块装配设计弥补模孔完整性，提升冲压精度。为解决通孔冲压位置受定位销移动槽影响而形成半孔的问题，本研究在下模块设置装配槽，内置可滑动拼接块。当进行冲压时，冲压模头和斜面挤压配合拼接块一起闭合，弧形面与移动槽一端形成模孔，保证通孔的成形；冲压后，可在拉簧的带动下，拼接块自动回落。

4.自动下料系统

为使冲压成品能够自动分离、自动输出，在最后一个冲压工位的下方设置下料滑槽，下料滑槽可由液压推杆带动滑轨来回移动，成品零件在冲压后落入下料滑槽内，下料滑槽液压推杆可将下料滑槽从冲压机上滑出，经过下料口自动倾倒到相应位置。下料时，冲压机床未停止，定位销送料不受影响，产品分离快速、准确、安全。

对于切割后的带状余料，通过支撑导轨的弧形端部结构导正其向下运动，在最后一个工位切断带料后，其定位销带动定位销前移，使定位销和带状余料自然下垂，使带状余料自动下落至废料收集区。不需要切割装置或辅助人力即可实现余料定位，实现自动下料，提高冲压线闭环自动化能力。

结语

通过对传统汽车冲压工艺存在问题及解决方案的深入分析，本文提出的废料自行清理、精准上料、自动下料的闭环控制解决方案，全面解决了冲压生产线的工艺问题，取得了较好的冲压精度、效率及环境、

人身安全方面的综合效果，具有良好的工程应用价值。

参考文献:

- [1] 姚龙蛟, 杨桃李, 范锐强, 等. 优化汽车冲压件制造工艺以降低成本策略研究[J]. 汽车工艺师, 2025 (1-2): 23-26.
- [2] 王智渊. 汽车冲压模具工艺优化及效率提升研究[J]. 模具制造, 2024, 24 (12): 167-169.
- [3] 叶梦彬. 提升汽车冲压模具调试维修对策有效性的方法[J]. 锻造与冲压, 2025 (2): 81-87.
- [4] 黄芳, 李家璇. 汽车热冲压模具专利布局分析[J]. 汽车工艺与材料, 2024 (12): 27-33.
- [5] 程宁, 郭永春. 汽车冲压工艺成本改善的几点思考与案例[J]. 模具制造, 2024, 24 (12): 7-8.

AUTO1950

(上接第17页)

3.联锁装置

一些易出现重大安全事故的区域设置电气联锁保护，人员打开相应的门、电气锁后，运行的设备紧急制动，例如：升降机、烘干室体、机器人工位及电泳室体等。

结语

涂装车间输送机设计是一项关键且难度很大的工作，需要串联全车间的工艺设备，充分考虑各种复杂环境。通过介绍前处理电泳、喷漆、烘干的几种主要的输送设备设计方法和设计要点，希望为相关从业人员提供借鉴和参考，开阔设计思路。未来随着人工智能、大数据等新技术的不断发展和应用，输送机将会更加智能、柔性、高效和绿色，涂装工艺也会发生根本性变革，助力中国汽车工业实现更高水平的发展。

参考文献:

- [1] 王哲. 浅谈涂装车间的规划与设计[J]. 表面工程与再制造, 2022 (6): 41-43.
- [2] 吕威贻, 贾思武, 郭蕾, 等. 新能源汽车涂装生产线设计与规划[J]. 现代涂料与涂装, 2023 (12): 56-59, 62.
- [3] 贾永红, 许能才, 王兵, 等. 汽车涂装车间输送设备简介和规划布局[J]. 现代涂料与涂装, 2023 (11): 16-18. AUTO1950