轨道交通车辆司机室头罩装配工艺的深度剖析与优化策略

巩大伟　郑晓倩　周　敏　牛　群
南京中车浦镇城轨车辆有限责任公司　江苏　南京　210031

摘　要：司机室头罩作为轨道交通车辆的关键部件，不仅是司机室内装系统的装配基准，其装配质量更对后续工序、生产效率以及车辆整体美观度有着深远影响。本文通过深入分析司机室头罩的结构特点，结合实际装配现状，提出一系列针对性的优化策略，旨在提升装配工艺水平，保障轨道车辆的整体质量。

关键词：司机室头罩；装配工艺；质量提升；优化策略

引言：在现代轨道交通车辆制造领域，司机室头罩占据着至关重要的地位。其通常采用不饱和聚酯玻璃钢与玻璃纤维复合，并结合泡沫夹芯结构糊制而成，具有质量轻、比强度高、耐蚀性强等特性，成为制造司机室头罩的理想材料。然而，这也致使头罩呈现出重量大、体积大、易变形的特点。加之其安装接口繁多，不同项目在外观形状与内部结构上差异显著，极大地增加了装配工作的复杂性与难度。在当前轨道交通行业蓬勃发展、车辆需求持续增长的背景下，提升司机室头罩的装配效率与质量，已成为提高轨道车辆整体品质、增强企业市场竞争力的关键环节。

1 司机室头罩的结构特点

以国内某典型地铁项目为例，司机室头罩的结构布置及接口部件分布分别见图1、图2：

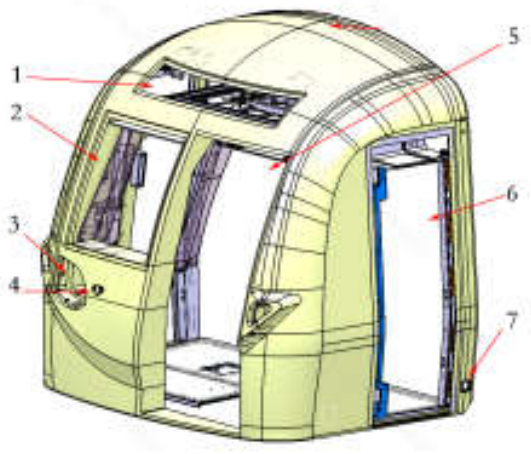

图1 头罩外部接口部件分布

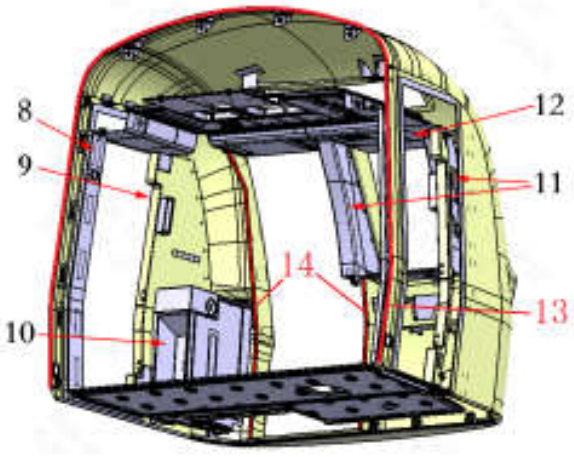

图2 头罩内部接口部件分布

1-显示玻璃 2-挡风玻璃 3-司机室外部照明 4-司机室刮雨器
5-紧急疏散门系统 6-司机室侧门系统 7-外部紧急解锁 8-司机室门后墙板
9-司机室门前墙板 10-司机室水箱柜 11-司机室侧护板 12-司机室内顶板

从图中可清晰看出，司机室头罩系统呈现出诸多显著特点：

1.1 接口部件冗杂：

司机室头罩作为整个司机室内装系统的装配基准，车辆其余不同系统的部件安装质量直接或间接地依赖于其安装精度，其装配质量的优劣对地铁车辆的整体美观性起着决定性作用[1]。各系统部件通过司机室头罩实现精准定位与连接，任何细微偏差都可能在后续装配过程中被放大，影响车辆整体性能与外观。

1.2 样式种类繁多：

地铁车辆司机室头罩主要分为以下几类：

1.2.1 无人驾驶车辆的司机室头罩

带紧急疏散门：接口较多、较复杂，装配难度较大；无紧急疏散门：接口少、相对简单，装配难度一般。

1.2.2 有人驾驶车辆的司机室头罩

带紧急疏散门：接口多、复杂，装配难度最大；无紧急疏散门：接口较多、较复杂，装配难度较大，如图3、4：

图3 无人驾驶带紧急门的头罩

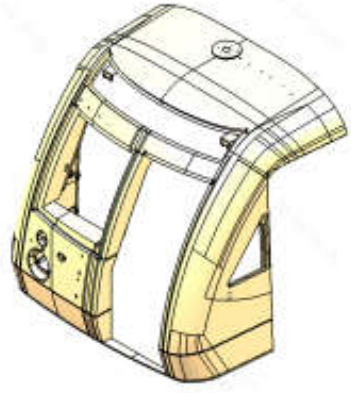

图4 有人驾驶带紧急门的头罩

1.3 体积大、重量大、吊装方案复杂：

(1)司机室头罩是地铁车辆内装系统部件中单件体积最大的部件，其断面结构常与车体断面一致，长度尺寸依实际需求而定。以国内某B型车的司机室头罩为例，其长宽高轮廓尺寸如下：1926mm×2880mm×2695mm，体积庞大。

(2)据统计数据显示，司机室头罩的重量一般在(120-500)Kg之间，单件物品重量较大。不同项目因结构差异，重量波动较大。

(3)由于司机室头罩个性化设计，结构造型独特，导致质量分布不均，重心偏离中心，加之玻璃钢材料易变形的特性，使用常规吊运方法极易造成头罩倾斜，难以实现平稳吊运，装配难度大。

2 司机室头罩装配的现状

通过对某公司总装分厂2022年1月至11月的生产异常统计数据进行深入分析，发现在统计周期内共出现86条机械生产类异常，其中司机室异常达34条，占比39.5%，在各类异常中占比最高。而在此34条异常中，由司机室头罩引发的异常有8条，占比23.5%，为司机室内装异常的主要因素。如图5、6：

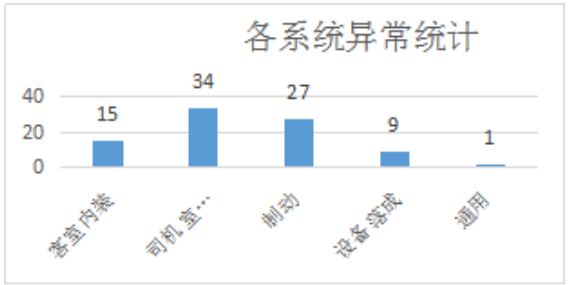

图5 司机室内装异常占比分布图

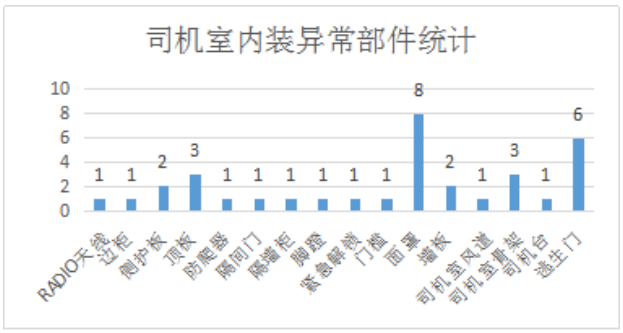

图6 司机室内装异常分布明细图

这充分表明，优化司机室头罩的装配工艺已刻不容缓，对提升新造车辆生产的质量意义重大。这些异常数据反映出当前装配工艺在应对司机室头罩复杂结构与严格装配要求时存在的不足。

3 头罩装配工艺的提升策略

3.1 吊装方案的优化：

司机室头罩体积庞大、重量较重且易变形，在吊运过程中，由于重心不居中，常出现头罩两侧下垂的现象，致使其无法与车体司机室骨架良好贴合，装配时需借助撬棍等工具撑开横向安装空间，在此期间晃动明显，存在较大安全隐患。

为解决这一问题，在吊运司机室头罩时，应配备专用吊带或吊运工装辅助装配[2]。在每个项目实施前，对吊装方案进行严格验证，重点评估吊点选择、吊索长度及吊具安全性，确保头罩能够平稳、安全吊运，实现一次性吊运装配成功。同时，在头罩设计与生产过程中预留吊装接口，提升现场操作的便捷性。

3.2 装配基准的精准控制

司机室头罩通过支架和螺栓与车体骨架相连，车体

作为装配基准，其质量直接影响头罩装配效果。然而，地铁车辆焊接车体属于大型金属焊接部件，焊接变形量大，司机室头罩常与车体部件干涉、装配后尺寸超差等问题，处理这些问题需多次拆装头罩，耗费大量人力、物力，严重影响生产节拍和项目进度。

为改善这一状况，通过收集和分析司机室内部部件装配尺寸的允许偏差余量，制定车体部件的最大偏差尺寸控制列表，实现对车体司机室骨架尺寸的精准管控。结合头罩及内装部件的安装需求，提前发现并解决车体接口问题，从根本上提升司机室头罩的装配质量。利用数字化测量技术，对车体司机室骨架尺寸进行实时监测与反馈，确保其符合装配要求，提高装配精度与稳定性。

3.3 制定科学合理的装配工艺参数

受制造公差和装配公差的影响，产品难以达到设计理论装配尺寸。为确保头罩的装配质量，在理论设计尺寸基础上，制定合理的装配尺寸偏差，以指导工艺装配。在制定装配公差范围时，应充分考虑后续部件的装配需求。科学的装配参数，可减少部件间干涉，提高工作效率。运用统计学方法对装配尺寸进行分析与优化，确保公差范围的合理性与可靠性，提高装配质量的一致性。

3.4 头罩产品质量的严格控制

头罩多为玻璃钢制品，制造过程中易发生形变，难以避免制造公差，需采用先进制造工艺和严格的尺寸控制手段提升品质。

3.4.1 关键尺寸质量控制：梳理司机室头罩关键接口尺寸控制需求列表，要求供应商在产品生产阶段严格控制关键尺寸。建立关键尺寸质量追溯体系，对生产过程中的关键环节进行监控与记录，确保产品质量的可追溯性。

3.4.2 专用检测工装的应用：配置专用检测工装，用于测量司机室头罩造型复杂区域的关键尺寸和外观弧度。如司机室头罩窗区四周、门区两侧的弧度检测工装，以及可一次性检测紧急疏散门四周接口轮廓度的一体式弧度工装。利用高精度测量仪器和先进的检测算法，提高检测精度与效率，确保产品质量符合标准。

3.4.3 三维扫描检测技术的运用：对司机室头罩模具及首个产品进行三维扫描检测，对比三维检测数据，验证头罩及模具的准确性，根据检测结果评估产品质量，并针对缺陷制定相应改进措施。通过三维扫描技术获取产品的精确三维模型，与设计模型进行比对分析，直观地发现产品存在的问题，为改进产品质量提供有力依据。

3.5 装配工艺手段的多元化拓展

3.5.1 对于部分难以将车辆制造及装配公差控制在规定范围内的区域，可适当放大受影响最严重区域的尺寸，根据现场安装实际需求进行车辆部件间的研配安装；

3.5.2 对于结构复杂、尺寸控制难度大的部件，提前进行适配研装，确保现场装配效率。以司机室外部照明灯具为例，因其适配头罩弧度造型，结构复杂，安装要求高，通过要求供应商使用灯具模具提前研配头罩安装接口，有效解决了安装难题[3]。运用虚拟装配技术，在计算机上模拟部件的装配过程，提前发现装配中可能出现的问题，优化装配顺序与方法，提高现场装配的准确性与效率。

4 结论

在城轨地铁车辆需求旺盛、项目周期紧张的背景下，本文深入剖析司机室头罩的结构特点和装配难点，提出一系列优化装配工艺的有效措施。通过实施这些策略，可显著提升司机室头罩的安装效率与质量，进而提高轨道车辆的整体质量，满足轨道交通行业不断发展的需求。未来，随着技术的不断进步，应持续探索和创新装配工艺，进一步提升轨道交通车辆的制造水平。

参考文献

[1]严隽耄. 车辆工程[M]. 3版. 北京：中国铁道出版社，2009.

[2]沈开猷. 不饱和聚脂树脂及应用[M]. 北京 :化学工业出版社，1986

[3]卢宇清. 上海轨道交通标准化建设的研究与实践[J]. 铁道经济研究，2017（01）：44 - 47