

基于大数据的焊装车间机器人利用率分析

田涛

(上汽大众汽车有限公司, 上海 201805)

摘要:介绍了机器人使用状态的评估现状,在此基础上给出了一种基于时间维度的机器人运行状态的评估方法,提出了机器人利用率的概念并给出了可视化展示方法。介绍了基于大数据和工业互联网的机器人运行时间获取方法,设计算法对获取到的数据进行处理,计算出能反映机器人实际运行状态的节拍运行时间,并对其进行可视化展示。最后结合案例介绍了机器人利用率可视化的价值,通过对比不同生产线或相同生产线不同工位的机器人利用率,为生产线节拍和产能提升提供优化方向。

关键词:焊装车间 机器人利用率 可视化 大数据

中图分类号:U465.2*2 **文献标志码:**B **DOI:** 10.19710/J.cnki.1003-8817.20240005

Analysis of Welding Shop Robot Utilization Rate Based on Big Data

Tian Tao

(SAIC Volkswagen Automotive Co., Ltd., Shanghai 201805)

Abstract: This article firstly introduces the current situation of the evaluation of robot usage status, and then proposes a method of evaluating robot operation status based on the time dimension, and presents the concept of robot utilization rate as well as the visualization display method. A robot running time acquisition method based on big data and industrial internet is introduced, and a corresponding algorithm is designed to process the acquired data. Moreover, the cycle operating time reflecting the actual operating state of the robot is calculated, which is displayed visually. Finally, combined with specific cases, the value of visualization of the robot utilization rate is introduced. By comparing the utilization rates of robots at different stations in the same production line or in different production lines, this paper provides optimization direction for the production line cycle time and production capacity promotion.

Key words: Welding work shop, Utilization rate of robots, Visualization, Big data

1 前言

随着焊装车间自动化程度的提高,越来越多机器人被投入使用,但对其是否被充分利用缺少精确的评估方法。针对人工操作的工位区域,通常通过生产准备流程(Production Preparation Process, 3P)研讨会(Workshop)来评估工人的劳动强度、人机工程和每个节拍工作的操作时间等,在保证工人劳动负荷不超标的情况下,使直接消耗工时(Verbrauchte Zeit, VBZ)达到最优^[1-2],而目前,

机器人的使用情况评估缺少类似的工具方法。以往通常从负载质量(Payload)和工作负荷(Workload)2个维度对机器人使用情况进行量化, Payload是基础性指标,机器人在应用时的负载质量不能超过其设计的最大负载。机器人设计负载越大,单台价格越高,所以机器人的实际使用负载必须在合理的区间内,既要充分利用机器人的有效负载又要避免长期高负荷运转导致其寿命缩短^[3]。从Workload维度,尽管已经采用三维仿真软件对机器人的工艺过程进行了仿真模拟^[4-6],但缺

作者简介:田涛(1987—),男,工程师,硕士学位,研究方向为生产线自动化技术、智能制造。

参考文献引用格式:

田涛. 基于大数据的焊装车间机器人利用率分析[J]. 汽车工艺与材料, 2024(7): 69-72.

TIAN T. Analysis of Welding Shop Robot Utilization Rate Based on Big Data[J]. Automobile Technology & Material, 2024(7): 69-72.

少直观数据展示机器人在每个工作节拍中的工作时间和等待时间。如果节拍中存在过多等待时间,也是一种浪费。随着大数据和物联网技术的成熟普及,借助大数据分析机器人的使用情况成为了可能^[7]。通过数据采集,可以收集机器人每个节拍的运行时间进行可视化展示,进而分析机器人的实际利用情况。

2 机器人利用率定义

机器人在生产线上运行存在3类状态:一是执行工艺过程的时间,如执行焊接、涂胶、螺柱焊接等,此类状态是直接创造价值的工艺动作;二是搬运或过渡时间,如执行零件的抓放或在执行工艺过程前的过渡轨迹等,从精益生产的角度考虑,此类状态不创造价值,属于辅助时间^[8];三是等待的时间,包括等待程序启动的时间和在程序中因干涉互锁而等待的时间,此类属于浪费,应最大限度避免。

采用柱状图展示生产线机器人的运行状态,创造价值的时间、搬运辅助时间和浪费时间分别用绿色、黄色和红色表示,如图1所示。通过柱状图,能够直观地展示每台机器人在一个节拍中时间的分布情况。

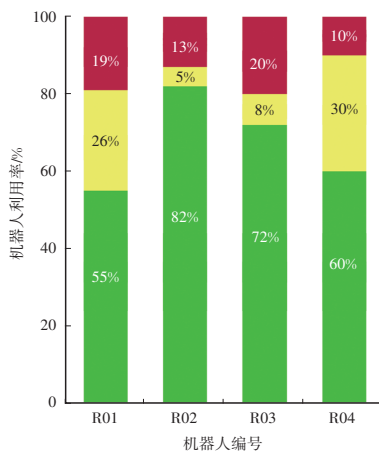


图1 机器人利用率

结合机器人的运行状态,给出一台机器人利用率的理想定义,如表1所示。焊装车间使用的机器人广义上可分为纯工艺机器人、纯搬运机器人和带工艺搬运机器人。纯工艺机器人只有纯工艺时间和等待浪费时间;纯搬运机器人只有辅助搬运时间和等待浪费时间;带工艺搬运机器人3种时间兼有。

表1 机器人利用率的理想定义

| 机器人 | 创造价值的时间 | 搬运辅助时间 | 浪费时间 |
|-------|-----------|-----------|--------------------|
| 纯工艺 | 执行工艺过程的时间 | 无 | 程序外等待、程序内干涉或互锁等待时间 |
| 纯搬运 | 无 | 执行搬运过程的时间 | 程序外等待、程序内干涉或互锁等待时间 |
| 工艺+搬运 | 执行工艺过程的时间 | 执行搬运过程的时间 | 程序外等待、程序内干涉或互锁等待时间 |

3 机器人数据的获取与数据处理

获取机器人运行时间通常有2种方式,一是直接从机器人获取,二是从上位的可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)中获取,本文通过第1种方式获得数据。

3.1 数据获取

机器人控制器内部有计时功能,但时间数据并没有现成的记录文件,为此,需要开发相应的插件程序导入机器人中,插件程序在后台自动记录机器人的运行节拍时间以及各个程序段的运行时间,并以CSV文件格式存储在机器人控制器中。通过插件程序记录的机器人运行时间数据如图2所示。

```

2023-06-25:08:53:15:10:34.2:RZ_111505WZ1::19.7:G_111505_WZ1_Hol::7.7:G_111505_WZ1_Abl::5.9:
2023-06-25:08:54:15:10:34.1:RZ_111505WZ1::19.6:G_111505_WZ1_Hol::7.7:G_111505_WZ1_Abl::5.8:
2023-06-25:08:55:24:10:34.2:RZ_111505WZ1::19.7:G_111505_WZ1_Hol::7.7:G_111505_WZ1_Abl::5.8:
2023-06-25:08:56:58:10:34.1:RZ_111505WZ1::19.6:G_111505_WZ1_Hol::7.7:G_111505_WZ1_Abl::5.9:
2023-06-25:08:58:48:10:34.2:RZ_111505WZ1::19.8:G_111505_WZ1_Hol::7.7:G_111505_WZ1_Abl::5.8:
2023-06-25:09:00:51:10:58.0:RZ_111505WZ1::43.4:G_111505_WZ1_Hol::7.8:G_111505_WZ1_Abl::5.9:
2023-06-25:09:01:59:10:34.2:RZ_111505WZ1::19.7:G_111505_WZ1_Hol::7.7:G_111505_WZ1_Abl::5.8:
2023-06-25:09:03:29:10:34.1:RZ_111505WZ1::19.7:G_111505_WZ1_Hol::7.6:G_111505_WZ1_Abl::5.9:
2023-06-25:09:19:18:20:33.8:RZ_111505WZ1::19.3:G_111505_WZ1_Hol::7.7:G_111505_WZ1_Abl::5.9:
2023-06-25:09:20:31:20:33.8:RZ_111505WZ1::19.2:G_111505_WZ1_Hol::7.6:G_111505_WZ1_Abl::6.0:
2023-06-25:09:22:11:20:33.5:RZ_111505WZ1::19.0:G_111505_WZ1_Hol::7.6:G_111505_WZ1_Abl::5.9:
2023-06-25:09:27:04:20:33.7:RZ_111505WZ1::19.2:G_111505_WZ1_Hol::7.8:G_111505_WZ1_Abl::5.8:
2023-06-25:09:28:15:20:33.6:RZ_111505WZ1::19.1:G_111505_WZ1_Hol::7.8:G_111505_WZ1_Abl::5.8:
2023-06-25:09:30:10:20:33.4:RZ_111505WZ1::19.1:G_111505_WZ1_Hol::7.5:G_111505_WZ1_Abl::5.8:
2023-06-25:09:31:39:20:46.3:RZ_111505WZ1::19.1:G_111505_WZ1_Hol::7.6:G_111505_WZ1_Abl::5.8:
2023-06-25:09:32:42:20:33.8:RZ_111505WZ1::19.2:G_111505_WZ1_Hol::7.6:G_111505_WZ1_Abl::6.0:
2023-06-25:09:33:38:20:33.5:RZ_111505WZ1::19.1:G_111505_WZ1_Hol::7.7:G_111505_WZ1_Abl::5.9:
2023-06-25:09:34:46:20:33.8:RZ_111505WZ1::19.1:G_111505_WZ1_Hol::7.8:G_111505_WZ1_Abl::6.0:
2023-06-25:09:35:44:20:33.7:RZ_111505WZ1::19.2:G_111505_WZ1_Hol::7.8:G_111505_WZ1_Abl::5.8:
2023-06-25:09:36:43:20:33.9:RZ_111505WZ1::19.2:G_111505_WZ1_Hol::7.7:G_111505_WZ1_Abl::6.0:
2023-06-25:09:37:42:20:33.6:RZ_111505WZ1::19.1:G_111505_WZ1_Hol::7.7:G_111505_WZ1_Abl::5.9:
2023-06-25:09:38:47:20:33.6:RZ_111505WZ1::19.1:G_111505_WZ1_Hol::7.6:G_111505_WZ1_Abl::5.9:
2023-06-25:09:39:57:20:33.5:RZ_111505WZ1::19.1:G_111505_WZ1_Hol::7.6:G_111505_WZ1_Abl::5.8:
2023-06-25:09:41:31:20:33.5:RZ_111505WZ1::19.1:G_111505_WZ1_Hol::7.6:G_111505_WZ1_Abl::5.9:

```

图2 机器人自动记录节拍时间

3.2 数据解析

机器人运行节拍记录文件内容包含机器人每个循环的调用时间、主程序的总运行时间、主程序

中调用的子程序名称和运行时间。以图2中第1行为例,含义为2023年6月25日08:53:15,调用了主程序10,运行时间为34.2 s,其中焊接子程序RZ_111505WZ1运行了19.7 s,抓片子程序G_111505_WZ1_Hol运行了7.7 s,放片子程序G_111505_WZ1_Abl运行了5.9 s。机器人的节拍时间为2次调用机器人的间隔时间,即从start到下一个start的时间,如第一次调用是08:53:15,下一次调用是08:54:15,两次调用的时间差是60 s,即第1个节拍为60 s。主程序10运行时间为34.2 s,机器人3个子程序的总运行时间为33.3 s,所以除子程序外,主程序还有0.9 s的程序内运算等待时间,那么机器人的创造价值的焊接时间为19.7 s,搬运辅助时间为13.6 s,节拍内的等待浪费时间为17.7 s(理论设计节拍51 s与焊接时间19.7 s和搬运时间13.6 s的差值)。

3.3 数据算法

每生产一台车,机器人都会产生一条数据记录,车间每天会产生庞大的数据,因此,需要引入算法进行计算。为能够在反映机器人运行状态的前提下减少数据运算量,通过实际测试计算发现,从CSV文件中读取机器人的同一个车型主程序的最新的10 000条记录数据即可满足要求。

3.3.1 有效数据

选取的10 000条数据中有可能存在错误数据,需要将这些错误的的数据剔除,避免其对计算结果产生影响。剔除错误数据采用的算法是计算各子程序段的计时数据之和,如果和小于等于主程序的运行时间,则保留该行数据,否则删除该条无效数据。

3.3.2 数据筛选

在剔除无效数据后,仍然存在一些误差较大的数据需要剔除,如工位故障导致节拍严重超时。正常生产时,机器人的实际节拍往往会在一个范围内波动,如图3所示。如设计节拍为61 s,则机器人的实际运行节拍会分布在一个区间内。如采用众数来代表机器人的节拍,众数只是某一个特定的值,并不能真实反映机器人的实际节拍情况,基于此,通过设置公差带来筛选数据。设定基准节拍为 T ,误差范围为 Δt ,合格数据范围为 $[T - \Delta t, T + \Delta t]$ 。

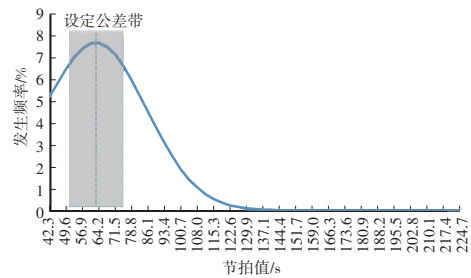


图3 机器人节拍分布

3.3.3 数据计算

剔除错误数据和因故障或其他异常导致节拍偏差的数据后,对剩余的数据求算术平均值即可得到机器人的实际节拍运行时间数据,即 $Average([T - \Delta t, T + \Delta t])$ 。基于目前的算法,能够计算出反映实际情况的机器人节拍各个时段的运行时间数据。

4 机器人利用率可视化及应用

统计分析后机器人利用率需可视化呈现。按照前述的算法,利用柱状图展示采集到的数据,以网页的方式供相关用户访问查看。随着生产的持续,后台的数据持续刷新,柱状图也会随之变化,通过对比历史数据,可以确认机器人的利用率是否发生变化。

机器人的利用率关系实际的生产成本,应该最大限度提高机器人的利用率来降低单件的成本^[9-10],目前,焊装车间机器人的利用率统计数据较少,通用机器人的利用率最高可达到80%^[11]。从采集到的数据来看,该焊装生产线的机器人利用率低于这一数值,有提升空间。

采集到的某条生产线的机器人利用率如图4所示,该线是主线工位,不存在带工艺搬运的机器人。其中,5210工位4台机器人执行涂胶工艺,涂胶时间占整个节拍时间的70%左右,剩余时间为等待时间。5215工位和5220工位为机器人搬运侧围、车顶横梁上件工位,因搬运机器人要提前动作抓取零件,等车到位后带件合拢,所以,整体上机器人等待时间较少。5230工位为定位焊接工位,共有12台机器人,最大利用率高于65%,最小利用率仅为45%左右,差距较大。针对机器人利用率不平衡问题,在其他条件满足的情况下,可以考虑将利用率高的机器人的部分工艺分配给利用率低

的机器人,尽量做到平衡,有利于整个工位的节拍优化。另外,如果此工位需要增加工艺,则可以优先考虑利用率较低的机器人。除本工位内部的比较外,还可以进行横向比较。将多个工厂中工艺类似的同一条生产线的机器人利用率进行比较,发现其中的差异点,进一步寻找优化方向,从而提高机器人利用率,提升工艺节拍和生产线的产能输出。

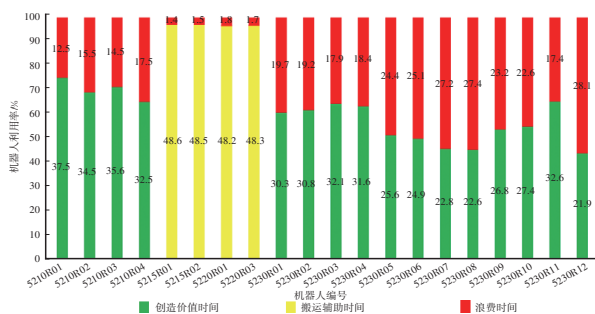


图4 某生产线机器人利用率

除通过柱状图对比分析差异外,还可通过机器人的利用率分析某条生产线的平均焊点耗时,如图5所示。通过机器人的利用率可以统计出每台机器人的纯工艺时间,同时每台机器人的焊点信息也是已知的,通过简单计算即可求出焊点的平均耗时。图5中3735、3737、3705和3707 4个工位为密集补焊工位,焊点集中且数量多,单个焊点的耗时约为2.6 s,其他工位每个焊点平均耗时约为4 s,但机器人3560R02平均焊点耗时为6.2 s,远超平均水平,此机器人需要重点关注,结合现场实际情况考虑优化可能性。



图5 机器人焊点平均耗时

除本线体的机器人平均焊点耗时对比分析,还可以与车间其他机器人进行对比,如对于工艺类似的自动底板分拼线体、工艺类似的底板主线补焊和总拼主线补焊,通过对比寻找差异及优化方向。对于不同工厂的类似线体也可开展横向对标,发现差异并结合现场实际工艺生产情况优化机器人,并在后续车型导入时避免出现类似的问题。

5 结束语

为了更好地评价焊装车间机器人的使用情况,本文提出了机器人利用率的概念,并给出了相应的定义。通过在机器人中导入插件程序,对机器人的运行情况进行时间记录,借助大数据采集和数据分析的手段,对采集到的数据进行了处理,并设计了相应的算法,进一步求解了机器人的利用率。借助可视化工具分析了机器人利用率潜在的用途,即通过对比发现不同机器人的利用率差异,结合现场实际生产情况,分析差异产生的原因,进一步明确优化方向,提升机器人的利用率,提升节拍及产能输出。

基于目前的技术手段,提取到的机器人工艺时间和搬运时间中仍然存在部分因机器人之间干涉而等待的时间,如何通过更改现有的机器人和PLC程序将这些时间提取出来是后续研究的方向之一。

参考文献:

- [1] 陈志雄, 崔冬梅, 刘福洋, 等. 3P-Workshop在汽车总装车间的开展及应用[J]. 汽车工艺与材料, 2015(10): 17-23.
- [2] 陈志毅, 吕长亮, 郭玉芹, 等. 基于MTM的汽车焊装生产线人员优化[J]. 汽车工艺与材料, 2023(6): 37-45.
- [3] 阮宜进, 王康, 张佳勇. 简析车身焊装机器人抓手的轻量化[J]. 汽车实用技术, 2020(4): 167-169.
- [4] 陈志雅, 宋和平, 马怀振, 等. 焊装车间机器人的节拍分析及优化设计[J]. 汽车工艺与材料, 2021(2): 11-15.
- [5] 秦志刚, 张洪亮. 汽车焊装生产线节拍分析及优化[J]. 汽车工艺与材料, 2021(8): 57-60.
- [6] 曹家勇, 吕文壮, 唐鼎, 等. 基于Tecnomatix的汽车前地板焊装生产线的工艺规划及仿真验证[J]. 机械设计与制造, 2021(10): 174-178.
- [7] 王欣. 基于物联网技术的机器人大数据分析与应用[J]. 设备管理与维修, 2020(23): 144-146.
- [8] 大野耐一. 丰田生产方式[M]. 中国铁道出版社, 2014.
- [9] 杨静. 基于焊装生产线节拍平衡的布局优化研究[D]. 天津: 天津大学, 2014.
- [10] 李冬艳. 一种提高机器人利用率的侧围布局方式[J]. 自动化应用, 2019(12): 42-44.
- [11] RYZHKOV A. Optimize Costs: Track Core 7 KPIs for Robotic Cleaning Services[EB/OL]. (2024-04-04)[2024-05-28]. <https://finmodelslab.com/blogs/kpi-metrics/>.