

# 一种新颖的自动输送方案的尝试

## ——自动线的单机械手输送

夏正权 陈修兴

(华侨大学) (集美航专)

### 摘 要

本文介绍了一种单机械手服务于组合机床自动线的输送方式,该机械手具备同时指挥生产的功能,并具有其独特的生产周期表。经过四年的生产实际考验,这种输送方式在特定条件下是有推广价值的。

### (一) 问题的提出

组合机床加工自动线,按被加工零件的输送方式,可分为利用被加工零件输送表面的直接输送、利用外加的随行夹具或机械手的间接输送。从另一角度来看,实现零件输送又可分为带中间工件储藏库的柔性输送和严格按生产节拍的刚性输送。两种情况都广泛地使用着机械手。

迄今在利用机械手进行输送工件时,常用多机械手输送。也即在上下工序之间或上下工位之间布置一个机械手,这样在整个加工自动线上就有为数众多的机械手在工作。显然,这对于生产批量较大、工序较分散、节拍时间较短的自动线而言,自然是非常合适的。

这种多机械手的输送方式在用时间作为横座标、动作作为纵座标而绘制的生产周期表,可以极简单的必要动作为例,描绘如图1。

这种输送对各工位上的机床要求是:“各就各位,预备,开动!”的平行起动方式。

但是,实际遇见的生产情况是多种多样的,逼使我们去选用更合适的输送方式,例如曾遇到下述情况。

我们在组织东风4型内燃机车16240Z柴油机连杆大批量生产时,采用了专业化生产:按工艺流程布置设备;按单件节拍的要求安排工序;工件在夹具中的定位、夹紧、机床间的工作输送及上下料等动作均按预定的程序自动地进行工作。但由于16240Z柴油机连杆在粗加工时,既无合适的输送基面,又须多次变换定位基准。因此,托盘式直接输送和随行夹具间接输送的方案均不能适应本自动线加工要求。若采用常规的悬挂式多机械手输送方案,则

本文1984年9月10日收到。

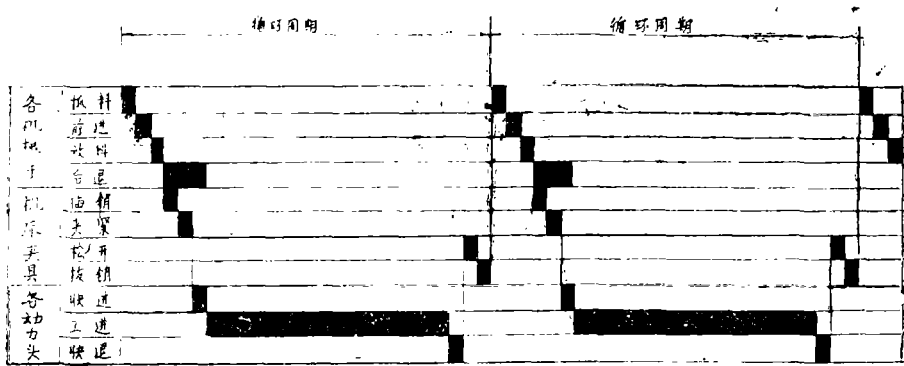


图 1 多机械手输送方式的生产周期表

机械手数量过多，占地过大，而且自动线的敞开性差，而总体布局的敞开性对在两侧都需要配置加工机床的连杆粗加工却显得特别重要，因此，采用多机械手输送方案，几乎是不可能的。

不过，这种大功率柴油机连杆的特点是工件较大和节拍时间较长。针对这些特点，究竟采用什么样的输送方案呢？我们经多方面分析研究、统筹安排，冲破了常规的输送方案的约束而采用了一种新颖的输送方案，即利用一对手拉手的机械手同时分别完成全线八个工位间的两个工件输送和上下料任务，并且指挥着各工位机床动作的自动输送方案。这对机械手是悬挂在横贯自动线中央上方的走行梁之上的。

(二) 自动线的总体布置

连杆粗加工自动线根据工艺要求需要六个加工工位、一个装料工位和一个卸料工位。

按照工序要求，决定了机床布局采用两列直线排列。一列机床专门负责连杆体的加工，另一列机床则专门负责连杆盖的加工（图2、图3）。

1 工位		2 工位		3 工位		4 工位		5 工位		6 工位		卸体	
镗及一端小孔		镗及另一端小孔		镗及一端小孔		镗及另一端小孔		粗铣端面圆弧		精铣端面圆弧		卸盖	
体	盖	镗盖孔及一端面		镗盖孔及另一端面		镗盖孔及一端面		铣盖油沟		铣盖端面			
料	料												

图 2



图3 自动线外貌

图4 是自动线平面布置图。

两列机床中间上空架设一条贯穿全线始终的走行梁（走行导轨），与两列机床形成空间平行。一对手拉手的悬挂式的机械手联同液压装置可在导轨上滑动，以输送工件，这对机械手一个专管抓放连杆体，另一个专管抓放连杆盖（图5）。

两列机床中间下方则贯穿一条螺旋式的排屑装置。

机械手输送工件时，对工件的接收、定位、夹紧等动作由机械手转给可以伸缩的机床夹具的拉杆来完成。这样就不必要求机械手整机横向移动和定位，简化了机械手运动自由度及其电控系统。

连杆粗加工自动线的主要技术参数如下：

装料高度	870 毫米
输送步距	2000 毫米
工位数	8（其中加工工位6个）个
动力头数	17 个
总功率	214 千瓦
全线总长	16 米

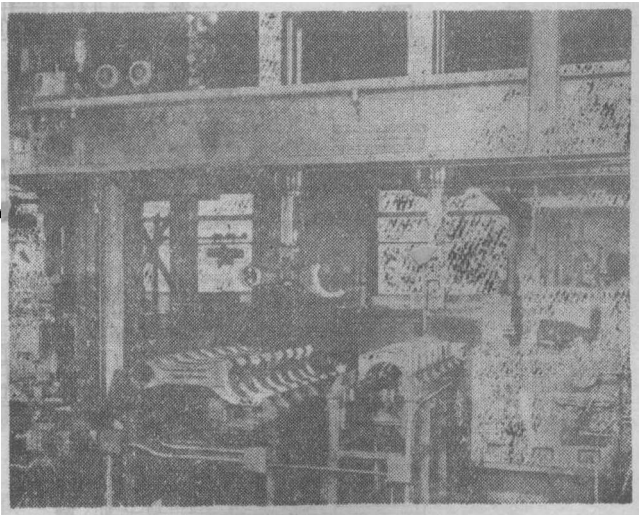


图5 单机械手外形

（三）单机械手输送的特点

图6为单机械手的工作循环图。机械手可以实现前进、后退、上升、下降、抓料、松料、回转、复位等八个动作。

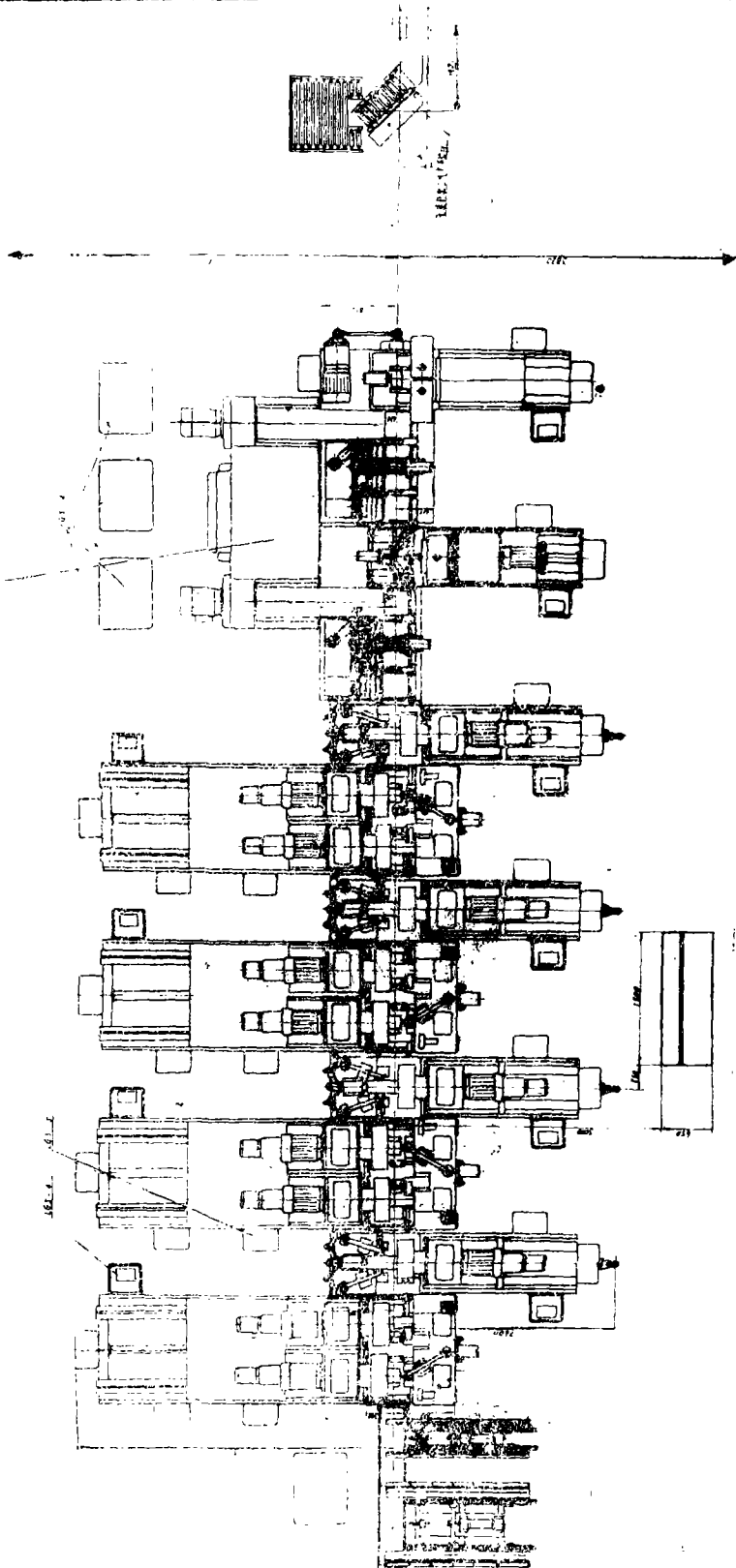
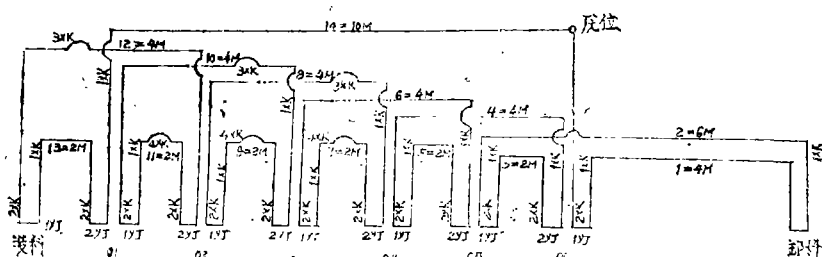


图 4 自动线的平面布置



机械手一个工作循环的动作顺序如下,

```

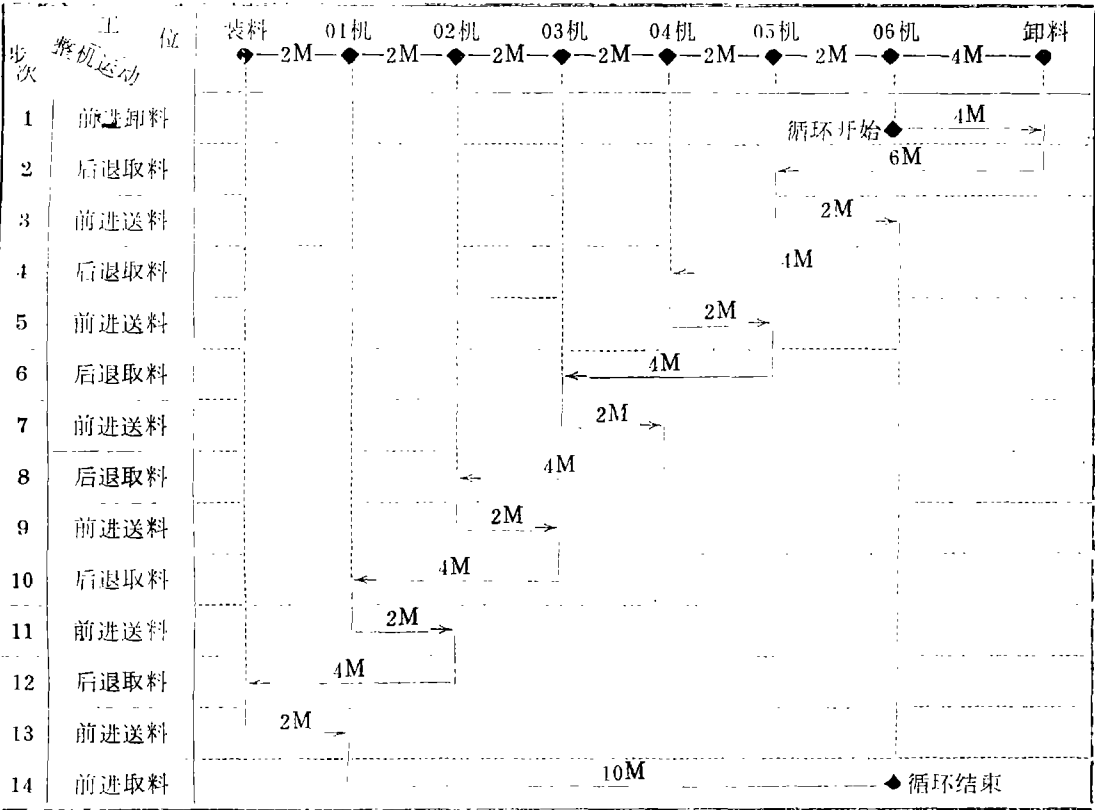
    graph TD
      A[原位(06机上方)] --> B[→手臂下降→手爪夹料→手臂上升→]
      B --> C[整机前进到卸料台位]
      C --> D[→手臂下降→手爪松料→手臂上升→]
      D --> E[整机后退到05机取料]
      E --> F[→手臂下降→手爪夹料→手臂上升→]
      F --> G[整机前进到06机送料]
      G --> H[→手臂下降→手爪松料→手臂上升→]
      H --> I[整机后退到04机取料]
      I --> J[→手臂下降→手爪夹料→手臂上升→]
      J --> K[整机前进到05机送料]
      K --> L[→手臂下降→手爪松料→手臂上升→]
      L --> M[整机后退到03机取料]
      M --> N[→手臂下降→手爪夹料→手臂上升→]
      N --> O[一边整机前进到04机送料  
一边手臂回转180°(转位)]
      O --> P[→手臂下降→手爪松料→手臂上升→]
      P --> Q[一边整机后退到02机取料  
一边手臂反转180°(复位)]
      Q --> R[→手臂下降→手爪夹料→手臂上升→]
      R --> S[一边整机前进到03机送料  
一边手臂回转180°(转位)]
      S --> T[→手臂下降→手爪松料→手臂上升→]
      T --> U[一边整机后退到01机取料  
一边手臂反转180°(复位)]
      U --> V[→手臂下降→手爪夹料→手臂上升→]
      V --> W[一边整机前进到02机送料  
一边手臂回转180°(转位)]
      W --> X[→手臂下降→手爪松料→手臂上升→]
      X --> Y[一边整机后退到装料台位取料  
一边手臂反转180°(复位)]
      Y --> Z[→手臂下降→手爪夹料→手臂上升→]
      Z --> AA[整机前进到01机送料]
      AA --> AB[→手臂下降→手爪松料→手臂上升→]
  
```

整机前进到06机（原位）取料。至此，一个循环结束。

由上可知，虽然这一对机械手的运动自由度不多，只有整机行走，手臂升降和手臂转动三个自由度（手爪的抓取动作不计在自由度的数目内），但它在一个工作循环中动作较多。整机的行走运动有十四步，其中，六步是后退取料运动，六步是前进送料运动，一步是前进卸料运动，一步是前进取料运动，而机械手的手臂和手爪的动作却有四十八个。

机械手的整机行走运动方向不同，步长不一，并且少数步伐还有“转位”或“复位”动作。各步的行走方向、步长及动作顺序列于表1。

表 1 机械手整机行程表



由表1看出，机械手相对机床的运动步伐，基本上是“进一步”，“退两步”，“进一步”是送料，“退二步”是取料，相邻的两步走向相反。

由于这对机械手的运动具有自由度数目少、动作多、走向不同、步长不等以及少数步伐的动作略有差异的特点。因此，机械手结构简单，而控制机械手运动的控制系统较为复杂（另有专文讨论）。

机械手一个工作循环的时间  $T_{\text{循}}$  是机械手整机行走十四步时间  $t_{\text{行}}$  与机械手手臂，手爪的四十八个动作时间  $t_{\text{动}}$  的总和。  $T_{\text{循}}$  愈小，自动线的产生率和机械手的工作效率愈高。

单机械手的循环周期见表2。



#### (四) 单机械手输送的条件

实现单机械手输送的条件是什么?

首先单机械手输送的周期应该比自动线的节拍时间短, 因为单机械手输送是一种顺序加工的方式, 它不同于常规的平行加工方式。它的特点是在任何时刻, 大部分的机床都在工作着, 仅个别的机床可能在装卸料, 而机械手却一直忙碌着, 顺序指挥着各工位机床的起动。

由于采用这样一种顺序动作的生产周期, 机械手就可以减少到仅仅须一对就够了。而常规的生产周期必须有七对机械手才行。因而在拟定自动线方案, 平衡自动线各台机床的机动时间  $t_{机}$  时, 必须使自动线上工序最长的机床机动时间  $t_{机max}$  与工序最短的机床机动时间  $t_{机min}$  相差越小越好, 且使  $T_{循} \geq t_{机max} \leq T_{单}$ 。这样, 就可实现在任何时刻只有一台机床停机装卸料, 而其它机床都正在工作, 故,  $T_{循} \geq t_{机max} \leq T_{单}$  是实现单机械手输送的基本条件。

当  $t_{机} < T_{单}$  时, 可适当降低工序的切削用量, 一般应先考虑降低切削速度, 因为它对刀具耐用度影响较大。

当  $t_{机} > T_{单}$  很大时, 为了达到要求的生产率, 可以将该工序内容合理分散, 分成几个工位进行。若相差无几时, 则可适当加大该工序的切削用量。

其次, 自动线的总体安排应该留有让机械手输送的场地, 这样最理想的是让机械手悬挂输送, 以使两侧可以安排加工机床。当然也可一侧安排单机械手, 而另一侧安排机床。

第三, 应该赋予机械手以实现其指挥生产的功能, 也就是说机械手的设计应该考虑其机械、液压、电气的功能, 譬如说本机械手的整机担负前进、后退的走行动作外, 为满足工艺要求而确定的手臂及手爪的动作有六个, 即抓料、松料、上升、下降、回转、复位等。前四个动作由液压油缸直接带动, 后二个动作则是由齿条油缸带动机械手上的齿圈进行旋转, 以满足体、盖反复镗孔及车端面的要求, 机械手的结构示意图见(图7)。

机械手的传动兼有电机驱动、机械传动及液压传动。输入的电脉冲驱动步进电机经过随动及扭矩放大(即电液脉冲马达)后, 再由减速箱降速, 依靠齿轮在横梁导轨上的齿条上滚动而带动机械手前进或后退, 因而机械手还必须随带一个液压油箱及全套液压伐装置。高压油除供给电液脉冲马达之外, 还供给二个机械手的其它油缸动作需要。

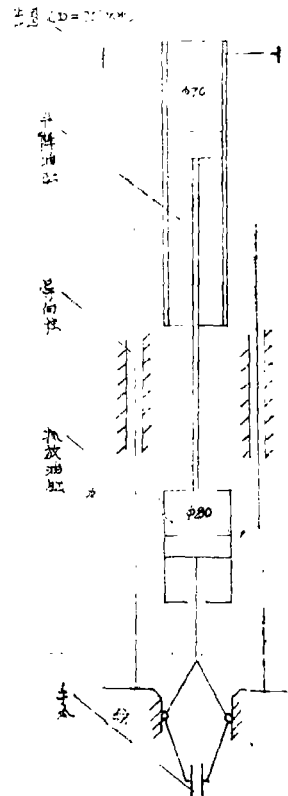


图7 单机械手的结构示意图



(五) 单机械手的控制系统简介

这对机械手虽然结构简单，但由于动作繁多，走向不同，步长不等，因此，控制机械手运动的控制系统较为复杂。

机械手的十四步运动的动作程序是由具有高抗扰性能的 HTL 集成元件组成的逻辑控制系统来实现的。

图 8 为机械手控制系统的逻辑框图。它包括有启停线路 (QT)、方向控制线路 (KZ)、转位下降控制线路 (ZJ)、计数器 (ZS)、译码器 (YM)、脉冲分配器 (FP)、功率放大器 (GF)、检错线路 (CC)、以及光电定位线路 (GD) 等几大部分。

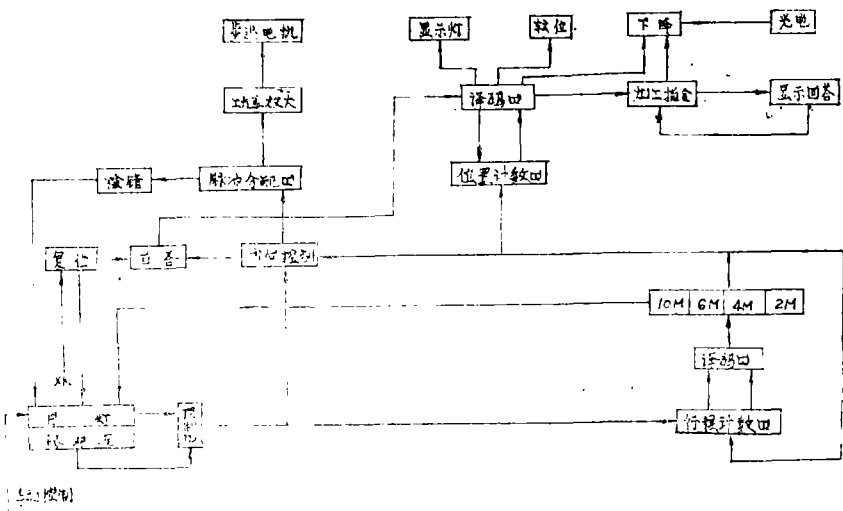


图 8 单机械手控制系统的逻辑框图

控制系统的操作既可手动，自动包括连续循环、单程循环以及单步检查三种功能。系统的操作力求简便，并配有指系统。

机械手的循环工作开始前，机械手停止在 06 机床上方，当 06 机床发出加工完毕信号 (GW<sub>6</sub>) 时，在光电定位信号 (GD) 的共同作用下，机械手使手臂下降、手爪夹料、手臂上升。当上升到原位，压上限位开关 IXK，即产生复位信号 (FW)，打开脉冲控制门，输出脉冲当量为 0.2mm 的脉冲，经功率放大，驱使机械手整机前进到卸料台位。在这过程中，用行程计数器计数表示整机行速距离的脉冲个数，当机械手恰好行走了 4M，即计数器计数到 20000 个脉冲，便产生置“0”负脉冲，一面用其给计数器清“0”，一面用其关上脉冲控制门，机械手整机停止。在光电定位信号作用下，手臂下降、手爪松料、手臂上升。当上升到原位，又压上限位开关 IXK，又即产生复位信号，但此时，在清“0”信号作用下，改变了控制线路的方向触发器的状态，使步进电机反向，从而改变了机械手整机的行走方向而后退 6M (即 30000 个脉冲) 到 05 机取料，当 05 机床的加工完毕信号 (GW<sub>5</sub>) 一

到,机械手使又手臂下降,手爪夹料、手臂上升、复位、整机前进 2M (即10000个脉冲),把工作送到 06 机床上,此时,机械手复位时,使发出 06 机床开动的指令,使 06 机床按预定程序加工。同时,机械手整机又后退 4M (即 20000 个脉冲)到 04 机取料。如此类推。

当机械手整机由 03 机床向 04 机床前进送料时,在位置译码信号(YM)作用下,一面整机前进,一面手臂转动,把工作转动  $180^\circ$ ,送到 04 机上,当机械手整机由 04 机床向 02 机床后退取料时,也是一面整机后退,一面手臂反转  $180^\circ$ ,在第 9、10、11、12 步行走中,运动与此类同。

但当机械手整机从装料工位向 01 机床前进送料时,由于位置译码器的作用,手臂不转动。最后机械手整机由 01 机床前进 10M 到 06 机床,完成了一个工作循环。

## (六) 结 束 语

单机械手输送方式是新颖的,在特定的条件下是值得推广的一种自动化输送方法。我们在实践中考验了四年之久,证明对于这样一种输送方式是好的。当然缺点也是有的,即主要是电气元件质量差。维护较困难,而不是这种输送方式的毛病。我们相信随着我国集成元件的质量提高和液压件的质量提高,应用这种输送方法的前途是广阔的。

## A New Transfer Scheme With Single Mechanical Hand for Transfer Lines

Xia Zhengquan Chen Xluxin

### Abstract

This paper introduces a transfer scheme of single mechanical hand for transfer lines with modular machine tools. This mechanical hand also has the ability to control the whole transfer line and its characteristic production cycle. Through four years practical application, this transfer scheme is successful and worthful in certain condition.