

编者按：自1966年制造出日本国第一套自动化立体仓库系统以来，大福公司40年研发不怠，在不断地向“高效能化”冲刺的过程中，一代又一代的自动化立体仓库系统诞生了。在利用驱动技术、软件技术这些各个时期最尖端的技术，不断挑战仓储设备能力极限的同时，大福公司领跑着整个行业。

随着我国物流事业的快速发展，自动化立体仓库系统越来越受到青睐，为了使国内自动化立体仓库企业在技术上有所借鉴，本刊特将日本大福公司的经验总结性文章翻译过来奉献给业界。通过此文对自动化立体仓库核心设备——巷道堆垛机高效能化技术的历史沿革的介绍，我们将感受的是，一步步“高效能化”背后真正的动力是开拓是创新。

自动化立体库 巷道堆垛机技术发展历程

■ 日本大福公司 FA&DA 事业部开发设计组长 辻本和史 ■ 本刊 李国华 译

近年来，随着自动化立体仓库系统不断高效能化，其功能除了“保管”之外，正向着分拣、拣选方面扩大。如果把高效能化再提高一步，就可以实现从未有过的处理速度和运转速度，使构筑崭新的物流系统成为可能。当我们仰望另一座高山时，也有必要回过头来，看看我们曾经走过的历程。

一、从电动机到变频器

直到1980年代初期，巷道堆垛机的运行能力主要由机械的速度模式来决定，速度控制是将子母电机或变极电机进行复合，机械式地进行速度切换来控制高速、低速运行。因此，最高走行速度不过100m/min，最高升降速度不过20m/min，在高速化上受到了制约。

于是，在速度控制方面采用了

直流电机的电压切换控制方式，使巷道堆垛机的最高走行速度达到125m/min，最高升降速度达到30m/min。但是，伴随高速化的另一个重要问题是停止。为了滑动停止就必须降到很低的速度。其中，高速与低速的速比非常重要，必须要有更大的速比。这一时期的速比，走行是25:1，升降是4:1。在当时的控制方法中，当进行速度切换时，由于急加减速而形成的或是由于制动停止而引起的冲击，诱发了机械的振动。因此，在走行停止后移载之前产生机械振动。为了抑制这种振动，必须要有相当长的无功停滞时间（3~10秒），成为周期短缩的重大障碍。

1980年代后期开发的变频器（电压/频率）速度控制方式大大改变了巷道堆垛机的速度控制。由于

采用了变频器，使高速与低速之比有了一个飞跃，走行是50:1，升降是15:1，最高走行速度达到160m/min，最高升降速度达到31.5m/min，大幅度实现了速度提升。此外，在采用变频器的同时，开发了专用控制器及速度控制软件，确立了向256阶的梯形速度曲线控制模式的发展和位置学习控制模式。由于采取了以上措施，可以实现无冲击的平稳机械动作以及缩短停于目标位置时的低速爬行时间，从而大幅度地缩短了周期时间，使系统效能得到了提高。

二、开发高效能化模式

以品种多、数量少、频度高供给方式下的物流环境为背景，对于自动化立体仓库系统的效能提出了越来越高的要求。与此相对应，1999

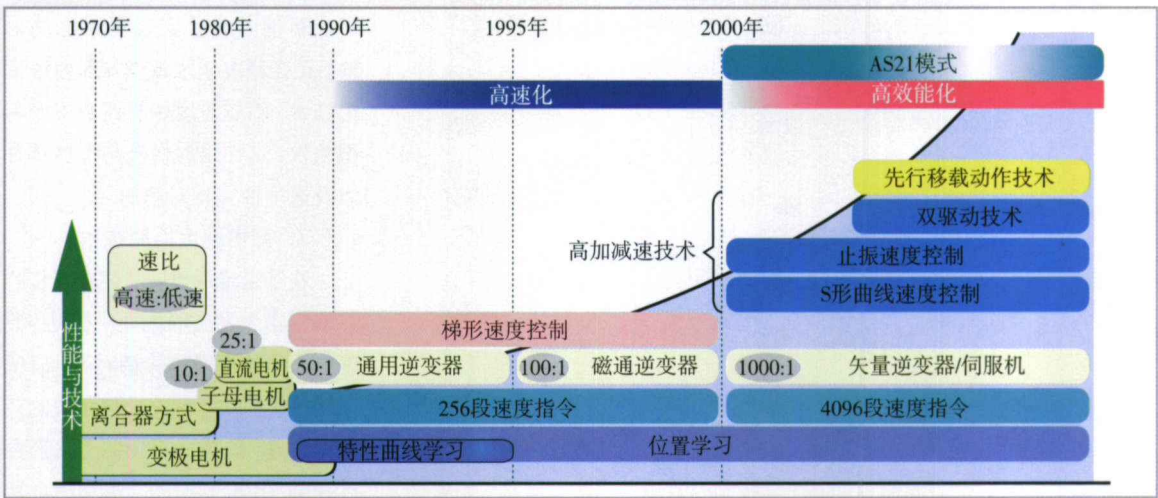


图1 高效能化技术的沿革

年在巷道堆垛机主体的高速化上下功夫，开发了AS21模式，从2000年开始投入市场。AS21模式是以高效率动作为基础，在高效能化（缩短循环时间）方面引用的一个概念。

AS21模式实现了没有冲击的平稳速度控制，由于抑制了加减速和停止时堆垛机的振动与升降小车的跳动，使各动作间的无效停滞时间缩短，从而实现了高效能化。开发的重点是S形速度曲线控制方式的设置、提高响应速度的控制器的高速化、矢量控制变频器的采用等等。所有这些都是本公司独自开发的技术，作为巷道堆垛机高效能化技术的基础得到了大幅度的提升，为行业的发展做出了重大的贡献，这也是本公司与其他公司的有别之处。

在2002年国际物流综合展览会上推出了AS21模式自动化立体仓库，有箱式系列M3型以及托盘系列L-100型。将周期时间缩短为原来的一半，在系统能力方面提高了一倍。

三、向更高效能化挑战

自动化立体仓库的高效能化，

其重要的关键在于使巷道堆垛机短停止时的主机减振时间、缩短移载动作时间。耗时数年，大福公司不断开

为“应对市场需求”和“提高竞争能力”而不断地开发

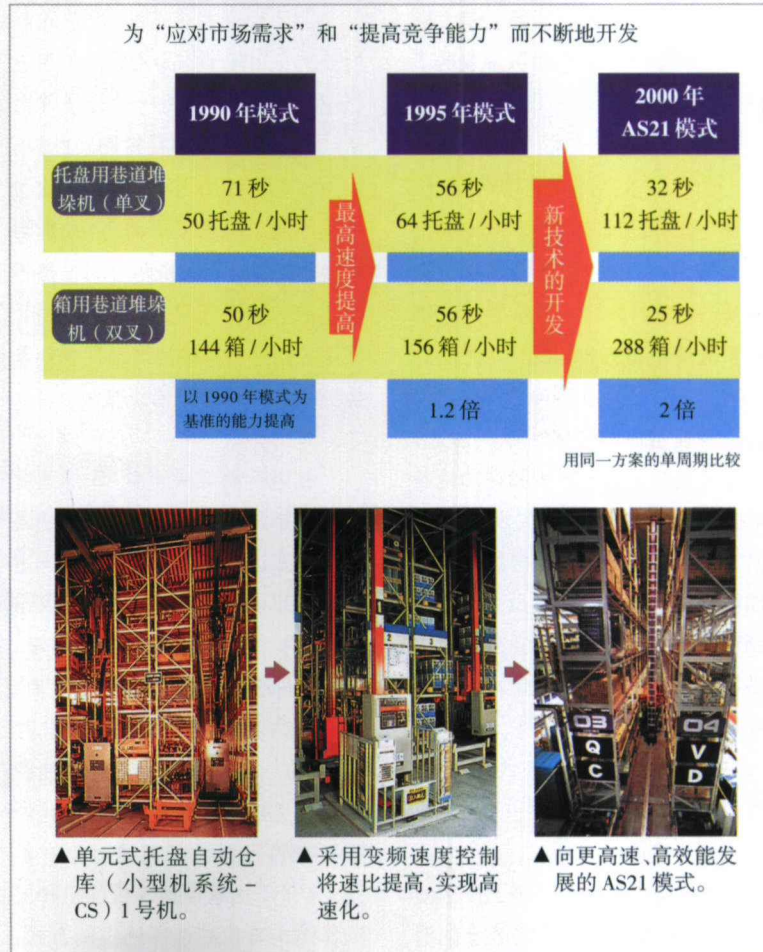


图2 高效能化的成果

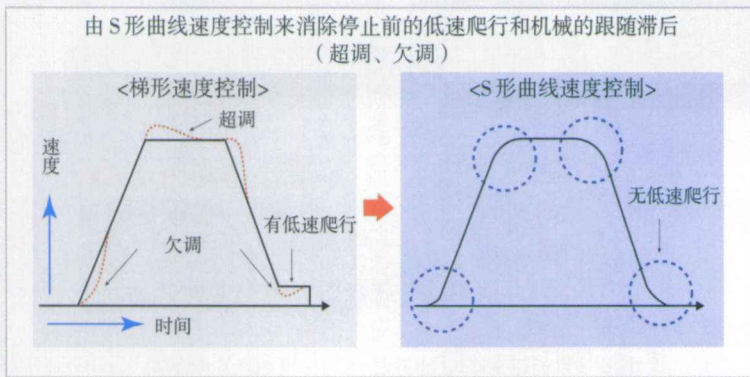


图3 S形速度曲线控制

发、研究了将加减速时间缩短的高加减速技术、将机械设备(走行、升降、叉起等)的各动作间发生的无功停滞时间完全消除的减振控制技术、为了缩短移载时间的先行移载技术。这三大技术的实施,使大福公司的自动化立体仓库系统取得了巨大的进步(图2)。

1. 高加减速技术

为了追求高加减速技术,仅仅选择与必要的加减速相匹配的电机容量是无法完成的。在提高加减速方面,关系到车轮与导轨之间的摩擦系数等机械条件。此外,必须对作为“大脑”、作为“神经”的控制方面要有很高的技术水平。总之,重要的是驱动控制技术和在加减速切换时产生的超调、欠调抑制技术。所有这些技术的相得益彰使高加减速动作得以实现,反之,无论哪项技术稍有欠缺,就会在机械或是控制的各个地方产生这样或那样的问题。

为了实现高加减速,特别注重了以下两项技术的开发。

① 双驱动技术

为了使巷道堆垛机得到高加减速,必须控制驱动轮在导轨上的滑动,有效的控制方式是前后轮同时

控制的双驱动方式。但是,如果轻易地使用双驱动方式,由于车轮直径的不同、响应性能的区别,将造成两个车轮不同步,从而产生动作上的问题和品质上的问题。

为了规避上述问题,将前轮和后轮的一个轮子作为主动控制来进行速度控制,将另外一个轮子作为从动控制来进行辅助控制。此外,因为在前进和后退、加速和减速时轮重不同,采用了主动/从动瞬时切换控制。为了保持两个车轮移行距离的一致,还采用了修正控制。修正控制是将车轮的滑动反馈到电机控制的车轮滑动修正控制。

② 校正S形速度曲线控制

在进行高加减速时,S形速度曲线控制是必不可缺的技术。巷道堆垛机在进行走行加减速时,一定要抑制超调或欠调的发生。不仅是控制主机的振动或对机械的影响,还要消除停止前的低速爬行距离,不允许急剧的速度变化。如此等等,都由平滑的S形速度特性曲线来控制(图3)。为校正S形曲线由于机械特性以及加减速大小有差别,增设了由巷道堆垛机的机种或动作结构来自动选择的控制方式,以抑制机械的振动。

目前,为了实现更平稳的动作,正在开发求取最佳S形曲线值的技术,由巷道堆垛机自身来学习跟随性,这种跟随性是机械特性以及速度曲线相对应的。

2. 减振速度控制技术

在巷道堆垛机向货架或工位的移动停止后发生的堆垛机振动,要求一个无功停滞的等待时间,以便使堆垛机振动收缩在允许移载的范围内。AS21模式采用的是S形曲线控制,在抑制振动上虽然是成功的,但为了更进一步抑制主机振动,又开发了减振速度控制方式。

目前,减振控制不再采用位置信息式反馈控制,进而采用前馈方式来进行。前馈方式是将实际的堆垛机振动特性数据(固有振动数、固有振动模型、减衰比等)预先输入控制器,在走行中根据其数据和实时位置,计算出抑制振动的速度曲线来进行速度控制。这项技术运用到巷道堆垛机的所有机种中,因为它构成了本公司独自开发的减振控制的要领,所以现在仍在进行开发。今后,减振控制技术对于自动化立体仓库系统性能、品质的提高成了不可欠缺的技术,必将对系统能力的提高起到重大的作用。

3. 先行移载动作技术

在高效能化方面起着巨大影响的是货架、受货台上的移载时间。移载时间的短缩,不仅关系到移载机各执行元件的动作速度,还与各动作间控制方式认可的时间有关,必须彻底消除这一时间。

过去,移载机的动作是一个执行元件的动作停止之后,下一个执行元件动作开始,在各动作之间产生了时间上的浪费。



照片1 世界最快的走行速度500m/min, 每小时500箱的超高效能巷道堆垛机‘H-V1’。



照片2 高效能化扩大了自动化立体仓库的用途。

(上)将出货前的商品短时缓存(农作物集散中心)。

(下)拣选系统的辅助系统(食品配送中心)。

考方法的集合与完成是在2004年国际物流综合展览会上推出的超高效能巷道堆垛机“H-V1”，走行速度500m/min，加减速0.5G，处理能力每小时500箱(照片1)，实现了自动化立体仓库的大幅度飞跃。

五、结束语

巷道堆垛机的高效能化，使自动化立体仓库系统的用途扩大到出货场的缓冲设备、拣选场的辅助设备等等崭新的领域(照片2)，与此同时，也使设备的台数减少，降低了投入成本。构成了与过去的想象完全不同的系统，并一步步走向新的市场。

大福公司作为自动化立体仓库系统领域的引导者，已经将目标指向了下一代自动化立体仓库系统。始终不渝地坚持用高效能化技术进行新产品开发，仍将是我们的行为指南。物流技术与应用

(原载 DAIFUKU NEWS 2006.03)

为了消除各动作间的时间浪费，开发了先行控制方式。在各执行元件动作完成之前，下一个动作就开始，进行如曲线所绘出的机械动作，使各动作的移动时间和停止时间的削减成为可能。为了实现这种先行控制方式，各执行元件的动作完全被监视，采用二重、三重内部闭锁技术成为关键。

在2002年国际物流综合展览会上，我们推出了托盘系列高效能“L-100”小型系统，当时是作为1号机推出的，而现在，在高效能叉式、侧面加紧式、侧面皮带式等移载机的各动作上都设置了先行控制方式。因此，各种移载机的移载时间都缩短了1秒以上。

四、高效能技术的集合

如上所述，本公司在自动化立体仓库系统的能力决定方面，不仅考虑巷道堆垛机的速度，周期时间的短缩也是重要的方面。从这一观点出发，在技术上作为重点进行开发的就是让机械如何工作。换言之，高效能化可以说就是在不断完善一种平衡，这个平衡就是作为骨骼的机械和作为神经的控制系统的平衡。这一思

大福自动化物流设备(上海)有限公司招聘启事

因业务拓展需要，急聘技术工程师和营业工程师数名，有意者请与本公司联系。

TEL: 021-62368600 FAX: 021-62368200 E-mail: qianyun@daifuku.sh.cn