

“田字底”托盘在智能物流立体库系统中的应用

韩亮 辛莉 黄传宇 周丽 马荣路

(北自所(北京)科技发展股份有限公司 北京 100120)

摘要：对于托盘的存储，传统的自动化立体库多是按照“川字底”的形式，如果按照“川字底”母托加上“田字底”子托的子母托设计，以其小尺寸、灵活性等优点，可以提高立体库的货物管理效率，节省空间，同时适应多样化的物流需求。但是这种子母托设计需要增加一些工序及系统设计，本文针对田字底托盘应用于立库中需要增加的工序及系统设计进行深入分析研究。同时，对于直接应用“田字底”托盘存储的系统，在货架系统、输送设备和转运 AGV 设备的选型中所需的特殊要求，也进一步展开讨论。

关键词：自动化立体库、“田字底”托盘、子母托

1 引言

我国对计算机控制的立体仓库的研究开始于 1973 年，在 1978 年左右投入运行（第一座自动化立体库的软件和控制系统由北京机械工业自动化研究所开发实施）。立体仓库主要由高层货架系统、高速巷道堆垛机系统、输送机系统、AGV 系统、自动控制系统、WMS 和 WCS 等软件系统组成。托盘是立库中各个系统重一个重要组成部分，合理选择适合的托盘类型和规格，可以提升仓储物流的整体效益，降低成本，提高运营效率，保证货物的安全和质量，从而对整个供应链的顺畅运作起到关键作用。

目前仓储采用的托盘主要是“川字底”形式，存储货架多为横梁组合式货架；“田字底”托盘应用不是太广泛，对于货架和设备等系统的要求较高，但是在一些存储小件、轻量货物，适应多品种、少批量的仓储需求，特别是在需要频繁取货、空间利用效率高以及自动化操作的立体库场景中，田字底托盘的小尺寸、灵活性和适应性能够发挥其优势，提高货物管理的效率，适应多样化的物流需

求，为物流仓储提供更加灵活和高效的解决方案。

本文针对“田字底”托盘在立体库的货架系统、输送系统及 AGV 系统中进行了一定尺寸设计分析及场景应用。

2 托盘形式对比

托盘是现代化物流体系中的基本作业单元，也是物流系统合理化的基础。托盘中，子托盘和母托盘是一种托盘组合系统，它们之间存在一种嵌套关系，通常用于节省空间和方便存储、运输。母托盘是较大的托盘，通常具有标准尺寸和结构，用于支撑和容纳多个子托盘，能够承受更重的负荷和压力，常用于堆叠、存储和运输多个子托盘，以便组成一个整体单元。子托盘是相对较小的托盘，尺寸通常设计与母托盘相匹配，可

以嵌套放置在母托盘上，通常用于将货物分隔开或组织整齐地堆放在母托盘上，子托盘的设计通常考虑到在母托盘上的稳定性和堆叠性，以确保整体结构的稳固性。通过母托盘和子托盘的组合使用，可以有效地管理和组织货物，节省空间，提高运输效率，并确保货物的安全运输。这种组合系统在物流、仓储和运输领域经常被使用。

托盘分为川字底和田字底两种形式，如表 1 所示，两种托盘的形状和应用特点。

在食品、医药、冷链等行业的立体库中，托盘大多采用“川字底”形式；在化纤、玻纤、石油、石化及涂料等行业，基本的货物单元大多是“田字底”的整托，并且需要缠膜。自动化立体库多是按照“川字底”母托加“田字底”子托

表 1 川字底和田字底托盘对比

托盘形式	材质	形状	流通性	一次性	成本
川字底	塑料、钢制、木制	插孔高度较高，满足叉车或者堆垛机插取	多为厂内流通	循环利用较多	较高
田字底	塑料、木制	插孔高度要求低，多为托底作业	可在供应链间流通，出口产品多采用此形式	一次性发运较多	较低

的形式。川字底母托盘起到支撑和稳定田字底子托盘的作用，确保子托盘在堆叠和运输过程中不会倒塌或变形。田字底子托盘通常设计成可以嵌套放置在川字底母托盘上，节省空间并便于整齐堆放货物，形成稳定的托盘组合系统。这种形式在自动化立体库中发挥着重要作用，提高了承重能力、节省空间且便于操作，同时能够确保货物在存储和运输过程中的稳定性，减少货物损坏的风险。

子母托的设计，不仅增加了成本，还产生了一些非必要的工序以及冗余的系统设计：

子母托的形式是子托盘需要与母托盘配合使用，每个子托盘都对应一个母托盘，以便形成一个完整的托盘组合系统。母托盘起到支撑和管理子托盘的作

用，确保整个系统的稳定性和有效性。因此，子母托的形式是一种相互依存的托盘组合方式，通过母托盘与子托盘的配合，实现了更高效的货物管理和运输。在立库货架中，母托需要成垛的存储，占用宝贵的存储货位。需要增加母托拆盘机拆成单个托盘，供给子托盘码垛，子托盘码放至母托盘上需要增加叠盘机。母托盘重量一般在 $30 \sim 50 \text{ kg}$ ，增加货架系统和输送系统载荷要求。母托盘高度一般在 $160 \sim 170 \text{ mm}$ （根据单双伸货位的设置确定），考虑货架立柱片一般是 50 mm 或者 75 mm 的模数，则每层货架需要多占用 200 mm 左右。货架系统和堆垛机系统高度的增加影响了材料的成本，如果高度增加正好在某个节点上，则货架立柱选型有可能增大一个型号，堆垛机的立柱有可能由方管形式调整为变截面形式，成本增加较多。出库需要子母托分离，母托需要增加叠垛装置，并且增加母托的回库功能。

子母托的存储形式，伴随很多冗余的附属设计，虽然“川字底”的母托盘，使得自动化系统简单化，但是并不符合整个物流流程的简单化，因此，直接以子托为单一存储单元的自动化系统越来越多。

3 “田字底”托盘在立体库中的存储设计

智能物流立体库，主要组成部分为：货架系统、输送系统和 AGV/叉车。对于“田字底”整托在自动化方案设计时，

在托盘、货架、输送系统、AGV 系统、软件系统等都需要定制化的设计，下面以 $1200 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm}$ 尺寸托盘单元进行分析：

3.1 “田字底”托盘

“田字底”托盘一般选择木质材质或者塑料材质，根据使用要求会在面部和底部增加钢管提高载荷能力。因木质托盘长期抗压能力弱，当货物载荷超过 1 t 时，往往选择塑料托盘，除非是木质托盘作为一次性托盘一并发货。如图 5 所示。

在自动化货架上存储或者自动输送时，要求托盘的九个载荷点的承载力满足使用要求。并且托盘的插孔高度一般不低于 80 mm ，方便叉车插取，如果是 AGV 自动插取，则插孔一般不低于 90 mm 。

托盘信息的识别一般采用一维码、二维码或者 RFID 芯片，条码位置在托盘长侧边 1200 mm 方向和短侧边 1000 mm 方向中间位置，粘贴位置向内凹入 2 mm ，避免同其他物体接触而被损坏。RFID 芯片一般布置于托盘底部内置凹槽内，满足托盘的信息化需求。

3.2 “田字底”托盘在立体库的货架系统中的设计

存储“田字底”托盘的立体库货架选型，主要分为牛腿形式、“横梁+垫块”形式和“横梁+格挡梁”形式，各种货架选型的应用场景不同。如下表 2 所示。

(1) 牛腿形式货架系统

牛腿式货架的框架由立柱、顶梁、



图 1 川字型托盘正面图



图 2 川字型托盘反面图



图 3 田字型托盘正面图



图 4 田字型托盘反面图

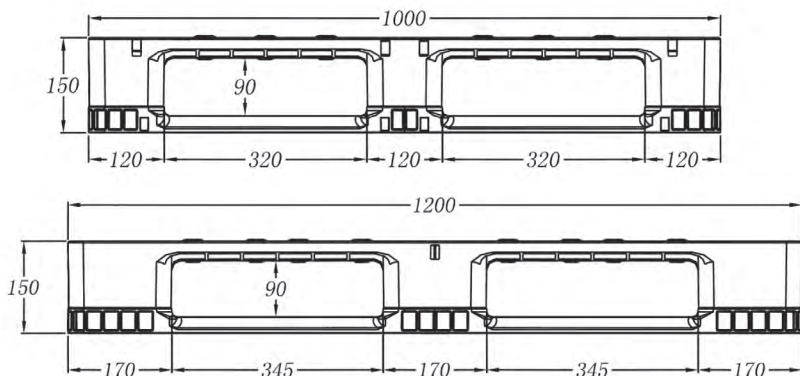


图 5 “田字底”托盘尺寸示意图

和拉杆（水平拉杆、斜拉杆、顶交叉拉杆）组成，框架搭好以后，将牛腿安装在每根立柱上，然后将载重梁按深度方向装在牛腿上，使货物平稳地存放在牛腿及载重梁上。牛腿让载重梁紧密挨着立柱并与其连接，货物架在载重梁上，中间无障碍，货叉可以托底存取“田字底”托盘。这种形式对“田字底”托盘强度要求较高，在货物重量较小时，牛腿货架相对横梁货架多了近一倍的立柱，成本高出较多，但是当货物重量较大时，单货架单货位的立柱选型比单货架双货位的立柱选型要小，从而使得两种货架形式成本基本持平。牛腿货架在自动化立体仓库中的案例相对较少，一般适合穿梭车密集库的应用场景。

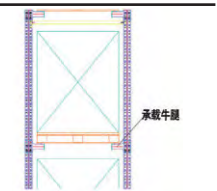
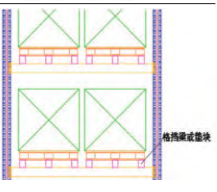
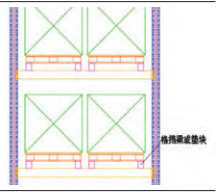
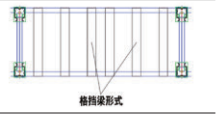
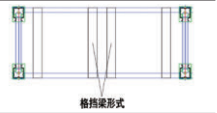
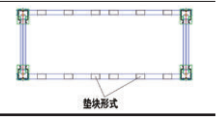
(2)“横梁 + 垫块”形式货架系统

“横梁 + 垫块”货架的框架由立柱、横梁、垫块与拉杆（水平拉杆、斜拉杆或顶交叉拉杆）组成，垫块焊接或者螺栓固定在横梁上，“田字底”托盘放置于垫块之上。垫块可以理解为传统的“川字底”托盘的支腿，堆垛机的货叉可以伸入托盘底部存取。当托盘质量较好时，采用双垫块，分别受力托盘的4个边角；当托盘质量略差时，采用三垫块形式，前后横梁共6个垫块承载托盘。“横梁 + 垫块”货架中每个托盘对应的4个或者6个垫块的成本，远低于采购“川字底”母托盘的成本，并且节省了高度空间，较多的应用于轻载托盘的案例中。

(3)“横梁 + 格挡梁”形式货架系统

“横梁 + 格挡梁”货架的框架由立柱、横梁、格挡梁和拉杆（水平拉杆、斜拉杆或顶交叉拉杆）组成，格挡梁焊接或者螺栓固定在前后两根横梁上，“田字底”托盘放置于格挡梁之上。格挡梁可以理解为传统的“川字底”托盘的支腿，堆垛机的货叉可以伸入托盘底部存取。当托盘质量较好时，采用双格挡梁，分别受力托盘的2个外边；当托盘质量略差时，采用3根格挡梁形式。“横梁 + 格挡梁”货架中每个托盘对应的2根或者3根格挡梁的成本，与“川字底”母

表 2 田字底托盘在各种货架中的应用

1	牛腿形式货架系统	
2	横梁 + 三格挡梁货架系统 / 横梁 + 三垫块货架系统	
3	横梁 + 二格挡梁货架系统 / 横梁 + 二垫块货架系统	
4	横梁 + 三格挡梁货架系统	
5	横梁 + 二格挡梁货架系统	
6	横梁 + 垫块货架系统	

托盘的成本类似，一些项目为了控制成本，会采用“垫块 + 格挡梁”的组合形式。格挡梁受力面积较大，广泛的应用于重载托盘的案例中。

3.3 田字底托盘在立库中输送系统里的设计

托盘输送系统一般包含：链条输送机 / 三链输送机、辊筒输送机、辊筒移栽机 / 链条移栽机、升降台、旋转台和移动输送机等。对于“田字底”托盘，采用链条或者辊筒都满足输送要求，除非特殊需求，比如托盘需要防滑输送，则选

择链条机；如托盘需要防止油污，则选择辊筒机或者不锈钢链条输送机。

立体库系统，在出入库巷道口，堆垛机取送“田字底”托盘采用托底形式，与输送机的对接则需要一套过渡装置，以保证托盘可以放到输送机的输送面上。对接方案有以下4种：

(1) 链条机插取位断链方式

链条机插取位断链方式是将巷道口输送机的链条一分为三，中间断开两段空间正好够堆垛机双货叉升降。该种解决方式成本较低，适用于标准托盘且承载一般不超过1.5 t。设计时需要注意：链条机输送面高度高于常规方案，整个输送系统和对接系统都需要考虑高度因素的影响等。如图6所示。

(2)“链条机 + 顶升台”方式

“链条机 + 顶升台”方式是巷道口输送机内嵌顶升台机构，当堆垛机货叉存取托盘时，顶升台升起，保证货叉可以托底取到托盘。该种解决方式成本较高，对托盘质量要求较低，且承载可以满足超过2 t的货物。设计时需要注意：顶升



图 6 “田字底”托盘在链条机插取位断链方式输送系统中的应用



图 7 “田字底”托盘在“链条机 + 顶升台”方式输送系统中的应用



图8 田字底托盘在辊筒机插取位预留空间方式输送系统中的应用

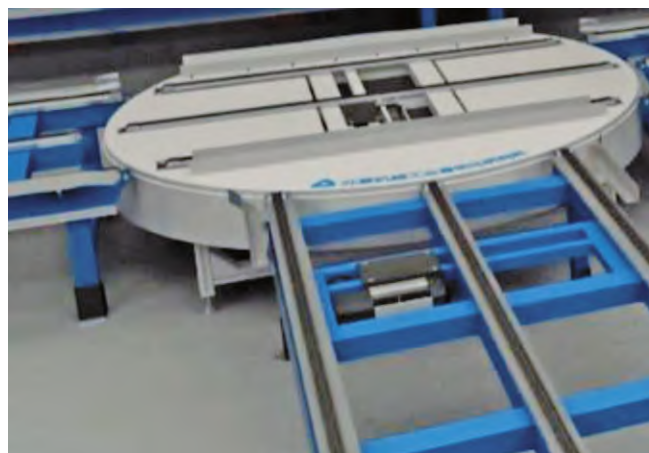


图9 田字底托盘在旋转输送机方式中的应用

台顶升高度的要求、托盘对输送系统的要求等。如图7所示。

(3) 辊筒机插取位预留空间方式

辊筒机插取位预留空间方式是将巷道口输送机常规的辊筒拆除数根，中间断开两段空间正好够堆垛机双货叉升降。该种解决方式成本较低，适用于标准托盘且承载一般不超过1.5 t。设计时需要注意：辊筒机输送面高度高于常规方案，整个输送系统和对接系统都需要考虑高度因素的影响。如图8所示。

以1200 mm × 1000 mm标准托盘为例，堆垛机货叉宽度约175 mm，双叉中心距约450 mm；巷道口辊筒机的辊筒直径一般采用 $\phi 76$ 尺寸，辊筒中心距为175 mm，辊筒长度是1410 mm（1200 mm方向输送），单根辊筒静载荷约为400 kg，动载荷约为350 kg。存取托盘时，承载的辊筒约为4根，一般承重不超过1.5 t为宜。若托盘加宽，承载辊筒数量增加，则设备承载力对应增加。

(4) 旋转输送机方式

旋转输送机方式是将巷道口输送机替换为旋转台，旋转台采用三链机形式或者辊筒牙叉机形式，堆垛机双货叉在旋转台上存取货物，之后设备旋转90°，和输送系统衔接输送。旋转台对输送托盘质量要求较低，承载可满足超过2 t的货物。设计时需要注意：旋转台设备对空间要求较高，占地较大，较适合双进深堆垛机形式，且托盘输送时在货架存放时的角度相差90°。

3.4 田字底托盘在立库中AGV/叉车的系统设计

随着物流行业的快速发展，AGV的应用范围越来越大。AGV系统，是通过智能建模、实时路径规划和无轨道式导航系统实现叉车或者自制车型自动化转运的设备系统，目前广泛运用于工业、军事、交通和餐饮等领域，具有良好的环境适应能力、很强的抗干扰能力和目标识别能力。

应用于托盘自动转运的AGV/叉车车型，一般分为堆高车和平衡重车的形式，对于需要将托盘堆存放的作业要求，堆高叉车货叉底部带有支腿，无法插入“田字底”托盘内部，只能托底；平衡重叉车货叉可设计为无支腿形式，可以插入“田字底”内部。另外，如果选择手动液压车形式，对于“田字底”托盘很难托底，并且不能将托盘放到地面存放。对于“田字底”托盘货物转运的设备选型，有一定的局限性。

4 结语

“田字底”托盘，因为转运设备多是采用托底形式，托盘本身的尺寸等要求相对不会太高；货架结构的设置采用牛腿形式或者垫块形式或者格挡梁形式，一般根据托盘尺寸以及货物重量等参数确定货架采用何种形式；库前交接托盘的输送机可以采用链条机或者辊筒机断开方式、顶升台方式或者旋转台方式，也需要考虑托盘的尺寸以及货物重量等

参数确定采用何种输送对接方式；在应用AGV进行托盘转运的场景中，根据托盘是否落地的需求，采用堆高车形式或者平衡重形式。

按照美标或日标，选择“田字底”托盘较多，按照欧标则选择“川字底”托盘较多。“田字底”托盘可以带托发运，适合出口；“川字底”托盘适合厂内流通，重复利用。关于“田字底”托盘在自动化立体库的应用，相对于“川字底”托盘，对各个系统要求更高。如何实现“田字底”托盘设备系统应用的灵活性以及成本的降低，是现在很多企业研究的一个课题。

参考文献：

- [1] 吴清一 中国托盘手册 [M]. 北京：中国财富出版社，2014.
- [2] 康晓雪；顾亮 超重型自动化立体库研究与设计 [D]. 电力设备管理，2021.
- [3] 马晓旭 物流托盘技术综述 [J]. 中小企业管理与科技，2016（19）：90-91.
- [4] 姜博 激光导航AGV叉车在物资仓储管理中的应用 [J]. 铁路采购与物流 2022（1）：53-55.