

工程机械结构原理与维修丛书

叉车

结构原理与维修

王苏光 王凤喜 主编
宁国平 李海龙 刘俊 参编
蒋世忠 审稿



工程机械结构原理与维修丛书

叉车结构原理与维修

主编 王苏光 王凤喜
参编 宁国平 李海龙 刘俊
审稿 蒋世忠



机械工业出版社

本书共 11 章, 第 1 章主要介绍国内外叉车的现状与发展; 第 2 章主要介绍叉车结构原理与维修必备的基本知识; 第 3 章主要介绍叉车结构原理与技术性能; 第 4 章主要介绍内燃动力装置; 第 5 章主要介绍传动系统; 第 6 章主要介绍制动系统; 第 7 章主要介绍转向系统; 第 8 章主要介绍工作装置; 第 9 章主要介绍电气系统; 第 10 章主要介绍叉车的维修保养及故障原因与排除; 第 11 章主要介绍 490B 系列柴油机技术性能、使用、保养、调整、配合、专用件、附件等汇总 (供维修调整更换工作方便)。并有附录 A 叉车产品技术规格及生产厂, 附录 B 国内外润滑油、脂品种对照。

本书取材广泛, 参考有关技术标准、产品样本、大学专业教材、专业杂志及维修工作实践汇编而成。

本书可供工程机械的管理、选用、操作和广大维修工程技术人员使用, 也可作为专业培训教材参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

叉车结构原理与维修/王苏光, 王凤喜主编. —北京: 机械工业出版社, 2011. 12

(工程机械结构原理与维修丛书)

ISBN 978-7-111-36544-0

I. ①叉… II. ①王…②王… III. ①叉车 - 构造②叉车 - 维修 IV. ①TH242

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 240088 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 沈红 责任编辑: 沈红

版式设计: 霍永明 责任校对: 张媛

封面设计: 姚毅 责任印制: 乔宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2012 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 18.75 印张 · 374 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-36544-0

定价: 39.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务 策划编辑: (010)88379778

社服务中心: (010)88361066 网络服务

销售一部: (010)68326294 门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010)88379649 教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者购书热线: (010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

随着经济全球化、生产柔性化、消费多样化、流通高速化时代的到来，企业生产资料的获得和产品销售范围的日益扩大，生产、物资流通、商品交换及其管理方式都发生了深刻的变化。由此也带来全球范围内现代物流产业的迅猛发展。

在原材料、在制品、成品及相关信息从供应地向需要地有效转移的全过程中，用来完成运输、装卸搬运、储存、分拣、包装、流通加工、配送等方面工作的设备，称为物流机械设备。

物流机械设备中的装卸搬运机械的种类很多，主要有叉车、搬运车、牵引车、单斗车、(集装箱)跨运车、挂车等。

为了满足交通、港口码头、机场及工矿企业从业人员的需求，使他们能便捷地熟悉和掌握现有叉车的构造、原理、使用、维修、发展，以及日常维护保养措施和叉车修理改进的要求，并做到合理选用，更好地发挥设备效能，组织编写了本书。

本书第1、9、10章由王苏光编写，第2、3、11章由王凤喜编写，第4、5、6章由宁国平、李海龙编写，第7、8章由刘俊编写，全书由王凤喜整理，蒋世忠审稿。

本书在编写过程中，曾得到第二重型机械集团公司总经理石柯、副总经理曾祥东、装备部长郭国英、万信公司总经理王权、书记梁健等的热情帮助和支持，在此表示感谢！

编 者
2011年3月

目 录

前言

第 1 章 国内、外叉车的现状与发展	1
1.1 叉车与相关设备的发展趋势	1
1.2 现代叉车的发展趋势	6
1.3 叉车排放标准及国产叉车达标现状	8
1.4 电动叉车的交流动力控制技术	13
1.5 新型搬运设备随行叉车	16
1.6 国内、外伸缩臂叉车的发展趋势	21
1.7 叉车控制系统新技术	25
第 2 章 叉车结构原理与维修必备的基本知识	28
2.1 叉车知识	28
2.2 叉车安全	44
2.3 叉车驾驶员安全操作规则	51
2.4 工程机械防锈涂装技术	57
2.5 叉车的解体、清洗及检验	60
2.6 叉车磨损件的修换方法	63
2.7 叉车零件的修理方法	64
2.8 修理作业和安全规则	76
2.9 叉车保养及修理定额	77
第 3 章 叉车的结构原理与技术性能	81
3.1 叉车的结构与技术性能	81
3.2 叉车的总体设计要求与选择计算	82
3.3 叉车底盘设计与传动系统	86
3.4 叉车液压系统与润滑	96
3.5 叉车电气系统与调速器	98
第 4 章 内燃动力装置	99
4.1 内燃机的结构与原理	99
4.2 内燃机的特性	102
4.3 叉车使用内燃机的特殊性	104
第 5 章 传动系统	107
5.1 概述	107
5.2 离合器	110

5.3 变速器	114
5.4 液力传动装置	119
5.5 驱动桥	124
第6章 制动系统	127
6.1 制动系统概述	127
6.2 制动系统的组成与工作原理	128
6.3 制动系统的分类	137
6.4 制动系统的性能	138
第7章 转向系统	140
7.1 概述	140
7.2 全液压转向器结构及工作原理	141
7.3 转向方式	144
7.4 转向系统的部件结构与工作原理	145
第8章 工作装置	150
8.1 工作装置组成与原理	150
8.2 工作装置的部件功能检验与修理	151
8.3 工作装置常见故障与排除方法	163
第9章 电气系统	164
9.1 蓄电池的保养与检修	164
9.2 发电机与调节器的检修及调整	169
9.3 硅整流发电机与调节器的检查	173
9.4 用电部分	176
9.5 起动装置的检修	176
9.6 照明系统、信号、仪表的检修	179
9.7 叉车电气设备系统的线路检查	181
第10章 叉车的维修保养及故障原因与排除	182
10.1 叉车的日常保养和维护	182
10.2 叉车定期保养、定期检查与维修	184
10.3 叉车各系统常见故障原因与排除方法	189
10.4 叉车轮胎	214
10.5 叉车的存放	215
第11章 典型叉车用柴油机技术性能及使用保养	217
11.1 柴油机技术性能参数	217
11.2 柴油机的使用	218
11.3 柴油机的技术保养	222
11.4 柴油机的调整	224
11.5 柴油机五大系统	231
11.6 490 B 系列柴油机主要零件及配合	235

附录	241
附录 A 叉车的产品技术规格及部分生产厂	241
附录 B 国内外润滑油、脂品种对照	260
参考文献	293

第1章 国内、外叉车的现状与发展

1.1 叉车与相关设备的发展趋势

物料搬运机械主要是用于企业车间、车站、码头、机场、货场、工地、矿山、商业及军用物资等物料装卸、升降、堆垛、运输和储存的机械设备。一般包括起重机械、输送机械、装卸机械、搬运车辆和仓储设备等。

物料搬运机械的应用在生产中有着重要的意义，这主要因为物料搬运量十分巨大，有些钢铁联合企业，每生产1t钢材，需要搬运的原材料、燃料、半成品、成品和废料等的总量常达50t以上；另外物料搬运所需的费用高、工业国家用于物料搬运的费用常占产品成本的25%左右；物料搬运占用劳动力多，在机械化程度不高的企业里，搬运工人常占工人总数的15%以上；在人力搬运不能承担的重物和高温或有放射性物质的区域作业时，必须利用机械进行搬运。因此，在生产中应对物料搬运系统给予足够的重视，并尽量采用先进适用的物料搬运机械，以减轻劳动强度；既可减少产品损伤，也能保护工人健康、提高劳动生产率和产品质量，进而降低生产成本。

现代的物料搬运机械开始于19世纪，19世纪30年代前后，出现了蒸汽机驱动的起重机械和输送机；19世纪末期，由于内燃机的应用，物料搬运机械获得迅速发展。最早在1910年出现了既能起升又能搬运的叉车；世界上第一台叉车是由美国克拉克公司在1932年投放市场的，1935年后出现了内燃叉车。在第二次世界大战期间，广泛使用叉车搬运、储存军用物资，叉车也因此得到了迅速发展。到了20世纪70年代出现的计算机控制物料搬运机械系统，使物料搬运进入高度自动化作业阶段。

叉车在各行各业都有广泛使用，尤其在军事方面使用日益增加。例如，美军在海湾战争时，一次就订购了400台伸缩臂叉车。在军用方面，越野叉车、随行叉车等车型都得到了较大发展。

物料搬运机械分类方法很多，没有统一的规定，仅有起重机械分类方法，但被普遍认可。现列举如下：图1-1为起重设备分类，图1-2为输送机分类，图1-3为装卸机械分类。

图1-3所示的叉车分类是按叉车的结构型式进行的。通常按动力源分类为：内燃叉车、电动叉车、手动叉车，也可以分为：内燃叉车、电动叉车、仓储叉车。内燃叉车还分为普通内燃叉车、重型叉车、集装箱叉车和侧面叉车。

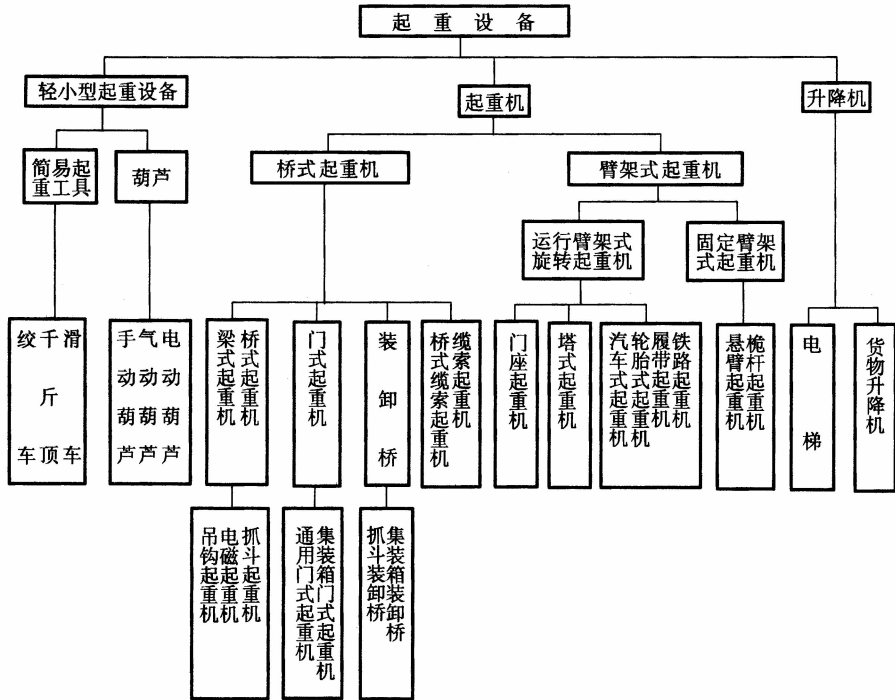


图 1-1 起重设备分类

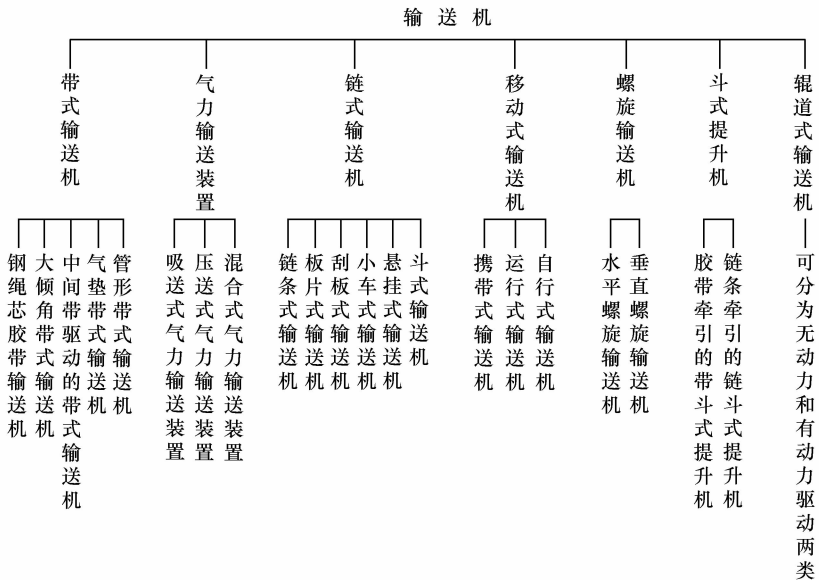


图 1-2 输送机分类

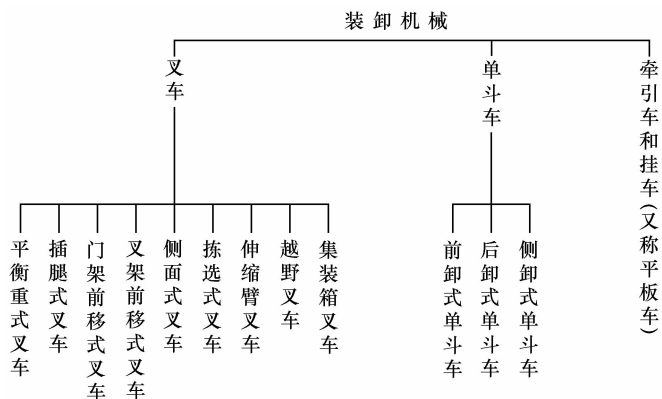


图 1-3 装卸机械分类

在我国，工程机械主要包括 10 大类设备，其中就有叉车，如图 1-4 所示。其他各国工程机械的分类大同小异，如美国称工程机械为建筑机械，日本称为建设机械，俄罗斯称建筑与筑路机械。常见的工程机械有：液压挖掘机、履带堆土机、轮式装载机、压路机、平地机、摊铺机、叉车及汽车起重机等。

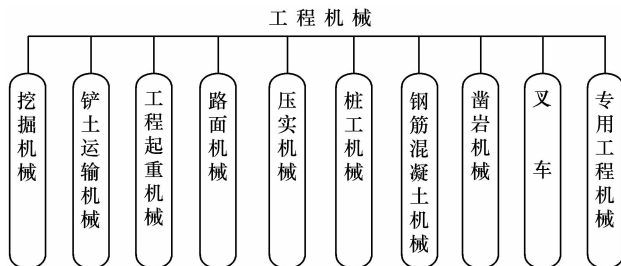


图 1-4 工程机械分类

叉车是 ISO/TC110/SC2 工业车辆技术委员会机动工业车辆管理范围。其他物料搬运机械如搬运车辆分类如图 1-5、仓储设备分类如图 1-6 所示。

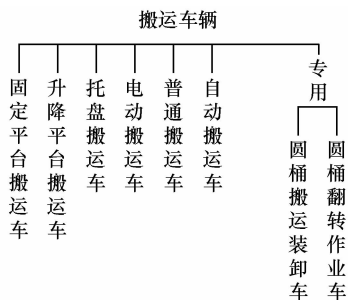
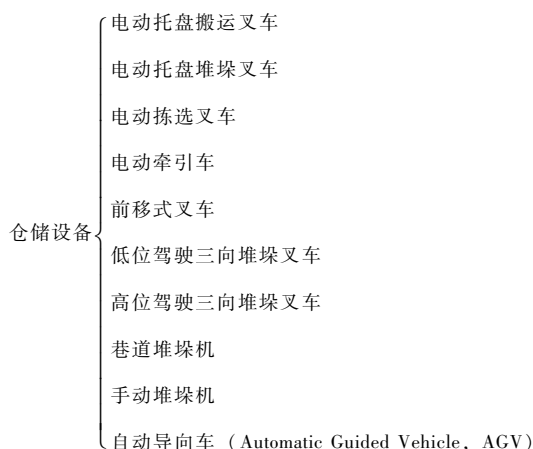


图 1-5 搬运车辆分类



还有自动化立体仓库、货架、堆垛起重机等。

图 1-6 仓储设备分类

自动导向车 (Automatic Guided Vehicle, AGV) 可按照设定的路线自动行驶或牵引着载货台车, 将物料搬运到指定的地点。它具有导向行驶、认址和移交载荷的基本功能。

世界上第一台 AGV 是在 1958 年研制成功的。当时由于受到通信技术和电子技术的限制, 其控制器采用的是真空管。20 世纪六七十年代, AGV 的技术与应用达到了一个高峰, 主要用于汽车制造业和柔性加工线。欧洲成为最先使用的地区, 随后, 美国和日本开始发展。到 20 世纪 90 年代初, 全世界拥有量超过 10000 套, AGV 台数超过 20000 台。

我国 AGV 的研究从 20 世纪 70 年代开始, 北京起重运输机械研究所、沈阳自动化所、清华大学等 10 余个单位都进行了相关研究。目前我国应用 AGV 的单位约有 100 多家, AGV 数量超过 500 台。

AGV 的应用非常广泛, 主要包括以下几个方面:

1) 自动导向车 (AGV) 在制造业中的应用。制造业中主要应用于物料分发、装配和加工制造三个方面。物料分发包括生产工序间的物料移送和仓储作业中的物料移送。统计资料表明, 物料分发并不是 AGV 的主要用处。制造加工单元之间的物料搬运是加工制造中 AGV 应用的重要方式, 如在 FMS 中的应用。由于每个 FMS 中 AGV 的数量不多, 总的来说, 该领域 AGV 的应用还是十分有限的。

就 AGV 的数量和重要性来说, 装配作业是 AGV 的最为主要的的应用环节, 汽车工业是 AGV 的重要应用领域。美国通用汽车公司 90% 的 AGV 用于汽车装配线, 仅 10% 用于物料搬运。西欧各国用于汽车装配的 AGV 占整个 AGV 数量的 57%, 而德国尤为突出, 高达 64%。另外, 电子工业是 AGV 的新兴用户。由于传统的输送带运输方式很难完成多品种、中 (小) 批量元器件的发送, 而 AGV 能提供柔性

最好的输送，且可以很方便地通过对 AGV 的输送工艺路线进行编程，使其按所要求的路径和方式到达装配线的指定位置。在净化室中，AGV 更可大显身手，它可满足净化要求极高的操作。

2) AGV 在重型机械中的应用。在重要机械行业中，AGV 主要用来运送模具和原材料（如成卷带钢等），因而要求 AGV 承载量大，通常为 2.2~4.5t，最大者可达 6.3t。能配备功率较大的移栽装置也是这类 AGV 的特点，如在 AGV 上配备大型机器人用以对大型金属构件进行喷漆（如飞机骨架的喷漆）是 AGV 在重型行业中的应用之一。

3) AGV 系统在烟草行业中的应用。在烟草行业中，AGV 的应用比较广泛，主要用于辅料从立体仓库到生产工位的输送。烟草行业由于其经济效益较好，已成为 AGV 试点应用的最好行业。在我国，云南玉溪烟草集团公司 1996 年实施物流自动化时，共引进厂 52 台 AGV，构成了庞大的 AGV 系统。此后，中国众多的烟草公司纷纷实施物流系统，并把 AGV 作为必需的项目加以应用。

4) AGV 在非制造业中的应用。在非制造业中，AGV 的应用也越来越普遍。在码头应用的集装箱 AGV 系统，其承载能力可以达到 14t，并应用 GPS 技术进行导航，这是目前最先进的系统。现代化的医院中安装的 AGV 系统，可把取样从门诊部自动运送到中央化验室，把药物、医疗用品、食品、衣物用品从中央物料管理中心输送到医院的各个部门。邮政部门也采用 AGV 将邮件进区台的邮件输送到处理处，再将处理区的邮件输送到邮件出区台。为了加大运输量，邮政部门使用的是牵引式 AGV 系统，一次可以牵引多台邮件车。大型办公楼也开始安装 AGV 系统，用以运送邮件、电文和包裹到各个分区部门。宾馆业采用 AGV 把食品从厨房运送到客房。AGV 也可作为机器人的“脚”，使机器人可在更大范围内自动完成作业，如在 AGV 上配备机器人，可用于光整水泥地面。在具有核辐射危险的地方，常将 AGV 机器人用于核材料的搬运。

AGV 由于其独特的功能，其优势表现在很多方面：①可以十分方便地与其他物流系统实现自动连接，完成物流及信息流的自动连接。如从立体仓库到生产线的连接、立体仓库到立体仓库的连接，均可以通过无线通信完成信息的自动传递，从而实现自动化物流。② AGV 的最大优势是由于采用埋设地下通信电缆或采用激光制导技术，能够保持地面的平整和不受损坏。在许多需要其他交通、运输工具交叉运行的场合，如生产线等，应用十分广泛。③AGV 输送对于减少货物在运输过程中的损坏、降低工人的劳动强度等均具有积极意义。④AGV 系统本身具有较高的可靠性，能耗较低，这些特点均使得近年来 AGV 得到了广泛的应用。

一般来说，起重机械用于升降和搬运，但搬运距离较短，它的机构作间歇式运动；输送机可连续输送物料，搬运路线一般固定不变，大多用来输送散状物料；装卸机械能自行取物并装卸物料。搬运车辆可灵活安排搬运路线，经济运输距离较

长，可在室内或室外作业，具有行驶移动功能；仓储设备是在仓库中完成堆、取、储存物料的装置，包括料仓装置、高架仓库和给料机等。随着工业的发展，许多机械具有多种功能和用途，例如叉车既是装卸机械又是搬运车辆，可用以装卸，也可起升重物，所以叉车又称万能装卸机。

物料搬运机械是为生产服务的，它的设计和选型应当服从生产过程的需要，但是新型物料搬运机械也常导致生产工艺的变革和改进。例如，斗轮堆取料机的出现，形成了以斗轮堆取料机为心脏、带式输送机为血管、计算机为神经中枢的自动化大型散料场搬运系统，从而改变了港口、矿山和火电厂等的散料场的布置；用叉车代替桥式起重机，单梁起重机进行搬运作业的车间，能简化厂房结构、降低基建费用。

20 世纪后半叶，单元化运输得到很大发展，集装箱的标准化和联运的推广，使水、陆运输的装卸工作简化，并引起车站、港口的布局和铁路车辆、轮船结构的改变。

物料搬运机械可将上道工序的半成品直接、自动地转送到下道工序，将上下许多道工序联成一个系统，形成有节奏的生产；还可以在搬运过程中同时对物料进行清洗、烘干、涂漆、分拣、储存、检验和计量等，从而能减少装卸次数、缩短生产周期和节约设备投资。

在许多生产和作业流程中，物料搬运机械已经不是单独作业的机械，而是整个流程不可分割的一环。还有，物料搬运机械根据生产发展的需要增加技术功能和扩大作业范围，促进了设备的改进，例如伸缩臂叉车加长后可以跨越小沟、台阶、门窗孔进行装卸作业；又如，叉车起重量已达到 80t，还在不断研究增加起重量；有的叉车配备 30 余种各样属具后扩大了使用范围。

总之，在研究和选用物料搬运机械时，不仅应了解物料的特性、搬运的目的和要求，以及作业时环境是否受干扰和污染，还必须结合整个生产或作业流程来考虑，使搬运机械与其前、后工序的各种机械密切联系成为一个系统，以减少装卸环节，提高工作效率，增加经济效益。

1.2 现代叉车的发展趋势

叉车最早出现在 1910 年，1928 年美国制造出电动叉车，1932 年美国克拉克公司把世界上第一台叉车投放市场，随后叉车得到了快速的发展。特别是第二次世界大战期间广泛使用叉车搬运、储存军用物资，叉车也因此得到了更加迅速的发展。第二次世界大战后，欧美各国的叉车品种和产量急剧上升。目前叉车产量较大的国家是美国、日本、德国、英国和保加利亚，我国近几年的叉车产量也属于较大的国家之一。

我国的蓄电池叉车生产于1954年,内燃叉车生产于1958年。从20世纪80年代中期开始,我国引进国外先进技术,例如大连叉车总厂引进日本三菱公司10~40t内燃平衡重叉车和集装箱叉车技术;合肥叉车总厂、宝鸡叉车公司引进日本TCM株式会社1~10t叉车技术;北京叉车总厂引进日本三菱公司1~5t内燃平衡重叉车技术;天津叉车总厂引进保加利亚巴尔干车辆公司1.25~6.3t内燃叉车技术;杭州叉车总厂引进德国O&K公司静压传动叉车、越野叉车和电动叉车技术;湖南叉车公司引进英国普勒班机械公司内燃防爆装置技术等。

我国自从引进国外先进叉车技术以后,各企业经过认真消化吸收,在引进技术的基础上积极对产品进行更新和系列化,很快就设计制造出国产叉车,并受到用户好评。当时整体水平与世界先进水平还有差距。近年来通过不断研制,有些产品已赶上世界先进水平,而且差距越来越小,并有能力达到与世界强手竞争的技术水平。

现代叉车技术发展趋势:

(1) 驱动电动机及电控由直流向交流方向发展 采用交流电控可以提高生产率、加速快,可提高车辆行驶速度和门架起升速度,且高速行驶时输出转矩大。在同样工况下能耗小,可以延长蓄电池单班使用时间。另外,交流电动机无电刷和换向器,不必定期维护,使整个交流控制系统运行费用降低。Linde(林德)、Jungheinrich(永恒力)、Toyota(丰田)、Hyster等知名叉车公司均已推出了交流蓄电池叉车产品。

(2) 操纵系统向集成化方向发展 随着操作人员对操作舒适性的要求越来越高,集成化操纵成为发展趋势。所谓集成化操纵就是用一个操纵手柄完成蓄电池叉车的所有控制动作:叉车前进/后退、门架前移/后退、门架上升/下降、货叉前倾/后倾、货叉左侧移/右侧移。这样,可降低操作人员的劳动强度,从而提高劳动效率。

目前,Jungheinrich的产品已采用这种舒适、方便的集成操纵系统。

(3) 发展环保型叉车 随着人们对环境污染危害的深刻认识,环保已成为世界共同关注的焦点。因此,环保型叉车将成为市场发展的主流,所以环保型叉车必须加强、加快研制,提高技术水平,这种产品是今后发展的方向。

(4) 节能和机电液一体化高新技术的应用 微电子技术、传感技术、信息处理技术的发展和运用,对提高叉车整体水平,实现复合功能,以及保证整机及系统的安全性、控制性和自动化水平的作用将更加明显,使电子与机械、电子与液压的结合更加密切。未来叉车的发展在于其电子技术的应用水平。

(5) 重视叉车的安全可靠性与可维护性 保证驾驶员的安全一直是叉车设计人员重点考虑的问题。除驻车、行车制动,前倾自锁、下降限速等基本安全措施外,通过配备功能齐全的监控系统、动力制动系统、防侧翻系统,以及采用电控、

液压、机械三套独立制动系统，大大提高了整车的安全可靠。同时，电子技术的发展与运用，使对叉车安全性研究向智能化方向发展。在提高可维护性方面，侧重拆装简单化、部件组合化、加油集中化、检查监控化，改善部件的易接近性及尽可能减少需维修的项目。

(6) 制动系统向电子化方向发展 为了减少制动冲击，增强适用性，要求传动系统的制动力矩可调，从而促进了可调力矩电磁制动器的发展。可调力矩制动器由一个弹簧加压制动器和电子控制装置——力矩控制器组成，这种机电一体化的制动系统在实现制动力矩可调功能的同时，还可以通过力矩控制器对制动器的磨损进行监测，使系统的可靠性提高，降低运行维护成本。此外，这种可调力矩制动器还可以设置 CAN 总线接口，以实现制动器的远程诊断及控制和对制动控制的网络化操作。

(7) 电动叉车 具有能量转换效率高、无废气排放、噪声小等突出优点，是室内物料搬运的首选工具，但其受蓄电池容量限制，功率小、作业时间短。目前国内外均在不断改进铅酸蓄电池技术，通过提高材料纯度等使其在复充电次数、容量和电效率方面有较大提高。由于技术的进步，电动叉车现已突破只能用于小吨位作业的局限性。目前国际上电动叉车的产量已占叉车总量的 40%（国内还为 10% ~ 15%）。在德国、意大利等一些西欧国家，电动叉车比例高达 65%。我国目前使用内燃叉车的地方还很多，而且还在不断增加产量，但同时电动叉车也越来越多了。随着用户的需求，进一步推动了蓄电池叉车的发展，节约能量、提高可靠性、降低使用和维护成本、提高操纵舒适性已成为蓄电池叉车的发展方向。

1.3 叉车排放标准及国产叉车达标现状

叉车按动力型式可分为内燃叉车和电动叉车。内燃叉车以发动机为动力，功率大，对路面的要求低，使用范围广，但发动机是通过燃烧柴油、汽油、石油液化气等燃料产生动力，燃烧排放的尾气中会存在一氧化碳、碳氢化合物、氧化氮、颗粒物等有害物质。在世界环境污染问题日趋严重的今天，环境恶化已成为制约经济发展，危害人民健康的重要因素。为保护大气环境，各国纷纷制定了相关排放法规以限制尾气的排放，内燃叉车的生产和销售也受到限制，尤其经济发达国家对环保要求更高。

1. 相关排放标准状况

叉车属于非道路工业车辆，其排放的好坏主要取决于发动机排放控制情况的优劣。在非道路用发动机排放控制方面，美国开始的最早，欧盟、日本紧跟其后。我国的非道路车辆排放标准目前已进入了实施阶段。

(1) 国际非道路车辆排放标准状况 美国环保署 (EPA) 在 1994 年针对除机车、船舶和地下矿用设备以外超过 37kW 的非道路柴油发动机发布了第一套排放标准第 I 阶段。1996~2000 年, 根据发动机规格不同分阶段执行第 I 阶段标准, NO_x 和颗粒物的排放量分别比未采用排放标准前降低了 31% 和 60%。经过第 II 阶段 (2000~2006) 以后, 2006~2008 年间分阶段执行 37~560kW 发动机的第 III 阶段, NO_x 和颗粒物的排放量比第 I 阶段分别再降低 60% 和 40%, 并计划在 2011~2014 年执行第 IV 阶段 (暂时阶段和最终阶段), NO_x 和颗粒物的排放量均比未采用排放标准前降低 96%。

欧盟 (EU) 第一个非道路移动机械排放控制标准 (指令 97/68/EC) 发布于 1998 年 2 月 27 日, 其第 I 阶段于 1999 年执行, 第 II 阶段根据发动机的功率不同分别于 2001~2004 年逐步执行。目前执行的第 III 阶段分两步: 第一步 (阶段 III A) 仅包括气态排放物, 从 2005 年 12 月 31 日到 2007 年 12 月 31 日, 与第 II 阶段限值相比, NO_x 排放量降低了 30%; 第二步 (阶段 III B) 涵盖颗粒物的排放, 将于 2010 年 12 月 31 日至 2011 年 12 月 31 日之间执行, 与第 II 阶段相比颗粒物排放下降约 90%。第 IV 阶段将从 2014 年开始执行。

目前, 柴油叉车涉及的最具代表性的国际排放标准有美国环保署 (EPA) 和欧盟 (EU) 非道路车辆用柴油机排放标准; 汽油叉车涉及的排放标准是美国环保署 (EPA) 非道路车辆用大型 (大于 19kW) 点火式发动机排放标准, 分别见表 1-1 和表 1-2。

(2) 我国非道路车辆排放标准状况 我国最早用于非道路发动机排放控制的排放标准是 2003 年 4 月 1 日发布的两个北京地方标准《DB11/184—2003 非道路柴油机排气可见污染物限值及测量方法》和《DB11/18—2003 非道路柴油机排气污染物限值及测量方法》。标准等同采用了欧洲第 I 和第 II 阶段的排放限值, 执行时间分别为 2003 年 1 月和 2005 年 1 月。

目前, 我国正在实施的 GB 20891—2007《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法》标准 (I、II 阶段) 是参考了欧盟标准。在欧盟 (指令 97/68/EC) 基础上, 增加了对农、渔业机械的要求; 在第 I 阶段增加了对小于 37kW 柴油机的排放控制, 在第 II 阶段增加了对小于 18kW 的柴油机的排放控制等。

GB 20891—2007 标准中规定的非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值分别见表 1-3 和表 1-4, GB 20891—2007 标准中规定的型式核准执行日期见表 1-5。GB 20891—2007 标准还规定: 自表 1-5 规定型式核准执行日期后一年起, 所有制造和销售的非道路移动机械用柴油机排气污染物排放必须符合该标准要求。目前, 我国还没有非道路车辆用大型 (大于 19kW) 点火式发动机排放标准。

表 1-1 欧美非道路车辆用柴油机排放标准

(摘自美国环保署(EPA)提供数据)

[单位:g/(kW·h)]

功率/kW	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0~7					(10.0)/8.0/1.0			(7.5)/8.0/0.80			(7.5)/6.6/0.40											
8~18					(9.5)/6.6/0.80			(7.5)/6.6/0.80														
19~36					(9.5)/5.5/0.80			(7.5)/5.5/0.60			(7.5)/5.5/0.30				(4.7)/5.0/0.03							
37~55					9.2/-/-/-			(7.5)/5.0/0.40			(4.7)/5.0/0.30				(4.7)/5.0/0.03							
56~74											(4.7)/5.0/0.40				3.4/0.19/5.0/0.02		0.4/0.19/5.0/0.02					
75~129					9.2/-/-/-			(6.6)/5.0/0.30			(4.0)/5.0/0.30											
130~224					9.2/1.3/11.4/0.54			(6.4)/3.5/0.20			(4.0)/3.5/0.20				2.0/0.19/3.5/0.02							
225~449					9.2/1.3/11.4/0.54			(6.4)/3.5/0.20			(4.0)/3.5/0.20											
450~560					9.2/1.3/11.4/0.54			(6.4)/3.5/0.20			(4.0)/3.5/0.20											
560~					9.2/1.3/11.4/0.54			(6.4)/3.5/0.20			3.5/0.40/3.5/0.10				3.5/0.19/3.5/0.04							
	I 阶段				II 阶段			III 阶段			IV 阶段 暂时的				IV 阶段 最终的							

(摘自欧盟(EU)提供数据)

[单位:g/(kW·h)]

功率/kW	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
19~36					8.0/1.5/5.5/0.8			(7.5)/5.5/0.6														
37~55					9.2/1.3/6.5/0.85			7.0/1.3/5.0/0.4			(4.7)/5.0/0.4				(4.7)/5.0/0.025							
56~74											(4.7)/5.0/0.4				3.3/0.19/5.0/0.025		0.4/0.19/5.0/0.025					
75~129					9.2/1.3/5.0/0.70			6.0/1.0/5.0/0.3			(4.0)/5.0/0.3				3.3/0.19/5.0/0.025							
130~560					9.2/1.3/5.0/0.54			6.0/1.0/3.5/0.2			(4.0)/3.5/0.2				2.0/0.19/3.5/0.025		0.4/0.19/3.5/0.025					
	I 阶段				II 阶段			III A 阶段			III B 阶段				IV 阶段							

注:表中不同功率段的发动机对应年份的尾气中 NO_x、HC、CO、PM[g/(kW·h)]有两种排列形式,分别为 NO_x/HC/CO/PM 和 (NO_x+HC)/CO/PM。