

叉车 构造、使用、维修 一本通

CHACHE GOUZAO SHIYONG WEIXIU
YIBENTONG

江华 尹祖德 / 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书共四篇 15 章,较系统地介绍了叉车的构造原理、驾驶作业、维修保养与故障排除。

本书汇集了各种叉车的技术资料,吸收融入作者多年教学训练积累的经验;内容全面系统,力求贴近市场主流车型,并针对叉车驾驶操作易、维修保养难的特点,着力打好理论基础,强化操作技能,突出维修保养与故障排除,每章后有思考题充分体现了针对性、实用性、操作性。

本书既可作为中等职业教学和企业、社会培训机构的专门教材,又适合于叉车驾驶员自学和其他管理者、爱好者阅读,还可以为维护保养人员提供指导。

图书在版编目(CIP)数据

叉车构造、使用、维修一本通/江华,尹祖德编著. —北京:
机械工业出版社, 2010. 1

ISBN 978-7-111-28890-9

I. 叉… II. ①江…②尹… III. ①叉车—构造②叉车—使用
③叉车—维修 IV. TH242

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 006709 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:连景岩 封面设计:鞠 杨

责任校对:陈立辉 责任印制:李 妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2010 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·15.25 印张·379 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-28890-9

定价:36.00 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

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销 售 一 部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销 售 二 部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着我国经济的快速发展，仓储、物流业也越来越繁荣，叉车的产销量越来越大，叉车的数量激增。为了满足叉车职业培训和叉车驾驶员、维修人员的需求，针对叉车驾驶员所担负的驾驶与操作任务繁重复杂，参加系统的职业培训困难，维修人员资料短缺、经验不足的现实情况，我们编写了本书，供叉车从业人员学习使用和参考。

本书共四篇 15 章，较系统地介绍了内燃叉车的构造原理、驾驶操作、维护保养与故障排除，同时对电动叉车作了较详细的介绍，形式新颖，图文并茂，尽力增强读者的阅读兴趣；内容全面系统，难易适度，具有较强的指导借鉴作用。在编写过程中进行了大量的调查研究，广泛收集了各种叉车的技术资料，并将本人多年实践积累的成功经验融入书中，并针对市场 2~5t 叉车主流车型的技术与应用特点，着力打牢理论基础，强化驾驶操作技能，突出维护保养与故障排除，体现了针对性、实用性和可操作性，是一本知识面较宽的专业读物。

本书可作为叉车职业培训的专门教材，也可用于仓库、码头、铁路、工厂和机场等各类物流装卸搬运驾驶员自学，同时本书也是专业维护保养人员的重要参考资料，还能为管理者提供帮助。

本书在编写中得到蔡振宇、徐恒及其他热心同志的有力的帮助，在此表示特别的感谢！此外，书中参阅了国内许多相关著作，在此谨对有关作者表示诚挚的谢意！

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请广大读者和同行批评指正，以便进一步改进完善。

编 者

目 录

前言

第一篇 概述	1
第一章 叉车简介	3
第一节 叉车的功能与组成	4
第二节 叉车的分类	5
第三节 叉车的编号	7
第四节 叉车的主要参数	8
第五节 电动叉车的特点及发展趋势	10
第二章 叉车安全作业与驾驶员的基本要求	14
第一节 安全作业的操作规程	14
第二节 叉车驾驶员的素质和职责	17
第二篇 叉车构造原理	21
第三章 内燃叉车的动力装置	23
第一节 发动机的总体构造与工作原理	23
第二节 曲轴连杆机构	27
第三节 配气机构	31
第四节 汽油机燃料供给系统	34
第五节 柴油机燃料供给系统	37
第六节 发动机润滑系统	45
第七节 发动机冷却系统	48
第四章 叉车底盘	53
第一节 传动系统	53
第二节 行驶系统	63
第三节 转向系统	66
第四节 制动系统	70
第五章 叉车工作装置与液压系统	76
第一节 工作装置的组成	76
第二节 叉车工作装置的主要类型	80
第三节 叉车属具	82
第四节 叉车液压传动系统及主要部件	86
第六章 内燃叉车电气设备	90



第一节 电源系统	90
第二节 起动系统	98
第三节 汽油机点火系统	102
第四节 全车电路	107
第七章 电动叉车动力装置	111
第一节 电动叉车蓄电池	111
第二节 电动叉车驱动电动机	112
第三节 电动叉车驱动电动机的控制	114
第三篇 叉车驾驶作业	123
第八章 内燃叉车基础驾驶	125
第一节 内燃叉车操作装置运用	125
第二节 起动与熄火	127
第三节 起步与停车	128
第四节 直线行驶与换档	129
第五节 转向与制动	130
第六节 倒车与调头	131
第九章 叉车式样驾驶	133
第一节 直弯通道行驶	133
第二节 绕8字形	134
第三节 侧方移位	135
第四节 倒进车库	135
第五节 越障碍	136
第六节 载托盘曲线穿、拆、堆垛	137
第七节 场地综合技能驾驶训练与考核	138
第十章 叉车作业与应用	141
第一节 叉车叉取货物	141
第二节 叉车卸下货物	142
第三节 拆码垛作业	143
第四节 叉车在复杂环境条件下的应用	144
第五节 电动叉车使用	147
第四篇 叉车的维护保养与故障排除	151
第十一章 叉车维护保养的制度要求	153
第一节 叉车保养的主要内容	153
第二节 内燃叉车保养的种类	154
第三节 叉车大修规程	160
第四节 叉车油料的选择与使用	161
第十二章 叉车动力装置的维修与故障排除	168



叉车构造、使用、维修一本通

第一节	曲柄连杆机构的维修	168
第二节	配气机构的维修	170
第三节	汽油机燃料供给系统的维修与故障排除	172
第四节	柴油机燃料供给系统的故障排除与维修	175
第五节	润滑系统的维修与故障排除	181
第六节	冷却系统的维修与故障排除	184
第十三章	叉车底盘的故障排除与维修	188
第一节	传动系统的故障排除与行驶系统的维修	188
第二节	转向系统的故障排除与维修	194
第三节	制动系统的故障排除与维修	196
第十四章	叉车工作装置和液压系统的维修保养与故障排除	201
第一节	叉车液压元件的保养与故障排除	201
第二节	叉车工作装置和液压系统故障的诊断与排除	207
第三节	叉车工作装置的维修	209
第十五章	叉车电气系统的维护保养和故障排除	213
第一节	电源系统的维护保养和故障排除	213
第二节	起动系统的维护保养和故障排除	221
第三节	点火系统的维护保养和故障排除	225
第四节	叉车电气设备的维护保养与故障排除	228
第五节	电动叉车的维护保养	231
参考文献		235

第一篇

概述

第一章 叉车简介

叉车最早出现在1910年，1928年美国制造出电动叉车，1935年后出现内燃叉车。二次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。目前，世界各国都在大力发展各类叉车，最大起重量已达到80t，而最小的仅为0.25t。随着托盘、集装箱的广泛使用，叉车属具也趋于多样化，叉车的使用范围将更加广泛。

我国在20世纪50年代初开始研究前苏联产品，60年代后，已能生产几个品种的内燃叉车与电动叉车。80年代后，通过组织行业联合设计，引进国外先进技术，我国已能生产起重量0.5~2t的电动叉车和0.5~42t的内燃电动叉车。目前1~3.5t的电动叉车和2~5t内燃叉车，已成为中国叉车市场上的主打产品。进入21世纪后，中国叉车行业发展迅速，在叉车的设计水平、外观造型和整机性能上已达到或超过国外90年代水平；在数量规模上，目前中国各类叉车批量生产销售企业已达200家，除满足国内市场的需要，还有部分出口到国外，2007年年产销量突破15万台，并且以年30%的速度增长。2008年4月达到月销量2万台高峰。

目前，国内市场的叉车品牌，从国产到进口有几十家。国产品牌有：合力、杭州、大连、巨鲸、湖南叉车、台励福、靖江、柳工、佳力、靖江宝骊、天津叉车、洛阳一拖、上力重工、玉柴叉车、合肥搬易通、湖南衡力等。进口品牌有：林德(德国)、海斯特(美国)、丰田(日本)、永恒力(德国)、BT(瑞典)、小松(日本)、TCM(日本)、力至优(日本)、尼桑(日本)、现代(韩国)、斗山大宇(韩国)、皇冠(美国)、OM(意大利)、OPK(日本)、日产(日本)、三菱(日本)等。

随着科学技术的进步和市场经济的发展，物流设备在经济发展中的地位和作用越来越明显，叉车普及率越来越高。无论是大型企业还是小型私营企业，叉车已经取代人力装卸，由此带来的叉车制造业之间的竞争也越显激烈，促进了叉车业以及叉车技术的迅猛发展。未来全球叉车正朝着专业化与生产系列化、人性化、环保化、模块化，以及优良的安全性、维修性与操作性等方向发展，如，未来型概念叉车驾驶室可旋转180°，整车装备一种集成运行记录器，承担着“黑匣子”的功能。

目前，中国叉车市场空间广阔，吸引了全世界的叉车厂商，世界排名前十位的叉车品牌，纷纷占领中国市场，合资或独资企业超过20家。国内叉车生产企业只有不断地进行技术创新及探索，适时地将新产品推向市场，接受市场的考验，并不断地进行改进，才能在激烈的市场竞争中立于不败之地。2008年国际金融危机爆发后，我国加快推动环保清洁能源产业的发展，电动叉车发展滞后的态势将发生明显改变，我国的叉车技术和水平会得到更加快速的发展与提高，国际竞争能力会进一步增强，叉车行业将呈现出勃勃生机和活力。



第一节 叉车的功能与组成

一、叉车的功能

叉车又称万能装卸机，是一种通用的起重运输、装卸堆垛、牵引或推顶轮式车辆，被广泛用于机场铁路、港口、仓库、工厂和现代物流、邮政等场所。

由于叉车具有对成件物资进行装卸和短距离运输作业的功能，并可装设各种可拆换的属具，因此能机动灵活地适应多变的物料搬运作业场合，可以进入车厢、船舱和集装箱内进行货件的装卸搬运作业，经济高效地满足各种短途物料搬运作业的要求。叉车以内燃机或蓄电池与电动机为动力，带有货叉承载装置，具有自行能力，工作装置可完成升降和前后倾、夹紧、推出等动作，能实现成件物资的装卸、搬运和拆码垛作业。若配备其他先进属具，还能用于取大件货物散状物资和非包装物资的装卸作业，从而有效地减轻劳动强度，提高生产率，降低经济成本，增强作业安全性。

二、叉车的组成

叉车主要由动力装置、底盘、工作装置和电气设备四大部分组成。

1. 叉车动力装置

内燃平衡重式叉车是以内燃机为动力的叉车，内燃机主要有汽油机、柴油机和液态石油气(天然气)机和双燃料机等几种，由内燃机、传动驱动装置、操纵控制装置、工作装置等组成，如图 1-1 所示。

电动叉车分为以蓄电池为动力源和以交流电为动力源两种，由蓄电池、电动机、传动驱动装置、操纵控制装置、转向制动装置、工作装置等组成，如图 1-2 所示。由于交流电叉车

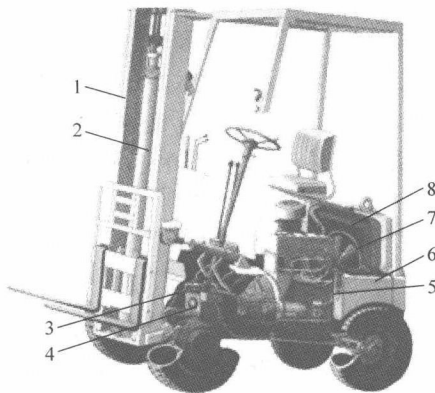


图 1-1 内燃平衡重式叉车基本组成

- 1—工作装置 2—液压系统 3—制动系统
4—转向系统 5—传动系统 6—车体部分
7—电气系统 8—发动机装置

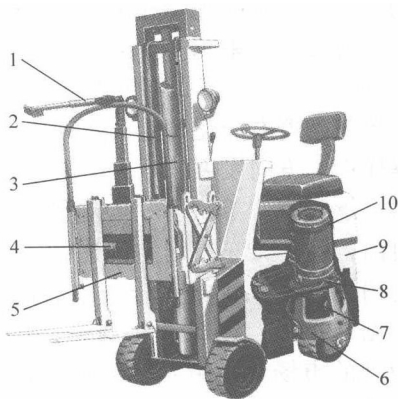


图 1-2 电动叉车基本组成

- 1—压紧机构 2—起升机构 3—液压系统 4—横移机构
5—货叉架 6—驱动装置 7—转向系统 8—制动系统
9—车体 10—电气系统



使用范围受限,使用较少,通常所说的电动叉车指的是蓄电池叉车。

2. 叉车底盘

由传动系统、转向系统、制动系统、行驶系统四部分组成。

3. 工作装置

工作装置也称起升机构,由机械部分与液压系统组成。工作装置又可分为门架式、平行连杆式和吊臂伸缩式三种,其中以门架式应用为最广泛。

4. 电气设备

主要由蓄电池、照明、各种警告与报警信号装置及其他电气元件和线路组成。内燃叉车有起动机和发电机,汽油机叉车还有点火装置,电动叉车有直流电动机。

随着叉车技术的发展以及用户使用要求的不断提高,平衡重式叉车目前还具有许多选装件,如驾驶室、灭火器、各种属具、报警装置等,内燃叉车还可选空调等。

第二节 叉车的分类

叉车的种类繁多,分类方法多样,通常可按动力源、传动方式、用途、行走方式、结构形式进行分类。

一、按动力源分

按动力源分,叉车可分为内燃叉车、电动叉车、手动叉车三种。

内燃叉车如图 1-3 所示,其特点是储备功率大,载荷能力为 1.2 ~ 8.0t,作业通道宽度一般为 3.5 ~ 5.0m,行驶速度快,爬坡能力强,作业效率高,对路面要求不高。但其结构复杂,维修困难,污染环境,噪声较大。

电动叉车如图 1-4 所示,其特点是结构简单、操作方便、污染少、噪声低。由于受蓄电池容量的限制,其驱动功率和起重量都较小(承载能力 0.4 ~ 6t),作业速度低,对路面要求高,还需配备充电设施。

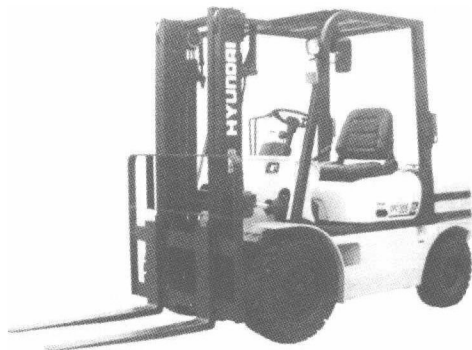


图 1-3 3t 平衡重式内燃叉车



图 1-4 1.8t 平衡重式电动叉车

手动叉车的特点是转弯半径小,无驾驶台,通过操纵杆控制叉车升降,是专供在通道窄小的仓库、车间内部装卸、搬运货物而设计的,如图 1-5 所示,具体数据见表 1-1。

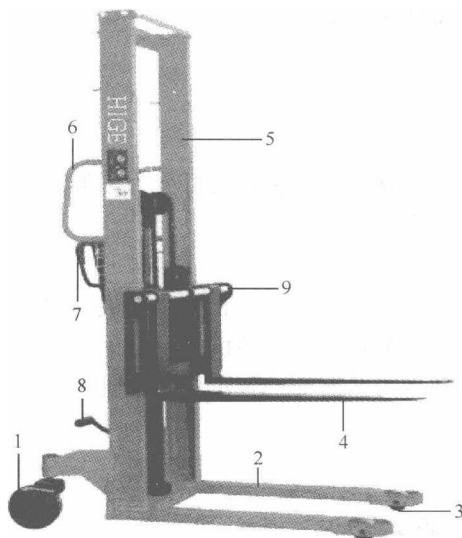


图 1-5 手动液压叉车的组成

1—转向轮 2—叉腿 3—前轮 4—货叉 5—门架
6—扶手 7—液压手柄 8—液压踏板 9—货叉架

表 1-1 手动液压叉车的相关数据

型号 (CTY)				
额定负载/kg	500	1000	1500	2000
起升高度/mm	85 ~ 1600	85 ~ 1600	85 ~ 1600	85 ~ 1600
货叉长度/mm	900	900	900	900
货叉宽度/mm	750	950	950	950
载荷中心/mm	400	400	400	400
总长/mm	1280	1380	1380	1380
总宽/mm	750	1000	1000	1000
总高/mm	2030	2030	2030	2030
自重/kg	155	195	230	245

二、按传动方式分

按传动方式分，叉车可分为机械传动、液力传动、全液压传动、电传动四种。

三、按特种行业用途分

按特种行业用途分，叉车可分为防爆叉车、多向走叉车、越野叉车、集装箱行走吊、军用工业车辆、车载式叉车、无人驾驶工业车辆等。

四、按行走方式分

按行走方式分，叉车可分为电动托盘堆垛车、侧面叉车、固定平台搬运车、集装箱正面吊、三向堆垛叉车。

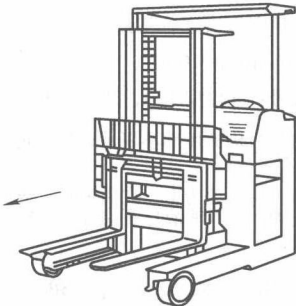
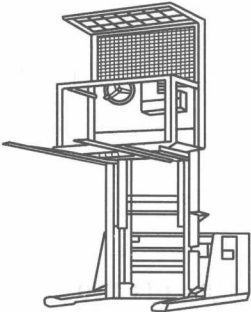
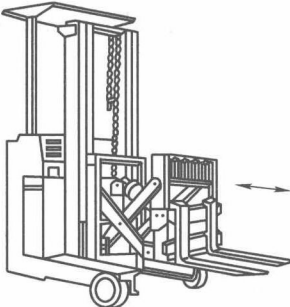
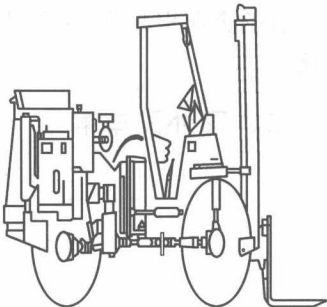
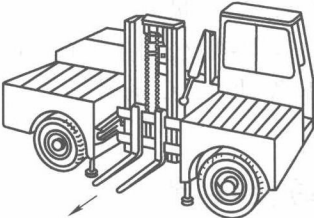
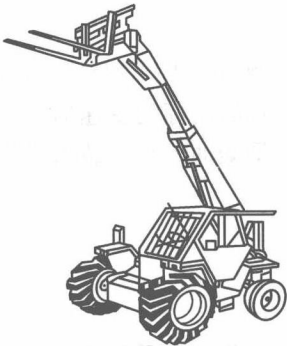
五、按结构形式分

常见的几种结构形式叉车如表 1-2 所示。

表 1-2 常见几种结构类型叉车

名 称	图 示	名 称	图 示
平衡重式叉车		插腿式叉车	

(续)

名 称	图 示	名 称	图 示
门架前移式		拣选式叉车	
叉架前移式		越野叉车	
侧面式叉车		伸缩臂式叉车	

第三节 叉车的编号

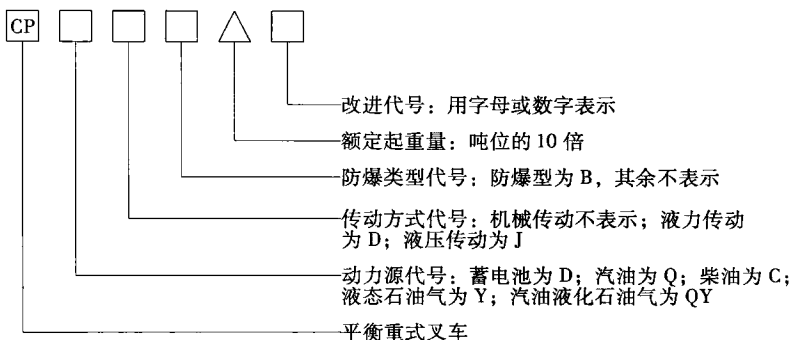
一、国内叉车编号

目前，国内叉车主要采用 JB/T 2390—2005 标准进行编号，平衡重叉车的型号以类型、



叉车构造、使用、维修一本通

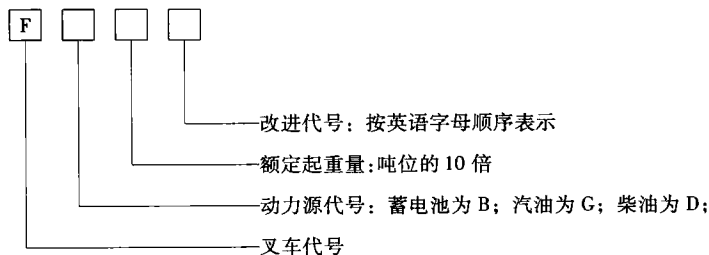
动力、传动方式、额定起重量等表示如下：



例如，CPCD30 型表示它是平衡重式叉车，以柴油机为动力，液力传动，额定起重量为 3t。

CPD10A 型表示它是平衡重式叉车，以蓄电池为动力，额定起重量为 1t，经过一次改进。有的企业根据车型系列的变化和配套发动机的变化等，同样吨位叉车的编号也有所变化。

二、国外叉车编号



例如：丰田 FD30，表示为丰田公司，柴油叉车，载重量为 3t。

有的还标明变速器、发动机等项目，如友佳国际控股公司生产的 FD30TJC 型叉车，表示它是柴油叉车，载重量为 3t，自动变速器，进口发动机，C 系列。

第四节 叉车的主要参数

选购叉车需要看技术参数，因为它能反映叉车的性能和结构特征。叉车的技术参数分为：性能参数、质量参数和尺寸参数等，见表 1-3。

表 1-3 叉车的技术参数

分类	项 目	定 义
性能参数	额定起重量	在规定条件下，正常使用时可起升和搬运货物的最大质量。平衡重式叉车的额定能力是指门架处于垂直状态时，在标准载荷中心距条件下，能起升到 3.3m 时的最大载荷，称为额定起重量

(续)

分类	项 目	定 义
性能参数	实际起重量	在规定条件下使用时，叉车配用的属具和货物起升的高度，在不影响稳定性的情况下，实际可起升和搬运货物的最大质量
	最大起升高度	货叉垂直升至最高位置，货叉水平段上表面至地面的垂直距离
	载荷中心距	额定起重量货物的重心至货叉垂直段前表面的水平距离，如图 1-6 所示
	满载与无载最大运行速度	在额定起重量或无载状态下，车辆在水平坚硬的路面上行驶的最大速度
	满载与无载最大爬坡度	车辆在额定起重量或无载状态下，按规定的稳定速度所能爬越的最大坡度。对电动叉车要求以不低于 5min 允许使用的电流所对应的速度
	最小转弯半径	在无载状态下，叉车向前和向后低速行驶，向左和向右转弯，转向轮处于最大转角时，车体外侧到转弯中心的最大距离，如图 1-7 所示
	直角通道宽度	调整货叉到最大间距，叉车直角转弯时，所需最小的通道宽度
	自由起升高度	在无载状态下，门架在垂直高度不变条件下起升，货叉上平面至地面最大的垂直距离。叉车行驶时，货叉必须高于地面约 300mm，这样叉车才能顺利通过不小于叉车总高的车门或库门。当叉车的货叉升到内门架的顶部时，叉车总高度仍不改变，称全自由起升
	满载、无载最大起升速度	门架垂直，升降操纵杆及动力操纵装置处于极端位置时，额定载荷、无载状态的起升速度
	最小离地间隙	车辆在额定起重量或无载状态下，除车轮制动器外，最低点距地面的垂直距离
质量参数	自重	叉车自重是指在无载状态下的质量。自重轻表示材料利用经济，结构设计合理。通常将叉车自重转换为自重利用系数，表示为：自重量 G_k /额定起重量 Q
	桥负荷	叉车在无载或额定起重量状态下，桥所承受的垂直负荷
	挂钩牵引力	叉车牵引挂钩处发出的拉力
尺寸参数	外形尺寸(全长度 L_1 、全宽度 B 、全高 H_1 或 H_4)、轴距、前后轮距等，如图 1-8 所示	

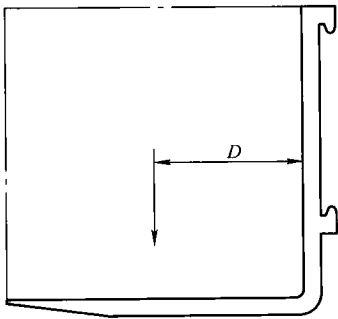


图 1-6 载荷中心距 D

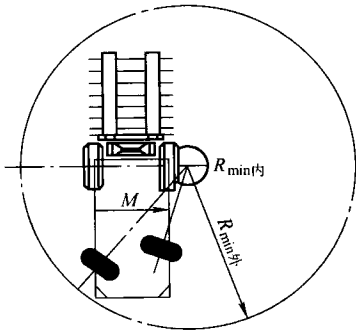


图 1-7 最小转弯半径

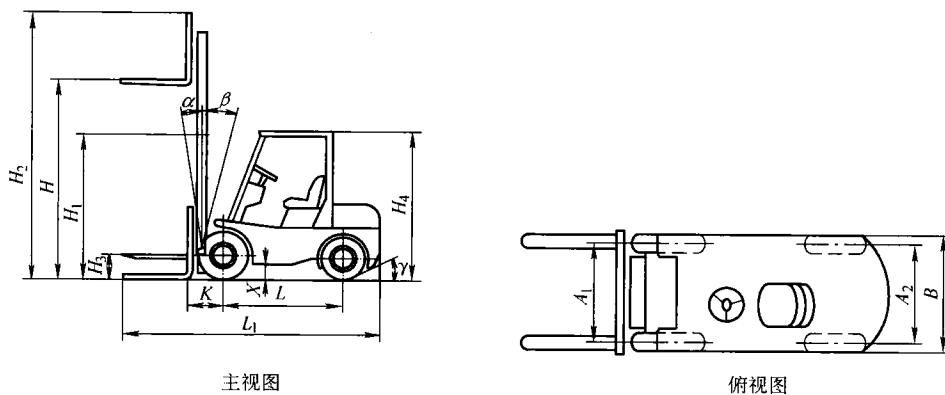


图 1-8 叉车的尺寸(结构)参数

L_1 —全长 B —全宽 H —货叉起升高度 H_1 —门架高 H_2 —最大工作高度

H_3 —载荷离地高度 H_4 —护顶架高 X —最小离地间隙 K —前悬距

L —轴距 A_1 —前轮距 A_2 —后轮距 α —门架前倾角

β —门架后倾角 γ —后轮离去角

第五节 电动叉车的特点及发展趋势

一、电动叉车的特点与优势

电动叉车与内燃叉车相比,它是以直流电源(蓄电池)为动力的装卸搬运车辆;它的外形大多采用了流线形设计,造型更加美观,加工精度和自动化程度明显提高;它在新材料、新工艺方面,主要体现在晶体管控制器(SCR 和 MOS 管)的应用,大大提高了使用性能。电动叉车的耐用性、可靠性和适用性,完全可以与内燃叉车相抗衡。日本电动叉车产量已经超过了叉车总量的 1/3;在德国、意大利等一些欧洲国家,电动叉车所占的比例达到 50% 左右;中国电动叉车整体水平与世界先进水平差距仍较大,仅占叉车总量的 6.14%。

电动叉车除了具有噪声低、无废气排放的特点外,其使用与维护成本相对内燃叉车也低得多。

1. 消耗成本少

电能的消耗成本要比柴油、汽油或石油液化气的消耗成本低。电动叉车由于其操作控制简便、灵活,电动转向系统、加速控制系统、液压控制系统以及制动系统都由电信号控制,驾驶员的操作强度相对内燃叉车要轻很多,提高了工作效率和准确性。

2. 维护成本低

(1) 维护保养周期长 电动叉车的维护保养周期比内燃叉车长 2~3 倍,通常内燃叉车的维护保养周期最长为 500h,而许多电动叉车已达到 1000h 以上的保养周期。

(2) 维护保养内容少 电动叉车的维护保养,通常只要润滑一些关节活动部位,如门架轴承、转向桥等,其他主要以检查、清洁为主,最多是在每 2000h 或 3000h 更换一次液压



油、齿轮油、液力传动油、制动液等,所消耗的材料非常有限。内燃叉车除了润滑以外,最长每 500h(一般在每 300h 左右)就要更换发动机的机油和机油滤清器,每 1000h 还要更换液压油和机油、制动液、传动油以及机油滤清器,还要更换传动带(发动机的正时带、发电机传动带等)。

(3) 维护保养时间短 电动叉车的维护保养间隔周期相对内燃叉车要长得多,同时每次保养所需要的时间要比内燃叉车少很多,大大节省了保养所需要的劳动力成本,缩短了叉车的停机时间,从而提高了叉车的工作效率和经济效益。

电动叉车蓄电池的使用寿命为 1500 次充放电循环,折算为叉车的工作小时为 10000h 左右,相当于一台内燃叉车的发动机大修时间,但是更换蓄电池的速度要比大修发动机的速度(或更换发动机的速度)快很多。

由此可以看出,虽然采购电动叉车所花费的成本要比同等载荷能力的内燃叉车要高出 30%,但是电动叉车总的使用成本比内燃叉车低很多。

3. 环保功能突出

由于叉车的室内操作较多,这样对车辆尾气排放的要求也越来越高。欧美等地已经严格规定,室内禁止使用内燃叉车。即使现在我国的法律法规还没有开始严格限制内燃叉车在室内的使用,但是电动叉车的低噪声、无尾气排放的环保优势已经得到认可。

4. 使用范围扩大

电子控制技术的快速发展,使电动叉车操作变得越来越舒适,适用范围越来越广,像电动托盘车、电动堆垛车、前移式叉车、窄通道叉车等这些是内燃叉车所不能做到的,尤其在仓储物流系统解决方案中起到了非常重要的作用。

二、电动叉车的发展趋势

电动叉车这一集电子技术和机械制造技术于一体的产品日新月异。国外著名叉车公司投入大量的人力、财力用于电动叉车的研发,生产全系列的电动叉车,包括三支点和四支点平衡重式叉车、前移式叉车、拣选车、三向堆垛机和托盘搬运车等,使之成为现代高新技术产品。

1. 外观造型和表面处理精美

叉车的外观造型都采用了现代轿车的设计方法,即大圆弧流线形曲面造型。叉车的护顶架、车身、配重及各种装饰件融为一体,考虑美学效果,制作精良,更容易受到客户的青睐。就蓄电池在叉车车体上的放置位置而言,有蓄电池安置于前、后桥之间或后桥之上两种不同的制造技术,这两种设计各有优缺点,但稳定性都很好。

在表面质量上,对黑色金属进行侵蚀处理后喷漆,更容易获得高的表面质量。如意大利 CESAB 公司采用了高压静电喷涂工艺,将自动控制的喷枪喷出的粉末,以 100kV 静电的形式喷向部件表面,再经过干燥炉干燥处理,最后形成了比湿法喷涂高得多的表面质量,有类似于橘皮样的颗粒效果,形成了自己的特色。

2. 人机工程

现代叉车驾驶室的每一个设计细节都充分考虑了工作效率和安全性,更符合人机工程学原理。操作空间加大,使操作者的手、脚、腿、头、背部有更大的活动空间。如 CROWN 的 FC4000 系列相对于 FC3000 系列而言,头部空间增加 61mm,肩部间隙加大 240mm,膝盖空