

东风4型内燃机车

(机械部分)



上海铁道学院
南京机务段 合编

一九七五年八月

毛主席语录

路线是个纲，纲举目张。

认真看书学习，弄通马克思主义。

抓革命、促生产、促工作、促战备。

工业学大庆。

独立自主，自力更生，艰苦奋斗，勤俭建国。

前 言

在毛主席关于理论问题的重要指示的指引下,我们广大铁路职工,认真学习马克思主义关于无产阶级专政的理论。抓革命,促生产,形势一派大好。

大连机车车辆工厂在毛主席革命路线的指引下,贯彻执行“独立自主,自力更生”的方针,在很短的时间里,自行设计、制造了具有先进水平的东风₄型交-直流电力传动内燃机车。通过试验及试运行说明,这种机车牵引力大,操纵方便,性能良好。东风₄型内燃机车的试制成功和批量生产,是无产阶级文化大革命和批林批孔运动的丰硕成果。

为了积极搞好动力革命,适应牵引内燃化和满足广大机务人员学习东风₄型内燃机车的需要,上海铁道学院的同志遵照毛主席关于“教育必须为无产阶级政治服务,必须同生产劳动相结合”的伟大教导,和南京机务段的同志共同编写了这本书。在本书编写过程中,得到大连机车车辆工厂的大力支持,提供技术资料及审阅有关部分,我们深表感谢。

本书分上、下两册,上册为东风₄型内燃机车机械部分,下册为东风₄型内燃机车电气部分。全书介绍了东风₄型内燃机车的构造和作用原理,力求通俗易懂,以适应广大机务人员学习的要求。

由于我们思想和业务水平有限,编写匆促,书中一定存在不少错误和缺点,希望同志们批评指正,帮助我们不断改进。

编 者

一九七五年六月

目 录

第一章 东风 ₄ 型内燃机车总体简介	1
第一节 内燃牵引的特点及发展概况	1
第二节 东风 ₄ 型内燃机车的总体布置、转向架特点及主要组成部分	2
第三节 东风 ₄ 型内燃机车的主要技术数据	6
第四节 内燃机车的轮周功率	7
第五节 机车的理想牵引特性	8
第二章 柴油机的工作原理及 16240Z 柴油机结构概况	10
第一节 柴油机基本工作原理	10
第二节 基本性能指标	12
第三节 16240Z 柴油机结构概况	14
第四节 16240Z 柴油机主要技术数据	16
第三章 柴油机零件的受力概况——气体力和惯性力	18
第一节 气体力	18
第二节 惯性力	20
第四章 16240Z 柴油机的运动件	26
第一节 活塞组	26
第二节 连杆组	33
第三节 曲轴组	38
第五章 16240Z 柴油机的固定件	45
第一节 机体	45
第二节 机座	51
第三节 气缸套	52
第四节 气缸盖	54
第六章 16240Z 柴油机的配气机构	57
第一节 配气机构	57
第二节 配气定时及凸轮相位	65
第三节 左右凸轮轴位置的确定及气阀间隙的调整	60
第七章 16240Z 柴油机的空气系统	71
第一节 四冲程增压柴油机概况	71
第二节 空气滤清器	72
第三节 废气涡轮增压器	73
第四节 中间空气冷却器	78
第八章 16240Z 柴油机的燃油系统	80
第一节 东风 ₄ 型内燃机车的燃油系统	80

第二节	喷油泵	83
第三节	喷油器	87
第四节	高压油管	90
第五节	供油系统在运用中的一些问题	90
第九章	16240Z 柴油机的特性与控制	93
第一节	柴油机的特性	93
第二节	联合调节器	96
第三节	调节机构的驱动与超速停车装置	104
第四节	调控系统	107
第十章	东风₄型内燃机车润滑系统	111
第一节	润滑系统	111
第二节	润滑油泵	113
第三节	滤清器	115
第四节	油水热交换器及其他安全装置	117
第十一章	东风₄型内燃机车冷却系统	118
第一节	设置冷却系统的目的	118
第二节	冷却系统的工作原理	118
第三节	水泵	121
第四节	冷却室及散热器的结构	122
第五节	冷却器的工作原理及常见故障	123
第六节	关于内燃机车运用保养方面要注意的几点	124
第十二章	冷却风扇及静液压驱动	125
第一节	冷却风扇及其驱动方式	125
第二节	静液压驱动的工作原理	125
第三节	静液压泵及静液压马达的作用原理	127
第四节	东风 ₄ 型机车上采用的静液压泵及马达的性能参数	129
第五节	静液压驱动的优缺点	129
第十三章	预热锅炉	130
第一节	预热锅炉的工作原理	130
第二节	预热锅炉的工作特点	132
第十四章	机车制动装置	134
第一节	EL-14 型空气制动机	134
第二节	基础制动装置	138

第一章 东风₄型内燃机车总体简介

第一节 内燃牵引的特点及发展概况

无产阶级文化大革命以来,我国铁路牵引动力的内燃化,以快速的步伐向前发展着。一台台新型的内燃机车试制成功了;一个个新的内燃机务段建立了。这是无产阶级文化大革命的丰硕成果,是毛主席的无产阶级革命路线的伟大胜利。

目前,越来越多的内燃机车已日夜奔驰在祖国的大地上,担负着繁忙的运输任务。蒸汽机车为什么要逐渐被内燃机车所替代呢?这是由于内燃机车比蒸汽机车具有很多的优点,主要是:

1. 效率高 内燃机车的总效率约 27~30% 左右;而蒸汽机车只有 6~8%。例如东风型内燃机车的总效率最高可达 30%。
2. 起动加速快 可以提高列车的技术速度,提高线路的通过能力,这样可以放长机务段间距离。同时沿途不需要上水,因此可以减少设备投资。
3. 自动化程度比较高 改善了乘务员的劳动条件。
4. 由于没有汽机往复运动时对钢轨的冲击作用,有利于线路保养。一般来说,内燃机车运行时,动轮对钢轨的冲击作用约为蒸汽机车的 80%。

毛主席教导我们:“事物总是一分为二的”。内燃机车具有许多优点,也有它的缺点,如结构比较复杂,制造工艺和修理工艺要求都比较高。但是随着我国机械制造工业水平的不断提高,这些缺点是可以克服的。

蒸汽机车的优点是结构简单,制造成本低。然而蒸汽机车由于具有上面提到的最根本的缺点,就是效率太低,只有 6~8%,也就是煤中的热量只有 6~8% 是利用来作功的,而绝大部分(占 92~94%)却损耗了,没有被利用。当然这样是很不经济的。我们知道:煤可以综合利用。把它当作燃料烧掉,已经是可惜的了,而把它用在效率很低的蒸汽机车上烧掉,那简直是浪费。因此随着我国社会主义革命和建设的发展,必然会逐步地用新的牵引动力(主要是内燃机车还有电力机车)来代替蒸汽机车,这是事物发展的必然规律。特别是近几年来,我国石油战线在毛主席“自力更生”,“艰苦奋斗”的伟大方针指引下,取得了辉煌的成果,更为我国内燃牵引的发展,提供了无限广阔的前途。

内燃机车是以柴油机为动力的。柴油机在现代原动机中占极重要的地位,被广泛应用在水、陆交通运输设备上,矿山建筑机械上以及农林机械上等等。

蒸汽机由于需要有锅炉等设备,所以显示了重量及尺寸大,另外它效率很低,因此不能满足生产发展的需要,已日趋淘汰。柴油机是把燃料直接加进发动机内部使转变为机械功的,所以与蒸汽机比较,少了锅炉等设备。它的优点主要有:

1. 热效率高 一般约比蒸汽机高 3~4 倍。
2. 功率范围广 目前功率可自 1.5~48000 马力,适用于各种用途。
3. 重量及尺寸小 因此适宜用于移动式动力装置及运输机械上。

4. 起动快 一般正常起动仅需几秒钟,且可很快达到全功率。

我国的柴油机制造工业和机车制造工业一样,也是解放后才建立起来的。二十多年来,取得了飞速的发展。目前,功率范围自最小的3.5马力到万吨轮上用的“万匹机”都能生产,有些中型柴油机已是大量生产了。

在大跃进的一九五八年,我国工人阶级破除迷信,解放思想,发扬了敢想、敢说、敢干的革命精神,在原来制造蒸汽机车或是修理蒸汽机车的工厂中,制造出了内燃机车,从此揭开了我国铁路内燃化的序幕。一九六五年我国内燃机车开始成批生产。十多年来,我国内燃机车制造工业取得了很大的发展,近几年来,在运用、检修方面也积累了不少经验,为广泛采用内燃机车打下了良好的基础。

毛主席亲自动和领导的无产阶级文化大革命,为发展我国社会主义生产力开辟了广阔的前途。现代内燃机车的发展趋势,是增大单节机车的功率,以适应铁路运输日益发展的需要。近几年来,我国机车制造工业对设计、试制大功率内燃机车取得了很大成绩。1970年北京二七机车车辆工厂试制成了我国第一台6000马力液力传动内燃机车——北京型。大连机车车辆工厂的东风₄型内燃机车是我国自行设计和制造的功率最大的单机组内燃机车。目前该厂结束了2000马力内燃机车的制造,试制成功的东风₄型内燃机车已正式投入生产,使我国电传动内燃机车的发展又进入了一个新的阶段。此外,四方机车车辆工厂及戚墅堰机车车辆工厂也分别试制了5000马力液力传动内燃机车。这些大功率内燃机车的试制成功,为我国铁路运输事业作出了新的贡献。

当前,在批林批孔运动推动下,在学习无产阶级专政理论的热潮中,我国铁路运输战线的革命和生产形势越来越好,广大铁路职工遵照毛主席“抓革命,促生产,促工作,促战备”的伟大号召,为实现我国铁路牵引动力现代化而努力。

第二节 东风₄型内燃机车的总体布置、转向架特点及主要组成部分

一、总体布置

东风₄型内燃机车为干线货运或客运内燃机车。机车柴油机的持续功率为3600马力,装车功率为3300马力,采用交直流电传动。机车总重量(整备重量)138吨,机车全长(车钩中心距)21100毫米。

图1-1所示为东风₄型内燃机车的总体布置图。车体分为前司机室、电气室、动力室、冷却室及后司机室等五部分。在电气室一端称为机车前端;而冷却室一端称机车后端。

1. 司机室 设有前、后司机室,不用转向,操纵方便。两端司机室均设有操纵台。操纵台上有控制手轮、反向器、EL-14制动阀以及显示动力装置工作情况的指示仪表、信号灯、速度表和各种开关。为了改善乘务员的工作条件,司机室里装有电风扇、热风机及电炉。并在司机、副司机座侧壁处装有暖水管。

在前、后司机室后壁中下部设有手制动装置。

2. 电气室 设有安装电器设备的电器柜7、制动电阻柜*8、硅整流柜3及励磁整流柜9等。

在电气室内还有起动变速箱25(或称前变速箱)。它由主发电机轴经万向轴传来的柴油

* 目前未装电阻制动的机车,制动电阻柜留有空位。

机动力带动, 经此变速箱拖动起动发电机 5、前转向架牵引电动机通风机及测速发电机, 还有励磁机 6。起动发电机为供给控制电路、照明、向蓄电池充电、辅助设备用电及起动柴油机时当电动机用, 因此起动发电机兼有起动电机及辅助发电机的作用。牵引电动机通风机用来向前转向架三只牵引电动机供给冷却用的风; 同时进风时通过硅整流柜 3, 也起了冷却作用。测速发电机的作用是反映柴油机的转速, 它通过电压信号以实现随主手柄位置的提高, 加快机车起动和加速过程的目的; 测速发电机的电压信号引入电阻制动环节, 实现以主手柄控制制动功率的目的。励磁机 6 供给主发电机用励磁电流, 它是交流发电机, 设有励磁整流柜 9。

3. 动力室 动力室布置在整个机车的中部, 主要安装有 16240Z 柴油机(1)——主发电机(2)动力装置及预热锅炉 18。柴油机与主发电机由联接箱连为一个整体, 由设在联接箱和柴油机底座上的每侧各一组(共四组八个)锥形橡胶弹性支承安装于车架平面上。另外在发电机两侧承托面上各有一组较小的橡胶弹性支承, 由此将机组前面部分重量支承于车架顶面上。

柴油机是 V 型结构, 有十六只气缸, 为了增大柴油机的功率, 在柴油机两端各设一台废气涡轮增压器和一个增压空气中间冷却器。外界空气通过装在动力室侧壁上的空气滤清器 20 吸入, 经增压和冷却后进入柴油机气缸。柴油机每侧八缸的废气汇集于一个排气总管分别进入两端的废气涡轮, 膨胀作功后经烟道排入大气。

主发电机是交流发电机。电枢用钢片联轴节(属半刚性联轴节)与柴油机曲轴相连。采用交流发电机是由于直流发电机具有一系列缺点, 如重量大, 体积大, 价格贵, 效率低等等, 已经不能适应大功率的要求了。交流发电机发出的交流电经硅整流柜变为直流电输送给牵引电动机用。

柴油机的起动由蓄电池供电给起动发电机, 再通过前变速箱带动柴油机起动。当柴油机起动后, 起动发电机就转变为辅助发电机的作用。

在柴油机左侧(就机车而言)地板上安装着两台燃油输送泵 12 和一个燃油粗滤器 11。柴油机右侧有一台辅助滑油泵 29 供滑油预热时用。

预热锅炉 18 安装在动力室后部左侧, 是冬季柴油机起动前用来加热柴油机冷却水和润滑油的。此外, 冬季机车在库外长时间停留时, 预热锅炉可保持柴油机一定的温度。动力室后部上方装有预热锅炉用燃油箱(即由柴油机燃油箱来的柴油)。在预热锅炉旁设有预热锅炉控制柜 19, 系自动控制加温, 预热锅炉用电可取自车内 110V 直流或 220V 外电源均可。此预热锅炉的容量为 12 万大卡/小时。

4. 冷却室 室内装有散热器单节 56 个, 它们装在 V 型钢架上, 检修时可整体吊出。其中高温水系统 24 个单节; 低温水系统 32 个单节。高温水系统是指柴油机及增压器的冷却水系统, 它们的散热器装在前半部分, 靠近柴油机一端; 低温水系统是指中冷器, 滑油热交换器及静液压油热交换器的冷却水系统, 它们的散热器装在冷却室后半部分。两个水系统的冷却水分别由装在柴油机自由端的两个水泵强迫循环。

在冷却室顶上设有冷却风扇两个, 它们各由一个静液压马达带动。在冷却室左右侧壁上有上、下两排侧壁百叶窗, 上排百叶窗由静液压系统的油缸柱塞控制开闭, 下排百叶窗由人工操纵。风扇工作时, 空气由侧壁百叶窗吸入, 经散热器后, 通过风扇由顶部百叶窗排出。而冷却风扇的工作分别是取柴油机冷却水和润滑油的温度信号通过温度控制阀自动控制的。

在冷却室下面还设有柴油机润滑油热交换器(14)两个及静液压变速箱(26)(也叫后变速

箱)。静液压变速箱由柴油机自由端曲轴经传动轴带动,它用来驱动二个静液压泵,并经尼龙绳带动后转向架牵引电动机通风机,向后转向架三只牵引电动机供给冷却用风。

冷却室后面还装有二台电动空气压缩机 22,此压气机为立式、三缸、两级压缩,尺寸比较紧凑。压气机型号为 NPT5 型,总压风量为 2×2.4 米³/分,额定转速为 1000 转/分,每台消耗功率为 30 马力。

机车车体为框架式侧壁承载结构,以减轻车架重量。车体内表面喷涂泡沫塑料以防振、隔音及隔热。司机室内,在泡沫塑料外面,还安装多孔铝板,以吸收噪音。

机车装有下列作用式 8 号车钩及 EL-14 制动机。

整个车体车架安装在两台可互换的三轴转向架上,在前、后转向架间是燃油箱、蓄电池箱及二个总风缸。蓄电池是从侧面装取,不同于东风型内燃机车。

二、转向架的结构特点

转向架的作用主要有:

1. 承受机车车体以上部分的重量。
2. 传递牵引力及制动力。
3. 起绕车体回转的作用(即转向作用),有利于通过曲线。

和东风型机车一样,转向架构架上有四个旁承,此四个旁承是用来传递垂直重量的,但旁承的结构和东风型机车不同,如图 1-2 所示。此旁承称为平面摩擦式旁承,车体重量经橡胶块压在旁承上,滑动面是平面,为了减小摩擦力,接触面之一是尼龙板,摩擦系数约为 0.03~0.06。因旁承处摩擦力矩如果太大,将不利于机车通过曲线。

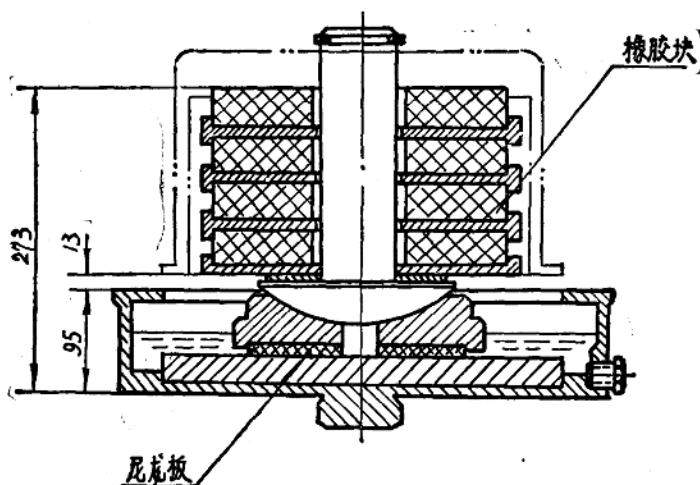


图 1-2 旁承

垂直重量的传递如下:

车体以上设备重量 → 旁承 → 构架 → 轴箱圆簧 → 轴箱 → 轴颈 → 轮子 → 钢轨。

东风₄型机车转向架是无心盘的,因此设有一套杆件系统来传递牵引力及制动力,见图 1-3。

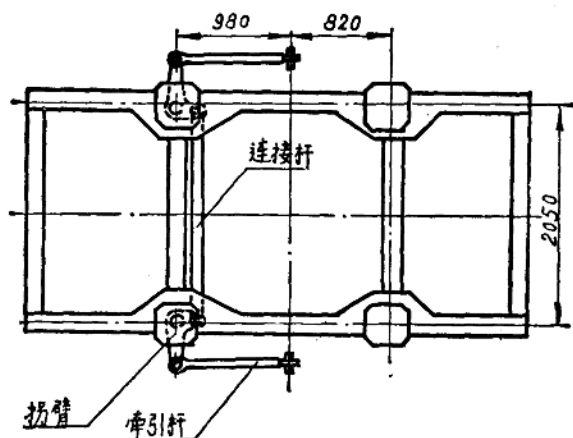


图 1-3 杆件系统示意图

杆件系统由牵引杆、拐臂及连接杆组成。拐臂用销子联结于转向架构架上(装在侧梁的下面), 牵引杆一端用销子连接于拐臂, 另一端则与车体的下伸部(图 1-1)连结。连接杆连接两个拐臂, 起左右侧牵引同步的作用。

牵引力的传递顺序如下:

轮周牵引力 → 轮对 → 轴箱 → 轴箱连杆 → 构架 → 牵引杆 → 车体 → 车钩。

在转向架侧梁外侧中央各设有一弹性侧挡, 它与车体两侧的下伸部相联系, 具有以下作用:

1. 限制车体相对于转向架的横向移动(每侧可移动 20 毫米, 即间隙 15 毫米, 橡胶块压缩 5 毫米)和传递横向力。

2. 保证转向架有基本的“回转中心”, 此回转中心当转向架相对于车体有横向移动时, 在不大的范围内变动。

这样, 杆件系统和侧挡两者代替了心盘的作用。我们知道心盘的作用是传递纵向力和横向力, 还有转向作用。

此转向架除了具有无心盘的特点外, 还采用了无导框、无均衡梁的结构。

用连杆定位的无导框轴箱, 借上下各一根连杆与构架连接, 其销接处都采用橡胶衬套。轴箱相对于构架的上下和横向运动是由橡胶衬套的弹性变形来获得的。纵向力和横向力是由连杆传递的。

这种轴箱的结构特点是: 轴箱与构架间取消了摩擦面, 不用给油, 也不会磨耗。使轮对和构架在纵向和横向都成为弹性联系, 可减小轮轨间的横向冲击力, 减轻轮缘磨耗。

轴箱弹簧采用圆弹簧。为了衰减振动, 在每台转向架的两端轴箱与构架间装有液压减振器。这种结构的减振性能比簧片间有内摩擦的板簧好, 并可实现较大的静挠度(轴箱弹簧的静挠度达 123 毫米, 加上旁承处橡胶块的静挠度 16 毫米, 弹簧装置总的静挠度是 139 毫米), 改善了机车的垂直向动力性能。实践表明: 在运用中均衡梁对均衡机车各轴载荷的作用并不大, 所以在东风₄型机车上不设均衡梁而采用了圆弹簧独立悬挂的型式。

为了提高粘着重量的利用率(即减少牵引力作用下的轴重转移), 充分发挥机车的轮周牵引力, 采用了下列措施: 牵引电动机的顺置、低牵引销位置(牵引杆距轨面高度是 725 毫米)、刚

度较大的弹性旁承等。

此转向架结构简单,摩擦付少,便于保养及修理。转向架的走行性能良好,线路运行试验表明,当机车高速行驶时(最大速度为 120 公里/小时,试验时最高达 136 公里/小时),机车非常平稳,测得的轮轨间的横向动作用力(此横向动作用力是垂直于钢轨,在动态情况下轮轨间的作用力)也不大。在单机试运时,比进口的 ND₄ 内燃机车运行来得平稳。因此东风₄ 型内燃机车作为干线客运机车也是很有潜力的。

三、东风₄ 内燃机车的主要组成部分

东风₄ 型内燃机车上,虽然部件很多,但是总括起来,可以把它们分成五个主要部分:柴油机、电传动装置、车体车架、转向架及制动装置。

1. 柴油机 柴油机及其辅助装置(包括燃料、滑油及水三系统)是内燃机车的动力部分。

2. 电传动装置 它一方面把柴油机的动力传到动轴上;另一方面,使柴油机输出的扭矩变换成符合机车牵引的要求。

那么,柴油机的动力是怎样通过电传动装置传到动轴上去呢?柴油机是用来拖动一台交流发电机发电,发出来的交流电经过硅整流组整流为直流电后,通入六只牵引电动机里,牵引电动机就发出扭矩,由于牵引电动机是通过一对牵引齿轮与轮对连接的,电动机就带动动轴回转,这样车轮就转了。

机车动轮受到扭矩 M 的作用,见图 1-4,如果车轮与钢轨接触点 C 上无摩擦力存在,则动轮不会产生向右运动(滚动)。现在在动轮上加一重量 W ,动轮在力矩 M 作用下,如果车轮沿钢轨没有相对滑动,则在动轮与钢轨接触点 C 上受到摩擦力 F ,此 F 力是钢轨作用给动轮的反作用力,就是机车的牵引力,所有动轮下的牵引力总和就称为机车的轮周牵引力。此轮周牵引力除了克服机车本身的阻力外,主要是用来牵引后面列车的。

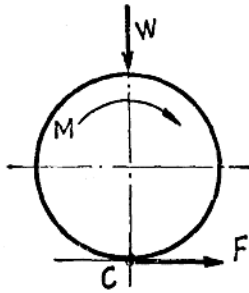


图 1-4 牵引力的产生

3. 车体车架和转向架 转向架的作用已如前述。这种转向架式走行部分(蒸汽机车是采用车架式走行部分)所有的十二个轮子都是动轮也就是机车的粘着重量等于机车的总重(东风₄ 型机车是 138 吨),因此可以发挥较大的牵引力。车体车架除作为动力装置和司机室的安装基础外还承受纵向力等。因为是承载式车体,故车体车架是一个整体,车体除保护机器设备不受风、砂、雨、雪的侵袭及改善乘务员的劳动条件外,还和车架一起承担载荷。

4. 制动装置 采用 EL-14 型制动机,见第十四章。

第三节 东风₄ 型内燃机车的主要技术数据

用途	干线客运或货运
小时功率	4000 马力
持续功率	3600 马力
装车功率	3300 马力
轴式	3 ₀ —3 ₀

轴重		23 吨
构造速度	客运	120 公里/小时
	货运	100 公里/小时
牵引齿轮传动比	客运 (60:16)	3.75
	货运 (63:14)	4.5
最低持续速度	客运	25.9公里/小时
	货运	21.6公里/小时
最大持续牵引力	客运	25700 公斤
	货运	30800公斤
起动牵引力	客运	33800公斤
	货运	40600公斤
机车全长(两车钩中心距)		21100 毫米
转向架轴距		3600毫米
燃油储备量		9000 升
润滑油储备量		1.2 吨
水储备量		1.2 吨
砂储备量		0.8 吨

根据初步计算,东风₄型货运机车,可以牵引 3300 吨列车以 27 公里/时的均衡速度,通过 6% 的坡道;作为客运机车,它能牵引 800 吨客车,以 104 公里/时的均衡速度在平道上运行。

第四节 内燃机车的轮周功率

机车是用来牵引列车的,我们希望列车能够多拉快跑,这就要求机车具有比较大的功率。功率的大小,通常以马力来表示,所以马力数是表明一台发动机作功能力大小的。一匹马力是指在一秒钟内作 75 公斤-米的功,因此单位时间内作功的大小就叫功率。

机车动轮上所发挥出来的功率,称做机车轮周功率,它是衡量机车功率大小的一个重要指标。我们知道蒸汽机车的汽机是直接和动轮相连接的,所以蒸汽机的输出功率就是机车的轮周功率。

但是内燃机车的情况就不同,我们讲东风₄型机车的功率是 3600 马力,这是指柴油机的输出功率,它不等于东风₄型机车的轮周功率,机车的轮周功率要比柴油机的输出功率来得小。

那么,东风₄型内燃机车的轮周功率是多少呢?下面我们来估算一下。由于柴油机的输出功率还要驱动一些辅助装置(这里不包括柴油机本身的一些辅助设备,如两只水泵、主滑油泵等等),如冷却风扇、牵引电动机通风机、起动发电机及励磁机等,这些辅助装置所消耗的功率,一般约占柴油机额定输出功率的 10%,因而输送给主发电机的功率是柴油机额定输出功率的 90%,另外电传动装置还有一个传动效率,大约是 84%,所以传到轮周上的功率约为 2700 马力。

因此,内燃机车的轮周功率与柴油机功率之间有一个折扣关系。这个折扣的大小与内燃

机车的传动装置型式有关系,对电力传动来说,大概是一个七五折。我们可以利用这个折扣关系,来简便地估算电力传动内燃机车的最大轮周功率。

第五节 机车的理想牵引特性

我们知道机车的最大功率是一定的,如上面我们通过初步估算可以得到东风₄型机车的最大轮周功率是2700马力(当然,精确的数值尚待试验求得)。我们在运用中,希望机车的功率不论是低速时,还是高速时,都能充分发挥它的最大功率。也就是使柴油机的最大功率用足。

从理论上分析,机车轮周功率、轮周牵引力和机车速度三者之间有下列关系:

$$\text{机车轮周功率} = \frac{\text{机车牵引力} \times \text{机车速度}}{270}, \text{马力} \quad (1-1)$$

或者以 N_K 表示机车轮周功率,单位是马力;

F_K 表示机车轮周牵引力,单位是公斤;

V 表示机车速度,单位是公里/小时;

式(1-1)可写为

$$N_K = \frac{F_K \cdot V}{270}, \text{马力} \quad (1-2)$$

式(1-2)可用下列方法求得:

因为每秒钟做75公斤-米的功,称为1马力。现在机车速度是以公里/小时计算的,可以把它化为米/秒,得:

$$N_K = \frac{F_K \cdot V \cdot 1000}{60 \times 60} \cdot \frac{1}{75} = \frac{F_K \cdot V}{270} \text{ 马力}$$

从公式(1-2)可以看出:当机车轮周功率 N_K 一定时,牵引力增大,则速度降低;牵引力减小,则速度提高。从机车牵引列车时的要求来说,起动时,由于起动阻力、加速阻力大,要求牵引力大。通常,以横坐标表示机车速度,纵坐标表示机车轮周牵引力。公式(1-2),当 N_K 一定时, F_K 与 V 的关系就是一根双曲线。这根特性曲线就称为机车的理想牵引特性。因为跑得快,牵引力大,好似牛;跑得快,牵引力小,好似马。有的同志把它叫做“牛马特性”。见图1-5,曲线1。

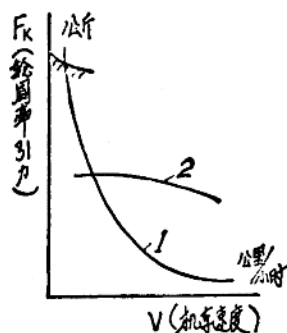


图1-5 机车的牵引特性

内燃机车的动力是柴油机,而柴油机的特性却不具备“牛马特性”,因为柴油机转速变化时,它的输出扭矩基本上是不变的(喷油量一定,输出扭矩就一定了)。如果不采用传动装置,由柴油机直接带动动轴,则机车牵引力和速度的关系,近似为一根水平线于图1-5以2表示。而机车牵引力和机车速度呈曲线2这样的关系,是不符合机车牵引要求的。因为机车起动及加速时阻力很大,希望牵引力要大,现在就不能满足这个要求。

应该指出:这里所讲的传动装置,不是指普通的转速比不变的齿轮或曲柄连杆等机构。因为扭矩通过这些简单的机构,只会发生放大和缩小的变化,而不会有本质上的改变的。所谓本质上的改变,在这里我们要求把曲线2变换成曲线1。

图 1-5 中, 曲线 1 是在机车功率恒定下, 得到的牵引力与速度的关系曲线, 也叫恒功率曲线。从上面的讨论, 我们可以有这样的结论: 机车具有牛马特性, 那末, 不论机车速度高时, 还是机车速度低时, 都能充分发挥机车的最大功率。

因此, 在内燃机车上, 为了获得机车的牛马特性, 也就是为了满足机车的牵引特性, 就一定要采用传动装置来达到这个目的。在东风₄型内燃机车上是采用交直流电力传动装置自动地来实现的。至于如何来获得这个特性, 则将在电气部分中讨论。

蒸汽机车的牛马特性, 是在司炉保证供应锅炉的最大蒸发量条件下, 由司机用手把来控制的, 所以蒸汽机车不需要传动装置。

第二章 柴油机的工作原理及16240Z柴油机结构概况

第一节 柴油机基本工作原理

柴油机是内燃机的一种,应用极为广泛,它是在蒸汽机的基础上发展出来的;与蒸汽机主要区别在于燃料的燃烧是在发动机内部进行,没有锅炉等设备,因之,称为内燃机。以燃烧柴油为主的内燃机一般叫它柴油机。柴油机的结构和蒸汽机相似,即它的运转是由活塞的往复运动通过曲柄连杆机构转变为曲轴的旋转运动。只是因为它是内燃的,所以它的工作原理与蒸汽机有些不同。现将它的工作原理说明如下:

一、进气过程

柴油机的工作原理示意图如图2-1所示,活塞、连杆、曲轴的运动关系和蒸汽机相同,当活塞从上死点向下移动时,进气阀被打开,空气被吸入气缸(图2-1a),活塞移到下死点时,气缸里便充满了新鲜空气,这时进气阀被关闭。这一过程中,活塞从上死点到下死点,曲轴的曲柄也从上死点旋转 180° 到达下死点,所完成的任务是将新鲜空气充入气缸,所以称为进气过程。从活塞的运动来看,是完成了一个冲程,因之,也可称为进气冲程。

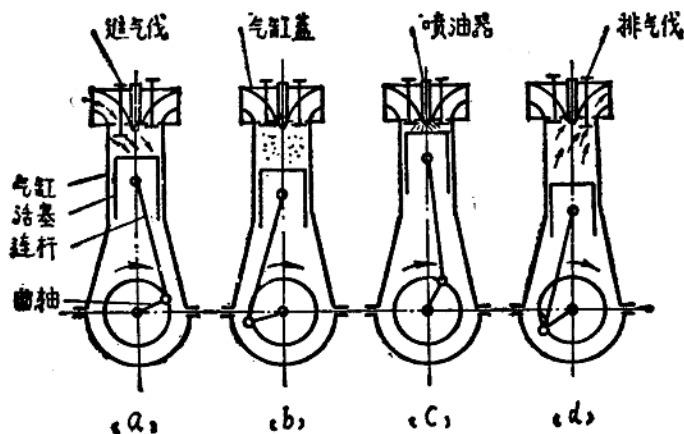


图2-1 四冲程柴油机工作循环

二、压缩过程

曲轴继续旋转使活塞开始从下死点向上移动,这时因气阀已关闭,充满在气缸里面的空气被压缩(图2-1b)。空气在被压缩时温度升高,当活塞到上死点即压缩过程(或压缩冲程)终了时,空气达到了很高的温度和压力。这温度和压力取决于气缸里的空气的被压缩的程度,即活塞在下死点时的容积和压缩到最后活塞处于上死点时的容积的比值,这比值称为“压缩比”。它对柴油机很重要,因为它必须保证这时喷射进去的柴油能够自行着火燃烧。现代所用的柴油

的自燃温度约在 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 之间, 为保证柴油喷入气缸后能及时迅速燃烧, 以及冷态起动时的可靠着火, 所选择的压缩比应使实际压缩终了时的温度比柴油自燃温度高出 200°C 以上。一般进气阀前的空气没有被压缩的自然吸气柴油机, 其压缩比约在 12 到 20 之间; 如进气阀前的空气有一定压力的增压柴油机, 将根据增压压力的情况将压缩比适当降低, 16240Z 柴油机是增压的, 它的几何压缩比为 12.5, 实际压缩比 11.5 左右。

三、燃烧膨胀过程

当压缩冲程将终了时, 柴油以很高的压力喷射到气缸里, 与被压缩的具有相当高的压力和温度的空气相接触而着火燃烧, 致使气缸里的温度和压力急剧上升, 这时活塞已过上死点。这高温高压的气体的膨胀, 推动活塞向下移动并使曲轴旋转而作功(图 2-1c), 这冲程称为膨胀冲程(或过程)或工作冲程。活塞到达下死点时, 气缸里的气体温度、压力均已下降, 即一部分热量已经转换为机械功。

四、排气过程

膨胀冲程终了活塞从下死点又向上移动时(图 2-1d), 排气阀打开。随着活塞的上升, 气缸里已经燃烧过的废气被活塞从排气阀排出气缸, 一直到活塞再次到达上死点时, 排气冲程(或过程)结束。这时排气阀关闭, 进气阀打开。活塞下移时, 进气冲程又重复进行。这样不断地循环, 柴油机便连续运转并输出机械功。

上面说明了柴油机完成一个工作循环, 活塞在气缸里上下作了四次行程即曲轴旋转了二转, 因之, 称它为四冲程柴油机, 16240Z 柴油机就是四冲程的。在这四个冲程中, 只有膨胀冲程是作功的, 其他三个冲程的运动在单缸柴油机上由回转部件如飞轮等的惯性来完成, 在多缸柴油机上主要由交替膨胀的其他气缸来完成, 因之, 多缸柴油机上飞轮很小甚至可以没有飞轮。

在完成四冲程柴油机的一个工作循环中, 进气阀、排气阀各打开一次, 柴油也喷射一次。而在实际柴油机上气阀的开启和关闭、柴油的喷射都不是上述的理想情况(正好在上下死点时), 而有一定偏离, 这些都必须与活塞和曲柄连杆机构的运动密切配合。16240Z 柴油机是由曲轴通过传动齿轮带动凸轮轴, 由凸轮来正确地控制气阀的启闭及柴油的喷射。因为这些动作须曲轴旋转二转才进行一次, 因之, 凸轮轴的转速是曲轴的一半。

这里附带介绍一下二冲程柴油机, 四冲程柴油机须活塞进行四个冲程才作一次功, 二冲程柴油机就是活塞作二个冲程即曲轴转一转便作一次功, 这样可使同样大小和转速的二冲程柴油机比四冲程的能发出更多的功率。

二冲程柴油机的示意图如图 2-2 所示, 它取消了进、排气阀, 在气缸下部活塞到达下死点以前的地方开了进排气孔, 当活塞接近下死点时, 进排气孔逐渐露到活塞顶部的上面, 燃烧过的废气从排气孔排出, 进气孔外有扫气泵, 使有一定压力的空气进入气缸, 它促进废气的排出同时将新鲜空气充满气缸, 这过程称为换气或扫气过程。当活塞过下死点再向上移动关闭进排气孔后, 就开始压缩过程。活塞到上死点时喷油燃烧, 接着就膨胀作功。到打开进、排气孔时又进行扫气。这样进行着二冲程的循环。东风机车上 10L 207 柴油机便是按这原理工作的。

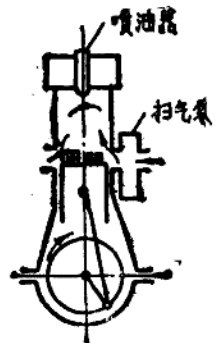


图 2-2 二冲程柴油机示意图

第二节 基本性能指标

设计或选用一台柴油机时,总是从各个方面来考虑,使它的各种性能指标尽可能符合要求,但是这些性能又往往是相互对立,相互制约的,不同用途,不同立场对性能又有不同的要求,对内燃机车的使用单位来说,总是希望柴油机的经济性好,即省油。因在机务段里燃料费用的支出往往占总支出的50%左右。还希望柴油机功率大,能多拉快跑,同时要求柴油机结构简单、工作可靠,维修方便,大修间隔期长等等。

要尽量满足这些性能当然是复杂的,但从基本原理上分析,柴油机的燃烧膨胀过程对各种性能往往有很大影响,因为这是柴油机最基本的(将燃料中的热能转换为机械能)过程,转换的完善程度和转换的速度等等都可影响它的各种性能,现简单讨论一下这过程的基本要求:

一、燃烧完全

为了使柴油机发出大的功率,应在每工作循环中喷入尽可能多的柴油去进行燃烧,但如气缸里的空气不够,就会燃烧不完全,这样不但经济而且会冒黑烟,这是不允许的。因之,喷进气缸的柴油量取决于可供燃烧完全的空气量,也就是说,要柴油机能发出更大的功率,每循环中有尽可能多的空气进入气缸是先决条件之一。16240Z柴油机为了增多这空气量,采用了增压措施。就是用压气机先将空气压缩到2.8公斤/厘米²的压力(在额定工况下),然后通入气缸,这样就可以比不增压的提高功率约一倍以上。

二、燃烧及时

不仅要柴油机的燃烧完全,而且还要燃烧过程在活塞过上死点后但又接近上死点处完成。以便燃气有充分的膨胀而得到高的热效率。假使燃烧推迟到活塞近下死点处,则不但排气温度高,热效率低,而且与排气接触的部件的热负荷增高,影响了柴油机工作的可靠性和有关部件的寿命。

柴油机的燃烧过程是比较复杂的。首先从喷油泵供油到喷油器喷射须要一段柴油输送时间,柴油喷入气缸有一段持续时间,额定负荷时约为曲轴转角的20°~35°。喷进气缸的柴油是液体状态的油雾,开始燃烧前有一段蒸发分解等时间,这时间称为着火落后时间。所以喷油泵开始供油到开始燃烧有一时间间隔,要燃烧过程的进行靠近膨胀冲程的上死点,则喷油泵开始供油的时间就应该提早一些,应在活塞到达上死点之前;究竟应在活塞到达上死点前多少曲轴转角,要根据具体柴油机和工作条件等等因数决定。这曲轴转角称为供油提前角,它对柴油机的性能有很大影响,必须予以重视。16240Z柴油机的供油提前角在不同负荷时会自动改变,在额定工况下它的供油提前角为23°。

三、燃烧柔和

从理论上讲,燃烧愈接近上死点,经济性是比较好的,但上面提到柴油喷射进气缸后并不立即燃烧而有一定着火落后时间,这段时间里柴油继续在喷进去,因之,当开始着火燃烧时,气缸里已积存了一部分柴油,而且它的周围都是新鲜空气,所以初期燃烧速度极为迅速,压力的增加也很快,假使过分急剧,这样不但柴油机工作粗暴,且将增大有关部件尤其是活塞、曲柄连杆