

第1篇

清洁机械

扫 路 车

1.1 概述

扫路车是具有路面清扫、垃圾收集和运输功能的环卫机械。扫路车作为一种环卫产品,广泛地用于公路干线、城镇小区、市政、机场和公园等路面的清扫,适应能力强,应用广泛。扫路车的应用极大地减轻了环卫工人的工作强度,提高了清扫的工作效率,减少了由于扬尘导致的二次污染。图 1-1 所示为 ZLJ5063TSLE3 扫路车。



图 1-1 ZLJ5063TSLE3 扫路车

1.1.1 功能和特点

扫路车的出现给城市道路和高速公路的清洁带来了福音。首先,它能发挥清扫的优势。城市的道路面积广阔,如果靠人力进行清扫,则需要大量的环卫工人,而且清扫一次的时间较长,往往是前面扫完后面又脏了,效率极其低下,而扫路车能够及时清理垃圾,缩短了清理周期。其次,以前环卫工人是直接上路

面作业,在行车道上车速非常快,环卫工人往往不能及时注意到,极易发生车祸,用扫路车代替工人进行清扫,能够极大地保障环卫工人的安全。再次,用扫路车来清理路面能够降低成本,因为如果用人工清理,则需要雇用大量的工人,花去大量的人工费,效果还不好,现在用扫路车取代,就会省去大量开支,效率高、速度快,而且效果极好。

扫路车设备功能齐全,具体作业时有如下的特点:①属于全气候干湿式清扫。作业时全部用气流完成,水雾压尘,吹吸结合,无二次污染。②科学用水,节约能源,车子一过,地面干干净净。③清扫效果好,从几十微米灰尘到一般小石子、树叶等杂物都能得到有效的清除,清扫效率在 90% 以上。④结构简单、磨损件少,使用和维护方便、操作简单,每次扫路车作业时都有悦耳的铃声提示,操作时只需通过驾驶室的控制面板就可进行基本的操作控制。⑤使用和维护费用低,与人工用大扫帚的清扫方式相对比,既节省劳动资源与时间,又环保。

1.1.2 分类与用途

国内外扫路车技术发展经历了纯扫式、纯吸式、吸扫式三个阶段。扫路车可按以下几种不同方法进行分类。

1. 按工作原理分类

根据扫路车垃圾收集作业的工作原理可

分为吸扫式、纯扫式和纯吸式。吸扫式扫路车采用扫刷将垃圾扫集到吸嘴下,随着扫路车向前行驶,垃圾被风机产生的负压吸入吸嘴内,经吸风管道进入垃圾箱;纯扫式扫路车采用清扫刷(或用机械抛料的方式)将垃圾扫入(或抛入)垃圾箱内,以达到清扫的目的;纯吸式扫路车采用风机(或其他抽气装置)在气力输送系统所产生的负压将路面垃圾吸入垃圾箱内,以达到清除路面垃圾的目的。

2. 按除尘形式分类

根据扫路车除尘形式可分为湿式除尘和干式除尘。湿式除尘即扫路车在清扫作业中,除在扫盘处喷水外,在吸嘴和吸管处也采用喷水除尘。扫盘处喷水的目的是减少扫路车清扫作业时的扫盘扬尘;在吸嘴和吸管处喷水的目的是用水雾湿润吸嘴吸入的细小灰尘,使灰尘聚结成较大体积的颗粒,以便加速其在垃圾箱中的沉降,并防止其堵塞吸管。湿式除尘通常无须采用复杂的粉尘过滤器;干式除尘一般综合采用真空吸尘、重力降尘、过滤除尘等方式减少作业扬尘和进入垃圾箱内气体携带的灰尘。

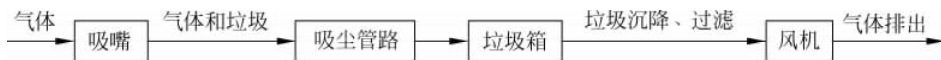


图 1-2 直排式气力输送系统的气流流动路线

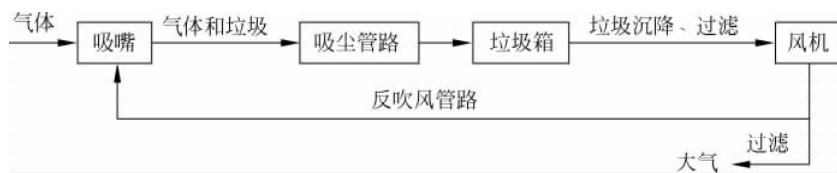


图 1-3 循环式气力输送系统的气流流动路线

4. 按传动方式分类

扫路车按传动方式分为单发动机驱动和双发动机驱动两种形式。单发动机驱动传动就是扫路车仅采用一台发动机同时作为行走部分和工作装置部分的动力源;双发动机驱动方式的扫路车采用定型汽车底盘改装,工作装置部分单独采用一台副发动机作为动力源,该传动方式克服了单发动机传动方式的不足,能

3. 按气力输送系统分类

根据气力输送系统中气流排出方式可分为直排式和循环式。

直排式气力输送系统的气流流动路线如图 1-2 所示。风机工作时抽吸垃圾箱内的气体,使垃圾箱内产生一定的真空度,该真空度产生的负压将垃圾通过吸嘴收集到垃圾箱内。而风机排出的气体不经过滤直接排入大气。直排式气力输送系统需要洒水系统为其降尘,通常应用于湿式扫路车中。由于不需要特殊的除尘装置,所以直排式气力输送系统结构简单,制造成本低。

循环式气力输送系统的气流流动路线如图 1-3 所示。循环式气力输送系统和直排式气力输送系统的不同之处在于由风机排出的气体一部分要反吹回吸嘴,而其余的气体要经过滤筒过滤后排进大气。循环式气力输送系统常用于干扫车,一般不需要进行喷水降尘,适合缺水地区或北方冬天作业,但它的结构复杂,制造成本高,而且反吹风量控制得不合理也极易导致过滤装置失效、二次污染等问题。

够确保扫路车使用性能的需要。双发动机驱动为目前国内扫路车的基本传动方式。

5. 按车辆总质量分类

扫路车按车辆总质量可分为 7t、10t、16t、25t 等类型。总质量 7t、10t 的扫路车主要用于中心城区道路的清扫作业;总质量 16t、25t 的扫路车主要用于城市快速路、城市高架路及城郊公路的清扫作业。

1.1.3 扫路车的发展趋势

随着我国经济的快速发展和人民生活水平的提高,居民对环保的要求越来越高。扫路车是城市环境保护的重要工具,将来在环保领域会有越来越大的发展空间。未来扫路车产品和技术的发展将主要体现在以下几个方面。

(1) 紧凑型扫路车将成为主流车型。

目前国内的扫路车一般采用通用底盘改装,通用底盘使得扫路车的改装受到一定的限制,因此国外许多著名扫路车生产商都在大力研发全液压扫路车专用底盘。这种紧凑型专用底盘更适合扫路车的实际工作状况,也更实用、美观,已逐渐成为国外扫路车领域的主流车型。

(2) 环保型扫路车越来越受到追捧。

由于扫路车长期在城市和人口密集的地方工作,所以各个国家都对扫路车制定了相对较高的排放标准。扫路车越清洁环保,就越有市场竞争力。因此,未来环保型扫路车将越来越受欢迎。

(3) 多功能型扫路车将备受关注。

目前国产扫路车基本上是单纯意义上的扫路车,即只能扫路,不能它用。而从全国许多环卫局的信息看,有的需要能清洗道路护栏,有的要求能铲雪,等等,因此,扫路车多功能化是其一个发展方向。

(4) 扫路车操作越来越方便。

由于扫路车是在人群密集的城市作业,过于复杂的操作会让驾驶员容易疲劳,甚至容易造成事故,因此,扫路车的设计应当人性化,尽可能地降低驾驶员的劳动强度。

1.2 扫路车的结构和原理

扫路车一般由底盘、副发动机、风机、扫盘、垃圾箱、吸嘴、液压系统、电控系统等组成,见图1-4。其中垃圾箱、风机、副发动机、扫盘等安装在副车架上,并通过副车架固定在底盘车架的大梁上,通常把副车架及其上的工作装置称为上装。垃圾箱的后部有箱门,需要倾倒垃圾时,箱门打开,垃圾箱在液压油缸的作用

下绕铰轴转动,垃圾从箱内被倒出。风机的吸口与垃圾箱连通,垃圾箱通过吸管与吸嘴连通。扫盘可以升降收放。

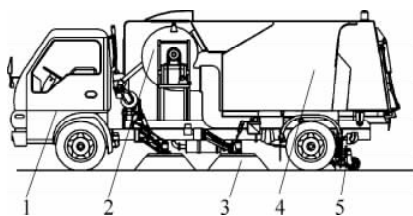


图 1-4 扫路车结构示意图

1—汽车底盘; 2—风机; 3—扫盘; 4—垃圾箱; 5—吸嘴

扫路车的工作原理如图1-5所示。副发动机通过皮带传动驱动风机旋转,在离心风机的抽吸下,使垃圾箱、吸嘴内产生负压并在吸嘴内产生高速气流,通过扫盘把路面垃圾汇集在吸嘴的吸入范围内。在负压和气流的作用下,垃圾通过吸嘴进入垃圾箱,并在垃圾箱内沉降。此外,副发动机还带动液压泵来控制扫盘的旋转及提升、吸嘴的升降等动作。其中垃圾箱门的开闭、垃圾箱的升降及冲洗泵除可以由副发动机驱动的液压泵带动外,还能由底盘变速箱取力驱动的液压泵带动,便于在不启动副发动机的情况下实现倾倒垃圾或对车辆进行清洗。

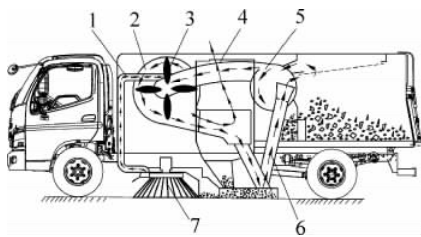


图 1-5 扫路车工作原理示意图

1—吸尘器; 2—反吹风道; 3—风机; 4—除尘箱;
5—旋风除尘器; 6—吸嘴; 7—扫盘

1. 吸扫式扫路车

吸扫式扫路车通常由动力系统、清扫系统、气力输送系统、液压传动系统和电路控制系统等几部分组成。其中气力输送系统由风机(或其他抽气装置)、吸嘴、风道、垃圾箱等组成。由于进入垃圾箱后容积突然增大,空气流速降低,质量较大的颗粒状垃圾沉降于垃圾箱底部,含有少许粉尘和轻质垃圾的空气经过滤

装置过滤后,通过风机从排风管道排出。吸扫式扫路车清扫能力强,具有优异的遇障避让功能,能清扫路沿及拐角处,适用范围广。

2. 纯扫式扫路车

纯扫式扫路车作为一种价格便宜、使用费用较低的机械,其特点在于垃圾是被圆柱滚刷直接扫进垃圾箱的,如图 1-6 所示。由于其结构简单、功耗小、油耗低,曾有一定的市场,但因清扫效果差、二次污染大,逐渐被吸扫式扫路车所代替。

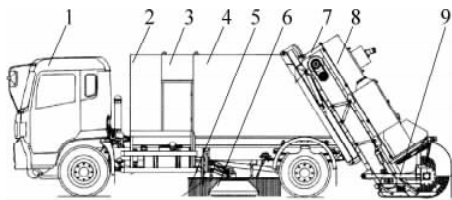


图 1-6 纯扫式扫路车结构示意图

1—二类底盘；2—水路系统；3—液压系统；4—垃圾箱；
5—挡料板；6—盘扫刷装置(左右各一)；7—垃圾输送机；
8—驱动装置；9—滚刷机构

3. 纯吸式扫路车

纯吸式扫路车的特点是依靠风机气流完成清扫作业,不用扫刷,不必喷水降尘,在作业过程中,能有效抑制扬尘和减少可吸入颗粒物的产生。如图 1-7 所示为一款纯吸式扫路车实物图。



图 1-7 纯吸式扫路车

1.3 扫路车总体设计基础

扫路车一般由汽车底盘、副发动机、副车架、液压系统、洒水系统、电气控制系统、气力输送系统、清扫作业装置等八大系统组成,其中汽车底盘、副发动机、液压元件以及电气控制设备都是主要的外购件,而副车架、气力输送系统以及清扫作业装置都是主要的结构件。各系统的设计参数都需要根据扫路车总体设计参数确定,再通过确定的设计参数选取合适的外购件,最后对初步选定的外购件进行校核以及相关的匹配计算。

1.3.1 主要参数的确定

扫路车主参数通常作为设计扫路车的依据,各子系统的设计参数均需由总体设计参数直接或间接得到,因此确定正确合理的扫路车主参数是设计扫路车的首要条件。总体设计参数包括扫路车的专用性能参数、尺寸参数、质量参数和行驶性能参数等。各主参数虽然需要根据扫路车设计的具体要求确定,但必须严格遵守国家制定的扫路车标准。

1) 专用性能参数

扫路车的专用性能参数见表 1-1,主要包括清扫宽度、清扫速度、最大清扫能力、最大吸入粒度、清扫效率、卸料角、垃圾箱有效容积和水箱容积等。

专用性能参数是扫路车工作能力的体现,确定主要性能参数时要结合国家标准、当前的设计水平和制造能力。扫路车主要性能参数包括清扫宽度 B 、清扫速度 v 、清扫能力 S 、清扫效率 μ 、最大吸入粒度 d 和垃圾箱有效容积 V_1 等。

表 1-1 扫路车的专用性能参数

示例	风机型号	发动机功率 / [kW/(r/min)]	清扫宽度/m	清扫速度 / (km/h)	最大清扫能力 / (m ² /h)	最大吸入粒度/mm	清扫效率/%	卸料角 / (°)	垃圾箱有效容积/m ³	水箱容积/m ³
5063TSL	9-26-6.3	57/3600	3	3~20	60000	110	≥90	≥45	2.5	1
5064TSL	9-26-6.3	57/3600	2.7	3~20	54000	110	≥90	≥45	2	—

(1) 清扫宽度 B 。清扫宽度是指扫路车在工作时所能达到的最大有效作业面宽度。扫路车工作时,盘扫向外伸出,两盘扫在扫路车宽度方向最外缘之间的距离即为清扫宽度。若单个盘扫可伸出车外的距离为 b ,则清扫宽度的计算方法为

$$B = 2b + w \quad (1-1)$$

(2) 清扫能力 S 。清扫能力是指扫路车进行清扫作业时,在能够达到有效清扫效率的情况下单位时间内所能达到的最大清扫面积。清扫能力的计算公式为

$$S = vB \quad (1-2)$$

(3) 清扫效率 μ 。清扫效率是指被扫路车清扫的垃圾质量与清扫前路面垃圾的质量比,以百分率表示:

$$\mu = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中, μ ——清扫效率;

W_0 ——清扫前路面垃圾的质量;

W_1 ——清扫后路面垃圾的质量。

扫路车的清扫效率应符合表 1-2 的规定。

表 1-2 扫路车的清扫效率

形 式	清扫效率/%	备 注
纯扫式	≥ 85	按规定的测试条件,在所定标的清扫速度范围内均应达到
吸扫式	≥ 90	
纯吸式	≥ 92	

(4) 最大吸入粒度 d 。扫路车以低于最高清扫速度的速度在铺有各种大小颗粒(密度为 $1.5 \sim 2\text{g/cm}^3$ 的石块或砖块)的路面上进行清扫,测量所吸入最大颗粒的质量和体积,计算密度,再按球体计算其当量直径 d ,作为最大吸入粒度。最大吸入粒度的计算公式为

$$d = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}} \quad (1-4)$$

式中, d ——颗粒的当量直径,cm;

V ——颗粒体积, cm^3 。

纯吸式和吸扫式扫路车的最大吸入粒度应大于或等于 30mm。

(5) 垃圾箱有效容积 V_r 。垃圾箱的有效容积决定了扫路车一次性工作时间的长短。垃圾箱有效容积的测量方法为:以吸尘口出口的最低水平面为限,该水平面以下的垃圾箱容积就是垃圾箱的有效容积。

2) 尺寸参数

扫路车的尺寸参数见表 1-3,主要包括以下几项:轴距、前悬、后悬以及外廓尺寸。

(1) 轴距。扫路车轴距越短则转弯半径越小,通过性就越好,但轴距短可能导致水箱和垃圾箱过短,无法达到设计要求。若通过增加后悬的办法来保证水箱和垃圾箱的容积会导致前后桥轴荷比分配不均匀,降低扫路车的操纵性和稳定性,甚至在倾倒垃圾的时候导致扫路车后倾翻。

表 1-3 扫路车的尺寸参数

示 例	外形尺寸(长×宽×高) (mm×mm×mm)	轴距/mm	轮距/mm		前悬/mm	后悬/mm
			前轮	后轮		
5063TSL	5690×1990×2420	3360	1504	1425	1015	1315
5064TSL	5700×1990×2445	3360	1504	1425	1015	1325

(2) 前悬、后悬。如果不在扫路车前悬上安装清扫装置则前悬基本不变。一般扫路车的主车架上均安装副车架,根据扫路车上各装备具体的安装要求和尺寸确定副车架的长度,因此扫路车的后悬一般都大于底盘的后悬长度。轴距 l 、前悬 l_1 、后悬 l_2 以及扫路车总长 L 之间存在以下关系:

$$L = l + l_1 + l_2 \quad (1-5)$$

(3) 外廓尺寸。扫路车的外廓尺寸要严格按照 GB 1589—2016《汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值》的规定来确定:车宽 $\leq 2500\text{mm}$;车高 $\leq 4000\text{mm}$;设计总质量和车长的关系见表 1-4。

表 1-4 扫路车设计总质量和车长对照表

设计总质量 M/t	≤ 3.5	$3.5 < M \leq 8$	$8 < M \leq 12$	$12 < M \leq 16$	三轴 $M \leq 20$	三轴 $20 < M \leq 25$
车长/m	6	7	8	9	11	12

3) 质量参数

质量参数包括整备质量和总质量。整备质量即我们通常所说的“空车质量”。扫路车的整备质量是指扫路车加上所有装备(备胎、工具等安装齐备),并加注满冷却液和燃油后的总质量,它是扫路车的一个重要设计指标。总质量即满载质量,是指扫路车装满垃圾后的质量。满载质量 m_s 包括整备质量 m_0 、驾驶员和随行人质量 $65 n_1$ (一个随行人质量按 65kg 计算)、垃圾质量 m_c , 即

$$m_s = m_0 + m_c + 65 n_1 \quad (1-6)$$

计算整备质量有两种方法。一种是对同样级别的样车和各个部件的质量进行测试及计算,以此为参考,可以初步估算出新设计汽车各个部件的大致质量,在此基础上进行累加,即可估算出新车的整备质量。

另一种方法是在无样车的情况下,先参考国内外大量同级别汽车的数据,为新车选择一个适当的质量系数,这个系数定义为汽车装载质量与整备质量之比。各类汽车的质量系数值见表 1-5。由新车的质量系数值,按新车所要求的装载质量即可算出整备质量。

表 1-5 不同类型汽车的质量系数

汽车类型		质量系数
货车	轻型	0.8~1.1
	中型	1.2~1.35
	重型	1.3~1.7

表 1-6 扫路车的行驶性能参数

示例	最高行驶速度/(km/h)	最大爬坡度/%	制动距离/m (满载,初速 30km/h)	最小转弯直径/m
ZLJ5063TSL	100	30	≤ 10	13.6
ZLJ5064TSL	90	20	≤ 10	12

通常,我们希望扫路车具有更大的总质量和更小的整备质量,这样扫路车才能装载更多的垃圾。但受水箱容积和垃圾箱容积的限制,扫路车能够装载垃圾的质量也只能限定在一定的范围之内,因此满载质量、整备质量和垃圾质量三个质量参数是相互制约、相互影响的,合理确定这三个参数才能为日后的设计工作奠定坚实的基础。

4) 行驶性能参数

扫路车经常在大街小巷来回穿梭,经常在低速重载的工况下工作甚至在低速重载时进行爬坡,在达到满载后还要以一定的速度将垃圾运回垃圾场,因此扫路车的行驶性能设计需要满足作业和行驶工况需要。扫路车的行驶性能参数和通过性能参数见表 1-6 和表 1-7。扫路车的底盘是决定其行驶性能能否满足扫路车标定工作性能的重要依据,因此设计专用底盘或选用二类底盘时需要详细计算行驶性能。同时,国家对于扫路车的排放标准也有严格要求,在选择底盘时应予以考虑。

1.3.2 底盘选择

目前,扫路车选用的底盘主要是二类底盘,也有一些厂家设计了专用底盘。在选用二类底盘时,一般应满足以下要求。

表 1-7 扫路车的通过性能参数

示 例	接近角/(°)	离去角/(°)	最小离地间隙/mm
ZLJ5063TSL	24	16	190
ZLJ5064TSL	24	15	135

1) 适用性

系统考虑满足国家有关标准、法规认证的要求,所选底盘必须取得 CCC 强制认证,满足国家环保部门的有关排放标准并获得环保目录,如国内生产底盘还必须为国家行业主管部门的公告内产品。这些是底盘选型的前提,结合到具体开发的扫路车,应满足扫路车尾气排放标准要求(例如天然气、电动等新能源,国Ⅲ、国Ⅳ、国Ⅴ),满足整备质量和装载质量要求,满足扫路车机动性要求。

2) 底盘可靠性及售后服务质量

底盘的可靠性是决定扫路车能否持久正常工作至关重要的一个环节,这是在进行扫路车底盘选型过程中必须充分考虑的一个方面。当然,再好的产品质量也有出问题的时候,这就提出了售后服务的问题。在进行底盘选型时,必须考虑底盘供应商的售后服务网络大小、响应时间快慢等售后服务质量水平。

3) 底盘可改装性确定

在底盘选型过程中,非常重要的一个方面就是底盘的可改装性。扫路车上部装置由副发动机、副车架、液压系统、洒水系统、电气控制系统、气力输送系统、清扫作业装置等构成,它们都直接与底盘发生关系,必须考虑清扫装置和吸嘴收放空间、吸管的安装、底架与底盘的可连接性、副发动机进气系统和排气系统布置的空间、垃圾箱卸料与底盘后悬是否干涉,等等。另外,还要考虑上装各种气、电、液管线路的布置空间,同时,考虑到底盘的安全性,整个改制操作必须事先征得底盘供应商的认可。

1.3.3 动力系统设计

扫路车的动力多由汽油发动机或柴油发动机提供,只有极少数小型扫路车以蓄电池、压缩天然气(CNG)或液化天然气(LNG)为动

力。采用汽车底盘改装的扫路车,绝大多数采用双发动机,也就是为工作装置专门配备了一台发动机(通常这台发动机叫副发动机)。用汽车底盘改装的扫路车采用双发动机的优点是:行走系统和工作装置在动力上各自独立,行走速度和行走操作不会对工作装置的作业效果产生影响,方便操作人员根据地面的污染状况选择最合适的清扫速度,进行最有效的清扫。

采用单发动机的扫路车多为中、小型专用底盘扫路车。采用蓄电池作为动力的扫路车多为清扫宽度在 1.5m 以下的中小型扫路车。采用单发动机的扫路车,如果行驶系统为机械传动,则在清扫作业时,风机的转速会随发动机转速变化而变化,因此影响清扫效果,特别是扫路车在上、下坡或换挡等操作过程中,对清扫效果影响更大;如果行驶系统为液压传动,则行驶和作业装置互不干扰,可达到满意的清扫效果。此外,采用单发动机可降低扫路车噪声,减少油耗。

1. 有辅助动力系统

副发动机是扫路车工作装置的动力源,用来驱动液压泵、水泵和风机,以实现扫路车清扫、洒水以及吸收垃圾等功能。图 1-8 所示为吸扫式扫路车副发动机的动力传动示意图。图 1-9 所示为某柴油机外特性曲线。发动机进排气采取两套空气滤清器,并且要单独设置进气系统和排气系统。液压泵一般通过取力器直接从发动机取力,不用经过传动系统。离合器可采用手动和自动两种。采用手动离合器工作稳定;采用自动离合器则避免了手动离合操作的不方便,通过发动机转速,自动控制发动机与风机的连接。皮带轮通过分出不同根数的窄 V 带连接水泵和风机,承担传动与变速的功能。

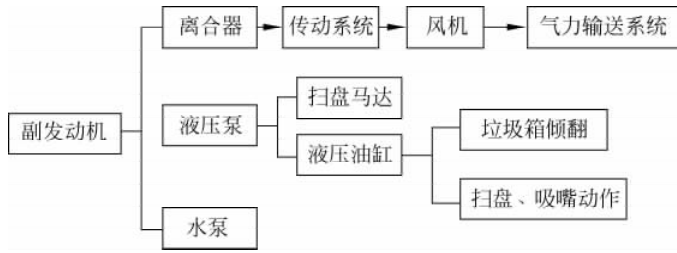


图 1-8 动力传动示意图

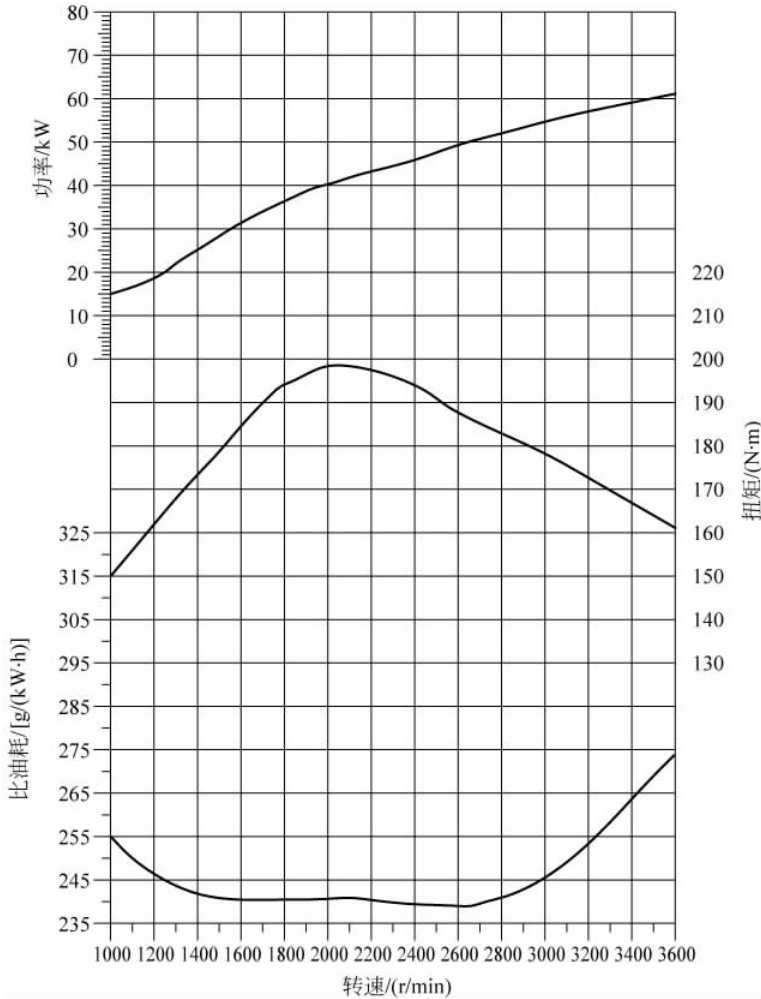


图 1-9 某柴油机外特性曲线

1) 转速、扭矩和功率计算

设副发动机与风机之间的传动比为 i_1 , 传动效率为 η_1 ; 副发动机与液压泵之间的传动比为 i_2 , 传动效率为 η_2 。计算如下:

(1) 风机转换到副发动机轴上的转速、有效扭矩、有效功率分别为

$$n_{\text{发}} = \frac{n_{\text{风}}}{i_1}, \quad M'_{\text{风}} = M_{\text{风}} i_1 \eta_1, \quad W'_{\text{风}} = W_1 \eta_1 \quad (1-7)$$

(2) 液压泵转换到副发动机轴上的转速、有效扭矩、有效功率分别为