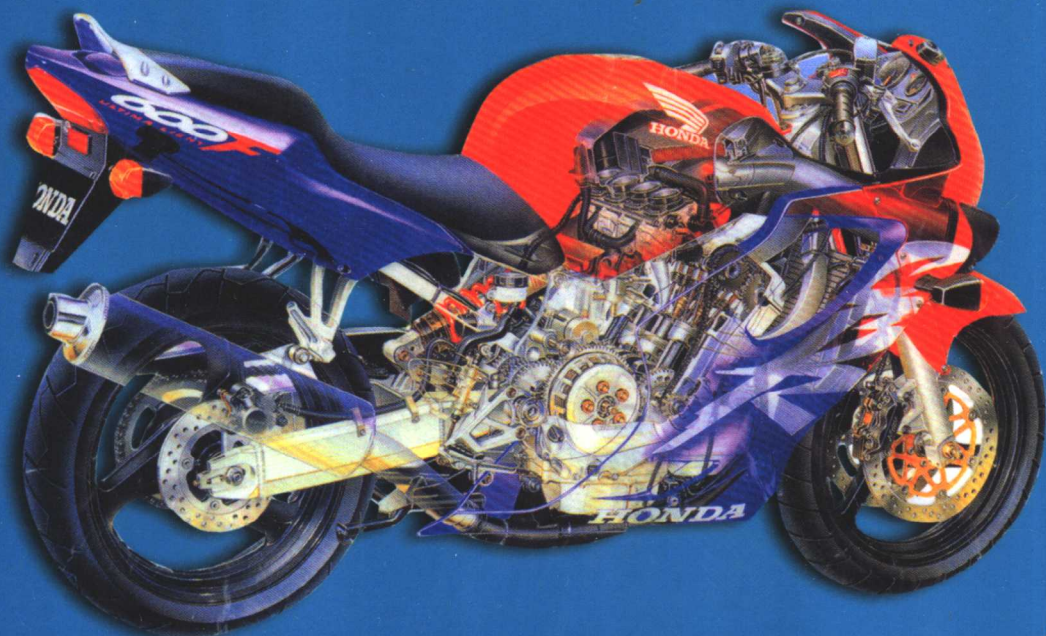


21世纪摩托车初中高级工维修技术丛书

摩托车传动、制动系统结构 原理与维修

王振选 王媛媛 主编



21 世纪摩托车初中高级工维修技术丛书

摩托车传动、制动系统 结构原理与维修

王振选 王媛媛 主编



机械工业出版社

本书介绍了摩托车的传动、制动系统的结构原理与维修。本书共十章,包括初、末级传动装置,有级和无级变速机构离合器,中间多级减速传动机构,发动机起动机构,自动变速以及固定减速比传动机构,车架及附属机构,悬架装置,制动系统与车轮和车体部分等内容。

本书内容系统、全面,突出实用性、先进性,可用于培训教学或作为考级辅导教材,也适于广大摩托车维修人员自学和实践指导。

图书在版编目(CIP)数据

摩托车传动、制动系统结构原理与维修. /王振选,
王媛媛主编. —北京:机械工业出版社, 2005.3
(21世纪摩托车初中高级工维修技术丛书)
ISBN 7-111-15840-7

I. 摩… II. ①王…②王… III. ①摩托车-传动系②摩托
车-制动装置 IV. U483.03

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 132688 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:齐福江

责任编辑:白刚 版式设计:冉晓华 责任校对:张莉娟
程俊巧

封面设计:陈沛 责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·37.25 印张·1171 千字

0 001—3 000 册

定价:59.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着科学技术的发展和摩托车技术水平的提高,对摩托车维修行业人员的理论知识和维修技术的要求也越来越高,尤其是近 10 年,摩托车技术(如水冷、电喷、防抱死制动、可变排气等)快速发展,采用高新技术的摩托车保有量迅速增加,而大量在职修理人员技术水平不能同步更新、提高,传统的跟着师傅学两年便独立开业的方式,由于师傅常有技术保守,其掌握的技术精华部分根本不传授于徒弟,徒弟自然难得真经,使修理技术走向失传的局面。

虽然我国有众多的摩托车培训学校,有的教师具备了简单的理论知识,但却没有独立开业修车的技术和实践经验,谈不上理论与实践相结合,教师自身在理论与实践之间存在着脱节现象,教出来的学员实践技能可想而知。

有些摩托车学校职称评定把关不严,学习 3~6 个月,毕业时却能考取“中级工”证书。考题与实际需要相距较远,这样的劣质修理工混入维修行业中,最终是既害社会,又害生产厂家及用户,给维修行业造成很坏的影响。

目前摩托车维修方面较深入的理论和真正实用的资料难求,有关书籍大都是凭理论推导的模拟程序修车,只适用于初级修理工学习期间实习或学徒工使用,理论指导的修车程序和方法与实际相差甚远,更谈不上修理工独立思考和判断能力的培养和提高,因此,造成维修工作失误率高、返工率高。

要想改变现状,就必须从源头抓起,就必须有一套全面的、系统的理论与实践相结合的资料,使教职工、维修工具有较深的理论知识,掌握维修技能,培养独立思考和逻辑分析能力,彻底摆脱“教条修车”和试换零件修车的弊病。本人总结 20 余年在摩托车维修、教学中磨炼出来的精湛修理技艺、理论知识及教学经验,将其融为一体编写成本套《21 世纪摩托车初中高级工维修技术丛书》。

丛书共分为四册:

第一册《摩托车发动机结构原理与维修(上)》

书中制定了严格的初、中、高级工的理论与实践应知应会要求及严格的理论与实践考核试题。由于试题来源于实践,真实性强、内容定位高,是理论与实践相结合的产物。初、中、高各等级工理论与实践考题都是独立的,同时为了防止出现片面性,各等级工的考题均有多份,考生分次考核,最后求出的平均值便是总得分。

制定了摩托车各种维修、保养的要求和操作规程,包括规范的维修程序和维修工艺。同时又制定了“职业道德”、“安全文明”、“交接车”、“维修操作”、“总成大修”等操作规程,强调维修工要端正思想品德和树立安全文明意识,达到扭转不良习惯和改进维修方法的目的。

介绍了目前国内外常见的以及最先进的车型、发动机和技术亮点,使读者首先对摩托车技术现状有一个整体了解,并且可得知全套书所要讲解的全部内容和知识。对单缸和多缸发动机机械部分的各种气缸盖、气缸头、气缸体、曲轴连杆总成、曲轴箱的材料要求、结构、工作原理、装配要求、检测方法、修理方法等初、中、高各等级工的理论和实际操作进行讲解。

第二册《摩托车发动机结构原理与维修(下)》

主要讲述各种配气机构(二冲程、四冲程)、化油器供油系统、电控燃油喷射系统,发动机润滑系统、冷却系统等。

第三册《摩托车传动、制动系统结构原理与维修》

主要讲述各种动力传递机构,初级传动、中间多级减速传动、末级减速传动,机械操纵式、自动轴向离心式、自动径向离心式离合器,有级、无级自动变速器,车辆翻新喷漆、烤漆工艺,机械制动、液压制动、气压制动、联合制动及防抱死制动,各种减振机构等。

第四册《摩托车电控系统原理与维修》

主要讲述电工、电子技术知识,包括发电机、电动机、稳压器、调压器、点火器、照明系统、信号系统、起动系统、点火控制系统、电控燃油喷射系统、电控防抱死制动系统和各种综合控制联锁电路等。

丛书有如下特点:

一、技术含量高,知识面广

丛书囊括了单缸、多缸摩托车各大组成部分传统结构、新结构、新技术及新的修理技术,使读者既学到了基本的结构原理,又学到了新技术。例如:各种电控系统、电喷燃油系统、联锁控制方式、机械及电控防抱死系统、天然气摩托车、电动摩托车等。对整车结构中的所有机械零件、总成和电器元件,都从材料性能、技术要求、结构原理、检测及校对、更换与修复、翻新以及旧物利用等方面系统地引导读者建立正确的思维方法。一切以维修质量为准绳,以降低维修成本为目的,在保证质量的前提下,提高修理工的思考和动手能力。

让读者既有维修常见车型的本领,又有维修新车型的理论和实际技能,将自身的理论水平和实际操作技能上升到一个新的层次。

二、理论透彻,通俗易懂

各种理论叙述都配以大量的插图加以详细讲解,做到了讲透、讲彻底。既有各自的独立作用与原理,又有相互配合、相互制约、相互影响的互动关系。只有掌握了这些,才能在故障的检查、分析过程中将理论知识运用自如,才能达到快速、准确排除故障的目的。在实际维修过程中,如果没有系统连贯的理论知识,检查和排除故障将是一句空话,充其量也只能是利用零件的反复更换或者依靠些似懂非懂的经验来排除故障,无法摆脱“换件工”的坏名声。

不论是简单的还是复杂的理论和结构,一切以读者看得懂、学得会为基本要求,以最简洁、准确的语言来论述。所以,本套书中避免了似是而非的含糊概念和理论。对重要零部件都配以故障实例进行系统、详细的分析,使读者读得懂,学得会,易掌握,易效

仿。

三、经验介绍多,故障分析透彻

在各有关章节中都列举了经验介绍和实例分析,将作者 20 余年精心积累的丰富实践、教学经验、检测经验全方位地展现给读者,让读者很快地掌握和运用,以便提高维修技能和经济效益。在故障实例中,正确地引导读者运用理论知识去分析、判断、解决故障。强调不要只注意故障的表面现象,要对故障的直观现象进行综合性的理论和逻辑推导分析,让读者知其然更知其所以然。消除盲目性、冲动性以及试换法的不良维修习惯所带来的后果。同时利用对比手法,对故障的直观现象进行排查,力求实现准确、快速和经济的维修原则。在故障的检查和隔离分段时,排查点选择准确合理,力求使读者学到快速、准确检查和判断故障的方法,并且列举了不同的检测和验证方法,从根本上消除了那种“似修理工,又非修理工”写出的不切合实际、似是而非的修车方法。

四、各等级工定位标准适当,能适应今后一段时期发展需要

第一册第五章、第六章制定了各等级工考核大纲、理论与实践考题(仅供参考),并配有答案,知识全面,要求严格,符合新技术发展需要。读者可根据实际情况,对自己进行自检、自测,验证自己的理论与实际水平到底能达到哪个水平,找到自己的薄弱环节,有针对性地加强学习。同时也适用于各技校招聘教职员工时进行考核,也适于各学校对各等级工毕业时的业务考核。保证维修工培训质量。

五、初、中、高级维修技术合编,知识系统连贯

在国内有关摩托车修理方面的理论书籍中,大都为学徒工和初级工范围内的最基础、最简单的一般常识性介绍,不论是理论还是实践指导,涉及到中级工(行业内的主修工)的理论和实际操作很少。虽然相关期刊中也刊登一些中级工的技术资料,但由于不系统、不全面,形成了东一榔头西一棒子的局面,常出现知识“断层”现象,有些甚至相互矛盾,不利于读者收集和学习,是阻碍维修技能提高的一个重要因素。

在我国各地区中真正达到中级工水平的修理部是有限的。那些“半瓶子”修理部像雨后春笋般地涌出,又如秋风落叶般在一二年内倒闭,形成了行业内的一大“怪景”,究其原因就是没有一套由浅入深的理论参考资料。所以将初、中、高各等级工知识贯穿为一体,读者可以根据自身的实际水平和工作需要,有选择性和针对性地去阅读自己所需要的知识。

对于摩托车培训学校可根据学员的学制长短,选择相应内容进行授课。基础知识欠缺的学生可以自己补学,利于中、高级工教学的顺利开展,是提高和保证教学质量的最佳教材,还是各等级工备考的最佳参考书。

为便于培训教学和读者自学,本书对初、中、高三级维修技术内容作了标识:“☆”标记为中级工,“★”标记为高级工,未作标记为初级工。

六、精选作者队伍,确保内容实用、适用

为确保丛书的编写质量,还筛选组建了一支由学徒工、中级工、高级工、维修技师、讲师等各层次的维修人员在内的编写队伍。经过精心策划、反复推敲、广集资料,认真研究各等级工的理论和实际需要,并经过多次征求意见及反复修改后编写完成本套摩托车维修技术丛书。

本丛书编写过程中,参阅了麦连永同志的部分资料,且得到许多同行们的热心关注和帮助,在这里深表感谢。该书由王振选、王媛媛主编,参编人员还有:

姓 名	职 称	现任职务
王学仁	技 师	维修工
张智礼	技 师	专业教学
魏登伦	技 师	维修工
魏 玺	高级工	专业教学
李月芹	高级工	专业教学
龚丑旦	高级工	专业教学
刘作富	中级工	维修工
李栓民	中级工	维修工
龚新会	中级工	维修工
王振川	初级工	维修工
吴红贤	初级工	维修工
王 栋	初级工	维修工

由于作者水平和时间所限，错误之处在所难免，敬请广大读者不吝赐教，以便再版时订正。

读者有何需求、意见和建议可与丛书策划编辑齐福江联系，联系地址：(100037) 北京百万庄大街 22 号，机械工业出版社机械汽车分社，电话 010-88379735。

让我们携起手来共同修著一套摩托车维修技术的精典之作，为摩托车维修行业走向正轨作出一点贡献。真诚欢迎同行们进行技术交流及读者咨询，作者联系电话：029—88098283，手机 13991896531。我们愿意随时解答疑难问题，并为各摩托车厂家培训确实合格的售后服务人员，降低生产厂家因维修人员不合格造成的经济损失及声誉损失。

王振选

王媛媛

目 录

前言

第一章 机械基础知识 1

第一节 力的基本知识☆ 2

一、力的概念 2

二、力的合成和分解 3

三、力矩的概念 4

四、功 5

第二节 约束与约束反作用力☆ 6

第三节 摩擦☆ 8

一、滑动摩擦 8

二、摩擦角和自锁 9

三、滚动摩擦阻概述 10

第四节 机械传动☆ 11

一、螺旋传动 11

二、链传动和齿轮传动 16

第二章 初级减速传动装置与有级变速机构离合器的结构原理 24

第一节 动力传动装置概述☆ 24

一、动力传动机构的作用 24

二、动力传动机构的分类 24

三、动力传动机构的基本组成及作用 24

第二节 初级减速机构的结构原理☆ 28

一、初级减速比的比值与原理 28

二、初级减速传动机构的传动方式、类型和布局方法 29

三、初级传动机构的维修注意事项 31

第三节 摩擦片式离合器的作用、要求、原理与分类方法☆ 32

一、离合器的作用 32

二、对离合器的要求 33

三、摩擦片式离合器的基本结构

与工作原理 33

四、离合器的布置方式与分类方法 35

第四节 摩擦片式离合器的构造、组成与技术性能要求☆☆ 36

一、摩擦片式离合器的基本组成部分☆ 36

二、对离合器基本参数的要求★ 38

三、摩擦片式离合器主要零件的技术要求★ 39

第五节 典型摩擦片式离合器的结构原理☆ 46

一、强制分离内推式离合器的结构原理☆ 46

二、强制分离外推式离合器的结构原理☆ 53

三、干式离合器☆ 57

四、转矩限制器离合器☆ 59

第六节 油浸多片自动离心式离合器☆☆ 61

一、油浸多片钢球式自动离合器结构与装配要求 61

二、离合器的简单原理☆ 63

三、钢球式自动离合器的技术性能分析★ 64

四、单向棘轮的工作原理☆ 68

五、四联动自动离心式离合器☆ 70

六、蹄块(飞块)自动离心式离合器 75

七、双级离合器及多级离合器 78

第七节 离合器的检修☆ 79

一、专用工具的使用与制作☆ 79

二、离合器的分解及顺序要求 83

三、离合器的检测和生产故障说明☆ 90

四、离合器的修理与装配要求☆ 99

五、离合器操纵机构的检修☆	104	四、变速器故障检查经验介绍	
六、离合器常见简单故障的提示分析☆	107	与分析	211
复习题	111	五、变速器的常规和经验检查方法	216
第三章 中间多级减速传动		六、变速器维修经验介绍	221
机构	112	七、变速器的组装及要求	223
第一节 变速器参数与齿轮精度★	113	第四章 发动机起动机构的结构原理与检修	228
一、有级变速器的主要参数	113	第一节 起动机构的要求与概述	228
二、齿轮精度对噪声的影响	116	第二节 脚踏反冲式起动机构的技术要求★	229
三、有级变速器对主要零件的要求	118	一、反冲式起动机构的总传动比	229
第二节 典型的有级机械操纵式变速器☆	121	二、对齿轮的基本要求	230
一、齿轮的传递和变速原理	121	三、棘轮、棘齿、棘爪的要求	230
二、二级移动结合套式变速器的结构原理	123	四、起动轴的材料及技术要求	230
三、三级移动齿轮式变速器的结构原理	126	五、起动轴回位弹簧	231
四、四级变速器的结构原理	130	六、起动杆	232
五、国产 750 系列四级移动结合套式变速器的结构原理	140	第三节 典型脚踏、脚踏反冲起动机构的结构原理与维修☆	232
六、锁球式和移动拨叉式四档变速器	144	一、脚踏式起动机构	232
七、五级变速器的结构和原理	148	二、脚踏扇形齿式反冲式起动机构	234
八、六级变速器的结构原理	155	三、骑式车型脚踏反冲式起动机构	241
第三节 变速器操纵控制机构的结构原理☆	160	四、电起动系统中的机械减速原理	249
一、拨叉滑动在凸轮鼓上的操纵控制机构	161	五、电起动系统中的啮合与解脱机构	253
二、拨叉在凸轮轴外的变速操纵控制机构	166	六、电起动机构的检修方法	256
三、旋转凸轮鼓(轴)动作时典型的操纵控制机构	172	第四节 起动机构常见故障及修理方法☆	258
四、规板式变速操纵控制机构	186	一、起动机构常见的故障	258
五、锁球式变速器操纵控制机构	194	二、起动轴与起动杆的修理	259
第四节 变速器的检修及常见故障分析☆	196	三、脚踏起动离合器的检修	260
一、变速器、变速操纵机构在分解过程中的初步检查	196	四、起动轴不能完全回位的修理	263
二、变速动作机构的常规、经验检查方法和故障分析	205	五、电起动离合器的检修	263
三、变速凸轮轴的检查	209	六、起动齿轮的修理	264
		复习题	265
		第五章 末级传动机构	266
		第一节 链条传动机构★	266
		一、主、从动链轮的传动比	267
		二、主、从动链轮的技术要求	268
		三、链条的技术要求	272

四、链条的选择及优点	275	三、FA50 车型中的两种动力 传递机构☆	365
五、链条传动的布置、张紧 和润滑	279	四、FR50 高、低速二档自动 变速机构☆	368
六、链条和链轮的失效	280	五、三档自动变速机构与后齿 轮箱☆	373
第二节 链条链轮末级传动机构		第二节 无级变速动力传递 机构☆☆	380
检修方法☆	280	一、无级变速机构简介☆	380
一、定期检查和润滑	280	二、CVT 与动力系统的分析☆	380
二、链条的修理	284	三、无级变速机构的结构特点☆	383
三、装配与调整方法	286	四、蹄块式自动离合器的结构、 原理☆	387
第三节 轴传动末级传动 机构☆☆	293	五、无级变速机构的基本工作 原理☆	389
一、概述☆	293	第三节 无级变速传动机构的 检修方法☆	393
二、轴传动的具体结构☆	296	一、前带轮的检修与故障分析☆	393
三、锥齿轮的技术要求	299	二、离合器的检修与故障分析☆	398
四、传动轴的技术要求	300	三、后带轮的检修与故障分析☆	401
五、万向联轴器	301	四、后齿轮箱的检修☆	403
第四节 典型轴传动机构的 结构☆	302	五、为什么无级变速机构越修 故障越多☆	405
一、雅马哈 QT50 轴传动机构的结构	302	六、无级变速机构中常见的 故障分析☆	408
二、国产 750 万向节轴传动机构 的结构	303	复习题	409
三、典型进口车型中的几种轴 传动机构	306	第七章 车架及其附属机构	411
四、轴传动机构常见故障及检修	310	第一节 车架的基本结构和性能 要求☆	411
第五节 差速器后桥传动机构☆	322	一、车架的基本结构☆	411
一、链条链轮传动差速器后桥 传动机构	322	二、车架的要求☆	412
二、传动轴传动的差速器后桥机构	326	三、车架型式与尺寸的确定☆	413
三、轴传动差速器的结构原理	339	四、车架主要尺寸的选择☆	415
四、差速器、后桥的检修注意 事项及要求	341	第二节 两轮摩托车车架☆	415
五、差速器的检修	343	一、空间结构型车架☆	415
六、其他后传动装置	351	二、主梁结构型车架☆	416
复习题	359	三、主梁摇臂组合型车架☆	417
第六章 自动变速及固定减速比 传动机构	361	四、铝合金车架☆	418
第一节 有级自动变速机构☆	362	第三节 三轮摩托车车架☆	418
一、雅马哈 MATE50 车型两档自动 变速机构☆	362	第四节 车架附属机构☆	419
二、本田 50 系列高低速自动换档离心式 离合器的结构☆	364	一、摩托车支架☆	419

二、脚踏杆和脚踏板☆	420	四、阻尼器的外特性★	472
三、挡泥板	420	五、相对阻尼系数 φ 和阻尼系数 C^*	473
四、摩托车座垫	420	六、减振器开阀参数选择与分段线性★	474
第五节 车体覆盖件☆	420	七、减振器外特性的反求与验算★	474
一、导流罩的作用与要求☆	421	第四节 减振器阻尼器要求☆☆	475
二、导流罩形式	421	一、减振器基长与工作行程★	475
三、导流罩外形结构	423	二、工作缸筒★	475
第六节 操纵控制机构与转向把		三、贮油筒直径 D_c 的确定★	476
转向机构☆	427	四、活塞杆☆	477
一、操纵机构	427	五、活塞☆	478
二、操纵机构位置要求☆	428	六、油封☆	479
三、转向把的结构和要求☆	431	七、吊环形式☆	479
四、导向机构☆	432	八、几种常见阀系统结构型式☆	479
复习题	433	九、减振器的漏油机理及预防措施★	480
第八章 悬架装置的结构原理	434	十、减振器油的技术要求☆	485
第一节 悬架装置的作用、要求及基本组成形式☆	434	十一、减振器油的选配和使用注意要点★	485
一、悬架装置的作用☆	434	复习题	486
二、对悬架装置的要求☆	435	第九章 摩托车制动系统与车轮的结构原理	487
三、前悬架装置的形式与组成☆	436	第一节 概述☆	487
四、摩托车前悬架装置结构分类及其特点☆	437	一、基本结构和原理☆	487
五、前悬架装置的主要结构参数★	438	二、制动系统的基本布局☆	488
六、摩托车后悬架装置结构分类及其特点☆	440	三、液压制动时的放大原理☆	490
七、后悬架装置的形式与组成☆	442	第二节 制动器☆	490
八、后悬架装置的技术要求★	447	一、鼓式制动器☆	490
第二节 减振器的结构、原理☆☆	448	二、盘式制动器☆	493
一、前减振器☆	448	三、鼓式制动器与盘式制动器的对比分析与选择☆	497
二、不同功能的前减振器★	454	四、制动操纵控制件的结构要求☆	498
三、浅谈摩托车前减振器各种结构的利弊★	458	五、鼓式和盘式制动的技术要求☆	498
四、后减振器☆	460	第三节 制动防抱死装置与联动制动简介☆☆	502
五、各种可调式后减振器☆	463	一、概述	502
第三节 减振器的各种技术要求★	467	二、防抱死装置的分类与基本原理☆	505
一、悬架装置的固有频率和静挠度选择★	467	三、机械式 ABS 系统与电子 ABS 系统的区别☆	506
二、悬架装置的特性★	468		
三、悬架弹簧的型式和结构★	469		

四、电子控制防抱死装置理论★	506	二、初步检查的方法☆	549
第四节 典型防抱死装置的结构、 原理☆☆	509	三、转向机构的分解☆	550
一、BMW 系列车型电子控制防抱死 系统★	509	四、转向机构的检查与维修☆	556
二、本田 ST1100 ABC-TCS 装置★	511	五、转向机构的装配☆	559
三、本田 GL1200 ABS★	514	六、前减振器的分解☆	565
四、雅马哈 CTS1000A、FJ1100、 1200 ABS 装置★	518	七、前减振器的检查与维修☆	567
五、本田 ALB 防抱死装置 (机- 液式)★	519	八、前减振器的装配☆	569
六、液压防抱死制动☆	522	第二节 后悬架的检修☆	571
七、本田 CB1000F 双联制动☆	523	一、后悬架机构常见的故障现象 和原因☆	571
八、电动机直接驱动式 ABS★	526	二、后悬架对各部件的要求☆	571
九、电动机驱动制动复合式防 抱死系统★	528	三、后悬架的拆卸与分解☆	571
第五节 轮胎与车轮☆	531	四、后悬架的检查与维修☆	572
一、轮胎的作用、分类及基本 要求☆	531	五、后悬架的装配☆	573
二、常见充气轮胎的类型和外胎 的结构☆	532	第三节 前、后车轮与制动器的 检修☆	574
三、车轮的结构☆	540	一、制动系统常见的故障现象和 原因☆	574
复习题	548	二、轮胎使用注意事项☆	575
第十章 车体部分的常见故障 与检修方法	549	三、前、后轮和制动器检修时 的要求☆	576
第一节 转向与前悬架☆	549	四、前轮和前制动器的拆卸 与分解☆	577
一、转向与前悬架机构常见的故障现象和 原因☆	549	五、前轮和前制动器的检查与 维修☆	579
		六、前轮和前制动器的装配☆	582
		七、后轮与后制动器检修☆	583
		复习题	583

第一章

机械基础知识

机械是人类进行生产劳动等各方面使用的一种主要工具，是体现和标志社会生产力发展水平高低的一个重要依据。机械技术水平的高低，决定了社会发展过程中的机床、加工设备、机动车辆、运载工具、飞机和大型精密、尖端机器设备技术性能的高低。在社会发展的过程中，不同阶段的机械水平，对不同阶段的国民经济水平的高低起着很重要的意义。所以，机械水平的高低是衡量一个国家经济发展、生产技术水平、能源利用、环境保护、设备使用寿命等综合素质的一个重要标志。

(1) 机械是由多种机构组合而成的一种连续运转的机器设备，机械是各种机器的统一称呼，包括的范围很广泛，虽然机器的用途不同，外形结构也不同，但都有机械的共同点，就是这些设备都是由多种零件相互组合而成。凡是机器都具有以下三个共同特征：

1) 都是由各种构件组合而成的。如图 1-1 所示为 GS125 发动机（机器）的结构透视图，由气缸、活塞组件、连杆、曲轴等构件组合而成。

2) 在机器内的各构件之间具有确定的相对运

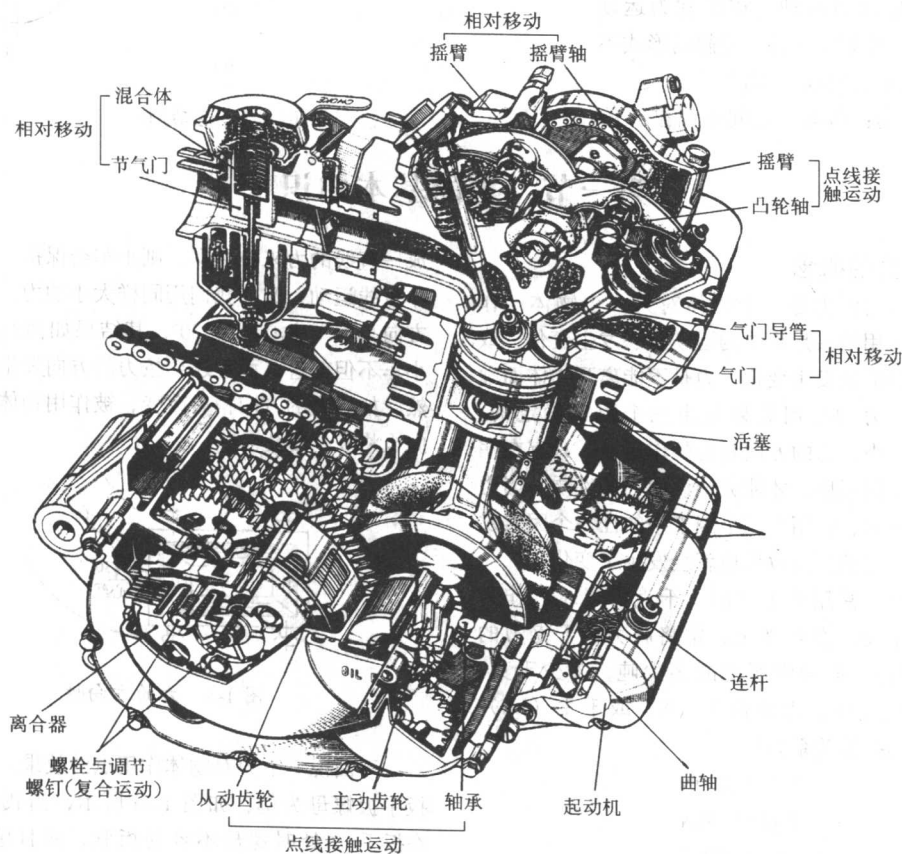


图 1-1 GS125 发动机机械透视图

动关系。如活塞在气缸体内依气缸内壁作导向的往复直线运动，曲轴相对于轴颈两端的轴承作连续的旋转运动。

3) 机器可完成有用功或者进行能量转换。如燃烧后的热能量通过活塞与曲轴转换成向外输出的旋转机械能。起动机把电能转换成机械能。

(2) 机构 所谓机构就是具有确定的相对运动构件的组合，主要的功用在于传递或转变运动的形式。如图 1-1 中的活塞连杆机构，它可将发动机的热能转换成活塞的往复直线运动，又通过连杆转换成曲轴的旋转运动。

(3) 机械 机械是机器和机构的总称。如图 1-1 中的活塞与曲轴总成、变速器与初级传动齿轮、凸轮轴与摇臂等。

(4) 运动副 两构件直接接触而又能产生一定相对运动的连接称为运动副。由于运动副中两构件接触的形式不同，运动副又分低副和高副。

1) 低副：两构件之间作面接触的

运动副。低副又分为：①转动副，两构件在接触处只有相对转运，如图 1-2a (1) 所示；②移动副，两构件在接触处只有相对移动，如图 1-2a (2) 所示；③螺旋副，两构件在接触处有转动和移动的复合运动，如图 1-2a (3) 所示丝杠和螺母组成的运动副。

2) 高副：是指两构件之间作点或线接触的运动副，如图 1-2b 所示。

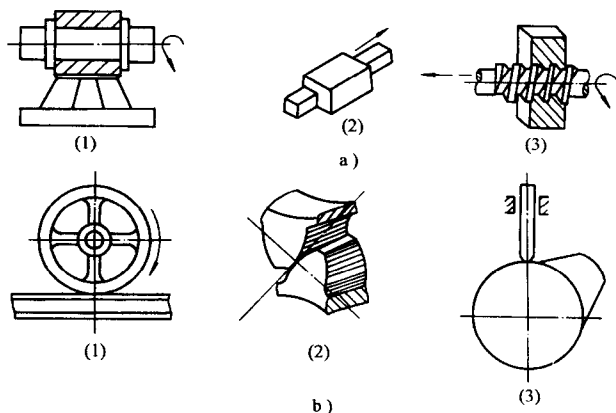


图 1-2 运动副

第一节 力的基本知识☆

一、力的概念

什么是力？力是一个物体对另一个物体的作用。力的作用效果是物体的运动状态发生变化，或者是物体的形状发生变化。力是不能离开物体而独立存在的。力的作用效果是由三个因素确定的，即：力的大小、力的方向和力的作用点。只有在明确了这三个因素后，才能完全说明力的性质。当力的大小、方向、作用点三个因素中的任一个因素发生了变化，力的作用效果也就会发生了变化。

在工程上常用吨力 (tf)、千克力 (kgf) 作为力大小的单位。在习惯上，常将吨力、千克力“力”字省掉，即通常所说的多少吨，多少千克。在国际单位制中，力单位牛 (N) 或千牛 (kN)。相互之间的换算关系为

$$1\text{kN} = 1000\text{N}$$

$$1\text{kgf} = 9.8\text{N}$$

$$1\text{tf} = 1000\text{kgf}$$

力的方向性我们可以通过人拉小车的例子来说明，如图 1-3 所示，如果我们先用一与小车中心线

成一直线的力来拉小车，则小车会保持一定的方向作直线运动；又如我们用同样大小的力，而使力的方向与小车中心线成 30° ，其结果如何？我们知道小车不但前进，而且还会按力的方向发生转弯。显然，如果力的方向稍有改变，被作用物体的运动方向也将发生变化。

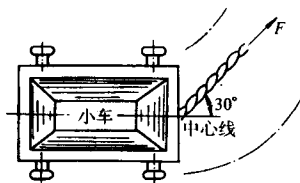


图 1-3 力的方向性

下面说一下力对物体作用点的效果。以日常用扳手扳螺母为例，如图 1-4a 所示，当我们把手握在扳手 B 处时螺母不容易扳紧，而且感到吃力；握在 A 处则容易扳紧，作用的效果就不同了。由上可知，力这个量，它不但是一个有大小的量，而

且还是一个有方向的量,像这样的量,我们常称为矢量。矢的意思是方向,量就是大小。为了清晰而明了地表示出这个力矢量,我们常用一根具有一定长度的箭头表示力矢量,箭头指向表示力的方向,箭头或箭尾表示作用点,它的长短表示力的大小。图 1-4b 表示了用 3kN 的力作用于 A 点来扳紧螺母,箭头长度分成三段,每一小段表示 1kN。这样的表示方法,在工程上分析机械受力时应用,我们在深入分析发动机活塞连杆机构受力、发动机平衡等问题时,都要用到力矢量概念。

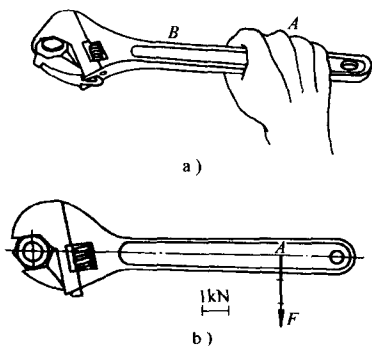


图 1-4 扳手上受力点
变化及力的矢量

二、力的合成和分解

在日常的生活或一台复杂的机器中,往往可以遇到,一个物体或机器的零件上同时受到几个力的作用。如一辆装满货物的大车受到几匹马的拉力;几十个“千斤顶”可代替一台大吊车,把横梁逐步地顶升上去。如果我们分别用一个力来代替几个物体的重力、几匹马的拉力或几十个“千斤顶”的顶升力,这个力我们就称它为合力。相反每个物体的重力、每匹马的拉力或每个“千斤顶”的顶升力称为这个合力的分力。力的合成和分解,是已知合力求分力或已知分力求合力的基本方法。

1. 力的合成

我们已经讲过,力是一个矢量,它不但有具体的数量大小,而且还有方向性。因此在求合力时就不能像做算术和代数时一样,把各个力仅仅简单地相加或相减。下面我们以实际例子来说明力的合成方法。

最简单的情况是作用在同一条直线上两个力的合成。实践证明如果作用在物体上的两个力 F_1 和

F_2 方向相同,则物体受到的合力就等于两力之和。例如图 1-5 所示,一辆载货小车,一个人用 $F_1 = 20\text{kN}$ 在前面拉,又一个人用 $F_2 = 10\text{kN}$ 在后面推,那么车子受到的合力 F 的大小为

$$F = F_1 + F_2 = 20\text{kN} + 10\text{kN} = 30\text{kN}$$

合力 F 的方向与 F_1 和 F_2 相同。

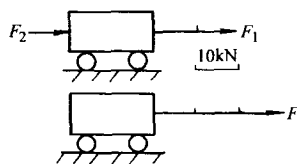


图 1-5 在同一条直线上同
方向力的合成

如果作用在物体上的两个力 F_1 和 F_2 方向相反,则物体受到的合力 F 的大小就等于两力之差,见图 1-6 用较大的力 F_1 减去 F_2 ,即

$$F = F_1 - F_2$$

合力 F 的方向与较大的力 F_1 方向相同。

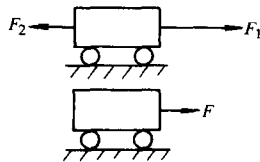


图 1-6 在同一条直线上反
方向力的合成

如果作用在物体上的两个力不在同一条直线上,而是互成一定的夹角 θ ,它们的合力又如何求得呢?

一切知识都来自实践,我们不妨可以先用一个简单的试验来说明求合力的方法。如图 1-7 所示的橡皮筋,它一端固定在 G 点,另一端与通过滑轮的两根线绳相连接。在两根线绳的另一端分别挂上三个和四个相同的砝码后,橡皮筋就在力 F_1 与 F_2 的作用下沿着水平方向伸长到 E 点,见图 1-7a。如果在水平方向改用一根线绳,并在线绳的一端挂上六个相同的砝码,橡皮筋在拉力 F 的作用下也沿着水平方向伸长到 E 点,见图 1-7b。这就表明,力 F 所产生的效果与力 F_1 和 F_2 共同作用的效果相同,我们可以把 F 称为 F_1 和 F_2 的合力。

为了进一步找出合力 F 和 F_1 、 F_2 之间的内在

关系,取单位长度代表一个砝码对橡皮筋的拉力。从 O 点作平行于 EM 和 EL 的有方向的线段 $\overline{OA}$ 和 $\overline{OB}$, 它们的长度分别为三个和四个单位长度, 分别代表了力 F_1 和 F_2 。再从 O 点沿水平方向作一有方向的线段 $\overline{OC}$, 其长度为六个单位长度, 表示合力 F , 然后将 $\overline{AC}$ 和 $\overline{BC}$ 连接起来, 可以看到图形 $OACB$ 是一个平行四边形, 见图 1-7c 所示。

无数的实践证明, 上述结果是具有普遍性的。由此我们可以得出这样的结论: 作用在物体上互成角度的两个力, 它们合力的大小和方向, 可以用表示这两个力的有方向线段作邻边所画出的平行四边形的对角线来表示, 对角线的长度表示合力的大小, 对角线的方向就是合力的方向。这个结论叫做力的平行四边形法则。

2. 力的分解

力的合成与分解是相辅相成的两个方面, 合成中包含了分解, 分解中也有合成, 它们共同遵守平行四边形法则。已知两个互成一定角度的力求合力的方法是由已知平行四边形的邻边求对角线, 而已知一个合力求两个分力的方法是由已知平行四边形的对角线求邻边。

在这里需要搞清楚的一点是, 当知道了两个分力求合力时, 我们用平行四边形法则只能画出一个平行四边形, 得到一条确定的对角线。而已知合力求分力时, 我们可以得到无数个平行四边形。那么, 一个合力分解时究竟哪一个平行四边形才是我们需要的呢? 这就要求有一个限制条件, 即除了知道合力的方向和大小以外, 还必须知道两个分力的方向。其实这也不必担心, 在实际的问题中分力的

方向往往都是既定的。

如图 1-8 所示的汽车起重机, 在起重重量为 P 的货物时, 货物对汽车起重机产生两个作用: 一是将钢丝绳拉长, 二是将悬臂压缩。因此在分析钢丝绳和悬臂的受力时, 可以将重力 P 按平行四边形法则分解为两个力: 一个分力 F_1 沿 AO 方向, 一个分力 F_2 沿 BO 方向。

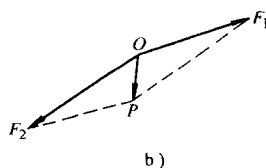
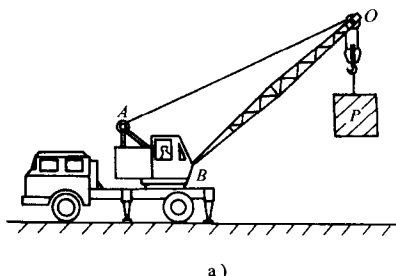


图 1-8 力的分解

a) 汽车起重机起吊重物

b) 力的分解图

如图 1-9 所示为四冲程发动机膨胀行程中某一时刻气缸内的爆炸压力 P 作用在活塞顶上, 它对活塞产生两个作用, 即一方面把力传给连杆, 另一方面使活塞偏移。为了分析连杆和活塞的受力, 我们也可以用平行四边形法则, 把爆炸压力 P 分解为两个分力: 一个是连杆力 P_C , 另一个侧推力 P_N 。连杆力 P_C 往下传给曲轴可对外做功, 侧推力 P_N 使活塞在气缸内的运动位置发生偏移, 引起气缸套和活塞的磨损。

三、力矩的概念

在人们日常生活和生产实践中, 可以看到许多物体和机械, 它们在受到外力作用时, 都要绕某一固定轴转动。如用手推开门、窗, 用撬棒撬动重物或用羊角锤子来拔除铁钉等。当用力作用时, 门、窗就会绕一个轴心旋转而打开, 撬棒则绕着支点旋转把重物撬起,

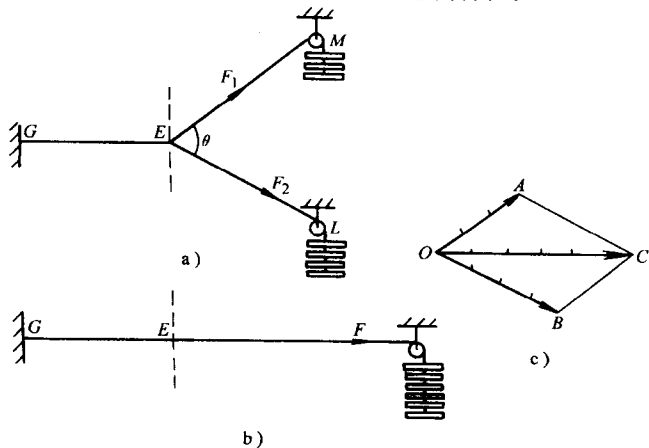


图 1-7 力的合成

羊角锤子绕着支撑点转动把钉子拔出。经验证明：门、窗上的把手和插销绕在远离铰链处就会感到省力；用撬棒来撬重物时我们总是使力的作用点能尽量远离支撑点，这样也能使操作时感到省力。从以上简单的例子中我们可以得到一些感性认识，即引起某物体或机械转动的作用是由作用力的大小和该力到转动轴线的垂直距离的乘积决定的。为了达到相同的转动效果，如果要使作用力小，则就需要把该力至转动轴线的垂直距离放长；相反，如果作用力至轴线的垂直距离很短，则就要花费比较大的力。为了正确地度量其作用效果，就要引出力矩概念。

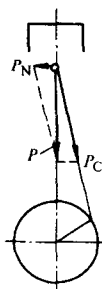


图 1-9 气缸中爆炸力
P 的分解

我们还是以扳手拧螺母为例，如图 1-10 所示，扳手上的作用力为 F ，作用力到螺母中心的垂直距离为 H ，一般 H 称为力臂。力 F 与力臂 H 的乘积叫做力矩，用符号 M 表示。

$$M = FH$$

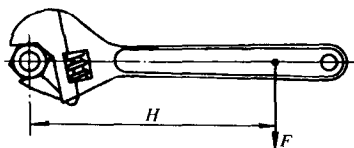


图 1-10 扳手拧螺母

作用力 F 的单位是 kN，力臂 H 的单位是 m，所以力矩 M 的常用单位是 $\text{kN} \cdot \text{m}$ 。此外，我们还必须指出一点，力矩 M 这个物理量与力相同，它也是一个矢量，力矩不但有大小，而且还有方向，因为它对物体的作用效果使物体转动。一般规定力矩使物体按逆时针转动时为“+”，顺时针转动时为“-”。

四、功

在生产实践中，起重工人为了起重需要，有时利用滑轮组来起重重物。图 1-11 表示用一个动滑轮和一个定滑轮所组成的滑轮组来提起重物，如重物重 1200N，在不考虑动滑轮本身重量和摩擦的情况下，只要用 $F = 600\text{N}$ 的力就可将重物提起。如果现在我们规定必须把重物提高 2m，那么显然 I、II 两根绳子都要上升 2m，而绳子 III 却要拉过 4m 的距离，与直接提升重物相比，虽然力可省去一半，但距离却增加了一倍。如果将直接提升重物时花费的力 P 与升高路程 H 的乘积跟用滑轮组所用的力 $F = \frac{P}{2}$ 与距离 $S = 2H$ 乘积相比，我们发现它们是相等的，即

$$FS = \frac{P}{2} \times 2H = PH$$

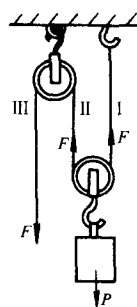


图 1-11 滑轮组

上式说明在滑轮组在起吊重物的过程中，力和路程是两个相互联系的因素。当一个变小时，另一个变大了，但在变的过程中存在着一个不变的量，这个不变的量就是力和路程的乘积。由此我们引进一个常用的物理量——功。功是作用在物体上的力和物体沿力的方向移动路程的乘积。如果用 F 表示作用在物体上的力， S 表示物体沿力的方向移动的路程，那么作用在物体上的力对物体所作的功 W 就是：

$$W = FS$$

我们来看一个拉煤车的情况，如图 1-12 所示。当拉力 F 和煤车的移动方向一致时，见图 1-12b，煤车移动了路程 S ，则人对煤车做功为

$$W = FS$$

当拉力 F 和煤车的移动方向成 θ 角时，见图 1-12c，煤车虽然也移动了路程 S ，但人对煤车做功