



全国高等农林院校“十一五”规划教材

拖拉机汽车学

下册

车辆底盘与理论

高连兴 师帅兵 主编



 中国农业出版社

全国高等农林院校“十一五”规划教材

拖拉机汽车学

下 册

车辆底盘与理论

高连兴 师帅兵 主编

中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

拖拉机汽车学. 下册, 车辆底盘与理论/高连兴, 师
帅兵主编. —北京: 中国农业出版社, 2009. 9
全国高等农林院校“十一五”规划教材
ISBN 978-7-109-13514-7

I. 拖… II. ①高…②师… III. ①拖拉机-底盘-理论-
高等学校-教材②汽车-底盘-理论-高等学校-教材
IV. U46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 153957 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
(邮政编码 100125)
策划编辑 王芳芳
文稿编辑 李兴旺

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月北京第 1 次印刷

开本: 820mm×1080mm 1/16 印张: 17.5

字数: 180 千字

定价: 28.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内容简介

本教材是全国高等农林院校“十一五”规划教材《拖拉机汽车学》的下册，即车辆底盘与理论。全书共分为 10 章，内容包括离合器、变速器与分动器、联轴器与驱动桥、行驶系统、转向系统、制动系统、拖拉机动力输出系统、拖拉机汽车动力学、汽车使用性能和拖拉机使用性能。

本教材是在 16 所院校同行专家教学成果交流基础上，根据教学改革实际而编写的，其主要特点：将传统的底盘构造与车辆理论内容融为一体，既有利于学生加深知识理解，又可以提高教学效果；既强调拖拉机与汽车共性内容，又考虑了二者结构与性能差异性；修正了一些基本概念和术语，规范了常用符号和单位等；每章开始明确了教学目标与要求、教学重点与教学难点，每章结尾给出了复习思考题，便于引导学生学习、复习与思考。

本教材主要供高等院校机械工程、农业工程和交通运输类等专业的学生使用，亦可供有关科研与工程技术人员参考。

主 编 高连兴 师帅兵

副 主 编 王继先 厚福祥 何凤宇

编写人员 (按章节编写顺序排序)

高连兴 (沈阳农业大学)

王继先 (安徽农业大学)

么永强 (河北农业大学)

李心平 (河南科技大学)

万芳新 (甘肃农业大学)

厚福祥 (内蒙古农业大学)

杨德旭 (沈阳农业大学)

张兴磊 (青岛农业大学)

梁 远 (黑龙江八一农垦大学)

刘志侠 (沈阳农业大学)

师帅兵 (西北农林科技大学)

何凤宇 (沈阳农业大学)

前 言

《拖拉机汽车学》教材是根据“高等学校本科教学质量与教学改革工程”精神、针对各学校相关专业教学计划实际、结合最新教学改革研究成果而编写的，是普通高等院校机械工程、农业工程和交通运输类等相关专业系列教材之一，被列为全国高等农林院校“十一五”规划教材。

为做好教材编写工作，中国农业出版社于2007年12月在沈阳农业大学主持召开了由全国16所高校参加的拖拉机汽车学课程教学改革与经验交流会暨教材编写会议。与会专家针对拖拉机汽车学课程及实践环节教学情况、结合多年教学经验与教学成果进行了深入的交流，认真探讨了拖拉机汽车学课程在农业机械化及其自动化、机械设计制造及其自动化、农业工程与交通运输等专业教学中的地位与作用，一致认为应该结合目前各专业人才培养定位与目标要求，加强拖拉机汽车学课程教学与教材建设，并建议增设拖拉机汽车设计与制造等相关课程。通过交流，进一步明确了拖拉机汽车学课程教学目标要求、教学内容与学时范围，以及本教材的主要读者对象、教材内容和名称，进一步完善了教材编写大纲，并提出了教材编写的格式要求及注意事项。

《拖拉机汽车学》教材编写坚持了基础理论、专业知识学习与能力培养并重的原则，既注重构造知识与基础理论的有机结合和系统性，又注意到各部分内容之间的相对独立性与完整性。本教材具有以下突出特点。

(1) 在教材内容体系上，分别将内燃机构造与内燃机原理内容、拖拉机汽车底盘与理论相关内容有机结合，改变了传统教材中二者分离的内容体系，使理论知识与构造知识密切结合、融为一体，既有利于学生加深知识理解，又可以提高教学效果和教学效率。

(2) 在教材内容构成上，根据拖拉机和汽车结构与性能特点，既注重了二者的共性内容，又突出了二者间的结构与性能差异，改变了传统教材中或过于偏重于拖拉机或过于偏重于汽车的倾向；在保持内容体系完整的基础上，注意突出重点内容和典型内容。同时，增大了教学内容取舍的灵活性，以适应不同专业和不同学时的教学需要；广泛吸纳了新型内燃机、拖拉机和汽车有关技术资料。

(3) 对教材中的常用符号进行了统一、规范化处理,图形符号、名词术语、物理符号及单位等均采用国家最新标准。在每章内容之前中增加了“教学目标与要求、教学重点与教学难点”提示,以便于引导学生学习、突出重点和对教学内容的合理把握;每章之后有思考题,便于学生复习和深入思考。

《拖拉机汽车学》教材是系列教材,分上册和下册。上册为内燃机构造与原理,下册为车辆底盘与理论,由沈阳农业大学、吉林农业大学、西北农林科技大学、东北农业大学、山东农业大学、内蒙古农业大学、安徽农业大学、西南大学、河北农业大学、河南科技大学、青岛农业大学、黑龙江八一农垦大学、甘肃农业大学、塔里木大学等院校的教师联合编写。

本教材是《拖拉机汽车学》系列教材的下册——车辆底盘与理论,由高连兴、师帅兵任主编,王继先、厚福祥、何凤宇任副主编。具体分工如下:

高连兴编写绪论,王继先编写第一章,么永强编写第二章,李心平编写第三章,万芳新编写第四章,厚福祥编写第五章,杨德旭编写第六章,张兴磊编写第七章,梁远编写第八章第一节、第二节,刘志侠编写第八章第三节、第四节和第五节,师帅兵编写第九章,何凤宇编写第十章。全书最后由高连兴统审和定稿。

本教材在立项和组织编写过程中,得到了中国农业出版社、沈阳农业大学教务处和兄弟院校同行专家的大力支持;参考了大量相关文献,引用了许多前人的有益成果;何凤宇、刘志侠、杨德旭、陶学宗老师进行了大量的书稿整理工作并协助审稿;研究生孙亮、接鑫、那雪娇、李晓峰协助同学进行了部分书稿整理工作。在此,一并表示诚挚的谢意!

拖拉机汽车技术发展日新月异,内容多而广泛。由于编者水平有限,以及课程教学时数和教材篇幅的限制,尽管我们付出了很大努力,但书中难免存在错误和不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2009年5月

本书常用符号及意义

A ——迎风面积	F'_t ——汽车驱动轮理论驱动力
a ——车辆质心到后轮轴心水平距离	F_{t_0} ——汽车直接挡的最大驱动力
B ——轮胎断面宽度、轮距、履带轨距	F_{t_1} ——内侧驱动轮驱动力、四轮驱动拖拉机前轮驱动力
b ——履带式拖拉机单侧履带宽度	F_{t_2} ——外侧驱动轮驱动力、四轮驱动拖拉机后轮驱动力
b_e ——有效燃油消耗率	F_w ——汽车的空气阻力
C_D ——空气阻力系数	$F_X、F_Y$ ——悬挂农具作用力
C_a ——轮胎侧偏刚度	F_{X_1} ——左制动蹄上的摩擦力、路面对前轮切向反作用力
D ——轮胎外径、汽车动力因素	F_{X_2} ——右制动蹄上的摩擦力、路面对后轮切向反作用力
d ——轮辋直径	F_{Xb} ——路面对车轮制动力
F ——手扶拖拉机扶手架作用力、车轴作用于车轮的推力	F_{Xb1} ——前轮所受地面制动力
F_1 ——带式制动器制动带紧端拉力、浮嵌盘式制动器液压作用力	F_{Xb2} ——后轮所受地面制动力
F_2 ——带式制动器制动带松端的拉力、浮嵌盘式制动器嵌体受到的反力	F_{Xbmax} ——最大地面制动力
F_B ——地面对偏转前轮产生的轴向反力	F_y ——汽车受到的侧向力
F_b ——制动器制动力、轮缸活塞对后制动蹄的作用力、路面对汽车产生的横向反力	F_z ——地面对车轮垂直反力
F_{b_1} ——前轮制动器制动力	F_{Z_1} ——地面对前轮垂直反力、手扶拖拉机驱动轮地面垂直反力
F_{b_2} ——后轮制动器制动力	F_{Z_2} ——地面对后轮垂直反力
F_f ——离合器压盘压紧力、滚动阻力	$F_{\varphi y}$ ——轮式拖拉机侧向附着力
F_{f_1} ——从动轮、前轮滚动阻力	$F_{\mu b}$ ——大值制动器制动力
F_{f_2} ——驱动轮、后轮滚动阻力	$F_{\mu l}$ ——小值制动器制动力
F_i ——坡度阻力	ΔF_z ——前轮与后轮载荷变化量
F_j ——加速阻力	ΔF_{μ} ——左右轮制动器制动力不相等度
F_L ——拖拉机作业阻力	$ \Delta F_{Z_1} $ ——前轮载荷变化的绝对值
F_P ——制动踏板力	$ \Delta F_{Z_2} $ ——后轮载荷变化的绝对值
F_{P_1} ——车轮所受推力	f ——滚动阻力系数
F_T ——拖拉机牵引力	G ——汽车重量、拖拉机自身重量、车轮垂直载荷
F'_T ——拖拉机转向时牵引力	
F_t ——汽车、拖拉机驱动力	

G_a ——汽车总重量	P_f ——克服滚动阻力损失的功率
G_e ——有效载荷	P_l ——履带驱动段损失的功率
G_L ——犁重力	P_m ——传动系损失的功率
G_s ——拖拉机使用重量	P_r ——四轮驱动拖拉机寄生功率
H ——轮胎断面高度	P_T ——牵引功率
h ——手扶拖拉机重心至地面垂直距离	P_t ——驱动功率
h_d ——离地间隙、车辆最小离地间隙	P_w ——涡轮轴上输出功率
h_g ——车辆质心高度	P_δ ——驱动轮滑转损失的功率
h_n ——农艺离地间隙	Q ——燃油消耗量
h_T ——牵引点与地面距离	Q_f ——内燃机每小时的燃油消耗量
i ——离合器摩擦面数、传动比	Q_g ——单位运输量的燃油消耗量
i_g ——变速器传动比	Q_s ——单位行程的燃油消耗量
i_0 ——主减速器传动比	R ——车辆转弯半径
$i_{\max}$ ——汽车最大爬坡坡度	R_f ——摩擦力合力作用半径
$i_{0\max}$ ——汽车直接挡的最大爬坡坡度	$R_{\min}$ ——最小转弯半径
j ——汽车加速度、制动减速度	R_z ——拖拉机纵向通过半径
$j_{\max}$ ——最大制动减速度	r ——半轴齿轮半径、车轮半径、驱动轮动力半径
K ——差速器锁紧系数、车辆流线型阻力系数	r_1 ——前轮滚动半径
k ——变矩比	r_2 ——后轮滚动半径
L ——车辆轴距	r_t ——驱动轮动力半径
L_0 ——履带支承长度	S ——制动距离、滑移率
L_T ——手扶拖拉机牵引点至驱动轮轴水平距离、牵引点至后轮轴水平距离	T_0 ——主减速器、差速器传递转矩
l ——履带支承中点至牵引点的距离	T_1 ——差速器半轴齿轮 1 转矩
M ——转向节立轴与前轮距离	T_2 ——差速器半轴齿轮 2 转矩
m ——汽车质量	T_B ——地面作用于车轮、履带转向力矩
G_t ——车辆附着重量	T_p ——泵轮输入转矩
n_1 ——内侧驱动轮转速、差速器半轴齿轮转速	T_e ——内燃机有效转矩
n_2 ——外侧驱动轮转速、差速器半轴齿轮转速	T_f ——差速器内摩擦力矩、滚动阻力偶矩
n_3 ——行星齿轮自转转速	T_{f_1} ——前轮滚动阻力矩
n_t ——驱动轮转速	T_{f_2} ——后轮滚动阻力矩
n_p ——泵轮转速	$T_{\max}$ ——离合器最大摩擦转矩
n_j ——负载换挡变速器行星架转速	T_T ——差速器内摩擦力矩
n_q ——负载换挡变速器齿圈转速	T_t ——驱动轮驱动转矩
n_t ——负载换挡变速器太阳齿轮转速	T_{tq} ——内燃机转矩
n_T ——涡轮转速	T_μ ——制动器摩擦力矩
P_e ——内燃机有效功率	T_T ——涡轮输出转矩

t ——汽车加速时间、汽车通过测量路段的时间	η_l ——滚动效率
u_a ——汽车行驶速度	η_T ——牵引效率
u_{amax} ——汽车最高车速	η_{Tmax} ——最大牵引效率
v ——四轮驱动拖拉机实际速度	η_t ——履带驱动段传动效率
v_1 ——四轮驱动拖拉机前轮切线速度、履带拖拉机转向时慢速侧履带的线速度	η_s ——滑转效率
v_2 ——四轮驱动拖拉机后轮切线速度、履带拖拉机转向时快速侧履带的线速度、车轮中心的速度	δ ——驱动轮滑转率
W ——车轮所受法向载荷	δ_1 ——四轮驱动拖拉机前轮滑转率
x_0 ——履带式拖拉机履带相对转动迹线偏移距离	δ_2 ——四轮驱动拖拉机后轮滑转率
x_c ——履带支承后端至驱动轮轴距离	δ_m ——汽车旋转质量换算系数
x_y ——土壤对履带支承段上的全部支承反力的合力作用线与驱动轮轴的水平距离	δ_y ——拖拉机容许滑转率
α ——内侧前轮偏转角、路面坡度坡度角、手扶拖拉机转向时尾轮偏转角、转向节主销内倾角、制动带的包角、轮胎侧偏角	γ ——牵引阻力与地面夹角、牵引阻力与纵向轴线间的夹角、前轮外倾角
α_{lim} ——轮式拖拉机上坡极限翻倾角	γ_1 ——接近角
α_{max} ——内侧转向轮最大偏转角	γ_2 ——离去角
α_φ ——履带式拖拉机在干土路面上的纵向滑移角	Ω ——履带拖拉机转向角速度
β ——离合器转矩储备系数、转向节主销后倾角、外侧前轮偏转角、制动器制动力分配系数	ω ——车轮的角速度
β_{lim} ——轮式拖拉机上坡时横向翻倾角	ω_0 ——主减速器从动齿轮角速度
ψ ——道路阻力系数、拖拉机接近角	ω_1 ——行星齿轮半轴齿轮 1 角速度、四轮驱动拖拉机前轮角速度、履带式拖拉机转向时慢速侧驱动轮角速度
ε ——前轮前束角	ω_2 ——行星齿轮半轴齿轮 2 角速度、四轮驱动拖拉机后轮角速度、履带式拖拉机转向时快速侧驱动轮角速度
μ ——摩擦系数、制动带与制动鼓间的摩擦系数、履带式拖拉机履带转向阻力系数	φ ——附着系数
ρ ——空气密度	φ_s ——滑动附着系数
ρ_1 ——汽车纵向通过半径	φ_Y ——侧向附着系数
ρ_2 ——汽车横向通过半径	τ ——制动时间
$\frac{du_a}{dt}$ ——汽车加速度	τ_1 ——驾驶员反应时间
η_c ——传动系传动效率	τ_2 ——制动器作用时间
η_l ——履带驱动段效率	τ_3 ——持续制动时间
	τ_4 ——制动力消除时间

郑 重 声 明

中国农业出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 65005894, 59194974, 59194971

传 真：(010) 65005926

E - mail: wlxyaya@sohu.com

通信地址：北京市朝阳区农展馆北路2号中国农业出版社教材出版中心

邮 编：100125

购书请拨打电话：(010) 59194972, 59195117, 59195127

数码防伪说明：

本图书采用出版物数码防伪系统，用户购书后刮开封底防伪密码涂层，将16位防伪密码发送短信至106695881280，免费查询所购图书真伪，同时您将有机会参加鼓励使用正版图书的抽奖活动，赢取各类奖项，详情请查询中国扫黄打非网（<http://www.shdf.gov.cn>）。

短信反盗版举报：编辑短信“JB，图书名称，出版社，购买地点”发送至10669588128

短信防伪客服电话：(010) 58582300/58582301

【 目 录 】

前言

本书常用符号及意义

绪论	1
一、拖拉机汽车发展概况	1
二、拖拉机汽车类型	2
三、国产拖拉机汽车型号	4
四、拖拉机汽车总体构造	6
五、低速载货汽车和三轮汽车	8
第一章 离合器	11
第一节 离合器功用与原理	11
一、离合器功用与性能要求	11
二、离合器类型与特点	12
三、摩擦式离合器工作原理	14
四、车辆起步过程分析	16
第二节 典型摩擦式离合器	17
一、单片螺旋弹簧式离合器	17
二、双片螺旋弹簧式离合器	18
三、单片膜片弹簧式离合器	20
四、双作用离合器	21
第三节 离合器主要构件与结构	22
一、分离杠杆机构	22
二、从动盘总成	23
三、压盘的驱动方式	26
四、离合器小制动器	27
第四节 离合器操纵机构	28
一、机械式操纵机构	28
二、液压式操纵机构	29
思考题	31

第二章 变速器与分动器	33
第一节 概述	33
第二节 机械式变速器	34
一、机械式变速器基本构成及类型	34
二、典型变速器工作原理	35
第三节 变速器操纵机构	38
一、负载换挡式变速器	38
二、同步器	40
三、变速器常规操纵机构	43
第四节 自动变速器	46
一、自动变速器的类型与特点	46
二、液力机械式自动变速器	47
三、CVT 式自动变速器	57
第五节 分动器	58
一、分动器功用	58
二、分动器构造	58
思考题	61
第三章 联轴器与驱动桥	62
第一节 联轴器	62
一、联轴器功用与类型	62
二、挠性式联轴器	63
三、十字轴万向节联轴器	64
四、球叉式联轴器	65
五、球笼式联轴器	66
第二节 汽车驱动桥	67
一、驱动桥功用与构成	67
二、主减速器	67
三、半轴与桥壳	70
第三节 拖拉机驱动桥	74
一、拖拉机驱动桥特点	74
二、轮式拖拉机驱动桥	75
三、履带拖拉机驱动桥	76
思考题	78

第四章 行驶系统	80
第一节 行驶系统功用与组成	80
一、行驶系统基本功用	80
二、行驶系统类型	81
三、行驶系统组成	81
第二节 车架	85
一、汽车车架	85
二、拖拉机车架	87
第三节 轮式车辆前桥与前轮定位	88
一、转向桥	88
二、转向驱动桥	91
三、前轮定位	91
第四节 悬架	94
一、悬架的功用与类型	94
二、汽车悬架	95
三、拖拉机悬架	97
四、悬架主要元件	98
第五节 行走装置	101
一、车轮功用与构成	101
二、轮胎	102
三、水田轮	106
四、履带式行走装置	107
思考题	112
第五章 转向系统	113
第一节 转向方式与原理	114
一、车辆转向方式	114
二、轮式车辆转向运动原理	114
第二节 轮式车辆转向系统	115
一、转向系统组成	115
二、转向操纵机构与转向器	116
三、转向传动机构	120
四、转向助力装置	122
第三节 差速器与差速锁	124
一、差速器功用与分类	124
二、简单差速器	124

三、差速锁	126
四、自锁差速器	127
第四节 履带与手扶拖拉机转向系统	130
一、履带拖拉机转向系统	130
二、手扶拖拉机转向系统	132
思考题	133
第六章 制动系统	134
第一节 制动系统功用与组成	134
一、制动系统功用与类型	134
二、对制动系统的要求	135
三、制动系统组成与原理	136
第二节 制动器	137
一、带式制动器	137
二、鼓式制动器	138
三、盘式制动器	140
第三节 操纵传动机构	143
一、机械式传动机构	143
二、液压式传动机构	143
三、气压式传动机构	148
思考题	152
第七章 拖拉机动力输出系统	153
第一节 动力输出与控制方式	153
一、拖拉机动力输出方式	154
二、拖拉机动力输出要求	154
三、拖拉机牵引力调节方法	155
第二节 牵引动力输出装置	156
一、牵引装置	157
二、悬挂装置	159
第三节 旋转动力输出装置	160
一、动力输出轴	161
二、动力输出皮带轮	163
第四节 液压控制系统	164
一、液压系统控制方式与组成	164
二、分置式液压系统组成	166
三、分置式液压系统工作原理	168

第五节 牵引力控制系统	170
一、半分置式液压系统组成	170
二、半分置式液压系统工作原理	172
思考题	176
第八章 拖拉机汽车动力学	178
第一节 汽车行驶动力学	179
一、汽车行驶阻力	178
二、驱动轮驱动力与附着力	183
三、汽车行驶方程	185
第二节 拖拉机行驶动力学	185
一、拖拉机牵引阻力	185
二、滚动阻力与滚动阻力系数	186
三、拖拉机驱动力	187
四、拖拉机行驶方程	188
第三节 拖拉机附着动力学	188
一、轮式拖拉机附着动力学	189
二、履带拖拉机附着动力学	191
三、手扶拖拉机附着动力学	192
四、四轮驱动拖拉机附着动力学	194
第四节 转向动力学	196
一、轮式车辆转向动力学	196
二、履带车辆转向动力学	198
三、手扶拖拉机转向理论分析	200
第五节 制动动力学	200
一、车轮制动力	200
二、车辆制动过程	202
三、制动器制动力的分配	203
思考题	206
第九章 汽车使用性能	207
第一节 汽车工况与性能指标	207
一、汽车使用条件	207
二、汽车运行工况	209
三、汽车使用性能指标	210
第二节 汽车动力性能	211
一、汽车动力性指标	211

二、汽车驱动力图	212
三、汽车驱动力—行驶阻力平衡图	213
四、汽车动力特性图	215
第三节 汽车燃油经济性	218
一、汽车燃油经济性评价指标	218
二、汽车燃油经济性分析	219
三、汽车燃油经济性试验方法	221
四、汽车燃油经济性主要影响因素	222
第四节 汽车制动性能	225
一、制动性能评价指标	225
二、汽车制动效能	226
三、制动效能恒定性	227
四、汽车制动时方向稳定性	228
五、制动性能及其改进措施	231
第五节 汽车其他使用性能	232
一、操纵稳定性	232
二、通过性	233
三、平顺性	235
思考题	235
第十章 拖拉机使用性能	236
第一节 拖拉机农艺适应性	237
一、田间通过性	237
二、地面通过性	237
三、越障通过性	238
四、土壤的破坏程度	238
第二节 拖拉机技术经济性与可靠性	238
一、拖拉机技术经济性	238
二、拖拉机可靠性	239
第三节 拖拉机稳定性	239
一、纵向稳定性	239
二、横向稳定性	244
三、改善稳定性的措施	246
第四节 拖拉机动力性	246
一、牵引力	246
二、功率平衡	247
三、牵引效率	248