

汽车 车桥 设计

刘惟信 编著

汽车设计丛书



清华大学出版社

上海汽车工业教育基金会资助项目

汽车 车桥 设计

刘惟信 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书全面系统地阐述了汽车的驱动桥和从动桥的设计内容,全书分2篇,共13章。第1篇详细地分析了驱动桥总成及其主要零部件的结构型式、布置方法和设计计算方法,全面介绍了转向驱动桥设计、驱动桥总成及其主要零部件的试验以及现代汽车的四轮驱动等。第2篇详细阐述了转向从动桥、一般支持桥及现代轿车采用的复合纵臂式和其他型的后支持桥的各种结构型式、设计计算方法以及从动桥试验等。

本书可用作高等院校车辆工程专业的专题教材和教学参考书,供学生用于学习汽车车桥设计理论、设计计算方法以及指导其设计实践;本书亦可供有关行业,尤其是从事汽车车桥设计、车桥齿轮设计和研究的工程技术人员在设计和试验研究工作中查阅、借鉴和参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车车桥设计/刘惟信编著. —北京:清华大学出版社,2004

(汽车设计丛书)

ISBN 7-302-07816-5

I. 汽… II. 刘… III. 汽车—车桥—设计 IV. U463.218.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 117308 号

出 版 者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:张秋玲

文稿编辑:李艳青

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:三河市金元装订厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:26 字数:595千字

版 次:2004年4月第1版 2004年4月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-07816-5/TH·119

印 数:1~3000

定 价:38.00元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103或(010)62795704

1980年和1987年本书作者先后编著出版的《圆锥齿轮与双曲面齿轮传动》、《驱动桥》等汽车设计类图书,被许多高校的车辆工程专业作为“汽车设计”课、特别是毕业设计的专题教材所采用,亦为许多科研单位和汽车产品的生产、设计部门所选用、参考,并于1991年获中国汽车工业科技进步三等奖。这些都肯定了该两本书的内容、深度及适用性。但这些图书的出版至今已多年,汽车工业在发展,科技尤为突飞猛进,因此需要对汽车设计类图书重新编著。

本书是在上述两书的基础上,作了大量的修改、补充和完善,增添了许多最新设计内容而完成的。作为新版汽车设计丛书之一,它不仅阐述了驱动桥设计,而且增加了从动桥(转向从动桥及支持桥)的设计内容。

本书可作为高等工科院校车辆工程专业的专题教材和教学参考书,供高年级学生用于学习汽车车桥设计理论、设计计算方法以及指导其设计实践;本书亦可供有关行业,尤其是从事汽车车桥设计、车桥齿轮设计和研究的工程技术人员在设计和试验研究工作中查阅、借鉴和参考。

热忱欢迎使用本书的高校师生、广大读者以及有关行业的专家、学者对本书提出批评、指正,以便修改和补充。

上海汽车工业教育基金会对本书的编著出版给予了资助,编著者在此表示感谢。

作 者

2003年1月于清华园

常用符号表

A ——从动锥齿轮节锥距	i_g ——变速器传动比
A_m ——从动锥齿轮中点锥距	i_{g1} ——变速器 I 挡传动比
B ——轮距, B_1 为前轮距; B_2 为后轮距	i_{LB} ——轮边减速器传动比
B ——圆锥齿轮与双曲面齿轮的齿侧间隙	i_{TL} ——传动系最低挡传动比
C ——轴承的额定动载荷	J ——圆锥齿轮与双曲面齿轮轮齿弯曲计算和接触计算用综合系数
c ——圆锥齿轮与双曲面齿轮轮齿的径向间隙	K ——差速器的锁紧系数
C_p ——材料的弹性系数	K_a ——螺旋锥齿轮与双曲面齿轮的从动齿轮齿顶高系数
d_{o1} 、 d_{o2} ——分别为主、从动锥齿轮或双曲面齿轮的外圆直径	K_f ——圆锥齿轮与双曲面齿轮强度计算用表面质量系数
d_1 、 d_2 ——分别为主、从动锥齿轮或双曲面齿轮的节圆直径	K_m ——圆锥齿轮与双曲面齿轮强度计算用载荷分配系数
E ——双曲面齿轮偏移距	K_o ——圆锥齿轮与双曲面齿轮强度计算用超载系数
E ——金属材料的弹性模量	K_s ——圆锥齿轮与双曲面齿轮强度计算用尺寸系数
F ——圆锥齿轮与双曲面齿轮的从动齿轮齿面宽	K_v ——圆锥齿轮与双曲面齿轮强度计算用质量系数
F_s ——轴向力	k_d ——动载荷系数
F_t ——切向力	L ——轴承的额定寿命
F_t ——汽车的牵引力	L_h ——以工作小时数表示的轴承的额定寿命
f ——摩擦系数	M ——弯矩
G ——材料的剪切弹性模量	M_h ——水平方向的弯矩
G_1 、 G_2 ——分别为汽车前、后轴对水平地面的荷重	M_v ——垂向弯矩
G_a ——汽车满载总重量	M_Σ ——合成弯矩
g_w ——车轮(包括轮毂、制动器等)的重量	m ——齿轮模数, 端面模数
h ——齿全高	m_2 ——汽车加速行驶时的质量转移系数(用于后桥壳的强度计算)
h'_1 、 h'_2 ——分别为主、从动齿轮的齿顶高	m'_1 ——汽车制动时的质量转移系数(用于前桥壳的强度计算)
h''_1 、 h''_2 ——分别为主、从动齿轮的齿根高	n ——安全系数
h_g ——齿工作高	n ——转速
h_g ——汽车质心高度	n_e ——发动机转速
H_1 ——齿工作高系数	
H_2 ——齿全高系数	
i_0 ——驱动桥主减速比	
i_{FH} ——分动器高档传动比	
i_{FL} ——分动器低挡传动比	

- n_P ——发动机最大功率下的转速
 n_T ——发动机最大转矩下的转速
 P ——作用在齿轮上的圆周力
 P_e ——发动机功率
 $P_{e\max}$ ——发动机最大功率
 P_m ——齿面宽中点处的圆周力
 p ——单位齿长上的圆周力
 r_d ——刀盘的名义半径
 r_r ——车轮的滚动半径
 S_1, S_2 ——主、从动锥齿轮的理论弧齿厚
 T ——转矩
 T_e ——发动机转矩
 $T_{e\max}$ ——发动机最大转矩
 T_f ——摩擦力矩
 T_j ——计算转矩
 T_{je} ——发动机最大转矩配以传动系最低挡传动比时作用在主减速器从动齿轮上的计算转矩
 $T_{j\varphi}$ ——驱动车轮滑转时作用在主减速器从动齿轮上的计算转矩
 T_{jm} ——主减速器从动齿轮的平均计算转矩
 T_v ——粘性离合器的粘性转矩
 t ——圆锥齿轮的周节
 v_a ——汽车行驶速度
 W ——弯曲截面系数
 W_v ——垂向弯曲截面系数
 W_h ——水平弯曲截面系数
 W_t ——扭转截面系数
 z ——齿轮齿数
 Z_{2L}, Z_{2R} ——分别为左、右后驱动车轮的地面垂向反力
 α ——齿轮压力角
 α ——车轮外倾角
 α ——万向节主、从动叉轴夹角
 β ——中点螺旋角或名义螺旋角
 β ——主销内倾角
 γ ——主销后倾角
 γ_1, γ_2 ——分别为圆锥齿轮与双曲面齿轮主、从动齿轮的节锥角
 γ_{01}, γ_{02} ——分别为主、从动齿轮的面锥角
 γ_{R1}, γ_{R2} ——分别为主、从动齿轮的根锥角
 φ ——轮胎与路面的附着系数
 φ_1 ——轮胎与路面的侧向附着系数
 η_D ——差速器的效率
 η_{DT} ——差速器的传动效率
 η_{LB} ——轮边减速器的传动效率
 η_T ——汽车传动系效率
 ξ ——差速器的转矩分配系数
 σ_c ——挤压应力
 σ_j ——接触应力
 σ_s ——材料的屈服极限
 σ_w ——弯曲应力
 σ_Σ ——合成应力
 $[\sigma]$ ——许用应力
 τ ——扭转应力
 τ_s ——剪切应力

常用符号表	VII
绪论	1

第 1 篇 驱动桥设计

1 概述	5
2 驱动桥总成的结构型式及布置	23
2.1 驱动桥总成的结构型式选择	23
2.2 非断开式驱动桥	24
2.3 断开式驱动桥	34
2.4 多桥驱动的布置	45
3 主减速器	47
3.1 主减速器的结构型式	47
3.1.1 主减速器齿轮的类型	47
3.1.2 主减速器主动锥齿轮的支承型式及安置方法	49
3.1.3 主减速器从动锥齿轮的支承型式及安置方法	51
3.1.4 主减速器的减速型式	52
3.2 主减速器的基本参数选择与设计计算	89
3.2.1 主减速比的确定	89
3.2.2 主减速器齿轮计算载荷的确定	109
3.2.3 主减速器齿轮基本参数的选择	110
3.2.4 主减速器圆弧齿及延伸外摆线齿螺旋锥齿轮与双曲面齿轮的 几何尺寸计算	130
3.2.5 主减速器圆弧齿及延伸外摆线齿螺旋锥齿轮与双曲面齿轮的 强度计算	173
3.2.6 主减速器蜗轮传动的计算	198
3.2.7 主减速器齿轮的材料及热处理	201
3.2.8 主减速器轴承的计算	202

3.2.9 主减速器的润滑	213
4 差速器	214
4.1 对称式圆锥行星齿轮差速器的运动学和动力学及差速器的内摩擦	214
4.2 差速器的锁紧系数与转矩分配系数	217
4.3 差速器的效率与差速器的传动效率	218
4.4 差速器的结构型式选择	219
4.5 对称式圆锥行星齿轮差速器	220
4.5.1 对称式圆锥行星齿轮差速器的结构	220
4.5.2 对称式圆锥行星齿轮差速器的设计	221
4.6 强制锁止式防滑差速器	230
4.7 自锁式差速器	233
4.7.1 带有摩擦元件的圆锥行星齿轮防滑差速器	233
4.7.2 粘性自锁式行星齿轮差速器	242
4.7.3 静液压自锁式圆柱行星齿轮差速器	243
4.7.4 滑块-凸轮式高摩擦差速器	243
4.7.5 蜗轮式高摩擦差速器及其新型结构——托森(Torsen)差速器	250
4.7.6 带有常作用式摩擦元件的圆锥行星齿轮差速器	257
4.7.7 滚柱式自由轮差速器与牙嵌式自由轮差速器	261
4.7.8 变传动比式差速器	282
5 驱动车轮的传动装置	284
5.1 半轴的类型	284
5.1.1 半浮式半轴	284
5.1.2 3/4 浮式半轴	287
5.1.3 全浮式半轴	288
5.2 半轴的设计计算	289
5.2.1 半浮式半轴计算载荷的确定	289
5.2.2 3/4 浮式半轴计算载荷的确定	291
5.2.3 全浮式半轴计算载荷的确定	292
5.2.4 半轴的强度计算	292
5.2.5 全浮式半轴杆部直径的初选	295
5.2.6 半轴的结构设计及材料与热处理	296
5.3 驱动车轮传动装置的万向节	301
5.3.1 普通十字轴万向节	305
5.3.2 等速万向节	314

6 驱动桥桥壳	330
6.1 桥壳的结构型式	330
6.1.1 可分式桥壳	330
6.1.2 整体式桥壳	332
6.1.3 组合式桥壳	337
6.2 桥壳的受力分析与强度计算	338
6.2.1 桥壳的静弯曲应力计算	339
6.2.2 在不平路面冲击载荷作用下的桥壳强度计算	340
6.2.3 汽车以最大牵引力行驶时的桥壳强度计算	340
6.2.4 汽车紧急制动时的桥壳强度计算	343
6.2.5 汽车受最大侧向力时的桥壳强度计算	344
6.2.6 桥壳的有限元计算简介	350
7 转向驱动桥	354
8 驱动桥总成及其主要零、部件的试验	357
8.1 整车道路试验和整车室内台架试验	357
8.1.1 整车道路试验	357
8.1.2 整车室内台架试验	359
8.2 驱动桥总成及其主要零、部件的台架试验	359
8.2.1 驱动桥总成的台架试验	359
8.2.2 驱动桥主要零、部件的台架试验	368
9 现代汽车的四轮驱动	375

第2篇 从动桥设计

10 概述	383
11 从动桥的结构型式	387
11.1 转向从动桥的结构型式	387
11.2 支持桥的结构型式	388
12 从动桥的设计计算	393
12.1 转向从动桥主要零件尺寸的确定	393
12.2 转向从动桥主要零件工作应力的计算	394
13 从动桥试验	402
参考文献	404

汽车的驱动桥与从动桥统称为车桥。

汽车的车桥又称为车轴,其两端安装着车轮并经悬架与车架或承载式车身相联,用于传递车架或承载式车身与车轮之间的铅垂力、纵向力和横向力及其力矩。

根据与之相匹配的悬架结构的不同,车桥分为非断开式(或称整体式)和断开式两种。与非独立悬架相匹配的非断开式车桥犹如一根横置于左、右车轮间的横梁;与独立悬架相匹配的断开式车桥则为左、右两段直接或间接相铰接的结构。当左、右车轮经各自的独立悬架直接与承载式车身或车架相联时,在左、右车轮之间实际上没有车桥,但在习惯上仍称为断开式车桥。

根据车桥能否传递驱动力,它又分为驱动桥和从动桥;根据车桥的左、右车轮能否转向,它又分为转向桥与非转向桥。当车桥既非转向桥亦非驱动桥(即从动桥)时,则又称为支持桥。因此,根据车桥及其车轮的综合功能,车桥又可分为驱动桥、转向驱动桥、转向从动桥和支持桥四种类型。

一般轿车多以前桥为转向驱动桥,以后桥为支持桥;一般载货汽车则以前桥为转向从动桥,以后桥或中、后桥为驱动桥;越野汽车为全轮驱动,即各桥均为驱动桥,且前桥为转向驱动桥;驱动型式为 8×8 的重型越野汽车则常以前两桥为转向驱动桥,也有采用全轮转向的,即四桥均为转向驱动桥。

由于转向驱动桥亦为驱动桥,而转向从动桥和支持桥均为从动桥,故本书将以“驱动桥设计”和“从动桥设计”这两篇内容对各类车桥及其主要零、部件的结构型式与设计计算作一一介绍。

本书第1篇是驱动桥设计,由驱动桥的结构组成、功用、工作特点及设计要求讲起,详细地分析了驱动桥总成的结构型式及布置方法;全面地介绍了主减速器、差速器、驱动车轮的传动装置和桥壳的各种结构型式与设计计算方法,以及“格里森”(Gleason)制和“奥利康”(Oerlikon)制圆锥齿轮与双曲面齿轮的设计计算方法,主减速器蜗轮传动的设计计算方法;断开式驱动桥和 de Dion 式驱动桥摆动半轴用的各种万向节的结构型式与设计计算方法;桥壳的有限元分析与计算;驱动桥总成及其主要零、部件的试验,并阐述了现代汽车的四轮驱动等。

普通 4×4 轻型越野汽车的传统结构为非常接合式的双桥四轮驱动,即可根据路面状况选择四轮驱动或两轮驱动,当路面状况较好时,可将分动器由低挡换入高档而选择单桥两轮驱动。现代汽车的四轮驱动是指20世纪70年代末出现的以在硬路面上行驶为主的

常接合式四轮驱动。轿车采用常接合式四轮驱动,可大大提高其对各种路面及地面的适应性,提高其通过性及行驶安全性,深受用户欢迎,得到迅速发展。故本书第1篇的最后也介绍了“现代汽车的四轮驱动”的设计内容。

第2篇是从动桥设计,由从动桥包括转向从动桥与支持桥的结构组成、功用、工作特点及设计要求讲起,详细地阐述了转向从动桥、一般支持桥及现代轿车采用的复合纵臂式或其他型的后支持桥的各种结构型式和设计计算方法,以及从动桥试验等。

汽车车桥是汽车的重要大总成,承受着汽车的满载簧上荷重及地面经车轮、车架或承载式车身经悬架给予的铅垂力、纵向力、横向力及其力矩,以及冲击载荷;驱动桥还传递着传动系中的最大转矩,桥壳还承受着反作用力矩。汽车车桥的结构型式和设计参数除对汽车的可靠性与耐久性有重要影响外,也对汽车的行驶性能如动力性、经济性、平顺性、通过性、机动性和操纵稳定性等有直接影响。因此,车桥的结构型式选择、设计参数选取及设计计算对汽车的整车设计极其重要。

另外,汽车车桥在汽车的各种总成中也是涵盖机械零件、部件、分总成等的品种最多的大总成。例如,驱动桥包含主减速器、差速器、驱动车轮的传动装置(半轴及轮边减速器)、桥壳;各种齿轮(圆柱齿轮、直齿圆锥齿轮、“格里森”制或“奥利康”制螺旋锥齿轮与双曲面齿轮、圆锥行星齿轮系与圆柱行星齿轮系)、蜗轮-蜗杆传动;滑块-凸轮机构,牙嵌式自由轮机构,滚柱式自由轮机构或超越离合器,粘性离合器,液压多片离合器;各种万向节(十字轴万向节及各种等速万向节和近似等速万向节),各种轴承(圆锥滚子轴承、圆柱滚子轴承、滚针轴承及各种球轴承),各种油封、调整垫片、垫圈,各种螺栓、螺母、垫圈,轮毂及多种壳体等。转向桥和支持桥则包含汽车上最大的模锻件——前梁或横梁。转向桥还包含转向节、转向节臂、转向梯形臂等模锻件及转向主销、主销上下轴承或衬套(滑动轴承)、推力轴承、球形铰接等。

在汽车车桥的制造过程中,涵盖了铸(灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、铸钢、铸铝合金等铸件和精铸、压铸等工艺)、锻(模锻、精锻、平锻、热压和热滚压成形。桥壳的钢管扩张及滚压成形以及将粉末冶金与精锻相结合的行星齿轮“粉末锻造”新工艺等)、焊(电焊、塞焊、闪光对焊、二氧化碳保护焊、点焊等工艺)、热处理(表面渗碳淬火处理、表面高频淬火处理、调质处理、表面氰化处理及碳氮共渗处理等工艺)、粉末冶金等各种热加工工艺;车、铣、刨、磨、拉削、冷滚压或挤压、喷丸处理、冷冲、配对研磨等冷加工工艺;镀铜、镀锡、镀锌、镀铬、磷化处理、渗硫处理等表面处理工艺等。

总之,由上述可见,汽车车桥设计涉及的机械零部件及元件的品种极为广泛,对这些零部件、元件及总成的制造也几乎要涉及到所有的现代机械制造工艺。因此,通过对汽车车桥的学习和设计实践,再加进优化设计^[4]、可靠性设计^[5]和有限元分析等内容,可以更好地学习并掌握现代汽车设计与机械设计的全面知识和技能。

第 1 篇

驱动桥设计

- 1 概述
- 2 驱动桥总成的结构型式及布置
- 3 主减速器
- 4 差速器
- 5 驱动车轮的传动装置
- 6 驱动桥桥壳
- 7 转向驱动桥
- 8 驱动桥总成及其主要零、部件的试验
- 9 现代汽车的四轮驱动

汽车的驱动桥位于传动系的末端,其基本功用是增大由传动轴或直接由变速器传来的转矩,将转矩分配给左、右驱动车轮,并使左、右驱动车轮具有汽车行驶运动学所要求的差速功能;同时,驱动桥还要承受作用于路面和车架或承载式车身之间的铅垂力、纵向力和横向力及其力矩。

在一般的汽车结构中,驱动桥包括主减速器(又称主传动器)、差速器、驱动车轮的传动装置及桥壳等部件。

对于各种不同类型和用途的汽车,正确地确定上述机件的结构型式并成功地将它们组合成一个整体——驱动桥,乃是设计者必须首先解决的问题。

驱动桥的结构型式与驱动车轮的悬架结构型式密切相关。当车轮采用非独立悬架时,例如在绝大多数的载货汽车和少数的轿车上,采用的是非断开式(或整体式)驱动桥。如图 1-1~图 1-3 所示,普通的非断开式驱动桥的桥壳相当于一根联接左、右驱动车轮的刚性空心梁,而主减速器、差速器及半轴(属驱动车轮的传动装置)都装在其中。非断开式驱动桥的桥壳多采用整体式的(见图 1-1、图 1-2),也可以采用可分式的(见图 1-3),但由于后者在维修、调整主减速器时拆装很不方便,故已很少采用。有些汽车为了提高其行驶平顺性而采用独立悬架时,则配以断开式驱动桥。这种驱动桥无刚性整体桥壳,有单铰节式(如图 1-4 所示,左、右两段桥壳仅由一销轴相联,且仅有一侧的半轴为分段式的,可相对主减速器做上下摆动)和双铰节式(如图 1-5 所示,左、右两半轴均可相对主减速器做上下摆动),且其主减速器安装在车架或承载式车身上,而两侧车轮则与车架或承载式车身作弹性联接,并可彼此独立地分别相对于车架或承载式车身做上下摆动,这样就要求左右半轴及其相应外壳作相应的摆动,因此又称为带有摆动半轴的驱动桥。

汽车传动系的总任务是传递发动机的动力,并使之适应于汽车行驶的需要。在一般汽车的机械式传动中,有了变速器(有时还有副变速器或分动器)还不能完全解决发动机特性与汽车行驶要求间的矛盾和结构布置上的问题。首先是因为绝大多数的发动机在汽车上是纵向安置的,为使其转矩能传给左、右驱动车轮,必须由驱动桥的主减速器来改变转矩的传递方向,同时还得由驱动桥的差速器来解决左、右驱动车轮的差速要求及转矩分配问题。其次是因为变速器的主要任务仅在于通过选择适当的排挡数目及各挡传动比,以使内燃机的转矩-转速特性能适应汽车在各种行驶阻力下对动力性与燃料经济性的

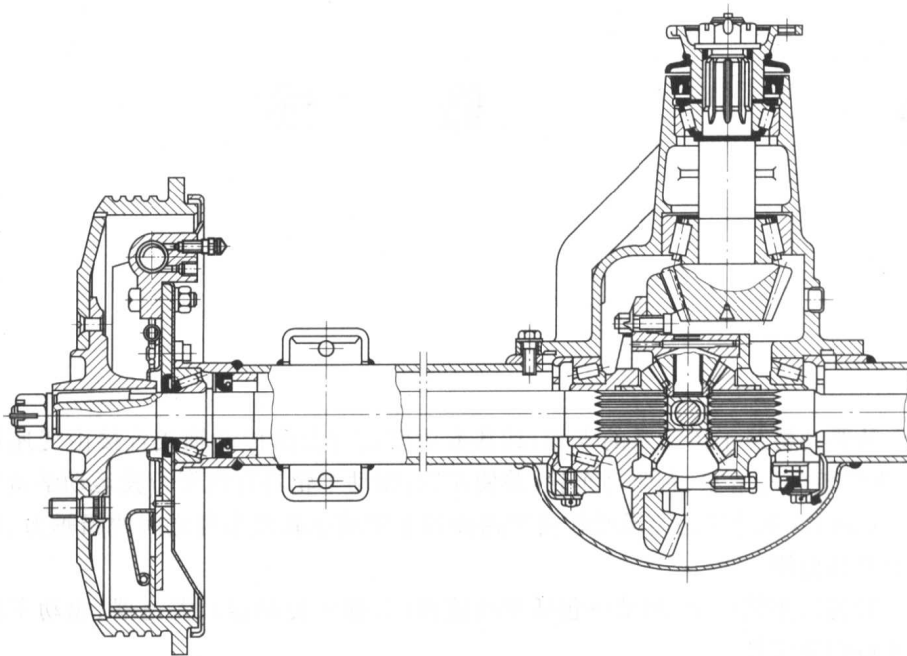


图 1-1 用于某高级轿车的非断开式后驱动桥(整体式桥壳)

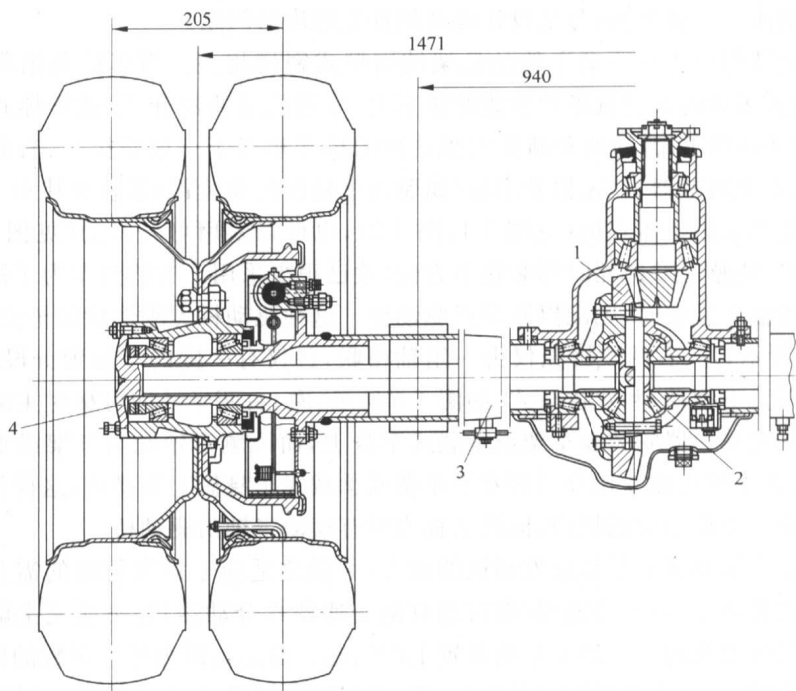


图 1-2 用于某轻型载货汽车的非断开式驱动桥(整体式桥壳)

1—主减速器; 2—差速器; 3—整体式桥壳; 4—半轴

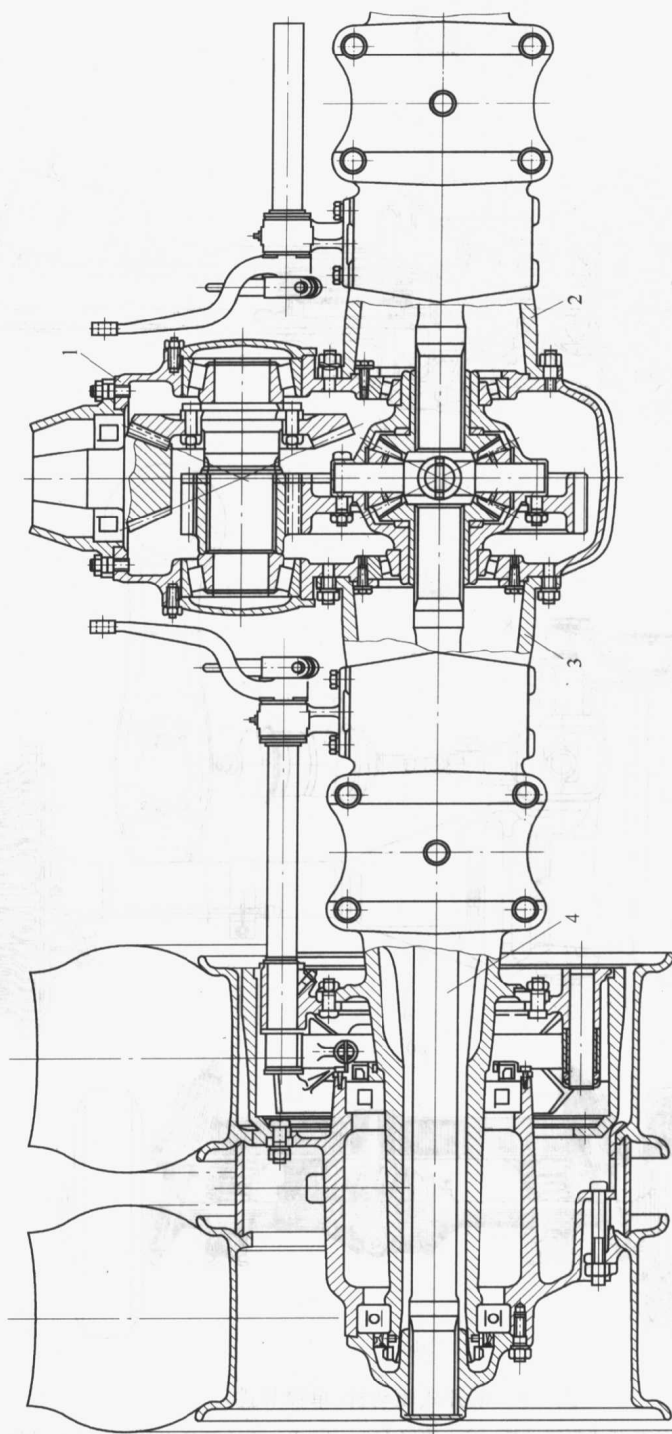


图 1-3 用于装载质量 8t 的某重型载货汽车的非断开式驱动桥(可分式桥壳)

1—主减速器与差速器总成；2—右半桥壳；3—左半桥壳；4—半轴

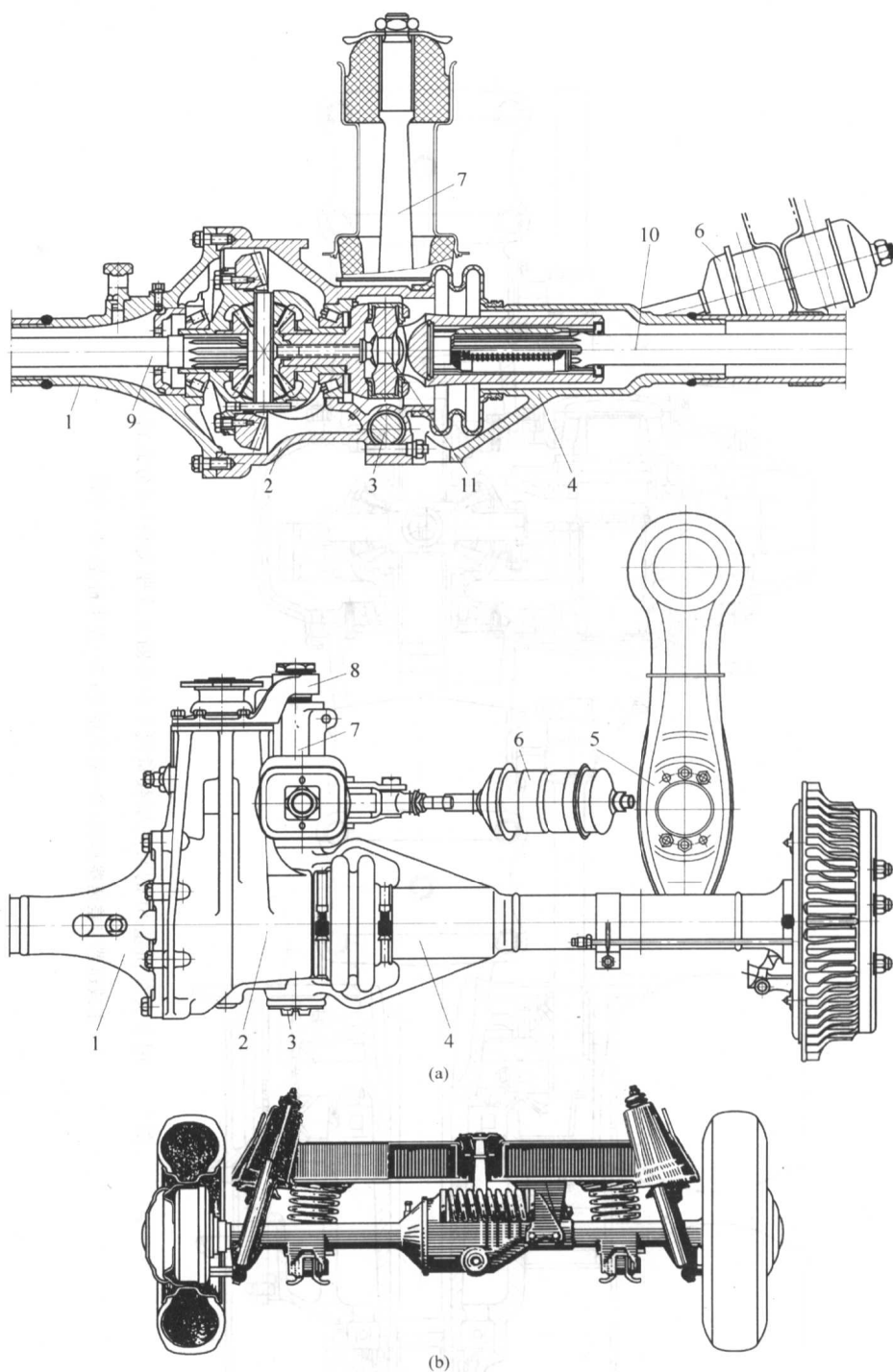


图 1-4 断开式驱动桥(单铰节式)

(a) 用于轿车的断开式后驱动桥；(b) 德国 Mercedes-Benz200 型轿车的断开式驱动桥
 1—左段驱动桥壳；2—主减速器壳；3—铰接左、右段桥壳用销轴；4—右段驱动桥壳；5—悬架弹簧支架；6—侧向吊架；7—吊架；8—主减速器盖；9—左半轴；10—右半轴；11—万向节