



中国汽车工程学会 汽车工程图书出版专家委员会 特别推荐

现代汽车列车 设计与使用



郭正康 编著

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

现代汽车列车设计与使用

郭正康 编著

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书在比较全面地介绍了现代汽车列车的主要结构及运输生产形式的基础上,系统地、详尽地分析了现代汽车列车的主要技术性能(尤其是现代汽车列车的操纵性能、制动性能和安全控制技术),提出了现代汽车列车选型和设计的主要原则与方法,以及使用现代汽车列车应注意的一些问题,全书内容丰富,数据、图表充实、详尽,既反映了国外现代汽车列车的最新成就和技术的发展,也反映了我国近几年汽车列车生产和使用方面的成就。

本书可供从事汽车和汽车列车生产、使用和研究工作的技术人员以及对汽车列车感兴趣的读者阅读与参考,也可作为高等院校车辆专业、汽车运用工程专业师生的教学用书以及教学、科研的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

现代汽车列车设计与使用/郭正康编著. —北京:北京理工大学出版社,2006.6

ISBN 7-5640-0667-6

I. 现… II. 郭… III. ①载重汽车-设计②载重汽车-使用
IV. U469.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 034700 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地质印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 26

字 数 / 620 千字

版 次 / 2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷

印 数 / 1~3000 册

定 价 / 46.00 元

责任校对 / 张 宏

责任印制 / 刘京凤

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

为了贯彻汽车工业产业政策,推动和加强汽车工程图书的出版工作,中国汽车工程学会成立了“汽车工程图书出版专家委员会”。委员会由有关领导机关、企事业单位、大中专院校的专家和学者组成,其中心任务是策划、推荐、评审各类汽车图书选题。图书选题的范围包括:学术水平高、内容有创见、在工程技术理论方面有突破的应用科学专著和教材;学术思想新颖、内容具体、实用,对汽车工程技术有较大推动作用,密切结合汽车工业技术现代化,有高新技术内容的工程技术类图书;有重要发展前景,有重大使用价值,密切结合汽车工程技术现代化需要的新工艺、新材料图书;反映国外汽车工程先进技术的译著;使用维修、普及类汽车图书。

出版专家委员会是在深化改革中,实行专业学会、企业、学校、研究所等相互结合,专家学者直接参与并推动专业图书向高水平、高质量、有序发展的新尝试。它必将对活跃、繁荣专业著作的出版事业起到很好的推动作用。希望各位同仁、专家积极参与、关心、监督我们的工作。限于水平和经验,委员会推荐出版的图书难免存在不足之处,敬请广大同行和读者批评指正。

本书由郭正康编著,经专家委员会评审通过、推荐出版。

汽车工程图书出版专家委员会

前 言

很早就想写一本有关汽车列车设计和使用的书籍。从20世纪70年代中期开始参加全国“机械工程手册”第一版及以后的第二版编写其中“汽车列车”一章起,便对汽车列车及其运输方式产生了浓厚的兴趣。几十年过去了,汽车列车无论从结构上,还是从使用状况方面都发生了很大的变化。尤其是随着我国国民经济的快速发展以及高速公路网络的初步形成,汽车列车在我国公路交通运输中起到了越来越重要的作用。作者预计,未来十年,将是我国汽车列车快速、蓬勃发展的十年。

本书是作者在广泛收集国内外最新汽车列车产品资料、结合几十年在汽车专业教学、科研和生产的经验的基础上编写而成的。

汽车列车作为机动车的一大类产品,它的结构、行驶原理以及设计方法都有其明显的特点。作为汽车列车的组成部分——牵引车和挂车的行驶原理和设计又是不能分开单独进行描述的。汽车列车的使用更具有独特性和普遍意义。因此,本书力求运用系统的、辩证的观点,分析和揭示作为整体的商用汽车列车设计和使用的内在矛盾与规律,努力贯彻理论与实践结合的原则,并结合汽车和汽车列车领域的新技术,以便使全书具有系统性、科学性、实用性和一定的先进性。

本书的主要内容是:论述现代汽车列车的行驶理论,分析整车与各总成、部件的结构及选型原则,阐明现代商用汽车列车的特点、设计方法与某些发展趋势,以及介绍现代汽车列车运输形式和整车、总成的使用与维护等。本书的一大特点就是针对现代汽车列车运行的特点、组织形式,结合汽车和汽车列车领域的最新技术,把“选型、布置、匹配和正确使用”作为设计工作的重点,同时还涉及汽车列车安全、节能和提高运输生产率方面的驾驶、维护和保养等使用方面的内容,而不局限于变化万千和复杂烦琐的计算工作。

重庆汽车研究所郭敬高级工程师参加了本书第二章第三节等部分内容的编写,并为本书所有插图的制作了大量的工作。另外,本书在编写过程中得到了重庆汽车研究所、重庆重型汽车集团有限责任公司、中国“一汽集团”四平专用汽车厂、杭州中汽专用汽车有限公司以及扬州通华专用车股份有限公司等单位的支持和帮助。谨此表示诚挚的感谢!

由于种种原因,书中难免出现错误和不足,务请读者和同仁批评指正。

郭正康
2005.2

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 汽车列车的出现与发展	(1)
第二节 我国汽车列车的生产与使用	(2)
第三节 汽车列车运输形式及其在公路运输中的地位与作用	(4)
第四节 军用汽车列车运输在现代战争中的地位与作用	(6)
第五节 汽车列车的组成与分类	(10)
第二章 汽车列车的主要结构	(23)
第一节 牵引车与挂车的牵引连接装置	(23)
第二节 汽车列车的转向装置	(33)
第三节 汽车列车的制动装置	(38)
第四节 汽车列车的悬架装置	(65)
第五节 汽车列车的车架、车轴和车轮	(72)
第六节 汽车列车的其他装置	(77)
第三章 汽车列车的动力性与燃油经济性	(86)
第一节 直线驱动行驶时作用于汽车列车上的外力	(86)
第二节 汽车列车的动力性能	(91)
第三节 提高汽车列车动力性的某些结构措施和使用措施	(94)
第四节 汽车列车的燃油经济性	(94)
第四章 汽车列车的操纵性能	(103)
第一节 汽车列车的系统特性	(103)
第二节 充气轮胎与道路路面的相互作用——轮胎动力学	(108)
第三节 汽车列车的转向机动性	(114)
第四节 汽车列车的方向稳定性	(116)
第五章 汽车列车的制动性能	(131)
第一节 汽车列车的制动动力学	(131)
第二节 汽车列车的直线制动性能	(137)
第三节 汽车列车的曲线制动性能	(152)
第四节 汽车列车制动标准与法规	(155)
第五节 汽车列车制动性能的预测与分析	(157)
第六章 现代汽车列车的安全控制	(168)
第一节 概述	(168)
第二节 现代汽车列车的主动安全控制	(169)
第三节 现代汽车列车的被动安全控制	(178)
第四节 汽车安全法规与道路交通法规	(180)

第七章 汽车列车的其他性能	(181)
第一节 汽车列车的行驶平顺性	(181)
第二节 汽车列车的通过性能	(189)
第八章 汽车列车的总体设计	(195)
第一节 概述	(195)
第二节 汽车列车主要尺寸和质量参数的选择	(208)
第三节 汽车列车主要性能预测与参数的选择和控制	(216)
第四节 汽车列车、牵引车和挂车结构形式的选择	(223)
第五节 汽车列车总布置草图的绘制	(227)
第九章 汽车列车发动机与传动系的选择和使用	(238)
第一节 牵引车发动机的选择	(238)
第二节 牵引车传动系的选择	(243)
第三节 发动机与传动系参数的匹配	(262)
第十章 汽车列车车架和车轴的选型与设计	(268)
第一节 汽车列车车架的特点与选择	(268)
第二节 汽车列车车架的强度与刚度校核	(278)
第三节 汽车列车车轴选型与设计	(286)
第十一章 汽车列车悬架的选型与设计	(298)
第一节 悬架设计的基本概念	(298)
第二节 钢板弹簧的选择与验算	(310)
第三节 平衡悬架的选择与布置	(316)
第四节 减振器的选择和使用	(319)
第五节 其他弹性元件悬架的选型与设计	(321)
第十二章 汽车列车转向系的选型与设计	(324)
第一节 汽车列车转向系的功能及基本要求	(324)
第二节 机械式转向系主要参数的选择	(325)
第三节 机械式转向系部件的选择与布置	(334)
第四节 汽车列车动力转向	(340)
第十三章 汽车列车制动系选型与设计	(345)
第一节 概述	(345)
第二节 车轮制动器形式的选择	(347)
第三节 汽车列车制动驱动机构的形式与布置	(351)
第四节 车轮制动器结构参数的选择	(357)
第十四章 汽车列车车轮和轮胎的选择与使用	(361)
第一节 概述	(361)
第二节 汽车列车轮胎的选择与使用	(363)
第三节 轮辋和轮辐的选择	(373)
第十五章 汽车列车牵引连接装置的选择与使用	(376)
第一节 汽车列车牵引连接装置的连接尺寸	(376)

第二节 牵引杆挂车牵引连接装置的选择.....	(383)
第三节 半挂车牵引连接装置的选择.....	(386)
第四节 铰接客车的牵引连接装置的选择.....	(390)
第五节 汽车列车牵引连接装置的使用与保养.....	(391)
附 挂车各级保养的主要内容(供参考).....	(392)
第十六章 汽车列车其他装置的选择与使用.....	(393)
第一节 半挂车支承装置.....	(393)
第二节 汽车列车的其他装置.....	(396)
参考文献.....	(402)

第一章 绪 论

第一节 汽车列车的出现与发展

一辆汽车或一辆牵引车拖挂至少一辆挂车或半挂车的车辆组合形式,称为汽车列车;或者说汽车列车是由牵引车(包括各种商用车)和挂车或半挂车共同组成的一种运输工具。严格地说,一辆汽车或一辆牵引车拖挂一辆轮式的军用装备,例如车辆拖带军用轮式火炮和坦克、导弹运输车等的运输形式,也称为汽车列车。

“汽车列车”概念的出现,比现代理解的第一辆汽车的概念还要早一些。还在 18 世纪后半期和 19 世纪前半期,就有人提出了汽车列车的想法。当时在主要公路干线上运送旅客和货物的列车是由公路蒸汽机车也称为蒸汽机机车(无轨)拖挂一节或几节挂车间厢组成的。这些蒸汽汽车列车还大量用于战争中。例如,在 1870—1871 年的普法战争和 1877—1878 年的土耳其战争中,法国、英国和俄国等国家都先后使用了这种在当时堪称为先进的运输工具。

1886 年,内燃机汽车的出现,以及以后充气轮胎的出现,结束了蒸汽公路列车的历史(据说,落后的沙皇俄国还在军队中一直使用到 1915 年)。从此,汽车公路运输便成为铁路运输的有力竞争对手。后来,在 1914—1918 年的第一次世界大战期间,交战各国都在紧张地寻求能更好地适应战争需要的最合理的运输工具。正是在这些年代,由于战争的需要,便在汽车单车运输的基础上出现了各式各样的在公路上或无路地区行驶的汽油机汽车列车。在战争结束后,这种先进的汽车列车运输方式才逐步发展到民用运输,并不断地得到了长足的发展和进步。

第一辆汽车列车是由一辆载货汽车和一辆全挂车(现称为“牵引杆挂车”,下同)组成的,这就是所谓的全挂汽车列车(现称为“牵引杆挂车列车”,下同)。当时,由于公路对汽车的外形尺寸(主要是长度尺寸)和轴荷没有限制,汽车和汽车列车的行驶速度也较低,可以拖带较多的挂车,所以就有了载货汽车拖带几辆牵引杆式挂车的汽车列车。以后,随着汽车车速的提高,尤其是高速公路的出现,汽车运输的很多概念都发生了很大的变化。公路对汽车的外廓尺寸和轴荷都有了严格的限制,因此便出现了半挂汽车列车(现称为“铰接列车”,下同)的形式并在以后得到了迅速的发展。

汽车列车作为机动车(motor vehicle)的一大类产品,它的应用现已普及到公路客货运输、工业运输、农业运输、商业运输和军事运输等各个方面。世界各国汽车制造业无一不把它作为重要的发展品种之一,并在标准化、系列化和通用化方面成为整个汽车产品的重要组成部分。

随着列车化运输的进一步发展,工业发达国家都非常重视重型汽车列车的运输和生产。早在 20 世纪 60 年代以前,这些国家便已普及了重型半挂车的铰接列车运输。在 20 世纪 70 年代以前,若干重型汽车制造厂还只把普通的载货汽车作为主导产品,而现在它们差不多都将牵引车作为主导产品之一了。现代汽车列车的技术水平也有了很大的发展和提高,其共同的特点就是:大载质量、高速度、专用化、装卸机械化、集装箱运输化、广泛使用计算机,甚至使用车载卫星导航系统等。

第二节 我国汽车列车的生产与使用

我国的汽车列车萌芽于 1930 年。当时杭州市内的公共汽车十分拥挤,有人便试制了两辆双轴的乘客挂车(现称为“客车挂车”,下同)。这种挂车是由旧车的车架改制的。因此,挂车前轴仍采用转向梯形机构转向,并保持了手制动装置。该挂车的车身骨架是用角钢焊接而成的。侧围则是由毛竹编制的。没有玻璃窗,便以可拆的透明塑料板代之。一辆挂车可载 40 余人。以后还出现了一种由货车改装的、在客车后面或吉普车后面拖挂一辆单轴挂车的运输形式。这种挂车可装载 500 kg 的行李、包裹或邮件等。抗日战争期间,大约在 1940 年,我国从美国购进了 20 辆载质量为 6 t 的“万国”牌(INTERNATIONAL)半挂车,主要在西南地区行驶。这便是我国铰接列车运输的开始。1949 年以前,我国经济发展迟滞,汽车工业落后,汽车运输业也很萧条,汽车列车也就没有多大的发展。解放以后,由于工农业的飞速发展,挂车的生产和汽车列车运输也随之发展了起来。

我国在 1953—1957 年的国民经济发展第一个五年计划时期便开始生产挂车。1955 年,运输行业引进了原苏联的汽车拖挂运输方式,使汽车挂车很快在全国大部分地区发展了起来。作为专用挂车的研制和生产也在这时开始起步。当年,牡丹江林业机械厂便研制出了原木运输挂车。特别是 1958 年的所谓“大跃进”时期,汽车运量和运力的矛盾日益激化,汽车列车运输曾出现过一个小高潮,甚至出现了一辆当时的解放 CA-10 汽车拖挂十几辆牵引杆挂车的局面。挂车的生产也跟着蓬勃地发展起来。例如,1958 年 6 月,全国挂车的数量约为 4000 多辆,但到了 12 月底,却猛增到了 34 800 辆。我国目前的一些挂车制造厂就是在当时的基础上发展起来的。在第二个五年计划期间,国家将挂车的生产纳入了国家计划,并由交通部归口。此后,挂车的生产和使用更取得了突飞猛进的发展。主要表现在:

1. 普通挂车的研制和生产

普通挂车的研制和生产虽然在我国起步较早,但都没有形成大批量的生产。以 1963 年全国统一设计的 TJ841 挂车(牵引杆挂车)为代表,它的投产以及以后在全国的普遍推广和生产,它便成为我国挂车生产的重要产品,并成为全国城乡道路运输的主要挂车,对提高全国的公路货运量起了很大的作用。由解放牌 CA10B 汽车底盘改装的半挂牵引车的研制成功,使得 8 t 半挂车成为我国国产第一代民用标准半挂车。它适用于运载农产品、工业原材料、日用百货及其他器材物品,用途极为广泛。以后,我国挂车的生产便逐渐发展成为系列化的产品。这样的产品有 3 t、4 t、5 t、6 t、8 t、10 t、12 t 的货运牵引杆式挂车,10 t、20 t 的货运半挂车、厢式零担货运车、20 英尺^①、40 英尺的集装箱运输车和其他专用挂车等。1998 年,在我国 724 家专用汽车的生产企业中,有近 1/4 的企业生产半挂车。交通系统还有近 40 家企业生产牵引杆挂车。产品技术水平也在不断地提高,并逐渐向国际化的先进水平方向发展。

2. 重载挂车的研制和生产

重载挂车的研制和生产以上海水工机械厂在 1961 年试制成功的 80 t 刚性悬架牵引杆挂车为起点。20 世纪 60 年代,该厂和汉阳机器厂(汉阳汽车制配厂)先后生产了 8 t、15 t 的半挂

^① 1 英尺 = 30.48 厘米。

车和 15 t、25 t、40 t、80 t 的牵引杆挂车。20 世纪 70 年代,以上述两厂为代表,逐步形成了 15 t、20 t、25 t、30 t、45 t、50 t 半挂车系列。牵引车也由 CA10B 汽车改制而增加由黄河 JN150 和东风 EQ140 型汽车改制,并开始研制、生产专门用于牵引重型半挂车的汉阳牌 HY460、HY461、HY471(6×4 型)、HY472、HY473 和 HY480 等半挂牵引车系列。20 世纪 80 年代以后,特别是 90 年代以后,由于我国重型车的不断发展,重型牵引车和半挂车的数量和品种都有了更快的发展,我国汽车列车也正朝着大型化(重型化)和专业化的方向发展。

3. 重型和超重型挂车的研制和生产

随着国家建设的不断发展,不少成套设备的引入,各地电厂、化工厂等需要的国产和进口的特重件、特长件和特大件货物的运输对超重型挂车的要求越来越迫切。尤其是一些大型的、不可拆卸的机械设备要求超重型汽车列车直接将其运送到目的地。为了满足这些需要,我国还先后设计、制造了 300 t、350 t、400 t 和 450 t 的重型平板挂车。1967 年,上海市首次应用液压技术,设计制造成功了 150 t 的平板牵引杆挂车,1969 年,北京等地也生产出了类似的 150 t 平板挂车。1974—1975 年间,上海、北京、辽宁、山东、四川和河北等省市都曾为各地化肥厂的成套设备的大型运输而自制了 100 t、200 t、300 t、350 t 和 450 t 的超重型车组。1980 年以后,上海水工机械厂等还形成了从 60 t 到 200 t 的比较完整重型挂车系列的生产。

4. 专用挂车的研制和生产

1955 年,牡丹江林业机械厂便研制生产了原木运输挂车,1964 年又研制了 GC5、GC7 型长材挂车。20 世纪 80 年代以后,各种专用挂车更有了新的发展。如运煤半挂自卸车、油田井架半挂运输车、半挂保温车、半挂厢式零担运输车、旅游炊事半挂车、液化石油气半挂车、散装水泥半挂罐车、集装箱半挂车、自卸半挂车、自卸牵引杆式挂车、侧翻自卸半挂车、翼式开启自卸半挂车、养蜂挂车等几十种厢式、罐式、仓笼式和自卸式专用挂车以及导弹运输车、坦克半挂运输车等军用挂车。20 世纪 90 年代以后,随着与外国和我国港澳地区的合资或合作,我国专用挂车的产品技术水平和质量又有了很大的提高,使整个行业整体水平也上了一个新的台阶。

但是,与发达国家相比,我国汽车列车的生产和使用目前都还存在着较大的差距。这主要表现在:

- (1) 牵引车和挂车的产量较低,品种更少;
- (2) 牵引车和挂车的技术含量还不够高;
- (3) 性能和产品质量存在一定的差距;
- (4) 牵引车和挂车的生产技术还较落后;
- (5) 汽车列车运输的普及率不高;
- (6) 运输组织的现代化水平较低,运输生产率不高;
- (7) 生产管理分散,在我国,牵引车和半挂车生产属原机械系统管理,全挂车(牵引杆式)则属交通部归口。

改革开放以来,汽车列车的生产和使用已逐渐引起各方面的重视。近年来,随着我国高速公路的高速发展以及由于现代物流运输的需要,公路货运的进一步集约化(重型化、集装箱化、列车化等)和专业化(厢式运输、专业运输和特种运输等),重型车,尤其是半挂汽车列车更得到了很快的发展。2001 年我国半挂牵引车的产量比 2000 年增长了 49%,2002 年又比 2001 年增长了 120%。挂车和半挂车的产量和技术水平都有了很大的提高。表 1-1 为我国主要时期各

种挂车和牵引车的产量和保有量的有关数据。

表 1-1 我国主要时期各种挂车和牵引车的产量和保有量

年份	挂车保有量/万辆		挂车分类产量/万辆				牵引车产量/万辆		铰接客车 产量/万辆
	农用挂车 ^④	汽车挂车	农用挂车 ^②	全挂车 ^①	全挂车 ^{③⑤}	半挂车 ^⑤	半挂车	专用全挂车	
1959	—	—	0.84	—	—	—	—	—	—
1960	—	—	4.18	—	—	—	—	—	—
1965	—	—	0.76	—	—	—	—	—	—
1970	10.10	—	4.00	—	—	0.018 0	—	—	—
1975	21.40	—	21.48	—	—	0.064 0	—	—	—
1980	193.10	14.218 5	19.74	0.824 0	0.031 0	0.137 1	0.003 0	—	—
1985	350.44	33.800 0	36.78	1.865 9	0.246 2	1.086 7	0.024 5	—	—
1990	634.07	49.900 0	30.85	1.125 1	1.267 4	1.028 2	0.882 4	—	—
1991	661.94	50.260 0	30.89	1.402 8	—	0.906 3	—	—	—
1992	674.65	50.760 5	30.37	1.048 3	0.792 8	1.172 8	0.161 8	0.002 7	0.112 8
1993	695.45	56.984 1	18.87	0.972 5	0.642 0	2.398 2	0.661 8	0.089 2	0.119 9
1994	710.57	53.315 2	22.25	0.810 7	—	1.850 8	0.380 1	0.004 1	0.136 4
1995	725.57	53.299 2	28.93	0.828 7	—	1.950 9	0.431 5	0.002 5	0.054 6
1996	790.80	43.094 3	19.98	0.539 8	0.829 0	1.528 0	0.447 1	0.002 7	0.018 8
1997	817.74	42.585 9	12.26	0.413 5	0.485 8	1.973 1	0.871 7	0.046 9	0.046 9
1998	889.72	43.607 6	6.65	0.426 1	0.234 6	1.488 4	0.771 5	0.024 8	0.014 2
1999	954.10	41.305 0	5.24	—	0.260 9	1.856 4	1.229 8	0.019 2	0.013 2
2000	—	41.966 8	—	—	0.872 8	2.832 7	2.071 4	0.001 1	0.006 8
2001	—	45.507 6	—	—	0.334 2	3.096 5	3.086 7		
2002	—	51.586 1	—	—	0.149 6	4.633 0	6.801 3		0.029 2
2003	—	56.111 1	—	—	—	5.289 3	6.173 8	—	0.001 31
2004	—	66.892 6	—	—	—	9.597 7	11.986 5	—	0.006 85

注:资料来源:①中国交通年鉴;②中国农机年鉴;③其余数据皆为中国汽车工业年鉴;④农用挂车的概念见第五节;⑤表中各“全挂车”现一律称为“牵引杆式挂车”。

从 2002 年底我国各类挂车保有量(近 52 万辆)的统计来看,挂车保有量上了万辆的省、市就有 12 个。其中北方省市有 10 个,这 10 个省市的保有量就占全国挂车保有量的 82.2%。其余两省则是江苏和浙江(共占 7.4%)。以上情况说明两个问题:①地势平坦的地区习惯使用汽车列车;②经济愈发达,对运输效率和运输成本比较重视的地区,汽车列车使用愈多。这在国内外都是很明显的结论。

第三节 汽车列车运输形式及其在公路运输中的地位与作用

车辆的运输生产率和运输成本是评价车辆工作效率最全面的指标。当然,车辆的安全性和可靠性则是保证一定工作效率的前提。同时,生产率和成本还取决于运输的组织状况、工作条件和车辆的结构性能等。

单位时间内所运送货物的数量(t)或完成的运输工作量($t \cdot km$)便称为运输生产率 $W(t \cdot km/h)$,且有

$$W = \alpha\beta\gamma qV \quad (1-1)$$

式中 α ——工作时间利用系数,表示车辆载货的运程时间与总的工作时间之比;
 β ——行程利用系数,表示车辆载货行程与总的行程之比;
 γ ——载质量利用系数,表示车辆在行驶过程中有效载质量与额定载质量之比;
 q ——列车额定载质量, t;
 V ——汽车列车的平均技术速度, km/h。

由此可见,提高汽车运输生产率的主要途径是:①保持平均技术速度不变,提高有效载质量;②维持一定的载质量,提高汽车的车速。但是,汽车车速的提高,受到汽车结构、性能和道路交通状况,甚至道路交通法规的限制;载质量的增加,则受到道路对车辆轴荷和外廓尺寸的限制。同时,汽车的超载除引起车辆的早期损坏(主要是发动机、传动系和轮胎的磨损)外,还会产生许多不良的安全隐患,造成严重的安全事故。此外,根据对陆地行驶车辆运动“形态”的研究表明^[36](注:方括号内的数字表示本书后的参考文献的序号,下同),具有同等动力(功率)和总质量相同的车辆,狭长的形态比宽而短的形态行驶阻力(主要是空气阻力)要小。因此,即使车辆不受尺寸、轴荷等的限制,也最好采用长而狭的列车形式。由此可以得出结论,要提高汽车的运输生产率,必须增加载质量。例如,美国公路运输车辆的平均装载量,在 20 世纪 50 年代为 9 t,到 70 年代初则增加到 12.4 t。但是,单体汽车增加载质量受到轴荷、安全因素等的限制,而且结构复杂,成本昂贵。单纯,甚至盲目增加载质量以提高汽车的运输生产率的方法,已不为世界各国所采取。相反,发展列车化运输,在相同轴荷情况下,便可以大大提高载质量。所以,列车化运输才是增加车辆载质量、杜绝超载、超限(尺寸)现象以及提高运输生产率的有效措施。

汽车列车与同等载质量的单体汽车相比,有如下一些优点:

(1) 运输生产率高(一般可提高 50% ~ 100%),尤其适合长途运输。据分析,载质量 16 t 以上的货车,比 4 t 和 5 t 货车的运输生产率要高 3 ~ 4 倍,运输成本要低 80% ~ 85%。而半挂车与单体货车相比,运输生产率又可提高 30% ~ 50%,成本下降 30% ~ 40%,单位运输工作量使用油耗 $L/(t \cdot 100 \text{ km})$ 的降低 20% ~ 30%。

(2) 营运成本低(营运总成本可降低 30% ~ 50%)。

(3) 汽车列车的简单结构使其在使用和保养过程中总花费要比同等载质量的汽车要少。

(4) 汽车列车车身的有效面积比单体汽车要大 1.4 ~ 1.5 倍,汽车列车停放时,一般只将牵引车存放在车库中,故对车库的投资相对要少一些。

(5) 挂车制造工艺比较简单、造价低。

(6) 可以为国家多创造一些税收,例如,2000 年在美国,公路税费来源只有 10% 来自单体货车运输,而汽车列车的税费则占 26% 以上等。

根据以上分析可知,汽车列车化运输确实是汽车运输的发展方向。在国外,短途运输主要由中型以上的货车和汽车列车完成的;而长途运输则主要是由汽车列车来完成。在美国,长途定线运输主要采用的典型车辆是半挂牵引车拖带一辆半挂车或在其后再拖挂一辆牵引杆式挂车(所谓“一车两挂”),总长达 20 多米。目前,国外公路干线上使用这种铰接列车或双挂列车的已非常普遍。汽车列车完成的城间货物公路运输周转量都在 80% 以上。例如,据报道,目前在美国公路上行驶的牵引车就有 300 万辆、各式挂车达 1 000 万辆。据有关专家介绍,现今全世界半挂车的市场规模达 50 亿美元左右,约为集装箱市场规模的 4 倍,主要集中在美国 and

欧洲等成熟市场上。多数国家的这一类汽车列车的总质量已达 32 ~ 40 t, 甚至更多。而且还常以一般单体货车的车速行驶, 车速都在 100 km/h 以上。运距也大多在 300 ~ 3 000 km 之间。某些重型挂车的载质量甚至达 1 000 t 以上。在这些经济发达的国家中, 重型列车, 特别是重型专用铰接列车已占公路运输车辆的 85% ~ 90%。为保证货物的快速直达和获得更多的利润, 美国许多城间货运企业还实行这样的行车工作制度: 开始时, 他们多采用一辆车上配两名驾驶员驾驶(驾驶室内设有卧铺), 现在已改为牵引车“穿梭”或驾驶员“穿梭”的运行方式进行运输。前者是驾驶员不离开牵引车, 汽车列车到站后将半挂车甩下, 挂上另一辆预定的反向运行的半挂车往回开行; 后者则是汽车列车到站后, 牵引车和半挂车不脱钩, 驾驶员换上另一组反向运行的汽车列车返回。换车时, 中间休息一个小时。运输效率和车辆利用率都很高。

如前所述, 我国的汽车列车运输发展得也很快。进入 20 世纪 90 年代以来, 我国已成为世界上公路运输最具有发展潜力的国家之一。但是, 由于我国传统的物流运输方式一直规模小而分散, 从而效率很低。而且, 由于很多经营者只单纯地重视车辆的采购成本, 而忽视了长期的运营成本, 再加上信息和网络的落后, 以及在维修中常常接受非专业的、路边的低水平厂商的低质量服务, 使运营价值很难达到理想的水平。随着我国国民经济的持续发展, 随着国家西部大开发所带动的国家基本建设投资的不断增长, 随着我国高速公路的快速发展和高速公路网络的形成, 随着现代物流运输理念的建立, 我国汽车列车的生产和使用将会得到更快的发展, 在国家建设和发展国民经济中也将起到越来越重要的作用。

截止 2004 年 12 月底, 我国公路通车里程已达 187 多万公里, 等级公路已占总里程的 80%。高速公路通车里程已达 3.5 万多公里, 跃居世界第二位。除西藏外, 全国 30 个省、市、自治区都通了高速公路。在未来几年里, 我国五横、七纵国道主干线的建成, 将把全国从东到西、从南到北的主要城市、工业中心、交通枢纽和对外口岸连接起来, 形成高等级、快速的公路网络, 并为我国公路快速、安全的运输提供良好的基础条件。另外, 根据最近完成的“国家高速公路网络规划”, 我国将建成布局为“7-9-18”的高速公路网络, 即由 7 条射线(从北京至各省会城市)、9 条纵线和 18 条横线组成。这个高速公路网络将连接所有现状人口 20 万以上的 319 个城市。可以预计, 我国的公路货运将会由目前的中短途、中小载质量的运输向长途、大载质量(重型)的运输方向发展; 由单车运输向列车化运输, 特别是向铰接列车运输方向发展; 由通用型运输向专业化、专用型方向发展; 由单体运输户运输向全国连锁运输方式运输发展。汽车列车运输在我国公路运输中将会得到更迅速的发展。

第四节 军用汽车列车运输在现代战争中的地位与作用

汽车列车运输在军事方面的作用也是十分重要的。作为武器机动运输的平台, 军用汽车列车和其他军用汽车一样, 自 20 世纪初开始装备军队以来, 至今已有 100 多年的历史了。在第一节中就已经提到, 汽车列车的出现几乎就是由于战争的需要而产生的。由于战争, 汽车列车的技术又有了很大的发展。相反, 汽车列车技术的发展, 又使取得战争胜利有了强有力的保证。

近年来, 世界各地的各种局部战争表明, 现代高技术条件下的战争对武器装备保障的依赖性已越来越大。可以说, 没有及时、可靠、灵活、高效的运输和装备的保障, 没有威力无比的火炮部队及起威慑作用的火箭部队, 就没有战争的胜利。因此, 局部战争的快速机动性决定了装

备运输的重要性。

在世界各国的军队中,军用重型载货汽车和汽车列车一直担负着军用物资的保障及武器装备的长距离拖运任务。这些军事运输装备,不但数量和品种日益增多,其战术、技术性能也日趋完善。无论在各种战争中,还是在和平的环境下,军队中各种火炮装置的拖运和中程、远程导弹的搭载和运输(属牵引杆挂车列车运输形式),各种坦克、装甲车的运输(属铰接列车运输形式),都是必不可少的。这些车辆,具有很高的机动性,有强大的动力以及其他卓越的性能,使其成为各国军队转运前线作战物资和装备的主要载体,保证了作战部队具有更高的机动能力。很多军事强国和汽车生产强国都把军用汽车和军用汽车列车的生产列为十分重要的发展目标。

在近代战争中,汽车列车运输在战斗保障和服务系统方面更显示了强大的威力。例如在近 30 年爆发的几次规模较大的局部战争中,均有以汽车列车运输方式为主的坦克装甲部队等实施大规模战略机动并迅速取得战争胜利的成功范例。在 20 世纪的海湾战争中,多国部队由海运抵达战区的所有坦克装甲车辆,在从港口结集地或训练地到行动部署地区时,都不得不还要完成长距离的地面运输任务。各式坦克装甲运送车辆就显示了巨大的威力。在 20 世纪 90 年代美国在伊拉克的“沙漠风暴”行动中,美国的重型装备运输系统以 M911 牵引车拖挂 M747 型 60 t 平板挂车装载 M1/M1A1 型坦克,对战争的胜利就起了很重要的作用。为此,世界各军事强国在发展自己的坦克装甲车辆的同时,都在不遗余力地努力发展自己的坦克装甲车辆运输车。所谓“坦克装甲车辆运输车”,就是特指用于运输主战坦克或其他装甲车辆(步兵战车、装甲运输车等)的半挂车。新一代的美国 M1000 半挂车净载 70 t,时速可达 88.5 km/h,有 40 个车轮,有完全自动化的驾驶系统、中央轮胎充气系统和车厢自动升降系统,8×8 型的 M1070 型牵引车驾驶室内还可以装载 6 个士兵。本世纪初的美、英对伊拉克的战争中,各式重型装备运输系统将重型装备和其他物资运往前线,差不多都是使用的重型汽车列车,使这些国家在最短的时间内、以最快的速度取得战争的胜利有了坚实的保证。

外军地面运输装备十分重视本国的发展规划。据美国《陆军时报》2001 年报道,为了加速向战区运输补给品,同时降低整个军队的维持费用,美国陆军正在实施重型后勤车辆的升级换代计划。其中包括可运一辆 70 t 的“艾布拉姆斯”坦克的重装备运输车 2 000 辆、重型后勤牵引车 1 000 辆和平板式挂车 16 000 台(8 英尺×20 英尺)等。M1000 型半挂车可通过公路、田野,甚至拥挤的市区将 M1 型主战坦克运抵或运离战场。从时间和费用的角度看,长途驾驶坦克的效率很低。因为,一辆坦克每行驶 1 km 就要消耗 3 加仑^① 的燃油。而 M1000 型半挂车完成此任务仅需其 1/10 的费用,而且运输坦克组工作人员的速度也要比实际驾驶坦克快几倍。与空运和海运相比,坦克装甲车辆的陆地运输则更为灵活。在长距离运输后,可以根据需要在很短时间内将坦克装甲车辆运输到预备阵地,使其保持良好的临战技术状态,战备完好率也很高。为了增大运输的机动能力,降低可探测性和热辐射性,提高行驶里程,美国陆军还研制了由柴油和电力组合的混合动力牵引车,以增强它的军事运输能力。其他国家,如瑞典、法国、捷克和俄罗斯等都十分重视新型坦克运输车等地面运输车辆的研制和生产。例如,瑞典 SCANIA T144 GB(6×4)4NZ530 型坦克运输牵引车,其上装有功率为 390 kW 的发动机,驾驶室为加大型,以便搭载坦克装甲车辆的乘员和驾驶员;另外,车上还带有绞盘。这种牵引车用来牵引 5

^① 1 加仑=3.79 升。

轴或6轴的半挂车,运送“豹Ⅱ”型坦克等。表1-2为一些军事大国的坦克装甲运送车辆装备情况。图1-1为美国“潘兴”Ⅰa导弹及其发射和运输车系统。

表1-2 一些军事大国的坦克装甲运送车辆

国家或集团	牵引车	半挂车
北约部队	中冷增压发动机,350~380 kW,自动变速或16挡变速,带锁止离合器的液力变矩器及2挡分动器,行星齿轮轮边减速,14.00R20或类似的轮胎,半椭圆钢板弹簧(也有前独立悬架),驾驶室后有2台具有坦克装甲车辆自质量70%~80%拉力的绞盘;增强型发动机达600 kW,大轮胎24R21,适合沙漠行驶	6个车轴,其中至少后面3轴是可以转向的,承载面离地高仅1.0~1.1 m,并可上下调整150~300 mm,宽度限制在3.4 m以内;增强型为大轮胎,4~5轴,承载面高1.6 m,空气或油气悬架
比利时瑞典	SCANIA T144GB 6×4ZN型,390 kW,带绞盘,加大型驾驶室	
荷兰	BENZ 2648S 6×4民用改装,363 kW,液力机械变速器	科基尔 ST 60-80型,6轴,其中4根轴可以转向,载62 t运送“豹Ⅱ”型坦克
法国	“勒克莱尔坦克运输车”,雷诺 RVITRM700-100 6×6牵引车,535 kW,带液力变矩器的6挡自动变速器,2挡分动器,驾驶室4门5座,系由 TRM10000 型火炮牵引车改装而成	劳拉 SR-PB60型,载64 t,承载面高1.1 m,液压主动悬架,上下高度可调200 mm,6轴,后面3轴可转向,265/70R19.0轮胎
德国	运56 t“豹Ⅱ”型主战坦克的 SLT-56型坦克装甲运输车,总质量94 t,牵引车:福恩 MFS42.75型;8×6, BF12L413型风冷发动机,540 kW,ZF液力变矩器	6轴,凯斯鲍尔 SANM56型车,其中4轴可转向
英国	①斯卡梅尔(现为阿尔维斯-尤尼帕瓦)“指挥官”6×4牵引车,豪斯莱斯 CV12TCE V型柴油机,460 kW,阿里森 CLBT6061 6挡自动变速器,75 km/h以上; ②奥什卡什公司(美)M1070F牵引车:卡特彼勒 C18.14,6缸四冲程涡轮增压发动机,522 kW/1 300 r·min ⁻¹ ,7挡阿里森自动变速器,奥什卡什单速后桥,80 km/h,最大爬坡度15%,轮胎中央充放气系统,ABS/ARS	半挂车:最大装载量118 t,货台长11.5 m,宽2.9 m,可装载“挑战者”2型主战坦克2辆
意大利	依维柯阿斯特拉 SM66.50 TLM型,8×8,368 kW发动机,ZF液力机械变速器,16挡,2挡分动器,ABS,250 kN绞盘,最高车速80 km/h	劳拉 SM C64-6.3 SDI 前台加长半挂车,载64 t
美国	最初用 M911 牵引车运送 M1“艾布拉姆斯”坦克,现用 HET-90型坦克运输车,“奥什卡什”1070牵引车,8×8,驾驶室前2人、后3人,底特律 8V92TA 两冲程发动机,367 kW,5挡阿里森自动变速器,2挡分动器,行星齿轮轮边减速,2台250 kN绞盘,后3轴串列布置,空气悬架,1轴和4轴转向,各轴单轮,16.00R20轮胎,具有中央充放气系统;新的 M1070E1 牵引车:底特律 60 系列 DDECⅢ型4冲程发动机,441 kW,7挡阿里森自动变速器,4门驾驶室,ABS,集中润滑系统	西南公司 M1000型,载63.5 t,5轴,其中4轴液压转向,承载面离地高1.05 m,车速72 km/h
俄罗斯	MAS 537牵引车,8×8,12缸V型发动机,带预热装置,386 kW,动力转向,具有中央充放气系统,独立悬架,前轴带减振器	运送 T72 型坦克,CHMZAP-5247半挂车,载50 t

由表 1-2 可见,外军使用的特种部队专用运输车辆的基本特点是:①功率大、速度快;②载质量大;③适应性强;④机动性高;⑤广泛采用民用车辆的总成和部件;⑥用途广等。

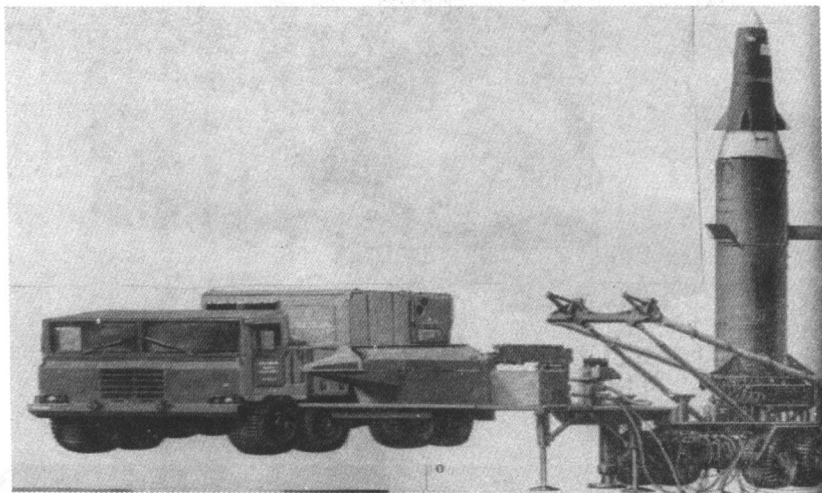


图 1-1 美国“潘兴”Ia 导弹及其发射和运输车系统

我国军事运输起步较晚,从 20 世纪 60 年代初,才开始机动装备和运载导弹及其地面设备的特种车辆的研制。目前,我军装备的 50 t 坦克装甲运输车是我军装甲兵的通用保障车辆之一,主要用于公路和紧急修造的路段运送主战坦克、战伤坦克、工程机械和其他重型设备。与世界军事强国相比,我国的军用地面运输装备虽还存在一些差距,但仍然具有一定的实力。现代化战争对军队的机动性提出了越来越高的要求,军事快速运输的作用也越来越重要,特别是世界各国的军事运输都在向大型化、快速机动方向发展。我国的军事运输,尤其是列车化运输必须适应我国“四化”建设的需要,特别是适应现代化国防的需要,必须得到更大的发展。随着国防建设的发展和部队装备的现代化,我国军用运输车辆在技术上正在不断地发展,品种也不断增多。发展载质量大、机动性好、越野能力强又符合民用道路交通法规的新型军用运输车,将是我军陆地运输车的主要任务。目前,由国产越野车和越野牵引车拖挂和运载的各种轮式火箭炮、牵引式加榴炮、牵引式高炮、野战防空导弹、地对地等各种战略导弹、各种运载火箭和卫星以及坦克、装甲车的运输车等,在和平时期或战争阶段都起到十分重要的作用。在我国举世瞩目的历次国庆盛典上,这些军事运输装备都向世人展示了我军的强大实力。图 1-2 为我国远程地对地战略核导弹及其运输车的雄姿;图 1-3 则为我国火炮汽车列车在国庆 50 周年浩浩荡荡通过天安门广场的情景。

由此可见,不管是古代战争,还是近代战争,不管是局部战争,还是大规模的战争,不管是近距离的战争,还是远距离的战争,包括各式汽车列车在内的地面运输装备都对战争取得胜利起着十分重要的作用。