

高等学校试用教材

地面车辆系统分析与设计

吉林工业大学 庄继德 编著

机械工业出版社

前 言

本书是根据 1985 年高等学校汽车专业教材编审委员会制订的教学计划和教学大纲编写的。本书是以系统工程、技术经济、地面力学和工程设计为理论基础的一门边缘性的工程学科。它的研究目的, 在于从理论到实际, 找出在给定地面环境条件下, 为获得最佳技术经济效益所需的车辆方案和最佳的车辆设计参数。

本书主要包括四部分内容: 第一部分为地面车辆系统导论, 介绍了系统工程的基本原理在地面车辆系统分析、系统设计和系统管理中的具体应用; 第二部分根据系统工程和技术经济学的观点, 讨论了地面车辆系统的评价指标体系; 第三部分探讨了系统分析在地面车辆方案选优中的应用, 地面车辆系统的预测分析和价值分析以及车辆的使用分析等; 第四部分论述了地面车辆系统的总体设计参数选择和车辆分系统的优化设计原理。

本书注意“硬”科学和“软”科学的综合研究以及理论和实际的紧密结合, 并特别注重思维方法和逻辑步骤的多方面论述。

本书阐述的一些原理和方法, 虽然比较多地以“汽车”为研究对象, 但对其它各种型式的车辆都是适用的, 可起到触类旁通的作用。因此, 本书除作为高等学校汽车拖拉机专业教材外, 还可供工程机械、林业机械、军用车等类专业师生和一般车辆设计人员、研究人员参考。

本书根据国家教育委员会、国家标准局的要求, 尽量采用 GB3102.1—86~GB3102.9—86, GB3102.13—86 规定的名词、符号及法定计量单位。因此, 书中一些名词与习用的名词不同, 如“扭矩”一词按标准改为“转矩”, 用符号 T 表示; “重量”一词改为“质量”, 用符号 m 表示, 希读者阅读时注意。

必须指出的是: 本书在叙述地面力学方面的有关测试和计算方法时, 多处引用了美国、苏联等一些学者提出的经验公式和近似算法, 如 WES 法和 Deere 公司的经验公式等。在这些公式中, 我们仍保留了如 in、lb、PS 等非法定计量单位。因为若将其都改成法定计量单位, 这些方法和公式就将无法使用; 甚至变得毫无意义了。

本书由江苏工学院王德杉副教授主审。参加审稿的还有湖南大学何季雄、黄天泽教授, 华南理工大学罗明廉教授, 湖北汽车工业学院吴业森教授以及清华大学、吉林工业大学的代表。负责主审和参加审稿的同志对本书提出很多宝贵意见, 在此谨致谢意。

由于编者水平有限, 书中所叙述的一些内容和观点难免有疏漏和错误, 希望读者多加批评指正。

编者

目 录

绪论	1	§6-1 搞清问题性质和设定目标	102
第一章 车辆的用途和分类	6	§6-2 明确使用要求和行驶环境	103
§1-1 车辆按用途分类	6	§6-3 收集资料和提出备选方案	104
§1-2 车辆按结构分类	14	§6-4 选择评价指标和建立模型	104
§1-3 车辆按越野机动性分类	20	§6-5 计算性能指标和列出矩阵	105
第二章 车辆运行的地面环境	23	§6-6 选择优的系统 and 实行决策	107
§2-1 车辆与地面环境的关系	23	第七章 车辆的使用分析	113
§2-2 车辆运行的道路条件	24	§7-1 车辆的生产率	113
§2-3 作为支承—附着表面的土壤特性	29	§7-2 车辆的平均速度	118
§2-4 地面的粗糙度	37	§7-3 车辆运输工作的成本	124
第三章 地面车辆系统的基本概念和研究方法、步骤	46	第八章 地面车辆系统的预测分析及价值分析	128
§3-1 系统的概念与特征	46	§8-1 车辆发展的预测分析	128
§3-2 系统分析与设计的含义及内容	47	§8-2 车辆构型的价值分析	134
§3-3 系统工程的方法和步骤	49	§8-3 车辆总成选型中的价值分析与预测分析	137
§3-4 系统设计的基本原理	52	第九章 地面车辆系统总体设计参数选择	148
第四章 地面车辆系统发展的基本原则及研制的主要阶段	54	§9-1 地面车辆系统设计参数选择原则	148
§4-1 发展和研制地面车辆系统的基本原则	54	§9-2 地面车辆总体设计参数的最佳选择	150
§4-2 车辆研制的主要阶段	58	§9-3 车辆形态参数的相互关系	167
§4-3 系统研制的管理方法	60	第十章 车辆分系统的优化设计原理	172
§4-4 应用系统工程方法建立新产品发展管理体系	63	§10-1 车辆动力系统最佳匹配的计算机模拟	172
第五章 地面车辆的评价指标体系	66	§10-2 车辆悬架系统最佳化	176
§5-1 地面车辆系统的指标体系	66	§10-3 车辆制动系统的最佳化途径	185
§5-2 地面车辆评价指标的计算	67	§10-4 转向系统的动态特性设计	192
§5-3 地面车辆系统的综合评价准则	98	参考文献	197
第六章 系统分析在地面车辆方案选优中的应用	102		

绪 论

研究地面车辆系统分析与设计的目的,在于从理论到实际,找出在给定地面环境条件下,为获得最佳技术经济效果所需的车辆方案和最佳的车辆设计参数。简言之就是用系统的观点,因地制宜地进行车辆选型和总体设计参数的优化。

一、学科性质

地面车辆系统分析与设计是以系统工程、技术经济、地面力学和工程设计为理论基础的一门跨专业的工程学科。因此,在研究这门新学科之前,需要对系统工程学、技术经济学、地面车辆系统力学、车辆工程设计等的研究内容有概括的了解。

1. 系统工程

我们把极其复杂的研制对象称为系统,即由相互作用和相互依赖的若干组成部分,结合成具有特定功能的有机整体,而且这个系统本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分。系统工程则是组织管理这种系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法,是一种对所有系统都具有普遍意义的科学方法。

现代科学技术具有高度的综合性,需要各种技术相互配合,才能解决一些重大的课题;需要科学方法管理才能带来效益。系统工程正是随着解决这类综合性的复杂任务而发展起来的。它通览全局、分清主次、掌握要点、建立模型,用数学方法和电子计算机对各个环节的各种影响因素进行精确地分析;采取科学决策;然后使用先进的技术、工具进行适当的控制和管理,使整个系统运转起来具有良好的性能和最佳的效果。

60年代,美国阿波罗登月计划的实现,就是运用系统工程而获得成功的。美国总统肯尼迪于1961年5月25日公开宣布,将在60年代末期实现人类登月的计划,接着由美国航空与航天局(NASA)运用系统工程学的方法实现了这项计划。阿波罗载人登月计划是项规模巨大的工程,参加的科学家和工程师等达42万人,投资300亿美元,有2万多个单位协作,历时11年,完成全部任务。这是科技史上的伟大壮举。阿波罗飞船和土星-5型运载火箭,有700多万个零部件。在总系统下面,有众多的分系统,如飞船系统、火箭推进系统、燃料系统、飞行制导系统、轨道控制系统、通讯系统和测试系统等等。每个分系统下面又包含相当多的小系统,这些分系统或小系统之间,有着各种各样的相互联系和相互作用。在寻求总体最优化的过程中,系统工程的理论和方法得到了很大的发展。特别是采用计划协调技术(PERT)等新型管理技术,应用电子计算机进行各种仿真,从而确保了各项试验研究准确地按期完成,终于在1969年7月16日,通过阿波罗11号宇宙飞船把3名宇航员送到月球上,并在顺利完成科学考察任务之后,于7月24日安全返回地面。

与此同时,日本从美国引进了系统工程学方面的大量资料和技术,并把它用于质量管理及其他方面,收到了显著成效。苏联是以控制论代替系统工程学的,他们搞了许多自动化系统、空间技术,这些自动化系统与空间技术的发展与美国并驾齐驱。美国已开过许多次系统工程学年会,交流推广了系统工程学方面的经验。

因此,可以认为系统工程学已发展到了初步成熟的阶段。但是系统工程学尚在继续发展中,其表现为:它的应用领域在不断扩大。例如近20年来,系统工程学也在车辆研制领域里

得到了应用。1969年,美国学者培克(M. G. Bekker)发表“地面车辆系统导论”一书,就说明了这种应用的开端。

本书的特点在于把地面车辆看作一个系统,并运用系统工程的基本思想,以车辆为对象,用概率、统计、运筹、模拟等方法,经过分析、推理、判断、综合,建成某种地面车辆系统的模型。进而以最优化的方法,求得系统最佳化的结果,亦即经过工程的过程,使研制出来的车辆达到技术上先进、经济上合算、研制时间最省和使用效果最佳。

2. 技术经济

技术经济学是一门兼跨技术科学和经济科学两个领域的边缘科学。它研究如何把工业发展的技术方面和经济方面最佳地统一起来,以取得最优的技术经济效果。

通俗地说,技术经济就是对生产建设的各种技术方案、措施、设计、规划、技术政策进行经济价值的综合评论和计算,使一项技术在没有被应用到生产中去以前,就可以对其经济效果进行估算。

在工业、农业、交通运输和基本建设等各个部门、各个企业,都存在大量的技术经济问题。就研制车辆的工业部门来说,从科学研究到产品设计,从加工制造到产品检验等各个方面,各个阶段都充满着技术经济问题。下面举一些例子加以说明。

(1) 产品设计中的技术经济问题

一个企业为了不断发展,为了能够生存下去,就必须使自己的产品保持先进水平,只有这样,才能在社会上建立起良好的信誉,才有可能打入国际市场,具有竞争力。要做到这一点,企业的技术部门就必须设计出技术上先进,价格上合理,受用户欢迎的产品。简言之,就是用最经济的方法生产出用户欢迎的最好的产品。要做到这一点,一个极其重要的方法就是要经常地同国际先进产品进行分析比较,找出原因,制定措施,加以改进。以汽车为例,目前一些工业发达国家生产的汽车,自重不断减小,载质量不断增加,耗油量不断降低。比如中吨位(载质量4~5t)的货车,自重只有2.5t左右。而我国目前生产的中吨位货车,自重与载质量大体是一比一,同国际先进的同类产品相比,每生产一辆汽车就多消耗1~1.5t钢材。如果我们的产品能够达到国际先进水平,则一个年产6万辆的汽车厂,每年就可以节省钢材6~9万t。也就是说,用原来生产6万辆汽车的钢材,将可以生产8~9万辆汽车。又如4~5座小型轿车,国际上的先进产品自重只有850kg左右,而我国的同类产品自重却有1400kg左右。假如我们的产品设计达到国际先进水平,每年就可以为国家节省大量的钢材。油耗也是汽车设计中一个重要的技术经济问题。当前世界上许多大的汽车公司,都在努力提高汽车的技术经济性能,特别是提高发动机的热效率,降低汽车的耗油量。可是,我国生产的汽车,耗油量比国际同类先进产品的耗油量高35%~55%。如果我们的汽车性能达到或者接近世界水平,那将可以节省大量的燃料。产品问题既是技术问题,也是重要的经济问题。

(2) 生产管理中的技术经济问题

经验证明:组织专业化协作和实行“三化”是现代化大生产的必然趋势,是发展生产的重要途径。目前国外的汽车生产专业化已达到很高的程度。另外,广泛采用产品系列化,零部件通用化和零件设计的标准化,以达到简化生产,提高生产率和产品质量,降低成本的目的。我国的汽车生产方式,还有很多是“小而全”、“大而全”,除少数大型骨干厂外,多数工厂产量低、质量差、或本高,而且许多工厂重复生产同一产品,造成很大浪费。显然,

这是生产组织中的一个重大技术经济问题，极需解决。

(3) 产品质量中的技术经济问题

资本主义企业把质量看作是“生死攸关的问题”。因为他们明白：保持产品的高质量，就可以占据市场，就可以赚取更大的利润；反之，就要失去竞争能力，企业就要倒闭。目前，国际上重型汽车发动机大修里程一般都是60万 km 以上，我国的货车发动机大修里程只有10万 km 左右，差距很大。假如我们的汽车质量也达到国际同类产品的水平，那么，生产一辆汽车就相当于生产了几辆汽车。可见，提高产品质量是一个非常值得重视的技术经济课题。

在对技术经济问题进行技术经济分析时，较普遍地采用以下一些方法：如方案比较法，成本效果分析，价值分析，因果分析及预测，动态分析法等。

国外一些工科院校，目前都普遍重视技术经济学的教育。可是在我国，以往教学中没有技术经济分析、价值工程、功能成本分析、预测技术等方面的内容，使工程技术人员头脑中缺乏经济观点，没有技术经济效果分析的概念。一般只追求产品性能上的完善和结构上的可靠，面对经济上是否合理则很少考虑，多数人不了解经济效果的计算方法，也无人收集积累各种必要的原始统计数据。有鉴于此，本书用了较多的篇幅专门论述各种技术经济分析方法，及其在地面车辆系统中的应用。

3. 地面力学

系统工程这门技术离不开具体的环境和条件，而对车辆来说，也离不开具体的地面环境和气候条件。要达到车辆系统的最优化，其中很重要的条件是要求车辆对地面环境的适应性最佳。所谓地面，通常指硬表面的平路、松软的土路和高低不平的粗糙路等。地面力学这门学科主要研究车辆与其工作地面之间的关系。它所研究的内容包括土壤的物理特性，地面的几何特性，土壤变形与滚动阻力，驱动车轮或履带的滑转与附着力，车辆的越障性能，车辆在无路地面的振动特性等。

研究地面力学的主要任务，在于用理论分析和试验方法，揭示各种车辆在不同外界环境下的真实工作特性，以达到在不同地面条件下合理选择和使用车辆，以及改进现有车辆性能的目的。

地面力学这门新学科的建立和发展已有很长的历史。自从1962年在美国建立“国际地面一车辆系统力学协会”，并召开第一次国际性学术会议以来，至今已有26年，最近一次地面力学国际会议（第9次），是1987年在西班牙巴塞罗那召开的。

美国的培克和苏联的比鲁利亚（А.К. Бирюля）都曾对地面力学的发展作出了卓越的贡献，目前世界各国都还有很多学者正从事这方面的研究工作。我国的一些高等学校已专门开设了“地面力学”这门课程。但尽管这样，我国从事车辆研究，特别是从事越野车辆设计的大多数工程技术人员，一般都缺乏土壤或地面力学的知识，这样既难以彻底明确地面车辆系统的职能，又往往未充分了解使用地区的自然环境，因此也就不可能设计出地面环境适应性最佳的车辆。考虑到这一点，本书用专门的章节，详细论述了车辆运行的地面环境，并且在讲方案选优和车辆总体设计参数选择时，都针对了特定的地面条件。

4. 工程设计

这里指的是车辆工程设计。车辆设计与机械产品设计相比，既有其共性，也有特殊性。由于这方面内容在一般的设计书籍中已经讲得很多，故这里就不赘述了。

二、研究内容

本书共由四部分内容组成。

第一部分包括：车辆的用途和分类，车辆运行的地面环境，地面车辆系统概论和研究方法步骤，车辆发展的基本原则及研制的主要阶段等。这里把车辆作为“系统”的对象，地面作为系统的“环境”，并对地面车辆系统的特征和研究方法、步骤进行了论述；然后运用系统工程的基本原理，讲清了系统分析和系统设计在地面车辆系统中的应用特点。至于对车辆系统的规划和研制过程的控制等，则属于“系统管理”的范围，在这里也作了简明扼要的讲述。

第二部分主要讨论地面车辆系统的评价指标体系。根据系统工程和技术经济学的观点，我们要求经过研制过程，使车辆系统达到技术上先进、经济上合理。地面车辆系统评价指标体系，即是检验和确认各项技术方案是否先进合理的客观标准。我们说某车辆的选型是否先进合理，是不以人的主观意志为转移的，应该有一个客观的评价标准，这就要求采用一整套指标体系，从数量上反映和表示技术先进程度及经济效益的大小。由于技术经济现象的复杂性，所以用一个指标往往不能全面反映事物的本质。一项技术经济指标只能从一个方面、在一定范围内反映技术经济效益的大小。同一个指标在不同技术方案中反映的效果也是不一样的。因此，为了比较两个以上技术方案经济效益的大小，就必须把一整套指标体系综合起来进行考察分析，才能得出科学的结论，因而指标体系的作用，是为方案评价和科学决策提供科学依据，它应该是系统分析的出发点和系统设计的落脚点。对研制出来的样机，也需经评价指标体系进行综合评估，然后才能决定是否定型生产。

第三部分包括：系统分析在地面车辆方案选优中的应用，地面车辆系统的预测分析及价值分析，车辆的使用分析等。这部分是用系统工程的基本思想，介绍技术经济分析的一些主要方法，如系统分析、方案选择分析、成本效果分析（使用分析）、技术经济预测、价值分析和决策等，从而把现代化管理科学方法和技术运用于地面车辆系统分析。第三部分的内容很丰富，是本书的重要部分。

第四部分包括：地面车辆系统总体设计参数选择和车辆分系统的优化设计原理。这部分是属于系统设计或系统综合的内容。在讲述总体设计参数选择时，重点在于分析。在介绍车辆分系统设计原理时，只是举几个例子，讲清考虑问题的方法，而并不牵涉车辆的所有分系统，也不讲具体的技术设计。

以上四个部分密切联系，互相影响，相辅相成，基本上构成了一个有机体系。本书企图从这样四个方面去论述《地面车辆系统分析与设计》的学科体系问题，这只是一个尝试。如要真正建立一个反映客观规律的科学体系，还有待于理论上的探索和实践中的努力。

三、本书特点

一般的汽车理论或汽车设计等技术书籍，仅偏重于“硬”科学的研究，而本书的一个重要特点是，不仅注意“硬”科学的研究，面更注意“软”科学的研究。所谓软科学是一门新兴的边缘科学。软科学研究，通俗地说就是信息搜集，情报调研，技术经济分析与预测以及战略目标与发展方针的研究。它涉及自然科学和社会科学的诸多领域，是一种多学科、跨专业、跨部门的综合性研究。本书将软科学的研究应用于地面车辆系统的预测、规划、管理、评估等工作，这是一个新的尝试。

本书的第二个特点是理论与实际紧密结合，特别是把系统工程与技术经济学等一些基本

原理，具体运用于地面车辆系统的分析，这就使得理论不再成为难于理解的东西，而且理论与实际紧密结合，也为系统工程这门新兴学科开辟了新的应用前景。

本书的另一特点是注意方法。古人云：授人以鱼，不如教人以渔。外国的谚语也有：“给人一条鱼，他只能吃一顿，你给人一根钓鱼竿，他就一辈子有鱼吃”。因此，本书讲的主要是分析方法、设计思想和逻辑步骤，即使举一些实际例子，也只是突出思维方法，一般不过多地罗列数据、材料。

最后需要指出的是，本书所阐述的一些原理和方法，虽然比较多地以“汽车”为研究对象，但对其它各种型式的车辆都是适用的，可以起到触类旁通的作用。

第一章 车辆的用途和分类

地面车辆是指在地面上行驶的各种运载工具，它包括：汽车、拖拉机、坦克、战车、工程机械、气垫车、水陆两用车等等。通常我们都按其用途、行走机构型式或越野机动性能来进行分类。

§1-1 车辆按用途分类

地面车辆的用途极其广泛，除公路运输用外，大致又可分为农业用、军用、林业用、工程建筑用、采矿用、宇航用等。极据统计，各种非公路车辆占总非公路车辆数目的百分比如图1-1上的图表所示。从图中列出的数字可见，用于农业的车辆数目最大。

如所周知，同一类用于农业的车辆，由于它们的作业类型不同，也常常可能有各种不同的变型，以获得在这些作业中的最佳性能。一般来说，农用车辆的主要作业有如下几种：

1)用于整地时的作业，如犁耕、重耙、中耕等。这时需要大的牵引力，低工作速度和全负荷工作；

2)用作移动式动力时，则通过动力输出轴或其它传动方式，来驱动可移动机具架上的机具工作部件。这样的作业如旋耕、收获、施肥、植保及发电、排灌等；

3)用于田间或公路进行运输作业，如运送种子、化肥、收割的庄稼、家畜的饲料和粪肥等；

4)用于土壤改良和农业基本建设等作业，如推土、挖掘、铲运、开沟、清渠、装载等。

传统的拖拉机因能进行很多作业项目，而有较好的万能性，故作为农用车辆而被广泛采用。但它在使用中也有许多缺点，主要是不能与上述所有作业类型的工作条件都完全适应。为了解决这个问题，就必须发展各种变型，如专用拖拉机，综合拖拉机和组合拖拉机等。例如，人总是向前看的，而它的农具却悬挂在后边，这在中耕时特别不适用，因之出现了适用于中耕的，并有一定万能性的自动底盘型式。又如运输作业时，不但希望操纵灵活，行驶安全，有较高的运输速度，而且希望拖拉机能够象汽车那样自身承载，以改善其牵引附着性能和通过性。这在一般传统拖拉机上就较难实现，因之出现了适于运输作业的汽车拖拉机型式。在其它各种作业中，它的性能也不全是最好的，因之出现了各种专用拖拉机和自走式联合收获机。但专业拖拉机和自走式联合收获机只有在能够全年利用的情况下才是合理的，而

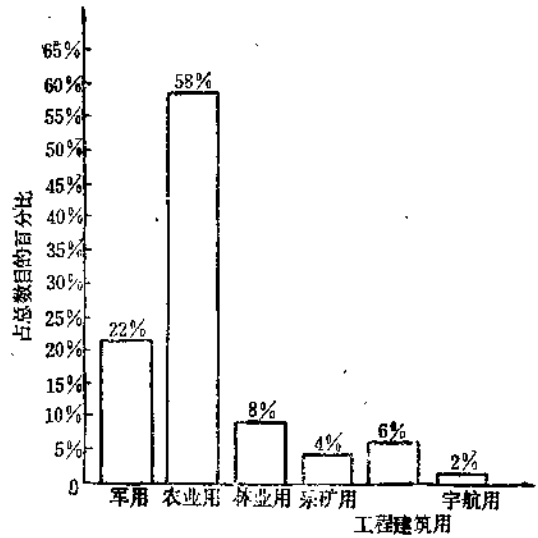


图 1-1

这一点即使在高度机械化的农场也很难实现。因此，国外最近发展了一种新型拖拉机，它是根据谷物生产过程的需要，从最适用于耕种时的复式作业（包括耕、耙、施肥和播种在一次通过中全部完成）及适于运输的角度出发，而设计制造出来的一种综合利用程度较高的谷物种植用拖拉机。但它仍然存在着一一定的局限性，即在某些作业条件下性能还不够好，对某些外界环境还不太适应，甚至不能适应，只有最近出现的组合式拖拉机或称动力驱动桥（动力车辆）的这种新概念，才有可能使其各种配套机组在多种用途中和不同环境条件下都获得最佳的性能。

组合式拖拉机的原理就是把拖拉机和配套机具分为若干个独立部件，根据外界环境和用途的不同，方便地组成所需要的最佳使用性能的结构型式，如图1-2所示。

必须指出：拖拉机并不是唯一的农业用车辆。在农业中用得较多的还有农用汽车、前端装载机、拖挂车、自走式装载机、铲车和叉式起重车等。当然，通用的货车也多用于农业运输，这正如常规的农用拖拉机用于林业运输一样。

从图1-1可见，除农业用车辆以外，在用途广泛性方面军用车辆占第二位。

军用车辆是军队通用的技术装备，是保障军队地面机动和后勤运输的重要手段。随着军事技术的发展和未来战争的需要，军用车辆已超出了后勤运输车辆的范围，日益成为与各种武器装备紧密配合，用途广泛，结构复杂的军事装备之一。

各国的军用车辆品种繁多，但是，按照其用途，大体上可以分三大类：

（1）战斗车辆

指可以进行战斗的装甲、非装甲、陆上或水陆两用的带有火力的履带车辆或轮式车辆，一般具有很高的越野机动性能，属于这类车辆的有坦克、自行火炮、装甲侦察车和各种自行武器车辆。

（2）战术车辆

指随部队保障完成各种战术任务的车辆，用于运送兵员和弹药、指挥、通讯、救护、火炮牵引、导弹运载以及物资供给等。由于这类车辆经常在敌人火力范围内活动，随同部队运动，和战斗车辆保持一定距离，所以也具有很高的越野机动性能。属于这类车辆的有履带、轮式的人员物资输送车、牵引车、导弹运载车、水陆两用车、空投车辆、越野运输汽车、工程修理车以及各种专用车等。

（3）管理运输车辆

指后方安全地区使用的车辆，如用于后方运输以及后方军事机关办公和生活保障的车辆，主要在公路和良好的路面上使用。它们大部分是各种型式的民用车辆或稍有改动的民用

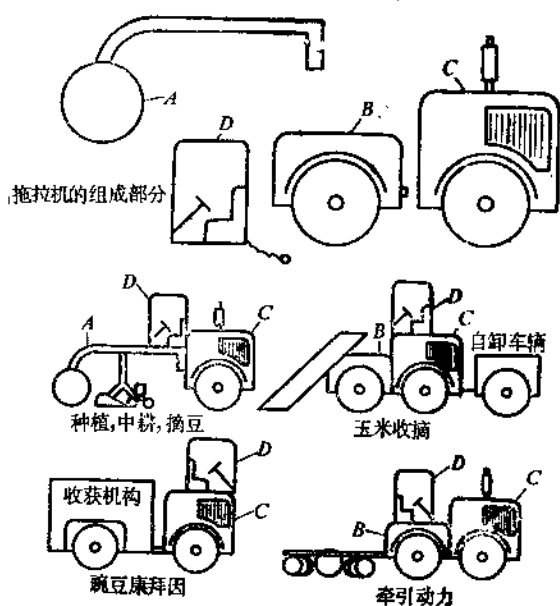


图 1-2

A—机具架 B—后车节 C—动力驱动桥 D—驾驶室

车辆。属于这类车辆的有小轿车、乘载两用车、大客车和民用运输货车等。

通常说的军用车一般指后两类而言，即战术车辆和管理运输车辆，而从狭义上说就是指战术车辆。西欧军队中的军用车数量为战斗车辆的20倍，对军队生存和战斗的重要性远超过了战斗车辆。

无论常规战争或核战争，军队机动性已成为一个非常重要的因素。大量的兵员、武器弹药、补给品的运输，火炮的牵引主要依靠战术运输车辆来完成，所以军用车对于军队地面机动性起着举足轻重的作用。

在机动性方面，对军用车提出的主要要求一般为：

- 1)全地形通过的能力（松软土壤、垂直障碍和沟渠等）；
- 2)爬坡及横坡上行驶的能力；
- 3)坏路上的平均速度；
- 4)通过水障的能力；
- 5)操纵性能及各方面的灵活性；
- 6)空运的可能性及其它方法运输的方便性。

为了更好地满足对军用车提出的功能要求，在研制军用车时，尚需考虑如何适应不同的气候和地面环境特点。例如在炎热地区（干热和湿热），要求发动机冷却，驾驶室通风，避免汽油机的气阻，胶、塑料构件防止老化，油漆、镀层耐久、耐腐蚀等。在寒冷地区，要求发动机能够冷起动，驾驶室保温，钢材和塑料防止冷脆，油料防止凝结，蓄电池有低温能力等。在沙漠地区则要考虑尘砂的影响，改进防尘、滤清、密封设计等；在高原地区，还要考虑空气稀薄及辐射影响等。

由上述可知，对军用车的要求是很苛刻的，且难以充分满足。如果要求全部军用车都满足上述要求，不仅费用浩大，使用上也是不必要的，因此我们要根据使用的地区和用途不同，分别提出不同的要求。

根据国外情况分析，目前军用车的发展特点是：

- 1)发展重型军用越野车，适应近代战争中火箭、导弹、坦克及通讯装备运输的要求；
- 2)采用全轮驱动、单胎型式、越野花纹的低压轮胎；
- 3)采用大功率发动机。2.5t以上的越野车几乎全都采用柴油机，以及中吨位以上的越野车开始采用自动或半自动变速器，使车辆的加速性和平均车速有较大的提高；
- 4)发展8×8多轴越野车和铰接式车辆，以及采用轮边减速，增大离地间隙和宽断面低压越野轮胎，且气压能按路面不同而调节，从而大大提高了车辆的越野通过能力，以及改善地区的适应性，尤其是寒区的适应性；
- 5)简化车型，吨位安排更为合理；普遍注意军用车和民用车的通用性，简化维修和配件供应。

上面讲了农用车和军用车的情况，其实林业用车长久以来就是借用的这两种车辆，即常规的农用拖拉机和过剩的军用车辆。只有在下列主要林区才使用专门的林业车辆，一是降雨量适中，冬季常下雪，地面含水量变化大的北半球和南半球森林地带；另一是含水量高，车辆对地面有侵蚀、损害危险的热带森林区。

在上述区域内，一般都兼营原始森林和人造林，而且人造林往往在数量上多于原始森林。在人造林中，多需要用车辆进行作业，如松土、栽树、播种、集材、修削、清理、伐木

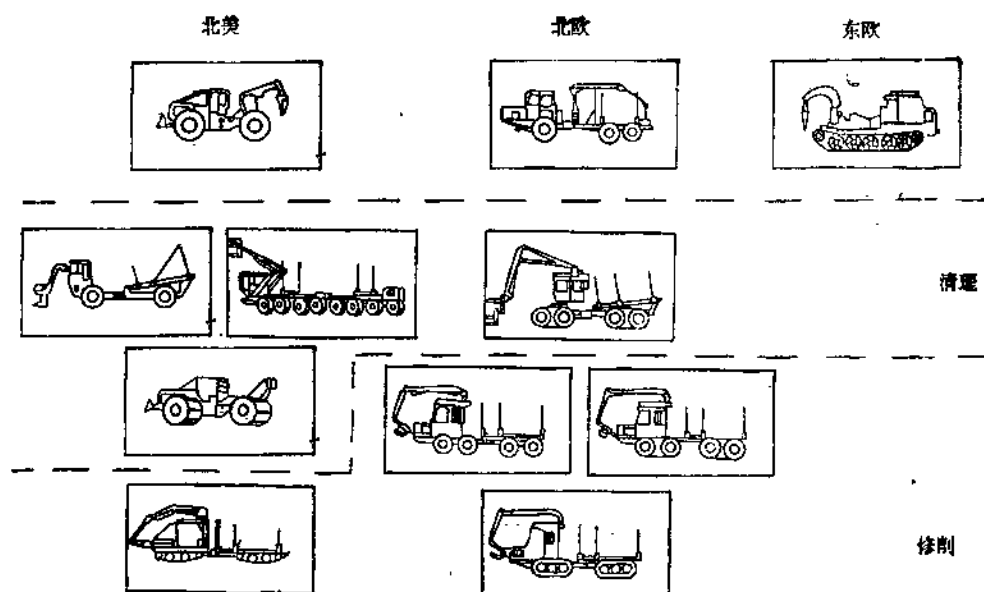


图 1-3

和施肥等。

林业用运输车辆一方面要根据作业类型，另一方面也要根据不同的地区环境来选择（见图 1-3）。就世界范围来说，目前在北美主要使用单轮胎的铰接式拖运车。因为这种车辆便于运送整根木料、造价低、生产率高，所以较易得到配件，保养价格也低。

在北欧，一般多用前轴单轮和后面双后轴的铰接运输车。其理由是它较适宜于运输短的木材，在不平地面上机动性好，且由于用双后轴，故有良好的牵引性。

在东欧用得最多的是重型履带式拖运车，它依靠滑移转向，挂钩牵引力大，能进行多种作业，例如推土、平路等。由于它和筑路机械类同，故配件供应和保养易于得到保证。

由于木料的需求量增加，而来自一般森林的木材又供应减少，故越来越多的木材要从土壤潮湿、松软、地面高低不平的林区运来；另一方面，由于人们热衷于连同树枝和树端，把整棵树木从森林中运出以利用其树枝节约能源、降低造价，故不久前在北美和北欧相继出现了构型特殊，通过性好的用于清理、伐木工作的林业车辆，如图 1-3 上所示。

在用车辆进行修削作业时，特别应该注意不要损伤土壤和伐剩的幼树或根生树。如果由于轮胎或履带下的平均接地压力高引起土壤压实和轮辙形成，则会导致土壤侵蚀和伐剩的幼树生长减慢。如由于吊车和底盘部分与树根或树干相碰，则会把它们的表皮刮伤，引起真菌感染，影响幼树生长，并降低长成后木材的等级。为此，对进行修削作业的车辆应该限制其总重，行走机构也应改进，宜采用弹簧和减震器等以降低对地面的冲击力，从而减少土壤的压实和轮辙的形成程度，以及对根部的压力损伤。

由此可见，修削工作对车辆提出的要求与清理、伐木工作有些不同，它需要车辆窄，转

向性能好，对土壤和地表面的损伤小。图 1-3 虚线示出能满足此要求的四种车型。它们都是铰接式输送车，但行走机构各不相同。这些行走机构的型式分别为：前后部均为钢制履带；前后都是带低压轮胎的两轴，两组履带分别圈在前后双轴的高压轮胎上；前后轴均为充气履带。

在主要用作燃料材质的森林区，木材运输只要靠普通的四轮驱动农用拖拉机就行了。当然行走机构应略作改进，这是因为用作燃料的树木通常都生长在潮湿地区，因此对运输木材的车辆要求有一定的越野性能。

此外，气候对林业用车确有一定影响，但在严冬的气候条件下林区用雪地车作业是很少见的。因为在冬天，即使雪层再厚，当车辆通过一、二次后，行走机构也能把雪压实而开出一条道来，这时车辆的牵引力和速度并未降低，甚至比在没有雪覆盖的地面行驶得还要好。因此，冬季作业并不需要特殊的林业用车，通常在潮湿地区伐木，多选在冬天进行就是这个道理。

工程建筑用车辆和林业用车辆相类似，多来源于农用拖拉机和货车。例如铲运机、推土机、平路机、开沟机等一般都是拖拉机工厂的配套系列产品。美国最大的卡特匹勒工程机械制造公司就是生产农用拖拉机而起家，二次大战中发了战争财以后，才完全转为生产工程机械的。

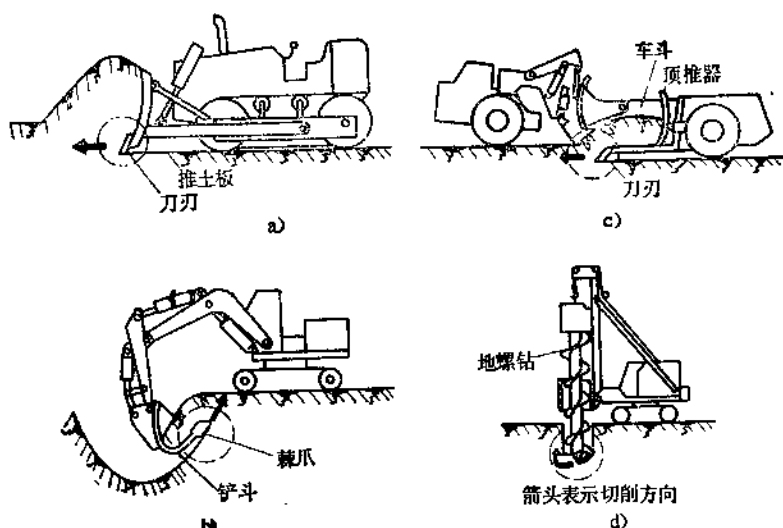


图 1-4
a)推土机 b)动力挖掘机 c)铲运机 d)地螺钻

工程建筑用车辆主要指自走式土方工程机械（图 1-4）与建筑工程机械。其次是指装有各种作业装置的货车底盘（图 1-5）。

工程机械一般采用的行走机构是轮胎和履带。不论是轮胎还是履带，在把机械稳定支承在地面上的同时，普遍还通过其驱动力进行作业。

一般说来，由于轮胎式工程机械接地面积小、接地比压大，所以在松软的路面上容易下陷，行驶阻力明显增大。因此，在某种程度上要求路面较坚硬。最近由于采用宽断面低压轮胎，扩大了应用范围，然而仍不如履带式工程机械。另外由于轮胎容易打滑，且磨损严重。

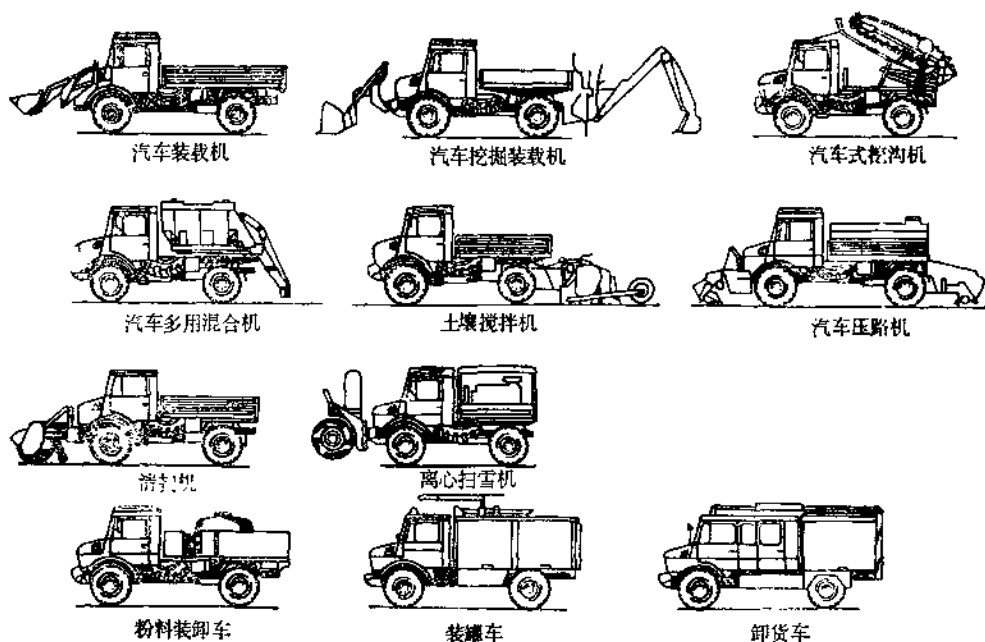


图 1-5

如采石场地面潮湿时，轮胎胎面割削会增多，成本也增加。但轮式机械的行驶速度快，机动性好，所以适合于规模大的工地进行远距离运输。

履带式工程机械接地面积大，接地比压小，适合于在松软路面上行驶。另外，由于履带式工程机械通过高低不平地区的阻力小，越野行驶可发挥其威力。然而它也有行驶速度慢、行走机构重量大、磨损严重等缺点，所以应根据作业条件进行适当的选择。目前一般采用的接地比压在 50kPa 左右，该接地比压比成人脚后跟的接地比压稍大一些，很容易检查其通过能力。此外对于承载能力比该接地比压还小的松软路面来说，可采用宽度大的湿地履带，接地比压可下降至 20kPa 左右，机械可在该地面上实施作业。

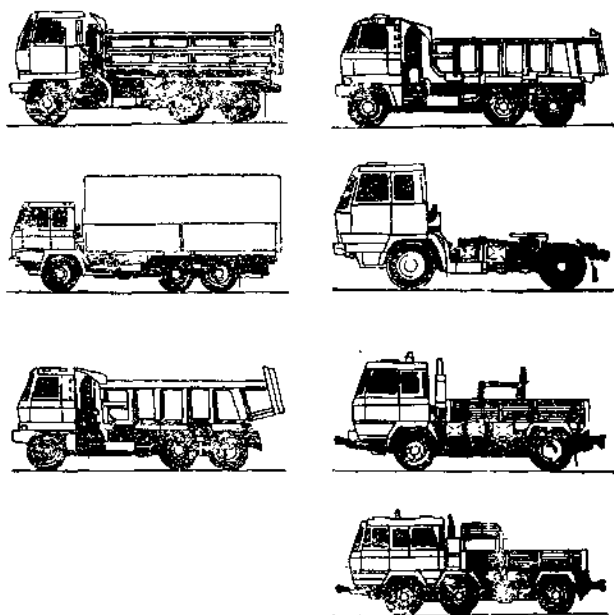


图 1-6

工程建筑用车辆也包括适合建筑工地使用的大吨位货车。图 1-6 所示捷克斯洛伐克生产的 T815 货车系列就是这样的车辆。它包括牵引车和各种货厢或翻斗型式的自卸车。

一般建筑工地用车辆，都不需要有特殊的越野性能。因为通常配备有专用装置用来处理道路及清除路面上的障碍物，所以耐久性和高运输效率就显得更重要一些。由于经常拖带挂车，故一般倾向用全轮驱动，以获得大的附着力。另外，为获得较高的承载能力，所有非转向桥均采用双胎。

采矿用车辆虽然在结构上与工程建筑用车辆没有太大区别，但是它的吨位较大，数量也多得多。一般，采矿用车辆又分成露天开采用自卸汽车和地下开采用自卸汽车两种。

自 50 年代末期以来，在国外金属、非金属矿的露天开采中，汽车运输逐步代替了铁路运输，并且随着露天矿山开采规模的日益加大，深部露天矿越来越多，越来越深，以及其它采矿设备（如钻机、电铲和装载机）的不断更新，重型自卸汽车的载质量也随之加大，一些大型矿山的汽车运输设备出现了“以大换小”的趋势。目前在美国一些年产矿石 1000 万 t 以上的大型露天矿中，120t 级的重型自卸汽车逐步替换了原有的较小吨位的自卸汽车，有的年产数百万吨矿石的矿山也开始采用百吨级的汽车。矿用重型自卸汽车的吨位近来还有不断提高的趋势，有的已达到 350t 以上。

随着吨位的加大，就要求有大功率发动机，巨型轮胎以及新的传动系统。例如，自 60 年代开始，在 85t 以上的重型自卸汽车中，普遍采用了电传动系统，其优点是：发动机可以在最佳工况下运行，运输成本低，下坡制动性能好，上坡车速高，爬坡能力大。因此，近年来在许多大型金属露天矿中，尤其是在深部露天矿中，电传动系统得到了迅速的推广。

轮胎费用在重型自卸汽车的使用费用中占 30%~40%，因此在汽车载质量不断加大的情况下，应力求降低单胎负荷，减小轮胎尺寸。因此，60 年代初期认为 4×2 双轴六轮是矿用重型自卸车定型设计的概念已被打破，开始采用三轴结构，这样不仅可以使使用小型轮胎，而且还可以延长轮胎寿命，降低轮胎造价。

地下采矿有两种型式：有轨式和无轨式地下采矿。有轨式显然有许多缺点，例如：随着采掘面的延伸，需要铺设轨道和架电线；受轨道的限制，灵活机动性差；对于层次多、矿层较薄的矿体很难利用；投资大，建设时间长，成本高。无轨式则恰恰能解决这些问题。

早期无轨式地下采矿使用一种兼有装——运——卸功能的专门的轮式装载机。后来发现此种装置只适合于短距离运输（在 200m 范围内）。为了适应运距较长的地下矿，于是改为装和运——卸分别由前端装载机和自卸车来完成的运输系统。

自卸车运输比有轨运输优越，就在于自卸车运输具有很好的灵活机动性，并且允许道路具有较大的坡度。

由于传统结构的自卸车用在地下采矿不尽合理，故近年来适于地下矿运输的低外形自卸

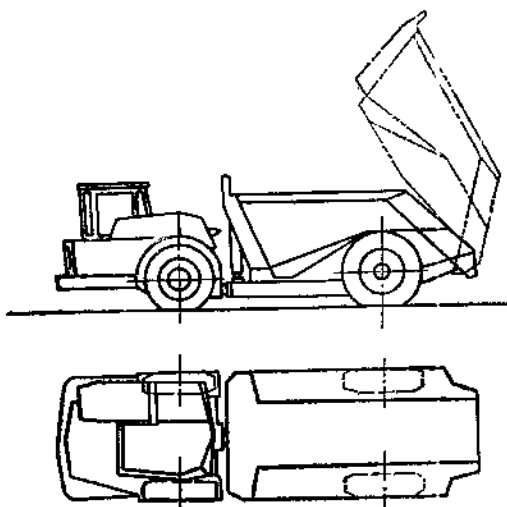


图 1-7

车得到了发展，例如瑞典矿业运输公司生产的基鲁纳（Kiruna）矿用车就是为了适应地下矿的需求而在60年代发展起来的。从那以后，载质量不断提高，发动机功率也逐步加大，并形成系列化产品。

目前被广泛使用的数量最多的是基鲁纳 K-162 型矿用车（图 1-7），其车型有自卸的也有非自卸的。K-162 型矿用车发动机功率 125~184kW，载质量 20~25t，个别车型达 35t，车厢容积也有几个等级以适应各种使用条件和不同密度的装载物，并可以爬越 10% 的长坡道和 12.5% 的短坡道。除此之外，还有 K-250 型和 K-500 型矿用车。K-250 型矿用自卸车装用 250kW 的发动机，载质量 25~40t，车厢容积也有几个等级。K-500 型矿用车装用 2 台 250kW 发动机，作为自卸车，最低载质量为 40t，用于爬长坡和快速运输。K-500 型牵引车则能运载 130t（车厢容积 60m³）。

基鲁纳铰接式自卸车之所以适于地下矿运输并获得发展，主要由于具备自重轻、载质量大、车体低矮、机动性高等优点；同时在保证条件允许的最高行驶速度的前提下，具有发动

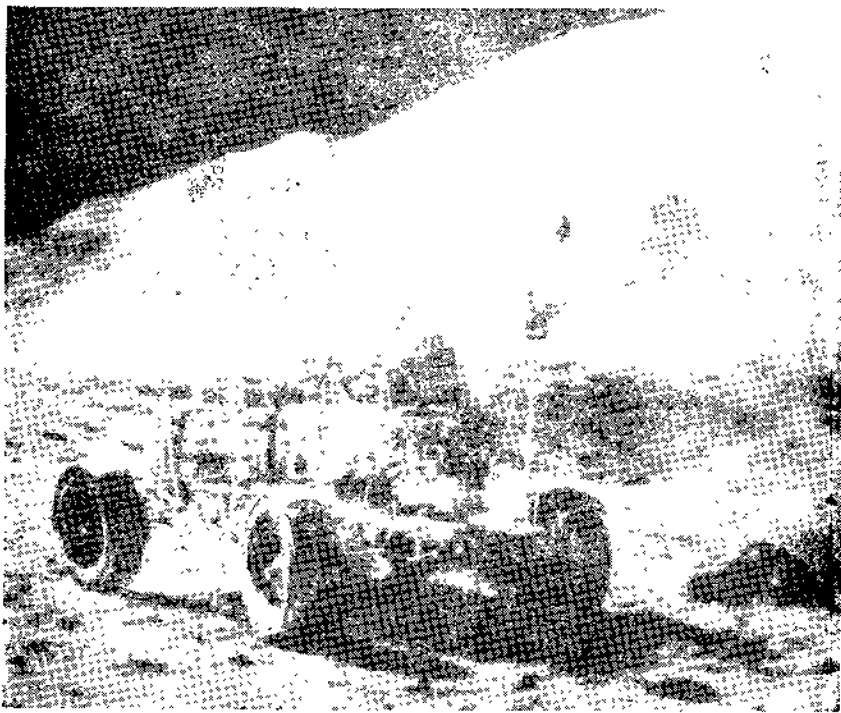


图 1-8

机功率不过分大，使得废气污染程度小，机件寿命长和经济性高等好处。对于某些运距短，道路较平坦的露天矿，这种自卸车也是适用的。

最后简单讲一下宇航车辆。目前，我们对什么是宇航车辆还很难给出确切的定义。唯一可真正算作宇

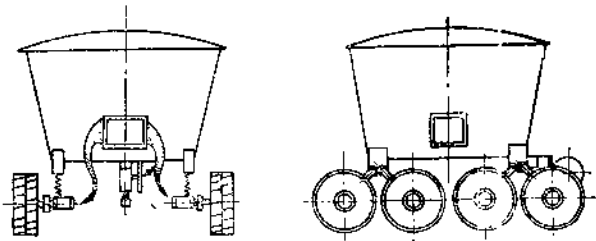


图 1-9

航用车辆的，恐怕只有分别由美国和苏联送上月球进行太空勘察的月球车（见图 1-8 和图 1-9）。对月球车特殊功能的要求是：

- 1) 用电视照相机进行地形测量；
- 2) 地面不平度的测定；
- 3) 地面强度的测定。

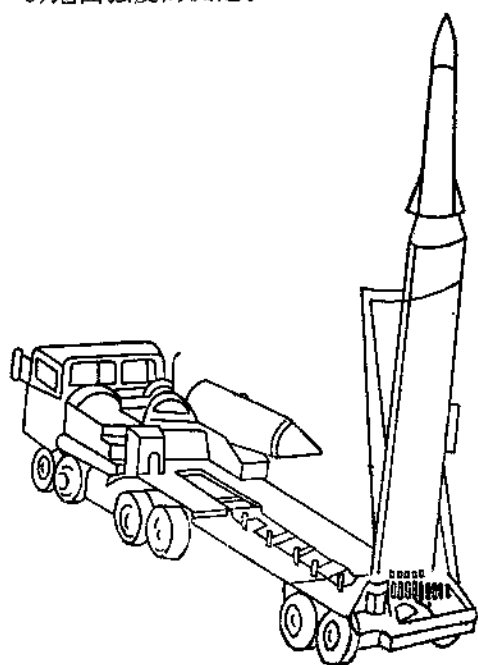


图 1-10

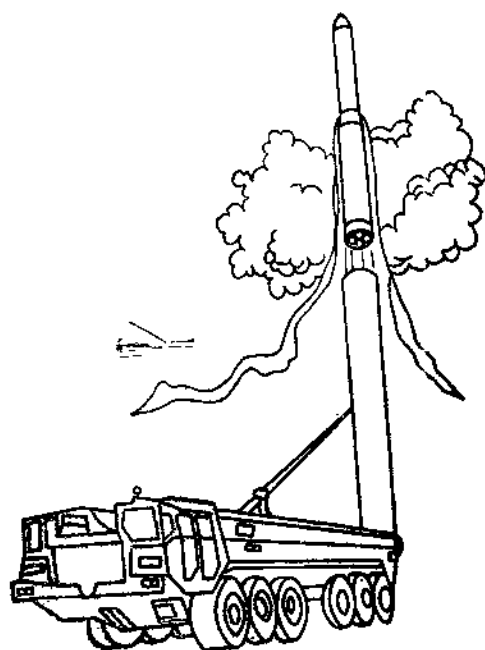


图 1-11

此外，用于导弹发射的重型越野车一般也可归之于宇航用车辆之列。例如美国潘兴Ⅱ导弹牵引式发射车（图1-10）和苏联 SS-20 导弹自行式发射车（图1-11）即属于这样的车辆。

为了现代化战争的需要，美苏均强调导弹运输车辆的机动性。所谓机动性已不单单指车辆在最小面积上迅速回转的能力，而是讲车辆在全天候条件下迅速起动、起步、加速及在各种地面条件下完成导弹运输任务及可靠持久的工作能力。

对导弹发射车底盘的要求是：在一定作战区域内，能具有运输、起竖、发射等多功能，而且经常在偏僻的山区公路上机动行驶。

§1-2 车辆按结构分类

地面车辆按其行走机构可以分为三大类：轮式、履带式和特殊结构。其中轮式和履带式应用最广。轮式的结构形状最多，说明它在组合和应用上有极大的灵活性。特种车辆的行走机构包括链轮式、步行式、螺旋推进式、滑橇式等。图1-12表示各种型式车辆的示意图。

轮式车辆从结构上又可分三种：

- 1) 大型低压轮胎车辆；
- 2) 轮式多轴车；