

# 目 录

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 总论 .....                  | 1   |
| 一、我国林区公路的发展 .....         | 2   |
| 二、林区公路勘测设计 .....          | 2   |
| 三、本课程的任务和教学方法 .....       | 5   |
| 第一章 汽车行驶理论 .....          | 6   |
| 第一节 计算行车速度 .....          | 6   |
| 第二节 汽车与挂车的基本性能 .....      | 7   |
| 第三节 汽车的牵引力和行驶阻力 .....     | 9   |
| 第四节 汽车在道路上的行驶条件 .....     | 16  |
| 第五节 汽车列车行驶 .....          | 22  |
| 第六节 汽车行驶的稳定性 .....        | 27  |
| 第七节 汽车燃料经济特性 .....        | 31  |
| 第二章 林区公路的交通流和通行能力 .....   | 34  |
| 第一节 交通流基本特征 .....         | 34  |
| 第二节 交通流理论 .....           | 38  |
| 第三节 通行能力 .....            | 43  |
| 第三章 林区公路的平面设计 .....       | 47  |
| 第一节 路线平面线形的设计要素 .....     | 47  |
| 第二节 平曲线半径和曲线长 .....       | 48  |
| 第三节 弯道超高 .....            | 56  |
| 第四节 弯道加宽 .....            | 60  |
| 第五节 超高和加宽的缓和段 .....       | 66  |
| 第六节 平面上的行车视距 .....        | 72  |
| 第七节 平面线形的组合及其设计 .....     | 79  |
| 第八节 路线平面图 .....           | 83  |
| 第四章 林区公路的纵断面设计 .....      | 84  |
| 第一节 路线纵断面线形的设计要素 .....    | 84  |
| 第二节 纵坡度 .....             | 85  |
| 第三节 竖曲线 .....             | 94  |
| 第四节 纵断面线形及其与平面线形的组合 ..... | 102 |
| 第五节 纵断面设计及其线形调整 .....     | 106 |
| 第六节 路线纵断面图 .....          | 113 |
| 第五章 林区公路的横断面设计 .....      | 115 |
| 第一节 路线横断面的组成 .....        | 115 |
| 第二节 行车道的宽度 .....          | 116 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第三节 路拱 .....             | 118 |
| 第四节 路肩 .....             | 120 |
| 第五节 路线横断面图 .....         | 121 |
| 第六章 错车道及回车道 .....        | 123 |
| 第一节 概述 .....             | 123 |
| 第二节 错车道的间隔 .....         | 123 |
| 第三节 错车道的构造 .....         | 124 |
| 第四节 回车道 .....            | 126 |
| 第七章 线路交叉与连接 .....        | 128 |
| 第一节 林区公路与其他线路的交叉 .....   | 128 |
| 第二节 林区公路间的连接 .....       | 133 |
| 第八章 选线 .....             | 138 |
| 第一节 踏查 .....             | 138 |
| 第二节 路线方案比选 .....         | 141 |
| 第三节 沿溪线 .....            | 144 |
| 第四节 越岭线 .....            | 147 |
| 第五节 不良地质地区选线 .....       | 152 |
| 第六节 桥渡位置选择 .....         | 161 |
| 第九章 定线 .....             | 164 |
| 第一节 实地定线 .....           | 164 |
| 第二节 纸上定线 .....           | 166 |
| 第三节 纸上移线 .....           | 169 |
| 第四节 横断面定线 .....          | 171 |
| 第十章 林区公路规划 .....         | 173 |
| 第一节 林业局总体设计的基本内容 .....   | 173 |
| 第二节 运输设计的内容 .....        | 174 |
| 第三节 布置道路网 .....          | 175 |
| 第四节 支线、岔线的道路网密度的计算 ..... | 177 |
| 附录 资料调查 .....            | 181 |
| 一、地质调查 .....             | 181 |
| 二、筑路材料调查 .....           | 183 |
| 三、小桥涵调查 .....            | 185 |
| 四、其它调查 .....             | 185 |
| 参考文献 .....               | 187 |

## 总 论

运输业是一个物质生产部门，是生产过程在流通领域的继续，是现代化大生产的重要组成部分。运输业的生产过程表现为货物和旅客的运输，在林区就是木材、苗木、生产和生活物资以及旅客的运输。

现代化的运输方式有铁路、公路、水运、航空和管道五种，林区的运输方式主要是林区公路、铁路（轨距 762 毫米）和水运（排运、船运和单漂流送），它们是随着生产力的发展和科学技术的进步，逐步产生、发展和完善起来的。

进行林区运输规划，主要是为林业各项生产服务，以满足森林经营、木材生产、综合利用、基本建设、农副业和客货运输等多方面的需要。道路由林业企业投资进行建设，构成完整的道路网（当然，也与国家铁路、公路、水运等相衔接）。运输设备和运输管理等项也由林业企业承担，因此，林区运输属于工业运输范畴。

在新建林业局的总投资中，属于运输方面的基本建设费用占 30—40% 左右，在木材生产成本中运输费用占 30—50% 左右。由此可知，林区道路的合理设计可以适当地解决道路建设费和运营费之间的矛盾，因为在一般情况下，道路建设的投资越高时，运营费是低的。道路的合理设计可以相应地满足运营管理上的各项要求。林区运输的特点与木材生产和林区经济的特点有密切的关系。在林区经济中，林业生产尤其是木材生产的比重还比较大的情况下，由于林木分散、每公顷蓄积量较少，林区面积大和育林时间长等因素，林区运输有如下特点：

1. 货流的单向性，表现在上行（重车方向）货运量大于下行（空车方向）货运量。上行方向主要运输木材，而下行方向仅是运输数量较少的经营林业用的物资、林副产品和生活物资。在以生产木材为主的林业企业中，货流的单向性最为显著。南方林区，特别是在集体所有制的林区，林农业混杂交错，居民稠密，生产生活物资的需要量较大，地方的交通量大，货流的单向性不象北方林区那样显著。因此，在设计（或规划）林区道路时，其各项技术标准，要结合货流的单向性，认真地考虑牵引车型、挂车车型、运材方式以及地形等各项因素后予以确定。

2. 货流的汇集性，这是由于林木分散生长在广阔的林地上所致。在一个林业局管辖的林区内，要铺设干线、支线和岔线组成道路网，把木材、农产品和林副产品从产地（山上装车场、林场）通过岔线、支线汇集到干线，再通过干线运到衔接点。由于货流的汇集性，越是接近衔接点，其交通量越大，反之，越是远离衔接点，其交通量越小。所以根据交通量的大小，对干线、支线、岔线按不同等级进行设计，以满足其各自的交通量要求，是符合技术经济原则的。

3. 除上述特点外, 在以主伐为主的林区内, 为了缩短集材距离而修建的一些简易道路, 或是为了减少道路的投资而修建的季节性道路 (如东北、内蒙古林区的冻板道), 在采伐作业完了后即行弃置, 这叫做道路的暂存性。暂存性的道路其投资少, 标准低。

综上所述, 由于林区运输的特点, 在设计林区道路时, 要因地制宜地考虑这些特点, 使道路更好地为林区各项事业服务。

## 一、我国林区公路的发展

中华人民共和国成立, 使国民经济得到恢复和发展, 奠定了林业建设和林区道路事业的发展基础。1952年开始在林区进行了汽车运材, 是为修筑林区公路的开端。机械化运材比重在1957年已达到74.8%, 其中森林铁路运材占51.8%, 林区公路运材占23%。与此同时, 在运材方式上, 原条运材方式也逐渐增加。从而对林区道路设计提出了新的要求。党和政府为了提高林区道路的设计和施工的水平, 在各重点林区的省(区)建立和健全了林业勘察设计机构及施工部门, 同时也健全和制定了森林铁路设计规程和林区公路设计规程。到1959年建成的森林铁路达5100公里, 林区公路15209公里。实践证明, 公路较森铁有更多的优越性, 因而从五十年代后期开始, 凡进行国有林总体设计的运输设计, 均以汽车运输为准, 道路网规划为林区公路。目前在林区陆路运输的两种运输类型(森林铁路、林区公路)中, 林区公路占主导地位。建国以来, 我国共修建林区公路十一万余公里。在一些国有林区, 林区公路已形成了林道网, 促进了林区的生产和建设。运输车辆方面, 牵引车多为解放牌、东风牌和部分国外产的太脱拉汽车, 挂车则为国产载重15吨和7吨的。运材方式有原木、半原条和原条运输。车列组成方面, 有单车运输、带一个长货挂车和一个乃至二个拖斗的运输。林区公路的机械化施工比重也发展的很快, 在东北、内蒙古林区80%以上为机械施工, 人工仅做辅助工序。

## 二、林区公路勘测设计

林区公路勘测设计工作在党的领导下得到了很大的发展, 有二十多个林业勘察设计院(队), 其技术力量也比较雄厚。林区公路勘测设计理论和实践均有迅速的进展。

为统一林区公路的设计标准, 提高勘测设计的质量, 林业部颁布并多次修订了《林区公路工程设计规程》(试行)(以下简称《规程》), 建立了各个设计阶段审批的工作程序。各设计院(队)都因地制宜的编制了一系列指导勘测设计的文件。

在勘测设计技术上, 由于国有林区多位于山岭区, 且许多开发较早的林区公路均趋近于分水岭, 因而取得了高山峡谷等困难地形条件下的勘测设计经验; 通过东北、内蒙古林区和南方各省(区)的林区公路的修建, 取得了冻土及软土地区的勘测设计经验。航空摄影相片在选线设计中已被采用, 电算技术在勘测设计的部分工序中亦被使用。

### (一) 勘测设计的阶段

1. 勘测依据, 林区公路勘测设计工作应以下达的设计任务书为依据。设计任务书包括以下基本内容:

- (1) 起迄点、经济控制点、与外部运输的衔接点;
- (2) 线路的年运量和等级;
- (3) 线路的主要技术指标;
- (4) 运材方式、牵引车和挂车类型;
- (5) 设计阶段和完成的时间;
- (6) 建设期限和投资估算;
- (7) 施工方法(力量)和期限;
- (8) 需上报的资料和图表。

2. 设计阶段, 林区公路工程的勘测设计工作, 一般应按两阶段设计, 即初步设计和施工图设计。

由于在林区总体设计或林业局(场)总体设计中, 对道路网设计已作了相当于初步设计深度的勘测设计工作, 因此总体设计经批准后, 即完成了林区公路的初步设计工作。这时可按照建设进度的安排, 进行施工图设计。若在进行施工图设计的过程中, 发现总体设计中, 道路网布设的深度不够(指方案性的问题), 则应加以必要的补充。

对于未经过总体设计的林区, 按单项工程进行林区公路勘测设计时, 为保证设计质量, 一般也应按两阶段进行设计。但若线路长度较短, 线路等级较低, 走向比较明确, 即使有方案性问题, 也是局限于某一个地段的工程, 则可按一阶段进行设计, 编制施工图。

采用一阶段设计, 即施工图设计的林区公路工程, 必须在勘察设计前, 进行认真的踏查。即通过室内研究和野外现场踏查, 论证所拟定的线路走向、桥位及其结构型式、主要控制点、技术标准和主要技术指标。估算工程量, 主要材料用量和投资。一阶段设计提交的设计文件应将那些局部方案的比选等问题加以说明, 并附有必要的图表, 以供审批时使用。

采用一阶段设计时的设计文件的组成和内容, 除按施工图设计阶段的要求外, 增加了按一阶段设计时应予补充的内容和要求。如按两阶段设计, 在其初步设计批准后, 这部分内容应删掉。

设计阶段的采用, 由批准的设计任务书中指定。

3. 初步设计阶段的内容, 两阶段设计时, 初步设计为报送主管部门审批的文件。它主要是确定设计原则, 论证和提出技术、经济合理的设计方案。其深度为:

- (1) 对由林业局、贮木场通往林场址的道路和至林业局建成时需修建的道路进行踏查, 确定线路走行方向、主要控制点、大中桥数量、占用农田数量, 估算工程数量;
- (2) 对影响路网方案取舍的困难地段和至林业局建成时需修建的道路中的困难地段进行勘测, 确定设计方案, 计算工程数量;
- (3) 选定大桥桥位, 并确定大桥设计方案;
- (4) 对拟利用的道路进行踏查或勘测, 其设计内容, 除上述(1)、(2)、(3)项外, 还应根据原有公路状况, 确定改建方案, 计算工程数量。

对于未经总体设计的林区公路单项工程, 在按两阶段设计时, 可根据上述4项要求进

行初步设计。

初步设计文件，一般可由设计说明书、工程图表和概算组成。

4. 施工图设计，在两阶段设计中，初步设计文件经主管部门批准后，即作为编制施工图设计的依据。

施工图为交付施工的文件。它主要是根据批准的初步设计所核定的原则、设计方案和技术标准，进一步深化、具体，提出必要的说明和适应施工需要的图表，并满足编制施工预（概）算和施工备料的要求。因此，它必须经过详细测量，进行技术设计来具体编制。

## （二）林区公路勘测设计的基本原则和林区公路技术标准

基本原则：

1. 林区公路设计工作要贯彻执行以营林为基础的方针，根据山、水、田、林、路综合治理的要求，做到既符合发展林业生产建设的需要，又要有利于支援农业。要节约用地，不占或少占农田，尽量结合工程措施改地造田，利于农田灌溉。

2. 线路的走向和位置，应便于集材，便于营、造林和护林防火工作，缩短运输距离，全面经营林区的需要进行布设。要合理选定技术等级和各项技术指标。

3. 为了满足汽车行驶对道路的要求和节省道路修建费，要采取方案比选的方法，选定最优方案。

4. 为降低林区公路的造价，保证林区公路应有的质量和加快建设速度，并使有限的资金修建较多的道路，在设计中应发扬艰苦奋斗、自力更生的革命精神，要贯彻因地制宜，就地取材的原则。

5. 在勘测设计中，应广泛开展技术革新、科学试验，积极采用适应于林区公路的新结构、新设备、新材料、新工艺，以提高设计技术水平。

6. 为保证设计线路的质量，勘测设计工作要严格按照基本建设程序进行。设计的道路，必须保证技术上的可能性和经济上的合理性，任何片面强调一方面而忽视另一方面都是错误的。在设计结构物时，除特殊情况外，应尽量利用标准设计、通用设计。

7. 严格遵守《规程》，并参照《林区公路工程施工技术规范》中有关部分进行勘测设计工作。对《规程》中的规定要从实际出发，因地制宜地掌握和运用，切勿生搬硬套，要在实践中不断总结经验，积累科学成果，使《规程》臻于完善。

技术标准：

林区公路勘测设计必须符合《规程》规定的技术标准。而林区公路的技术标准取决于道路的等级。

《规程》规定：林区公路按地区及年运材量进行分级。各级公路的通过能力，除满足下述运材量外，尚能满足其他林业生产建设 and 一般情况下的地方运量。

甲类地区（指东北、内蒙古地区）：

一级公路——年运材量大于10万吨；

二级公路——年运材量6万至10万吨；

三级公路——年运材量大于2万小于6万吨；

四级公路——年运材量等于或小于 2 万吨。

注：从林业局或贮木场通往林场的路段，其运材量虽小于 2 万吨，亦仍按三级公路的标准进行设计。

乙类地区（指甲类以外的地区）：

一级公路——年运材量大于 5 万吨；

二级公路——年运材量 2 万至 5 万吨；

三级公路——年运材量小于 2 万吨；

便 道——总长 5 公里以下的简易运材道。

### 三、本课程的任务和教学方法

（一）任务：林区公路勘测设计是一项综合性的工作，接触到各种构造物：路基、路面、桥涵、隧道等的设计问题。这些工程都分别开设课程进行研究。本课程主要解决下列问题：

1. 根据设计任务书中的各项指标（起迄点、年运材量、控制点、道路等级、运材方式等）和航测照片、地形图、林区开发图（或林相图）结合自然条件，选出路线位置并分析评比所选出的各种方案，决定最优方案。

2. 设计一条路线，进行平面、纵断面和横断面设计。在单车道上应进行错车道的分布设计。

3. 合理地确定桥涵位置及孔径大小、挡土墙的位置、路基高度以及为设计路基、路面和进行施工组织设计、编制预（概）算所需的数据和资料。

4. 正确处理不良地质地区的筑路问题，使线路竣工后能够正常运营。

上述各项任务也就是林区公路勘测设计的主要任务。

（二）教学方法：为使学生掌握课程的内容，在学习过程中除理论学习外，要进行课程作业。为了更好地使理论密切联系实际，要进行一次林区公路新线设计的生产实践，通过现地教学和实际操作，使学生掌握有关勘测组织与实施、设计程序和设计文件的组成与内容等，并培养学生分析问题、解决问题和实际操作的能力。

# 第一章 汽车行驶理论

汽车行驶理论是专门研究汽车在公路上行驶的动力性能、经济性能和稳定性能的科学。

林区公路的几何体，是由路线的平面、纵断面和横断面所组成。对于几何体的设计，应使汽车行驶具有一定的平顺性、稳定性和安全性。要达到这一目的，必须对汽车行驶理论加以研究，掌握汽车行驶对道路的要求，了解汽车行驶与几何设计相互间的关系，以使林区公路从各方面更好地满足汽车的行驶要求。因此，汽车行驶理论是道路设计的理论基础。

## 第一节 计算行车速度

### 一、计算行车速度

计算行车速度又称设计速度，是计算各级公路受限制部分的主要指标。所以在设计各级公路的各项技术指标时，首先要确定各级公路的设计行车速度，只有通过它，才能规定其他各项技术指标。计算行车速度不仅是计算其他各项技术指标的依据，同时也是反映公路使用质量的重要因素。

### 二、计算行车速度的确定

计算行车速度是按着综合考虑道路的经济性、汽车实际行驶速度以及汽车的基本性能而进行确定。

从道路的经济性考虑时：山地的计算速度应较平地为低；短距离道路应较长距离道路为低；交通量少的道路应较交通量多的道路为低。

从汽车实际行驶速度来考虑：对于所设计的道路应满足汽车最大车速的要求，即汽车能以最大速度在林区公路上正常行驶。但是，由于林区公路所处的地形复杂、气候多变及运材汽车多为带挂车运行等因素的影响（速度影响系数为 0.7 左右），一般情况下，计算行车速度接近平均技术速度。在视线良好的平坦运材道上，重载运材汽车允许的最高车速：太脱拉-138 汽车为 55 公里/小时，解放 CA-10B 汽车 45 公里/小时。考虑拖挂可降低 30% 左右。对于困难情况下的行车速度，主要以控制工程量的最小半径来决定。《规程》规定，各级公路的计算行车速如表 1—1。

在某一级线路上，为充分发挥公路运输的经济效能，可按一般与困难情况分段选用不



表 1—1 计算行车速度 (公里/小时)

| 公路等级            |      | 甲 类 地 区 |    |    |    | 乙 类 地 区 |    |    |    |
|-----------------|------|---------|----|----|----|---------|----|----|----|
|                 |      | 一       | 二  | 三  | 四  | 一       | 二  | 三  | 便道 |
| 计车速<br>算速<br>行度 | 一般情况 | 50      | 40 | 30 | 25 | 50      | 40 | 30 | 15 |
|                 | 困难情况 | 30      | 25 | 20 | 15 | 25      | 20 | 15 |    |

同的技术指标。为使技术指标均衡和变化不致于频繁、零碎,分段不宜过短,一般不得小于三公里。在选用技术指标上,一般在工程量增加不大时,应尽可能选用较高的指标。如果工程特殊困难时,使用极限指标,也应经过经济比较,方可采用。

## 第二节 汽车与挂车的基本性能

林区公路主要是为运材汽车行驶而修筑的,为更好地完成运材及其他各项运输任务,在林区公路设计时,需要根据其运材特点,对汽车和挂车的基本性能加以研究,以提高设计质量,为运材汽车提供一个安全、经济、迅速的行驶条件。

### 一、运材汽车的技术性能

目前甲类地区木材生产以原条为主,主要运材方式为汽车带挂车运原条,主要车型为解放CA-10B汽车和太脱拉-138汽车。

乙类地区木材生产以原木为主,主要车型为解放CA-10B汽车。运材方式有单车运原木和带挂车运原木。

目前在林区公路上行驶的主要载重汽车的基本性能见表1—2、表1—3。

表 1—2 林区常用运材国产汽车技术性能

| 汽车型号  |      | 解 放    | 长 征                        | 解 放    | 解 放    | 东 风    | 黄 河    | 黄 河    |
|-------|------|--------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 项 目   |      | CA-10B | XD-160                     | CA-140 | CA-150 | EQ-140 | JN-150 | JN-151 |
| 驱动型式  |      | 4×2    | 6×6                        | 4×2    | 4×2    |        | 4×2    | 4×2    |
| 外形尺寸  |      |        |                            |        |        |        |        |        |
| 长     | (毫米) | 6670   | 8600                       | 6895   | 7775   | 6810   | 7600   | 7600   |
| 宽     | (毫米) | 2460   | 2500                       | 2438   | 2494   | 2470   | 2400   | 2400   |
| 高     | (毫米) | 2200   | 2600                       | 2350   | 2355   | 2325   | 2600   | 2600   |
| 轴 距   | (毫米) | 4000   | 4260(前桥至中桥)<br>1320(中桥至后桥) | 4000   | 4200   | 3950   | 4000   | 4000   |
| 轮 距   |      |        |                            |        |        |        |        |        |
| 前 轮   | (毫米) | 1700   | 1930                       | 1800   | 1800   | 1810   | 1927   | 1927   |
| 后 轮   | (毫米) | 1740   | 1764                       | 1800   | 1800   | 1800   | 1744   | 1744   |
| 自 重   | (公斤) | 3800   | 9000                       | 4190   | 5800   | 4080   | 6800   | 6600   |
| 载 重 量 | (公斤) | 4000   |                            | 5000   | 9000   | 5000   | 8000   | 8000   |
| 总 重   | (公斤) | 8025   | 21300                      | 9415   | 15025  | 9290   | 15060  | 4860   |

(续)

| 项 目      | 汽 车 型 号  | 解 放    | 长 征    | 解 放    | 解 放    | 东 风    | 黄 河    | 黄 河    |
|----------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|          |          | CA-10B | XD-160 | CA 140 | CA 150 | EQ-140 | JN-150 | JN-151 |
| 最大允许拖挂总重 | (公斤)     | 4500   | 15000  |        |        |        | 6000   |        |
| 发 动 机    |          |        |        |        |        |        |        |        |
| 最大功率     | (马力)     | 95     | 180    | 140    | 154    | 135    | 160    | 160    |
| 最大扭矩     | (公斤·米)   | 31     | 72     | 40     | 43     | 36     | 70     | 62     |
| 最低燃料消耗量  | (克/马力·时) | 255    | 80     | 250    | 250    | 245    | 165    | 175    |
| 技术性能     |          |        |        |        |        |        |        |        |
| 最大车速     | (公里/小时)  | 75     | 70     | 88     | 54     | 90     | 71     | 67     |
| 经济车速     | (公里/小时)  |        |        | 35—45  |        | 40—50  |        |        |
| 最大爬坡度    | (%)      | 20     |        | 20     |        | 28     | 27     | 27     |
| 最小转弯半径   | (米)      | 9.2    |        | 8.0    | 11.0   | 8.0    | 8.25   | 8.25   |
| 平均耗油量    | (升/百公里)  | 29     | 40—50  |        |        | 28     | 25     | 24     |

表 1—3 林区常用运材进口汽车技术性能

| 项 目      | 汽 车 型 号 | 日野KM      | 太 脱 拉                      | 太 脱 拉                      | 斯堪尼亚                       | 格 斯  | 吉 斯  |
|----------|---------|-----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------|------|
|          |         | 400/420   | -138                       | -148                       | LT110-42                   | 51   | 51   |
| 驱动型式     |         |           | 6×6                        | 6×6                        | 6×4                        | 4×2  | 4×2  |
| 外形尺寸     |         |           |                            |                            |                            |      |      |
| 长        | (毫米)    | 5700/4750 | 8745                       | 5690                       | 6090                       | 5625 | 5930 |
| 宽        | (毫米)    | 1930      | 2438                       | 2500                       | 2433                       | 2200 | 2300 |
| 高        | (毫米)    | 2238      | 2440                       | 2440                       | 2625                       | 2130 | 2300 |
| 轴 距      | (毫米)    | 3300/2650 | (前桥至中桥)4260<br>(中桥至后桥)1320 | (前桥至中桥)4800<br>(中桥至后桥)1320 | (前桥至中桥)4200<br>(中桥至后桥)1350 | 3300 | 4200 |
| 轮 距      |         |           |                            |                            |                            |      |      |
| 前 轮      | (毫米)    | 1608      | 1930                       | 1966                       | 1919                       | 1585 | 1580 |
| 后 轮      | (毫米)    | 1470      | 1764                       | 1770                       | 1831                       | 1650 | 1710 |
| 自重       | (公斤)    | 3200      | 8900                       | 9800                       | 7395                       | 2710 | 5460 |
| 载重量      | (公斤)    | 4000      | 12000                      | 14680                      | 18605                      | 2500 | 4500 |
| 总 重      | (公斤)    |           | 21140                      | 24540                      | 26000                      | 5210 | 9960 |
| 最大允许拖挂总重 | (公斤)    |           | 15000                      | 16600                      | 50—70吨                     |      |      |
| 发 动 机    |         |           |                            |                            |                            |      |      |
| 最大功率     | (马力)    |           | 180                        | 212                        | 102                        | 70   | 90   |
| 最大扭矩     | (公斤·米)  |           | 72                         | 83                         | 79                         | 21.5 | 31   |
| 技术性能     |         |           |                            |                            |                            |      |      |
| 最大车速     | (公里/小时) | 83        | 71.15                      | 71.14                      | 78                         | 70   | 60   |
| 经济车速     | (公里/小时) |           |                            |                            |                            |      |      |
| 最大爬坡度    | (%)     | 22.7      | 42.5                       | 40                         | 不小于25                      |      | 53   |
| 最小转弯半径   | (米)     | 6.6/5.2   | 20±1                       | 19±1                       | 9.8                        | 7.6  | 11.2 |
| 平均耗油量    | (升/百公里) |           | 32.5                       | 30±5%                      | 30                         | 22   | 42   |

## 二、运材挂车主要技术性能

汽车拖挂运材是木材运输的主要特点,采用这种运材方式,可以充分利用汽车的剩余牵引力,提高汽车的运输生产率,节省燃料消耗,降低运输成本。适于原条运输。

目前,我国林区使用的挂车主要型号有GT7、GT7A、GT15和YG210型。其中GT7和GT7A是单轴原条挂车,GT15和YG210是双轴挂车。

林区常用运材挂车主要技术性能见表1—4。

表 1—4 林区常用运材挂车主要技术性能及规格

| 挂 车 类 型          |   |      | GT7          | GT7A           | GT15         | YG210                                     |
|------------------|---|------|--------------|----------------|--------------|-------------------------------------------|
| 项 目              |   |      |              |                |              |                                           |
| 载 重 (吨)          |   |      | 7            | 7              | 15           | 10                                        |
| 自 重 (公斤)         |   |      | 1880         | 2000           | 3268         | 3400                                      |
| 自重系数             |   |      | 0.27         | 0.285          | 0.219—0.22   |                                           |
| 轮 胎 数 (个)        |   |      | 4            | 4              | 8            | 8                                         |
| 轮 胎 规 格          |   |      | 11.00—20.16层 | 11.00—20.16层   | 11.00—20.16层 | 9.00—20.14层                               |
| 轮胎贮备系数           |   |      | 1.125        | 1.100          | 1.100        | 有三档调节位置分别为3200、4500、5500                  |
| 轮 距 (毫米)         |   |      | 1800         | 1800           | 1800         | 1800                                      |
| 轴 距 (毫米)         |   |      |              |                | 1220         |                                           |
| 轮 辋 规 格          |   |      | 7.33 V       | 7.33 V         | 7.33 V       | 7.33 V                                    |
| 每只轮胎最大负荷 (公斤)    |   |      | 2500         | 2500           | 2500         |                                           |
| 最大允许行驶速度 (公里/小时) |   |      | 65           | 65             | 60           | 30                                        |
| 最小转弯半径 (米)       |   |      | 30           | 30             | 30           | 牵引车与一辆挂车组成列车时为10米<br>牵引车与二辆挂车组成列车时为15米    |
| 外型尺寸             | 长 | (毫米) | 3260         | 9700           | 3695         | 当轴距3200时为7060 当轴距4500时为8300 当轴距5500时为9360 |
|                  | 宽 | (毫米) | 2662         | 2662           | 2660         | 2540                                      |
|                  | 高 | (毫米) | 2400         | 2480           | 2900         | 3770                                      |
| 装载尺寸             | 长 | (毫米) |              |                |              | 4000—8000                                 |
|                  | 宽 | (毫米) | 2200         | 2200           | 2200         | 2240                                      |
|                  | 高 | (毫米) | 1000         | 1000           | 1200         | 1450                                      |
| 牵引杆离地面高度 (空载)    |   | (毫米) | 820          | 1200           | 840          | 820                                       |
| 牵引杆长度            |   | (毫米) | 1800         | 9000、7850、6700 | 2400         | 2200                                      |
| 制动装置             |   |      | 无            | 无              | 无            | 无                                         |
| 转动机构             |   |      |              |                | 轮盘丝杠调整机构     | 无插销式滚珠转盘                                  |

汽车的动力性能(以尽可能高的平均速度行驶的能力)和经济性能(以最低的燃料消耗量工作的能力),并不是固定不变的,它将随着工业和各项事业发展的需要不断改进和提高。另外,由于公路线型和路面结构的改变,亦将促进汽车的发展和变化。因此,为了合理地确定道路几何形状和各种人工构造物,就需要了解汽车各种性能的变化,以及汽车与林区公路的相互影响,使林区公路能从各方面更好地满足汽车的行驶要求,充分发挥汽车的运输作用。

### 第三节 汽车的牵引力和行驶阻力

#### 一、汽车的牵引力

当开动发动机时,供给发动机的燃油在发动机内燃烧产生热能,由热能转化为机械能,

产生有效功率，促使发动机曲轴旋转，从而产生扭矩。曲轴的扭矩再经过一系列传递，传到驱动轮上，在驱动轮扭矩的作用下使汽车产生牵引力。

### (一) 汽车发动机的功率 $N$ 与扭矩 $M$

#### 1. 汽车发动机的功率与扭矩的关系

发动机的有效功率

$$N = \frac{M\omega}{75}$$

式中： $\omega$ ——曲轴的角速度；

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

$n$ ——曲轴每分钟的转数。

由此可得扭矩

$$M = \frac{75N}{\omega} = 716.2 \frac{N}{n} \quad (1-1)$$

2. 发动机的外特性曲线 发动机发出的有效功率 $N$ 和扭矩 $M$ 与曲轴的转数 $n$ 之间的关系曲线，称为发动机特性曲线。如果发动机在全负荷工作时，即节流阀全开（对于柴油机，高压油泵在最大供油位置），则此特性曲线称为发动机外特性曲线；如果节流阀部分开启，则称为发动机部分负荷特性曲线。图1—1a、1—1b分别为解放CA-10B汽车和太脱拉-138<sup>8</sup>汽车发动机的外特性曲线。

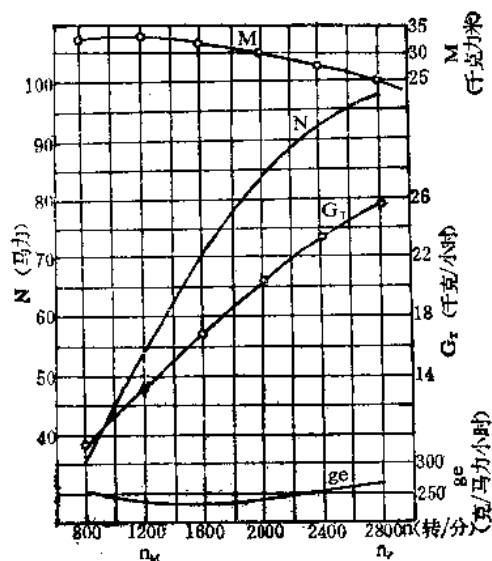


图 1—1a 解放CA-10B汽车发动机外特性曲线

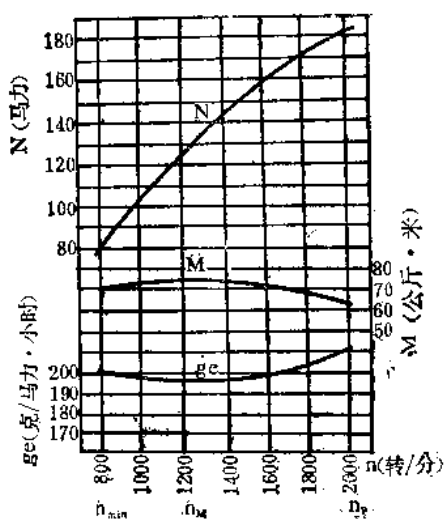


图 1—1b 太脱拉-138汽车发动机外特性曲线

图中  $n_{\min}$  为发动机的最小稳定工作转数，随着发动机转数增加，发动机的功率和扭矩都在增加，最大扭矩  $M_{\max}$  的转数为  $n_M$ 。再增加发动机转数时， $M$  有所下降，但功率继续增加，一直到最大功率  $N_{\max}$ ，此时发动机的转数为规定转数  $n_p$ 。继续增加转数时，由于气缸充气恶化、机械损失加剧等原因，功率下降。所以允许的发动机最高转数，根据实验，汽油发动机的转数不大于最大功率时转数的10—12%。

## (二) 汽车的牵引力

1. 驱动轮的扭矩 发动机曲轴的扭矩  $M$ ，通过传力机构，即离合器、变速器、万向传力机构、主传动器传给驱动轮。由于传动机构降速增扭的作用，使驱动轮的扭矩变为  $M_K$ 。 $M_K$  等于发动机曲轴的扭矩  $M$  与传力系统的传动比和机械效率的乘积：

$$M_K = M i_K i_o \eta \quad (1-2)$$

式中： $M$ ——发动机的扭矩；

$i_K$ ——变速器的传动比，见下表；

$i_o$ ——主传动器的传动比（解放CA-10B汽车为7.63，太脱拉-138汽车为3.39）；

$\eta$ ——传动效率（载重汽车为0.8—0.85，小客车为0.85—0.90）。

变速器的传动比

| 排 档 | 太脱拉-138 | 解放CA-10B | 东风EQ-140 |
|-----|---------|----------|----------|
| 一 档 | 10.35   | 6.24     | 4.25     |
| 二 档 | 5.08    | 3.32     | 2.48     |
| 三 档 | 2.84    | 1.90     | 1.54     |
| 四 档 | 1.63    | 1.00     | 1.00     |
| 五 档 | 1.00    | 0.81     | —        |
| 倒 档 | 8.55    | 6.70     | 3.92     |

2. 汽车的牵引力 驱动轮在扭矩  $M_K$  的作用下，使车轮对路面产生一个圆周力  $F_a$ ，根据力学原理，路面就对车轮产生一个大小相等的道路反作用力  $F_K$ 。当车轮与道路间有足够的附着作用时（不打滑），此项反作用力，即从后轴传到车架上，从而使汽车以某一速度前进。促使汽车前进的力  $F_K$ ，即称为汽车的牵引力，如图1—3。

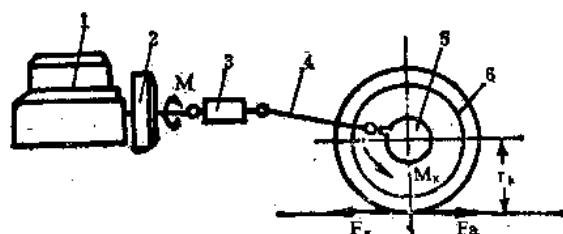


图1—2 汽车的传动简图

1—发动机；2—离合器；3—变速器；4—万向传动器；  
5—主传动器；6—驱动轮

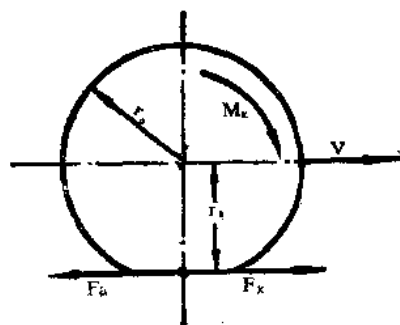


图1—3 驱动轮上的作用力

汽车的牵引力可由下式求得:

$$F_K = \frac{M_K}{r_K} \quad (1-3)$$

将 (1-2) 式代入 (1-3) 式中, 则可得:

$$F_K = \frac{M i_{K i_0} \eta}{r_K} \quad (1-4)$$

式中:  $r_K$ ——承载后驱动轮的半径, 对于坚硬路面, 高压轮胎为  $0.945-0.95r_0$ ; 低压轮胎为  $0.93-0.935r_0$  ( $r_0$  为未变形轮胎半径)。

若汽车驱动轮的转速为  $n_K$  转/分, 而车轮不滑转, 则汽车在牵引力的作用下, 其运行速度  $v$  由下式计算:

$$v = \frac{2\pi r_K n_K}{60} \quad (1-5)$$

驱动轮每分钟的转数  $n_K$ , 可由下式求得:

$$n_K = \frac{n}{i_{K i_0}}$$

将上式代入 (1-5) 式中, 并以公里/小时表示汽车行驶速度, 则可得:

$$V = 0.377 \frac{r_K n}{i_{K i_0}} \quad (1-6)$$

把公式 (1-1)、(1-6) 分别代入 (1-4) 式中, 可得如下关系式:

$$\begin{aligned} F_K &= 716.2 \frac{N \cdot i_{K i_0} \eta}{r_K n} \\ &= 270 \frac{N}{V} \eta \end{aligned} \quad (1-7)$$

由公式 (1-7) 可知, 汽车牵引力与发动机有效功率  $N$  成正比, 而与汽车的行驶速度成反比, 若增加汽车的行驶速度时, 则汽车的牵引力就要降低。

## 二、汽车的行驶阻力

汽车在公路上行驶时, 将会遇到各种阻力。如滚动阻力、升坡阻力、惯性阻力和空气阻力见图1-4。

### (一) 滚动阻力

滚动阻力主要是汽车车轮在路面上滚动而产生的阻力。是由以下因素引起的:

- (1) 汽车行驶时, 由于轮胎断面产生变形, 而消耗一定的机械能量;
- (2) 车轮在路面上滚动, 由于车轮压力作用, 引起路面变形, 而使能量消耗;
- (3) 轮胎在路面上滚动时, 胎面与路面的接触部位不断产生滑移, 由于滑移的摩擦

作用，而形成阻力；

(4) 轮胎在不平整的路面上行驶，引起震动和撞击，使汽车内部机件产生摩擦而引起阻力；

(5) 轮胎对路面的真空吸力。

根据车轮在路面上滚动时的受力分析表明，滚动阻力 $P_f$ 与汽车总重 $G$ 成正比，即

$$P_f = G \cdot f \quad (1-8)$$

式中： $G$ ——汽车总重，以公斤计。若汽车在坡道上行驶， $G$ 应等于车重在垂直路面方向上的分力 $G \cos \alpha$  ( $\alpha$ 为道路坡角)。当 $\alpha$ 角很小时，可近似地认为 $\cos \alpha = 1$ ；

$f$ ——滚动阻力系数。

行车速度对 $f$ 有较大的影响，当车速在 50 公里/小时以下时， $f$ 的变化不大；在 100 公里/小时以上时增加较快；速度为 150—200 公里/小时时迅速增加。 $f$ 与路面的种类、行车速度以及轮胎的构造、材料、气压等因素有关。但在一定类型的轮胎和一定行车速度范围内，滚动阻力系数可看作只是与路面的平整度和刚度有关的常数，如表1—5。

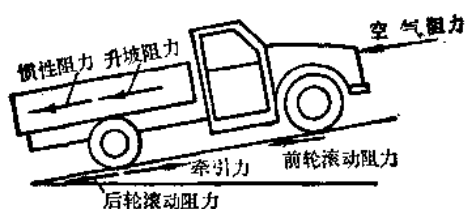


图 1—4 汽车行驶时的阻力

表 1—5 滚动阻力系数( $f$ )

| 路面类型          |     |      |              | f 值        |
|---------------|-----|------|--------------|------------|
| 水泥混凝土及沥青混凝土路面 |     |      |              | 0.01—0.02  |
| 表面平整的黑色路面     |     |      |              | 0.02—0.025 |
| 碎石路面          |     |      |              | 0.02—0.04  |
| 林区碎(砾)        | 运原条 | 干燥平整 | 0.02         |            |
|               |     | 冰雪覆盖 | 0.012*—0.015 |            |
| 石土路面          | 运原木 | 干燥平整 | 0.04         |            |
|               |     | 冰雪覆盖 | 0.016*—0.018 |            |
| 干燥平整土路        |     |      |              | 0.03—0.05  |
| 潮湿不平整土路       |     |      |              | 0.07—0.15  |

\* 带防滑链条时

## (二) 坡道阻力

当汽车上坡行驶时，汽车重力平行于路面的分力，其方向与汽车行驶方向相反，构成了汽车的行驶阻力 $P_i$ ，如图1—5。

$$P_i = G \sin \alpha$$

式中： $G$ ——汽车总重量，以公斤计；

$\alpha$ ——道路的纵坡角。

因道路的纵坡角很小，故可用 $\tan \alpha \approx \sin \alpha$ 来代替，而 $\tan \alpha$ 则是表示公路的纵坡度，即

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{l} = i$$

由此可得:

$$P_i = G \sin \alpha = G i \quad (1-9)$$

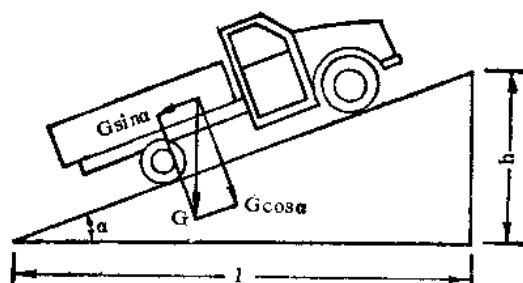


图 1-5 汽车行驶的坡度阻力

由于坡度阻力与滚动阻力均属于与道路有关的阻力, 而又均与车重成正比, 故可把这两种阻力合在一起称为道路阻力。

若用  $P_r$  表示, 则

$$P_r = P_f + P_i = G(f + i)$$

令  $f + i = \phi$ , 得

$$P_r = \phi G \quad (1-10)$$

式中:  $\phi$ ——道路阻力系数。

### (三) 空气阻力

空气阻力是汽车在空气中行驶时, 受到空气质点的阻抗引起的。空气阻力由以下三种力组成:

- (1) 空气对汽车表面的摩擦作用造成的阻力;
- (2) 空气对汽车的正面压力, 即空气阻止汽车前进的压力,

- (3) 在汽车后部, 由于汽车行驶过后空气变得稀薄, 空气对汽车产生吸力。

汽车行驶时受到的全部空气阻力, 如图 1-6。

按照空气动力学原理, 空气阻力  $P_w$  可用下式求得:

$$P_w = C \rho F v^n$$

式中:  $C$ ——流线型系数, 决定于汽车车身形状及表面光滑程度;

$\rho$ ——空气密度 (公斤/米<sup>3</sup>);

$F$ ——汽车的正面投影面积 (米<sup>2</sup>), 可用汽车高度乘轮距宽度近似求得;

$v$ ——汽车与空气的相对速度 (米/秒);

$n$ ——随车速变化的指数, 根据汽车所能达到的速度, 指数  $n = 2$ 。

则

$$P_w = C \rho F v^2$$

设  $C \cdot \rho = K$ , 并以公里/小时表示车速

$$P_w = \frac{K \cdot F \cdot v^2}{13} \quad (1-11)$$

式中:  $K$ ——空气阻力系数。

各种型式汽车的空气阻力系数  $K$  值和汽车正面投影面积  $F$  值, 见下表。



空气阻力系数( $K$ )与正面投影面积( $F$ )

| 汽 车 类 型 | $K$         | $F$ |
|---------|-------------|-----|
| 重型载重汽车  | 0.065—0.075 | 4—5 |
| 中型载重汽车  | 0.055—0.070 | 3—4 |
| 大 型 客 车 | 0.040—0.045 | 4—5 |
| 小 型 客 车 | 0.025—0.030 | 2—3 |

#### (四) 惯性阻力

汽车在做加速、减速运动时,总是出现一种企图保持原来运动状态而形成的一种阻力。当汽车加速时,产生的惯性力作用方向与汽车的行进方向相反,称为加速阻力,取正值;当汽车减速时与前进方向相同,产生的惯性力是负值。

加速阻力由两种因素组成:

(1) 汽车平移质量加速行驶时,产生的惯性力;

(2) 汽车上各种回转质量(如飞轮、离合器、变速器、齿轮、传动轴及车轮等),因加速旋转而产生的惯性力。

这两种质量都是要消耗能量才能实现加速。在计算惯性阻力 $P_i$ 时,因回转质量惯性力与汽车平移质量惯性力成正比。所以,可采用在第一种惯性力上乘以回转质量影响系数 $\delta$ 的方法进行计算。计算公式为:

$$P_i = \pm \delta \frac{G}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \quad (1-12)$$

式中:  $\frac{G}{g}$ ——汽车的质量;

$G$ ——汽车总重量,以公斤计;

$g$ ——重力加速度,为9.81 (米/秒<sup>2</sup>);

$\frac{dv}{dt}$ ——汽车的加速度 (米/秒<sup>2</sup>)。当汽车加速时为正号,减速时为负号,等速时为零;

$\delta$ ——汽车回转质量影响系数,可按下式计算;

$$\delta = 1.0 + \alpha i_K^2$$

$\alpha$ ——系数,按车型而定,载重汽车及大型客车为0.05—0.07,小客车为0.03—0.05;

$i_K$ ——变速箱的变速比。