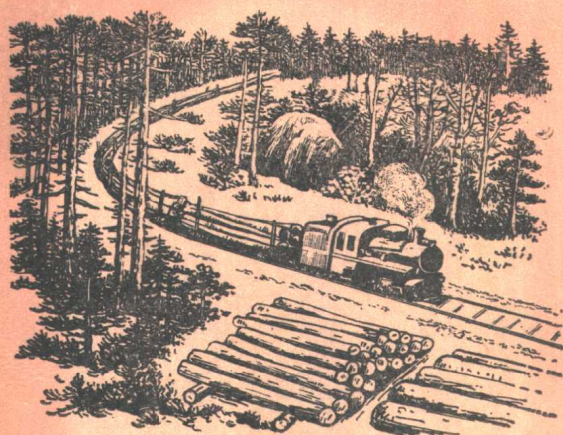


全国高等林业院校试用教材

木材运输学

东北林学院主编



中国林业出版社

全国高等林业院校试用教材

木材运输学

东北林学院 主编

木材采运专业用

中国林业出版社

封面设计：星 池

S782.5

5.5

全国高等林业院校试用教材

木材运输学

东北林学院 主编

中国林业出版社出版（北京西城区刘海胡同7号）

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印

787×1092毫米 16开本 26印张 543千字

1986年6月第1版 1986年6月北京第1次印刷

印数 1—4,000册

统一书号 15046·1163 定价 4.30元

前 言

本书是按照1980年林业部批准、适用于高等林业院校木材采运专业的《木材运输学》教学大纲编写的。在编写过程中吸取了多年来的教学实践经验和科研成果，并在一定程度上总结了我国木材运输学方面的科研新成就，并且根据木材运输的特点和需要引用和参照了一般运输学、国外木材运输学的理论知识。本书第一篇为木材运输学概论。通过对本篇的学习，使学生对木材运输有个概括的了解，明确木材运输的发展方向。第二篇为木材汽车运输，本篇是木材运输学的重点，通过学习，使学生了解木材汽车运输过程，掌握木材汽车运输工艺和管理方面的基本理论和知识。第三篇为森林铁路运输，第四篇为木材水运，通过对该两篇学习使学生了解森铁运材和木材水运的基本理论和基本知识。本书的特点是初步建立了以木材工艺和管理为主的木材运输学学科体系。

本书的讨论稿经东北林学院试用一次。1983年10月由主审人张德义副教授作了初审，并于同年11月提交在株洲召开的林业部木材采运专业教材编审委员会审定。专家们对讨论稿给予了充分的肯定并提出了许多宝贵意见。后经编者认真修改，主审人又一次做了审订，最后定稿。我们在此对参加本书审查的全体编审委员和代表，对本书所引用和参照的书刊、资料、图片的作者以及给与本书帮助的所有同志表示衷心的感谢。

本书虽经几次讨论和修改，但因编者水平所限，加之时间仓促，不妥之处在所难免，敬希读者提出批评和指正。

本书编写分工如下：韩德民副教授任主编人并分工编写了第一篇；第二篇的第四章，第五章中的第二节，第六章，第七章，第十章中的第一节、第二节、第三节、第六节、第七节，以及第十四章。胡继尧讲师编写了第五章中的第一节，第八章，第十一章，第十二章；第三篇。方士杰讲师编写了第九章，第十章的第四节和第五节，第十三章。第四篇全部由杨增全讲师编写。

编 者

目 录

前 言

第一篇 木材运输概论

第一章 木材运输的意义	1
第一节 一般货物运输的意义	1
第二节 木材运输的意义	1
第二章 木材运输的分类和特性	3
第一节 木材运输的分类	3
第二节 木材运输的特性	5
第三章 木材运输的发展趋势	9
第一节 选择木材运输类型的趋向	9
第二节 木材运输工艺的发展趋势	11
第三节 汽车运材设备的发展趋势	14

第二篇 木材汽车运输

第四章 木材运输生产率和成本	17
第一节 木材汽车运输过程	17
第二节 影响木材汽车运输的各种因素	18
第三节 运材车辆的生产率和成本	34
第五章 原条捆和工艺木片的运输特性	48
第一节 原条捆的运输特性	48
第二节 工艺木片的简要运输特性	59
第六章 运材汽车列车行驶理论	62
第一节 汽车的牵引力和行驶阻力	62
第二节 汽车与汽车列车的牵引平衡和动力特性	72
第三节 汽车车轮与路面间的附着力	75
第四节 汽车或汽车列车在道路上的变速行驶	79
第五节 汽车或汽车列车的制动	82
第七章 运材汽车列车及其连接	84

第一节	我国汽车列车运材的发展和运材挂车的应用	84
第二节	采用运材汽车列车的优越性	85
第三节	运材汽车列车的匹配方案	86
第四节	运材汽车	88
第五节	运材汽车挂车	112
第六节	汽车和挂车的连接	120
第八章	木材运输对汽车和汽车列车的要求	134
第一节	对发动机和传动系的要求	134
第二节	对制动系的要求	144
第三节	对悬架、操纵稳定性和承载装置的基本要求	153
第九章	运材汽车对道路的要求	159
第一节	单、双车道的选择	159
第二节	最佳坡度的选择	161
第三节	坡度和平曲线对汽车列车运行速度和燃料的影响	166
第四节	道路的通过能力和交通密度	172
第十章	木材汽车运输的生产管理	175
第一节	运材汽车列车的平均技术速度和行程时间	175
第二节	汽车的合理拖载量	179
第三节	运材汽车列车主要参数的选择	187
第四节	运材汽车列车的自装自卸	191
第五节	载运挂车回空	196
第六节	汽车和挂车承载梁间合理距离	199
第七节	运材汽车或汽车列车的行驶安全	200
第十一章	木材汽车运输的组织管理	204
第一节	木材汽车运输计划	204
第二节	行车调度和管理	205
第三节	木材运输的通讯设备	212
第十二章	木材汽车运输的技术管理	213
第一节	木材汽车运输技术管理的基本任务和主要工作	213
第二节	运材汽车的更替	213
第三节	运材车辆的保养	216
第四节	运材车辆在不同林区条件下的使用	217
第五节	运材汽车的公害及防治	225
第十三章	运行材料的管理	229

第一节 燃料和润滑油	229
第二节 汽车的燃料经济性	235
第三节 燃油的管理	241
第四节 轮胎的规格和结构	243
第五节 运材汽车列车轮胎损坏和早期磨损的原因	249
第六节 提高轮胎行驶里程的方法	253
 第十四章 林区公路的养护与管理	257
第一节 林区公路养护与管理的理论基础	257
第二节 道路的破坏与变形	259
第三节 路基的维修	261
第四节 路面的维修	262
第五节 道路维修的种类	266
第六节 冬季冻板道、冰渡道及其养护	267
第七节 道路绿化及其养护	275
 第三篇 森林铁路运输	
 第十五章 森林铁路的机车车辆	279
第一节 森铁机车	279
第二节 森林铁路车辆	281
第三节 机车、车辆走行部分的构造特点	283
 第十六章 森林铁路的轨道构造	285
第一节 轨道的组成	285
第二节 轨道的构造	298
第三节 线路的连接与交叉	305
第四节 路基	308
 第十七章 森林铁路的线路和设备	312
第一节 线路的平面与纵断面	312
第二节 车站的分布与车站的规划	317
 第十八章 森林铁路的运输管理	322
第一节 运输管理的意义和任务	322
第二节 牵引计算	323
第三节 机车车辆的运用	331
第四节 森铁运输计划	334
第五节 列车运行图	335
第六节 运输调度工作	340
第七节 车站技术作业和信号通讯设备	341

第八节 森铁运输能力	344
------------------	-----

第四篇 木材水运

第十九章 木材水运的内容及其意义	347
第一节 我国河系分布概述	347
第二节 木材水运及其特点	348
第三节 木材水运方式及我国木材水运概况	349
第二十章 中小河川及河川上游木材流送	351
第一节 中小河川木材流送工艺过程	351
第二节 归楞作业	351
第三节 推河作业	354
第四节 单漂(赶羊)流送作业	355
第五节 流送河川的木材流送能力	356
第六节 阔叶树木材流送	357
第七节 小排流送	358
第八节 流送河道治理	360
第二十一章 木材流送水工设施	371
第一节 流送水闸	371
第二节 坝	377
第三节 木材阻拦设施	380
第二十二章 大河木材水运	398
第一节 排运	398
第二节 船运	401
第二十三章 流域综合利用及木材过坝	403
第一节 木材水运与农田灌溉的关系	403
第二节 木材过坝	404
主要参考书刊	407

第一篇 木材运输概论

第一章 木材运输的意义

第一节 一般货物运输的意义

货物运输就是货物在空间随着时间的变化而有所移动。运输业不对原料进行加工，也不创造新产品。在运输业中，生产过程和它的产品在时间上和空间上是相重合的。但运输从古至今是社会赖以生存和发展的必要活动之一。企业内部在其生产过程中，原料、材料、半成品、设备、燃料等的移动是必须进行的，此外为使产品不断地得到消费，必须把产品运输到商品市场。可见，没有运输，就不能完成产品的生产过程，社会也不能完成消费过程，再生产便不能维持，于是社会便陷于瘫痪状态。社会上的货物运输既是国民经济重要组成部分，又是生产与消费的联结纽带。

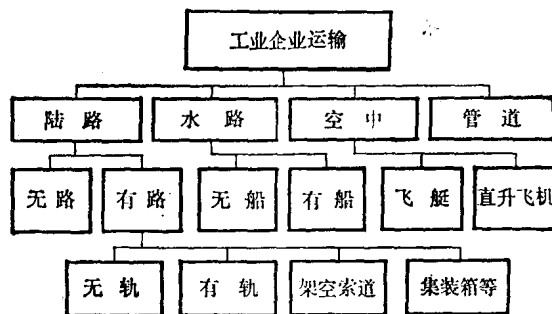


图1-1 工业企业运输基本类型的分类

货物运输分为社会上的公用运输和工业企业运输等。工业企业运输的基本类型可分类如下（参见图1-1）。而木材运输为林业企业内部运输，是木材生产过程中的一个环节，属于工业企业运输范畴。

第二节 木材运输的意义

木材运输就广义而言是从树木伐倒后到需材单位的全部运输作业。它包括从立木伐倒地点运到与运材道相衔接的装车场或运到与河道相衔接的河边楞场，这是第一段运输，称为集材；再从装车场陆运或再从河边楞场水运到贮木场，这是第二段运输，称为运材；从贮木场运往全国各需材单位，这是第三段运输，称为社会上的木材运输。前两段运输为集材和运材属于林业企业内部运输，而第三段运输为林业企业外部的社会运输。当需材单位（木材加工厂等）设在林区附近，平均运距不远，仅由前两段运输即可将原木直接运抵需材单位，此时无需设置贮木场，这种木材运输形式为北美、北欧等许多国家广为采用。如需材单位分布在距林区相当远的城镇中，则需要采取上述的第三段运输，即

木材经过企业内部的前两段运输后,进入贮木场,然后以铁路,公路等运输方法将木材运到需材单位,这是我国、苏联等国家所采用的运输方式。综上所述,并考虑到水陆运的重复过程,木材运输的定义是:在伐区将集材到装车场,集材或集运材到河边楞场(包括无楞场的串坡材直接下河,推河楞场、编排场)的木材(原木、原条等),通过陆路或水陆联运的形式运送到贮木场或需材单位的作业。

由上述可知,我国林业企业的木材运输是处于木材生产工艺过程的中间阶段,而北美等国家的木材运输往往是处于最后阶段。

木材运输在木材采运生产工艺过程中,不论其处于生产的中间阶段,或处于生产的最后阶段,它始终是起着联结森林采伐和贮木场、森林采伐和需材单位之间的生产纽带作用。

林业企业内部的客货运输是营林活动,木材综合利用和基本建设不可缺少的生产环节,又是联系林业局和林场之间在行政管理、文教卫生、居民生活等活动的重要渠道。

此外,木材运输在林业企业中的重要意义还表现在企业的总投资和运输成本上,仅修筑道路和购置车辆费用就占总投资的30—50%,而投产后的木材运输成本往往占总生产成本的30—50%。因此,林业企业在投产之前科学地进行运材方式和运输类型的选择,道路网的布设,运输机械设备的选配,道路的合理设计,流送河道的整治,以及投产后合理地进行运输管理,其中包括装、运、卸三工序的衔接和其它林业客货运输,这不仅对充分发挥国家基本建设投资效能,满足经常性营运管理和降低运输成本起着重要作用,而且能促进林业企业各项工作的开展。

第二章 木材运输的分类和特性

第一节 木材运输的分类

由于森林分布的自然条件和技术,经济条件在全国各林区相差很大,想用一种通用的运材方式和运输类型来解决所有的木材运输问题是不可能的,所以就必须根据具体条件选择适宜的运材方式和运输类型。

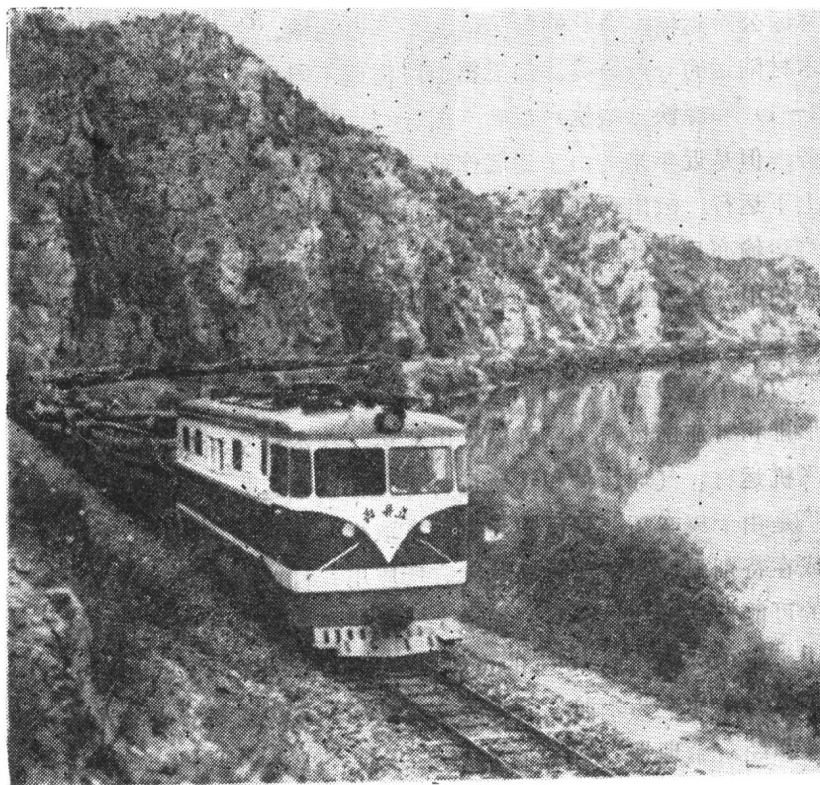
国内外木材运输类型基本上分为陆运、水运、空运和管运(即管道运输)等四种。

在木材陆运中,按自然条件的地形分类有山地运输、平原运输;按年使用时间分类有季节性运输、常年运输;按木材运输方式分类有原木运输、原条运输、伐倒木运输、工艺木片运输和枝桠运输等。每一种运输类型一般都由道路、牵引机械和车辆三部分组成,所以还可以按每部分来分类。按牵引机械分类,有汽车运输、火车运输、拖拉机运输;按车辆分类,有单车运输、列车运输、畜力车运输,板车运输等;按道路分类,有林区公路运输,森林铁路运输、平车道运输、索道运输、缆曳铁路运输,冰雪道运输等。木材陆运的一般分类法是根据道路构造不同划分的。我国木材陆运以林区公路运输(图2—1)和森铁(窄轨)运输(图2—2)为主要运输类型,二者担负着木材陆运全程的任务,但是近年来,由于伐区作业进入森林纵深部位,自然地表面坡度较陡,森铁车辆难以上下运行,故出现利用汽车、拖拉机进行短途接运的联合运输办法。索道运输和缆曳铁路运输亦只担任陡坡的短途接运。平车道运输可担负全程或短途运输,目前仅在南方尚有使用。冰雪道运输近年来亦很少见,但是北方林区的冬季,广泛地利用冻板道。在木材水运(图2—3)中,根据水运河道的条件,分为小河流送和大河水运等,小河流送一般为赶羊流送或小排流送,大河水运一般为排运和船运。此外在湖泊和海洋中则采用袋形排和雪茄排运输,也可以采用船运。在木材空运中,根据空运工具不同,可分为直升飞机运材、气球运材和飞艇运材等。在空中运材中,直升飞机运材在技术上是可能的,但是由于成本高,到目前为止没有取得大量的应用。美国、加拿大等国家在无法修建道路或在特别强调环境保护等林区有所应用。目前国外在一些地区研究利用气球和飞艇运材的可能性。美国、苏联、加拿大、挪威等国家在集材方面已经取得了成功经验。计算表明,应用装载质量100t的飞艇运材,其生产率是相当可观的。木材管运是将20%以内的工艺木片变为水泥,其余为水在管中运输。苏联、加拿大等国家正在研究其技术可能性和经济合理性。

图 2-1 林区公路运输



图 2-2 森林铁路运输



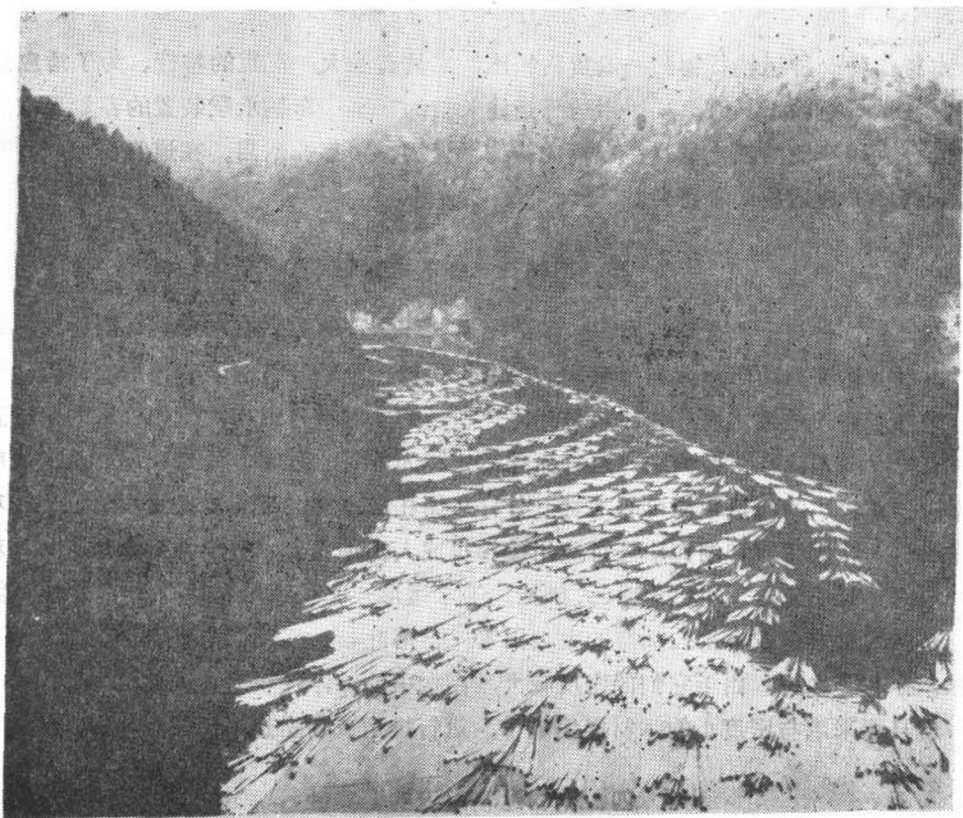


图 2—3 木材水运

第二节 木材运输的特性

木材运输的特性简述如下：

一、木材运输规模大、运距比较远

木材运输与一般工业企业运输相比，它具有运输规模大、运输距离远的特性。如在北方林区，一个年产 30 万 m^3 的陆运林业局，每年运材量和货运量最少达 30 万 t。如果平均运距以 50km 计算，年周转量约达 1500 万 $\text{t}\cdot\text{km}$ 。在南方林区一个年运材量为 30 万 m^3 的水运局，如果以平均运距为 200km 计算，其周转量约等于 5400 万 $\text{t}\cdot\text{km}$ 。为了完成上述庞大的运输工作量，林业企业根据条件或者修筑林业专用公路、或者修筑森林铁路、或者疏通水运河道，设立水运工程设施，以适应这一特性。

二、木材的长大、沉重性

木材作为一种运输货物与一般货物相比,它具有长大,沉重的特性。为了适应这种特性;在选择运输工具时,要采用适于运输长货的车辆;车辆承载装置的容量要适当,使其充分利用车辆的额定载量;车辆的结构要坚固、可靠和耐用。在道路设计时,其参数的选择,亦应适应此种特性。

三、木材在水中的漂浮性

木材和竹材与一般货物不同,大多数的木材和全部的竹材在水中具有漂浮性,因此可不用水上运输工具而直接利用流水动力进行运输。一般经过清理和整治的河道,均可进行这种运输。运输之前,先将集材到河边楞场的木材推入河中,或串坡来的木材直接进入河中,随水流向下游流送,这种流送形式称为木材“赶羊”流送或散漂流送,或单漂流送。在较小的河道中尚可将木材(竹材)编扎成小排,用人工操纵顺流放运,称为小排流送。在大江河和湖海中还可应用编排机或人工编成大木排,并用拖轮拖运,称为木排拖运。赶羊流送、小排流送、大排拖运等水运形式都是利用木材在水中的漂浮性能,这也是使木材水运成本比较低廉的主要因素。但落叶松、胡桃楸、桦木、榆木、水曲柳、色木、柞木等木材,由于它们的密度较大,在水中的漂浮性较差,因此,如果需要水运时,就只能采取与密度小的木材混编成排,进行排运或装船运输。

四、木材运输货流的汇集性

世界森林面积为 28 亿公顷,每公顷平均蓄积量为 110m^3 。根据 1973—1976 年《全国森林资源统计》材料,中国森林面积 1.2186 亿公顷,平均蓄积量为 79m^3 。从以上所引用的资料可以看出,无论中国还是世界,从绝对数量来看森林面积都相当广阔,但是单位面积上的蓄积量是很有限的,这种情况说明林木生长是相当分散的。为了有效地收获这些木材,必须在广阔的林地上将分散的木材逐步汇集到一个点上来,这种特性称为货流的汇集性。而货流的汇集性最适宜采用网络式的运输道路,这种运输道路在林业企业称为林区道路运输网,简称林道网(图2—4)。林道网是由干

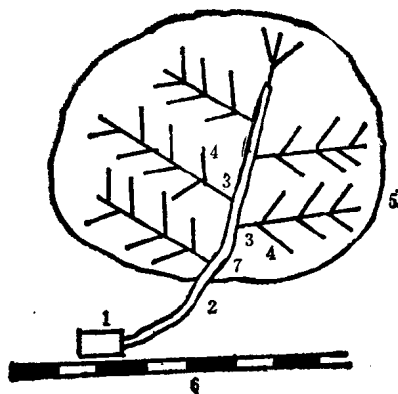


图 2—4 林区道路运输网

1. 贮木场 2. 干线 3. 支线 4. 岔线 5. 境界线 6. 国铁专用线 7. 干线与第一条支线的衔接点

◆, 取自主要参考书刊“12”。

线、支线和岔线组成。干线在路网总长度中所占比例最小，约为5—15%，但是每年通过的运量最大，而且越靠近贮木场，干支线衔接点的运量越大，干线与第一条支线的衔接点至贮木场一线（即图2—4中的7—1段）运量最大，它等于企业的年运材量与年货运量的总和。车辆的每一周转在干线上的运行路程是最长的，占60—80%，因此干线道路的修建标准都比较高，以期达到车辆运行阻力小、速度高、消耗低、效率高的目的。岔线的总长度在林道网中所占的比例最大，约占55—80%。但是车辆的每一周转在岔线上的运行路程最短，仅占2—10%。支线是连接干线和岔线的道路，同时也具有吸引木材的机能，支线约占路网总长度的15—50%，车辆每一周转在支线上的运行路程占15—35%，其通过的运量在干、岔线之间，道路的修建标准亦介于干、岔线之间。

五、运材岔线的临时性

在林道网中，由于岔线的吸引范围小，运输木材的数量有限，少者几百 m^3 ，多达上千 m^3 ，在短时间内即可运出。可是林木生长的时间却很长，短者几十年，长者百余年甚至数百年。无论采用什么样的采伐方式再回来采伐和运输，均需相隔很长的时间，少则十几年，多达几十年。因此，以运材为目的的岔线，一般都修建临时性的廉价道路。例如在中国北方林区，冬季修筑的冻板道（在秋末整修路形，经冬季冻结而形成）、夏季修筑的枝桠道（以枝桠为垫层，以较厚的天然砾石土，天然碎石土为底层和面层），在南方修筑工程简易的便道等。但是也有修筑较昂贵的、可拆转的道路，如苏联修建的木板式轨道，特别是钢筋混凝土板式轨道。当木材运出后，即将钢筋混凝土板式轨道转移到新伐区去，这种道路能多次拆转使用，而车辆行驶时，阻力小、速度高。它与临时性廉价道路相比，在结构上、形式上迥然不同，但均属临时性道路，虽然在造价上二者相差悬殊，但折合到每 m^3 木材生产费用上，与临时性廉价道路相差无几，因此实质上亦属廉价道路。为了集约经营森林，仍需修建一定数量的常年岔线，一般占运材岔线总数的 $1/3—1/5$ 即可。近年来，为了进一步贯彻执行以“营林为基础”的林业方针，加强营造林，森林保护等工作。为此适当地增加了林道网密度，与此同时在采伐结束后将留下一部分岔线道路做为营林、造林用（留下的道路通过养护成为永久性道路），而另一些道路恢复成造林地。

六、木材运输货流的单向性

木材运输货流是由伐区向贮木厂单方向流动，这些木材流动的数量相当多，而反向货流仅为企业的生产，生活物资和居民生活用品等，数量有限，因此两个方向的货流相差悬殊，故称为木材货流的单方向性或不均衡性。这个特性在我国东北、西南等林区十分明显。在南方林区，如湖南、江西、福建等，由于林权属于集体所有、农林交叉，反向货流较多，即使这样仍然存在着空、重两个方向货流的不均衡性。为了弥补空载行程的损失，木材运输工作者总结了不少经验，例如设计林道坡度时，在重载方向上遵循：“道

路上坡宜缓、下大坡宜短、下缓坡宜长”等，借以提高车辆重载行程的载量和保持适宜车速；营运期间，在汽车列车的空载行程中，尽量实行“载运挂车回空”（即将挂车装到汽车上返回贮木场，参见图2—5），以节省运行材料的消耗，降低运材成本。在农林交叉的林区尽量利用空载行程，积极组织货源，并利用既能装货物又能装木材的两用车辆，尽量做到有载回空，增加实载率（ $t \cdot km$ 利用系数）。



图2—5 载运挂车回空

七、木材运输重载方向的下坡性

由于我国森林经过历代人生产、生活的消耗，现在仅分布于海拔较高的边远山区，因此木材的流向是从山区向平原流动，这是广义的木材运输重载方向的下坡性。再从林业企业内部运输来看也是一样的，伐区的装车点海拔较高，而贮木场（衔接点）的海拔较低，因而形成道路重载方向的下坡性。我国北方林区为丘陵地区，绝大多数林道均具有此特性，而且下坡较缓，因此车辆在车重分力的作用下，往往比一般道路载运更重一些的货物；我国南方林区这种下坡比较陡峻，对车辆运行来说，多数趋于有害的程度，故车辆总质量均需严加控制。因此汽车运材一般采取单车，条件适宜者才能采用汽车列车。

八、运材道路的递增性

为保证在开发期间内具有最短的运距和较少的道路投资，所以采用由近及远、采伐衔接点逐渐上移的森林开发方案，因此道路的修建必然也是逐年延伸的。这种特性称为运材道路的递增性。运材道路的递增性，对林道网和林道的修建具有重要意义。

第三章 木材运输的发展趋势

综括国内外在木材运输方式、运输类型、运输设备和木材运输管理等诸方面的发展趋势，都是以节能、省时、高效率、低成本、并有利于森林更新和人民生产生活的形式出现的。现将其一些主要问题概述如下：

第一节 选择木材运输类型的趋向

国内外木材运输类型共有四种，陆运、水运、空运和管运。陆运、水运是我国广泛采用的木材运输类型，二者的比例约为4:1，北方林区的木材运输几乎全部为陆运，在南方由于水力资源比较丰富，木材水运仍占重要地位，水运占47%、陆运占53%。空运处于试验阶段。木材管道运输尚未着手开发。

一、选择木材运输类型的趋向

在选择运输类型时，应根据各林区的社会、经济、自然条件，做好调查规划，通过技术经济比较，选择技术上可能，经济上合理的木材运输类型。运输类型选定后，经过若干年，当社会、经济、技术自然条件发生变化时，木材运输类型亦应随之而变化，这是符合技术发展的历史规律的。自从世界各国森林采运企业形成以来，木材运输在开始阶段，一般都利用人力、畜力、下坡重力及其他简单的运输工具，并利用水运等方式。其后由于社会、经济的发展、技术的进步，木材运输由原来的简单运输逐渐变成森林铁路运输，以及继续利用木材水运。再后，现代的木材运输由于汽车工业的迅速发展，已变为以汽车运输为主的，以水运和森铁运输为辅的运输类型。从我国北方林区，特别是东北、内蒙古林区来看，从建国初期一直到60年代中期，还是水陆并举的木材运输类型，随着社会经济技术条件的发展，社会上陆路交通逐步发达，水运逐渐为陆运所代替，目前几乎全部是木材陆运。木材陆运与木材水运比较，固然有其优越性的一面，例如机械化程度高，受自然环境制约小、机动、灵活、效率高、损失小，能双向运输，并有利于营林工作的开展以及方便林区人民的生产和生活等，但是在南方某些偏僻山区，由于自然条件的特点，即雨量充沛，河流密布，水力资源极为丰富，陆路交通十分不便，此时采用木材水运类型，必然以其基本建设投资少，占用机械设备少和节约能源，方便易行等水运独特的优点，而使运输成本相当低廉。此时，选择木材水运类型无疑是正确的。同时亦应看到南方地区地域辽阔，自然条件相当复杂，陆路交通比较发达或者应用木材