

交通运输方式概述

交通运输是人类社会生产活动和生活活动不可缺少的方面，随着社会经济的发展，人们对交通运输的需求迅速增长，从而形成了现代交通运输业。交通运输业是国民经济的重要组成部分，它在整个社会机制中起着纽带作用，是国民经济结构中的先行和基础产业，它既是衔接生产和消费的一个重要环节，又是保证人们在政治、经济、文化、军事等方面联系交往的沟通手段。

现代交通运输业主要包括铁路、公路、水路、航空和管道五种基本的运输方式，由于这五种运输方式在运载工具、线路设备和运营方式等方面各不相同，并且各有不同的技术经济特征，因而也各有其适用的范围。但这五种运输方式之间的关系必然是相互补充、相互协作的。因此，只有各种运输方式协调发展，充分发挥各自的优势，扬长避短，才能最大限度地节省交通建设投资和运输费用，为各种运输方式的加速发展、不断更新技术和提高服务质量提供条件。

1.1 铁路运输

1.1.1 铁路线路

铁路运输是指一种陆上运输方式，以两条平行的铁轨引导。铁路运输是已知陆上交通運輸中最有效的一种。铁路既是社会经济发展的重要载体，同时又为社会经济发展创造了前提条件。铁路线路承受机车和车辆的重量，并且引导它们的走行方向，是列车运行的基础。它由路基、桥隧建筑物（包括桥梁、涵洞、隧道等）和轨道（包括钢轨、轨枕、联结零件、道床、防爬设备和道岔等）组成。铺筑铁路，首先依据列车运行要求，结合地形和地质条件，进行线路平面、纵断面和横断面的布局和几何设计，并提供坚固而稳定的路基、桥涵和轨道等结构物。

目前，我国铁路运输网已经相当完善，截至 2018 年年底，全国铁路营业里程超过 13.1 万 km，其中高速铁路营业里程已达 2.9 万 km 以上，居世界第一位。与其他各种现代化运输方式相比较，铁路运输具有运能大、速度快的特点。每一列车运载旅客和货物的能力远比汽

车和飞机大得多，我国常规铁路的旅客列车运行速度一般为 80 km/h 左右，快速旅客列车目前可达 120~160 km/h。此外，铁路运输成本低、受气候条件限制较小，一般可全天候运营并做到安全正点。

1.1.1.1 铁路等级和主要技术标准

铁路等级是铁路线路最重要的技术标准之一，它是确定各级铁路的运输能力、制定相应的技术标准和装备类型的依据。铁路等级高，要求设计标准高，输送能力大、运营质量好、安全舒适性强。划分铁路等级，在于体现国家对各级铁路的运营质量和运行安全等不同要求，有区别地规划不同铁路的运输能力，经济合理地制定相应的技术标准和设备类型，使国家资金得到合理的利用。

2000 年以前，我国铁路除广深准高速铁路外，其余的铁路大多为客货列车共线运行铁路，我国《铁路线路设计规范》中规定，新建铁路和改建铁路（或区段）的等级，应根据它们在铁路网中的作用、性质和远期的客货运量确定。中国铁路建设标准共划分为三个等级，即 I 级、II 级、III 级。具体划分条件见表 1-1。

铁路主要技术标准包括：正线数目、限制坡度、最小曲线半径、牵引种类、机车类型、机车交路、车站分布、到发线有效长度和闭塞类型等

表 1-1 铁路等级和主要技术标准

等级	路网中作用	远期年客货运量 Q/Mt	最高设计行车速度/(km/h)	最小曲线半径/m		限制坡度/ ‰		
				一般地段	困难地段	牵引种类	电力	内燃
I	骨干	$Q \geq 20$	160	2 000	1 600	一般地段	6.0	6.0
			120	1 200	800			
			80	500	450	困难地段	15.0	12.0
II	骨干联络、辅助	$10 \leq Q < 20$	120	1 000	800	一般地段	6.0	6.0
			80	450	400	困难地段	20.0	15.0
III	地区性	$Q < 10$	100	600	550	一般地段	9.0	8.0
			80	400	—	困难地段	25.0	18.0

注：1. 远期——指交付运营后第 10 年；

2. 年客货运量为重车方向的货运量与客车对数折算的货运量之和。每天 1 对客车按 1.0 Mt 货运量折算。

随着我国旅客运输专线和高速铁路的规划与建设，我国铁路的运输性质也从单一的客货列车共线模式发展为客货列车共线运行和旅客运输专线多种模式。目前，我国铁路根据运输性质的不同，将铁路分为旅客运输专线铁路、客货共线铁路和货运专线铁路三类，根据其在铁路网中的作用、性质、旅客列车设计行车速度和近期客货运量划分为七级，并为每一级铁路规定了旅客列车最高设计行车速度和货物列车最高设计行车速度。

1.1.1.2 线路平面和纵断面

铁路线路在空间的位置用线路中心线表示，线路中心线是指距外轨二分之一轨距的铅垂线与路肩水平线的交点的纵向连线。

线路中心线在水平面上的投影，叫作线路平面，它表明线路的直、曲变化状态。直线和

曲线是线路平面的组成要素，曲线采用的是圆曲线，在直线和圆曲线之间还要插入一段缓和曲线。

列车以一定的速度在圆曲线上行驶时，车辆会受到离心力的作用。离心力的大小同列车速度的平方成正比，同圆曲线的半径成反比。由于离心力的作用，会使列车外侧车轮轮缘压紧外侧钢轨，从而加速了钢轨和车轮的磨损；另外，列车在圆曲线上运行时，内侧车轮行走的距离短，而外侧车轮行走的距离长，故车轮会产生纵向滑动，这些滑动会使车轮同钢轨之间的黏着系数下降，使牵引力下降。因此，列车在圆曲线上运行时，必须进行限速。

列车在圆曲线上运行时，受到离心力的作用，而在直线上运行时，不受离心力的作用。为保证列车平稳运行，铁路线上的直线和圆曲线不能够直接相连，在它们之间需要插入一段缓和曲线。缓和曲线的作用主要是在缓和曲线范围内，其半径由无限大逐渐变化到等于它所衔接的圆曲线半径（或相反），从而使列车所受到的离心力逐渐增加或者逐渐消失，减缓外侧车轮对外侧钢轨的冲击力，使列车运行平稳，保证列车运行安全。

1.1.1.3 线路纵断面

线路中心线纵向展直后在铅垂面上的投影，称为线路纵断面，它表明线路的起伏变化情况。

为适应地形以减少工程量，铁路线路可在纵向设置上坡或下坡。列车在坡道上行驶时，会受到由坡道引起的附加阻力。坡道越大，它所引起的附加阻力越大，这将影响机车所能牵引的列车重量，直接影响线路的运输能力。

平道与坡道、坡道与坡道之间的交点称为变坡点。列车驶经各个变坡点时，会产生竖向的附加力和加速度。为了保证列车运行平稳和安全，我国规定，在Ⅰ、Ⅱ级线路上，相邻坡段的坡度代数差大于3‰，Ⅲ级线路上相邻坡段的坡度代数差大于4‰时，应以竖曲线连接。

1.1.1.4 铁路线路的构造

在没有桥梁和隧道的地方，铁路线路的横断面如图1-1所示。图1-1（a）的路基是在天然地面上填土筑成的，称为路堤，图1-1（b）的路基是开挖土石方构成的，称为路堑。

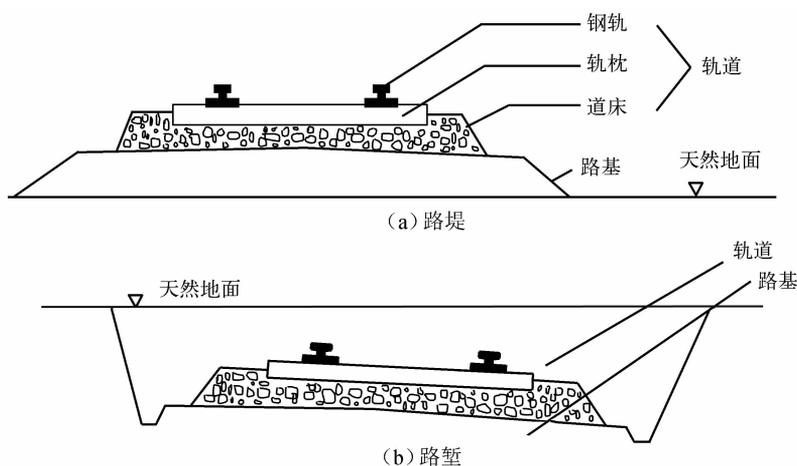


图1-1 铁路线路横断面示意图

在路基、桥隧建筑物修成之后，就可以在上面铺设轨道。轨道由钢轨、轨枕、联结零

件、道床、防爬设备和道岔等主要部件组成。

我国钢轨的类型或强度用每米长度的质量（千克数）表示，现行的标准钢轨类型有：75 kg/m，60 kg/m，50 kg/m 等。为了提高线路的通过能力，我国铁路正在逐步淘汰小重量钢轨，主要线路一般为铺设 60 kg/m 的重型钢轨的无缝线路，重载路一般为铺设 75 kg/m 重型钢轨的无缝线路。一般线路上铺设的标准钢轨长度为 12.5 m 或 25 m。钢轨连续铺设时，相邻钢轨之间留有缝隙，以便适应温度变化时产生的胀缩。为了减少列车对钢轨接头的冲击振动，增加列车运行的平稳性，减少维修，各国正在迅速推广无缝线路。无缝线路是把若干根标准长度的钢轨经焊接成为 1 000~2 000 m 甚至更长的长钢轨，再进行铺设的铁路线路。为了克服长钢轨因温度变化而产生的变形问题，在长钢轨的两端，用钢轨联结零件和防爬设备加以强制性固定，其他部分也是用强度大的中间联结零件和防爬设备使之紧扣于轨枕之上，因此，温度发生变化时，钢轨不能自由伸缩，只能在钢轨内部产生应力。

图 1-2 为铁路线路的平面图，钢轨是用联结零件（扣件）固定在轨枕（木枕或钢筋混凝土枕）上的。两根钢轨头部内侧与轨道中心线相垂直的距离称为轨距。我国线路轨距为 1 435 mm，这也是国际上绝大多数国家通用的轨距，故称为标准轨距。

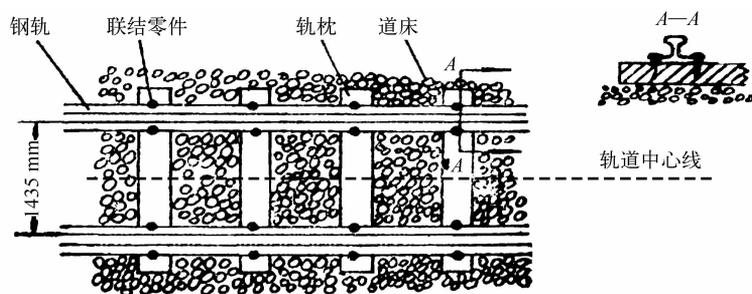


图 1-2 铁路线路平面图

道床是铺设在路基面上的石砟（道砟）垫层，主要材料是碎石，它的主要作用是支撑轨枕，把轨枕上部的巨大压力均匀地传递给路基面，并固定轨枕的位置，阻止轨枕纵向或横向移动，大大减少路基变形的同时还缓和了机车车辆轮对对钢轨的冲击，便于排水。

桥梁、涵洞和隧道都是为了列车通过自然障碍（河流、山岭）而修建的建筑物。

1.1.2 机车与车辆

1.1.2.1 铁路机车

机车是铁路运输的基本动力。从原动力来看，机车可分为蒸汽机车、内燃机车和电力机车；从机车在运输中的用途来看，机车可分为旅客运输机车、货运机车和调车机车。

蒸汽机车是利用燃煤或燃油的蒸汽机所产生的蒸汽，推动汽缸内的活塞，通过摇杆和连杆装置驱动车轮运行的机车。它由产生蒸汽的锅炉、将蒸汽热能转换为机械能的汽机、承受汽机和锅炉等部件重量的走行架、提供能源的煤水车、车钩缓冲装置、制动装置等组成。蒸汽机车结构简单，制造和维修方便，但它的热效率低（只有 8% 左右），需要大量的给水、上煤设备，因此，蒸汽机车已逐渐被淘汰。

内燃机车的原动力来自柴油机，通过传动装置将能量进行转换，传递至走行部分。根据

传动装置的不同,可分为电传动、液力传动两种类型的内燃机车。电传动内燃机车(如东风型)是由柴油机驱动主发电机发电,向牵引电动机供电,使其旋转,再通过齿轮传动,驱动机车车轮对旋转。液力传动内燃机车(如东方红型)在柴油机和机车走行部分之间采用液力变扭(矩)器,改变了柴油机的外特性,以适合机车运行的要求。内燃机车的热效率高,可达到30%左右,内燃机车的整備时间短,持续工作的时间长,适用于长交路,用水量少,适用于缺水地区。初期投资比电力机车少。

电力机车本身没有原动力,它依靠外部牵引供电系统供应电力,并通过机车上的牵引电机驱动机车运行。采用电力机车牵引的铁道称为电气化铁道,发电厂发出的电流经升压变压器提高电压后,由高压输电线送到铁路沿线的牵引变电所,在牵引变电所将高压的三相交流电转换成所要求的电压或电流,再传送到临近区间的接触网上供电力机车使用。电力机车利用其顶部升起的受电弓从接触网上取得电能,使电动机带动轮对运转。我国目前使用的干线电力机车主要是国产韶山型系列交一直流电力机车。电力机车的热效率比内燃机车和蒸汽机车高,当由火力发电厂供给电能时,热效率达35%左右;当由水电站供给电能时,热效率可高达60%以上。同时,由于电力机车牵引能力大,节省能源,运营成本低,行驶质量高,环境污染小,成为铁路主要的发展方向。

1.1.2.2 铁路车辆

铁路车辆分为货车和客车两大类。

货车的种类比较多,为了适应不同货物在运送中的各种要求,货车主要有棚车、敞车、平车、罐车、保温车(包括机械保温车)等。还有一些专门用途的车辆,如家畜车及为扩大货物运输需要而制成的凹形平板车或落下孔车等。虽然各种车辆外形、用途相差很大,但它们的基本构造都是相似的,都是由装载货物的车体、引导车辆运行的走行部、实现车辆间连挂的车钩缓冲装置、使机车车辆减速的制动装置和车辆内部设施5个基本部分组成的。

1. 棚车

棚车车体由地板、侧墙、端墙、车顶、门和窗组成,主要用来运送粮食、日用品及仪器等比较贵重的和怕晒、怕湿的货物。棚车大多都是通用型的。

2. 敞车

敞车车体由端墙、侧墙及地板组成,主要用来运送煤炭、矿石、钢材等不怕湿的货物。若在所装运的货物上加盖防水篷布,也可代替棚车装运怕湿货物。因此,敞车具有很大的通用性,在货车中数量最多。

3. 平车

大部分平车车体只有底架式,仅在底架上装有低矮并可放倒的活动侧板和端板。平车主要用于运送钢材、木材、汽车、机器等体积或质量较大的货物,也可借助集装箱装运其他货物。

4. 罐车

罐车的车体呈罐状,主要用来运送各种液体、液化气体和粉末状货物(如水泥)等。一般在罐车的顶部或气包设有呼吸式安全阀,外界温度变化使罐车内部压力超过一定值时,安全阀能够自动打开,将罐内气体放出;罐内压力低于一定数值时,通过安全阀向罐内补气,以减小液体对罐体的冲击作用。罐车按用途可分为轻油类罐车、黏油类罐车、酸碱类罐车、液化气体类罐车和粉状物罐车。

5. 保温车

保温车的车体和棚车相似，但车体外表涂成银灰色，以利于阳光的反射。车体墙板内装有隔热材料，车内设有制冷、加热、测温和通风装置。保温车主要用于运送鱼、肉、水果、蔬菜等新鲜易腐货物。

铁路客车是指专门用来运送旅客、为旅客服务的车辆，以及挂运在旅客列车中的其他用途的车辆。客车分别有硬座车、软座车和卧车，另有加挂在旅客列车上的餐车、邮政车、行李车、发电车等。为保证旅客安全，客车车体采用钢骨架加外包板的全金属结构，材质由普通钢发展为低合金钢、不锈钢乃至铝合金，以提高车体的强度和刚度。为提高旅客乘坐的舒适性，除了力求车体内部装饰美观外，车厢设有空气调节装置。同时，还采用优良的弹簧悬挂装置，让旅客在途中不会感到剧烈颠簸。

1.1.2.3 动车组

动车组是一种由若干辆带有动力的车辆和若干辆不带动力的车辆固定编组的列车组，带动力的车辆称为动车，不带动力的车辆称为拖车。列车两端都带有司机室，可在线路上往复运行。除了头车有司机室外，动车与拖车结构上的主要区别在于转向架。动车转向架上有动力，拖车转向架为非动力转向架，运行时，由前方司机室实施控制。在其发生故障无法操作时，由后方司机室顶替实施操作。

从原动力来看，动车组可分为内燃动车组和电力动车组。内燃动车组按传统方式又分为液力传动和电力传动，是由柴油动车演变而来的。初期的柴油动车可以牵引一节或数节轻型拖车，随着柴油机功率的增大，发展到两节动车可以集中同步控制时，便有了双节或多节动车连挂。电力动车组按电流制又分为直流和交流两种，是电力机车出现后产生的，其功率大于内燃动车组。内燃动车组及电力动车组列车运行时，启动及调速分别与内燃机车和电力机车的工作原理相同，制动常采用能提供强大制动力并能更好利用黏着力的复合制动系统，包含多个子系统，主要由电制动系统、空气制动系统、防滑装置和制动控制系统等组成。

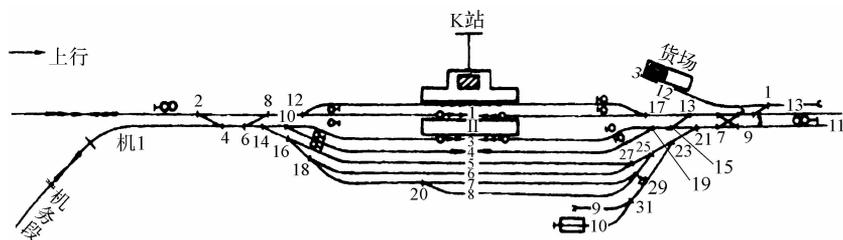
从列车的动力配置方式来看，动车组又分为动力分散型和动力集中型动车组。动力分散型动车组又可细分为完全分散型和相对分散型动车组。完全分散型动车组，指动车组中的车辆全部为动车，如日本的0系高速列车，16辆编组中全部是动车。另一种是相对分散型，即动车组列车由若干动力单元组成，每个动力单元既有动车也有拖车，如日本E2-1000系动力分散型动车组。动力分散型动车组是将电机驱动的动力轮对分散布置在全部动车组或大部分动车上，同时将主要电器及机械设备吊挂在车辆下部，动车组的全部车辆都可载客。动力集中型动车组是将电器和动力设备集中安装在位于动车组两端的动车上，仅有动车的轮对是驱动动力轮对，动力车不载客，只有中间拖车可载客，如德国的ICE-1动车组（2动12拖），南京浦镇车辆厂生产制造的“新曙光”号（2动9拖）。

相对于传统的机车车辆模式，动车组在旅客运输方面有着很多突出的优点。由于列车在运行中固定编组，在车站折返或换向时无须摘挂机车，可节约停站时间，提高列车使用效率，减轻车站咽喉区压力。在保证安全的前提下，可明显提高行车密度，提高整个铁路网的运输能力。

1.1.3 铁路区间与车站

为保证行车安全和必要的线路通过能力，铁路上每隔一定的距离（10 km 左右）需要设置一个车站。车站把每一条铁路线划分为若干个长度不同的段落，每一段线路叫作一个区间，车站就是相邻区间的分隔点。

在车站上，除了正线（直接与区间连通的线路）以外，根据车站的作业需要，一般还配有各种用途的站线，如图 1-3 所示。站线包括到发线、牵出线、货物线、调车线及站内指定用途的其他线。到发线是指用于接发旅客列车与货物列车的线路；牵出线是指用于进行调车作业时将车辆牵出的线路；货物线是指用于货物装卸作业时的货车停留线路；调车线是指用于车列解体和编组并存放车辆的线路；站内指定用途的其他线路主要有机车走行线、车辆站修线、驼峰迂回线及驼峰禁溜线等。为了保证行车和工作人员的安全，相邻线路之间应保持适当的线间距。



II—正线；1、3、4—到发线；5、6、7、8—调车线；9、10—站修线；
11、13—牵出线；12—货物线；机 1—机车走行线

图 1-3 车站线路图

目前，我国铁路有大小车站几千个。根据它们所负担的任务量和在国家政治上、经济上的地位，共分为六个等级，即特等站和一、二、三、四、五等站。车站按技术作业不同可分为编组站、区段站和中间站；按业务性质不同可分为货运站、客运站、客货运站和专用线联轨站。

编组站是办理大量货物列车的解体、编组作业的专业技术站，一般不办理客货运业务；区段站是机车牵引区段的分界点，主要任务是办理通过列车的技术作业，如机车的更换、整备和检修；中间站是为了提高铁路的通过能力、保证行车安全而设立的车站，主要办理列车的到发、会让、越行业务，同时还承担少量的客货运业务。铁路枢纽是在铁路线路交会点，往往是在大城市和大工矿区，由若干个车站、各种运输服务设施及进出站线路和联络线等组成的铁路运输综合体，它是铁路网的中枢，沟通纵横交错的铁路线，使铁路网四通八达。它的主要任务是承担客、货流的集散和中转，以及货物的承运、交付、中转和换装等作业。

1.1.4 铁路运输组织

铁路运输系统的基本任务，是合理地运用铁路运输的设备，安全、准确、经济、迅速地运送旅客和货物，保证完成和超额完成运输任务。铁路运输工作组织主要包括旅客运输组织和货物运输组织。这里主要介绍货物运输组织。

铁路为了实现运输工作的集中统一指挥，除了建立相应的组织机构，制定必要的规章制度以外，还必须制订各种计划，才能使铁路运输各部门、各单位有一个共同的奋斗目标，使铁路运输工作有条不紊地进行。我国铁路运输工作的计划主要包括年度运输计划、年度旅客运输计划和年度货物运输计划、月度货物运输计划、列车编组计划、列车运行图、运输工作技术计划、铁路运输方案和运输工作日常计划。它们之间的相互关系如图 1-4 所示。

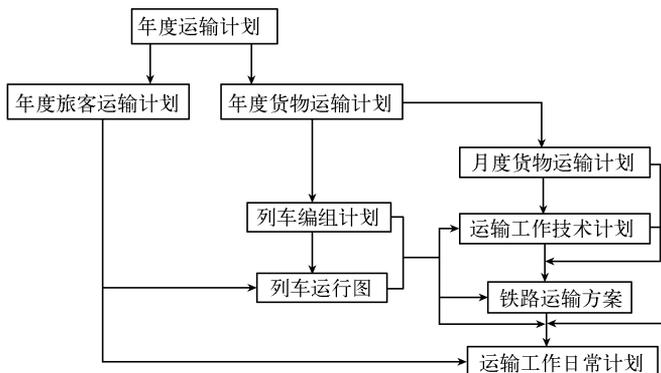


图 1-4 铁路运输工作各种计划相互间的关系示意图

铁路运输计划是国民经济计划的一个组成部分，又可分为长期运输计划、年度运输计划和月度运输计划。

长期运输计划是指五年以上的运量规划，它是根据国民经济的发展愿景而制订的，表明了相应时期内全路运量规划和预期达到的目标。

铁路年度运输计划是根据长期运输计划规定的任务和下一年国民经济生产发展等而编制的，它直接反映了年度国家分配给铁路的运输任务，并作为铁路编制机车车辆运用计划、货物列车编组计划和列车运行图等的依据。

铁路月度货物运输计划是根据国民经济各部门在本月度内对运输的需要、铁路运输能力和国家运输政策等而编制的。它是完成年度货物运输计划的保证，是编制铁路运输工作技术计划和铁路运输方案的基础，也是组织铁路日常生产活动的依据。

铁路运输工作技术计划是合理运用机车车辆和其他运输设备的计划，它根据月度运输计划、列车编组计划和列车运行图，每月编制一次。

铁路运输方案是在月度货源货流的基础上，把货运工作、列车工作和机车工作加以协调，进行全面安排，以使路内外各有关单位和部门的工作紧密衔接起来。它是编制运输工作日常计划的一个重要依据。根据以上各种计划规定的任务和要求，铁路运输部门还要制订运输工作日常计划，组织日常的运输生产活动。

在一定时期内，由某一发站运往某一到站的货物吨数，叫作货流。我国铁路的货流是由货物运输计划规定的，因此，铁路年度运输计划是铁路车流组织的基础。货物必须装进货车才能进行运输，首先，根据货物的性质选用适宜的货车类型。按照计划货流量，选定相应的车型之后，就可以确定应该装运的车辆数了。算出各种货物的装车数后，再把它们的发站和到站表示出来，就把品类别的货流变为车种别的车流了。铁路是以列车形式运送货物和旅客的，因此，货物装车后还必须编成列车，才能进行运输。首先根据机车类型、线路纵断面、

车辆运行阻力等因素确定列车重量标准（或称机车牵引定数），也就是算出在某区间机车能牵引的列车的总重量。根据列车重量标准，就可以算出一列车的车辆数，接着，就可以把各区段的车流换算成列车流，确定各区段应开行的列车数。

货物列车编组计划是全路车流组织的规划，它根据全路车流结构、各站设备能力和作业条件，统一安排货物列车的编解作业任务，具体规定各货运站、编组站和区段站编组列车的种类、到站及编挂方法。

中国国家铁路集团公司（简称国铁集团）是一个由多部门多工种组成的运输企业，各个部门必须相互配合、协同工作，才能保证行车安全、提高运输效率。列车运行图在这方面起着极其重要的作用。机务、车站、工务、列检所、供电等部门都要依据列车运行图来安排自己的工作。这样，通过列车运行图就可将整个铁路网的活动联成一个统一的整体。如图1-5所示为一列车运行图，横轴表示时间，纵轴表示距离，图中水平线表示各站中心线，垂直线表示具体的时间，斜线为列车运行线，它与车站中心线的交点就是该列车在车站的到、发或通过时刻。运行图中，用不同的颜色表示不同种类的列车。

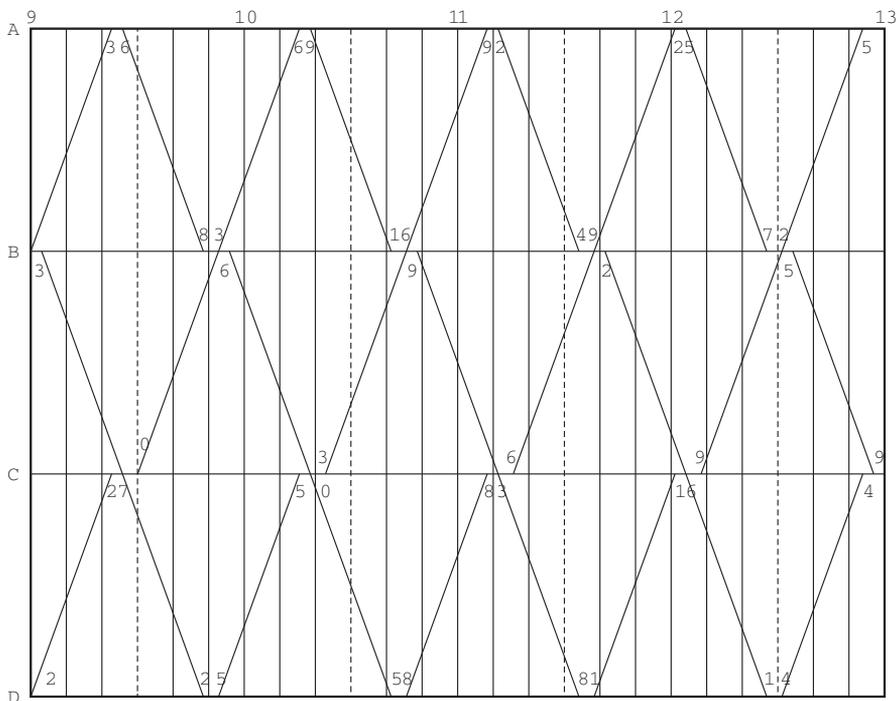


图 1-5 列车运行图

车站是铁路运输企业的基层生产单位，是客货运输的起点、中转和终到地点，铁路运输生产过程中绝大部分作业环节都是在车站进行的。车站的行车组织工作主要有：接发列车工作、调车工作、到达列车的解体、始发列车的编组工作等。为使铁路这一庞大而复杂的系统能够不间断、均衡高效地运转，必须对铁路的日常生产活动实行分级管理、集中领导、统一指挥。为此，我国铁路的各级运输部门都建立了相应的调度机构，即全路设调度中心，铁路局设调度科，铁路分局设调度所，车站（主要是编组站、区段站、大货运站）设调度室。铁路运输调度机构的基本任务是：正确编制和执行铁路运输生产计划，科学组织客流、货流

和车流,经济合理地使用各种运输设备,提高运输效率和效益;与运输有关的各部门紧密配合,相互协作,努力完成运输任务。

铁路运输业是一个复杂的综合系统,运营管理工作必须实行集中领导,统一指挥,使整个运输生产过程经常处于优化状态。这就要求管理的科学化与现代化,广泛采用新技术和新方法,建立以运营管理为中心的运营管理信息系统,对整个运输生产过程进行实时控制,实现铁路运营管理工作的综合自动化。要实现这一目标,首先,要在全路建立完善的计算机网络,并用软件把网络上所有设备管理起来,实现资源共享,各用户都可以与计算中心进行数据交换;其次,要设计一套解决各种业务问题的应用软件系统。目前,我国已建成全路运输管理信息系统(transport management information system, TMIS)。

1.1.5 高速铁路与重载运输

高速铁路是当代铁路发展的一项重大技术成就,由于要求运行的速度快,因此对铁路各方面的设备提出了更高的要求。

路基的稳定性和坚固性直接关系到列车运行质量和安全,高速铁路的路基除了要求有足够的坚固性和稳定性之外,路基面必须平顺并有足够的宽度。为便于检修线路,设计了较宽的路肩,要求排水设施良好。高速铁路的轨道均采用无缝钢轨和预应力混凝土轨枕。为了提高列车运行速度,需要加大线路的曲线半径,减小线路的最大坡度,加大坡间竖曲线半径。从目前各国发展高速铁路的情况来看,大多数国家采用电力牵引,高速列车的牵引可采用传统的机车牵引,也可采用动车组牵引,由于动车组的轴重轻,对线路损坏小,因此世界上大部分高速列车采用动车组牵引。为了使旅客在高速运行条件下具有较高的舒适度,要求降低高速客车的车体重量,提高走行部高速运行的稳定性和通过曲线的安全性,采用多种制动方式共同作用的综合制动方法,以提高列车制动能力,保证在高速情况下制动可靠有效。

高速铁路有一个产生、发展、形成的过程。1970年5月,日本在第71号法律《全国新干线铁路整备法》中规定:“列车在主要区间能以200 km/h以上速度运行的干线铁道称为高速铁路。”这是世界上第一个以国家法律条文的形式给高速铁路下的定义。1985年5月,联合国欧洲经济委员会将高速铁路的列车最高运行速度规定为:旅客运输专线300 km/h,客货混线250 km/h。1986年1月,国际铁路联盟秘书长勃莱指出,高速列车最高运行速度至少应达到200 km/h。因此,目前国际上公认列车最高运行速度达到200 km/h及其以上的铁路为高速铁路。随着科学技术的发展和客观条件的变化,有关高速铁路的定义将会不断更新。

高速铁路在不同国家不同时代有不同规定。我国国家铁路局的定义为:新建设计开行250 km/h(含预留)及以上动车组列车,初期运营速度不小于200 km/h的旅客运输专线铁路。特点:新建的,时速不低于250 km及旅客运输线。区别:国际铁路联盟1962年把旧线改造时速达200 km、新建时速达250~300 km的铁路定为高铁;1985年日内瓦协议做出新规定:新建客货共线型高铁时速为250 km以上,新建旅客运输专线型高铁时速为350 km以上。

重载运输是在一定的铁路技术装备条件下,扩大列车编组长度,大幅度提高列车重量,采用大功率内燃机车或电力机车(双机、多机)牵引的运输方式。为了安全行车、提高线路通过能力,实现多运快运货物的目的,对铁路运输组织和技术装备都有新的要求。

开行重载列车必须有与之相适应的线路,主要是指线路的承载能力、几何尺寸、站线长

度、线路坡度等。重载铁路的基本特征是运量多、轴重大，因此，重载铁路线路应选用重型和特重型的钢轨标准；钢轨应采用 60 kg/m 及以上的新轨和超长轨条；在曲线地段、长大下坡制动地段，为减少可能引起的伤损，应采用全长淬火钢轨和轨头钢化钢轨、承载能力大的轨枕。为满足重载列车的牵引要求，通过增加机车牵引功率和实现轮轨之间最佳黏着来提高机车的牵引力，还需要机车有较高的启动牵引力。重载列车的车辆应采用载重量大、强度高、自重系数小的大型四轴货车。由于列车重量大，列车总长度长，因此对制动系统的要求也比较高。

1.1.6 旅客运输专线

铁路线路中，专门运输旅客的线路称之为旅客运输专线，这是相对于不仅运输旅客，又运输货物的客货混跑线路来说的。其特征是运行速度快，旅客输送能力大，安全可靠，节能环保，技术含量高。

定义：旅客运输专线是以旅客运输为主的快速铁路。目前我国，铁路等级除 I、II、III 级外又增加了“旅客运输专线”等级，时速在 200 km 至 350 km 专门运输旅客的铁路统称为旅客运输专线，曲线半径一般在 2 200 m 以上。

我国的旅客运输专线，根据不同的标准，可以有不同的分类。

在我国目前规划的旅客运输专线中，根据速度高低不同，可分为以下两种。

(1) 速度在 300 km/h 及以上的旅客运输专线，如运营中的京广、京沪及京津城际铁路等。

(2) 速度在 200~250 km/h 的旅客运输专线，如广深港旅客运输专线、石太旅客运输专线、武合旅客运输专线等。

根据近期采用的基本运输组织模式，可分为以下两种。

(1) 纯旅客运输专线，如京广、京津等旅客运输专线。

(2) 近期采用客货混跑模式的旅客运输专线，如石太、武合、福厦等旅客运输专线。在这类旅客运输专线中，又可分为两类，一类是有平行的货运通道的旅客运输专线，如石太；另一类是该地区目前尚未建有铁路线的旅客运输专线，如武合、福厦等。

根据旅客运输专线在旅客运输专线网中的位置，可分为以下两种。

(1) 通道型旅客运输专线，如《中长期铁路网规划》所规划的“四纵四横”铁路快速旅客运输通道，具体线路有京广、京沪旅客运输专线等。

(2) 城际旅客运输专线，如《中长期铁路网规划》所规划的环渤海、长江三角洲、珠江三角洲三个城际快速旅客运输系统，还有绵一成乐城际快速旅客运输系统等，具体线路有京津、沪杭、沪宁、广深港、成绵旅客运输专线等。

旅客运输专线列车运行速度很高，要求线路的建筑标准也很高，包括最小曲线半径、缓和曲线、外轨超高、正线线间距、限制坡度、竖曲线和道岔等线路构造都有特定要求。由于高速线路比一般线路的修建与养护标准高，且要保持更严格的容许误差，因此，旅客运输专线必须采取提高钢轨质量、采用焊接长钢轨、使用新型弹性扣件和高质量的衬垫及新型道岔等必要措施。为了适应高速运行和繁重运输任务的要求，必须加强线路的检测、监视和维修保养工作，采用新型机车车辆和现代化的信息设备，以保证线路的质量和行车安全。

我国铁路旅客运输专线的修建是为了解决既有线路通过能力紧张问题，有效地提高铁路

客货列车旅行速度，增强铁路参与市场竞争的能力。在旅客运输专线上只运行旅客列车，货物列车一般走既有线路。国外高速旅客运输专线一般采用全高速列车运行的运输组织模式，并已取得了良好的经济效益。旅客运输专线的全高速列车运行的运输组织模式是我国旅客运输专线运输组织的发展方向。但在将来的一段时间内，由于我国的国情和路情决定了旅客运输专线仍将采用多种速度列车共线运行的运输组织模式。在旅客运输专线上开行不同速度的列车，是我国铁路高速旅客运输专线运输组织的重要特征。

1.2 公路运输

公路运输是经济和社会发展的基础结构部门之一，它对经济和社会发展起基本保障作用。

1.2.1 公路线路

1.2.1.1 公路的等级

公路是指连接城市、乡村，主要供汽车行驶的具备一定技术条件和设施的道路。根据公路的作用和使用性质，可划分为国道主干线公路（国道）、省级干线公路（省道）、县级干线公路（县道）、乡级公路（乡道）及专用公路。公路根据交通量及其在交通网中的意义，可分为5个等级，如表1-2所示。

表 1-2 公路等级

公路等级	在交通网中的意义	年平均昼夜交通量
高速公路	具有特别重要的政治、经济意义，专供汽车分道行驶，全部控制出入	25 000 辆以上
一级公路	连接重要政治、经济中心，通往重点工矿区，可供汽车行驶，部分控制出入	10 000 辆至 25 000 辆
二级公路	连接政治、经济中心或大工矿区的干线公路，或运输任务繁忙的城郊公路	2 000 辆至 7 000 辆
三级公路	沟通县以上城市的一般干线公路	200 辆至 2 000 辆
四级公路	沟通县、乡、村等的支线公路	200 辆以下

1.2.1.2 公路横断面与纵断面

1. 横断面

公路横断面主要包括行车道宽度、中间带和路肩宽度等。

行车道宽度与汽车尺寸、行驶速度、交通流量等因素有关，一般应有能满足对向车辆错车、超车和并列行驶所必需的宽度。车道数取决于设计交通量和车道的通行能力。高等级公路一般中间应设置分隔带，以分隔往返车流，提高通行能力，保证行车安全。行车道的两侧须设置路肩，以保证行车道的功能和临时停放车辆，并起到路面横向支撑的作用。

2. 纵断面

公路线路最大纵坡的确定是直接影响公路线路长短、使用质量、行车安全、工程造价和运输成本的重要指标。其坡度值的确定应使车辆上坡时行驶顺利，下坡时不发生危险。为了

行驶安全、乘客舒适和减少汽车零部件的磨损，在纵坡变换的地点应设置竖曲线（圆弧线或抛物线），使之联结圆顺。

3. 行车视距

驾驶员在行车中，从发现前方障碍物后进行刹车或绕避时，车辆所行驶的最短距离，称为行车视距，它是保证汽车运行安全所必须考虑的因素。视距主要分为以下几种。

(1) 停车视距。指汽车在单车道或明显分车道上行驶时，驾驶员遇到障碍物不能绕行只能刹车停住所需要的最短距离。停车视距包括驾驶员心理反应时间内车辆所行驶距离、制动距离和必要的安全距离。

(2) 会车视距。指在单车道上或路面不宽的双车道上，对向行驶的车辆未能及时或无法错车，只能相对停住避免碰撞所需要的最短距离。会车视距规定为停车视距的2倍。

(3) 超车视距。指在双车道上，后车超越前车时，从开始驶离原车道之处起，至可见逆行车道来车，并能超车后安全驶回原车道所需要的最短距离。

1.2.2 车辆及设备

汽车是自带动力装置驱动、无架线的运载工具。其作为一种陆上交通工具，具有方便、机动、灵活、速度快、适应性强等特点。此外，其品种多、数量大，为工农业生产和国防建设及人们日常生活所不可缺少。汽车按用途可分为：轿车、客车、货车、专用（特种）汽车、越野汽车、工矿自卸车、农用汽车、牵引汽车和汽车列车等。

汽车类型虽然很多，各种汽车的总体构造有所不同，但它们的基本组成是一致的，都由发动机、底盘、车身和电气设备四大部分组成。

1.2.3 高速公路

1.2.3.1 高速公路的概念

高速公路是专供汽车高速行驶的公路。由于在高速公路上采取了限制出入、分隔行驶、汽车专用、全部立交及采用较高限行标准和完善的交通安全和服务设施等措施，为汽车大量、快速、安全、舒适、连续地运行创造了条件。高速公路是社会经济发展的必然产物，它的产生和发展，是与整个社会的政治、经济、军事的发展相关的。

1.2.3.2 高速公路的特点

与一般公路相比，高速公路具有如下特点。

(1) 实行交通限制，规定汽车专用。

(2) 实行分隔行驶，对向车辆中间设分隔带，同向车辆，至少两车道以上，并且画线行驶。

(3) 严格控制出入，采用较高的限行标准和完善的交通安全与服务设施，从行车条件和技术上为安全、快速行车提供可靠的保障。

因此高速公路具有行车速度高，通过能力大等特点。

1.2.3.3 高速公路的沿线设施

高速公路的沿线设施包括安全设施、服务设施、交通控制及管理系统等。这些设施是为保证公路安全、减轻驾驶员和乘客疲劳、方便旅客、保护环境而设置的不可缺少的组成部分。

安全设施主要包括防护栅、防眩设备、防噪声设施、道路标志、照明设施等。防护栅设

在公路两侧及中央带，用于防止高速公路车辆驶出车道或闯入对向车道，降低对乘客和车辆的伤害，并使车辆恢复到正常行驶方向及便于诱导驾驶员的视线。防眩设备有：植树防眩，既防眩光又美观，树木可以是常青树，树木之间植以草皮，或采用百叶板式和金属网式防眩栅等。在高速公路上还采用隔音墙、隔音堤、隔音林带等来减轻噪声的影响。为了保证交通安全、行车顺利，使司机能事先知道道路交通准确情况，需要在高速公路上设置交通标志，主要包括：提示急弯、陡坡的警告标志，禁止通行、车辆限制的禁令标志，指示车辆、行人行进和停止的指令标志，提示地名、预告中途出入口、服务设施的指路标志等。另外，在接近市区和所有立体交叉处，还要采用照明设施。

服务设施包括服务区（加油站、休息室等）、停车区（停车场、电话等）和辅助设施（养路站、园地等）。当高速公路需要收费管理时，还需要建收费站。

交通控制及管理系统是高速公路附属设施中的重要组成部分，它对保证高速公路的畅通起到重要作用。现代化的交通管理系统，用计算机控制及信号自动化来监视路段内的交通情况，迅速测出交通阻塞和交通事故，通过发出交通信息变换标志和无线电车信号，告知司机有关信息，以便将汽车开到合适的公路上以保证交通畅通。并且也可以使中心控制室能在较短的时间内与有关方面联系，迅速处理事故现场，尽快恢复通车。

1.2.4 公路运输组织

1.2.4.1 公路运输生产过程的构成

在公路运输生产过程中，客货对象通过汽车运输实现其空间场所移动，需要经过很多环节才能完成，一般可划分为运输准备、运输生产、运输生产辅助三项主要工作环节。

运输准备工作是指运输客货之前所需进行的全部准备工作，主要包括：运输经济调查与运输工作量预测、营运线路开辟、营运作业站点设置、客货运输对象组织、运力配置、制定有关规章制度等。

运输生产工作指直接实现客货空间位移的车辆运输工作，主要包括乘客上下车及货物装卸车作业、车辆运送作业以及必需的车辆调控作业等。

运输生产辅助工作，是指为运输生产及其准备工作提供后勤保障服务的各项工作的总称，主要包括车辆选择与技术运用的组织、运输生产消耗材料的组织供应与保管、运输劳动组织等。其中运输生产工作为基本运输工作环节，其他工作环节应围绕着它来展开。

1.2.4.2 公路货物运输作业程序与组织

公路货物运输作业基本程序包括货物托运、承运验货、计划配运、派车装货、起票发车、运送与途中管理、运达卸货交货、运输统计与结算和货运事故处理等内容。公路货物运输作业基本程序如图 1-6 所示。

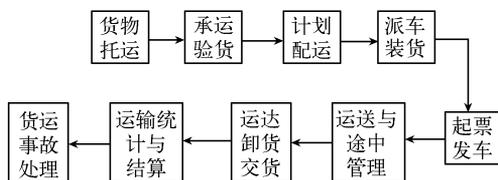


图 1-6 公路货物运输作业基本程序

公路货物运输主要采取以下方式。

(1) 多(或双)班运输。多班运输指在昼夜时间内的车辆工作超过一个班以上的公路货物运输形式。组织多班运输的基本方法是每辆汽车配备两名左右的驾驶员,分日、夜两班轮流行驶。这是提高车辆生产率的有效措施之一,但要注意安排好驾驶员的休息时间和车辆的保修。

(2) 定点运输。定点运输指按发货点用固定车队,专门完成固定货运任务的运输组织形式。实行定点运输,可以加速车辆周转,提高运输和装卸工作效率,提高服务质量,并有利于行车安全和节能。

(3) 定时运输。定时运输指运输车辆按运行作业计划中所制定的行车时刻表来进行工作。由于车辆事先已经拟定好了时刻表,因此加强了各环节工作的计划性,提高了工作效率。

(4) 集装箱运输。集装箱运输指把一定数量的货物集中于一个便于运输、搬运、装卸、储存的集装箱内来进行运送的运输组织形式。公路集装箱运输的优越性同样也体现在可提高货物运输质量,减少货物运输过程中的货损、货差,保证货物运输安全,便于实现装卸和搬运工作的机械化、提高运输效率等。

除此之外,公路货物运输还采用甩挂运输、直达联合运输、零担货物运输等方式。

1.3 水路运输

水路运输是指利用船舶和其他浮运工具,在海洋、江河、湖泊、水库及人工水道上运送旅客和货物的一种运输方式。

1.3.1 运输船舶种类与构造

运输船舶是指载运旅客与货物的船舶,通常又称为商船。随着世界经济的发展,现代运输船舶已形成了种类繁多、技术复杂及高度专业化的运输船舶体系。运输船舶按运载物的性质分类,可分成客船和货船两大类。货船通常包括干货船、液货船等。

1.3.1.1 客船

客船是用来载运旅客及其行李并兼带少量货物的运输船舶,一般定班定线航行。按航行的海区和适居性的要求,客船分为远洋客船、近海客船、沿海客船和内河客船等。对客船的要求首先是安全可靠,其次应具有良好的适航性和居住条件及较快的航速。为了旅客的安全,客船上按规定应配备足够的救生设备,如救生艇、救生筏、救生圈和救生衣等。消防也有严格的规定,对要求高的客船上的舱室设备、家具和床上用品等须经防火处理。此外,客船上还要求装备完善而高效的通信设备、照明设备,有的还设有空调系统。为了减少在海洋中航行的颠簸,有些客船上还装有减摇水舱或防摇鳍等减摇设施。客船外形美观大方,多数首尾呈流线型。上层建筑庞大,有的多达7~8层甲板,一般内河客船也有5~6层甲板。

客船与其他交通工具相比,具有旅客运输量大、费用低、安全度高、旅客所占用的活动空间大等优点。但自远程大型航空客机迅速发展以来,航空旅客运输已取代了远洋客船。目前客船为适应市场需求正向游船、车客渡船方向发展。

1.3.1.2 干货船

干货船是用于装载各种干货的船舶。常见的干货船主要有:杂货船、集装箱船、散货

船、滚装船及载驳船等。

1. 杂货船

杂货船是用于载运各种包装、桶装及成箱、成捆等件杂货的船舶。它具有 2~3 层全通甲板, 根据船的大小设有 3~6 个货舱。在上甲板货舱口两端设有吊杆或立式塔形吊车, 用于装载货物。有的杂货船还备有 1~2 副重型吊杆, 用于装卸大件重货。杂货船一般没有固定的航线和船期, 而是根据货源情况和货运需要航行于各港口之间, 也可以载运散装货或大件货。为了进一步提高对各种货物的适应能力, 新的杂货船尽量设计成多种用途型船, 以便既能运送普通件杂货, 也能兼运散货、部分集装箱及冷藏货等。这种船也被称为多用途船。

2. 集装箱船

集装箱船是以载运集装箱为主的专用运输船舶, 可分为全集装箱船和半集装箱船两种。其中全集装箱船是将全部货舱及上甲板都用于装载集装箱, 而半集装箱船只有部分舱室用于装载集装箱, 其余舱室则用来装运成件货物或杂货。集装箱船通常设置单层甲板, 机舱及上层建筑通常位于船尾, 以留出更多甲板面积堆放集装箱。集装箱的装卸通常是用岸上的专用起重机集装箱装卸桥来进行的, 因此绝大多数的集装箱船上不设起货设备。集装箱船由于装卸效率高、船舶停港时间短, 为加快船舶周转, 要求其具有较高的航速。

3. 散货船

散货船是指专门用于载运粉末状、颗粒状、块状等非包装类大宗货物的运输船舶。一些专用的散货船只载运一种货物, 如煤炭、矿石、粮食等。散货运输通常用来运输批量大的大宗货物, 因而其船形较大, 货舱的容积大, 货舱口也较大, 以便于装卸。为了提高装卸效率, 通常采用码头专用设备装卸, 故较大的散货船上一般不设装卸设备。

4. 滚装船

滚装船是把装有集装箱及其他成件货物的半挂车或装有货物的带轮子的托盘作为货运单元, 由牵引车或叉车直接进出货舱进行装卸的船舶。滚装船是由汽车轮渡发展而来的一种专用船舶。使用滚装船运输货物, 能大大提高装卸效率, 加速船舶周转, 并有利于水陆直达联运。

5. 载驳船(子母船)

载驳船是一种用来运送载货驳船的运输船舶, 又称子母船。各种货物或集装箱装到规格统一的驳船上(子驳), 驳船在港内(码头或锚地)装完货后, 用母船的起重设备装到母船上, 母船把子驳运至目的地后, 卸下子驳, 子驳可被拖运至母船无法通行的航道和无法停靠的码头。卸下子驳上的货物或集装箱, 装上回程货物或集装箱, 被拖船拖至指定水域, 然后再将子驳装到载驳船上去, 运往目的地。

1.3.1.3 液货船

液货船是专门用于运输液态货物的船舶, 它在现代商船队中占有很大比例, 液货船主要包括油船、液化气船和液体化学品船等。

1. 油船

油船是专门用于载运散装石油及成品的液货船, 因此, 一般油船分为原油船和成品油船两种。就载重吨位而言, 油船列世界第一位。由于油船载运的是易挥发、易燃烧和易爆炸的危险货物, 决定了油船在构造、设备及营运方面必须考虑到防火、防爆、防污染等要求。油船没有大货舱口, 只有油气膨胀口, 并设有水密舱口盖。石油是通过油泵和输油管进行装卸的, 因此油船上不设吊货杆等装卸设备。

2. 液化气船

液化气船是专门用于装运液化气的液货船,这种船舶装有特殊的高压液舱,先把天然气或石油气液化,再用高压泵打入液舱内运输。液化气船的液舱结构与其他货船的货舱结构不相同,它采用全封闭的金属罐。

3. 液体化学品船

液体化学品船是专门用于载运各种液体化学品,如醚、苯、醇、酸等的液货船。由于液体化学品一般都具有易燃、易挥发、腐蚀性强的特性,有的还具有剧毒,所以对船舶的防火、防爆、防毒、防泄漏、防腐等方面有较高的要求。货舱内壁和管道采用不锈钢制作或用抗腐蚀涂料保护,并且对货物围护和各种系统的分隔都有周密的布置。根据所运货物危险性的大小,液体化学品船分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级。Ⅰ级船危险性最大,其货舱容积要求小于 $1\,250\text{ m}^3$,Ⅱ级船则应小于 $3\,000\text{ m}^3$,Ⅲ级船装载危险性较小的液体化学品。

1.3.1.4 其他类型的船舶

1. 驳船

驳船是内河运输货物的主要运载工具,它本身一般无推进动力装置,依靠推船或拖船等机动船带动行程船队运输,其船体结构和类型都比货船简单。驳船没有锚、舵等设备,也不设装卸机械和上层建筑。主要用于沿海、内河或港内驳运货物,往往用于转驳那些因吃水等原因不便进港靠泊的大型船舶的货物,或组成驳船队运输货物。

2. 拖船和推船

拖船和推船是专门用于拖曳或顶推其他船舶、驳船队、木排或浮动建筑物的机动船。它本身不运载旅客和货物,是多用途的工作船,被称为水上的“火车头”。拖船和推船一般要求船体比较坚固。

1.3.2 港口及其主要设施

1.3.2.1 港口的作用与分类

港口是一个国家或地区的门户,是交通运输的枢纽,是对外贸易的重要通路。港口具有运输、工业和商业等多种功能,是一个国家和地区的重要经济资源。港口是具有一定面积的水域和陆域,是水路运输工具的衔接点,又是水路运输货物的集散地。港口除了供船舶停靠使用外,还为船舶提供补给、修理等技术服务和生活服务。为了客货的疏运,还必须与陆路交通相接。

港口按用途可分为商港、渔港、工业港、军港、避风港等;按地理位置可分为海港、河港、湖港和水库港;按潮汐的影响可分为开敞港和闭合港;按其作用可分为世界性港、国际性港、地区性港等。

1.3.2.2 港口的组成

港口由水域和陆域两大部分组成。水域部分是供船舶进出港,以及在港内运转、锚泊和装卸作业使用的,因此要求水域部分有足够的水深和面积,水面基本平静,流速和缓,以便于船舶的安全操作;陆域部分是供旅客上下船,以及货物的装卸、堆存和转运使用的,因此要求陆域部分必须有适当的高程、岸线长度和纵深,以便在这里安置装卸设备、仓库、堆场、铁路、公路及各种必要的生产、生活设施等。

1. 港口水域

水域是港口最主要的组成部分，港口的水域主要包括港池、锚地和航道。港池一般指码头附近的水域，它需要有足够的深度和宽广的水域，供船舶靠离操作。对于开敞海岸港口，为了阻挡海浪或泥沙的影响，保持港内水面平静与水深，必须修筑防波堤。锚地是供船舶抛锚候潮、避风、办理进出口手续、接受船舶检查或过驳装卸等停泊的水域。锚地要求有足够的水深，锚地的底质一般为泥质或沙质，使锚具有较大的抓力，而且远离礁石、浅滩等危险区。这里的航道指的是船舶进出港航道，为保证安全通行，航道必须具有足够的水深和宽度。

2. 港口陆域

凡是在港口范围的陆地面积统称为陆域，陆域由以下几个部分组成。

(1) 码头与泊位。码头主要供船舶停靠，以便旅客上下、货物装卸，码头前沿线既是港口的生产线，也是港口水域和陆域的交接线。泊位是供船舶停泊的位置，一个泊位即可供一艘船舶停泊，泊位的长度依船形的大小有一些差异。

(2) 仓库和堆场。它们是供货物装船前和卸船后短期存放使用的，多数较贵重的货物都在仓库内堆放保管，只有不怕风吹雨淋的货物如矿石、建材等可放入露天堆场或货棚内。

(3) 铁路及道路。货物在港口的集散还需要利用陆路交通，因此铁路和公路是港口陆域上的重要设施。当有大量货物需要用铁路运输时，需设置专门的港口车站，公路对于港口货物的集散也起到了重要的作用，对于有集装箱运输的港口，道路系统尤为重要。

(4) 起重运输机械。现代港口装卸工作基本是由各种机械来完成的，用来起吊货物的机械称为起重机械，用于搬运货物的机械称为运输机械。它们在港口可对船舶、火车和汽车进行装卸工作，在船舱内进行各种搬运、堆码和拆垛工作，在货场上进行起重、搬运、堆码、拆垛等工作。

(5) 辅助生产设施。为维护港口的正常生产秩序，保证各项工作得以顺利进行，港口还需要在陆域上配备一些辅助设施，如给排水系统、输电配电系统、燃料供应站、船舶修理站、各种办公用房等。

1.3.3 航道与航标

1.3.3.1 航道

航道是供船舶航行的水道，为了保证船舶安全畅通地完成运输任务，对航道也有一定的要求。

1. 有足够的航道深度

航道深度是指在全航线中所具有的最小通航保证深度，它是选用船舶吃水量和载重量的主要因素。航道深度增加，可以航行吃水深、载重量大的船舶，但是增加航道深度，必然会使整治和维护航道的费用增高。

2. 有足够的航道宽度

航道宽度视航道等级而定，通常单线航行的情况极少，双线航行最普遍，在运输繁忙的航线上还应考虑三线航行。

3. 有适宜的航道转弯半径

航道转弯半径是指航道中心线上的最小曲率半径，一般航道转弯半径不得小于最大航行船舶长度的4~5倍。若航道转弯半径过小，将造成航行困难，应加以整治。

4. 有合理的航道许可流速

航道许可流速是指航线上的最大流速。船舶航行时，上水行驶一般要避免流速大的区域而在流速缓和的区域行驶，下水行驶在流速大的区域行驶。如果航道的流速过大，上水行驶的船舶必须加大马力才能通过，降低了航行的经济性。

5. 有符合规定的水上外廓

水上外廓是保证航行船舶水面以上部分通过所需要的高度和宽度。

此外，航行还要求航道的冰冻期要短，没有水下障碍。

1.3.3.2 航标

航标即助航标志，起到帮助船舶定位、引导船舶航行、表示警告和指示障碍物的作用。在港口和航线附近海岸均应设置航标。

1. 海上航标

海上航标主要设于海上的某些岛屿、沿岸及港内重要地点。航标白天以形状、颜色，夜间用灯光颜色、时间长短、次数来区别各自作用。海上航标主要有以下几种。

(1) 灯塔。这是海上航行的重要航标，设在港口附近和海上某些岛屿的高处。

(2) 灯船。设于不能设置灯塔而又很重要的航道进出口附近。

(3) 浮标。设在港口附近或港口航道上。其中，方位标志用来直接表示各种危险物的所在地或危险物（区）的界限；侧面标志用来标示航道一侧界限；中线标志用来标示来往船舶可靠近标志的任何一侧驶过。

此外，为了在雾、雪等视距不良的天气里让航行船舶大概知道航标位置，在某些地点设置有雾钟、雾笛、电雾号等音响设备。另外还有无线电指向标、雷达导航站等无线电导航设备。

2. 内河航标

内河航标的主要作用是准确标出江河航道的方向、界限、水深和水中障碍物，预告洪汛，指挥狭窄和急转弯水道上的水上交通，引导船舶安全航行。内河航标一般分为三等，在水路运输发达的航道上设置一等航标，夜间全部发光，保证船舶夜间和白天都能从一个航标看到下一个航标。在水路运输较发达的河段设置二等航标，它的密度比一等的稀，夜间只有主航道上的航标发光，亮度较弱。在水路运输不发达的河段设置三等航标，夜间不发光，密度稀。

内河航标主要有以下几种。

(1) 过河标。标示跨河航道的起点和终点。引导对岸的船舶过河，也引导本岸的船舶驶往对岸。

(2) 接岸标。标示沿着河岸的航道，指示船舶沿着河岸行驶。

(3) 电缆标。标示该标附近有过江电缆，指示船舶注意安全并不要在此抛锚。

(4) 水深信号杆。在浅滩两端航道附近的岸上，一般设有水深信号杆，指示航道的水深。

(5) 通行信号杆。设在对船舶行驶有危险的狭窄航道、单孔通行的桥梁、急弯、船闸等处，利用信号指挥船舶安全通过。

1.3.4 水路运输环节及组织

1.3.4.1 水路运输生产过程

水路运输生产过程即船舶将货物从发货港运至目的港的过程。一个完整的水路运输生产

过程应包括：船舶装卸前的准备工作；船舶在发货港装货，船舶载货从发货港航行至目的港；船舶在目的港卸货这几项作业。船舶每完成一次货物运输任务都必须重复这些作业，船舶完成一次完整的运输生产过程称为一个生产周期。在水路运输生产中，用航次来表示船舶运输的生产周期，航次的时间构成分为三部分：第一部分为基本作业，包括装货、卸货、上下旅客等；第二部分为辅助作业，包括装卸前的准备、开闭舱盖、办理文件等；第三部分为服务作业，包括燃料、淡水、食品等供应作业。

1.3.4.2 船舶运行组织

船舶运行组织就是对运输船舶运行活动的合理安排。船舶为了安全、迅速、经济、方便地运送旅客与货物，必须与港口、航道等环节在技术条件、营运管理上相互适应，还应该和其他运输方式等进行协调配合，所以必须对船舶运行活动进行合理安排与调整。

船舶运行组织的形式有航线形式和航次形式两种。

航线形式是指在固定的港口之间，为完成一定的运输任务，配备适合具体条件的、性能接近的一定数量的船舶，并按一定的程序组织船舶运行活动的一种船舶运行组织形式。航线形式作为一种独特的组织形式，是由航次形式在具有稳定的运输需要的航区形成和发展起来的。可见，组织航线形式的条件，首先是要有稳定而且量大的货流（客流）。

生产航次形式是指船舶的运行没有固定的出发港和目的港，船舶仅为完成某一次运输任务、按照预先安排的航次计划运行。航次形式是一种非正规的运行组织形式，它具有很大的机动灵活性，对航线形式能够起到调整和补充的作用。

单从经济角度考虑，组织航次的基本原则是：对于起讫港之间距离长、港口装卸效率高的运输任务，选派载重量大、航速高的货船去承运。在国际航行中，根据贸易与市场的需要，可组织船舶以航线形式或航次形式运行。在国内沿海及内河运输中，航线形式是船舶运输的基本组织形式，而航次形式则是一种辅助的、但不可缺少的船舶运输组织形式。

1.4 航空运输

航空运输又称飞机运输，它是在具有航空线路和飞机场的条件下利用飞机作为运输工具进行客货运输的一种运输方式。它是随着社会、经济的发展和科技进步发展起来的，而它的发展又促进了全球经济、文化的交流与发展，促进了物资流通和经济生产增长，推动了人类社会文明进步。

1.4.1 飞机基本构造与技术参数

航空运输的主要工具是飞机，现代飞机按用途主要可分为军用机和民用机两类，另有一类专门用于科研和试验的飞机称为研究机。下面主要介绍民用机。飞机是由机体、推进装置、飞行系统、机载设备四个基本部分构成的。

1. 机体

飞机机体由机翼、机身、尾翼、起落架等组成。现代民用飞机机体除起落架外，一般都是以骨架为基础加蒙皮的薄壁结构，强度高、刚度大、质量轻。

2. 推进装置

航空发动机是飞机的推进装置，主要有活塞式航空发动机、燃气涡轮发动机和冲压发动

机几种。

3. 飞行系统

飞行系统包括飞机操纵系统、液压传动系统、燃油系统、空调系统、防冰系统等。操纵系统将驾驶员发出的操纵指令传递给有关装置，改变和控制飞行姿态；液压传动系统的作用主要是传动和控制操纵系统和起落架系统等；燃油系统的主要作用是存储所需燃油并向发动机连续可靠地供油；空调系统用于抵御飞机在高空飞行时因低压、缺氧和低温给人体带来的不适；防冰系统是防止结冰给飞机飞行带来的危险，它包括防止结冰和除去结冰。

4. 机载设备

机载设备主要是指为驾驶人员提供有关飞机及其系统的工作情况的设备，通过机载设备，驾驶人员能够随时得到飞行所必需的信息，并可在飞行后向维修人员提供有关信息。

1.4.2 机场设备

1.4.2.1 机场的分类与构成

机场是供飞机起飞、着陆、维修、补充给养及组织飞行保障活动所用的场所。机场是飞机航行的经停点，也是终点站。

一般可将机场分为空侧和陆侧两部分。空侧是受机场当局控制的区域，包括飞行区、站坪及相邻地区和建筑物，进入该区域是受限制的。陆侧是为航空运输提供各种服务的区域，是公众能够自由进出的场所和建筑物。航站楼是这两部分的分界处。机场主要由飞行区、航站区及进出机场的地面交通系统三部分组成。

1.4.2.2 机场场道

机场场道包括飞行区和停机坪。

1. 飞行区

跑道是提供飞机起飞、着陆、滑跑及起飞滑跑前和着陆滑跑后运转的场地。跑道数目主要取决于航空运输量的大小。跑道长度是机场的关键参数之一，它与飞机的起降安全直接有关。跑道的方位是指跑道的走向，跑道的方位主要与当地的风向有关。飞机最好是逆风起降，过大的侧风妨碍飞机起降。跑道应有足够的宽度，应尽量避免跑道的纵向坡度及坡度的变化，以保证飞机起飞、着陆和滑跑时的安全。跑道面应具有良好的平整度和摩擦特性，以便保证飞机滑跑时的稳定性。

滑行道的的主要功能是提供从跑道到航站区的通道，使已着陆的飞机迅速离开跑道，不与起飞滑跑的飞机相干扰，并尽量避免延误随即到来的飞机的着陆。同时，滑行道也提供了飞机由航站区进入跑道的通道，且将性质不同的航站各功能分区连接起来。

为安全起见，飞机在机场起飞降落必须按规定的起落航线飞行。这样，就必须对机场附近沿起降航线一定范围的空域提出要求，即净空要求，这个空域称为机场净空区。在该空域内，不应有高障碍物和干扰导航信息的电磁环境。

2. 停机坪

停机坪包括站坪、维修机坪、隔离机坪、等待起飞机坪等。停机坪上设有机位（供飞机停放的划定位置）。航站楼空侧所设停机坪称作站坪，可供飞机滑行、停驻机位和上下旅客及加油。

1.4.2.3 机场设施与设备

1. 航站楼

航站楼（主要指旅客航站楼，即候机楼）是航站区的主体建筑。航站楼一侧连着机坪，另一侧又与地面交通系统相联系。旅客、行李及货邮在航站楼内办理各种手续，并进行必要的检查以实现运输方式的转换。旅客航站楼的基本功能是安排好旅客和行李的流程，为其改变运输方式提供各种设施和服务，使航空运输安全有序。其基本设施包括：公共大厅、候机大厅、安全检查设施、登机梯、机械化代步设施、行李处理设施、信息服务设施等。

2. 目视助航设施

为了满足驾驶员的目视要求，保证飞机的安全起飞、着陆、滑跑，应在跑道、滑行道、停机坪及相关区域设置目视助航设施，包括指示标和信号设施、标志、灯光、标记牌和标志物。

3. 地面活动引导和管制系统

地面活动引导和管制系统是指由助航设备、设施和程序组成的系统。该系统的主要作用是使机场能安全地解决运行中提出的地面活动需求，即防止飞机与飞机、飞机与车辆、飞机与障碍物、车辆与障碍物及车辆之间的碰撞等。

4. 地面特种车辆和机务设备

进出港的飞机都需要一系列的地面服务，这些服务往往都是由工作人员操作各种车辆（牵引车、加油车、客梯车、行李车、升降平台）或设备来完成的。

1.4.3 航空运输管理

1.4.3.1 基本概念

1. 航路

航路是指飞机按指定的航线由一地飞行到另一地的空中通道或空域。航路由空军划定，经国务院和中央军委批准。各部门的飞机经申请批准后在指定航路上飞行。

2. 航线

航线是航空公司开辟的从甲地航行到乙地的营业路线。

3. 航班

按照民航管理当局批准的民航运输飞行班期时间表、使用指定的航空器、沿规定的航线在指定的起讫、经停点停靠的客货邮运输飞行服务，称为航班。

1.4.3.2 航空旅客运输管理

航空旅客运输是指使用航空器将旅客从一地运往另一地的空中交通运输形式，是航空运输业的主要运输任务。

航空运输是一个复杂的生产过程，需要地面保障和空中服务等多方面工作的密切配合，通过各生产体系中有关部门的综合协调来共同完成。航空运输生产可以分成机场保障、机务维修、航行业务管理、油料供应和运输服务五个生产体系，它们在运输指挥部门的统一组织协调下，分工合作，共同完成生产任务。

航空旅客运输的任务是实施航班计划，完成将旅客和行李从始发机场安全地运送到目的机场。航空旅客运输生产过程可以分为以下五个阶段。

1. 航班计划

航空公司根据公司的发展目标、航线计划、运力、人力资源及资金等情况，在市场调查的

基础上,进行航班安排,具体确定飞行班次、航班频率和经停机场,并制定航班时刻表。航空公司和机场的所有生产活动,将以航班计划为核心进行组织安排,确保航班计划的顺利实施。

2. 市场销售

根据航班计划,航空公司市场销售部门及销售代理,在公布的订座期限内,进行航班座位销售。市场销售是航空公司回收投资的主要环节。航班座位销售将直接影响航空公司的经济效益。

3. 旅客乘机

航空公司根据航班时刻表,为旅客安排登机准备,接受旅客的行李交运。同时,机场有相关部门对旅客和行李进行安全检查,提供候机服务和查询服务。

4. 运输飞行

运输飞行阶段是具体实施运输任务的过程,分为飞行准备和飞行实施两部分。

5. 旅客离港

在飞机安全抵达目的机场后,运输服务部门安排旅客下机,卸运行李,航空公司为旅客提供查询和领取行李服务。

1.4.3.3 航空货物运输管理

1. 航空货物运输方式

航空货物运输方式主要有班机运输、包机运输、集中托运和航空快递业务。

(1) 班机运输指具有固定开航时间、航线和停靠航站的飞机。

(2) 包机运输指航空公司按照约定的条件和费率,将整架飞机租给一个或若干个包机人(包机人指发货人或航空货运代理公司),从一个或几个航空站装运货物至指定目的地。包机运输适合于大宗货物运输,费率低于班机,但运输时间则比班机要长。

(3) 集中托运是指航空货运代理公司将若干批单独发运的货物集中成一批向航空公司办理托运,填写一份总运单至同一目的地,然后由其委托当地的代理人负责分发给各个实际收货人的运输方式。

(4) 航空快递业务,是由专门经营该项业务的航空货物运输公司派专人用最快的速度,在货主、机场、用户之间传递急件的运输服务业务。

航空货物运输管理是指通过航空器将货物从一地运往另一地的空中交通运输形式,是一种快捷的现代运输方式。它具有速度快、超越地理限制、运价高、货物的广泛性和运输具有方向性(来回程运输量有差异、通常是经济发达和开放程度高的地区货运量大)等特点。

2. 航空货物运输货物种类

航空货物运输的单位成本很高,因此,主要适合运载的货物有以下几类。

(1) 急快件货物运输。

急快件货物运输,是顾客紧急需要把货物以最快的速度运达目的地。这一类货物的特点首先是需要运输的时间短,而运输费用在其次,如商业信函票证、生产部件、急救用品、救援物资,以及紧急调运物品等。

(2) 易腐货物运输。

这类物品有两种,一种是指物品本身容易腐烂变质的货物,如鲜花、海鲜、应时水果等;另一种是指物品价值与时间密切相关,对进入市场的时间要求短。

(3) 常规货物运输。

常规货物运输的对象主要是指有时间要求,不宜颠簸或容易损坏的精密仪器设备、价值

与体积比较大的贵重物品等。

3. 航空货物运输组织

航空货物运输生产任务，就是承运人按照货运单上的发运日期和航班要求，组织运力将货物运达目的地。航空货物运输生产过程大致分为货物收集、进港、运送、到港和交货等阶段。从生产性质上来看，航空货物运输生产可以分为两大部分，一部分是以货物收集为中心的货物运输市场组织和管理，另一部分是以货物运输为中心的货物进港、货物运送、货物出港和交付过程。

(1) 航空货物运输市场组织和管理。

航空货物运输市场组织的任务，就是按照市场销售计划，积极开拓货物运输市场，组织货源，收集货物，为运输生产做好充分的准备。组织航空货物运输市场主要有以下几种方式。

①直接销售。航空运输企业通过自己的销售部门或收货站，直接进行航空货物运输企业业务的销售。直接销售的业务点一般分布在运量较大的城市，可以直接组织市场。直接销售的优点是能够直接控制市场，减少中间环节，提高销售利润。

②代理销售。航空运输企业进行直接销售可以减少代理费用，但如果进行直接销售的业务量不足，将会增加销售成本，因此航空运输企业的相当一部分货运吨位通过销售代理人销售。销售代理人根据与航空运输企业之间的协议，代替航空运输企业销售空余吨位，按照协议提取代理费用。

由于航空运输企业能够提供服务的航线有限，对于本身不能运达的航线部分，航空运输企业之间通常采用联运服务。这种服务是有偿的，上一个承运人即为下一个承运人的销售代理人，它们之间通过多边协议的比例分摊来分配销售收入。

(2) 航空货物运输生产组织与管理。

航空货物运输生产的任务，是指承运人按照货运单上标注的发运日期和航班要求，组织运力将承运的货物运达目的地。

①货物运输生产计划。根据航空运输企业市场调查和预测结果，估算航空货物在各机场之间的流量和流向，确定本航空运输企业的市场目标和市场份额。在此基础上，航空货物运输企业制订货物运输生产计划，主要包括运力计划、运量计划、周转量计划、收入计划及运输综合计划等。

· 运力计划。运力计划是指市场调查和预测的基础上，根据货物运输企业飞机运力情况，预期市场目标和市场份额，计划投入航线的机型、航班数，也就是计划航线的可提供吨位。

· 运量计划。根据市场需求预测航空货物运输企业可提供的吨位和历史生产完成情况，计划货物运输企业在每条航线上的运输量及总运输量。

· 运输周转量计划。根据航线航班计划和运输量计划，制订每条航线的运输周转量计划和总周转量计划，也就是航线的运输计划。

· 收入计划。也称发运收入计划，是航空货物运输企业货运的主要收入计划，也是编制货物运输财务计划的主要依据之一。

· 运输综合计划。运力计划、运量计划、运输周转量计划和收入计划等，都是货物运输生产计划的一部分，在上述计划的基础上，将各分类计划的有关总量指标汇集在一起，形成运输综合计划，以反映货物运输企业计划年度的主要运输指标、收入指标和发展情况等。

②货物进出港生产组织与管理。航空货物运输市场销售部门接手的交运货物，一般在机

场组织进出港生产过程。航空货物运输企业通常委托航线上机场进行货物进出港组织和管理，大型航空货物运输企业一般在基地机场自行组织货物进出港生产。

货物的进出港是一个组织严密的生产过程，有严格的工序控制和定时要求，涉及的部门多，需要统一组织和协调，密切合作，共同完成。图 1-7 简要描述了航空货物进出港的过程。

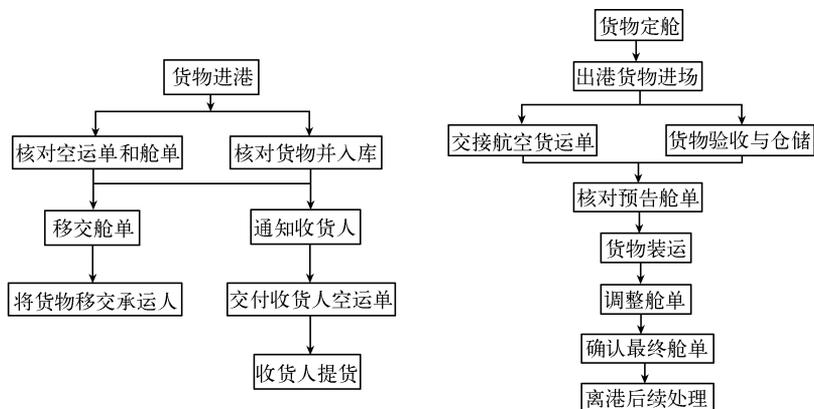


图 1-7 航空货物进出港的过程

1.4.3.4 空中交通管制

空中交通管制，是为避免飞行中飞机相撞及飞机与机场内的物体相撞而适用的一套管理设备与规则，在航空运输中发挥着重要作用。它的主要目的是：飞机按计划飞行，保障工作有条不紊；维护飞行秩序，合理控制空中交通流量，防止飞机之间、飞机与障碍物之间相撞，保证飞行安全；对违反飞行管制的现象，查明情况，进行处理。空中交通管制由空中交通管制机构、程序管制和雷达管制三部分组成。

1. 空中交通管制机构

空中交通管制机构包括空中交通服务报告室、塔台管制室、进近管制室、区域管制中心和全国交通管制中心（中国民航局调度室）。

2. 程序管制

程序管制是依照《空中交通管制规则》、机场和航路的有关规定，依靠通信手段进行管制的方法。它要求机长报告飞行中的位置和状态，管制员依据飞行时间和机长的报告，通过精确的计算，掌握飞机的位置和航迹。程序管制的主要职责是为飞机配备安全间隔。

3. 雷达管制

雷达管制是依照《空中交通管制规则》、依靠雷达监视的手段进行管制的方法。它对飞行中的飞机进行雷达跟踪监视，随时掌握飞机的航行位置和有关的飞行数据，并主动引导飞机运行。

1.5 管道运输

管道运输是指利用管道输送气体、液体和粉状固体的一种运输形式。管道运输已有 130 多年的历史，在各主要工业国均已成为独立的技术门类，形成庞大的工业体系，与铁路、公路、水路、航空运输等并列为五大运输方式。与其他运输方式相比，管道运输具有运量大、运距短、安全性好、劳动生产率高、耗能低、运费低等优点。但其运输方式不灵活，承运货

物比较单一，因此适用于单向、定点、量大的货物运输。

1.5.1 输油管道

1.5.1.1 基本组成

输油管道由输油站和管线两大部分组成，输送轻质油或低凝点原油的管道不需要加热，对易凝、高黏油品，需要采用加热输送的方法。热油输送管道不仅要考虑摩阻的损失，而且还要考虑散热损失，输送工艺更为复杂。

1. 输油站

输油站包括首站、末站、中间输油站。输油管道的起点称为首站，其任务是集油，经加压向下一站输送，故首站的主要设备除输油机泵外，一般有较多的油罐。输油管道沿途设有中间输油站，其任务是对所输送的原油加压、升温。中间输油站的主要设备有输油泵、加热炉、阀门等。末站接收输油管道送来的全部油品，供给用户或以其他方式转运，故末站有较多的油罐和准确的计量装置。

2. 输油管道的线路（即管线）部分

输油管道的线路包括管道，沿线阀室，穿越江河、山谷等的设施和防腐保护设施等。为保证长距离输油管道的正常运营，还设有供电和通信设施。

1.5.1.2 主要设施

1. 离心泵与输油泵站

离心泵是一种将机械能（或其他能量）转化为液体能的水力机械，它也是国内外输油管线广泛采用的原动力设备，是输油管线的“心脏”。离心泵通过离心力的作用完成介质的输送任务。当离心泵内充满液体时，叶轮旋转产生离心力，叶轮槽中的液体因此被甩向外围而流进泵壳，使叶轮中心压力降低并低于水池液面压力，液体在此压力差下流进泵壳，通过泵的不断吸入和压出，完成液体输送。

输油泵站的基本任务是供给油流一定的能量（压力能或热能），将油品输送到终点站（末站）。输油泵站包括生产区和生活区两部分，生产区又可以分为主要作业区和辅助作业区。主要作业区的设备包括输油泵房、总阀室、清管器收发装置、计量间、油罐区、油品预处理装置（多设于首站）、加热炉和换热器组等。

2. 输油加热炉

在原油输送过程中对原油采用加热输送的目的是使原油温度升高，防止输送过程中原油在输油管道中凝结，减少结蜡，降低动能损耗。通常采用加热炉为原油提供热能。加热炉一般有辐射室（炉膛）、对流室、烟囱和燃烧设备。加热方法有直接加热和间接加热两种。直接加热方式是使原油在加热炉炉管内直接加热，即低温原油先经过对流室炉管被加热，再经过辐射室炉管被加热到所需要的温度。

3. 储油罐

储油罐是一种储存石油及其产品的设备。油罐按建造方式可分为地下油罐（罐内油品最高液面比相邻自然地面低 0.2 m 及其以上）、半地下油罐（油罐高度的三分之二左右在地下）和地上油罐（油罐底面在地面或高于地面）三种。油罐按建造材料可分为金属油罐和非金属油罐两种。一般地，应用较为广泛的是钢质金属油罐，安全可靠，经久耐用，施工方便，可储存各种油品。非金属油罐一般建在地下或半地下，用于储存原油或重油，容积

小，易于搬迁，非金属油罐抗腐蚀能力比金属油罐强，缺点是易渗漏，不宜储存轻质油品。

4. 管道系统

输油系统一般采用有缝或无缝钢管，大口径者可采用螺旋焊接钢管。无缝钢管壁薄、质量轻、安全可靠，但造价高，多用于工作压力高、作业频繁的主要输油管线上。焊接钢管又称为有缝钢管，是目前输油管道的主要用管。

5. 清管设备

油品运输过程中，管道结蜡使管径缩小，造成输油阻力增加、输油能力下降，严重时可使原油丧失流动性，导致凝管事故。处理管道结蜡有效而经济的方法是机械清蜡，即从泵站收发装置处放入清蜡球或其他类型的刮蜡器械，利用原油输送泵输送原油在管内顶挤清蜡工具，蜡清除并随油输走。我国目前普遍应用的清管器有机械式清管器和泡沫式清管器两类。

6. 计量及标定装置

为保证输油计划的完成，加强输油生产管理，长输管线上必须对油品进行计量，以及及时掌握油品的收发量、库存量及耗损量。管道上常用的流量计有容积式流量计和涡轮式流量计两种。计量系统由流量计、过滤器、温度及压力测量仪表、标定系统及排污管五部分组成。

1.5.1.3 管道防腐措施

在管道运输中，管道和储油罐的防腐措施主要有以下几种。

- (1) 选用耐腐蚀材料制造的管道。
- (2) 在输送或储存介质中加入缓蚀剂以抑制管道的内壁腐蚀。
- (3) 在管道内外壁采用防腐绝缘涂层，将钢管与腐蚀介质隔离。
- (4) 采用阴极保护法。

1.5.2 输气管道

1.5.2.1 基本组成

输气管道系统主要由矿场集气管网，干线输气管道（网），城市配气管网及与此相关的站、场等设备组成。这些设备从气田的井口装置开始，经矿场集气、净化及干线输气管道输送，再经城市配气管网送到终端用户，形成一个统一的、密闭的输气管道系统。输气管道系统如图1-8所示。

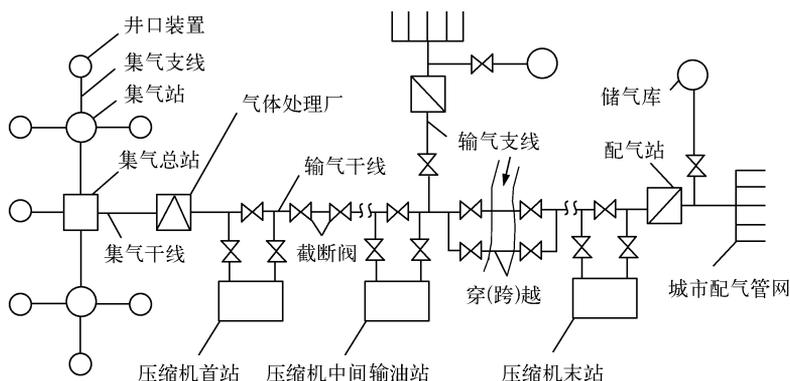


图 1-8 输气管道系统

1.5.2.2 主要设备

输气管道系统由矿场集气管网、输气站、干线输气管网、城市配气管网四部分组成。

1. 矿场集气管网

集气过程指从井口开始，经分离、计量、调压、净化和集中等一系列过程，到向干线输送为止。集气设备包括井场、集气管网、集气站、天然气处理厂、集气总站等。一般气田集气有单井集气和多井集气两种流程。单井集气方式下的每一口井场除采气树外，还有一套独立完整的节流（加热）、调压、分离、计量等工艺设施和仪表设备。多井集气方式下，井场只有采气树，气体经初步减压后送到集气站，集气站将气体通过集气管网集中于集气总站，外输至净化厂或干线。

2. 输气站

输气站又称为压气站。核心设备是压气机和压气机车间。任务是对气体进行调压、计量、净化、加压和冷却，使气体按要求沿着管道向前流动。由于长距离输气需要不断供给压力能，故沿途每隔一定距离（一般为 110~150 km）设置一座中间压气站。压缩机（压气机）是提高气体压力、输送气体的机器。输气管线上的压缩机主要是容积型的活塞式往复压缩机和速度型的离心式旋转压缩机。

3. 输气干线

干线是指从矿场附近的输气首站开始到终点配气站为止的管道，由于输气管道输送的介质是可以压缩的，其数量与流速、压力有关。压缩机站与管道是一个统一的动力系统。压缩机的出站压力就是该站所属管道的起点压力，终点压力为下一个压缩机站的进站压力。一般地，输气管道可以有一个或多个压缩机站。

4. 城市配气

城市配气管网是指从配气站（即干线终点）开始，通过各级配气管网和气体调压，按用户要求直接向用户供气的过程。配气站是干线的终点，也是城市配气的起点与枢纽。气体在配气站内经分离、调压、计量和添味后输入城市配气管网。城市一般都设有储气库，可调节输气与供气间的不平衡。

1.5.2.3 增加输气管道输气能力

输气管道在生产过程中常常需要进行扩建或改造，目的在于提高输气能力并降低能耗。当输气管道最高工作压力达到管路强度所允许的最大值时，可采用铺设副管、倍增压气站两种方法来提高输气能力。前者需要扩建原有压气站、增加并联机组；后者是通过在站间增建新的压气站、减少站间管路长度，从而提高输气管道的通过能力。

1.5.3 固体物料的浆液管道

用管道输送各种固体物质的基本措施是将待输送固体物质破碎为粉粒状，再与适量的液体配置成可泵送的浆液，通过管道把这些浆液输送到目的地后，再将固体与液体分离送给用户。目前浆液管道主要用于输送煤、铁矿石、磷矿石、铜矿石、铝矾土和石灰石等矿物，配置浆液的主要是水，还有少数采用燃料油或甲醇等液体作载体。

1.5.3.1 基本组成

固体物料浆液管道的基本组成与输油、输气管道大致相同，但还有一些制浆、脱水干燥设备。以煤浆管道为例，整个系统包括煤水供应系统、制浆厂、干线管道、中间加压泵站、

终点脱水与干燥装置。它们也可以分为三个不同的组成部分：浆液制备系统、中间泵站、浆液后处理系统。

1.5.3.2 主要设备

固体物料浆液管道设备由浆液制备系统、中间泵站、后处理系统三部分组成。

1. 浆液制备系统

以煤为例，煤浆液制备过程包括洗煤、选煤、破碎、场内运输、浆化、储存等环节。为了清除煤中所含的硫及其他矿物杂质，一般要采用淘洗法、浮选法对煤进行精选，也可采用化学法或细菌生物法。从煤堆场用皮带输送机将煤输送至储仓后，经振动筛粗选后进入球磨机进行初步破碎，再经第二级振动筛筛分后进入第二级棒磨机掺水细磨，所得粗浆液进入储浆槽，由提升泵送至安全筛分，筛分后进入稠浆储罐。在进行管道输送之前，为保证质量要求，需进行检验，不合格的需返回重新处理。

煤浆管道首站一般与制浆厂合在一起，首站的增压泵从外输罐中抽出浆液，经加压后送入干线。

2. 中间泵站

中间泵站的任务是为煤浆补充压力能，停运时则提供清水冲洗管道。输送煤浆的泵也可分为容积式与离心式两种，其特性差异与输油泵大致相同。

3. 后处理系统

后处理系统主要包括脱水、储存等部分。影响脱水的因素主要有浆液温度与颗粒含量。浆液先进入受浆罐或储存池，然后再用泵输送到振动筛中区分为粗、细浆液。粗浆液进入离心脱水机，脱水后的颗粒可直接输送给用户，排出的废液输入浓缩池，与细粒浆液一起，经浓缩后再经压滤机压滤脱水，最后输送给用户。由于管道中流动的浆流是固液两相的混合物，其输送过程中除了要保证稳定流动外，还要考虑其沉淀的可能，尤其是在流速降低的情况下。

1.5.4 管道运输管理与组织

在管道运输过程中，利用技术手段对管道运输实行统一指挥和调度，以保证管道在最优化状态下长期安全而平稳地运行，从而获得最佳经济效益。

1.5.4.1 管道运输生产管理的主要内容

管道运输生产管理包括管道输送计划管理、管道输送技术管理、管道输送设备管理和管道线路管理。前两者又合称为管道运行管理，是生产管理的核心。

1. 管道输送计划管理

根据管道所承担的运输任务和管道设备状况编制合理的运输计划，以便有效地进行生产。首先编制年度计划，根据年度计划再编制月计划、批次计划、周计划等。根据这些计划安排管道全线运输计划，编制管道站、库的输入输出计划等。

2. 管道输送技术管理

根据管道输送货物的特性，确定输送方式、工艺流程和管道运行的基本参数等，以实现管道生产最优化。包括检测管道运行状况、分析运输条件变化、采取适当措施调整运行参数以充分发挥输送设备效能。

3. 管道输送设备管理

对管道站、库的设备进行维护和修理，以保证管道的正常运行。

4. 管道线路管理

对管道线路进行管理，以防止线路受到自然灾害或其他因素的破坏。

1.5.4.2 管道运输生产管理的检测和监控

管道运输线路长，站、库多，输送的货物易燃、易爆、易凝或易沉淀，且需要在较高的输送压力下连续运行。这样，要求管道生产管理具有各种可行的监控技术设备，主要有管道监控、管道流体计量、管道通信。

管道监控是指利用仪表和信息传输技术测试全线各站、库和线路上各测点的运行工况参数，作为就地控制的依据，或输给控制室作为对全线运行工况进行监视和管理的依据。管道流体计量是指为管道管理而提供传输量和油、气质量的参数，是履行油品交换、转运和气体调配所必需的。管道通信是指管道全系统利用通信系统交流情况，传递各种参数信息，下达调度指令，实现监控。通信系统对管道管理水平的提高起着重要的保证作用。

本章小结

交通运输是文明社会从混乱走向有序所需要的工具之一，随着科学技术的进步，交通运输方式也在不断发展变化。从经济、环境、社会和政治各个方面来看，交通运输无疑是世界上最重要的行业。它既衔接生产和消费，又保证政治、经济、文化、军事等多方面的沟通。

现代交通运输方式主要包括铁路、公路、水路、航空和管道五种基本的运输方式。各种运输方式有着各自不同的特点，分别适用于各种不同的旅客运输和货运要求，必须协调发展才能使其优势发挥到最大。本章要求学生掌握这几种运输方式的运载工具、线路设备、运营方式及技术经济特征、适用范围，对五种运输方式有一个全面的了解。



复习思考题

一、基本概念

编组站 高速公路 集装箱船 航空运输生产过程 航班

二、选择题（含多选）

- 铁路主要技术标准包括：（ ）。
 - 正线数目、限制坡度
 - 最小曲线半径、牵引种类
 - 机车类型、机车交路
 - 车站分布
 - 到发线有效长度、闭塞类型
- 从原动力来看，铁路机车可分为：（ ）。
 - 蒸汽机车
 - 旅客运输机车
 - 内燃机车
 - 电力机车
 - 货运机车
- 我国铁路运输工作的计划主要包括：（ ）。
 - 运输计划、运输方案
 - 列车编组计划
 - 列车运行图
 - 技术计划
 - 工作计划
- 在公路单车道上或路面不宽的双车道上，对向行驶的车辆未能及时或无法错车，只

- 能相对停车避免碰撞所需的最短距离称为（ ）。
- A. 停车视距 B. 超车视距 C. 会车视距
D. 倒车视距 E. 刹车视距
5. 一个完整的水路运输生产过程应包括：（ ）。
- A. 船舶装卸前的准备工作 B. 船舶在出发港装载货物或旅客
C. 船舶从出发港航行至目的港 D. 船舶在目的港卸载货物或旅客
E. 船舶返回出发港
6. 航空旅客运输生产过程可以分为（ ）几个阶段。
- A. 航班计划 B. 市场销售 C. 旅客乘机
D. 运输飞行 E. 旅客离港
7. （ ）是指在市场调查和预测的基础上，根据公司飞机运力情况，预计市场目标和市场份额，计划投入航线的机型、航班数，也就是计划航线可提供的吨位。
- A. 运输综合计划 B. 收入计划 C. 周转量计划
D. 运力计划 E. 运量计划
8. 管道运输生产管理包括：（ ）。
- A. 管道输送计划管理 B. 管道输送技术管理 C. 管道输送设备管理
D. 管道线路管理 E. 管道生产管理

三、问题与思考

1. 简述铁路线路的构成。
2. 铁路货车主要有哪些种类？它们的作用各是什么？
3. 铁路运行图的作用是什么？
4. 高速公路和一般公路相比，有哪些特殊性？
5. 简述公路货运过程。
6. 干货船主要有哪些种类？它们各有何作用？
7. 根据顾客需求，航空货运主要有哪几类？
8. 简述管道输油的过程。
9. 简述管道输气的过程。