

# 国外铁路一些先进技术的 现状和展望

铁道部科学技术情报研究所

1 9 7 8 . 2 .

# 毛主席语录

我们的方针是，一切民族、一切国家的长处都要学，政治、经济、科学、技术、文学、艺术的一切真正好的东西都要学。

外国一切好的经验，好的科学技术，我们都要吸收过来，为我们所用。拒绝向外国学习是不对的。当然，迷信外国认为外国的东西都是好的，也是不对的。不论是迷信苏联，还是迷信西方，都不对。正确的态度应当是尊重科学，破除迷信。

# 目 录

前言	(1)
一、牵引动力	(1)
二、客货车辆	(12)
三、轨道	(15)
四、桥梁	(21)
五、隧道	(30)
六、铁路信号	(33)
七、编组站自动化	(38)
八、铁路通信	(42)
九、铁路运输	(49)

# 国外铁路一些先进技术的现状和展望

## 前 言

在党的第十一次全国代表大会和英明领袖华主席抓纲治国战略决策的指引下，全国铁路的形势越来越好，揭批“四人帮”的斗争不断深入，普及大庆式企业的群众运动蓬勃开展，生产蒸蒸日上。

新中国的铁路运输业在伟大领袖和导师毛主席、敬爱的周总理和英明领袖华主席的亲切关怀下，在毛主席革命路线指引下，二十八年来有了很大的发展。伟大领袖毛主席号召我们：“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。”这就要求尽快地实现农业、工业、国防和科学技术的现代化。在实现四个现代化中，关键是科学技术的现代化，为此，铁路运输业的现代化也将是从铁路的科学技术现代化入手。

为了铁道科学技术的现代化，就要把“外国一切好的经验，好的科学技术，我们都要吸收过来，为我们所用。”因此，了解外国铁路技术目前所达到的先进水平及其未来的发展，对我国铁路科技现代化和赶超世界先进水平，应是有参考价值的。

## 一、牵 引 动 力

### (一) 综 述

#### 1. 发展速度

以电力和内燃牵引取代蒸汽机车，美国约用了十二年；英国约用了十七年；法、日、西德、苏联等国约用了二十余年。其中发展最快的阶段，都只在十年左右便打下基础。

电力牵引的发展速度苏联最快，1960~1970年间，平均每年发展电气化铁路2,004.7公里；在此期间，西德平均每年发展486.4公里；法国237.1公里；日本297.5公里。

为发展内燃牵引而生产内燃机车的最高年份，美国1951年生产2,537节；苏联1966年生产1,529节；西德1960年生产1,110节；英国1960年生产1,007节。电力机车的生产，美国1953年生产1,425节；苏联1963年生产643节；西德1958年生产431节。

展望未来，英、美两个以内燃牵引为主的国家将趋向于发展部分电力牵引；其他各国仍将在不同程度上继续发展电力牵引。

#### 2. 提高功率

为了高速、多拉，各国牵引动力的平均功率都在逐年增加。目前生产的电力机车，最大的是西德 E 103 型，持续功率7,440千瓦（10,100马力），十分钟瞬时功率可达10,400千瓦

(16,800马力)；瑞士 Re 6/6 型电力机车，持续功率7,250千瓦 (9,857马力)，小时制功率达到8,010千瓦 (11,000马力)。内燃机车单发动机机车以苏联 TЭП75 型6,000马力为最大，法国的 CC 72075 型4,800马力次之；双发动机机车则以美国 DD40 X 型6,600马力最大，西德 NY7 型5,400马力次之。

在发展中，未见到各国研制更大马力电力机车的计划；但大马力内燃机车的研制与生产还在进行，法国已研制出7,200马力的机车柴油机；西德声称可以生产8,000马力，双发动机的液力传动内燃机车。但是机车功率的增加，主要是为需要，不能认为持续地向大马力发展是方向。

### 3. 客运动车组

目前电力、内燃、燃气轮三种客运动车组都在使用，发展也较快。1975年，法国有电动车1,788节，内燃动车1,972节，燃气轮动车148节；西德有电动车1,193节，内燃动车943节，燃气轮动车5节；日本有电动车13,588节，内燃动车5,419节。

日本在新干线上运用的电动车组，最高速度为250公里/小时；法国试运行的 Z 7001 型电动车为300公里/小时。内燃动车组的最高速度一般为160公里/小时，英国投入运营的 HST 动车组已达200公里/小时。法国制成的 TGV 燃气轮动车组的构造速度为300公里/小时。

最近由于燃油涨价而起的经济性问题，英国已经在1974年决定停止发展燃气轮动车，现正研制 APT 高速电动车组，计划先制造三列 APT-P 型样车，第一列已在1977年末制成，其余二列将在1978年秋投入试运，1980年定型投产，运行速度200公里/小时。与此同时，法国也正在研制 TGV 高速电动车组，原 TGV 燃气轮动车组将在非电气化的一些线路上使用。

为了不改造旧线弯道即可提高行车速度，美、法、英、意、西德等国已研制出高速动车的各式摆式车体，加上改进转向架结构和车轮踏面锥度等，一般认为可以在原弯道的允许速度上提高行车速度40%。

动车由于轴重较轻和阻力较小，因此所需功率也较低。如以电力牵引400吨列车，速度150公里/小时为例，平道机车牵引时，需功率3.65千瓦/吨，而用动车时则只为3.17千瓦/吨；在5%坡道时，机车牵引需5.70千瓦/吨，用动车时则为5.21千瓦/吨。所以，使用动车同时也节约了能量的消耗。

### 4. 车体及走行部

车体采用全承载式车体，使用不锈钢或轻质合金；工艺上发展焊接结构；采用空气弹簧等弹性联接；广泛以橡胶件作为摩擦件和减振件，是车体及其与走行部联结的一些发展。新造机车中，司机室采用空气调节已较普遍，减低噪音正在受到重视。

由于速度的提高，采用流线型外型以减少空气阻力各国已十分注意，进行了较多的研究，把空气动力学的一些理论应用到新型高速机车上也取得了一定成果。

为满足高速、多拉的要求，机车转向架的设计正不断改进。采用滚动轴承、不锈钢材料、橡胶轴箱支承等多种新材料，对转向架的性能也有较大的提高。法国在电力机车、电传动内燃机车上采用单电机转向架，体现了不少的优点，但也存在着一定的问题，因此还未被其他国家所采用（苏联正在考虑）。牵引电机采用全悬挂以减少簧下重量，已较普遍地被认为是提高速度后应有的措施。

对于轴式，目前两轴、三轴、四轴的转向架都有使用，英国、苏联有人提出以两轴转向架代替三轴和四轴转向架联用，它有利于通过小弯道、可以减少对线路的作用，而且适合于在窄轨铁路上发展大功率机车。但这样是否会在走行中造成轴重分配的不平衡，还有不同的看法。

研究轮轨关系，其相互作用力和磨耗情况，是目前国外比较重视的问题。英、美、西德等国都在集中一定的人力加以研究。例如，初步认为改变车轮踏面的锥度，便可大大减少轮缘对钢轨的磨耗。通过轮轨两者作用力的研究以改进机车走行部和线路上部建筑的研究也在进行中。

## 5. 标准化、系列化与通用化

将机车和动车予以定型，形成系列，使部件标准统一、相互通用，对生产、使用、维修都带来极大的好处，已是各国共同注意的问题。

法国已在进行把电力机车和电传动内燃机车的转向架、牵引电机以及可以通用的部件都统一起来可以互换；内燃机车柴油机向 AGO-240 及 PA 6-280 两种型式统一，以改变缸数适应不同马力机车的要求而成为系列。

美国铁路公司虽多，但所用机车都是两大公司产品，通用动力公司 (GM) 的产品占 70%；通用电气公司 (GE) 的产品占 20%。这两家公司生产的柴油机、发电机、牵引电机及其他辅助设备都是同一的。每家公司所生产的各种功率型号的内燃机车都只用一种柴油机，一至二种电机、电器。

日本的电力机车确定两种为标准型，并以此为新机车发展的基础。基本上只使用一种标准系列的牵引电动机。

西德内燃机车提出今后主要用 MTU 956 型系列柴油机。

苏联的内燃机车柴油机据称今后将以 Д 70 和 Д 49 两种为主。

## 6. 节约能量消耗

改进机车，提高热效率，是节约能量的主要途径；与此同时，对机车新能源的研究也在进行。这方面的发展很快，途径也很多。例如，在电力机车上实现再生制动，据称可节约能源 10%。在新能源的探索中有钠硫电池的研究，飞轮贮能器的研究等等，但都不成熟。

据苏联统计和估计，换算为每万吨公里的标准燃料消耗量，电力机车在 1969 年为 53 公斤，1972 年为 48 公斤；预计到 1980 年可能降到 34.1 公斤，1990 年达到 28.2 公斤（均指火力发电）。内燃机车 1969 年为 50 公斤，1972 年仍为 50 公斤，估计到 1990 年可能降到 41 公斤。

能量的节约和能源的综合利用密切相关，外国停用蒸汽机车固然主要是从经济性着眼，但节省大量煤炭作为其他工业原料，以使其能更好地综合利用，从国民经济的出发点来看，意义尤为重大。采用电力和内燃新型牵引动力后，据苏联统计在近二十年中单位能量消耗降低了 80%，劳动生产率提高两倍，节约运营费 300 亿卢布。

## 7. 长交路与轮乘制

新型牵引动力的采用，在组织运营上必然也要变革才能发挥其优点。电力、内燃牵引都可作长途行驶，因此延长机车交路后便可提高机车运用效率，减少机车及其维修基地。苏联 1975 年全路货运机车的平均日车公里是 510 公里。70% 的机车交路在 500 公里以上，有的达

800~1,000公里；日本东海道新干线电动车组的交路为1,118公里；美国和加拿大有着更长的机车交路。

机车交路的延长，必然采取轮乘制。同时需要改革检修制度以保证机车质量，这已是外国铁路共同的情况。

## (二) 电 力 牵 引

### 1. 电力机车

#### (1) 电力机车的现有水平

对牵引动力的总的要求，是增大功率、提高速度、运用可靠、检修方便。电力机车由于本身不带原动机，不受其重量和尺寸的限制，便于容纳现代科学技术的最新成就，磨损部件也少，因而易于实现上述要求。

几个国家的大功率和晶闸管电力机车见下表。目前电力机车的轴功率多为800~1,000千瓦(1,080~1,360马力)。瑞士 Re 6/6 型机车的轴功率高达1,300千瓦(1,800马力)。机车的单位重量功率近二十年来增大一倍以上，达到50~65千瓦/吨的水平。

几个国家的晶闸管和大功率电力机车

表1-1

国家	机车型号	制造年代	用途	小时制功率(瓩)	构造速度(公里/小时)	重量(吨)	轴式	电 流 制	备 注
西德	E 103	1970	客运	7,440 (持续制)	200	116	C <sub>0</sub> -C <sub>0</sub>	单相交流15千伏, 16赫	单相交流整流子牵引电动机
	E 1200	1976	货运 (矿山)	1,500 (轮周功率)	60 (牵引速度)	88	B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub>	同上或50赫	晶闸管变频调速, 三相交流鼠笼式异步牵引电动机。
苏联	BJ180T	1971	货运	6,520	110	184	2(B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub> )	单相交流25千伏, 50赫	电阻制动
	BJ180P	1975	货运	6,520	110	184	2(B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub> )	单相交流25千伏, 50赫	晶闸管相控调压, 再生制动
	BJ183	1976	货运	7,200	110	208±3%	2(B-B)	单相交流25千伏, 50赫	晶闸管变频调速, 同步型无整流子牵引电动机, 单电机转向架
瑞典	Rc <sub>2(3)</sub>	1969		3,600	135 (160)	76.8	B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub>	单相交流15千伏, 16赫	晶闸管, 它励牵引电动机
瑞士	Re6/6	1972	货运	8,010	140	120	B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub>	单相交流15千伏, 16赫	单相交流整流子牵引电动机
法国	BB 7200	1975	客运	4,650	180	84.8	B-B	直流1.5千伏	晶闸管, 斩波调压
	BB15000	1970	客运	4,650	180	87.9	B-B	单相交流25千伏, 50赫	晶闸管, 再生制动
	CC21000	1969	客、货运	6,000	220/100	119	C-C	直流1.5千伏, 单相交流25千伏, 50赫	晶闸管, 电阻制动

由于机车设备的可靠性和寿命不断提高，并且向减少维修或不需维修的方向发展，从而使机车的运用可靠性提高，运用费用降低。例如，瑞典的30台  $Rc_2$  型电力机车的运行故障率（晚点15分钟以上或求援）仅为5次/100万公里。法国近二十年来机车维修工时减少75%。

## （2）电力电子技术在机车主回路中的应用

电力机车的技术进展，突出地表现在电力电子技术的应用上。五十年代末，国外开始将大功率硅整流器应用在工频交流电力机车上，六十年代，硅整流器迅速取代了水银整流器。1976年，晶闸管电力机车在瑞典交付运用，以后有更多的国家生产这种机车。与此同时，有些国家开始尝试打破电力机车和电传动内燃机车历来采用直流串励牵引电动机的传统，利用晶闸管特性，将直流它励电动机和交流无整流子电动机用于铁路牵引。特别是后者，是将交一直流电传动变为交一直一交流（或交—交流）电传动的一次重大革新。

晶闸管相控调压可使机车实现平滑调速，改善粘着性能，而且易于实现各种闭环控制，使机车自动按照一定要求运行，进行自动控制。同时，由于电子系统的反应灵敏度高，从而大大提高了保护系统的效能。利用晶闸管还可以在机车的主回路中取代许多有接点的强电电器如调压开关、反向器、磁场削弱接触器和削弱电阻等。目前晶闸管相控调压还存在功率因数降低和谐波干扰增加问题未完全解决。

它励电动机的自然特性不符合铁路牵引的要求，但由于应用晶闸管可以方便地按照牵引要求调节励磁，这就为在机车上利用其较好的防空转特性创造了条件。此外，还能解决采用串励电动机进行电阻制动时串励改它励，线路转换复杂的问题。瑞典先在  $Rc_1$  型，随后在  $Rc_2$ 、 $Rc_3$ 、 $Rc_4$  型电力机车上采用了这种电动机，其它一些国家也正在电力机车或内燃机车上进行这方面的试验。

它励电动机虽比串励电动机有一定优点，但本质上仍未克服直流电动机的固有缺点：有整流子和炭刷，维修不便，制造复杂，成本高，体积、重量大等。根本性的改革，则是采用交流无整流子牵引电动机。其主要优点是：结构简单，工作可靠，维修少，造价低，省铜；由于转速高，在相同功率下电动机重量轻、体积小、轴短，因而装在轮轴之间极为有利，可以简化悬挂方式和转向架结构，改善机车走行性能；另外，由于机械特性较硬，可以有效地抑制空转，等等。

交流无整流子牵引电动机包括异步型和同步型两种。首次成功地采用三相交流鼠笼式异步电动机的机车，是西德在1971年制造的 DE-2500 型内燃机车。随后，西德又经过一系列试验研究，在1976年11月将第一批六台采用这种电动机的矿山用 E1200 型电力机车交付运用，并且正在完成五台 E120型干线电力机车的定货。新机车持续功率4,400千瓦，20分钟功率5,600千瓦，将于1978~1979年交货。瑞士、英、美、法、苏、日等国也在进行试验。苏联和日本还在进行将同步型晶闸管电动机用于铁路牵引的试验。苏联的装车试验开始于1967年，据1975年报道，已根据研究试验结果，完成 BJI 83 型电力机车的技术设计，准备批量生产，第一台样机已在1976年出厂，新机车功率为7,200千瓦，采用单电机转向架，带有再生制动。BJI 83型机车的特点之一，是粘着系数高达0.4，粘着重量利用系数达0.904。日本已有同步型晶闸管电动机的系列产品，在铁路电动车上装有110千瓦的试验用机型（MT970、MT 971）。

关于异步型与同步型牵引电动机的比较问题，苏联、西德均有探讨。

异步机本身结构简单，但是所用强制换流变频器结构复杂，晶闸管只能由触发脉冲导通，关断要采取特殊措施，对晶闸管的要求也很高。同步机所用自然换流变频器的结构简



单, 其特性能使晶闸管按需要触发, 自行关断, 而且易于实现再生制动, 但为解决起动时的换流、调压问题, 也要附加强制换流、平滑调压的电子装置。同步机仍有滑环和炭刷的问题, 结构较复杂, 为避免此问题, 若用同步单极电动机时, 则提高转速的结果, 又要求二级传动或行星齿轮传动。同步机的力矩特性可使其在某一固定电压下恒功运行的转速范围大于异步机, 但其起动力矩是“步进电机”的特性, 又不如异步机理想。两种牵引电动机的比较可列成下表, 西德 BBC 公司认为: 同步机需要更多的辅助装置, 因而以采用异步机更为有利。

两种无整流子牵引电动机传动方式的比较

表 1-2

名 称	异步机传动	同步机传动
存在启动问题		○
强制换流变频器, 频率、电压可调	○	
需要特殊的晶闸管	○	
自然换流变频器, 频率可调		○
启动用强制换流辅助变频器		○
分别用电子装置调压		○
电机励磁有专用电子装置		○
用单极电机时要二级减速		○
电动机不可并联		○

此外, 采用交一直一交流异步牵引方式, 还更有利于解决提高机车功率因数和减少通信干扰问题。苏联同步牵引机车 BJI 83 型的功率因数为 0.86, 不低于一般硅整流器电力机车的水平; 而西德异步牵引机车 E 120 型通过四象限控制器可使机车的功率因数接近于 1。

采用交流无整流子牵引电动机的问题, 已经引起各国越来越广泛的重视。据介绍, 在 1980 年以后, 西德联邦铁路将随着电力电子技术的逐步完善, 对全部电力机车进行改造, 将来全要采用交一直一交流电传动异步牵引的机车。

### (3) 传统的牵引电动机的改进

提高电力机车的功率, 关键在提高牵引电动机的功率。近年来各国对改进传统的牵引电动机方面也作了很大努力。目前, 牵引电动机功率单独传动的普遍达到 800~1,000 千瓦 (1,080~1,360 马力), 组合传动的接近 3,000 千瓦 (4,083 马力)。牵引电动机的单位重量功率最高已达 348 瓦/公斤 (瑞士 Re 6/6 型机车所用牵引电动机)。牵引电动机功率的提高是增强绝缘介质强度、传热性能和提高转速的综合结果。国外已较普遍地采用 F 级和 H 级绝缘材料, 如环氧树脂、Nomex 纸、Kapton 薄膜等。由于在可能范围内增大铁芯直径、减小电枢长度、以及用钨电极惰性气体保护焊接整流子片, 以提高强度等, 电枢和整流子的圆周转速已分别达到 80 米/分和 60 米/分, 这被认为是接近当前技术条件下的极限值。

### (4) 制动系统的改进

电力机车的制动系统, 除空气制动外, 还采用电阻制动、再生制动。近年来, 由于高速行驶的需要, 还出现了一些新型制动方式, 如盘形制动、电磁涡流制动、电磁轨道摩擦制动等。当列车运行速度超过 140 公里/小时时, 必须有几种制动方式配合使用, 才能达到在足够短的距离内制动停车的目的。

## 2. 接触网

电气化铁路接触网的悬挂系统的选择，应能保证提高行车速度与增加列车重量和密度的需要，同时还应考虑到减轻安装和维修工作，简化设备，降低造价和提高可靠性等因素。

日本山阳新干线电动车组的运行速度为200公里/小时，将来还要提高到250公里/小时。新干线采用复链形悬挂接触网和大截面导线，并施以较大的张力补偿。日本认为这种悬挂系统是适合上述行车速度的。

更多的国家则采用较轻型的单链形悬挂系统。英国早期采用复链形悬挂，当时行车速度仅120公里/小时，后来通过一系列高速试验表明：具有一定弛度的单链形悬挂能够满意地用在行车速度为160公里/小时的线路上，而且早期接触导线和承力索都用镉铜，现在承力索改用钢铝复合材料，接触导线改用冷拉铜线，经过以上改进，使每公里电气化线路的投资减少约29%。

法国多年以来选用单链形悬挂，行车速度达190公里/小时，并且认为只需在张力上略加修改，并在支持点加上缝合线，即可用在行车速度为300公里/小时的线路上。

关于单根导线的简单弹性悬挂，据报道，法国行车速度可达120公里/小时，在次要线路上已实际应用，节省投资可达30%。英国对此进行了大量的试验研究和理论计算，认为如欲减小弛度，就需缩短跨距，因而节约价值不大。法国、英国所用的导线均为镉铜。苏联试验表明，当张力加到1,000~1,100公斤时，弛度变化不大，如再加大张力，则需将铜导线改用青铜导线，这在经济上是花不来的，认为最高速度不宜超过80公里/小时。

在接触网的零部件方面，各国普通采用半导体釉绝缘子，环氧树脂、玻璃钢等聚合物绝缘子、分段绝缘器，以及无螺栓线夹等，大大提高了可靠性，减少了维修工作。苏联统计，由于采用上述新技术，在1971~1975年间，每100延展公里接触网的故障次数由1.44次减少到1.08次，也即减少了23%。

## 3. 牵引供电

各国电气化铁路牵引供电设备的管理自动化水平不断发展，出现了无接点电子式自动化、远动化装置，并利用电子计算机计算供电系统的课题。

### (1) 自动化装置

各国电气化铁路牵引供电设备广泛采用的自动化装置有自动重合闸、备用机组自动投入、带负荷调压、短路故障点探测等装置。这些装置以前大多是使用机械式继电器，自动化水平不高。近年来各国都在研究、试用半导体元件的无接点电子式自动装置。苏联铁路试制了 Сейма 型交流牵引变电所成套保护和自动化装置。它包括：110/35/27.5千伏降压变压器，接触网馈电线、沿线供电线、自动闭塞和地区负荷供电线等的自动化、控制和保护装置；27.5千伏、35千伏和6~10千伏母线保护装置、自用电变压器保护和自动化装置；牵引变电所高压断路器和隔离开关距离操纵设备；高压设备状态信号、变电所事故和预告信号；主要设备自动重合闸、自动投入和遥控装置；27.5千伏电压调节装置、接触网馈电线断路器远距离联锁、接触网和自动闭塞线路短路故障点探测、变电所设备日常操作和自动转换的记录设备等装置。元件全部是半导体的。各种装置配套构成统一的面板。电源设备位于单独的盘上。

西德交流电气化铁路供电设备广泛使用了自动化装置。馈电线重合闸装置还包括测试设

备，以检查在重合闸前线路是否还存在短路。目前，这种自动化的测试设备只在几个牵引变电所中使用，计划全部变电所都将推广。

东德、奥地利等国电气化铁路的馈电线短路测试也是全部自动化的。

## (2) 远动化装置

牵引供电设备较广泛使用远动化装置的有苏联、法国、英国、西德、荷兰、瑞典、日本等国。苏联70%的电气化线路使用远动化装置，包括牵引变电所、接触网隔离开关的遥控、遥信和遥测等。1962年开始使用 БСТ-59 型第一代无接点电子式遥控装置；1964年开始使用 ЭСТ-62 型第二代的，1972~1973年开始用 Лисна 型第三代系统，目前处于试用阶段。第三代系统采用硅闸管和硅二极管，部件结构合理，工作状态得到改善，可靠性得到提高，通道设备体积比第二代系统小，全部采用印刷电路、遥控指令传递时间为1.5~2秒，操纵范围达700公里。

英国铁路大多采用有接点式继电器的遥控装置。某些线路区段采用无接点电子式遥控，使用锗半导体元件。

法国铁路采用电磁继电器式有接点遥控装置。遥控指令传递时间为2~3秒，操纵范围为300~400公里。目前正试制试用无接点电子式遥控装置。

西德铁路采用电磁继电器式有接点遥控装置。操纵范围为300~640公里。电子式无接点遥控装置处于试用阶段。电子式装置的遥控指令传递时间为0.7秒。

日本铁路采用铁研B型、改进B型、H型及H3型等四种继电器式和电子式的遥控装置。B型的遥控指令传递时间为4~5秒，改进B型为2~3秒，H3型为0.07秒。B型操纵范围仅100公里，改进B型为315公里。

## (3) 采用电子计算机计算供电系统的课题

苏联铁路正研制供电和动力设备自动化操纵分系统，解决下列课题：

统计和分析供电设备故障，以选择提高供电设备可靠性的较合理方法；

确定能耗、统计用电量及远期用电量，制定降低能耗的合理方法；

根据供电设备容量计算区段通过能力，确定增加容量的范围、期限和方法；

制定供电和动力设备日常保养和大修作业范围的计划，确定远、近期设备、材料的需要量；

对具体区段选择供电设备能力容许的行车量，确定强制供电时的设备保护方案；

检查设备的状态及其工况和自动调节工况。

供电和动力设备自动化操纵分系统和铁路运输业自动化操纵系统的其他分系统有密切联系，并同电气化和动力部的自动化操纵系统的外部供电工况有关。使用这一分系统能完善供电设备的操纵、改善技术经济指标。初步计算认为这分系统投资的回收年限不超过3年。

西德铁路使用 IBM 1800型电子计算机计算变电站间的载荷合理分配，确定电站所需工况。

日本正在研制牵引供电设备的集中操纵系统。它有若干分系统，保证电站间负荷合理分配，自动调节系统频率、电压和无功功率，从中央调度所遥控动力设备。根据电子计算机输出数据操纵电站工况，按照预报的一昼夜中各小时牵引功率需要量合理分配水电站和热电站的负荷。系统中包括远动化装置，保证牵引变电所设备的遥控及遥信。

## (三) 内 燃 牵 引

### 1. 内燃机车

#### (1) 机车的可靠性及寿命

国外近期生产的几种性能较好的大功率内燃机车如表 1—3。

运用可靠、检修周期延长是内燃机车质量提高的重要标志之一。例如，美国在长达几千公里的交路上，机车连续工作数十小时，在终点站停留五、六小时后又立即返回，平均每月工作29天左右，虽然条件苛刻，但美国各铁路内燃机车的使用率平均为85~90%。至于检修期也是美国较高，美国一级铁路的内燃机车大修，一般为6~12年，平均为8年；换算为走行公里为160~200万公里，最低的也在100万公里以上。法国 CC72000 型内燃机车系列，大修周期为120~160万公里。法国铁路评定内燃机车可靠性的标准是：机车每走行百万公里的故障次数（指列车晚点15分钟以上的技术事故）不超过15次。各种机车（内燃、电力）的平均不良率为7~8%。英国评定内燃机车可靠性的标准是：每两次故障间的安全走行公里数在15,000公里以上（故障指客车晚点5分钟以上，货车晚点10分钟以上）。西德内燃机车平均故障率为1.2次/百万公里；苏联为4.6次/百万公里。

显然，上述成果必须有严格保证的生产工艺才能取得。在国外，新出厂的机车就退货或回厂返修的情况未见过报道。

旧机车的改造不很普遍。苏联报道过准备在三、五年内以 Д70 型柴油机将原 ТЭ3 型机车上的 2 Д100 柴油机全部替换，但执行情况如何未再见提起。美国曾提出过利用旧机车的车体、传动及走行部的改造方案，兹后也未见下文。可是，这里提出了一个对过时的，工作不良的柴油机予以更换的办法，倒是值得注意的。

#### (2) 机车用柴油机的发展

七十年代以来，新试制和生产的机车用柴油机主要是向增加功率发展。几个有代表性的柴油机主要参数是：

持续功率较大的：

法国热力机械研究所(SEMT)试制的18 PA6-280柴油机，功率7,200马力/1,100转/分；

西德发动机和燃气轮机联营公司(MTU)试制的20 V 956型柴油机，功率6,000马力/1,500转/分；

苏联试制的 20VД49 型柴油机，功率6,000马力；

法国热力机械研究所试制的 Pielstick PA4-200 型柴油机，功率5,400马力/1,500转/分。

平均有效压力较高的：

法国热力机械研究所试制的 Pielstick PA4-200 型柴油机为22.7公斤/厘米<sup>2</sup>；

美国通用电气公司制造的 7FDL 型柴油机为20公斤/厘米<sup>2</sup>；

美国机车公司 ALCO251-F 型柴油机为19公斤/厘米<sup>2</sup>。（现由加拿大蒙特利尔机车厂生产）。

燃料消耗率较低的：

苏联制造的 Д70 型柴油机试验中可达143克/马力·小时；

表 1-3

机车型号	制造国家	功率 (马力)	用途	制造 年份	轴式	整备 重量 (吨)	轴重 (吨)	单位马力重量 (公斤/马力)	构造速度 (公里/小时)	发 动 机 型 号	传动方式	附 注
DD-40X	美	6,600	货	1968~ 1969	D <sub>0</sub> -D <sub>0</sub>	250	31.25	37.9	145	2XGM16V-645E3A	交-直电	1971年时共造出47台,后据称用户不需要,已停止生产。
Ny7	西德	5,000	货	1972	C-C	138	23	27.6	110	2XMA12V956SB10	液	为我国订货。
CC72075	法	4,800			C-C	116	19.7	24.2		12PA6-280	交-直电	
CC72000	法	4,800	客、货	1965	C-C	114	19	23.75	140(容)105 或85(货)	2XSEMT-Pielstick 16PA4-185	交-直电	试制。单电机转向架。未继续生产,最高速度可达160公里/小时
N <sub>6</sub> 5001	比利时	4,400	客、货	1972		126	21		140	Cockertill 16V240C <sub>0</sub>	交-直电	
Century 643H	美	4,300	货	1964	C-C	174	29	40.4	124	2XAICO251C	液	
Kestrel	英	4,000	客、货	1965~ 1968	C <sub>0</sub> -C <sub>0</sub>	126	21	31.5	177	Sulzer16LVA24	交-直电	短时最高速度为200公里/小时。仅生产一台,1971年在莫斯科展览后卖给苏联。
DE2500	西德	2,500	货	1971	C <sub>0</sub> -C <sub>0</sub>	84	14	33.6	140	MA12V956 Henschel24/23	交-直-交电	三相交流鼠笼式异步牵引电动机。
TЭП75	苏	6,000	客	1976	C <sub>0</sub> -C <sub>0</sub>	129	21.5	21.5	160~180	20VД49(26/26)	交-直电	样机。
TЭП70	苏	4,000	客	1973	C <sub>0</sub> -C <sub>0</sub>	129	21.5	32.2	160	5Д49	交-直电	样机。

苏联制造的 Д49 型柴油机为150~154克/马力·小时。

单位马力重量较轻的:

英国派克斯曼公司生产的 16JIC 高速柴油机为2.0公斤/马力;

法国热力机械研究所试制的 PA4-200 型高速柴油机为2.08~2.5公斤/马力;

西德发动机和燃气轮机联营公司制造的 MTU956 型 (12~20缸系列)高速柴油机为2.94~2.98公斤/马力;

法国热力机械研究所试制的 18PA6-280 中速柴油机为3.3公斤/马力。

机车用柴油机在向大功率发展中, 主要途径是: 提高平均有效压力、加大缸径、提高转速和增加缸数。在提高平均有效压力时为了不使机械负荷超过限度, 有很多问题正在研究中。如采用变压缩比活塞、改变喷油规律或配气相、采用高增压补燃系统等。

法国在 PA4-200 型柴油机上试采用了“可变几何形状的预燃室”, 据称此种柴油机的功率可比直接喷射式柴油机提高40~50%。

国外较好的柴油机的曲轴是用合金钢全纤维锻造的。

### (3) 控制系统、传动与牵引电机

内燃机车的控制系统正在向晶体管化、印刷电路、单元组件发展。减少或取消了机械接触元件, 以消除接线故障。例如英国1967年试制的 Kestrel 型机车, 首先采用了单元组件、晶体管印刷电路的控制系统。美国1972年成批生产的 Dash-2 型系列机车 (五种机车) 也采用相似系统, 全部控制系统、保护系统分装在十七块板式插件上, 结构紧凑, 检查、更换、修理都很便利。

美国 C36-7 型内燃机车的励磁系统是恒功率励磁控制, 以电子元件对励磁机进行机外调节, 保证了发电机的功率始终与柴油机相配合, 为此使柴油机不致超负荷。

当前内燃机车的控制系统日益完善, 美国、加拿大在多机 (5~7台甚至10多台) 联挂时只用两名司机集中操纵 (还有专设计的控制车), 无须巡视检查。

新型的电传动内燃机车已全部为交-直传动, 西德汉寿尔厂新试制的 BBC DE2500型机车为三相交-直-交电传动 (共造出三台); 瑞士最近试制的 1,850 马力调车机车也用的是交-直-交电传动。

机车功率提高, 牵引电动机也在向更大功率发展, 美国 GE752 型牵引电机的持续功率已达736千瓦。性能较好的牵引电动机如美国 GM77 型牵引电机, 其持续功率为550千瓦, 重量仅2.7吨, 持续电流1,050安, 最大电流1,500安, 最高端电压1,400伏, 大修周期87万公里。在发展中, 无整流子牵引电动机也开始在内燃机车上试用, 西德正在 DE2500 型内燃机车上进行试验。

### (4) 内燃机车检修

国外内燃机车的检修机械化是在机车尽量地标准化、系列化和通用化基础上开展的。同时为了更好地建立流水作业线, 在组织上采取了各修理厂、机务段的专业分工 (也称集中修)。这项工作美国在四十年代后期开始, 日本、西德、法国、苏联则在六十年代开始。

各国机车修理专业化、交路延长及建立机械化检修设备后, 效果都比较显著。例如, 法国一个机务段配属的机车达到200~250台, 机务段由1960年的60个到1975年减少到38个。西德机务段由200个减少到127个, 修理工厂由91个减少到27个; 十几年来货物周转量增长了540亿总重吨公里, 而检修费用没有增加, 检修人员却由62,000人减少到47,400人。苏联日锦林卡机务段未机械化前架修一台机车需五天半, 建立了11条机械化检修流水线以后减少到

一天半；检修费用减少了5%；架修里程由20万公里提高到26万公里。

但是，随着科学技术的发展，近年来在内燃机车的维修上又出现了新情况。一种是，随着机车设计、部件材质和生产工艺的改进，检修期愈来愈趋延长，某些国家已提出向“无维修”努力的目标。“无维修”的说法不科学，但是检修工作量大幅度减少将是可能的。

另一种情况是，许多国家提出了预防修的方针。例如英国通过对运用中机车润滑油的光谱分析，测定主要摩擦部件的磨损程度来判断其中有否损坏或过磨损的情况，针对有关部件进行检查、修理或更换。美国生产了一种 SEACH 故障自动查找装置，主要用来查找电气部分故障，在1,700多根电缆及600多个电器中，找出故障并予以排除仅需6小时。还有一种装在机车上的 DAS 数据贮存系统，自动测试机车各主要机械及电气工作部件工作中的温度、压力，电气等等各项参数，自动记录在磁带上，定期用电子计算分析其工作状态，找出可能产生的问题，及时分别加以处理。与此同时，美国还对每台机车都建立其各自的检修记录，不受各种定期检修时间和项目的限制，而是针对需要分别进行维修。

以上变化，显然对内燃机车未来的检修程序和途径将发生较大的变革。当然，只要存在检修，检修机械化还是要的，但在检修工作量大量减少的情况下，设备规模，设备项目都可能产生较大的影响。

## 2. 燃气轮机车

从1941年至1964年间，在发展现代牵引动力时，国外就出现了试制的燃气轮机车。先后陆续制成了各型第一代燃气轮机车76台，其中以美国联合太平洋铁路实际运营20年之久的30台8,500马力机车功率最大，燃气轮机效率20.2%。1969年美国重油价上涨40%，导致燃气轮机车的总运营费高于内燃机车，且这些燃气轮机车使用已达20年之久，因此从该年起联合太平洋铁路即将燃气轮机车全部停用。目前，第一代燃气轮机车中仅苏联制造的三台3,500马力（名义马力）机车仍在运营中。其燃气轮机效率实际约为18%。

从六十年代中期起，国外有几个国家在考虑设计新一代燃气轮机车。1970~1972年间法国曾研究过设计8,000马力燃气轮机车的问题。日本1976年完成了一台9,000马力电传动燃气轮机车的设计，但其本国并不准备制造使用，而是打算出口。这台机车是双节式，重276吨，构造速度140公里/小时，安装2台4,500马力 RM2D 型燃气轮机，烧轻柴油或煤油，效率28~28.8%。苏联于1968年由国家科学技术委员会成立了一个领导铁路燃气轮机研制工作的专门委员会，研究试制效率不低于30%、功率不小于6,000马力的燃气轮机车。研究考虑了在北西伯利亚新建的贝加尔-阿穆尔铁路非电气化区段采用燃气轮机车。为了在1982年通车以前鉴定其性能，1975年10月28日宣布在伏罗希洛夫格勒工厂制造一台8,000马力燃气轮机车的样机。

# 二、客 货 车 辆

## （一）货 车

各国铁路货车的发展趋势是提高货车载重能力，降低自重，提高运行速度，大力发展专用货车。

## 1. 提高载重

为了提高货车载重能力，各国铁路采取的方式不同，其主要的途径是：增加轴数，以苏联为典型；增加轴重，以美国为典型。

苏联铁路货车主要是增加轴数，国家规定允许轴重21~22吨，因此二轴货车逐年减少，四轴、六轴、八轴货车的比重逐年增大。标准四轴车多为63吨的货车，每米载重为7吨，八轴车是125吨的货车，每米载重8.7吨。1971~1975年已生产过八轴全钢敞车，和载重120吨的八轴罐车。1960~1975年，苏联货车平均轴数由3.49增为4.02。

美国铁路货车主要是增加每根轴的载重量，美国铁路协会规定了六个等级的轴重：11.6吨，16.1吨，20.7吨，29.8吨，35.7吨，相应的货车载重量分别为：27.2吨，36.3吨，45.4吨，63.5吨，90.7吨，113.4吨。目前美国铁路轴重为35.7吨的大型货车考虑到对线路的影响，已停止生产，现在货车最大载重限制为90.7吨，轴重限制为29.8吨。这种货车占每年新造货车的65%，截至1975年底，占全部货车数量的25%。

各国铁路货车平均载重，1956年~1966年中西德铁路货车平均载重在原有基础上提高了19%，法国铁路提高了17%，英国铁路提高了18%，美国铁路提高了11.6%。1960年和1975年，货车平均载重，美国铁路分别为50.3吨和64.9吨，苏联铁路分别为47.7吨和60.8吨。

## 2. 降低自重

降低货车自重亦是各国共同努力的方向。降低货车自重的措施，除广泛采用焊接压延钢材薄壁结构外，积极地采用了低合金钢、不锈钢、铝合金和聚合材料。目前国外较先进的货车自重系数已降到0.20以下，一般停留在0.3~0.4之间。采用铝、铝合金或特种钢可进一步降低自重，如1965年加拿大铁路制造的铝制罐式漏斗车，容积为70米<sup>3</sup>，载重为90吨，自重为17.3吨，其中铝制车体重为5吨，自重系数为0.16。据称一般轻合金车体的货车比钢结构货车可增加载重5~8吨，但投资要多35~45%。

## 3. 速度的提高

近年来，各国铁路出现了时速100~120公里的货车，美国铁路货车最高速度已达到160公里/小时。国外铁路提高货车运行速度的主要措施是：改进走行部分和制动装置。

走行部分主要是改善悬挂装置，以挠度大的圆弹簧代替传统的板弹簧，或改用橡胶弹簧和空气弹簧等。货车改装滚动轴承，如美国铁路自1969年起，新造货车一律装用滚动轴承，到1975年装有滚动轴承的货车占货车总数的58%，计划全部货车都要改装滚动轴承。苏联铁路自1971年开始，新造货车装用滚动轴承，到1977年安装滚动轴承的货车占货车总数的40%。

改进制动装置，国外主要采用电控制动和能连续控制的随载荷变化的制动装置，如美国、法国、西德、日本等国的铁路在高速货车上多采用随载荷变化而施加不同制动力的制动装置。

## 4. 专用车的发展

最近二十年，国外铁路随着装卸机械化的发展和适应大宗货物运输的需要，在适当发展通用货车的同时，都在大力发展专用货车。专用货车的优点是，能适应货物在运输中的要求，能使货车结构尽可能适应货物的装卸条件，简化和加速装卸作业，减少包装作业；充分利用货车容积和载重量。但是，由于车辆只能适应有限种类的货物，通用性差，车辆的空率



较大。不过据统计，只要调配适当，仍可提高运营效率。

目前国外专用车的种类繁多，各国铁路根据本国的实际需要在平车、敞车、棚车三大类通用车的基础上发展起专用货车。从平车发展出的有：集装箱平车，挂车平车、凹底平车等等；从敞车发展出的有：漏斗车（有盖漏斗车，无盖漏斗车，重力卸货漏斗车，气力卸货漏斗车）、底开门车等等；从棚车发展出的有：活顶棚车、活边棚车等等。

西欧各国从六十年代开始，专用货车发展较快。目前西欧货车中专用货车占20~30%，如西德铁路1954年专用车仅占全部货车总数的4.8%，1966年已到25%，到1974年已达到30%，在286,000辆货车中，97,000辆为专用车，其中运散装货物的自卸车为48,000辆，活动车壁和车顶的专用货车为26,000辆；美国铁路1965年专用货车为96,000辆，1974年占全部货车的45%，1975年在货车中专用车占50%。在专用货车中，罐车比重很大，其容积已由40米<sup>3</sup>，发展到130和150米<sup>3</sup>，8轴罐车的容积已达180米<sup>3</sup>。美国铁路最近发展了一种各罐车之间用专门的软管、阀门相互连通的固定编组罐车，这样可以简化和加速装卸作业，减少劳动和设备费用。运输化工产品（氯、石炭酸、甘油、液化气体等）的罐车，其罐体内表面涂复专门的保护层（底层为亚铬酸锌，在其上涂复总厚为4毫米的硅-氨基甲酸乙酯保护层，最后再复盖一层去污材料），可使罐车修理期限由原来的1~3年延长到5年，运用费用减少5%。苏联铁路1955~1975年专用货车的比重从3%增加到18%，计划1980年提高到36%。专用货车主要发展各种罐车、机保车（将取消冰保车）、装运汽车的双层平车、大型集装箱专用货车、运送水泥、矿石的专用货车。而专用无盖货车和罐车主要是发展8轴车，目前8轴罐车，载重120吨，罐体容积140米<sup>3</sup>，自重系数0.4，轴重21.1吨，每延米载重8吨，罐车的工作压力允许到1.5个大气压。

## （二）客 车

各国铁路客车均以提高运行速度，改善旅行舒适性为努力方向。

美国、苏联、西德、法国、英国铁路的客车最高运行速度已达140~160公里/小时，个别的旅客列车最高运行速度达到了200公里/小时。

为了提高运行速度，各国铁路在客车结构上采取了下列措施：

### 1. 加强结构强度，降低客车自重

国外对客车的结构趋向整体承载，全金属焊接的薄壳结构，目前美国、日本、西德、法国等国的客车车体已全部为钢结构。铝合金、不锈钢、低合金钢、塑料的应用，不仅提高了车辆的强度，改善了车辆的防腐蚀、隔音等性能，并显著地减轻了车辆的自重。如西德铁路26.4米客车，采用不锈钢的轻型结构，自重为27吨多，每米车长自重为1吨左右。

日本铁路客车采用铝合金已有14年历史，1955年制造的第一辆轻型客车的样车，自重为23.8吨，比标准客车轻10吨左右。

### 2. 改进转向架结构，改善走行性能

国外客车转向架改进的特点是，采用轴箱导杆定位以取代传统的导框式轴箱定位，轴箱弹簧和摇枕弹簧均用螺旋弹簧取代叠板弹簧，有的国家如日本、西德、法国等国的轴箱弹簧