

高速磁浮列车技术及其在我国客运交通中的战略地位

Technology of the High - Speed Magnetic Suspension Vehicle and Its Strategic Position in China's Passenger Transport

严陆光

(中国科学院电工研究所,中国科学院院士 北京 100080)

整个人类客运交通发展的历史是一个速度不断提高的历史。每一种新型交通工具的出现和重大技术的突破都伴随着速度的显著提高。20 世纪在这方面的成就尤为突出,飞机、汽车与火车均在不断刷新着其运营速度的纪录,特别令人瞩目的是出现了高速磁浮列车,它的高速发展证实了在 21 世纪前、中期人类地面客运的速度可以达到 500 公里/时的新水平。

我国幅员辽阔,南北长 5 500 公里,东西宽 5 200 公里,人口众多,经济正处于腾飞阶段,在 21 世纪中叶将达到中等发达国家水平,对高速客运交通的需求日益增大,民航、公路与铁路均在积极发展,正处于根据需求和国际发展经验,对未来高速交通发展战略进行抉择的关键时期。优先发展高速磁浮列车体系应是我国高速客运交通体系的重大战略选择,应该引起各有关方面的高度重视。正如徐冠华院士所指出的:“以磁浮列车为代表的高速轨道交通占地少、污染低、经济前景效益好,技术条件已基本具备,我国铁路、公路系统还不够发达,这恰恰成为我们在交通领域有望实现技术跨越传统发展模式的便利条件。”

高速磁浮列车技术的发展及其特点

磁浮列车是利用电磁力将列车悬浮于轨道之上,由直线电机推动前进的先进交通工具。它没有车轮及相应的传动机构,与地面无机械接触,可以高速、安全地运行。虽然早在 20 年代就已提出了磁浮列车的设想,开始了一些原理性研究,但直至 60 年代才引起了重视,认真开展了有关的基础性研究和出现了初始的示范性模型实验车。70 年代以来,与前沿的多种电工新技术的迅速发展紧密结合,在日本、德国各投入数十亿美元的强大国家研究发展计划的有力支持下,整个工程发展工作取得了举世瞩目的、卓有成效的进展。经过大量的研究和试验线设计、建造与试验工作,当前运营时速可达 500 公里的高速磁浮列车技术已经成熟,可以进入建造实用运营线的阶段,有关计划正在积极推进中。

日本与德国分别发展成熟了超导电动式(图 1)与常导吸引式(图 2)两种类型的高速磁浮列车技术。前者采用先进的低温超导磁体技术,悬浮气隙

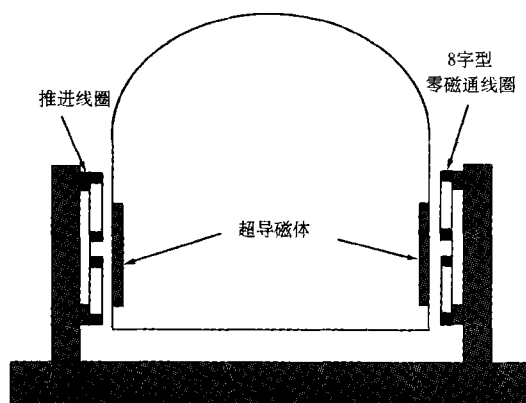


图 1 日本超导磁悬浮列车截面图

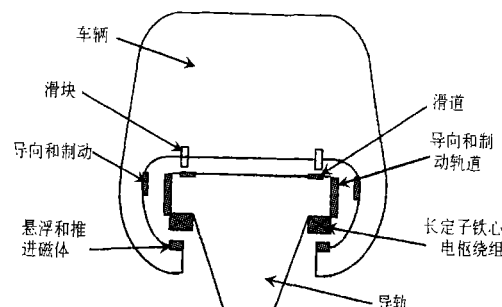


图 2 德国高速磁浮列车截面图

可达 10 厘米,适应性较好,易于达到更高速度;后者悬浮气隙约 1 厘米,与现有工业技术衔接较好,技术比较成熟。超导电动式列车采用安装在车上的低温超导线圈和地面上沿线铺设的常导磁浮与导向线圈,进行磁悬浮、直线电机激磁和导向控制;常导吸引式列车采用安装在车上的常导电磁铁和地面上沿线铺设的磁浮与导向铁轨进行磁悬浮、直线电机激磁和导向控制。两者均采用长定子直线同步电动机进行驱动,激磁绕组位于车上,地面上沿线连续铺设长定子三相电枢绕组。供电均采用万千瓦级电力电子变频电源,实时切换到列车所在的区段上,按列车速度进行频率调节。列车控制在地面进行,需将列车的位置与速度信息实时地输至控制室,采用最先进的信息与计算机控制系统。高速列车的成功是当代磁悬浮、直线驱动、低温超导、电力电子、计算机控制

与信息技术等高新技术发展与综合集成的结果,它的实用化又必将带动一系列相关高技术产业的形成与发展。

德国自 1962 年开始就进行了磁悬浮基础研究。1977 年决定集中发展常导吸引式磁浮列车。1987 年建成了总长 31.5 公里的埃姆斯兰特单线试验线,对经长期发展已大体定型的 TR-07 实用车进行了长期运行试验,达到最高 450 公里/时的速度,已有 20 万人次乘坐参观,1997 年乘坐人数达 4.8 万人次。德国政府专门组织了由联邦铁路中心局牵头、联邦铁路和 7 所著名大学的专家们组成的工作组进行了全面的评价、鉴定,1991 年就得出该系统技术上应用成熟的结论。1997 年德国交通部正式宣布修建全长 292 公里的柏林—汉堡复线磁浮铁路,设计最高速 500 公里/时,实际运行 430 公里/里,如进展顺利,可望于 2005 年投入商业运营。

日本一直致力于发展超导电动式磁浮列车,认为悬浮气隙 1 厘米的常导吸引式不能用于多地震的日本。1972 年研制成 ML-100 试验车,1977 年建成了长 7 公里的宫崎单线试验线,开始时为倒 T 型轨道,1979 年 ML-500 试验车创造了 517 公里/时的当时高速纪录。1980 年做了重大的方案变化,将试验线改为 U 型轨道。先后进行了 MLU-001、MLU-002 与 MLU-00X1 的试验车试验,1991 年又部分改造为侧壁零磁通悬浮式,进行了 MLU-002N 试验车试验。80 年代后期,日本拟定了建设由东京至大阪、长 500 公里、时速 500 公里的磁浮列车运营线计划。1990 年决定在所选线路中的一段上先建山梨试验线,全长 18.4 公里,为复线;主要为隧道,占全长的 80%。1997 年 4 月开始了试验,无人行驶速度已达 550 公里/时,有人行驶达 531 公里/时,双线对开相对速度达 966 公里/时,进展良好。试验计划将在 1999 年底完成,然后进行全面评估,以决定是否修建东京—大阪商业运营线。

我国自 90 年代初开始有组织地进行了磁浮列车的研究发展工作和调研论证工作,形成了铁科院、西南交大、国防科大、中科院电工所 4 个小组,在低速方面作出了一些有意义的成绩,在高速方面进行过较为深入的调研论证,但总起来说,力量与基础仍十分薄弱。

从高速磁浮列车发展现状看,已经证实的主要优点是:

(1) 速度高。它是当今唯一能达到运营速度 500 公里/时的地面客运交通工具,具有不可取代的优越性,这是最主要的优点。

(2) 能耗低(图 3)。它在 500 公里/时速度下每座位·公里的能耗仅为飞机的 1/3 至 1/2,比汽车少 30%。在相同速度下,德国 TR 磁浮列车每座位·公里能耗比 ICE 轮轨高速列车少,400 公里/时时与 ICE 300 公里/时相当。

(3) 噪音小。实测表明,列车通过时 25 米距离处的噪音,在 300 公里/时时,德国 TR 列车为 83 分贝,ICE 列车为 88~90 分贝。

(4) 启动停车快,爬坡能力强,选线自由度较大。德国 TR07 磁浮列车启动 50 秒后(行程 2 公里),时速可达 200 公里/时;100 秒后(4.8 公里)达 300 公里/时;150 秒后(9.6 公里)达 400 公里/时。

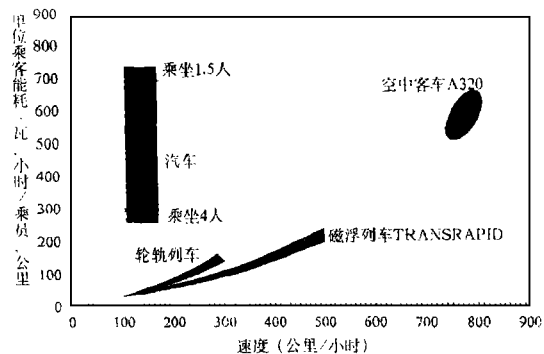


图 3 各种交通工具能耗的比较

ICE 轮轨高速在 150 秒后(行程 5 公里)达 200 公里/时。已经证明,磁浮列车爬坡能力可达 10%,而轮轨高速为 4%,在同等速度下,磁浮列车转弯半径小,从而其选线自由度较大,这意味着线路可较短、少占地面、节约耕地,降低总投资。

(5) 安全、舒适,维护少。磁浮列车在结构上可保证不易脱轨,推进方式可保证不易撞车。德国专家评价 TR 系列磁浮列车的安全性是飞机的 20 倍、轮轨列车的 250 倍、公路系统的 700 倍。磁浮列车没有车轮和铁轨的接触,以及与受电弓的机械接触,震动小,舒适性好,其工况属于无磨损运行,维修主要集中在电子技术方面,不需大量体力劳动。

(6) 采用电力驱动,无需燃油。其发展不受能源结构,特别是燃油供应的限制。无有害气体排放,环境污染小。

在发展磁浮列车与轮轨高速列车比较的多次讨论中,做为磁浮列车的重大疑虑,常常提到的是建设投资大和不能与既有铁路兼容问题。笔者的看法是:

(1) 关于建设投资问题。高速轮轨方面已有我国自己的估计,约 0.75 亿元/公里。在高速磁浮方面还要进行细致的工作,将国外数据简单按汇率折算是不合适的。德国的工作表明,它的磁浮线投资在平原地区比 ICE 高速轮轨线约高 25%~35%。日本估计,其磁浮线比新干线贵 10%~20%。看来,磁浮线会较贵一些,但相差不大。速度高了 50%~70%,而造价增加不多,应该是一大优越性。高速轮轨与普通轮轨比,速度高 1 倍多,而造价却高了 2~4 倍。

(2) 关于与既有铁路的兼容问题。作为一种新型的运输系统,磁浮系统与轮轨系统的兼容只能通过换乘来实现。要求不换乘,轮轨与磁浮在同一条路上混跑,虽理论上也可能,但是不合理。这个特点应在整个运输系统的合理安排上予以统一考虑。

高速磁浮列车在客运交通中的地位

世界上迄今发展起来的客运体系主要有 3 种,即:“门到门”的公路,“点到点”的民航和“沿线多点、多线成网”的铁路与水运。3 种体系在互补协调地发展,同时也在进行着竞争。对于旅客来说,运输工具的选择要考虑安全、旅行时间、经济、舒适方便等多方面的因素,这些因素的权重又与社会经济发展的程度紧密相关。与公路及民航相比,包括轮轨铁路与

磁浮列车在内的地面轨道交通在安全、舒适、旅行费用方面有着明显的优势，但在旅行时间和方便方面面临着严峻挑战，提高运营速度是其得以发展的重要因素，对其在未来客运交通中的地位有着重要影响。

客运中旅客的旅行时间 t 可表示为： $t = t_0 + l/v$ ，其中 t_0 为旅客到达交通工具的往返时间，包括等待时间； l 为旅行距离， v 为平均运营速度。图 4 示出了按上式绘出的旅行时间 t 与旅行距离 l 及平均运营速度 v 间的关系曲线。按当前情况，设民航由“门”至机场的往返时间与等候时间 $t_0 = 2.5$ 小时，平均飞行速度为 $v = 700 \sim 900$ 公里/时；公路汽车为 $t_0 = 0$ ， $v = 80 \sim 120$ 公里/时；而高速列车为 $t_0 = 1$ 小时， $v = 100 \sim 500$ 公里/时。由图 4 上相关线的交点，可在旅行距离 l 与列车速度 v 坐标系内绘出列车与民航及列车与汽车比较的等旅行时间线（图 5）。

由图 5 所示情况可以看出，从旅行时间较短的角度出发，如果列车速度停留在今天的 $100 \sim 160$ 公里/时水平，不去积极提高，随着高速公路与民航的高速发展，以及经济发展导致的节约旅行时间的重要性日益增大，铁路客运将会逐渐为汽车和飞机客运所取代，其在全国客运中的份额将逐渐减少，像美国几十年前发生的那样。有关现象在我国也已经出现，70 年代后期起公路客运的份额已由约 60% 增至当前的近 90%；80 年代末期，民航客运份额已开始急剧上升（参见图 6）。这种情况有力地说明了铁路客运提高速度的迫切性。当铁路客运采取大力发展轮轨高速铁路的措施，使平均时速达到当前世界最高的 300 公里/时水平，则可在 200 ~ 800 公里旅行距离的范围内，有效地吸引旅客，保持铁路客运的一定份额，但在更远距离时还必然会被民航所取代。当采

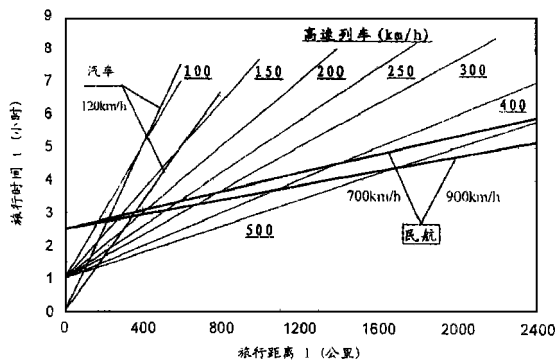


图 4 各种运输工具的旅行时间与旅行距离的关系

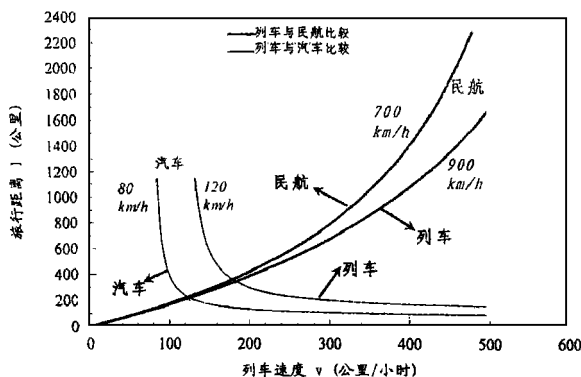


图 5 等旅行时间线

用高速磁浮列车，使时速达到 500 公里/时时，则将使与民航相竞争的旅行距离扩大到 1 700 ~ 2 500 公里，充分地显示了高速磁浮列车的优越性。

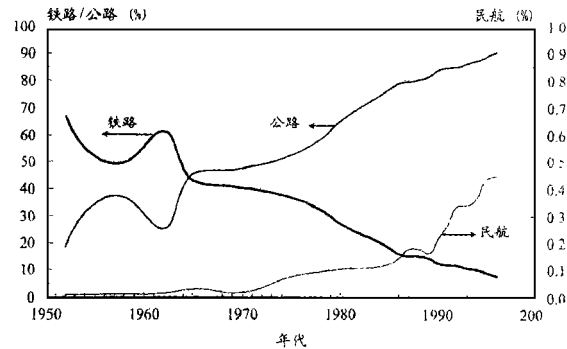


图 6 我国各种交通工具在客运量中份额的变化

上述观点已为近年来国际高速客运发展的实践所证实。国际 250 ~ 300 公里/时高速轮轨铁路至今共有 73 条运营线，总长 4 369 公里，除日本东京—博多线全长 1 069 公里外，其他均小于 600 公里。日本各种交通工具市场占有率与旅行距离间的多年统计表明，250 公里/时的新干线高速轮轨铁路，随着旅行距离的增加，其市场占有率迅速上升，在约 800 公里时达到约 70% 的峰值；距离继续增大后，由于旅客更多选择了飞机，占有率急剧下降，1 200 公里时降至约 30%。

对于公路、民航与铁路在未来客运交通中的地位及其发展问题有重要意义的另一因素是客流量问题。由于铁路建设既要投资于建路，又要投资于买车，而高速的需求主要来自客运，货运更着重于发展重载，故建造铁路新线的经济性在很大程度上决定于客流量的大小，例如，新建专用客运线需要客流量达到年数千万人次的水平。大客流量的要求成为制约铁路发展的重要因素，也是民航与公路更易迅速发展的重要原因。

还应注意到的另一个制约因素是随着地面轨道交通运营速度的增大，两站间的距离必然要增加，否则大量时间消耗在加速与停车，会显著降低高速的效益，这将导致沿线停点的点数明显减少。对于时速高达 500 公里的磁浮列车来说，两站间的行驶距离一般应大于 100 ~ 200 公里。

综上所述，在整个交通系统中，高速磁浮列车主要适用于旅行距离在 200 ~ 2 000 公里之间的大城市间、大客流量的高速客运，它有利于继续保持铁路系统在客运中的重要地位并与民航的发展相协调。

高速磁浮列车在我国 客运交通发展中的战略地位

人们常常提出一个问题，为什么作为国家计划，持续了二三十年，花了几十亿美元来有效发展高速磁浮列车的日本和德国，当今天他们掌握的技术已成熟到可以和应该建造实际运营线时，反而在他们自己国内发生了不小的争议。其原因主要有两点。首先，日本由 60 年代中期起，法国、德国也于 80 年代，

建造与运营了高速轮轨铁路,其速度已由开始的 200 公里/时提高到今天的 300 公里/时,成为城市间客运的主要交通工具,而这些国家的民航更多地用于发展国际客运,已形成了大体与经济发展相适应的协调的客运交通系统。第二,德国领土南北长约 850 公里,东西宽约 600 公里;日本则是南北长约 1 600 公里,东西宽约 1 100 公里的岛国,两国以其首都为中心至各大城市的旅行距离一般不超过 500~800 公里,磁浮列车将速度由当前轮轨高速的 300 公里/时提高到 500 公里/时所能带来的效益不十分显著,加上磁浮列车与既有铁路不兼容的缺点,都为决策建造实际运营线增加了困难。

从幅员辽阔、经济发达和大城市间客流量大出发,高速磁浮列车应该更适用于美国。美国虽是最早提出磁浮列车的国家,早期也做过一些工作,但一直未在技术发展上下功夫,直至 90 年代初看到日本、德国的技术已成熟后,才认真组织了论证。论证结果虽也充分肯定了高速磁浮列车的优越性,说明了美国科技界与产业界有能力自主发展更为先进的超导磁浮列车系统,并提出了几个方案,但未能就大力发展磁浮列车作为国策达成共识。其原因主要是:美国多年来大力发展了公路与民航,连高速轮轨铁路都没有发展,使得当今美国铁路在客运方面的作用很小。例如,1995 年美国铁路客运总周转量仅为 87 亿人公里,而公路总周转量为 32 186 亿人公里,为铁路的 370 倍;民航总周转量为 9 198 亿人公里,为铁路的 105 倍,在客运周转量中公路占约 80%,民航占约 20%,而铁路仅为 0.2%。美国已经形成了以公路与民航为主的、与经济发展相协调的、已为广大旅客所接受的客运交通体系。虽然高速磁浮列车具有一些明显的优越性,但在美国对发展它的必要性有一定异议,特别是遭到强大的汽车与航空工业界的反对。

我国的国情与日本、德国、美国有很大的区别。根据“1997 中国交通年鉴”收入的自建国以来至 1996 年的统计资料可以看出:自建国以来至 80 年代中期,我国铁路得到了迅速发展,营业里程由 2.18 万公里增加至 5.7 万公里,约 2.6 倍;客运量由 1.6 亿人次/年增加到最高 12.2 亿人次/年,约 7.6 倍;旅客周转量由 200 亿人公里/年增至最高 3 300 亿人公里/年,约 16.5 倍,平均旅程由约 120 公里增至约 240 公里,约 2 倍。关于铁路客运在全国客运交通中的地位与份额,直至 70 年代前期,铁路是主要客运工具,发展迅速,虽由于公路的发展,其客运量所占份额由建国初期的 66%降至约 40%,在旅客周转量中的份额由约 80%降至约 66%,但仍居首位,70 年代中期至 80 年代后期,整个客运量与旅客周转量急剧上升,公路的发展最为显著,铁路客运虽仍在增长,但其在客运量中的份额降至 15%左右,在旅客周转量中的份额降至约 50%。80 年代后期以来,出现了高速公路建设的热潮,民航的营业里程、客运量及周转量也急剧增大;而铁路由于投入不足,提速缓慢,客运量在 9~12 亿人次/年之间徘徊,旅客周转量的上升主要依赖于平均旅程由约 250 公里增加至 380 公里。1997 年铁路在全国客运量中的份额降至 7%,旅客周转量的份额降至 35%。面对所出现的形势,人们已经认识到,要保持和发展铁路作为重要客运工具的地位,而不

像美国那样最终被公路与民航所取代,必须大力致力于客运提速。近年来,在既有线的提速和建造高速轮轨铁路的准备方面,已取得了可喜的成绩,在用摆式列车提速方面已进行了成功的试验,对于发展高速列车已引起一定的重视,这是因为:

1. 我国能源结构以煤为主,石油紧缺,高速列车用电,可用煤作为初级能源;而飞机和汽车都要用油。大力发展高速列车体系能与我国 21 世纪的能源结构相协调。从单位·人公里的能耗(图 3)看,高速磁浮列车比飞机低约 3 倍,比汽车低约 1.5 倍,有明显的节能效益。

2. 我国农业耕地面积少,人均耕地面积只有美国的 1/6,印度的 1/2。我国耕地面积仅占世界的 7%,却要养活占世界 20%的人口,节约土地与保护耕地是我国的重大基本国策。交通基础设施建设需要占用大量土地与良田,磁浮列车线路与高速轮轨线路占地大体相同;一条复线铁路与一条 16 车道的公路具有大体相同的运输能力,而它们占地分别为 15 米宽和 122 米宽,铁路占地仅为公路的 1/8。大客流量时,铁路占地也小于所需机场占地。

3. 铁路客运的安全性与经济性好。我国 1993 年的交通事故统计,汽车和飞机的事故率分别是铁路的 1 328.2 倍和 10.7 倍。

我国高速列车体系的发展究竟应采取高速磁浮,还是高速轮轨系统,应该从我国国情和 21 世纪高速客运交通的市场需求出发,做出战略决策。

小平同志 1989 年 6 月同中央负责同志的谈话中谈到:“我建议组织一个班子,研究下一个世纪前 50 年的发展战略和规划。要采取有力的步骤,使我们的发展能够持续、有后劲。”此后,铁道部经济规划研究所李宏等同志对我国铁路网的需求与总规模进行了预测,并提出了高速客运专线发展设想(见“铁道工程学报”1999 年增刊“跨世纪铁路建设对策研讨会论文专集”)。按照他们的研究意见,2050 年预期我国人口约 14.7 亿人,城镇人口将占 75%;铁路人均乘车率将由目前的 0.8 次增加到 3 次;铁路旅客平均行程将由目前的 360 公里增加到 460~500 公里;铁路旅客周转率将达 2.0~2.2 万亿人公里。从上述需求预测出发,他们建议我国铁路网总规模由目前的 6.5 万公里增至 12 万公里,由约 0.8 万公里的高速客运专线,约 2.2 万公里的客货混跑快速客运网和约 9 万公里的普通铁路网三部份组成。图 7 为所建议的客运专线网示意图。专线网由 20 个人口过百万的大城市枢纽组成,图上示出了各城市的现有人口与城市间的距离。

高速磁浮列车在我国 21 世纪客运交通中的重要战略地位就在于它最适于我国高速客运专线网的发展,这是因为:

(1) 我国幅员辽阔,人口众多。目前考虑的主要客运专线(京沪 1 320 公里,京广港澳 2 550 公里,哈大 940 公里,徐州—宝鸡 1 030 公里,浙赣 940 公里,津沈 703 公里,沪杭 194 公里)大多在 1 000 公里左右。500 公里/时的磁浮列车比 300 公里/时的高速轮轨列车在旅客选择民航或铁路中具有显著的优越性。高速磁浮的投资与运营成本与高速轮轨相差不多,其更高速的优越性必然会使成为优先选取的方案。

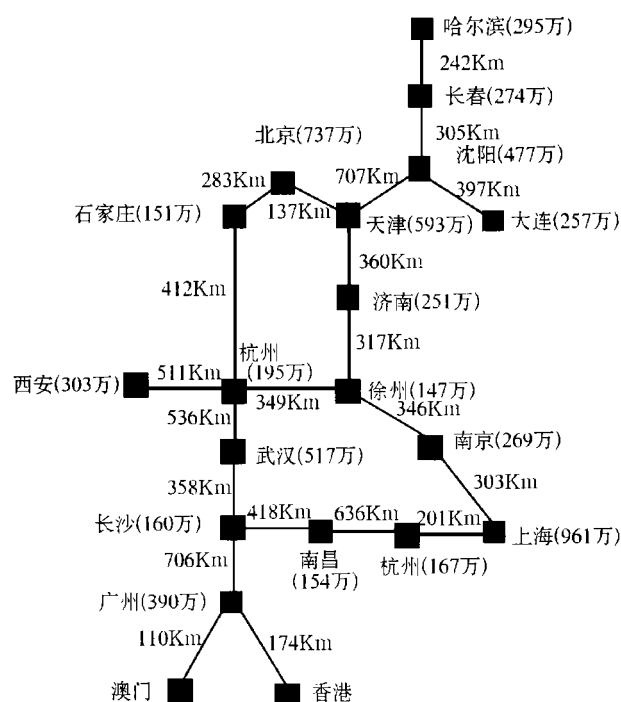


图7 我国高速客运专线网示意图

(2) 我国至今尚无客运专线，高速客运网的形成大约需半个世纪的持续努力，恰恰成为我们在交通领域实现技术跨越发展、发挥后发优势、后来居上的重要机遇。虽然高速磁浮技术不如高速轮轨成熟，但只要我们能统一认识，下定决心，认真抓紧工作，是完全可能实现的。

4. 高速磁浮体系的发展将带动当前众多高新技术的前沿发展，这些高新技术本身又将为新兴产业的形成和经济发展起着重要的带动作用。从世界范围看，500公里/时的高速、大客流量、长距离的地面交通最适用于中国、美国、俄罗斯、印度、巴西等大国。我国若及时抓紧它的发展，将在21世纪中占有领先地位。

我国经济已进入开始腾飞的时期，对高速客运的需求在迅速增长，各种交通系统还不发达，正处在需对国家高速交通系统的发展战略进行研究与抉择的重要时期。何祚庥院士根据我国一些重大决策的历史经验强调指出，在战略决策上，“既要看到决策的现实性，还必须要预见到决策的超前性，否则到了未来，落后的决策就失去了未来的现实性”。笔者认为此意见应该受到重视。

对我国发展高速磁浮列车系统的建议

鉴于高速磁浮列车在我国未来客运交通中的重要战略地位和我国自身研究发展工作的基础与力量相当薄弱的现实情况，考虑到日本与德国经长时间持续努力已将技术发展成熟到可建造实际运营线的阶段和他们均已认识到中国是未来高速磁浮列车的潜在大市场，从而对与我国合作发展有着相当高的

积极性，故建议当前宜抓紧进行下列3方面的工作。

1. 建设一条较短距离的试验运营线。选择合适地段，建设一条试验运营线是当前应采取的最重要措施。以此重大工程项目带动，可以有效地开展国际合作，引进与消化国际先进技术与经验，掌握与积累设计、工程建设与运营经验，从而为我国尽早地建设长距离实用运营线打下坚实基础。这条线不同于德国的埃姆斯兰特和日本的山梨试验线。他们是以纯发展技术为目的的，而我们的线以采用国际上已经试验的成熟技术为基础，要投入运营，解决有关运营问题，积累经验，以运营收入来维持其运行，力争有所盈余，并在公众中起到良好的示范宣传作用。其技术方案是采用超导电动型还是常导吸引型，则宜分别与日本及德国合作拟定相应的方案，经过细致地论证比较，根据技术成熟性、投资大小与国际合作条件等因素来进行选定。这条线同时又是我国进一步发展技术、进行技术攻关与创新的主要试验基地。

2. 有效地组织我国自身的研究发展队伍。鉴于我国至今从事过磁浮列车研究发展工作的力量十分薄弱，相当多的带头人均已达到退休年龄，故应紧紧围绕建造试验运营线的中心任务，充分发挥各方面的积极性，大力加强、有效组织我国磁浮列车技术的研究发展队伍，特别注意青年骨干队伍的形成与培养提高，在进行技术引进与消化、攻关与创新的工作中，使他们成为我国发展高速磁浮列车体系的中坚力量。还要组织我国有关产业部门，结合试验运营线的设计与建造，积极开展有关装备的研制与国产化生产工作。在研究发展工作方面，要舍得花钱，给以比较优厚的持续的经费支持。

3. 拟定发展规划，进行实用线的可行性研究。从我国未来高速交通发展需求出发，统筹兼顾各种交通工具的协调发展，根据高速磁浮列车高速度、长距离与大客流量的特点，拟定我国发展磁浮列车体系的规划。在规划基础上，选择几个在中近期可能建设的项目，认真进行可行性研究，以期在试验运营线取得成功的基础上，能不失时机地开始实用线的建设，真正使高速磁浮列车体系在我国未来高速客运系统中发挥重大作用。

综上所述，我们的主要结论是：

1. 经过长时间的持续努力，高速磁浮列车技术已成熟到可进入建设实用运营线的阶段。它是当前唯一能达到500公里/时运营速度的地面交通工具，具有重要的优越性，将在21世纪高速客运交通发展中发挥重大作用。

2. 高速磁浮列车适用于大城市间长距离、大流量的高速客运。它在各国客运交通系统中的地位与各国的国情紧密相关。

3. 从我国国情出发，应将发展高速磁浮列车体系放在我国21世纪高速客运交通系统中优先发展的重要战略地位来进行部署。

4. 建设一条试验运营线是当前我国发展高速磁浮列车体系应采取的最重要措施。

(这些认识是在多次讨论的基础上形成的。特别要感谢徐善纲、戴银明、孔力、金能强、常文森、连级三、袁维慈等同志的有益帮助。)(责任编辑 王宏章)