

谈高速铁路在我国的发展

原铁道部基建总局 高级工程师 马秋官

世界各地工业发达国家,从六十年代开始,竞相研究试验并修建一些时速为200公里以上旅客列车的高速铁路。怎样才算高速铁路?按照一般习惯,凡旅客列车最高时速在200公里以上的,为高速铁路;时速在120~200公里的,为中速铁路,时速在120公里以下的为低速铁路。我国铁路设计规范I级铁路旅客列车的最高时速为120公里,因此按着我国现行设计规范设计的铁路,都属于低速铁路的范畴。低速铁路,由于它的客货列车行驶的速度相差不大,曲线外轨超高可以作到既适于旅客列车,又适于货物列车的要求。因此客货列车可以混线行驶。

(一)我现在只谈高速铁路,就是时速200公里以上的铁路。先介绍一下世界上有高速铁路的国家和它们的高速铁路的情况:(见表1)

各国高速铁路资料

表1

项 目 \ 国 别	日 本				法 国	波 兰	意 大 利
线 段	东 海 道	山 阳	上 越	东北新干线	巴黎里昂	中央干线	罗马~佛罗伦萨
最高时速(公里)	210	260	260	260	300~380	200~250	250
R _{min} (M)	2500	4000	4000	4000	4000	4000	4000
i _p (%)	20	15	15	15	35	6	8
运营方式	客	客	客	客	客	客货	客货
区间正线间距(m)	4.2	4.3	4.3	4.3	4.2	4.5	4.0
钢轨重量(kg/m)	53.34	60	60	60	60	60	60.34
牵引种类	电力	电力	电力	电力	内、电	电力	电力
电 流 制	AC 25000 V	AC 25000 V	AC 25000 V	AC 25000 V	—	DC 3000 V	DC 3000 V

1. 日本 原有铁路是1,067毫米轨距的窄轨铁路。由于车辆轻、列车短、速度低,虽然大部分已经修成了双线,有的还修成了四线,但是运输能力还是不能满足急剧增长的客货运量的要求。为了适应迅速增长的客运量,同时与航空公司竞争,日本政府筹款,经过六年的科研试验工作,开始修建从东京到新大阪间的长515.4公里,轨距为1,435毫米的东海道新干线,于1964年10月正式通车。到1976年5月,东海道新干线运营十二年间,已经运送旅客十亿人次。东海道的口号有两个:第一是速度,一定要达到时速200公里;第二是安全,一定要保证行车的绝对安全。通车十二年的结果证明,这两个口号全达到了。东海道新干线与航空公司竞争并取得胜利的条件是:从东京到新大阪飞机的飞行时间虽短,但飞机场都设在市区

以外, 距离很远, 如将两端从城内到飞机场的走行时间加在一起, 则乘飞机所需要的时间就比高速铁路所用的时间为长。而高速铁路的车站位于市区附近, 有便利的交通条件。东海道新干线通车之后, 跟着又修建了新大阪至岡山长164.4公里一段新干线, 于1972年3月通车。以后又修建了从岡山到博多长397.9公里一段新干线, 于1975年3月完工。后来又修建了东北新干线, 东京至新泻间的上越新干线和东京至成田间的成田新干线。在东海道新干线通车以后修建的几条新干线。都根据东海道的运营经验, 把技术标准和设备类型作了修改: 如最高运行速度由210公里/小时提高到260公里/小时; 最小曲线半径由2500米增加到4000米; 最大坡度由20%改为15%; 竖曲线半径由10,000米增加到15,000米; 区间两正线间距离由4.2米增为4.3米; 钢轨重量由50.7公斤/米增加到60公斤/米; 电频率由60赫芝改为50赫芝; 供电系统由BT改为AT; 接触网悬挂系统由综合复式接触网悬挂型改为重型复式接触网悬挂系统; 变电站间的距离由20公里增加到50公里等等。(见表1)

东海道新干线的运营经验对于日本的高速铁路起的作用非常重要。表2是日本几条新干线的路基构成, 就是各条新干线的土石方, 桥梁、高架桥、隧道等按长度各占该线的百分比。

日本新干线工程量百分比

表 2

工程 项目	东 海 道		山 阳				东北新干线	
	东京~新大阪		新大阪~岡山		岡山~博多		东京~盛岡	
	长度kM	%	长度kM	%	长度kM	%	长度kM	%
土石方	274	54	12	8	58	15	26	5
桥 梁	57	11	20	12	31	7	68	14
高架桥	116	22	74	45	86	22	289	58
隧 道	69	13	58	35	223	56	113	23
桥隧合计	242	46	152	92	340	85	470	95
总 计	516	100	164	100	398	100	496	100

从表2可以看出, 东海道新干线的路基土石方占线路总长度54%, 而桥梁隧道合计占线路总长度的46%。东海道的运营经验证明: 高速列车经过曲线时, 它的离心力异常大。而路面上的轨道, 是道碴、道碴上面是轨枕, 都没固定连结在一起, 就是说: 它们是单摆浮搁着的。高速列车行驶在曲线上时, 离心力把轨道推向曲线外侧, 列车间隔又密, 道班工人要把轨道向内侧拨动, 既费工又找不到维修的时间。因此, 在修建山阳新干线的新大阪至岡山段, 将路基土石方减少到8%, 而将桥隧建筑物增加到92%, 修建岡山至博多段时, 将路基土石方减少到15%, 而将桥隧建筑物增加到85%, 在修建东京至盛岡的东北新干线时, 将路基土石方降低到5%, 而将桥隧建筑物增加到95%。路基土石方只用于车站两端直线地段和填方较缓的地段。桥隧建筑物上的轨道可以用各类扣件固定在混凝土桥面、无碴无枕梁、纵向混凝土轨枕、宽混凝土轨枕上, 隧道内可将轨道固定在整体道床上, 这些桥隧建筑物上

的轨道都是固定的,轨道不可能左右移动。

2. 法国 法国是研究试验高速铁路最早的国家。早在六十年代,他们就试验高速列车,我看到过他们试验高速列车的电影,用电力机车牵引五六节客车。现有高速铁路是巴黎到大西洋岸的波尔多。最高时速为200公里,平均运行速度为200~135公里/小时,全程约560公里,运行时间为3小时50分钟。

目前最近交付运营的高速铁路是巴黎到里昂的铁路,其最高时速可达380公里,但平时运营的速度为240公里/小时左右。它的最小曲线半径为4,000米,最大坡度为35%。(见表1)采用TGV高速电动车组。高速列车包括两节动力车,中间挂八节客车。转向架位于两节车厢之间,一个转向架上有两个销子,每节车厢端部有一个销子,这样做是为了消减普通车钩间的游间,而能在湾道上行驶。整列车组共有十三台转向架,其中六台为动力转向架。动车功率为8,650匹马力。如每节车厢重50吨,则每吨列车需要动力为17.3匹马力。(参见表6)

电动车组在高速运行时可以使用有效制动。动车上装有电阻制动,客车上装有电空盘形制动和闸瓦制动。

这条铁路的特点是采用了35%最大坡度,完全顺地面爬,遇高地用路堑通过,不用隧道。因为隧道的空气阻力对于高速列车的速度非常不利。列车速度越高,为加速所需要的动能和时间越多。列车好不容易达到260公里的时速,遇一个隧道,速度马上下降到100公里,又要重新加速。因此这条铁路上没有一座隧道,以保持必要的高速度。它用的道岔是67号单开道岔。这样大号码的道岔,其尖轨长度要60多米。至少要用五台同步电动机驱动。尖轨尖端的动程要大,越靠近跟部动程越小,五台扳动道岔的电动机的动作必需同步,扳动时间要短。要很快地扳过来。

3. 美国 美国早在四十年代,在东北走廊的几条电气化铁路上已行驶时速为135~169公里的高速旅客列车。由于它的旅客列车与货物列车是分线行驶的,所以各线上的曲线外轨超高是分别设置的。采用的电动机为EP-60型。在七十年代有一家AmTracK公司采用SCD-40F型电力机车牵引高速旅客列车行驶。某年曾发生一次脱轨事故。其后美国政府曾下令禁止高速列车的运行,高速列车没有发展。旅客列车最高时速不超过160公里。

据闻美国加利福尼亚州正修建一条南北向的高速铁路,尚未取得有关资料,有待进一步搜集。

4. 英国 英国曾在伦敦经伯明翰、曼彻斯特至利物浦一段铁路线上,采用摆式车体,在已经改造过的旧线上行驶,该段曲线半径均在1,000米以上。行驶最高时速可达240公里。英国对摆式车体的车辆技术,尚持保密措施,其原理是列车行驶在曲线上,外轨超高不按高速列车的要求设置,而用车辆的摆动装置,随速度和曲线半径的要求,车体向内侧倾斜,以平衡离心力。据报道,英国目前有四趟高速列车,旅行速度达到150~210公里/小时。

但是英国的高速列车,于1984年8月曾出轨一次,死伤旅客多名,我们在电视上看到。我们感到设计旅客列车的高速铁路,保证行车安全实在是首要的。我们应当调查美国和英国高速列车的出轨原因,在设计时应当尽量避免出轨事故。因为高速列车一旦出轨,其损失和对旅客的伤亡要比常速旅客列车惨重得多。我们要学习日本东海道的运营经验,如何保证行车安全,对国家和人民负责。

5. 西德 西德在汉堡至布莱梅间122公里铁路和慕尼黑至奥格斯堡间62公里铁路两段

曾经行驶过时速为200公里的高速列车,平均时速为135~200公里。西德使用的是列车自动调整系统。高速列车叫做欧罗巴号,最高时速为200公里。西德对于客货混用的高速铁路,其高速旅客列车的时速在货物列车的两倍以上。对其曲线半径与超高的关系,客货混用的高速铁路和专供高速旅客列车行驶的高速铁路,其最小曲线半径是如何确定的。这方面的理论公式和数值将在下面第二部分第1节里介绍。

6. 苏联 苏联从莫斯科到列宁格勒间650公里铁路,因线路平直,旅客列车的运行速度逐年提高。1960年使用T Φ 7型内燃机车,最高时速达到140公里。1963年改用ЧC2型电力机车,最高时速达160公里。1968年又改用ЧC2y型电力机车,最高时速达180公里,最高试验速度曾达到200公里/小时。今后拟改用ЭP200型电动车组,自莫斯科至列宁格勒的运行时间可缩短到4小时,技术速度为162.5公里/小时。ЭP200型电动车组,为里加工厂所制造,一列车共有十四节,中间十二节是有牵引电动机的动车。整列车组共有48台牵引电动机,小时功率为10,300千瓦(约合14,000马力)。车体为铝合金承重结构。车上安装自动起动和调速设备,多显示机车信号、电子速度表、电制动、圆盘制动、磁轨制动、列车无线车内电话以及空调设备。整列车共有816个座位。动车自重为61.5吨,有64个座位。操纵车自重为60吨,有24个座位。另外还有13个座位的酒吧间。每吨需动力16.3马力。

7. 意大利 目前意大利的高速列车的行车速度是由125~180公里/小时。现在正在筹建一条由罗马至佛罗伦萨的客货混用的高速铁路。旅客列车的最高时速为250公里。其最小曲线半径为4,000米,最大坡度为8%,用直流3,000伏电力机车牵引,(见表1)。

8. 波兰 波兰目前正在筹建一条从波罗的海港口城市格但斯克向南经首都华沙更向南通到工业地区西里西亚客货混用的高速铁路,名为中央干线,全长563公里。旅客列车最高时速为200~250公里,货物列车重量为5,000吨,一列车长度为150根轴。线路标准:最小曲线半径为4,000米,最大坡度为6%,两正线间距为4.5米。采用每米60公斤钢轨,每公里铺设1,733根木枕,用3,000伏电力机车牵引。(见表1)。

9. 伊朗 伊朗有丰富的石油资源,修了一条自德黑兰至马什哈德的高速铁路,全长926公里。采用自法国购得的燃气轮动车组。列车由西向东运行8小时20分钟,由东向西运行8小时35分钟,瞬间时速达到过161.5公里。由于某种原因,以后未再开行高速列车。

10. 中国 我国在六十年代初期,由铁道部科学技术委员会发起,想在北京至山海关间415公里地段行驶时速在140公里以上的高速旅客列车。当时调查,这一段线路的曲线半径在1,000米以下仅有数处,改造并不困难。但没有考虑到高速铁路的许多问题,例如平交道口问题、隔离地带问题、高速旅客列车对于像京山线这样运输繁忙的铁路由于扣除系数而影响货运量的问题以及一切机车车辆、通信信号等问题都没有详细研究落实。因而这个设想没能实现。

1978年,党的十一届三中全会,提出了公报,我国国民经济要大幅度增加。铁路计划运量估计很大。南北运输仅靠京广线和京沪线是不够的。还必需在两大干线之间修建一条北京至九江的铁路。当时由铁道部下达任务书给第三第四两个设计院,设计京九铁路,是双线电气化铁路,要求年输送能力达到一亿吨,但同时又要求旅客列车按最高时速160公里设计。这两个要求是有矛盾的。要满足旅客列车以160公里/小时的速度行驶,就不能完成年运量一亿吨的要求。最后因造价太贵(每公里合740万元)没有经国家批准。实际我国由于没有进行一

系列的科学研究试验工作,对于高速铁路的知识还不够,还不能修建高速铁路。

1978年12月间,由铁道部科技委、铁道部科学研究院、北京铁路局等单位,在京广线石家庄至保定间131公里线段试验时速为160公里的高速列车。使用的机车是德国制的NY型内燃机车,牵引五节客车。试验的主要目的有两个:一个是工务部门试验适合高速列车行驶的缓和曲线类型。目前有两种缓和曲线用于高速铁路上,一种是三次抛物线型缓和曲线,京广线保石段采用的就是这一种;另一种是半波形正弦型缓和曲线。第二个试验目的是客车转向架型号,这次试验的有两种型号,一是202型,二是209型。试验结果:北京铁路局认为缓和曲线以三次抛物线型缓和曲线适于高速列车,但是京广线没有半波形正弦型缓和曲线,而试验时速只达到160公里/小时,再高的速度没有试验。客车转向架以209型较好,高速列车行驶在曲线上和过道岔时都比较平稳。试验高速列车所牵引的五节客车,乘客很少,只有五分之一不到。这些乘客是铁道科学研究院的试验人员、北京铁路局人员、铁道部各有关局的人员、新闻记者、铁道部劳动卫生研究所的医生等。试验时发给每个乘客一张表,列车行经第几号弯道,某车站的第几号道岔时,乘客的感觉:是没有摇晃感觉,还是有轻微的摇晃感觉,或者是感觉到摇晃得很利害。高速列车行经弯道上时一般保持时速在110~120公里之间,在长直线时速度可以达160公里/小时,某次瞬间时速到了165公里,仅维持了80分钟,因为前面到站了,列车要减速了。在机车司机台上除了司机外,还有两个人:一个是劳动卫生研究所的医生,随时测量司机的脉搏和血压。另一个是速度报告员。列车在加速时报告列车的速度。从他的速度报告中,我体会到列车行驶速度越高,每提高速度五公里所花的时间越长,因此,需要的距离也越长,花费的动力越多。这一点感性认识是很宝贵的。另一个体会是高速铁路不能有平交道口。从保定到石家庄是现有双线,沿线有很多道口。在高速列车试验之前,石家庄分局已经和沿线人民公社打过招呼,每个道口增加看守人员,在试验列车经过道口前后,禁止行人车辆穿过道口。但是有一次一个农民驾驶手扶拖拉机,强行通过道口,正好在双线道口中间熄火,列车已开过来,将手扶拖拉机撞得粉碎。这件事给我一个深刻印象:高速铁路与一切道路必须以立交桥跨过,不能设置平交道口。

(二)其次,我再谈谈设计高速铁路所需要的技术标准和各项设备。

1. 最小曲线半径 设计高速铁路时第一个前提是:这条高速铁路是专供高速旅客列车行驶用的呢,还是供高速旅客列车与货物列车共线行驶用的。如果这条铁路是专供高速旅客列车行驶用的,那它的最小曲线半径很容易确定,按这个公式确定,

$$R_{\min} = \frac{V_{\max}^2}{18.5},$$

其中 R_{\min} 为最小半径,以米计;

V_{\max} = 最高速度。公里/小时

就是:

$$V_{\max} = 4.3 \sqrt{R_{\min}}.$$

按照 V_{\max} 由时速160公里以300公里需要的最小曲线半径 R_{\min} , 列于表3。

倘若这条铁路是供高速旅客列车与常速货物列车共线行驶用的,那它的最小曲线半径就不能简单地按着上述公式计算。应采用另外的一个公式计算。这个公式采摘自西德的一本杂志 *Elsners Taschenebuch der Eisenbahn Technik*, 简称 *E.T.R.* 中文意思是《铁路工程技术手册》1977年12月份中一篇论文,是研究供客货列车混用的高速铁路确定其最小曲线半

按照公式 $V = 4.3\sqrt{R}$ 计算的 R_{min}

表3

$V_{max}(km/hr)$	$R_{min}(m)$	$V_{max}(km/hr)$	$R_{min}(m)$
160	1400	200	2200
170	1600	250	3400
180	1800	300	5000
190	2000		

径的理论和计算方法。其最小曲线半径 R_{min} 应按下列公式计算:

$$R_{min} = 11.8 \times \frac{V_{max}^2 - V_G^2}{\ddot{U}_I + \ddot{U}_{II}} \times 1.25,$$

式中 R_{min} ——最小曲线半径, 以米计;

V_{max} ——旅客列车最高时速, 以公里计;

V_G ——货物列车时速, 以公里计;

\ddot{U}_I ——允许最大欠超高, 以毫米计;

1.25为安全系数;

我用 V_{max} 由160公里至200公里的时速, V_G 设为80公里/小时, \ddot{U}_I 按100毫米计算, \ddot{U}_{II} 按50毫米计算, 计算得的 R_{min} 见表4。

按照公式 $R_{min} = 11.8 \times \frac{V_{max}^2 - V_G^2}{\ddot{U}_I + \ddot{U}_{II}} \times 1.25$ 计算的

表4

$V_{max}(km/hr)$	$R_{min}(m)$	表4比表3数值高出的%	$V_{max}(km/hr)$	$R_{min}(m)$	表4比表3数值高出的%
160	1900	36	190	3000	50
170	2300	44	200	3300	50
180	2600	45			

式中, V_{max} 为旅客列车最高时速 km/hr ;

V_G 为货物列车时速 km/hr ;

\ddot{U}_I 为允许最大欠超高 mm ;

\ddot{U}_{II} 为允许采用的超高 mm ;

1.25为安全系数。

见 *E/rners Taschen buch der Eisenbahn Technik*, 1977, 12。

V_{max} 大于200公里/小时的 R_{min} 我没计算, 我认为旅客列车最高时速超过200公里的铁路应当按专供高速旅客列车行驶之用, 而不应当按照既跑高速旅客列车又跑常速货物列车的铁路设计, 因为那样曲线外轨超高太不好做了。

注: 此公式仅在旅客列车最高时速 V_{max} 在货物列车速度 V_G 的两倍以上时才能使用。如 V_{max} 为120公里/小时, V_G 为80公里/小时, 其最小曲线半径应按

$$R_{min} = \frac{V_{max}^2}{18.5} \text{ 计算。}$$

我们可以比较一下,表3是只行驶高速旅客列车的,表4是又行驶高速旅客列车,又行驶常速货物列车的。当 V_{max} 为160公里/小时,表3的 R_{min} 为1400米,而表4则为1,900米,比表3 R_{min} 的值增加500米,即36%;当 V_{max} 为180公里时,表3 R_{min} 为1,800米,而表4 R_{min} 则为2600米,增加了800米,即45%;当 V_{max} 为200公里时,表3 R_{min} 2200米,而表4 R_{min} 3,300米,增加了1,100米,即50%。这个道理是:一个超高值 \bar{U} 不能适应两种速度相差悬殊的列车在曲线上行驶的平稳性。如高速铁路只行驶一种速度的高速列车时,它的曲线外轨超高就按照这种速度计算。但一条铁路即行驶高速旅客列车又行驶常速货物列车,它的曲线外轨超高不能采用一种超高值,因为这个平均的超高值对于高速旅客列车,它的欠超高使高速列车行驶不安全,离心力过大,旅客也不舒适;同时这个平均的超高值对于常速货物列车,它的过超高使货物列车向内倾斜,增加车轮对于内轨的压力。因此客货混线行驶的高速铁路,其最小曲线半径加大,使曲线外轨值减小,则对高速旅客列车欠超高值和对于货物列车的过超高值都减小到能适应不同速度列车的需要。因此我认为如修高速铁路,还是专行驶高速旅客列车为适宜。

2. 缓和曲线 国外高速铁路采用的缓和曲线主要有两种:一种是三次抛线型缓和曲线,另一种是半波形正弦曲线。日本东海道采用的是半波形正弦曲线,这种缓和曲线的曲率变化和缓,长度较长,适于高速列车行驶的条件。日本东海道运营总结也说明半波形正弦曲线运行效果良好。北京铁路局在保定石家庄间设三次抛物线型缓和曲线良好,这是由于这一段仅铺设三次抛物线型缓和曲线,而且试验列车的最高时速仅为160公里,更高的速度没有试验。因此北京铁路局的结论有局限性,没有普遍性。我国将来设计高速铁路,采用何种缓和曲线,还要进行大量的科学研究试验才能得出结论。

3. 最大坡度 根据世界各国高速铁路的资料,专为行驶高速列车的铁路,坡度可以用得陡一点,日本的东海道新干线,采用20%最大坡度,山阳、上越和东海道新干线采用15%最大坡度,这是因为旅客列车重量轻,坡度陡一点上坡没有困难。法国的巴黎到里昂高速铁路采用35%最大坡度,是为了减少工程量,不用隧道,消除隧道对高速列车的巨大空气阻力。但是在客货共用的高速铁路,其最大坡度就要采用较缓的数值,使货物列车牵引的重量不至降低。因此客货共用的高速铁路,由于采用较大的曲线半径和平缓的最大坡度,如波兰的中央干线采用6%最大坡度,意大利的罗马至佛罗伦萨铁路采用8%最大坡度。由于线路平面纵断面标准较高,因而工程量大,造价也高,是不经济的。

4. 竖曲线半径 世界各国铁路的变坡点采用的竖曲线半径,美国是采用抛物线形竖曲线,它对凹形变坡点与凸形变坡点的曲率变换率是不同的,按其主干线标准,凸形变坡点的变坡率为2%,凹形变坡点的变坡率则为1%,其中心点的曲线半径分别为25,000米和50,000米。其它各国如苏联,西欧各国、日本等国的铁路则采用圆曲线形竖曲线,其半径一向采用10,000米,根据日本新干线的运营经验:高速列车时速在160公里以下,采用半径为10,000米的竖曲线就可以了,高速列车时速在160公里以上时,以采用半径为15,000米的竖曲线为宜。西欧和苏联的高速铁路运营经验都证明了这一点。

5. 线路通过能力 铁路的列车运行图,是铁路运输、线路维修、通信信号一切部门必须遵守的法则。列车运行图上每一条线代表一列车,如果所有列车的运行速度相同或接近相同,它的通过能力就最大。列车运行线完全平行的叫平行运行图,是衡量一条铁路最大通过

能力的标准。在高速铁路的条件下,如果是专供高速旅客列车行驶的铁路,它的列车运行图上的列车运行线接近平行,因此它的通过能力最大。但是如果供高速旅客列车和货物列车共用的铁路,由于高速列车的列车运行线陡,货物列车的运行线平缓,高速列车的速度越高,它的运行线越陡。在运行图上,一列高速列车要占用二对、三对甚至四对货物列车运行线。就是说,一列高速列车要排掉好几对货物列车,这个占用的系数叫做扣除系数。表5是旅客列车时速为120公里、160公里、和200公里时的扣除系数。当然,这些扣除系数都进为整数,是大约数字。在这里我仅仅说明客货混用的高速铁路对于货物运输的影响是多么巨大。我国铁路运输基本上应当是以货运为主、以国民经济生产所需要的物资为主。为了开几对高速旅客列车,这条铁路一年要少运几千万吨物。这笔帐应当好好算一算。

旅客列车扣除系数表 表5

旅客列车最高时速 (km/hr)	扣 除 系 数
120	2
160	3
200	4

6. 车站间距离 高速铁路一般为双线铁路,它的车站间距离对于它的通过能力没有影响。但是由于列车加速和减速需要一段相当长的距离,因此车站间距离越远越好,车站近了高速度发挥不出来。日本东海道新干线自东京至新大阪间城镇很多,人烟稠密,因此它权衡轻重,将车站间距离定为40~46公里。这是日本的情况。我国如设计高速铁路,其站间距离还应根据该线路的具体情况研究决定。

7. 两正线间距离 一般标准轨距双线铁路区间两正线中线间距为4.0米,高速铁路则由于两方向相向行驶的高速列车产生很大的空气阻力和气涡流,不但会影响列车运行速度,而且也容易发生危险,因此世界各国高速铁路两正线间的距离要加宽一点,以减少空气阻力。但各国的轨道间距又不相同,见表1。如日本东海道为4.2米,以后修建山阳、上越和东北新干线则增为4.3米。法国巴黎到里昂此距离为4.2米。波兰中央干线为4.3米。但意大利的罗马到佛罗伦萨铁路此距离没有增加,仍用4.0米。其中原因,有待于继续搜集资料,了解情况,才能适合于我国高速铁路的线间距离。增加这个距离是为了减少列车运行时的空气阻力,但同时将增加用地宽度,提高工程造价。不能照搬国外数字,人云亦云。我们出一个数字,一定要有科学试验的根据,要有说服力,对党对人民负责。

8. 轨距 标准轨距铁路的轨距是1435毫米。我1945年在美国宾夕法尼亚铁路公司和一位轨道监察谈话,他们从华盛顿到纽约是四线电气化铁路,中间两条是行驶旅客列车的,时速为160公里,两旁两条是行驶货物列车的。我问他:你们的轨距是多少?他答:行驶旅客列车的轨距不是1435毫米,即英制4英寸8 $\frac{1}{2}$ 吋,而是缩小了1/8英寸,即4英寸8 $\frac{3}{8}$ 英寸,合米制1432毫米。他说,轨距与轮距之间有一点游间,活动余地,常速列车还问题不大,而高速列车有这一点游间,行驶时左右摇摆,旅客站立不稳,甚至发生危险。他们把轨距缩小1/8英寸就平稳多了。这是我无意中得到的一点知识。

苏联铁路轨距是1524毫米,在莫斯科到列宁格勒一段铁路,旅客列车的速度是逐年提高的。他们也感到速度提高以后列车摇摆得利害,他们采用的办法,我从五十年代苏联技术管理规程中看到的。凡轨道直线段长度在800米以上的,将左边钢轨抬高3毫米,比右边钢轨高3毫米,这样列车就靠贴右边钢轨行驶,减少左右摇摆程度。但是这个办法在遇到弯道怎么办,过了弯道又要换边。我认为这个办法比较笨一点。经过多年的运营实践,苏联在1977

年公布的《设计技术条件》的标题是轨距从1,524毫米改为1,520毫米,是什么原因,没有说明。我猜想苏联轨距减小4毫米为了减小列车左右摇摆的原因。列车左右摇摆,不但旅客不舒适,而且轨距也容易扩大,增加工务维修工作量。

9. 钢轨重量 各国高速铁路的经验,钢轨不论轴重若干,都要采用每米60公斤以上的重轨,原因是提高轨道的刚度,减少振动量。从表1可以看出。轨道必须采用无缝线路、焊接长钢轨,理由也是为了减少列车振动,保证高速列车行驶的平稳性和舒适程度。

10. 路基构成 前面介绍日本东海道的路基构成,由于保持轨道的稳定,节省养路工作量,将路基土石方逐渐减少,这是日本新干线的经验。后来我们了解法国巴黎到里昂高速铁路,他们的经验还是使用路基,把道床加宽,从图上估计,从轨枕头部到道碴边缘至少有一米宽,用道碴的阻力防止轨道横向移动。法国的这个方法经过几年的实践证明是成功的。我国采用何种方式,要通过科学试验来决定。

11. 隧道净空 由于隧道对于高速列车产生很大空气阻力,日本新干线将隧道净空加高一米,以减少空气阻力,但未能消除空气阻力。法国巴黎至里昂高速铁路采用35%最大坡度,取消一切隧道,同时也将工程量减至最小,这就消除了一切影响列车高速行驶的空气阻力。

12. 桥梁加固 由于高速列车对于桥梁产生很大的振动力,所有桥梁都要加固。除了高速列车行驶时的振动外,还要计算长跨度桥梁在高速列车经过时所产生的挠度,即下沉量。另外还要考虑桥梁本身的振动频率与高速列车的振动频率是否一致。如果两者的频率是一致时,这种重合的振动频率会越来越大,结果会导致桥梁的破坏,对于高速列车产生张大的危险。

13. 防护设备 高速列车本身要形成一个隔离地带,一切车辆行人牲畜都不准进入这个地带。因一旦发生高速列车与其它车辆相撞的事故,不但其它车辆遭到破坏,甚至可能导致高速列车的出轨。日本干线在高速铁路两旁各设一道铁丝网,每隔500米设一个门,持有工作证的人员可以进入这个地带。高速列车风驰电掣地行驶,它的尾部形成一个强大的真空带,其吸力是非常强大的,可将轨道附近的行人和物件吸入轨道下面。法国巴黎至里昂的高速铁路是在铁路两旁设置钢筋混凝土栏杆作为隔离。我国将来修建高速铁路时应采用什么防护设备,要根据该高速铁路沿线的情况研究决定。

14. 隔音设备 高速列车以全速行驶时,将产生很高的噪音。日本政府有一个公害省,相当于我国的环境保护部。公害省不但管废气、污水、废渣等对于人民健康的危害,也管造成酸雨的、影响市容的一切事务,而且还管造成噪音的工业交通等设备。对于产生高噪音的高速铁路,也有许多规定。噪音高于60分的设备,要采取措施降低噪音。不能改造的要限期拆除。因为高噪音对人民的心脏,神经都有很大的损害。

15. 机车和车辆 高速列车的机车车辆,为了减少空气阻力,必须设计为流线型的,整列车必须为一个整体,车辆之间必须没有空隙。其次,机车车辆的构造速度必须超过设计的最高行驶速度,以备将来有可能超过设计速度行驶。高速列车最好用电力牵引,而且尽可能采用电动车组,多单位动车组。第一个优点是起动和制动快,时间短。第二个是万一有一个动车发生故障,列车照常行驶,牵引力由其它动车分担。第三个是动车和车辆都可布置旅客座位,增加列车的旅客容量。第四个优点是列车两端都有操纵台,列车可以不必改变运行方

向, 机车也不必因改变运行方向而从头部摘下挂挂到尾部。

高速列车需要强大功率的动力。我将货物列车、常速旅客列车和高速旅客列车的速度, 列车重量、机车总功率和每吨列车需要的动力列为一个表 (见表 6), 可以看出高速列车需要的动力强大的程度。其中货物列车的牵引机车是用国产内燃机车东风 4 和电力机车韶山 1 型的功率计算的, 时速 120 公里的旅客列车的牵引列车是用长辛店工厂生产的东方红型内燃机车的功率计算的。时速 160 公里和 250 公里的牵引机车或动车组的功率是引用国外资料计算的。表 6 内机车功率均以马力计, 便于比较。如电力机车的功率以千瓦计, 则折合马力数。表 6 所列功率都是电动机或柴油机的功率, 不是轮周功率, 比较时以资划一。

机 车 功 率 表

表 6

列 车 种 类	最高时速 (km/hr)	列车重量 (吨)	每吨需要马力	机车总功率 (马力)
货 物 列 车	80	5,000	1.05	5,230
	100	5,000	1.86	9,310
旅 客 列 车	120	800	3.125	2,500
	160	500	7~8	3,500~4,000
	250	500	18~22	9,000~11,000

从表 6 所列每吨列车所耗的动力, 高速列车 (以时速 250 公里为例) 相当于常速旅客列车 (以时速 120 公里为例) 的六、七倍之多。从此可见高速列车耗费动能之巨大。

16. 跨线桥 高速铁路既形成一个隔离地带, 与它交叉的公路、道路、城市道路以及其它铁路线都不能与它平面交叉, 必须修建跨线桥。次要的道路可以合并。在运输繁忙地段, 高速铁路长度一公里以上修建一座跨线桥为适宜。即便如此, 跨线桥的数量还是很多的。因此为了升降跨线桥, 高速铁路以采用较陡的最大坡度, 上下跨线桥比较灵活, 引线也比较短。跨线桥的孔数和每孔的跨度, 要与有关部门协商, 按其规划的公路要求设计。当然, 公路和城市的要求, 必须有经过批准的规划为依据, 不能要求过高, 增加高速铁路的造价。在市区的跨线桥, 还要考虑造型美观, 美化市容, 要请建筑师提出多种方案, 选择采用。

17. 信号设备和通讯设备 高速铁路必需采用先进的灵敏度高而极端可靠的信号设备和通讯设备, 如调度集中、无线电列调、自动停车装置、机车信号、电子计算机操纵、列车同步牵引等设备, 以保证行车的绝对安全。

18. 防雪设施 东北方冬季降雪量大地区修建高速铁路, 必须考虑消除积雪的设施。日本新干线, 在降雪量超过 50 厘米的地区, 其轨道固定在储雪型高架铁道上, 即修建一个适当高度的钢筋混凝土高架桥以支撑轨道, 其高度根据当地降雪量而定。桥下留出一个空间以储存从轨道上清除下来的积雪之用。在降雪量特大地区, 还采取洒水以溶化积雪的设备。在路堑中边沟之外留出一定宽度以存储积雪。在车站上设防雪棚。必要时利用列车的热能以热风将积雪吹化。在隧道内必须严格防止漏水, 因天寒时形成冰柱, 将对高速列车发生危害。

19. 地震预报设施 在多地震地区修建高速铁路, 必须设置地震预报设施。地震是没有办法防止的。而高速列车行驶时如遇强烈地震, 导致列车出轨, 其损伤程度要比常速铁路出轨惨重得多。有了地震预报设施, 高速列车在行驶时遇到地震, 停止运行, 等地震波过去后

再运行。很多的国家,新干线的地震预报设施做得比较好。

20. 高速铁路的造价 这方面可参考的资料不多。仅就1978年第三第四设计院对京九线的估价,按双线电化,每公里造价为740万元。我认为这个造价估低了,因为有许多设备标准,设计院还没有考虑到,没有纳入预算。我根据日本几条高速新干线的造价和我国铁路造价相对比,在我国修建一条双线电化高速铁路,造价约为常速双线铁路的两倍到两倍半。以京秦线1984年竣工结算的造价,每公里折合533万元(不含电化费用)。则我国修建一条双电高速铁路的造价每公里约为1,200万元。京九线约长1,300公里,共需投资156亿元。1978年两个设计院向国家计委和建委汇报时总造价不到百亿元,上级机关已嫌造价太贵而否决。即使批准修建了,姑不谈货运量能否完成年输送一亿吨的任务,即使旅客列车以160公里时速行驶,也不过只比常速快车少五个小时。常速列车如需20小时,则高速列车也只需要15小时。如乘飞机,仅不到两小时。国家耗费这样多投资,旅客仅节旅程五个小时,是太不值得了。

(三) 最后谈谈我对在我国修建高速铁路的看法。

高速铁路的造价这样高,在本世纪内国家是没有财力修建的。如果在二十一世纪,例如在2020年,我们要修建一条高速铁路时,我的建议是:

1. 必须首先搜集资料,派人到国外考察高速铁路的一切情况和数据,要进行科学试验。一切数字的采用与决定必须有科学根据。像北京东郊的环行试验道也不够用了,必须另外修建专供高速铁路试验的环道和一切设备;

2. 高速铁路必须按其标准新建,不能利用旧线改造,因为旧线的许多设备都不适于高速列车的行驶。例如六十年代初,想利用京山线行驶高速列车的计划,八十年代初想把京沪线各车站改用可动心轨道岔行驶时速为140公里的旅客列车的计划,都脱离现实而落空。

3. 最好修建专门行驶高速旅客列车的铁路而不要修建客货列车共用的高速铁路。如前所述,专门行驶高速旅客的铁路,坡度可以陡一些,曲线半径可以小一些,因而工程量也少一些,运行维修都方便一些。不要修建即行驶高速旅客列车又行驶货物列车的铁路,因为那样两者不能兼顾,都完成得不好。

4. 要在客流异常强大的线路上,开行高速旅客列车可以分担一部分客流量。

5. 高速铁路的长度不宜过长,最好在五百公里之内。旅客以两三个小时完成他的行程是比较满意的。如在千公里以上,旅客还是乘飞机好一些。请看世界各发达国家的运输情况就可以说明问题。例如在美国,长途旅客几乎全为航空公司包办,铁路只承担些短途运输和货物运输,不再承担长途旅客运输了。

如果我国在廿一世纪初期修建一两条试验性的高速铁路的话,我建议先修建北京天津段,这一段客流异常繁忙,而且北京天津间没有县城,也没有工业点,设计高速铁路在北京天津之间可以不设车站,是理想的高速铁路线。高速铁路是双线,可以在现有双线的一侧。不用填土路堤,全部用钢筋混凝土矮架桥通过,遇见公路就以较大跨度的桥梁跨越。这样做有几个优点:①少占用地;②不取土,弃土;③路基稳定,没有沉陷;④轨道固定,不会移动,节省维修费用;⑤不破坏农田。造价也贵不了多少。北京至天津间目前运营距离为137公里,我在枢纽一篇文中建议修建双桥至安定线以利疏解,同时缩短运营距离二十多公里,估计京津间距离将为115公里。这条线我建议按时速300公里设计,通车后速度逐渐增加,到时速300公里时,京津间行驶时间有半小时就够了,比市内交通还快。这段铁路通车后,不

但行驶京津间高速列车,而且北京至莫斯科国际列车(经满洲里)、京沪、京青、京济、京杭、京福等特快列车都可以在高速线上行驶。原有双线仍行驶货物列车和旅客慢车,这些列车由于行驶速度差不多,列车运行图几乎是平行的,因此原有双线铁路的通过能力也增加了。京津间修建双线高速铁路的建议是一劳永逸的。比京津间修建第三线的方案优越。修建第三线是利用原有的施工便道,能节省一些投资,但解决不了运能几年,也不能提高列车速度。

北京天津段高速铁路运营几年之后,总结经验,可以修建第二条高速铁路:上海杭州段。这一段运营里程为189公里,目前正在修建人民盼望已久的第二线。我建议修建高速线,完全为了客运,沪杭间只设嘉兴一站,沪嘉段长98公里,嘉杭段长91公里,符合高速度铁路条件。高速线仍按矮架钢筋混凝土预制桥梁修建,在现有双线的一旁。

在京津段和沪杭段高速铁路运行取得经验之后,可再考虑修建客运繁忙的广州九龙线——182公里,宁沪线——311公里和沈阳鞍山线——89公里。根据各该段当时具体情况决定。

作者对于高速铁路还有许多不知道的东西,仅就所了解的情况介绍一下,有待于同志们搜集资料,补充修改。