

高速铁路安全技术研讨会论文集

中国铁道学会 主编

中国铁道出版社

1995年·北京

出了新的概念,高速列车司机室人—机界面要满足这个要求。从人—机界面分析,高速列车应尽量用机械设备来代替人的工作,在事故发生前有应急处理和补救设备,消灭事故隐患,运行信息实现车内化和一体化,改善司机作业环境,并对司机的心理和生理素质进行适应性训练。

4. 健全制度,创造高速铁路列车安全运行的优良环境

要保证高速铁路的行车安全,应当创造必不可少的良好的社会环境。我国铁路行车安全状况受到社会环境、外界条件影响较大,应该从健全法制入手,加强社会舆论宣传工作,提高全民对保证铁路行车安全的行为准则、社会意识和责任。要根据铁路发展的需要,对现行《铁路法》进行必要的补充和完善。而后以《铁路法》为依据,制定相应的法律、法令和条例,明令要求。对于破坏铁路设施、妨碍列车正常运行、危及行车安全的犯罪行为,要进行严厉惩处。

5. 避免事故发生,提高幸存能力

高速铁路安全设计的目标在于尽量避免行车事故,减少事故损失,提高幸存性,保证安全设计系统的安全目标和经济指标。

在高速铁路安全设计中,必须考虑以下主要问题:

- (1) 避免高速铁路列车冲撞的安全设计;
- (2) 减少高速铁路列车事故损失和提高旅客、乘务人员幸存性设计;
- (3) 高速铁路防火安全技术设计。

6. 建立规范化培训人员的制度

人虽然有高的智力和进行三维空间操作的能力,但精力毕竟有限。据国内外航空和铁路运行事故统计分析表明,有50%以上的事故都是由人员的失误、违章、失职所造成的。因此,为了弥补人的“性能”的不足,高速铁路引入了不少代替人的功能的自动化设备。但是,不管怎样,司机和管理人员总是负责最后一道防线。因此,必须建立对司机和管理人员的培训制度,以提高熟练程度,减少差错。

在讨论中有些专家还认为,对涉及到我国高速铁路建设的全局性问题,如京沪高速铁路运营初的运营模式及远期目标;高速铁路的各项技术标准、各项法规制度,安全技术设备的研制;人—机—环三者的优化组合和合理匹配等,应成立相应的组织机构,有计划、有组织地进行系统的研究和探讨。

(沈庆衍 阎耀兴)

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

近 30 年,高速铁路技术得到了迅速发展,我国发展高速铁路势在必行。安全是铁路的生命线,是高速技术中最首要问题。本论文集涉及到高速铁路运输组织、列车速度控制及行车指挥、安全设计、高速列车机车车辆、弓网关系、供变电、线路桥隧安全技术及维修养护等内容。本书供有关领导及管理部门、科研单位、大专院校和生产部门的科技工作者参考。

高速铁路安全技术研讨会论文集

中国铁道学会 主编

*

中国铁道出版社出版发行

(北京市东单三条 14 号)

责任编辑 崔滨九 封面设计 陈东山

北京市燕山联营印刷厂印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17.25 字数: 393 千

1995 年 7 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数 1—600 册

ISBN7-113-02079-8/U·604 定价: 25 元

前 言

高速铁路是当代铁路一项重大技术成就，为传统产业的铁路运输业注入了新的活力，并在世界范围内迅速发展。我国发展高速铁路，特别是在京沪等干线建设高速客运专线已是势在必行。

安全是铁路的生命线，更是高速技术中的首要问题。近30年来日本未发生高速铁路重大人身伤亡事故是靠软硬件等一套安全保障系统来实现的。高速铁路安全体系是以现代化高新技术为依托的复杂的系统工程，它涉及到高速列车机车车辆、弓网关系、供变电、线路轨道结构和桥隧、运输组织、列车速度控制及行车指挥、设备的维修保养、现代化检测技术及动力学、机电一体化等高新技术。

为了探讨高速铁路安全技术，为我国高速铁路起步与发展做好必要的准备，根据中国铁道学会1994年重点学术会议计划安排，中国铁道学会秘书处与有关单位于10月下旬在无锡召开了“高速铁路安全技术研讨会。”会议选用了论文47篇，其中20篇在会上宣读。会议采取了国内交流和国际交流相结合的方法，提倡国内交流方式向国际靠拢的方法，取得较好效果。与会专家一致认为，这次会议论文内容丰富，有一定深度，对我国高速铁路起步与发展，对高速铁路决策及技术攻关有一定参考价值。为此在北方交通大学、西南交通大学、铁道部科学研究院的支持和资助下，编辑出版了这本论文集，供全路广大关心和从事高速铁路工作的领导及专家参考。

本书由中国铁道学会于新安、龚昕主编，中国铁道出版社出版。由于时间仓促，书中疏漏和错误之处请读者批评指正。

编 者

1995年3月

高速铁路安全技术研讨会纪要

由中国铁道学会秘书处会同上海、北京铁道学会，自动化、运输等专业委员会联合召开的高速铁路安全技术研讨会于10月22日至25日在无锡召开。会议收到论文70多篇，录用50篇，与会代表共70人。

中国铁道学会副理事长兼秘书长罗冬树、副理事长、铁科院原副院长周宏业、北方交大校长王金华、西南交大校长孙翔、上海铁道学院副院长孙章和上海铁路局原副总工程师刘瑞昌等有关同志在会上发言，20多位专家作大会交流发言。日本、德国的铁路专家应邀作了专题报告。

与会专家一致呼吁：我国修建高速铁路的时机已经成熟，势在必行。这种从京沪线起步修建是符合我国国情的，要抓紧立项，做好前期准备工作。国外实践证明，高速铁路是当代重大的技术成就，经济效益高，社会效益巨大。高速铁路的修建不仅可以迅速带动沿线地区经济的腾飞，引起新的产业革命，而且还能促进诸多技术领域的综合开发和铁路的技术进步。我们应该充分认识高速铁路的优势，因势利导，迅速果断作出决策，成立高速铁路公司，利用各种渠道筹集资金，尽快建成我国第一条高速铁路。我国高速铁路的起步比经济发达国家已经晚了30多年，如仍犹豫不决，必将再失良机。为了取得经验，目前应迅速着手筹建高速铁路的试验区段，这个区段可以建在京沪线的京津或沪宁相应区段上。

安全是铁路之本，保证行车安全是高速铁路设计施工、设备制造、系统开发和运营管理的前提条件。与常规铁路相比，高速铁路安全技术需要提高到新的水平，跨上一个大的台阶，因为它是高速铁路先导性的技术核心，是铁路高新技术的集中反映。与会专家一致认为，必须高度重视保证高速铁路列车运行安全相关技术的研究，以确保行车安全。与会专家就以下安全技术问题进行了广泛讨论和深入探索。

一、基础设施的安全技术

铁路的基础设施,在高速条件下,对安全技术要求愈加严格。与会专家从运、机、工、电、辆等各专业及其相关专业出发,论述了为适应列车高速运行所需研究的安全技术和采取的措施。

1. 轮轨系安全技术

高速列车对线路的作用力大大加剧。在垂向,其作用力取决于轴重与簧下重量,并与速度平方成正比,因此,要减少其影响,必须尽可能地减轻轴重与簧下重量,采用轻型化结构与材料。在横向,列车的作用力将明显地影响线路的稳定性与曲线通过的安全,因此,还必须改进转向架和弹簧系与减振器参数。同时,列车作用力会严重影响轨道下沉、变形、导致轨道不平顺,造成磨损与破坏,并波及轨枕和路基。因此,还要加强道床和路基质量,改善轨枕、道碴与机件的性能,以保证轨道结构的稳定性。

2. 列车制动安全技术

高速列车动能大,制动功率高,其动能由车体移动动能之和与轮对转动动能之和两部分合成,并与速度平方成正比。速度越高,动能越大,要使列车迅速制动,必须具有良好的制动系统。制动不良,不但不能使列车在适距离内停车,造成事故,而且有可能造成车辆破损和人员伤亡。因此,在国外的高速列车采用复合制动,动力、盘式、涡流和磁轨等各种制动方式联合作用。同时,还采用冗余作用,保证列车制动绝对安全。

3. 高速列车控制与行车指挥技术

高速列车速度控制是高速铁路安全运行的关键技术之一。要控制行驶中的200~300km/h的列车运行,涉及的方面很多,有机车车辆与线路等设备,有行车指挥和操作列车的管理人员、司机,还有周围的环境等。在高速运行时,完全依靠人的监视和控制是难以完成的。与会专家从各个方面对高速列车的控制、指挥与信息管理的提出了保证行车安全的方案和措施。

高速列车不可能依靠地面信号显示系统,必须利用机车信号指挥行车,采用列车控制系统控制列车运行。一些专家结合这一特点,提出了建立这种速度控制系统的设想与方案。这是一个庞大、复杂、时变的综合控制系统,集计算机、通信和信号等高新技术于一体。因此,一些专家建议、对于微电子技术时

代，较之20~30年前有了极大的进步，我们采用的行车控制系统应比那时国外的水平先进、安全，而且更符合我国国情和路情。我们应该从高起点出发，避免用大量资金去购置国外六七十年代的系统，可引进部分硬件，组织本国的技术力量，研制和开发自己的系统。对引进问题，必须吸取以往的经验教训，充分发挥专家作用，严谨、慎重、认真地进行论证研究。

4. 高速铁路的线路设计

与常规铁路相比，高速铁路的线路标准及其管理更为严格。与会专家就线路设计（包括线间距离、最大坡度、最小竖曲线半径、最小平面曲线半径、缓和曲线长度与平立面曲线的重叠）、列车气动特性、隧道断面与轨道平顺性管理等方面提出了一些建议。

由于高速列车的外型对运行阻力影响很大，所以对其气动特性应进行专门的研究。

隧道断面对列车在隧道中安全运行十分重要，列车穿越隧道由于“活塞效应”形成更强的压力脉冲（压缩波与膨胀波），并不断传递、反射、叠加。由于压力冲击波的幅度与速度平方成正比，因此，常规铁路的隧道断面不能适应高速铁路安全行车的需要，要另订高速铁路的隧道断面标准。同时还应加强对高速列车的密封性能和抗压强度的研究。

为确保高速列车运行的安全性和舒适性，要加强对轨道平顺性的研究，研究在列车作用下造成轨道各种不平顺变化及检测与控制的方法。对于轨道不平顺的研究是一个要求高、技术复杂、难度很大的系统工程，它涉及机车车辆、轨道、检测与计算机处理等多个领域，必须借鉴国外成功的经验，并组织力量进行攻关。此外，有的专家还就我国高速轨检车的问题提出了自己的建议。

5. 牵引供电系统及弓网的合理匹配

牵引供电系统应充分满足列车高速安全运行的需要。根据国外经验，我国高速铁路宜采用AT供电方式及直接供电加回流线的方式；在变压器类型方面，采用单相牵引变压器可以使接触网的分相数目最少，可靠性高，维护容易，因而单相牵引变压器最有利于安全运行；在选择停电单元方面，按供电臂停电可以减少弓网故障概率。专家认为，牵引供电系统的保护、检测、监控装置是保证安全运行的必要条件，我国高速铁路必须开发合适的安全监测、保护系统，对一些有待于研究的问题也应尽快着手解决。

高速铁路受电弓和接触网是高速电气化的关键部分，它是衡量接触悬挂系统质量的一个重要指标，也是国外高速铁路讨论研究的一个“热点”。在这次会议上，很多专家论述和探讨了有关弓网关系的问题。

要保证安全行车，弓网必须合理匹配，要尽可能降低离线率，保证高速受流的稳定性。这一方面取决于接触网悬挂系统的性能，另一方面需要有性能良好的受电弓与之配合。因此，有的专家建议，为解决弓网关系，我国应在试验区段进行试验，以便选择最佳参数。

接触网的悬挂系统必须满足高速度和所需高密度列车运输的需要，在此基础上减少维修、简化设备、降低造价和提高可靠性来选择所需的类型。为防止导线谐振造成离线，应适当加大导线的张力，同时预留一定的弛度，以增加接触网的稳定性。对于接触线的材料，有的专家认为目前可选用铜合金线，承力索选用相应的绞线，同时要积极开展铝包钢或铜包钢线的研究。对于受电弓，不但机械强度要保证，而且要重量轻、接触压力偏差小和工作稳定性好。

6. 高速铁路的防火与救援

高速铁路由于线路与列车为全封闭方式，因此，一旦发生火灾，救援十分困难。因此，必须对列车与隧道等一些消防重点采取严格的防范措施。国外经验表明，要防止列车火灾，不但要制订设备防火标准与法规，而且车厢要采用难燃材料，并考虑防火结构。在一些容易着火的地点设置火灾探测、报警和灭火系统。在隧道内，除采取上述措施外，还应增加通信联络和排烟换气设备。对于长隧道，还要增设避难通道，配备备用电源。

对于列车防火救援，有的专家建议，一方面应研制新的难燃材料，另一方面要加强灭火技术试验研究，制订各种防火标准与规章制度。为此，专家还建议应组织力量对列车脱轨、冲突和防火等问题开发深入研究。

7. 可靠性研究与管理

对于高速铁路的基础设备，需要对其可靠性进行综合分析，并在此基础上谋求全局优化，建立科学的可靠性计划与管理。为此，提出了高速铁路可靠性的分析与质控流程图。根据不同的可靠性，采取不同的措施，以确保高速铁路持续安全运行。

可靠性的研究与管理，不应仅局限在设备方面，要进行软科学的开发与研究，重视人—机—环境相互关系，合理匹配，认真解决接口问题。为防止与自

动化有关的人为错误，必须考虑到自动化的发展程度与企业的文化观念相适应，应注意避免以硬件为中心的设计。重视领导层和管理人员对设计目标、维修和检查程序及安全标准的决策具有举足轻重的作用。

二、高速铁路综合系统的安全技术

高速铁路是一项庞大、复杂的系统，除了机、工、电、辆等方面的基础设施外，还有不少综合系统，其中有些是边缘技术，有些是系统可靠性技术，有些是管理科学。与会专家认为，这方面的工作在高速铁路修建的前期是十分重要的，其研究工作进行的深度、质量和涉及面必然影响全局。在这次研讨会上，与会专家对有关高速铁路安全方面的软科学与综合问题进行了广泛而深入的讨论，提出了一些颇有新意的见解和建议。其中主要有：

1. 高速铁路应建立安全系统

为保障高速铁路安全运行，除了基础设施本身要保证安全外，还应建立综合性的安全体系，并由专门的组织机构统筹规划，加强管理。这个系统是以人为核心的人—机—环控制、检测和管理系统，包括列车控制与行车指挥自动化系统、技术装备的检测与诊断、电化铁路供电控制与检测、环境监测与报警以及突发事件应急处理与减灾等六个子系统。对于这些子系统的内容与模式应及早着手进行研究。有的专家还就管理系统的内容与功能进行探讨并提出了思路与框架。

2. 把安全技术纳入修建高速铁路的前期研究

在进行高速铁路前期研究中，应尽早把行车安全问题纳入科学研究规划，全面借鉴、吸收和消化国外高速铁路成熟的经验，并结合我国铁路的实际情况，提出我国高速铁路行车安全保障体系的实施方案与具体措施。

我国高速铁路的建设，应坚持“安全第一，预防为主”的方针，从方案选择、线路设计、运输设备制造以及将来的运营管理都围绕这一指导方针，并开展安全保障体系的研究，使安全保障的要求深入到每个环节。对于行车安全防护设备的设置，要做到宁可有而不用或少用，不可无而被动，做到有备无患，未雨绸缪。

3. 分析司机室人机界面，提出安全新概念

国外高速铁路提出“安全、快速、舒适、高效”的要求，因此，对安全提

目 录

1. 我国高速铁路行车安全管理系统初探	胡安洲 杨浩 肖贵平 (1)
2. 高速列车安全设计	孙 翔 (5)
3. 高速铁路安全技术浅析	周宏业 周述琼 朱其杰 (12)
4. 论我国发展高速铁路的行车安全控制系统 汪希时 丁正庭 宁滨 程荫杭 孟金全 唐涛 徐明	(17)
5. 从有利的运输组织和行车安全技术看我国高速铁路的发展对策	郝克智 (24)
6. 高、中速旅客列车混行条件下的行车安全探讨	金辰虎 (30)
7. 高速铁路接触网安全性及对策研究	单圣熊 郑国藩 (35)
8. 高速客车的防火安全技术	陈宝印 (39)
9. 高速铁路运输组织与行车安全问题研究	杨月芳 胡锦云 (46)
10. 高速接触网的可靠性与安全性系统分析与设计	戚广枫 (51)
11. 高速铁路的安全及其系统的构成	丁丕功 闵耀兴 黄问盈 (58)
12. 京沪高速铁路列车速度控制探讨	赵爱菊 张家栋 余祖俊 (64)
13. 高速铁路轨道不平顺的安全管理	王其昌 翟婉明 蔡成标 (71)
14. 对研制我国高速轨道检查车的建议	高林奎 樊戈平 (78)
15. 高速铁路安全技术浅析	余也艺 (83)
16. 高速铁路牵引供电系统安全保证措施的探讨	杨建国 (88)
17. 关于我国高速铁路列车速度控制和行车指挥系统的设想 柳景星 管建华	(93)
18. 高速铁路轨道平顺状态安全管理	朱开明 罗文灿 罗林 (97)
19. 高速司机的选拔与培训	戴明森 许勇 (102)
20. 国外高速铁路信号安全技术	陈佳玲 (109)
21. 国外高速铁路安全技术综述	刘重庆 (115)
22. 高速铁路防火	徐玉香 (120)
23. 京沪高速铁路信号显示刍议	张学渔 王东华 王亚春 (126)
24. 浅议高速铁路线路设计标准与列车运行安全	贾德华 (130)
25. 高速铁路运营安全对设备的要求	曾敏士 (133)
26. 试论高速铁路的安全系统工程	卜长堃 (138)
27. 高速铁路控制中的数字移动信息与卫星定位系统	赵荣黎 (141)
28. 高速轨道维修标准对行车安全与舒适的影响分析	范俊杰 (146)
29. 高速铁路行车指挥自动化系统探讨	郎茂祥 (153)
30. 国外高速铁路无损检测方法综述	郑中兴 (158)

31. 高速铁路管理信息系统研究	曹根宝 (162)
32. 采用高新技术对材料和零部件进行高质量检测	李西达 (167)
33. 高速旅客列车防火、灭火及救援技术	曹 琦 (171)
34. 高速动力车车体结构设计对安全因素的考虑	刘建新 肖守讷 (175)
35. 高速机车司机室人机界面的安全性分析	刘东明 杨世杰 张继超 (178)
36. 高速列车的监测与诊断系统	诸昌铃 (182)
37. 日本高速铁路行车指挥系统中的安全保障措施	诸昌铃 (189)
38. 高速铁路与隧道工程	关宝树 (197)
39. 高速铁路行车安全与管理初探	李保知 杨长清 (207)
40. 借鉴国外铁路事故调查分析的经验 提高我国铁路安全管理水平	杨洪益 (212)
41. 科学技术是铁路运输安全的主要支柱	夏寅荪 (216)
42. 从日本高速列车 TIS 看我国的对策	顾振国 (222)
43. 高速电气化铁路接触网及牵引供电安全技术初探	徐建宁 徐红 (225)
44. 高速电气化铁路接触网导线性能与材质的设计探讨	余心沪 周求定 (229)
45. 弓网动态模拟技术与高速铁路接触网系统的安全性设计	罗辉 侯雪贤 (235)
46. 高速电气化铁道接触网若干问题	刘宝钺 曹立白 赵印军 (241)
47. 电气化高速铁路在安全上应注意的几个问题	刘建双 (246)
48. 高速铁路行车安全保障及评估方法探讨	吴家豪 (252)

我国高速铁路行车安全管理系统初探

胡安洲 杨 浩 肖贵平

北方交通大学运输管理工程系

中国要发展高速铁路,经过近几年广泛的酝酿和探讨后已取得了共识,并初步确定了以修建京沪高速客运专线为起点方案。但具体实现铁路客运高速化,尚有许多技术问题需要进行深入研究,加以解决。安全是铁路的生命线,在诸多技术问题中,首要的就是安全技术问题,尤其是行车安全技术问题。

人们在讨论安全问题时,较多地着眼于保证安全的“硬技术”,甚至已着力于某些单项专业具体装备的设计、制造和研究,这对于提供高速铁路行车安全的物质基础而言,确很重要,然而对于建立全方位安全保障体系更为重要的“软技术”的作用,却显得理解不够,缺乏足够的理解和认识。我国著名科学家钱学森曾说过“系统工程也应该作为人改造世界的飞跃,也是技术革命”,较早地提出了技术也包含了“软技术”的观点^[1]。宋健同志也提出了“系统工程的出现和广泛应用是新技术革命在管理工作中的具体体现”^[4],又为这一“软技术”应用的主要对象及其作用作了进一步的说明。国内外大量的实践经验也已充分说明了系统工程确是推进管理现代化的导向性很强的新技术。对于在诸多生产力要素中处于最高层次,统筹全局的生产力要素“管理”而言,软技术与硬技术相比,在发挥生产力诸要素的合成作用和提高系统总体功效方面就显得更为重要。由此,我们认为在研讨高速铁路安全技术问题时,一方面要充分重视利于提高实物形态“设备”要素单项安全功能的硬技术研究,另一方面更要重视利于提高知识形态“管理”要素系统总体安全功效的软技术研究,并使两者有机结合起来,其途径就在于深入开展“人、机、环境系统工程”的应用研究。这是1981年在钱学森倡导下提出的一门新的综合性边缘技术科学,它是一门深入研究人、机、环境系统,正确处理人、机、环境三大要素的关系,使之优化组合,以提高系统总体功效为目的的软技术^[2]。其中的“人”是指作为工作主体的人员,“机”是指人所用以生产的一切实物(机器、设备等)的总称,“环境”是指人、机共处的特定工作条件^[3]。

高速铁路和非高速铁路的行车系统,都是铁路运输系统中直接生产产品(人、物的位移)的主业子系统;都是由车、机、工、电、辆诸多部门联合完成主业的开放型复杂动态系统,而且从其基本要素的构成而言,也都是人、机、环境相互关联的系统,这是它们的共同点。但是它们之间又各具有自身的特点,从外在的运动形态来看,存在着列车运行的速度和密度的极大差别;从生产要素的内涵素质而言,则存在着现代高新技术含量上的巨大差异,并由此带来人、机功能分工、组合上的差别,这是它们之间本质上的不同之处。可见高速铁路与非高速铁路相比,其行车系统的特点是行车速度高、密度大,现代高新技术含量高,人、机结合、功能替代程度高(指靠人工进行计算、操作和

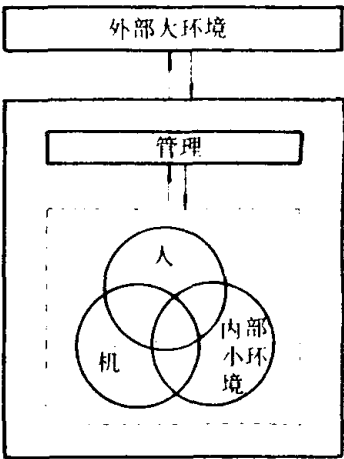
控制机器运转等部分功能,可由电子计算机、自动化控制器或控制系统等所代替)。这些特点必对安全工作带来许多新问题,尤其高新技术的广泛采用在提高生产力和改善工作条件的同时,往往又伴随着高风险的增大和系统复杂化程度的提高,一旦发生事故,其后果就越加严重,因而行车系统的安全对管理的依赖性就越高,同时对系统中的人员素质、设备、机器质量、环境条件也提出更高的要求,这就是我们构造高速铁路行车安全管理系统所必须考虑的出发点。

一、行车安全管理系统的属性及基本功能

高速铁路行车安全管理系统是用于高速铁路建成通车后,以保障行车安全为目的的人、机、环境系统,从本质上讲它是一个以“管理”为中枢、“人”为核心、“机”为基础、“环境”为条件组成的总体性的行车安全保障系统。在这个系统中,“管理”要素渗透到每一环节,对促使各个要素结合起来成为一个整体起着中枢性的作用。虽然“人”、“机”、“环境”往往是造成事故的直接原因,而“管理”看似只是间接原因,但追根溯源却是根本的、本质上的原因,这是因为“人、机、环境”都是受“管理”要素支配的,所以安全工作的关键是“管理”。在系统中的“人”既是“管理”的主体,又是“管理”的对象,“人”在系统中的主导地位不会变,可变的只是管理层次越高,其主导性就越强。1990年东京国际铁路安全会议上,法国国铁安全局长路易·梅亚在题为“法国国铁对高速铁路安全性的体验”的报告中谈到“在整个安全系统中,充当主角的终究是人”,而法国国立交通安全研究所所长杜比阿斯则指出“只有人,才是安全的中心”^[3]。在系统中的“机”是安全生产必不可少的物质基础,应予充分重视,但也必须认识到这一物质基础的存在还只是一种“可能的”生产力要素,它只有在“管理”要素的作用下,与“人”和“环境”有机结合后,才能成为“现实的”生产力要素。在系统中的“环境”是对安全有重大影响的要素群,既包括作业环境、自然环境,又包括广义的社会环境(如生活、文化、经济、政治及治安等环境),其中有的以潜移默化的方式影响安全,有的则以雷霆万钧之势影响安全;有的属系统难以控制的影响因素(即外部大环境),有的则属于系统可控的影响因素(即内部小环境),而且环境影响安全可以说是无孔不入,但其影响既可能产生正效应,也可能产生负效应,对安全而言,系统可以发挥“管理”要素的中介转换功能,即通过改善可控的内部小环境来适应不可控的外部大环境,以强化其正效应或削弱其负效应,并创造保障行车安全的良好条件。铁路行车安全管理系统各要素间关系如图一所示。

由上述分析可知,高速铁路行车安全管理系统具有以下几个基本功能(这里不是指一般管理的具体职能):

- 1. 约束控制功能。用以提高动态系统的有序性;
- 2. 协调组合功能。用以实现人、机、环境诸因素的优化组合;
- 3. 中介转换功能。用以达到不同层次子系统间承上启下及内外环境的沟通互补;
- 4. 扩大总功效,产生新功效的功能。用以获得大于各子系统总和的功效,并产生子



图一 行车安全管理系统各要素间关系

系统所不具备的新功效。

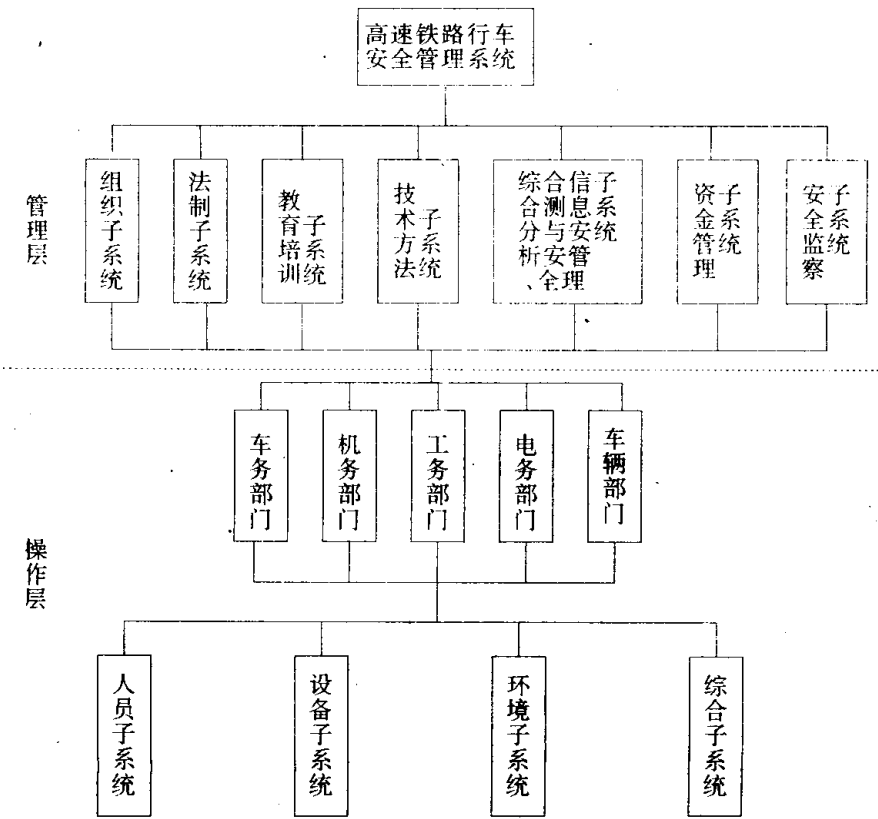
以上各项都是铁路行车安全管理系统具有的基本功能，对于高速铁路尤其要积极促进和充分发挥这些基本功能的作用，不仅可促使系统结构的改进，而且必将提高现有系统的安全水平。

二、高速铁路行车安全管理系统的结构框架

按专业条条划分的事后管理型的传统系统结构已不能适应高速铁路行车安全管理的特点，传统结构反应速度慢、工作效率低的情况也必须改变，然而这与其管理体制及运行机制的改革有密切关系。改变管理系统结构应进行专门的深入研究，在这里先提出一个思路性的新结构框架（如图二所示）供参考之用。

实际上这是一个分层次（管理层与操作层）的管理系统：

- 1. 管理层 按管理职能分设七个子系统。其中，综合分析、预测与安全信息管理子系统在发挥系统诸要素合成作用和提高系统总体功效方面起着核心的作用。
- 2. 操作层 分专业（车、机、工、电、辆）各自按管理对象分设人员、设备、环境、综合四个子系统，其中综合子系统在优化组合方面起着协调的作用。



图二 高速铁路行车安全管理系统的结构框架

两个层次所有子系统合成一个类似矩阵管理方式的系统结构，并根据需要，管理层可设直属救援大队，操作层可设救援分队。这样的系统结构，上下层各有特色，既可按职能各司其职，又能使对象优化组合，既便于沟通协调，又便于反馈调控，并促进高效快速保安全，有可能较传统结构更适应高速铁路行车系统的特点。

三、对“用机器代替人”的思考

“用机器代替人”的提法,较早地出现在日本铁路为了减少或避免人为事故的发生所提出的一条防范措施中。随着新科技的发展,机器设备自动化、智能化程度的提高,以及人、机关系研究的深入,这个概念就逐渐为人们所接受,尤其日本高速铁路自建成通车以来至今未发生过旅客死亡事故(世界最高记录)的事实^[6],使这一提法更成为日本铁路宣扬其设备先进和安全可靠的主要标志,并演变为“用机器代替人是保证安全的必然趋势和发展方向”。近期在领会和实施我国铁路技术政策“建立完善的安全保障体系”的精神和发展高速铁路的研究中,又有一些同志认为“今后安全主要靠硬技术”,提出了要把“以机器为主”、“以设备保安全”,甚至要把“用机器代替人”、“排除人的干预”作为保证安全的“首要原则”或“基本方针”,……。这些看法在某种程度上有一定的合理性,这就是要重视行车安全保障系统中作为物质基础的“机”的作用,必须努力加大机器、设备的高新技术含量,不断提高其质量,并扩大和改善其保障安全的功能。然而,与此同时又不禁令人思索一个问题,在人和机关系上的这种认识演变,是否使机器、设备在保证安全中的作用逐渐被过分扩大化了?实际上,“用机器代替人”的提法,只是一种笼统的形象化描述。科学一点讲,应是人利用机器的某些特殊功能去替代人的某些较薄弱的功能。若用人、机工程学的语言来说,则应是为了发挥人、机、环境系统的总体功效,在人、机两要素的优化组合中的一种人、机功能的分配方案描述。如把“用机器代替人”作为“首要原则”,则为了实施这一“原则”,首先就必须充分考虑本国经济和技术力量是否可行,并对经济和技术力量的投入作出统筹安排,同时又必然会产生哪些功能可以替代和这种替代适用于哪些环节等一系列的问题。我们之所以认为“把‘用机器代替人’作为保障安全的首要原则或基本方针”尚值得商榷,有必要进一步认真思考,慎重对待,是基于这样一种认识,即人相对于机器所独有的主导性能力、创造性能力、综合反应能力以及发挥内在的主观能动性能力,对于由人所创造出来的机器而言,是永远也替代不了的,更谈不上“排除人的干扰”。我们的这一见解是否合适,欢迎同行、专家批评指正,以免在确定某项重大原则和基本方针时,某些不恰当的或易于使人理解错误的提法,导致导向上的重大失误,引起难以弥补的严重后果。

参 考 文 献

- [1] 钱学森,“关于新技术革命的若干基本认识问题”,迎接新的技术革命,湖南科学技术出版社,1984年。
- [2] “钱学森同志关于人一机—环境系统工程的讲话”,人一机—环境系统工程研究进展(第一卷),北京科学技术出版社,1993年。
- [3] 龙升照,“人一机—环境系统工程理论及其在生产发展中的意义”,人一机—环境系统工程研究进展(第一卷),北京科学技术出版社,1993年。
- [4] 宋健,“系统工程和新技术革命”,迎接新的技术革命,湖南科学技术出版社,1984年。
- [5] 许勇译,“东京国际铁路安全会议综述”,世界铁路报道,总6期,北方交通大学图书馆,1991年。
- [6] 中华人民共和国铁道部,日本国运输省,日本国大使馆联合举办,中国高速铁路研讨会材料,1994年6月。

高速列车安全设计

孙 翔

西南交通大学

一、概 述

安全是铁路运输中的永恒主题，自铁路诞生以来，为确保行车安全，人们已付出了极大的心血与代价。高速列车的行车速度较普通列车成倍提高，列车的运行规律、性能及其与环境的相互作用等均与普通列车有了本质上的区别，保证行车安全便显得更加重要，有时甚至成为制约列车提速的因素。

就一般的概念来讲，影响铁路运营安全的是设备、环境、管理三大要素及其相互间的作用。其中，又以设备为条件，管理为关键，以人的活动做为三者间联系的纽带。事故的直接起因大部分是因管理不善或失误造成的，较多地取决于人的情绪和状态。

确保高速铁路安全运行的难度很大，但使人振奋的是，由于从一开始便对这一问题给予了极大的重视，高速铁路一直未发生过重大的人身伤亡事故（日本新干线已开通三十年），在目前常规铁路恶性事故不断发生的情况下，这不能不说是一个奇迹。

我认为，随着技术的发展，特别是大量高新技术在高速铁路上的应用，传统的设备-环境-管理三要素的内涵及其相互作用关系有了很大的变化，它们之间不再是各个独立环节间的相互联系，而是通过现代化的管理，以大量的运行安全保证技术为纽带，使这三者间相互渗透，相互制约。技术在确保高速列车运行安全中起着至关重要的作用。

高速列车的运行安全技术涉及到机车车辆、线路、通信信号的设计及其养护、维修，涉及到运行指挥及运行控制等许多方面，本文仅从高速列车安全设计的角度，对此问题作一简要的分析。

二、走行及轮轨安全技术

随着列车运行速度的提高，列车对线路的动力作用大大加剧，如果技术上解决不当，将会大大影响运行安全。

在垂向，列车对线路的动力作用取决于轴重及簧下质量。车轮对轨道的动力作用大致与运行速度的平方成正比，而轨道的磨损及疲劳破坏大致与簧下质量的2~3次方成正比，应尽可能地减轻轴重及簧下质量。

为减轻轴重，应尽可能地采用轻型化结构及轻型材料，例如轻型化车体、转向架构架及各种机组和部件。从线路的疲劳寿命及积累变形出发，除应注意减轻最大轴重外，还应尽可能降低列车平均轴重，对车辆的轻型化同样应给予足够重视。

减轻簧下质量可从两个方面下手：一方面是采用体悬或架悬电机的全悬挂方式及相

应的驱动机构，将驱动装置，甚至基础制动装置的质量移到簧上。目前比较典型的有德国 ICE 高速列车的双空心轴，法国 TGV 高速列车的三爪万向轴，英国 91 型机车的纵向万向轴等。第二方面是减轻簧下部件的自身质量，如用整体车轮代替有轮箍的车轮，减小车轮直径，本轴作成空心，采用铝质轴箱及其它部件等。采用这些措施后，使高速运行时的轮轨动作用力下降，日本新干线高速列车以时速 235km 运行时，测得的轮轨垂向动作用力为 102kN，德国 ICE 高速列车以 230km/h 运行时，测得的轮轨垂向动作用力为 90kN。

从目前的实际运用情况及运用水平看，最高速度 250km/h 时，轴重不应超过 20t，速度 300km/h 时，轴重不应超过 17t，速度超过 300km/h 时，轴重还应进一步降低。

表 1 为几种高速列车轴重、每轴簧下质量及列车平均轴重的比较。

表 1 各国高速列车轴重的基本数据

列车型号	最高运行速度 (km/h)	轴 重 (t)	每轴簧下质量 (t)	列车平均 轴 重	附 注
TGV-A (法)	300	17	2.0	16.3	动力集中
ICE (德)	250	20 (19.5) ※	2.2 (1.9) ※	12.0	动力集中
300 系列 (H)	300	14	2.0	11.09	动力分散
ETR500 (意)	275	18	1.7	12.9	动力集中
Inter City 225 (英)	225	20	1.7		机车牵引

※括号中为试验型 ICE 数据

若以 Q 表示轮重， Q_{sta} 表示静轮重， Q_{dyn} 表示动态作用下的轮重变化，对应 300km/h 速度运行的高速列车的要求为：

$$Q_{sta} + Q_{dyn} \leq 170 \text{ kN}$$

在横向，列车对线路的动力作用体现在以下方面：

- 走行稳定性。如果在高速条件下蛇行失稳，将会使轮缘敲击钢轨，引起大的轨枕力，可能导致大的轨枕变形，危及运行安全；
- 抗干扰特性。应在线路出现干扰时尽可能保持列车走行的稳定性及垂向和横向的低动作用力；
- 曲线通过性能。应尽可能降低列车通过曲线时的轮轨导向力、轨排横移力及脱轨系数；
- 轴重变化：应尽可能减小。

这些性能，既与轴重及簧下质量有关，但更取决于走行部的结构、悬挂方式及参数。目前，欧洲国家普遍应用 Prud'homme 提出的轮对横向力即轨枕力的限制值：

最大值： $H_{\max} \leq 0.85 \left(10 + \frac{P}{3} \right)$

平均值： $\bar{H} \leq 0.33 \left(10 + \frac{P}{3} \right)$

式中 P 为轴静荷重。

例如 TGV 动力车的 $[H]$ 为 56.7kN，在 450km/h 速度下实测值为 48kN，仅为允许值的 85%；又如 ICE 动力车的 $[H]$ 为 63.8kN，实测结果为，以 280km/h 速度在直