

高速铁路的优势及其所面临的挑战

谢超民 陈国雄

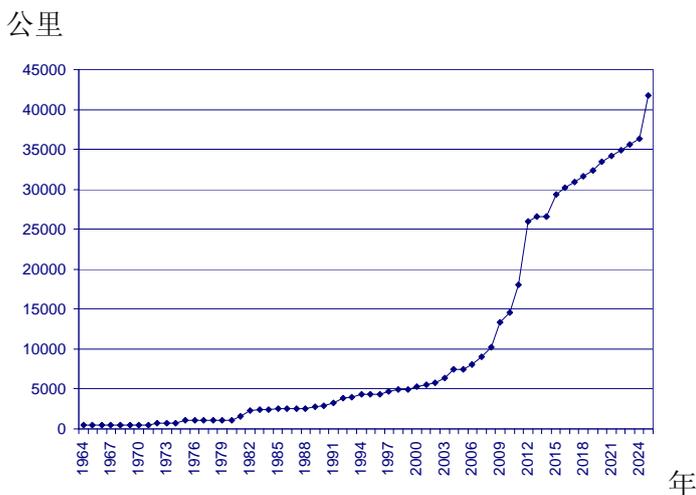
URS / 伟信集团

概要：全球对运营时速超过250公里的高速铁路需求持续增长。高速铁路不仅能推动地区的经济发展，还能促进当地的人口发展。高铁安全、可靠而且快速。较飞机和汽车而言，人们通常更倾向于选择高铁作为出行交通方式。然而，高铁的发展在技术的整合和界面、土地及成本与采购方面还面临着诸多挑战。本文将主要基于案头研究对高速铁路发展的机遇与挑战展开讨论。

1.0 背景

1.1 介绍

本世纪许多国家和地区的高速铁路都经历了一个巨大的发展过程。据UIC数据显示估计2009 到 2019 年间，世界高速铁路网的总长度将从 12,000 公里增长至 34,000 公里。也就是说，10 年后世界高速铁路的总长度将增加一倍还多。到 2025 年，这一数字预计将达到 40,000 公里以上。高速铁路的这种发展势头将同时给我们带来机遇和挑战。高速铁路之所以能够迅速发展，其原因就在于从旅途时间、铁路运力、顾客体验、地区融合及环境、社会等方面来看，它拥有巨大的优势。



图：世界高速铁路网的未来发展

但是，另一方面我们也会面临挑战。相对于已有的传统铁路网而言，高速铁路系统并不是独立的。比如，德国

和意大利的铁路系统就同时包括了传统铁路网和高速铁路网。而且，高速铁路还必须跟其它技术对接，这样才能提高铁路的安全性及可靠性，同时才能使列车的行驶速度突破 250公里/时以上。因此，从技术层面讲，

高速铁路还跟一流技术的应用有密切相关。

政府在决定投入建造高速铁路系统等大型建设工程时，应当对项目的整个使用寿命性能管理系统进行认真考虑与评估，以实现最高的资本价值。因此，选择合适的采购模式就成为工作的重心。另外，还应当针对成本问题及可能采用的公私合营(PPP)采购模式于本文章中展开细致的研究与讨论。

本文章根据案头研究及 URS 公司的相关项目经验，审核了高速铁路项目的优势及其所面临的挑战。

1.2 高速铁路的定义

虽然近年来高速铁路系统发展迅速，但是这个“高速”到底应该如何定义却仍然要依据复杂的现实条件，视不同的参照标准及系统而定。根据“欧盟 96/48 指令”，高速铁路是指所有速度至少达到 250公里/时的新建线路与速度达到 200 或 220公里/时的升级线路的综合体。

在本文章中，高速铁路将定义为列车行驶速度至少达到 250 公里/时且具备运力高、车次多、可靠性强等特点的一种市内交通方式。它往往会跟传统的铁路系统联系在一起。

2.0重要的高铁市场

2.1中国国内市场

中国境内运营的高铁线路总长已超过 3,300 公里，在长度与技术上都处于世界前列。

近期，跟据网站环球时报(中国)，中国新建成了武广与郑西两条高铁线，运营速度为 350 公里每小时。在此之前，中国已建设了多条连接各大城市的城际高铁线，包括北京-天津、石家庄-太原、青岛-济南、合肥-武汉及合肥-南京线。

目前，国内还有多条在建新高铁线，并将于未来数年内完工，其中包括北京-上海（京沪）线。京沪线总长 1,318 公里，设计运营时速 350 公里，已于 2008 年 4 月动工，预计约 5 年内完工。该线建成后，两大城市间的行程时间将由原来的约 12 小时缩减至仅 5 小时。至 2009 年底，中国铁路线路总长估计增至 86,000 公里，跃居世界第二，仅次于美国。

根据国家部委相关数据显示，去年，中国铁路乘客总数达到了破纪录的 15.3 亿人，货运总量达 33.2 亿吨。

在国家 4 万亿一揽子经济刺激计划的鼓励下，2009 年中国的铁路投资总额激增 80%，升至 6 千亿元。政府 2010 年用于铁路网扩张建设的规划投资总额更达到了纪录性的 8,235 亿元，计划在今年年底前使国内铁路线总长达到 90,000 公里。

2.2 国际市场

在沙特阿拉伯的哈拉曼高铁项目中，URS/Scott Wilson 公司负责提供项目进度与项目管理、技术咨询及财务与商业咨询服务。在此之后，又参与了圣城麦加与麦迪那之间新高铁线的建设。该线总长 444 公里，运营时速为 350 公里，途径吉达中央车站、吉达国际机场站及阿布都拉国王经济城。

此外，在加利福尼亚州高速铁路局的一个项目中，URS/Scott Wilson 合资公司负责为拟建 800 米长的旧金山-沙加缅度至圣地亚哥高铁系统三分之一的路段提供规划与工程服务。该系统将是加州历史上最大型的公共工程项目。

路线优化、选线设计与可行性设计是高铁项目中的重要内容，这一点在项目经验中，英国的伯明翰至曼

距离(公里)

彻斯特高铁二号线（HS2）研究项目中尤其重要。HS2 设计于 2025 年建成，以满足未来的发展需求。由此可见，在国际市场上，高速铁路仍是很有需求及不断地增长。

3.0 高速铁路的优势

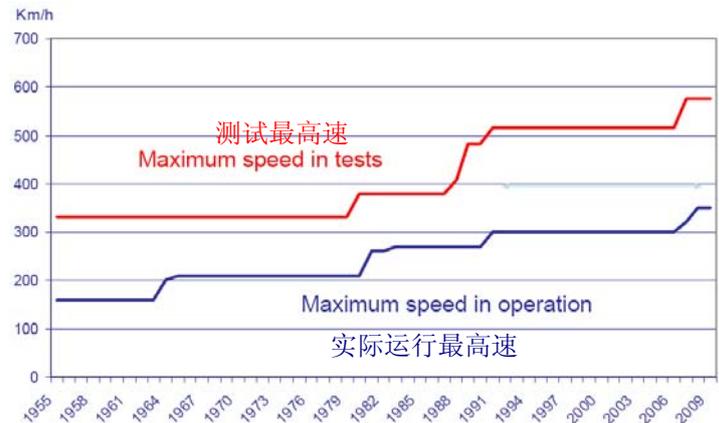
3.1 满足客户需求

客户在选择合适的交通方式时会考虑出行的总时间、车次的数量及时间安排的灵活性、费用是否可以承受、安全性及舒适度，以及乘坐时与乘坐前后的综合服务设施等因素。与飞机、公车和汽车相比，选择高速铁路可以使乘客在空间、速度和噪音方面拥有更舒适的享受。

3.2 旅行时间与运力

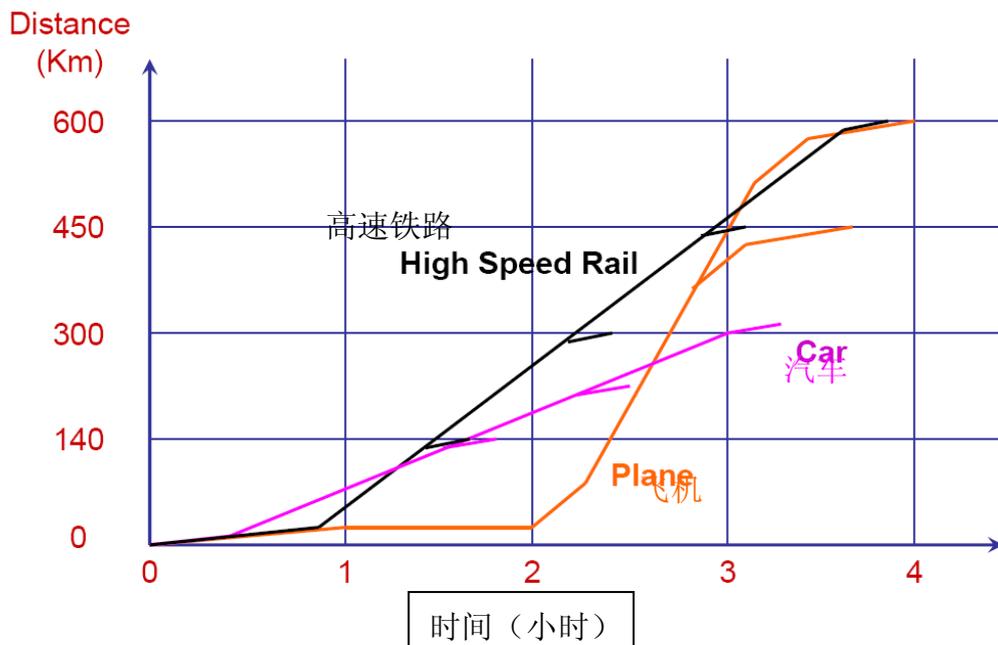
高速铁路优势之一是它能够极大地缩短旅行时间。与传统列车相比，它的发车间隔更短。高速铁路不仅使跨大洲的旅行更加舒适，而且还能推动商业和人口沿合理的地域结构发展。

根据 UIC 在 2009 年提供的资料，下图表明高速铁路实际运行的最高速度已达到 350 公里/时，而测试的最高速度则超过了 550 公里/时。



图：铁路最高速度的发展

下图利用行程与时间（小时）之间的关系对高速铁路、飞机和汽车三种运输模式进行了比较。当行程在 140 到 450 公里之间、旅行时间在 1.5 到 3 个小时之内时，高速铁路是最高效的交通方式。



图：行程时间比较

在某个特定的时间段内，高速列车可提供的座位为 1100 个，而传统列车只有 500 个，飞机是 250 个，汽车则只有 50 个。因此，相对而言，高速列车的人均费用要低一些。

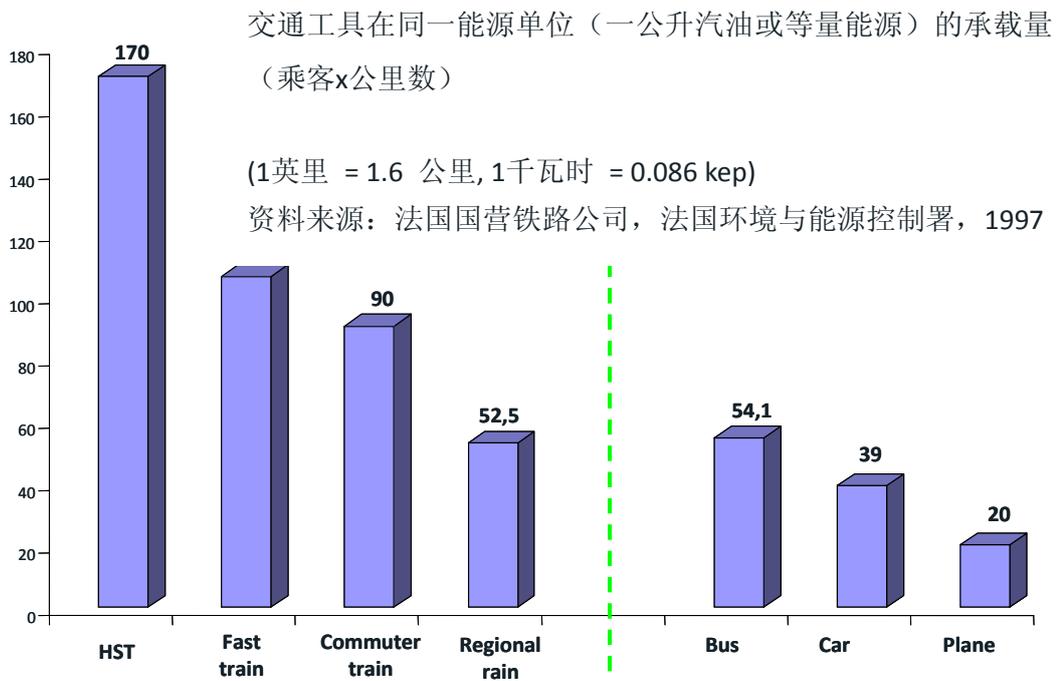
经济发展并降低社会成本非常有利。David (2008) 曾提到，高速铁路不仅能够提高铁路运力，而且还有助于推动地区经济的发展。关于这一点，我们可以参考里尔（法国北部城市）高速铁路建成后在经济复兴方面所发挥的巨大作用。

3.3 社会与环境优势

以东京到大阪为例，两地之间高速铁路的最高运力通常可以达到 400,000 人次。凭借如此高的运力，高速铁路可有效减少因空气污染和道路交通堵塞而造成的社会成本，并进而降低对社区环境的污染，尤其是减少二氧化碳的排放。Briginshaw (2004) 曾指出，如果没有铁路，德国空气中的二氧化碳含量将增加 1,600 万吨。

许多大型的基建项目都需要征用土地进行建设和运营，相比之下，铁路项目在土地占用方面比公路有着更大的优势。高铁项目所需要占用的土地是高速公路所需土地的1/3。David (2008) 曾指出，双线铁路等同于3车道的高速公路，但是其所需占用的土地仅为高速公路的1/4，而且具备更大的运载能力。许多国家的政府都支持这种高效率的土地使用。可持续也是环境保护的一个重点，以下数据展示了火车与其它不同交通方式在同一能源单位下运输能力的对比。从表中数据可得出，火车的能源效率是飞机的9倍，汽车的4倍。

旅行时间越短就越有利于促进各大洲之间的交往，人与人之间的交流也会更加密切和频繁。这对促进

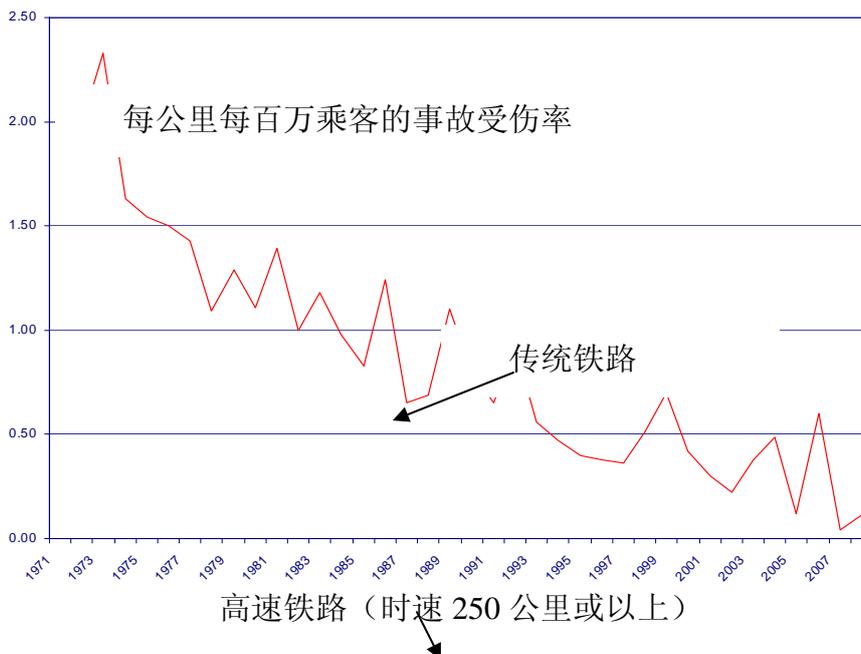


图：能源效率对比

Briginshaw (2004) 也曾估计火车是所有交通工具中能耗最小的，一个乘客每公里消耗50千卡，相比之下，巴士将消耗300千卡，飞机为480千卡，渡轮为550千卡，而轿车则为580千卡。

3.4 安全

根据国际铁路联盟提供的1971年至2007年的数据来看，传统的铁路客运每百万乘客的事故受伤率远比时速高达250公里/小时的高速铁路要高，从表中数据不难看出，高铁事故中乘客受伤率都保持在0.2，而传统铁路则非常不稳定。



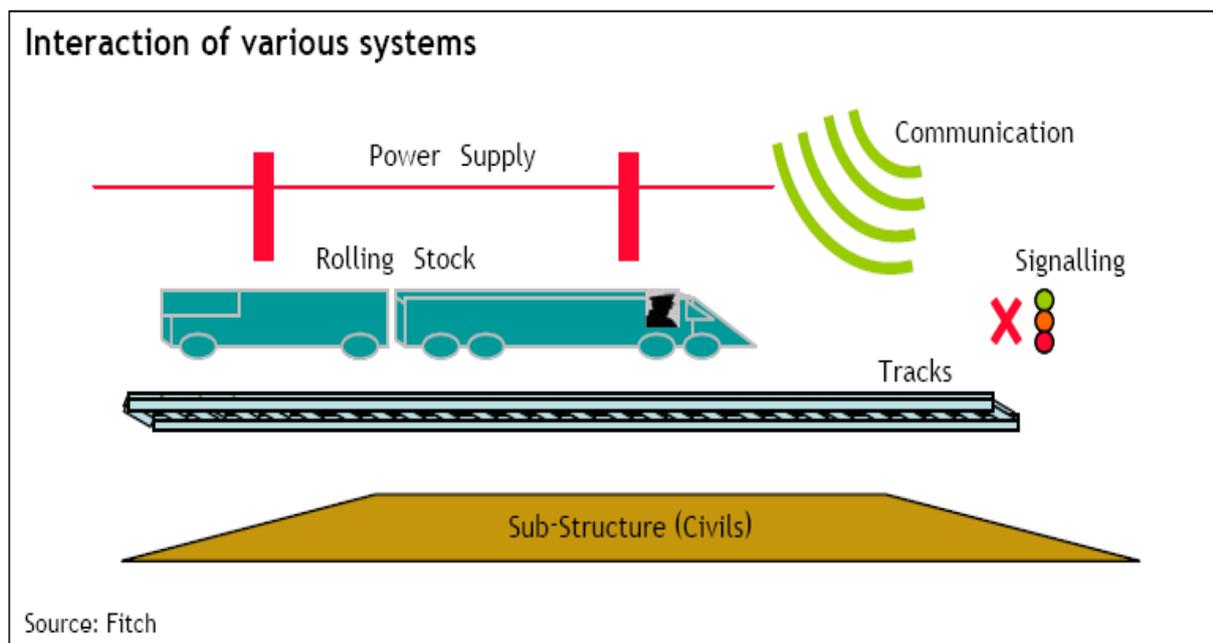
图：高速铁路与传统铁路运输的安全记录对比

4.0 高速铁路所面临的挑战

4.1 复杂的工程系统一体化与对接问题

“一体化”主要是为了确保铁路的各个组成部分在运营过程中密切衔接，以达到期待的效果。高速铁路是一个复杂的系统，涵盖了各种工程领域和专业知识技术，其中包括基建、铁道车辆、车站、运营规则、信令

系统、维护系统、市场和融资等。每一个部分都是一个先进的系统，而且必须跟其它所有部分完全融于一体。下图是对各系统之间相互作用的简述。



图：高速铁路各系统之间的相互作用

4.2 土地与施工问题

由于在高速铁路上行驶的列车其速度通常在 250 公里/时甚至是 300 公里/时以上，因此，为保证铁路走线的弯曲度较小，其设计对土地的要求非常高。政府需要认真考虑土地的可用性和适合度，从现有的交通走廊附近选择可用的土地，从而尽量减少总体交通设施建设所侵占的土地数量。从工程角度看，对列车行驶速度在 200 公里/时到 400 公里/时之间的高速铁路而言，其水平弯道的理想半径最小分别为 1,800 米和 7,200 米。这说明，高速铁路对土地的要求是一个至关重要的问题。

早先建造的高速铁路其缓坡坡度最大为 1%。随着科技的发展，目前新建高速铁路线的坡度最大通常可以达到 2.5%。坡度大一些有助于减少施工过程中的土方工程量，从而降低施工成本，减少噪音，减轻视觉影响及其它环境影响，如废弃物料的处理等。

4.3 轨道形式

在高速铁路中，轨道形式是一个非常重要的部分。它跟高速铁路线的稳定性、安全性、舒适度及维护成本等密切相关。法国和西班牙一般采用传统的有渣轨道。日本、荷兰和德国多采用浮置板式轨道。虽然浮置板式轨道比有渣轨道造价高，但是它的维护成本却要低很多。

高速铁路浮置板式轨道的铺设对几何的要求非常高。实际建设中所采用的轨道形式应是实践证明的、不管是在施工阶段还是在维护阶段都易于根据具体情况进行调整的。曾有人（2010）举过日本东部铁路的例子，介绍日本东部铁路如何通过重新加固现有的螺纹紧固系统来减轻沉重的养护成本负担。如第 1.1 部分中所提到的，某些国家或地区的高速铁路将沿现有的传统铁路网运行。这样，轨距限界就成为一个亟待考虑和解

决的问题。

4.4 信令与电气

欧洲已经针对列车的信令传输,制定出一套相当成熟的标准规格,即《欧洲铁路列车管理系统》(ERTMS)。

《欧洲铁路列车管理系统》旨在通过在欧洲范围内确立统一的列车控制与指令系统,提高铁路系统的跨界互操作性,并推动信令系统采购的发展。《欧洲铁路列车管理系统 I》在 2004 年应用于西班牙的萨拉戈萨—韦斯卡高速铁路项目。《欧洲铁路列车管理系统 II》中包含了有关无线电信令传输的内容,这些内容在 2005 年应用于罗马—那不勒斯高速铁路项目。这方面的主要风险在于连结系统、电信系统及列车系统的对接。

要明确信令系统的兼容性,先要对其性能验证进行测试。比如,2010 年某文章中曾指出,韩国 KTX 项目的信令系统使用了法国的 TGY 技术,由于列车的电码信号是通过列车进行传输的,因此在电绝缘方面的要求非常高。在这一点上,它跟法国的信令系统不同。法国的信令系统是通过铺设在高速铁路轨道下面的独立电缆来传输信号的。

相对于整个土木基建的成本而言,电气系统所占的比重较小。但是,若不重视电气系统则会导致整个项目不仅在调试期间受影响,而且前期的开放运营日期也会推迟,从而极大地增加项目成本。根据 White (2006),各领域、各系统之间容易忽视或不易融合的对接口包括:

- 铁道车辆到电气系统
- 铁道车辆到信令系统
- 电气系统到信令系统与通信系统
- 土木工程系统到低压和高压电气系统
- 直流电杂散电流与第三方
- 地面接口与低压及牵引系统

- 直流电到交流电铁路平行运行或车站金属结构;以及
- 照明接口到所有系统

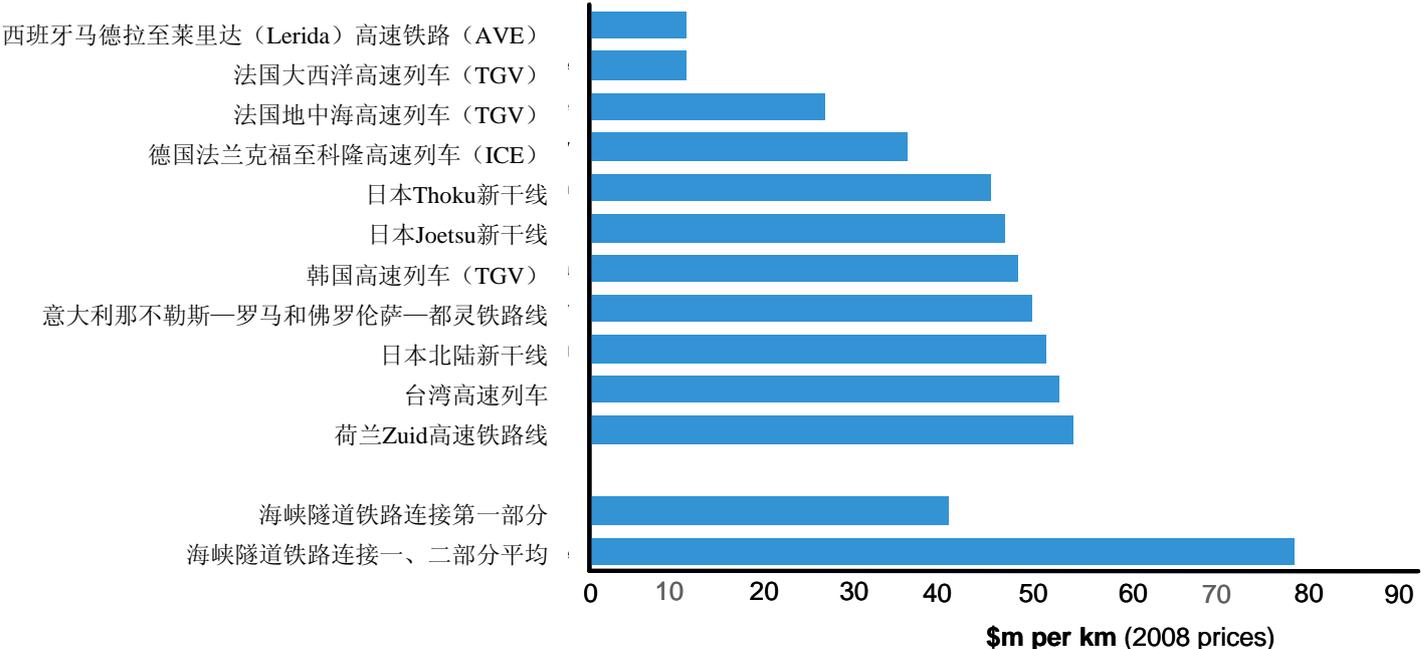
其它技术挑战

除了上述问题,还需要进一步研究其它的技术挑战。比如运用 2 x 25 千伏电力牵引为列车提供必需的动力和加速度、为在隧道中顶着巨大的气动阻力行驶的高速列车制定设计方案,以及设计建造总体结构以对抗动态与静态负荷等,这些都是高速列车行业必须进一步探讨的问题。

大,而投资铁路并不像其它投资那样可以迅速得到回报。他还进一步提到,虽然发展高速交通网络可能会非常昂贵,但却是有利可图的,这其中政府的扶持非常关键。

Brigshaw (2005) 强调,传统的逐步为项目提供资金的方式在资金用尽时常常会使项目延期或停止,因此具有一定的风险性,应该采用恰当的项目融资方式取而代之。举个例子,私营联合体台湾高速铁路公司 (THSRC) 对台湾一条 345 公里长的铁路线拥有长达 35 年的设计、建造、融资与运营特许权,曾被迫宣布该铁路线的开放时间将推迟将近一年。造成这种局面的主要原因之一就是试图将日本新干线列车技术与欧洲系统相结合。正如第 4.0 部分所讨论的那样,复杂的对接工作会产生巨大的成本。由于高铁延迟竣工会对经济造成十分严重的影响,因此政府最后不得不对台湾高铁公司给予资金援助。项目造价 140 亿美元,其中规定政府的投资额最高为 20%,而目前政府的出资比例已经达到了 12%。

下图展示的是不同地方每建造一公里高速铁路所需成本的比较。从图中可以看出,大部分高速铁路网的成本在 4,000 到 5,000 万美元/公里之间。



目前，高速铁路等大型基建项目越来越流行采用公私合营（PPP）的采购模式进行融资。Briginshaw（2006）曾提到，法国铁路网公司（French Rail Network）正在考虑在将来的铁路投资项目中采用公私合营的方式。公私合营采购模式注重价值增值和项目在整个生命周期内的运营性能，它倡导创新的设计和低维护量的解决方案，并能以公平、透明的方式分摊风险。

Briginshaw 进一步指出，欧洲大部分的高速铁路网都是公共出资建设的，这一方面是因为高速铁路的建设成本太高，通过赚取足够的收益收回投资的机会微乎其微，亦同时是因为多数政府都认识到这样的方式可以带来更广泛的经济效益。

政府所面临的困难在于难以让私营单位投资一个从商业角度看不可能盈利的项目。而且，由私营单位出资或向其转嫁风险还会极大地增加项目成本。对于私营单位而言，若是能够把高速铁路建设与商业地产开发联系起来的话，投资这样的项目看起来还算是具有回报的商业机遇。

在铁路公私合营项目方面，URS 公司自 2000 年以来参与的新建高速铁路总长度达 700 公里，其中包括荷兰的高速铁路线、法国到西班牙之间的佩皮尼昂—菲格拉斯铁路线、法国到意大利的里昂—都灵铁路

线，以及法国的南欧大西洋高速铁路线（LGV SEA）（图尔—波尔多）、卢瓦尔河地区布列塔尼高速铁路线（LGV BPL）（勒芒—雷恩）和尼姆—蒙彼利埃高速铁路线。根据以往的项目经验，一个成功的公私合营采购模式在于让最合适的合作伙伴承担相应的风险。然而，铁路交通的风险是难以抵御的，乘客与供应商之间并无直接联系，因此此类风险应该由公私双方共同承担。此外，地质与岩土方面的风险同样难以抵御，由公共部门来承担可能更合适一些，或者至少也应该是公私双方共同承担。

结论

各个国家对高速铁路服务的需求仍不断上涨。高铁的未来发展面临着诸多挑战，但同时也带来了良好的收益。如何在便利性、经济发展、成本、投资能力及技术复杂程度等方面找到平衡点是高铁发展的重要评估事项。

如何在高铁系统的生产与运营期间进一步减少能源消耗将是未来需深入研究的领域。此外，对于如此大型的基建项目，还需要找到尽量降低其成本的途径。Andrea（2009）文中指出，未来新高速列车的发展趋势将是制定并发展通用平台策略以降低生产成本，同时尽

量提高模组与零件部的共享水平以降低养护成本。

高铁项目通过采用公私合营的采购模式将可能使其在整个生命周期内达到更优的性能,但前提是需拥有一支熟悉高铁的设计、建造、投资与运营阶段并具备相关技术、财务及商业经验的综合技术顾问团队。

参考目录

Andreas Wolf, 2009。《高速铁路的需求仍在增加》(Demand for High-Speed Rail Continues to Rise), *国际铁路期刊*, 工商企业商情资料库, 2009年4月, 第49卷第4期第30页

匿名, 2010。《高速铁路板式轨道经验计算》(Experience Counts with High Speed Slab Track), *国际铁路公报*, 2010年8月

David Spaven, 2008, 《高速铁路是否对环境有利?》(Are High-Speed Railways Good for the Environment?), 一份讨论文件, *TRANSform Scotland*.

Briginshaw David, 2005。《高速铁路的复杂性》(The Complexities of High-Speed Rail), *国际铁路期刊*, 工商企业商情资料库, 2005年11月, 第45卷第11期

第19页

shaw David, 2004。《铁路的环境效益》(Rail's Environmental Benefits), *国际铁路期刊*, 工商企业商情资料库, 2004年12月第44卷第12期第1页

Briginshaw David, 2006。《私人投资资金》(Capitalising on Private Investment), *国际铁路期刊*, 工商企业商情资料库, 2006年9月, 第46卷第9期第1页

Hood Christopher P, 2002, 《走上轨道——日本与英国的高速铁路》(Getting on Track - High Speed Railways in Japan and the UK), 英日学院院刊, 2002年

UIC, International Union of Railways. 国际铁路联盟.

URS / Scott Wilson URS /伟信集团

White Roger D, 2006, 《综合电气铁路的挑战》(The Challenges of Integrating an Electrified Railway), *国际铁路期刊*, 工商企业商情资料库, 2006年9月, 第46卷第9期第94页