

Views & Comments

高速铁路：机遇与挑战

Michel Leboeuf

Honorary Chairman of UIC Intercity & High Speed Committee

本文旨在分析社会变革对高速铁路(HSR)的运营与发展可能产生的影响。正如Rifkin[1]所描述的那样，我们现在正处于第二次和第三次工业革命的过渡阶段。这场新革命至少始于15年前，并且至少还需要15年才能完全成熟。这样一个漫长过渡期的产生是多次世界变革的结果，变革的产生主要有两大原因：数字革命与全球变暖。我们必须承认我们无法预测其最终结果。因此，我们强烈希望能够明确其中的风险因素并试图揭开目前已显露的或潜在的多种可能的趋势及重大变化。行业变革势不可挡，轨道交通也不例外。没落还是振兴？高速铁路行业如何应对？机遇挑战并行，我们要如何把握？

不可否认，过去的15年我们见证了高速铁路的飞速发展。日本建成了世界上第一条高速铁路线路，在通车几年后，欧洲一些国家(主要是法国、意大利、德国、西班牙、比利时、荷兰和英国)以及亚洲的一些国家(韩国)和地区(中国台湾)也紧随其脚步。到2000年，高速铁路网已经长达近5000 km。17年后，得益于中国高速铁路的飞速发展，当然不仅仅局限于中国，高速铁路网已经增长到了原来的6倍多(34 679 km[†])。一些新兴国家和地区也正在实施这种客运模式：摩洛哥、沙特阿拉伯以及美国的加利福尼亚州。其他的一些国家计划实施这一模式，比如印度尼西亚、伊朗、波兰等。一场全球范围内的高速铁路扩张已经来临。另外，如果仅考虑那些目前正在建设的铁路线路，预计到2022年，高速铁路网的长度也有将近50%(15 790 km)的增长率。过去、现在以及预计将来的全球高速铁路线路长度情况如图1[‡]所示。

高速铁路乘客量在过去半个世纪里稳步上升(从1964年算起，更确切地说，从日本新干线开始运营算起)。鲜有领域能够如此稳定地发展。

我们如何解释这样一种商业和技术领域中的常青行业？这种行业活力主要来源于以下六大优势。

优势1：大众出行市场在不断壮大。

优势2：高速铁路，顾名思义，速度极快，大大缩短了旅客的行程时间，提供的班次也较为频繁。

优势3：多数铁路站点是在多年前建造的，如今大都位于所来往城市的中心。

优势4：高速铁路属于公共交通系统。

优势5：高速铁路是一种较为环保的交通工具。

优势6：高速铁路安全可靠。

在过去的几十年间，关于世界末日的预言频繁向人们发出警告，预测人们的出行率将会大大降低。起

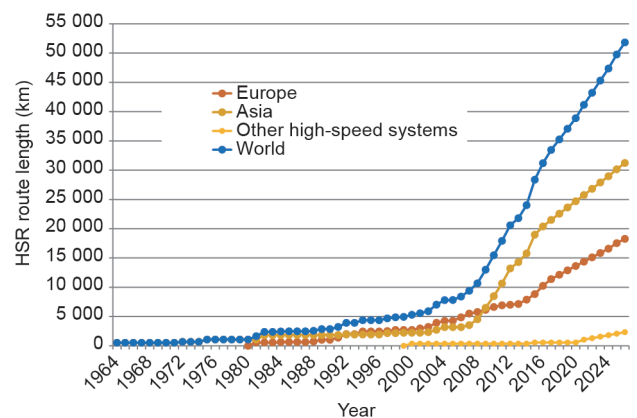


图1. 全球高速铁路线路总长。

[†] According to the International Union of Railways (UIC) Passengers Department statistics.

[‡] Source: UIC.

初，那些散布谣言者声称电话的使用会使交通业停滞发展，因为人们不再需要进行面对面的对话。现实的发展已经完全否定了这种观点。电话的使用不仅没有减少客流量，而且电话本身也从固定电话演变为移动电话。移动电话的出现使人们的出行更加频繁，因为他们不必呆在同一地方获取和发布信息与指令。显然，谣言并未因此而停止。有人预言由于视频会议的出现，商务出行率会急剧下降。不过即使许多公司都已配备视频会议技术，但作为长途商务出行首选的航空运输业仍飞速发展。两大主要的飞机制造商从未像今天这样拥有长达5~10年未完成的订单。互联网也曾被认为会降低大众出行率，但是没有任何客观结果显示互联网的推广与出行率之间呈负相关关系。简而言之，目前，为了减少温室气体排放量，生态学家预测或建议大众出行应该有所节制，甚至需要进行登记。如若实施此类政治措施，比如一些城市已经强制采取车辆限行规定[†]，高速铁路有可能是最后一种被限制使用的交通方式。抑或，政府鼓励人们使用轨道交通出行模式来代替道路及航空出行模式。到那时候，轨道交通尤其是高速铁路将成为首选。

因此，高速铁路的发展显然依托于大众出行情况而定。因此优势1可能是高速铁路所依赖的很好、很稳固的优点之一。

通过对高速铁路和航空客运各自所占的市场份额进行分析，可以得出高速铁路的另一个优点。将两种客运模式之间的差异进行仔细的甄别，发现这两种竞争模式所占的市场份额与高速铁路出行时间密切相关，这在高速铁路历史上是一种常态。在轨道交通+航空交通市场中，高速铁路所占市场份额如图2[‡]所示，从起讫点(OD)

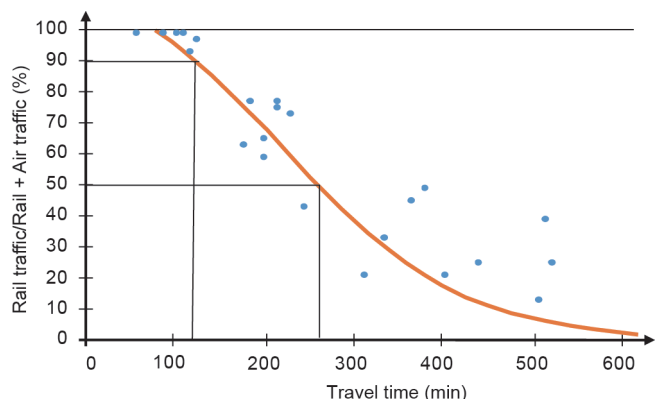


图2. 轨道交通所占市场份额与最佳铁路出行时间的关系。

[†] The effect on mobility is not direct, since vehicle occupation may increase.

[‡] Chart initially established by French National Railway Company (SNCF) Mobility and regularly updated with data coming from SNCF and UIC. Last version was released in 2015.

^{††} Source: SNCF Mobility.

对的样本数据，可以推断高速铁路市场份额的大小与高速铁路出行时间的长短存在关联。位于曲线下方的起讫点对，代表机场与城市邻近或密切对接，而曲线上方的点则代表机场与城市之间的距离远或松散对接。

对于2 h(120 min)以内的行程来说，铁道交通极具竞争优势，有时能够赢得超过90%的市场份额。大量多余的航班主要是由中转航班所导致。对于2~4 h之间的行程来说，铁道交通占主导地位。超过4 h，航空客运则处于领先地位。超过6 h，铁道交通在市场上仅处于边缘地位。

这样的市场分化众所周知，鲜有质疑之声，因为这种情况已在世界范围内得到证实。但是我们该如何解释这样的现象：当行程在2.5~3.5 h之间时，铁路客运量所占比例最高，然而这一段行程乘飞机仅需1 h，这种情况似乎存在矛盾。这是否是由于票价的不同而导致的？很明显这并不是诱因，尽管传统的火车票比机票便宜得多，但铁路客运并未因此占据市场的主要份额。因此，价格并不能充分解释该情况，尤其是自从一些廉价航空公司有时能够提供比高铁票更便宜的票价之后，更无法解释。在这一行程时间段内，乘客选择高速铁路而拒绝飞机的可能原因有两个。

第一，在这一行程时间段内，对于门到门全出行链来说，铁路和飞机出行所需时间通常处于同一个数量级。第二，与乘飞机相比，在火车上所花的旅行时间能够得到更好的利用。图3显示了通过铁路和飞机两种出行方式从马赛到巴黎的门到门全出行链行程时间。类似这种距离超过700 km的行程，乘火车比乘飞机更加舒适。通过对这张图的分析，我们更容易理解优势2和优势3都有助于轨道交通占领市场。

同样地，与道路交通方式相比，高速铁路可以在城际交通市场中占有较大的份额，例如，在法国^{††}，高速铁路拥有超过50%的城际交通市场(图4)。

高速铁路运营如此成功的一个原因是，人们通常独自一人驾驶私家车出行，这比乘坐火车更加昂贵且费时。

然而世无定事。且不论大众出行对高速铁路的有利影响，我们需要关注高速铁路的投入与运营成本。这些引导我们关注铁路生产函数。

在新古典主义微观经济学中，生产函数将一家公司的产出量(Q)表示为投入量的函数。通常来说，需要考

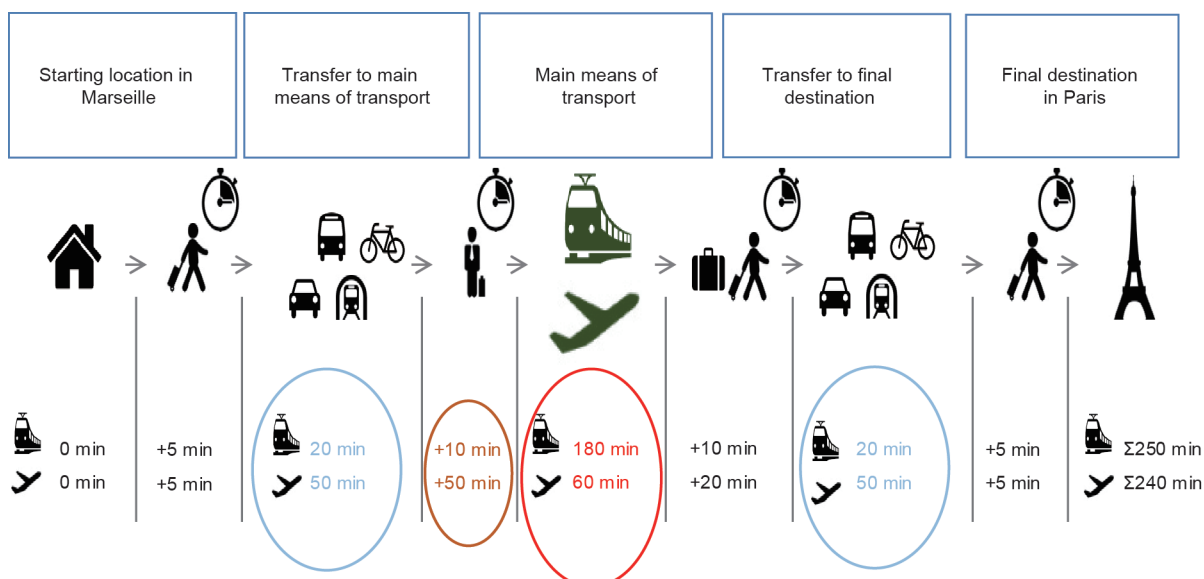


图3. 乘火车或飞机从马赛到巴黎典型的门到门全出行链对比。

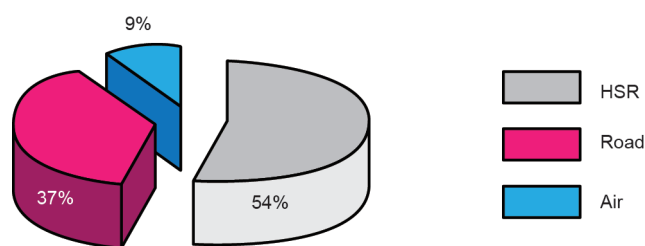


图4. 法国中等距离客运市场的市场份额。

考虑两种生产要素的投入：资本(K)和劳动力(L)。其他的生产要素，如土地和原材料，有时也需要予以考虑。在计算过程中，一般很少考虑土地要素，除非土地要素是该生产过程中的关键(如农业)。原材料要素也很少被考虑在内，因为其成本主要被包含在资本要素(用来提取原材料和进行运输的机器)以及劳动力要素中。不过当计算铁路生产函数时，必须将能源(E)作为一种生产要素，特别是因为其成本在很大程度上独立于铁路生产过程，并且可能会因外部因素和不可预测因素而发生变化。最后，如果将现有的情况外推到下一个50年时间，我们必须考虑一个非物质生产投入，即数据(D)。

$$Q=f(K, L, E, D) \quad (1)$$

对于高速铁路而言，资本要素主要包含线性基础设施(总的来说是一些较为昂贵的设施)，站点(或者与其他铁路运输服务共享的部分站点)，检修基地和侧线，养路工具和机器，计算设备和铁道车辆。

在特定时刻，以下选择能够提高列车的产能：

- (1) 提高列车上座率；
- (2) 提升列车运能(只能通过连接两个列车组)；
- (3) 增加列车组班次(而通常运营商已经有了特定的车次安排，因此铁道车辆生产率提升空间并不大)；
- (4) 用双层列车取代单层列车；
- (5) 增购列车组(从起草建议书到列车运行需要几年时间)；

(6) 扩大站台或者增加新线路(这正是高速铁路部门正在为之努力的，但是新线路一旦建成，扩大其运能也是一个复杂且漫长的过程)。

上述选择足以说明，要在短期内提高列车产能是非常困难的。那么反过来减少输出呢？这可能会更加复杂，因为列车的时刻表已经公布，并且提前6个月就能预订座位，取消车次几乎是不可能的。因此，在短期内，产能作为资本的函数的灵活性(产能函数对资本的导数)相当小。从长远来看，导数值会变大，但这需要相当大的投资(比如增加新线路或者扩大站台)。资本配置效率可以由下式表示：

$$\delta Q/\delta K \quad (2)$$

资本配置效率，短期来看，相当小；长期来看，相当大，但是依赖于巨额投资。

因此，对于给定的生产函数，铁路方面只能运用有限的可操纵资本与竞争者抗衡。

在欧洲以外，将铁路部门分成基础设施管理部门和列车运营管理部门的地区，其边际成本大致限制在铁道

车辆上，即列车组。由于新增列车组所需的基础设施维护费用相当低，因此其边际成本与新增列车组的运营费用相当。我们如何才能比较铁道车辆与航空业、道路交通的边际成本呢？

在欧洲，基础设施管理部门会征收铁路线路使用费，因此其边际成本高于亚洲。欧洲的法规规定，铁路线路使用费应等于直接基础设施成本，但也允许基础设施管理部门在此基础上增收一定费用，来支付包括污染



图5. 2015年高速列车车队(列车组数量)。

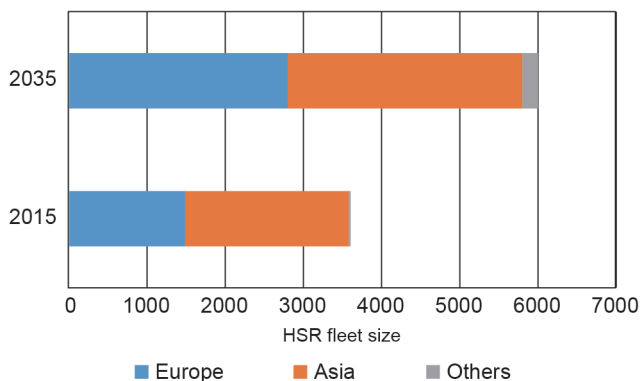


图6. 未来20年高速列车车队规模(列车组数量)扩展情况。

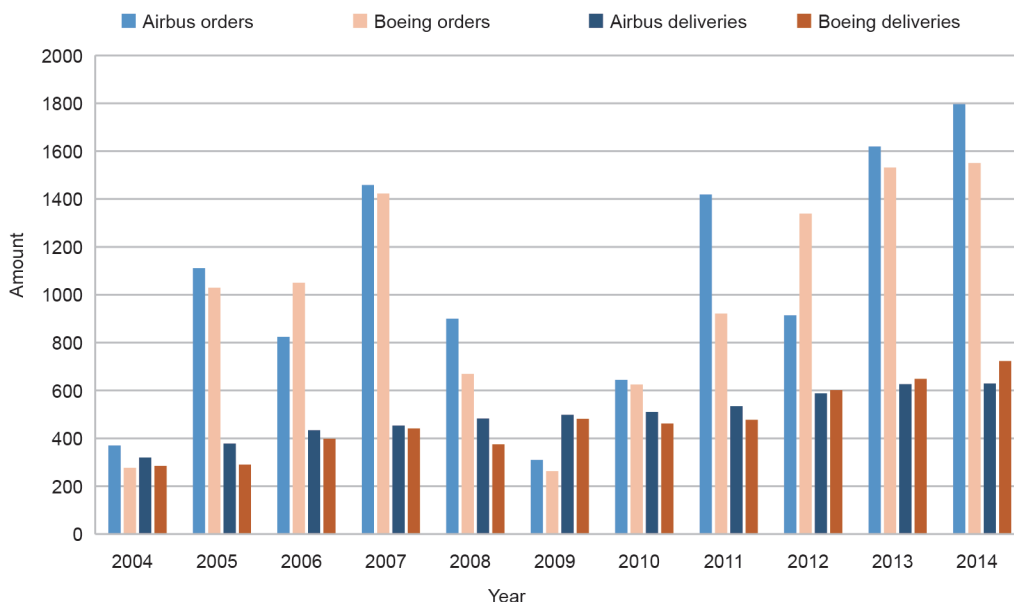


图7. 空客和波音飞机订单和交货情况。

等外部因素在内的社会边际成本。

在航空业，边际成本主要等于额外航班的成本，包括机场税。然而，航空系统所需的基础设施远不及铁道交通所需的基础设施。此外，因为飞行所用时间比任何地面运输系统都要短，所以就覆盖范围而言，飞机的生产率更高。在考虑到资本的边际成本时，航空业的唯一劣势在于飞机的购置成本更高。

现在让我们来比较列车组与飞机的情况。作为一个比较指标，2015年全球高速列车组数量达到约3600组[†](图5)。

在接下来的20年中，由于铁路网络的扩张，列车组规模将会扩大到约6000组。如果需要更新所有现有的列车组，在未来20年内则需建造6000组列车组(图6)，平均年产量约300组。

图7[‡]表示当前主要的两家飞机制造商(空客和波音)在过去10年内的飞机订单和交货情况。这两家公司目前年产量约1500架飞机，每年承接的订单约为3000架飞机，这就意味着未来的产量也将增加到这一数量级。

目前并且将来，列车组的生产量都只有飞机生产量的十分之一。这两个行业的生产方式存在差异。就航空和铁路运营公司未来的资本生产力要素的生产率而言，资本成本中创新和缩减的比例预计将有所不同。

道路交通同样值得关注，因为它目前是并仍将是铁路最强有力的竞争对手。如今，人们都拥有私家车。到目前为止，拥有汽车被认为是自由和成功的象征，人们

[†] Source: UIC Passenger Department statistics.

[‡] Source: L'Usine Nouvelle, March 2016.

为能够驾驶动力强劲而舒适的私家车而感到自豪。然而，汽车业正在朝着一个与以往不同的模式发展。私驾出行将不再是道路出行的主要方式。如今，拼车(即驾驶员与由网站应用软件汇集而来的乘客共同分担其成本，网站如法国的Blablacar[†])和汽车共享(通过网络支付的方式，汽车所有者允许其他人使用自己的汽车，而不是闲置汽车)正在快速发展。汽车资本生产要素将会减少，因为平均而言，私家车超过90%的时间都处于闲置状态。在接下来的20年里，我们期待另一种模式：无人驾驶汽车。该车归公司所有，它将在起点接载客户，将其送往目的地，然后再去接第二个客户，以此类推。从这一点来看，汽车资本成本的骤降必须予以考虑。

总之，铁路资本生产要素在短期内不是非常灵活(即难以适应季节性或竞争模式的骤变)，并且长期提高铁路资本生产要素，更加困难或更加昂贵，因为其生产函数会发生重大变化。如果考虑到工业资本方面，预计轨道交通生产率的提高(相对而言)远不及航空业和道路交通，因为其工业市场的规模无法与后两者相提并论。与航空业和汽车业相比，列车制造业的规模显得非常小。

正如有些著名经济学家，如Rifkin[2]和Anderson[3]所预测的，由于数字革命和胜于“原子经济”的“数字经济”的盛行，低边际成本的趋势愈发显著。就未来市场的经济规律而言，之前的分析结果显示高速铁路面对航空业和道路交通的竞争并不占优势。

然而，铁道交通的前景还是明朗的，因为高速铁路仍然拥有超越其他客运模式的一大优势：运输能力。在地面基础设施覆盖范围内，铁道交通(包括高速铁路)是唯一能够负荷如此庞大的客运量的模式。即使是空客A380的运能也无法与由两个列车组组成的高速列车相提并论，后者可容纳1000多个座位。法国国家铁路公司(SNCF)即将订购可容纳大约1200个座位的日本双层列车组，该列车组一旦投入运营，将可达到类似的运能。因此，提高高速铁路的资本生产要素，最佳策略即依靠公共交通的优势(优势4)。然而，铁路运能仍然受到严格限制，因为每小时在同一铁道上以 $300 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 速度运行的列车数量有限。到目前为止，还没有一个项目的设计像HS2高速铁路这般大胆，其每小时可通过18辆速度为 $360 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的列车。这一项目将在2026年(预计通车日期)完工，它将成为铁路史上的顶峰，因为铁路是一种具有低抓地力特性的运输方式。如果其低抓地力特性可

以让列车以最低耗能牵引大负载，那么这会导致一个缺点：火车的制动距离将远大于配备橡胶轮的汽车在柏油路上的制动距离。所以重新考虑铁路安全和信号系统以突破这一限制应成为研究项目的可能导向。

当提到劳动力生产要素时，由于高速铁路乘务员的薪酬以小时计算，因此其生产率随列车车速提升而提高，每小时列车行驶距离越长，生产率越高。一旦车速确定，只能通过运行无人驾驶列车或减少列车服务，以提高乘务组生产率。由于高速铁路是一个导向系统，因此可以考虑第一种选择。请注意，无人驾驶列车——非导向的——如今正在测试中，并会在不久的将来投入使用。另外更重要的是，这一改变将会对铁路运能产生积极的影响。减少机舱服务是廉价航空公司的一种经营策略，如今SNCF也将该策略运用于针对特定市场的Ouigo列车。如果这一策略能够使高速铁路更好地应对异常激烈的市场竞争，那么每位乘客的平均收益就会减少。在营销领域，劳动生产率通过部分、有时完全依靠网络分销渠道已得到明显提高。但如今，其他公共交通模式也采取了这一营销手段。最后只剩系统维护和清洁方面的劳动生产率。需要在购置成本较高的低维护系统(将导致大量裁员)与购置成本可能较低的高维护系统之间找到一种平衡。考虑到可靠性与实用性的综合系数，市场趋势更倾向第一种选择。总之，除非员工管理制度更加灵活，没有任何迹象显示未来高速铁路的劳动生产率存在潜在的大幅增长。因此，如果在列车自动化运行或员工制度这两方面都不做重大调整，边际劳动生产率将维持在较低水平。

$$\delta Q / \delta L \quad (3)$$

其中，短期和长期都相对固定。

与此相反，汽车业的生产率很可能会有所提高。暂且不论无人驾驶车，拼车意味着可以分担驾驶员的成本和汽车维护成本(至少一分为二)，因此会有更多的出行者选择拼车这一方式。在竞争过程中，对于火车来说，汽车将会成为一个比今天更强劲的对手。然而，火车在汽车业的发展中仍能获得一丝好处。随着汽车自动化程度的提升，在旅客门到门全出行链模式中，到达和离开火车站将更为便捷。尽管不能过多地期待铁路劳动力生产要素的生产率，但汽车业的重大突破可能会给铁路旅客在行程始末部分带来便利。

[†] Blablacar is the dominant carpooling company in Europe.

从更广阔的视角来看，劳动力的性质即将发生改变。迄今为止，大多数员工就职于工厂和办公楼。但现在，人们更倾向于自主创业，自己掌握行程，而不是在严格的规章制度下工作。人们也可能为几个，而不是一个公司工作，并可能短期内改变活动。这些可替代传统方式的新工作，较之传统工作，其工作条件和合同显得更为灵活。但至今，铁路公司还没有表现出应对劳动力市场这一变化的能力，比如，上市公司还未适应远程办公。从长期来看，这种对劳动力市场变化的迟缓反应可能会影响铁道交通的竞争力[4]。

尽管提速意味着更大的耗能，但低环境污染始终被认为是铁道交通(包括高速铁路)的一项优势。图8[†]显示欧洲不同交通方式的外部成本。显而易见，铁道交通远

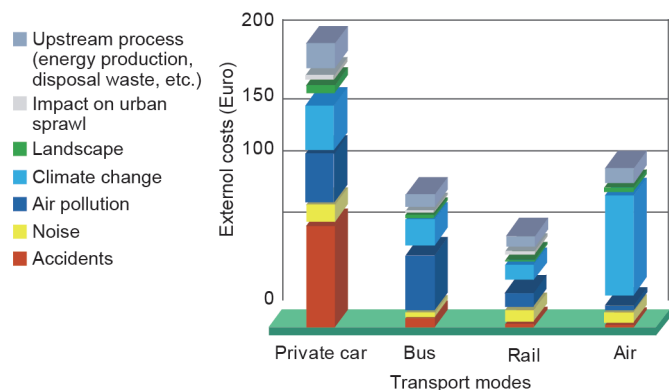


图8. 以欧元计，欧洲每1000位乘客每公里各种交通方式的外部成本。

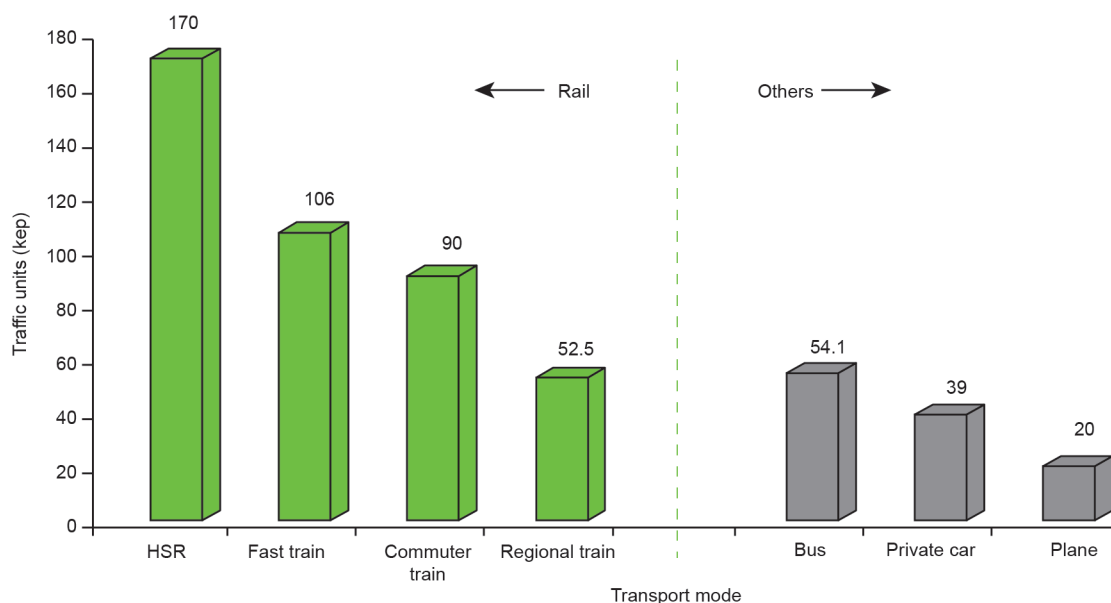


图9. 基于欧洲平均值的各种交通方式的能源效率。一能量单位(千克当量石油, kep)承载的运量单位(乘客数×公里数)。注: 1 kW·h=0.086 kep。

比其他交通方式更为环保。

如图9[‡]所示，铁道交通有利于环境可持续发展的原因在于其能源效率远胜于其他交通方式，该能源效率基于欧洲平均值。即使在核电较少的非欧洲国家，该排名也保持不变。

但是如今，行业竞争极大地推动着各行业能源效率的提升，因此铁道交通不该仅满足于现状。主要的变化自然在于汽车动力源。毫无疑问，由汽油驱动的汽车将逐渐被氢动力汽车所取代[5,6]。氢是宇宙中最常见的原子。由于氢存在于水中，并可以通过电解与氧分离，因此氢是一种取之不尽的能源。这一过程所需的电能可在任何时候获得(运用太阳能电池板、风车或核电站)，因为氢燃料电池可以储存电能。然后，燃料电池使得氢与氧结合生成水，如此便不会造成任何污染。换句话说，也许到2030年，未来的汽车将成为一种氢动力且零污染的汽车，因为其燃料(氢)主要通过太阳能产生。一些公司[7]已向市场供应一种低投入的简易配电系统，该系统由可插入车辆的氢气筒构成。

到目前为止，由燃料电池驱动的高速铁路还难以想像。高速铁路所需的能源和动力只能由全国高压电网提供。

在未来的10~20年间，汽车(对铁道交通最有力的竞争对手)对环境所产生的不利影响将由氢技术得到解决。

因此，如果优势5目前还算铁道交通的一个特点，

[†] Source: UIC Environment Department.

[‡] Source: SNCF ADEME, 1997.

那么在未来相对汽车业来说将不再是一种优势。所以，必须继续提高铁路效率，抓住一切新的机遇，通过在铁路设施覆盖的广阔区域建设电力，以此更好地自主供电。比如火车站(尤其是站台的顶棚)可以覆盖太阳能电池板，用以为未来的智能电网供电(图10)。

如此，仅剩最后一个生产要素：数据。虽然可以尝试通过评估劳动力和资本需求来收集和产生数据，但无法正确估算其数值，因为在数据获取成本和数据策略价值之间并无直接联系。至少需要从两个视角估算该数值，高速铁路部门对这两个视角都应予以高度关注。

首先是考虑把数据交给那些意图在最终客户和铁路运营商之间进行操作的角色，而这些角色就是中间商[8]。因此，想要订购火车票的客户会更偏好外部应用软件(铁道部门之外的)而不是铁道官方网站本身，因为客户已经在其他用途上习惯于使用该应用软件，或者因为该应用软件更容易获取和操作。在此情况下，应用软件运营商可能会在公司内部给其客户提供方保留一个席位，以便提高销售额。GAF(A(Google, Apple, Facebook, and Amazon))倾向于该运营模式，同时向顾客免费提供信息咨询。当然，这样的话铁路运营商就会面临风险，因为他们失去了与客户的直接联系。因此，收集数据至关重要，正如许多运营商做的那样，因为其价值远甚于获取客户信息的成本。唯一能让客户成为某一软件会员的办法，就是如果一客户一直通过该软件订购火车票，则给与奖励。

第二个要予以考虑的是安全数据。当今社会，网络攻击越来越频繁，并危及铁路运营。除了网络攻击，还有恶意扰乱甚至恐怖袭击。欧洲发生了几起严重的恐怖主义行动，这些行动不仅毁坏了铁路部门形象，也使其蒙受巨大的经济损失(例如，2015年8月21日在Thalys上发生的恐怖袭击使铁路部门损失了大量乘客[†])。但同时铁路部门也推行了新的强制措施，比如，Thalys在相应站台入口处配置了安检门。乘客需提前到站，通过安检之后才得以放行(图11)。且不论这些安检设备的购置及运营成本，这一限制会影响人们对交通方式的选择，因为停留在车站里的时间延长了。因此，与飞机相比，铁道交通损失了一部分优势。当然安全因素对公共交通的影响远甚于私驾出行[9]。如此一来，由于公共交通方式易于受到恐怖袭击，高速铁路的又一优势(优势6)，即安全优势也被削弱了。

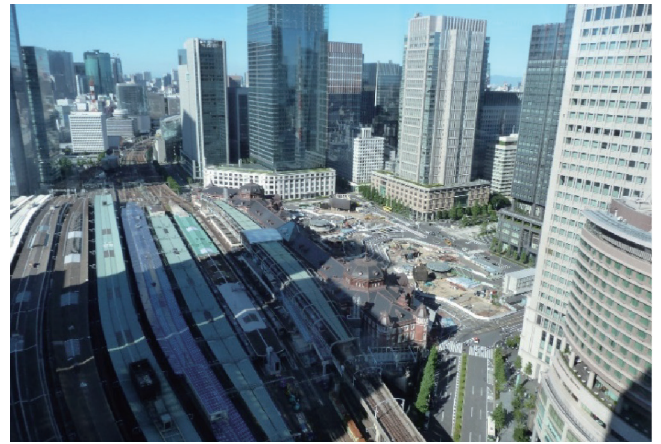


图10. 东京火车站站台覆盖的太阳能电池板。



图11. Thalys站台入口处设置的安检门。

总而言之，以上6点优势将继续推动高速铁路的运营发展。然而，高速铁路并非不可超越或无懈可击，其优势也并不能永久保持，特别是在某些方面，其竞争对手正迎头赶上，有时甚至超越了高速铁路的发展。尤其是在铁道交通对环境的影响以及公共交通的安全性这两方面，高速铁路正面临汽车业的挑战。

此外，铁路生产函数并不十分灵活，因此面对公共交通市场竞争其无法表现出足够的应对能力。与此相反，由于航空业和汽车业的工业市场规模庞大，则表现出极具创新性。在中途客运市场保持领先地位的最佳方式当然是从内部提高生产率。同时，也要利用汽车业与航空业运营模式的变化，与高速铁路形成模式互补。尤其是新型汽车业运营模式能够为人们到达及离开火车站带来极大的便利。

最后，高速铁路在运能方面的优势无法撼动。到目前为止，在中短途客运领域，除高速铁路外，其他任何一种交通方式都无法负荷如此庞大的客流量。

[†] 20%–30% of traffic was lost during the months following the Thalys terrorist attack (*Le Figaro*, March 2016).

References

- [1] Rifkin J. *The third industrial revolution: how lateral power is transforming energy, the economy, and the world*. London: Palgrave Macmillan; 2011.
- [2] Rifkin J. *The zero marginal cost society: the internet of things, the collaborative commons, and the eclipse of capitalism*. New York: St. Martin's Press; 2014.
- [3] Anderson C. *Free, the future of a radical price*. London: Hachette Books; 2009.
- [4] Daniel JM, Monlouis-Félicité F, editors. *Sociétal 2016: #numérique et emploi: lost in transition?* Paris: Eyrolles; 2016. French.
- [5] Rifkin J. *The hydrogen economy*. New York: Penguin Group (USA) Inc.; 2002.
- [6] Clark WW, Rifkin J, O'Connor T, Swisher J, Lipman T, Rambach G. Hydrogen energy stations: along the roadside to the hydrogen economy. *Util Pol* 2005;13(1):41–50.
- [7] Aaqius.com [Internet]. Geneva: Aaqius & Aaqius SA [2016 Jun 1]. Available from: <http://www.aaqius.com/>.
- [8] Paché G. Intermédiation dans les canaux de distribution: vers un renouveau? *Revue Management Avenir* 2012;1(51):116–21. French.
- [9] Pape RA. The strategic logic of suicide terrorism. *Am Polit Sci Rev* 2003;97(3):343–61.