

中国高铁风云录

从多国获取技术到独立发展之路

王建硕

费曼式写法 · 由多个 AI 代理撰写与互相审校

导读

从多国获取技术到独立发展之路

1978年10月，邓小平坐在东京开往京都的新干线上，窗外是日本的山和海。有记者问他什么感受，他说：就感觉到快，有催人跑的意思。

那一年，中国最快的火车时速不到100公里，全国旅客列车的平均速度40出头；蒸汽机车还在生产线上；一条铁路上客车、货车、慢车挤在一起，谁也别想快。

46年后的今天，中国高铁营业里程4.8万公里，占全世界的三分之二以上；时速350公里的「复兴号」是日常而不是新闻；当年卖技术给我们的四位老师，如今在海外市场和我们竞标同一条线路。

这本书想回答的不是「高铁有多快」，而是一个更难的问题：**买不到的东西，怎么变成自己的？**

核心技术从来不在货架上。谈判桌上能买到的是图纸和许可，买不到的是「为什么这样设计」的直觉和几万个零件同时可靠的工业体系。中国高铁用三十多年走了一条「先挖潜、再引进、后消化、终自主」的路：中间有过一场被写进商学院案例的招标博弈，有过「中华之星」们悲壮的失败，有过2011年那个打碎了所有人骄傲的雨夜，也有过从250到350再到486.1公里的狂飙。

这不只是铁路史。光伏、造船、电动汽车……过去二十年，中国很多产业都在重走同一条路：以市场换入场券，以工程能力消化，以规模反哺创新。看懂高铁这一个样本，就看懂了这套打法的全部好处和全部代价——包括它什么时候管用、什么时候会失灵。

十二章，一条线。从慢车时代开始。

第一章 · 慢车时代

1978年10月26日，邓小平在日本坐上从东京开往京都的新干线「光号」。列车跑起来之后，时速表指向210公里。随行的中国记者后来记下了他说的那句话：

就感觉到快，有催人跑的意思，我们现在正合适坐这样的车。

那一年，中国铁路旅客列车的旅行速度——就是算上沿途停站、从起点到终点的平均速度——只有40公里出头。北京到上海1463公里，最快的特快列车要跑将近19个小时。新干线用210公里的时速跑了14年，我们这边最快的车还不到人家的一半。

这本书要回答的问题就从这里开始：**一个当时买不到核心技术的国家，是怎么在三十多年里，把别人的技术变成自己的，最后还反超了老师的？**

慢，首先不是车的问题

很多人会想当然：火车慢，换台马力大的车头不就行了？不行。1978年的中国铁路，慢是一个系统性的结果，先拆开看。

第一个原因，**客货混跑**。当时中国几乎所有铁路干线上，客车和货车跑在同一条轨道上。货运列车重、加速慢，跑80公里都费劲；客车理论上能跑快，但只要前面有一列货车，你就只能跟在后面吃灰。整条线的速度，是被最慢的车定死的。

大白话

大白话：这就像一条单车道的马路，轿车、货车、拖拉机混着开。你开着再好的跑车，前面一辆拖拉机，你的时速就是拖拉机的时速。想让跑车跑起来，要么修一条只让跑车走的路，要么把拖拉机全赶走——在铁路上，前者叫「客运专线」，后者当时根本做不到，因为当时全国货运周转量的一半以上都压在铁路上。

第二个原因，**信号和闭塞**。铁路上保证安全的基本制度叫**闭塞**：把线路切成一段一段的区间，同一时刻一个区间里只许进一列车，后车看到前车清空了区间才能进。区间切得越短、信息传得越快，车就可以排得越密、跑得越快。而当时中国铁路大量使用人工闭塞——靠车站值班员打电话、递凭证，甚至还有机械臂板信号机，区间动不动十公里起。车与车之间隔着巨大的安全余量，想快也快不了。

第三个原因，**轨道本身**。弯道多、曲线半径小，钢轨是一截一截25米长的短轨，接头处「咣当咣当」的震动在低速下是噪音，在高速下就是安全隐患。路基是按跑80公里设计的，硬要跑120，路基会被反复冲击压坏。

第四个原因才是车。1988年之前，中国的干线机车还在生产蒸汽机车——最后一批前进型蒸汽机车下线时，日本的新干线已经跑270公里了。柴油机车和电力机车数量少、功率小，牵引一列客车爬上坡道，速度表指针就往下掉。

差距有多大

把时间轴摆在一起看，差距是结构性的：

- 1964年，东京奥运会开幕前，东海道新干线通车，运营时速210公里，世界第一条高速铁路。
- 1978年，邓小平坐新干线时，日本正在修上越新干线；法国人的TGV三年后通车，时速270公里。
- 同一年，中国铁路的营业里程约5万公里，但其中复线不到五分之一，电气化线路只有约1000公里。大量线路是单线——对面来车，一列得先停进侧线等着，让对方过去再走。

换句话说，人家已经开始玩「专用的高速铁路」这个新物种，我们连「双线、电气化、自动闭塞」这些普通铁路的基本功都还没补完课。这个起点很重要：后面所有的故事——六次大提速、市场换技术、消化再创新——都是在补这个落差。

一个绕不开的选择题

提速无非两条路：**在老线路上挖潜**，或者**修新的高速专线**。前者便宜但天花板低，后者彻底但烧钱、周期长。1980年代到1990年代，中国铁路的钱、钢、水泥、外汇全都紧张，于是实际走了一条「先挖潜、再引进、后自建」的路。

问题是，老线路上到底能挖出多少潜力？在连信号都要靠人递纸条的线上提速，得先动哪些手术？这就是下一章「六次大提速」的故事——一个不靠新车、硬把全国铁路平均速度提了将近一半的工程奇迹，也是一次提前摸到天花板的过程。

第二章·六次大提速

上一章留下的问题是：在老线路上挖潜，到底能挖出多少速度？中国铁路给出的答案，是从1997年到2007年、十年间的**六次大面积提速**。没有新修一条高速铁路，硬是把旅客列车的平均旅行速度从48公里拉到了65公里以上，部分干线上跑出了200公里。这是理解后面「引进技术」的前提——正因为这十年把老路的潜力基本榨干，决策层才彻底明白：再往上走，老路走不通了。

先在一个试验场上练手

大提速不是拍脑袋，先在一条线上做全套试验：广深铁路。广州到深圳147公里，紧挨着香港，客流量大、距离短，赔得起。1991年开工改造，1994年建成中国第一条**准高速铁路**——时速160公里，比当时干线普遍水平快了一倍，但还够不上国际上「高速铁路」200公里的门槛，所以叫「准」高速。

广深线把后来大提速要用的家伙什儿全试了一遍：把50公斤一米的钢轨换成60公斤的重轨、把一截截短轨焊成几公里长的**无缝钢轨**（没有接头，就没有「咣当」的冲击，高速下钢轨寿命和行车安全全靠它）、换装能让列车高速通过的提速道岔、把沿线平交道口全部改成立立交桥。跑顺了，这套方案才推向全国。

六次提速，拧毛巾一样拧速度

从1997年4月1日第一次大提速开始，平均每两年一次，一直到2007年4月18日的第六次。每一次的做法都类似：**不动线路走向，专攻限速点**。

一条线能跑多快，不取决于最好的那段，而取决于最差的那段——急弯、老道岔、窄路基、旧桥梁。提速工程就是找出全线几千个限速点，一个个消灭：弯道能改大的改大，改不了的就调整**超高**（把弯道外侧钢轨垫高，让车身像摩托车压弯一样向内倾斜，抵消离心力）；道岔全换成容许侧向高速通过的型号；信号从三显示升级为**四显示自动闭塞**——绿灯前方至少有三个空闲区间，车跑快了，就得看得更远，刹车距离是速度的平方级增长。

大白话：这像给一座老城区做交通改造。不拆房子、不改街道走向，就是拓宽路口、拆掉减速带、把红绿灯换成智能联控的。每改一处只能快一点点，但全城几千个路口改完，通勤时间就能砍掉一大截。中国铁路十年里干的就是这件事。

车也得跟上。内燃机车东风11、电力机车韶山8成了提速主力。1998年6月，韶山8型机车在京广线许昌到小商桥之间跑出了时速240公里——这是当时「中国铁路第一速」，证明中国的线路和国产机车够得着200公里的门槛。

为什么200就是天花板

第六次大提速把既有线的极限逼出来了：在京沪、京广等干线最好的区段，开行时速200公里的动车组，局部跑到250。但也到此为止。再往上，有三堵绕不开的墙。

- **客货混跑这堵墙还在。**提速没有解决第一章那个根本矛盾：货车跑80，客车跑200，一条线上速度差越大，能排的车就越少。货车为给快车让路，得频繁躲进侧线，货运能力被大量牺牲。提速提得越狠，这条线运送货物的能力反而越差。
- **曲线半径的墙。**老线是一百年来沿河谷、绕山修的，弯道按时速80到120设计。时速350的高铁要求最小曲线半径7000米——几乎是直线，弯道半径比老线大十几倍，这在老线走廊里根本腾不出来。
- **结构的墙。**200公里以上，车轮对轨道的冲击、空气阻力（阻力随速度平方增长，350公里时的阻力是175公里时的4倍）、隧道里的气压波，都进入了另一个物理世界。给老房子换电梯解决不了承重问题。

还有一笔经济账：在既有线上把200提到250，改造费惊人，而新能力有限；同样的钱拿去新修一条客运专线，能稳定跑250到350，还把老线完全让给货运——一份投资，两份收获。这笔账算明白之后，「客运专线」从备选变成了主攻方向。

大白话：大提速证明了中国人能把旧系统优化到极致，但也证明了优化的极限在哪。就像把一台老电脑超频，换风扇、改散热、调参数，能快50%，但想要10倍的性能，只能换新架构的机器。新架构就是客运专线，而造客运专线和跑在上面的高速列车，当时中国两样都不会。

留下的悬念

2007年第六次大提速收官时，一个尴尬的事实摆在桌面上：中国铁路的**线路工程能力**已经摸到了世界级的边（自己能修秦沈客运专线这种时速200到250的新线），但**高速列车**——动车组——还是短板。动车组和「车头拉车厢」的传统列车是两个物种：动力分散到每节车厢、车体要轻、转向架要稳、控制系统全是新的。这个东西能不能自己憋出来？下一章讲的，就是「中华之星」们悲壮的尝试。

第三章·自己憋的弯路

上一章结尾说，2007年前后中国铁路最大的短板是动车组本身。但「自己造动车组」这件事，中国人不是没想过——恰恰相反，在决定大规模引进技术之前，有过一轮长达七八年、投入了几十亿的自主研发冲刺。这一章讲的就是「大白鲨」「蓝箭」「先锋号」「中华之星」这一串如今很少有人记得的名字。它们全都失败了，但失败的方式决定了后来的路线。

先搞懂一个名词：动车组和火车不是一个物种

传统火车是「车头拉车厢」：所有动力集中在前面的机车里，后面的车厢全是死重量，被拖着走。动车组反过来，把发动机分散装到多节车厢底下，一列车里一半甚至更多车厢自己有动力。这叫动力分散；对应的传统方式叫动力集中。

大白话

大白话：动力集中像一匹马拉一车货，马累死，货也晃；动力分散像一支龙舟队，每个人手里都有桨，十几个人一起划，船又稳又快。速度上了200公里，「马拉车」模式有个物理硬伤：全部重量压在车头几根轴上，轮轨之间的摩擦力不够用，马力再大也会打滑；而龙舟模式把动力和重量摊平了，还能让车身更轻。全世界成熟的高速列车——日本新干线、德国ICE3——清一色动力分散。

四个选手，四种命运

1999年到2003年，中国一口气上了好几个动车组项目，几乎每个大工厂都有自己的选手：

- 「**大白鲨**」(DDJ1)，1999年在广深线投入运营，动力集中，时速200公里。运营两年多，始终故障不断，最终退出。
- 「**蓝箭**」(DJJ1)，2000年投入广深线，动力集中，时速200公里。牵引控制系统买了瑞典ABB系的技术（后来并入庞巴迪），是八个项目里运营表现最好的，一共造了8列，一直跑到2012年才退役——但它本质上是「国产外壳+进口心脏」。
- 「**先锋号**」，2001年出厂，是国内第一个真正的**动力分散**交流传动动车组，在秦沈客运专线跑出了时速292公里的试验纪录。然后，就没有然后了——只造了一列，从未批量运营。

- 「**中华之星**」(DJJ2)，国家队阵容，动力集中，设计时速270公里。2002年11月27日在秦沈客专跑出时速321.5公里，创「中国铁路第一速」。2005年起在沈阳到山海关之间载客试运营，但故障不断——转向架、牵引系统、网络控制轮流出问题，2006年停运，最终送进博物馆。

输在哪？不是图纸，是可靠性

值得注意：这些车在**单次试验**里都不慢，中华之星甚至跑出过世界级的321.5公里。它们输掉的不是速度，是**可靠性**——日复一日、几十万公里无故障地把车开回来。

动车组是几万个零件的系统：牵引变流器里的IGBT功率半导体（当时中国造不出合格品，全靠进口）、高速轴承、齿轮箱、转向架的焊接工艺、整车网络控制的软件。每个零件的故障率都得压到极低，整车才能可用。单点技术可以攻关，但「几万个零件同时可靠」是一种**工业体系的能力**，靠大会战突击不出来。当时国产动车组跑几十公里就报警，进口动车组的设计寿命是几百万公里——差的不是一两个零件，是背后整个材料、工艺、质量控制的水位。

还有一个战略层面的失误：几条技术路线同时下注，动力集中、动力分散、交流、直流，各厂各搞一套，互相不通气，每个项目都只有一两列车，根本积累不起运营数据。失败不丢人，但同样的失败重复了四次，说明缺的不是聪明，是体系。

转折点

2003年，新的决策层对铁路提出了「跨越式发展」的思路：与其再用十年慢慢磨自主车型，不如直接引进世界最成熟的技术，站在别人的肩膀上起步。这并不等于放弃自主——蓝箭、先锋号、中华之星培养出的工程师队伍，后来成了消化吸收引进技术的主力；中华之星上验证过的牵引、网络控制技术，也被后来的国产车型继承了一部分。

但问题马上来了：向谁买？怎么买？全世界能造高速列车的就那几家——德国西门子、法国阿尔斯通、日本川崎重工、加拿大庞巴迪。它们全都盯着中国这块大蛋糕，也全都打定主意只卖车、不卖技术。让中国如愿以「买技术」的价格拿到货，需要的是一场精心设计的谈判。下一章，就是这场后来被叫作「二桃杀三士」的招标。

第四章 · 二桃杀三士

2004年，中国铁路手里握着两样东西：一个全世界最大的潜在市场——规划中的客运专线网超过一万公里，相当于把全世界已有的高铁加起来再翻一倍；和一支造不出合格高速列车的工业队伍。全世界能造高速动车组的只有四家：德国西门子、法国阿尔斯通、日本川崎重工、加拿大庞巴迪。它们想进中国市场都想疯了，但每家的底线都一样：**车可以卖，技术不卖。**

第三章结尾留下的就是这个死结：中华之星们证明了自己闭门造不出来，可买，又只买得到车、买不到手艺。2004年6月，铁道部为时速200公里动车组项目公开招标，140列车。这场招标的规则设计，后来被日本媒体称为「二桃杀三士」，被全世界好几家商学院当成谈判课案例。它把死结解开了——不是求老师傅开恩，而是让老师傅们自己抢着把压箱底的手艺交出来。

但这一章真正值得细看的，不是谈判桌上的唇枪舌剑，而是谈判桌还没搭起来之前，那些写在招标书里的规则。**这场仗在谈判开始前就已经赢了大半——赢在对博弈结构的设计上。**要看懂这一点，得先看两个背景：当时中国自己内部刚刚吵完两场大架，以及，「用市场换技术」这件事，中国以前干砸过。

还要提醒一句：这不是一次普通的政府采购。140列车只是引子，真正被摆上谈判桌的，是四家公司几十年攒下的看家本领；而中方用来撬动它们的全部本钱，不是技术，不是外汇，是一个还没变成现实的市场，和一套写在纸上的规则。手里只有这两样东西，怎么赢？往下看。

开牌之前：中国自己先吵了两场架

第一场架，是「自己造还是买来学」。上一章讲过，中华之星、蓝箭、先锋号这批国产动车组，代表了「自主派」的路线：关起门来自己憋。2002年中华之星跑出321.5公里的试验时速，看上去离成功只差一步，但随后的线路考核故障不断，暴露出的问题不是一个零件不行，而是整个工业体系——材料、工艺、可靠性管理——还差着一代人。继续憋下去，也许十年后能成，可客运专线的规划等不了十年。2003年刘志军出任铁道部长，提出铁路「跨越式发展」——大白话就是：不等技术慢慢自己长出来，直接把世界上最好的买回来，拆

透、学会、再超过去。这场架，引进派赢了。但赢的方式值得注意：**不是放弃自主，而是把「买来学」当成通往自主的桥。**这个定位，决定了后面每一条规则的形状。

第二场架，是「轮子还是磁悬浮」。京沪之间要修高速铁路，这是全国最黄金的一条线，用什么技术制式，业内吵了很多年。磁悬浮派的理由很诱人：时速四百多公里，一步跨到世界最前列，2002年上海那条从德国引进的磁悬浮示范线已经通车，像个活广告。轮轨派的理由很朴素：磁悬浮贵得离谱——上海那条三十公里的示范线，造价近百亿，折算下来每公里的钱是轮轨的好几倍，这还只是示范，没人敢想用它铺满一千三百公里的京沪线；它还不能和既有铁路网兼容，而且全世界都没有长大干线运营的先例——把国家的主动脉押在一项没人验证过的技术上，风险太大。这场架的赢家是轮轨派。它的意义在于：一旦定了轮轨，技术路线就和日、德、法站在同一条赛道上了，**「买现成的、学过来」这条路才真正走得通**——磁悬浮只有德国一家有，根本没法让卖家互相竞价。

两场架吵完，方向清楚了：引进轮轨动车组技术，但绝不只买产品。两场架的背后其实是同一个问题：中国铁路要的是「最先进」还是「最管用」？两次答案都一样——要成熟、可靠、马上能用的大规模技术，不要看上去很美的孤品。这个取舍，决定了后面招标书里每一条规则的口味。

问题只剩一个：怎么让绝不卖技术的老师傅，把压箱底的手艺交出来？

大白话

大白话：两场架吵的都是「怎么花钱最值」。磁悬浮像限量版的超跑，快是真快，贵也是真贵，还没地方修；轮轨是成熟可靠的量产车，满大街的师傅都会修。一个要在一万多公里的国土上铺网的国家，只能选后者——这个「土」决定，后来反而成了最聪明的决定。

上牌桌之前，四家的处境

先看清楚坐在牌桌对面的四个人，各自的牌有多好、心有多虚，后面每一步棋才看得懂。不妨先做个思想实验：假设你是其中任何一家的高管，2004年春天看到这份招标书，你会怎么算这笔账？拿单，意味着未来十年最大的市场向你敞开，但要把吃饭的手艺教给未来的对手；不拿，手艺保住了，可你对面那三家只要有一家接了，它就同时拿走了市场和你的未来。**这个两难的妙处在于：它跟你多想要订单无关，跟「别人会不会先接」有关。**记住这种感受，后面四家的一举一动，都是这个算术题的答案。

庞巴迪最从容。它是加拿大的运输设备巨头，天上飞的支线飞机、地上跑的地铁都造，做跨国生意经验丰富。它早就埋了一步棋：1998年就与青岛四方机车车辆厂、加拿大鲍尔公司合资成立了BST公司，厂房、工人、生产资质全是现成的，而且这台合资机器已经给中国铁路造过几年高档客车，跑通了「国外设计、中国制造」的全套流程。它拿出的平台是Regina——为瑞典铁路造的城际动车组，在欧洲的雪地里跑了多年，成熟可靠，也就是后来的CRH1。对它来说，「转让技术给中方伙伴」约等于把图纸从总部的柜子搬到青岛的柜子，成本最低，态度自然最积极。

阿尔斯通最缺钱。它是TGV的娘家——1981年通车的法国高铁，是整个法兰西的工业名片。但2003年它一度走到破产边缘，靠法国政府出手注资、欧盟委员会点头放行才稳住。一家刚被抢救过来的公司，对订单和现金的渴望写在脸上，谈判姿态也最软。它的当家花旦TGV其实不符合中国的技术要求——TGV是动力集中式，车头拉车厢，而中国的技术规范书要的是动力分散式。于是它拿出了收购意大利菲亚特铁路部门得来的摆式列车平台，后来成了CRH5——耐寒性在四家里最好，这一笔后来恰好在中国北方的严寒线路上派上了大用场。

川崎最纠结。技术过硬——新干线1964年赶在东京奥运会前开业，四十年来没有一名乘客因列车事故丧生，是世界上安全纪录最好的高速铁路；川崎正是新干线车辆的主要制造商之一。但日本国内反对向中国转让新干线技术的声浪很高——这是它的家事，后面专门讲。

西门子最傲慢。它的Velaro平台衍生自德国ICE3，动力分散、能跑时速300公里以上，是四家里公认的「标王」，连西班牙修马德里到巴塞罗那的高铁，买的都是它的车。西门子上下都认定：中国人早晚要买300公里级别的车，到那天，全世界只有它有现成的成熟方案——所以中国人离不开它。这个判断不算全错，错在把「离不开」当成了「可以漫天要价」。

四家背后还有一个共同的大背景：欧洲和日本本土的高铁市场基本饱和，线路就那么多，车迟早卖不动。而2004年初，国务院批准的《中长期铁路网规划》画出了一张超过1.2万公里客运专线的大网——四纵四横，把全国几乎所有大城市都圈了进去。**未来十年，全球高铁唯一的增量市场在中国。**谁被关在这扇门外，谁就只能在饱和市场里慢慢萎缩。这份恐惧，是中方手里真正的筹码——它比任何谈判技巧都硬。

为什么牌桌上只有这四家？因为能造成熟高速动车组整机的，当时全世界就这么几家，一只手数得过来。这门手艺的门槛高得吓人：一列动车组不是一台机车拉一串车厢那么简单，它是牵引、制动、车体轻量化、空气动力、网络控制拧在一起的系统工程，每一项都要几十年

的事故和试验喂出来。美国航空和公路太发达，根本没长出高铁工业；韩国的高铁是从法国引进技术组装的，自己还是学生；西班牙有几家造车厂，但主流技术要么源自法德，要么像Talgo那样走自己的特殊路线，和中国的规范书对不上。**高铁这门手艺，是全球工业皇冠上最稀的几颗珠子之一——稀，才谈得成；要是卖家有四十家，中方反而不需要设计什么局了。**

先把「要什么车」写死

在谈「怎么让四家交技术」之前，还有一层容易忽略的设计：中方先把「自己要什么车」写得明明白白，钉死在技术规范书里——就是招标书里那本写满技术要求的册子，各家按同一张考卷答题。

规范书里的关键几条：时速200公里；动力分散——不把动力全堆在车头里，而是把电机分到一串车厢的底下，大家一块儿使劲，爬坡快、加速快、对线路的负担小，这是日本新干线和德国ICE3走通的路线；编组、供电制式、安全标准全部统一规定。为什么第一口先吃200公里这一档？因为这一档的车最通用：既能在经过六次大提速改造的既有线上跑，也能上新建的客运专线，一条线上的车底全国都能用——先把最大众的机型吃透，再往300公里以上爬，胃口和消化能力是匹配的。这份规范书的作用远不止「买车参数表」：它让四家的报价第一次变得可比——同样的速度等级、同样的制式，谁贵谁便宜、谁教得多谁教得少，一目了然；它也让「技术转让」有了明确的清单——转向架、牵引电机、牵引变流器、制动系统、网络控制系统这些真正卡脖子的关键部件，一项一项列出来，逐项要求转让、逐项约定验收。凡是想糊弄的空间，事先都用纸面上的字堵死了。

还有一条写进合同的硬要求：在中国跑的这些车，必须挂中国品牌——这就是CRH（China Railway High-speed，中国铁路高速）这个代号的由来。引进的路径也被概括成一句话：引进先进技术、联合设计生产、打造中国品牌。**从第一天起，合同里写的就不是「买一批外国车」，而是「在中国造挂中国牌子的车」。**这个区别，是整本书后面所有故事的种子。

大白话

大白话：这份规范书像相亲时先把条件摆上桌——身高、学历、收入、家务分工全写清楚，应征者按同一张表打分。条件公开，谁也没法靠信息差占便宜；条件统一，四份答卷才能排在一起比。真正的高手过招，在写考卷的时候就已经开始了。

「二桃杀三士」，先是个典故

日本媒体给这场招标起的名字，出自《晏子春秋》。春秋时齐国有三个勇士：公孙接、田开疆、古冶子，功高而骄。相国晏子想除掉他们，设了个局：请齐景公赏他们**两个**桃子，让他们自己论功劳分。三个人，两个桃，必然有人分不到——为了争这个桃，三人各自表功、相争不下，最后都觉得愧对同伴，先后自杀。桃子本身不值钱，值钱的是「分不到」这件事。

两千多年后，这个典故被拿来形容2004年的招标，贴切得惊人：**桃，是订单；三士，是四家电气巨头**。故事的骨架一模一样——奖品是有限的，竞争者都有真本事也都输不起，而设局的人从头到尾不用自己动手，只需要把规则定好，让竞争者们互相比劲。晏子靠的是人心，铁道部靠的是市场。哦对，典故的结局也提一句：三士死后，齐国除了心腹之患，晏子没费一兵一卒——设局的人从头到尾没有碰过刀。

这个典故还有一个更深的精妙处，容易被漏掉：晏子杀三士，靠的不是刀剑，是**三勇士自己的价值观**——他们重名节、讲义气，才会为争桃而争、为让桃而死。设局的最高境界，是让局中人自己的追求替你工作。2004年也一样：企业追求的是订单和增长，这是写进它们基因里的东西，谁也改不了、也不必改。中方要做的只是搭一个局，让「追求订单」这个最正当、最无法抗拒的动机，自动把技术推过国境线。

规则就是武器

招标书里几条看似平常的资格规定，条条款款都在改变博弈结构：

- **投标主体必须是「国外企业+中国国内企业」的联合体**。外企不能单独投标，纯进口整车不行。想拿订单，必须先找一家中国工厂「结婚」。
- **中方伙伴是指定的：南车的四方股份，北车的长春客车和唐山机车**。这条看似技术细节，其实是整个设计里最精巧的一环。如果放开让几十家中国工厂自由去谈，外企可以挨个压价、中国人必然内斗；而如果只指定一家，外企又没的选、容易和这家结成攻守同盟。指定两三家，效果刚刚好：中方这边口径统一，外企那边却仍有选择——西门子可以挑唐山也可以谈长客，川崎能找四方——谁也吃不准对方和「下家」谈到哪一步了。**中方只有一个声音，外企永远面对「另一个选项」**。
- **必须转让关键技术，且以「技术转让实施到位」作为验收和付款的条件**。注意，转让技术不是加分项，是**门票**——不答应这一条，连报价的资格都没有。而且评标时，「你打算教到什么程度、怎么教」和报价占着同样的分量：光便宜不教真东西，照样出局。

- **铁道部是唯一的买家，国内企业不得自行与外方谈。**这条至关重要。过去中国引进技术常犯的错，是各地各部门分头去谈，外企各个击破、中国人互相抬价。这次全国拧成一个「**战略买家**」——所有对外谈判由一个口子出，一口锅里吃饭，谁也别想拆台。

还要留意评标的方式：不是「价低者得」。技术方案成不成熟、转让条款落不落实、联合体能不能按时交付，各占分量——报价只是考卷的一页。这个设计堵死了两条歪路：外企没法靠报个低价混进来再慢慢缩水，也没法靠技术先进就漫天要价。想拿包，只有一条路：**在同样的规则下，比谁的诚意更实在。**

规则的背面是执行的人。操盘谈判的张曙光本身就是机车车辆专业出身，懂行——外企工程师在技术条款上想含糊其辞，瞒不过他。而「战略买家」这四个字能立得住，靠的是纪律：所有中国工厂都被明确要求，不得绕开铁道部私下与任何外方接触，谁敢私下递话、私下许愿，就取消谁的资格。四家公司很快发现，在中国这边试探来试探去，听到的永远是同一个声音。撬不开缝，就只能回到牌桌上，按中方的规则比诚意。

还有一条藏在采购数量里：140列车拆成7包，每包20列。为什么拆包？一来，**桃子的数量是有限的**——四家抢七个包，必然有人落空，后来日媒用「二桃杀三士」来形容，妙就妙在名额的稀缺上：不用中方赶人，四家自己会先打起来。二来，每包20列这个颗粒度也是算过的：够开一条生产线的批量，拿到一包就能吃饱一阵；可谁也别想一家通吃——140列若是一单，赢家独吞，输家三个，中方等于把命押在一家身上；拆成七包，几家都喂到，几家都欠着情，后面上万公里的大单子还吊在前面。**分桃的手法，决定了争桃的烈度。**

大白话

大白话：「战略买家」其实就是团购的极致版。全公司几百号人各买各的电脑，经销商挨个宰；统一走采购部一次谈，折扣、赠品、售后服务全来了。铁道部干的就是把「全国买火车」这件事收归一个采购部——只不过它要的不只是折扣，还有配方。

大白话

大白话：这是一场精心设计的「拍卖」，只不过拍的是卖方的诚意。普通拍卖里卖家坐着收钱、买家互相抬价；这里反过来了——买家只有一个，卖家互相压价。四家公司都清楚：第一轮140列只是开胃菜，后面是上万公里线路、几千列车的市场。更妙的是，卖家之间不敢合谋抬价——谁都不知道另外三家会不会先低头，先低头的吃肉，硬扛的出局。时间站在买方这边。

有人会问：四家要是私下串通、咬死都不转让，中方的局不就破了吗？理论上可能，实际上行不通。四家分属日、德、法、加，背后是四国政府和各自的股东，谁先低头谁受益、谁硬扛谁出局——这种局面下，「串通」需要的信任根本不存在。博弈论里管这叫囚徒困境：对每一家来说，不管别人怎么选，「抢先进场」都是自己的最优解；四个最优解加在一起，就是集体让步。中方要做的就是搭好这个局，然后站在局外，等数学替自己干活。

而且这是一场**阳谋**，不是阴谋。阴谋怕被识破，阳谋不怕——所有规则都印在公开的招标书里，谁都可以买来逐字研究。四家公司的智囊团不可能看不懂这个局，看懂了也得进：中国市场只有一个，退出这个局，等于退出未来十年的全球高铁生意。**真正厉害的局，不怕你看穿，怕你走不掉。**

这套玩法也不是中国首创。战后日本引进欧美技术时，通产省就把类似的手法用到了极致：外汇和进口许可攥在政府手里，谁家想买外国技术都得过它这一关；同时让几家外国公司互相竞价，许可证只发一张，逼得对方一降再降、还把核心专利搭进来。当年坐买方位置的，正是日本人。半个世纪后角色对调，学生成了老师傅，老师傅坐到了当年自己坐过的位置上——所以日媒喊出「二桃杀三士」时，那语气里的复杂滋味，局外人很难体会。

「教会」两个字，怎么验收

这场招标最见功力的地方，是把「技术转让」从一个口号变成了一套可验收的流程。这里要先拆穿一个常见的误解：**技术不等于图纸。**

图纸告诉你「造成什么样」，不告诉你「为什么这么造」——这块钢板的焊接电流该多大、那个零件的公差为什么定死在这个范围、出了故障该顺着哪条线往上查。这些藏在老师傅手感里的东西，行业里叫隐性知识——没法写成文档、只能靠一起干活传下去的手艺，才是值钱的真东西。只买图纸的结果，别的行业已经演示过了。轿车合资是个现成的教训：上海大众的桑塔纳，刚合资时国产化率只有百分之二点几——一辆车上基本只有轮胎和收音机是中国造的；国产化率后来一级级爬上去了，但发动机、变速箱这些心脏部件的技术始终是外方的，合资几十年，市场让出去了，核心技术基本没换回来。大飞机领域也演过一遍：上世纪八十年代与美国麦道公司合作组装客机，项目后来无疾而终，同样没留下自己的设计能力。同样的市场，为什么汽车和飞机换不来、高铁换来了？这个问题先记下，本章结尾就有答案。

所以合同里的转让条款，写的不是「交付多少卷图纸」，而是一整套「教」的流程：

- **联合设计。**中方工程师从图纸阶段就坐到桌前，跟着外方一起改设计——包括针对中国线路、气候、客流做的适应性修改——而不是等成品到货再拆着猜。要改的地方是真不少：中国南北的温差比欧洲日本大得多，运距动辄上千公里，客流密度全球罕见，既有线上还跑着慢悠悠的货车——欧洲日本的成熟车型，没有一列能原样搬来中国跑。为什么这么改，当面问、当面吵，隐性知识就在这一来一回里漏了出来。
- **三步走的生产台阶。**以川崎平台的合同为例：60列里，前3列整车在日本原装，立个标杆——「好的车长这样」；接着6列以散件形式运到青岛，由四方工人在日方指导下组装，练手；其余51列全部由四方自己生产，国产零部件的比例一级一级往上爬，每一级都要考核过关才放下一级。阿尔斯通和后来西门子的合同，结构大同小异。这套台阶拉动的也不只是总装厂：国产化率每抬一级，身后就是一整条零部件供应链的升级——电机、变流器、制动、空调、内饰，一笔订单养活的是一整个产业带。
- **付款与「教会」挂钩。**技术转让费单列，以「转让实施到位」为支付条件——考核不合格，钱就拿不全。师傅想拿钱，先得证明徒弟真的学会了。这一条把师徒双方的利益死死绑在一起：教会了，才结得了账。

配套的动作还有一个：成批的中国工程师被派到对方的工厂和设计部门去，不是参观，是驻场干活。后来四方、长客、唐山厂里那批三十来岁的技术骨干，大多有过在日本、德国、法国的师傅手边泡上一两年的经历。图纸可以邮寄，手艺只能这样贴身学来。

这一整套打法，后来被概括成八个字：引进、消化、吸收、再创新。招标解决的只是头两个字——把东西引进来；「消化吸收」是第六章的硬仗；而「再创新」三个字才是整盘棋的目的。读这一章的时候记住：**2004年赢的是谈判，不是技术。技术要到师傅教完、徒弟出师那天才算到手。**

考核也不是纸面文章。合同里，技术转让被拆成一项一项可检查的作业：培训了多少人、交付了哪些工艺文件、第几级国产化率对应哪些零部件、样车的哪些试验必须由中方独立完成——每一项都有验收标准，验收不过，对应的技术转让费就付不出去。外企很快发现，这套考核糊弄不过去：问问题的人自己是懂行的，问题会问到焊缝参数和故障树那个深度。**会考试的学生，才逼得老师把真东西掏出来。**

大白话

大白话：这不像买设备，像拜师学艺。师傅先打一个样，再让你递工具打下手，再让你上手独立干活，师傅在旁边盯着验收，每一关合格才结这一段的工钱。而且学费是分期的——教不会，尾款没有。过去买技术常犯的错是学费一次性付清，师傅拿钱就走；这次是学会了才结账，师傅比你怕你学不会。

西门子的出局

四家里技术最硬的是西门子。它自己也清楚这一点，于是开出了傲慢的价格：整车每列约3.5亿元人民币，技术转让费3.9亿欧元，并且在转让范围上寸步不让。它认定的剧本是：其他三家技术都不如我，中国人转一圈，最后还得回来求我。这个剧本也不是全无道理——铁道部确实想要300公里以上的技术，京津城际的规划就摆在那儿，时速350公里，放眼全球，现成的成熟答案只有Velaro一个。西门子赌的是：这份「想要」，迟早会变成「非我不可」。

中方谈判团队的做法是直接摊牌。谈判截止前夜，主导谈判的张曙光给西门子下了最后通牒：整车每列压到2.5亿元人民币以下，技术转让费压到1.5亿欧元以下。这个价格不是拍脑袋——中方同时和四家谈，各家的底牌互相一印证，成本线在哪里心里大致有数，这个数就是「你还有的赚、但别想暴利」的线。后来的事实也证明了这条线划得不离谱：西门子第二年就是按这个价位签的合同，生意照做、钱照赚。西门子判断这是虚张声势：中国离不开它的300公里技术，赌铁道部最后一刻会让步。

铁道部没让。

大白话

大白话：最后通牒这种招，要害不在话说得多狠，在对方信不信你真敢翻脸。如果另外三家的合同还没着落，这个通牒就没人信——西门子赌的就是你离了我行。但中方把三家的谈判都推进到了「随时可以签」的程度，通牒才变得可信：你不让，我马上跟别人签，你出局。狠话谁都会说，让狠话可信的，是事先铺好的退路。

2004年秋天，中标结果陆续公布：**庞巴迪的青岛合资公司拿1包20列，川崎重工牵头的联合体与四方拿3包60列，阿尔斯通与长客拿3包60列——西门子，出局。**技术最强的一家，

一列没拿到。事后有机构测算，光这一轮招标，中国比按外企初始报价买省了约90亿元人民币。

顺便看一眼三家的分配，处处是讲究。最从容的庞巴迪拿得最少——它本来就已经在门内，中方不需要用订单去换它的诚意，20列是顺水人情；最缺钱的阿尔斯通拿到3包，它的技术不是最强，但耐寒，搭档长客坐镇长春，这笔订单等于提前为中国北方的严寒线路备了货；最纠结的川崎也拿到3包，它的E2平台成熟度最高、最稳妥，适合当「主力教材」。**每一包都给得有理有据，没有一列是乱分的。**

这三家的车加上第二年西门子的，后来各自有了编号：庞巴迪的是CRH1，川崎的是CRH2，西门子的是CRH3，阿尔斯通的是CRH5。眼尖的读者会发现编号从3直接跳到了5——4被跳过了，缘由官方从没解释过，留了个小小的谜。四家平台、四种血统，从娘胎里就带着各自的技术基因，这个伏笔会一路埋到第九章。

西门子出局的消息传出，其股价应声大跌，整个在华谈判团队随后被总部撤换——商场最诚实，谁判断错了形势，市场当场开票。值得一提的是，西门子并没有被这个局「拉黑」：出局只是这一轮的结果，规则对谁都是敞开的，这为一年后的回头留了门。多年后回头看，西门子犯的错很典型：它把自己的技术领先当成了不可替代，忘了自己的对手从来不是中国买家，而是牌桌对面的另外三家。**在「二桃杀三士」的局里，最强的那个人反而最危险——因为别人都想先把他挤出局，好少分一个桃。**

日本那一份纠结

川崎重工的合同签得同样不轻松，难不在谈判桌上，在日本国内。

中方接触的不是川崎一家，而是一个「日本企业联合体」：川崎重工牵头出整车，三菱电机出牵引设备，日立制作所出车体，三菱商事、伊藤忠、丸红三家商社跑商务——日本大产业军团的标准打法。制造企业负责造，综合商社负责谈、垫钱、跑物流、处理跨国生意里数不清的琐碎事务，这也是日本大型出口项目的惯常队形。而对中国读者更重要的是它传递的信号：这是日本制造业的集体决策，不是某家公司的一时冲动。

但新干线在日本是「国技」，是战后复兴的象征。把新干线技术转让给中国——一个肉眼可见的未来竞争对手——日本企业界和舆论的反对声浪非常高，有报纸措辞激烈，政界也有人公开反对。技术出口还要过政府审查这一关。川崎的管理层夹在中间：一边是「不能养虎为患」的反对声，一边是「不去，订单就是欧洲人的」的现实。

大白话：这支日本联合体像一支装修队——川崎是总包，三菱电机和日立是分项的老师傅，三家商社是跑手续、管账、通关系的工长。谈生意时你面对的不是一个人，是一台磨合了几十年的协作机器；它高效，但它内部也有政治——总包点头之前，得先摆平自己家里那一关。

最后的方案处处透着妥协的痕迹：转让以E2系1000番台为蓝本的时速200公里技术（即后来的CRH2）。E2系1997年投入东北新干线运营，1000番台是它2000年前后的改进批次——成熟、可靠，经过了几年运营的考验，但**不含300公里以上的最新技术**——日本国内能接受的上限就划在这里；而且车辆采购与技术转让拆成两份合同分开签，等于在整车生意和技术外流之间砌一道防火墙。日方一位高管当时的名言流传很广：他们把「跳箱」给了中国——意思是给的是已经成熟、快要过时的东西，不是最新鲜的手艺。

川崎的算盘其实不难懂：不给，订单就是欧洲人的；E2反正已是成熟平台，趁着还值钱，先把中国市场这份钱赚了；至于中国人学会了怎么办——那是以后的事，订单是眼前的事。**四家公司里，每一家都做过一模一样的算术题，也都得出了同一个答案。**这正是那个局的设计者算准的：每一家单拎出来都足够理性，四个「理性」加在一起，就把技术交了出来。后来的事所有人都知道了——日本人严重低估了这个学生举一反三的速度。但这是下一章的内容。

第二年，西门子回来了

故事还有下半场，而且下半场更能说明这套设计的成色。

2005年，铁道部启动时速300公里动车组采购，规模160列——这是为即将开工的京津城际和350公里级别的客运专线准备的。时间在这里也变成了压力：京津城际要赶在北京奥运会前通车，300公里级别的车必须尽快到位。注意两个关键细节。其一，这一轮走的不是公开招标，而是竞争性谈判——不公开发标，邀请候选的几家逐家坐下来谈，规则还是那套规则，程序却更灵活，手里有了第一轮打底，不需要再大张旗鼓。其二，中方手里的牌变了：经过2004年那一轮，时速200公里的技术已经到手，日、法、加三家的徒弟正在厂里热火朝天地学。唯一还缺的，就是300公里级别的技术，而四家里现成的成熟方案，只有西门子的Velaro。

换一年前，这是西门子狮子大开口的完美机会。但这一次，回来的西门子姿态完全不同：报价大幅跳水，整车从每列约3.5亿元降到约2.5亿元，技术转让费从3.9亿欧元降到8000万欧元，不足原先的四分之一。最终它以唐山机车为伙伴拿到60列订单——这就是后来的CRH3系列，生产台阶同样是那套「先原装、再散件组装、再国产」的走法，3列整车德国造，其余由唐山一步步接手。对唐山机车厂来说，这张订单改变了它的命运：一家百年老厂，就此挤进了高速列车的俱乐部。这一轮160列，西门子60列、四方60列、庞巴迪的合资公司40列，三家分完。四方那60列也值得一说：日本人守死了「不教300公里以上」的线，四方就在川崎200公里平台的基础上自己往300公里够——这段爬坡的故事，第七章再讲。

有意思的是结局的温柔之处：西门子低头回来了，中方也没有为难它——价格照市场价付，合同照规则给，教會的考核一视同仁。设局的人要的从来不是羞辱谁，而是让所有人按规则进来。**二桃杀三士，杀的不是哪一家公司，是「只卖产品不教手艺」这个选项。**

为什么是西门子低头，而不是别人？因为它的对手变了：2004年它赌的是「中国没有我就造不出高铁」，2005年这个前提已经没了——200公里级的手艺中国已经买到手，正在消化；300公里级的技术它虽然独家，但中方等得起，它等不起。**市场没有惩罚傲慢，只是按规则运行了一遍，傲慢自己就付出了代价。**顺便说一句，西门子的教训里最意思的一点是：它输的不是出不起低价——第二年它用低得多的价格照做这单生意，照样赚钱——它输在误判，以为对手除了自己没有别的选择。

大白话

大白话：一张牌值多少钱，不取决于牌本身多大，取决于牌桌上还有谁。2004年，Velaro是300公里技术唯一的现货，西门子以为这就是王牌；可它忘了看全局——中方手里正在集齐另外三家的牌，牌集齐一张，它那张王牌就贬值一分。等它想通回来，价格已经由不得它了。

到这一轮签完，CRH1、CRH2、CRH3、CRH5四个系列全部落定，唐山、长客、四方、BST四条生产线各就各位。此后十几年中国大地上跑的动车组，都从这四个娘胎里出来——包括后来的「复兴号」，也是在这四条血脉上长出来的。

为什么是「二桃杀三士」

回头看，这套打法的本质是**把市场规模换成了谈判地位**。单一买家+指定伙伴+强制联合体+技术转让当门票+有限的订单名额，几条规则叠加，让四家外企从潜在的、心照不宣的

「卖方联盟」，变成了互相竞价的对手。中方从头到尾只做了一件事：定规则，然后让规则替自己谈判。2004年秋天签下的那几份合同，论金额只是中国铁路投资的一个零头，但它们改变了之后二十年世界高铁产业的版图——四巨头把技术教了出去，学生后来成了这个行业里谁也无法忽视的玩家。

现在可以回答开头埋下的那个问题了：同样是市场换技术，为什么汽车败、高铁成？差别全在买家的结构。汽车工业的买家是分散的——各地、各家整车厂，各自抱着市场去跟外企谈合资，外企被一群「未婚妻」抢着要，自然有底气只给产品、不给技术。而铁道部把全国的市场攥成一个拳头，只允许一个声音对外。**市场本身不是筹码，「拧成一个买家的市场」才是。**同样一份中国市场，摊开是肥肉，攥紧是武器。至于中国汽车后来靠电动化换赛道翻身，那是另一个故事了。

还要注意，这不是简单的压价。中方支付的技术转让费总额并不低——买的是「教会我」，不是「卖给我」。真正被压掉的，是外方「只卖产品、不教手艺」的选项。同样重要的是顺序：先有第三章自主研发的失败垫底，决策层才知道该买什么、问什么、怎么验收。**没摸过门道的买家，连问题都问不到点子上。**

当然，这套打法不是没有代价，账要记全。技术转让费一分不少，是真金白银；四家的技术体系血统各异、互不兼容——零件不能互换、维护体系各搞一套，这个隐患要在后面的章节里慢慢发作，直到逼出「复兴号」才算了结；而「买到图纸和流程」离「真正变成自己的手艺」之间，还隔着一场艰苦的消化吸收——那是第六章的主题。**2004年的招标赢来的是入场券和拜师帖，不是毕业文凭。**

还有一笔账，当时就有人不服：中华之星刚被打入冷宫，自主派心里的疙瘩很多年都没解开——花钱买别人的技术，会不会把自己的研发队伍养懒了、养废了？这个担心不是没道理，汽车业就是前车之鉴。答案要到后面几章才揭晓：引进会不会废掉自主，不取决于买不买，取决于买完之后干不干——图纸到手之后那几年中国工程师干了什么，比招标桌上的胜负更决定结局。

最后留个思考题：这套打法别处能复制吗？拆开看，它需要三个条件同时成立——市场足够大，大到让卖家输不起；买家足够单一，单一到外企找不到缝；自己先摸过门道，摸过才知道该买什么、怎么验收。三条缺一，「二桃杀三士」就只是一个典故。这也是它难学的原因：**它不是一句计策，是一整套资格。**

合同签了，货陆续到了，老师傅们开始手把手地教。但「引进」只是拿到入场券——这四家老师血统完全不同，脾气各异，教出来的手艺也各带各的印记。下一章，先认识这四位老师。

第五章 · 四位老师

2007年4月18日第六次大提速，一批车头画着蓝色飘带、名叫「和谐号」（CRH，China Railway High-speed）的白色列车突然出现在中国铁路上。细心的车迷很快发现，这些「和谐号」长得并不一样——因为它们背后是四位完全不同的老师。2004到2005年那两轮招标，引进的不是「高铁技术」这一个东西，而是四个国家对「怎么让列车跑200公里以上」给出的四种答案。认识这四位老师各自的脾气，是理解中国后来怎么「青出于蓝」的关键。

CRH2：日本老师，教的是「轻」

四方股份与川崎重工合作的CRH2，蓝本是跑在东北新干线的E2系1000番台。日本高铁的哲学是**轻量化**：日本是多地震国家，线路桥隧多、轴重限制严，所以车体用铝合金，能轻一公斤是一公斤。轻带来的好处是连锁的：轴重小，对轨道的冲击就小；同样的功率能推更快的速度；刹车负担也小。CRH2是四个系列里国产化率最高、适应性最好的，后来中国的380A基本上是在它的骨架上重新长出来的。可以说，日本路线教会中国最重要的一课是「减重」。

CRH3：德国老师，教的是「系统集成」

唐山与西门子合作的CRH3，蓝本是Velaro（ICE3的衍生），时速300公里级，四个系列里最快。德国人的强项不在单个零件，而在把牵引、制动、网络控制、转向架捏成一个严丝合缝的整体——像造精密机床一样造列车。CRH3皮实、稳定、余量大，代价是重、贵、耗电。京津城际和武广高铁上最早跑出350公里运营速度的，就是它。

CRH5：法国老师，教的是「抗冻」

长春客车与阿尔斯通合作的CRH5，血统很有意思：它的平台源自Pendolino——摆式列车，一种过弯时车厢会像摩托车一样向内倾斜、从而在既有弯道上跑快车而不晕客的列车。引进中国时去掉了摆式功能，但保留了它宽大、耐寒的身板。CRH5被安排去跑北方线路，因为它能在零下三四十度的东北冬天正常工作：车门不冻住、制动系统不进雪、车底设备舱有保温。这是欧洲高寒运营经验的价值。

CRH1：加拿大老师，教的是「城际生意」

青岛四方庞巴迪（BST）的CRH1，蓝本是庞巴迪的Regina城际动车组，不锈钢车体，最初定位是城市群之间的密集通勤——广深、沪宁杭这种站站停的线路。它启动加速快、车门宽、上下客效率高，但跑长途舒适度一般。它教给中国的是另一种产品观：高速铁路不只服务于「北京到上海」，更服务于「城市群里每天上下班」。

为什么要同时拜四个老师

四个血统一起引进，常被批评为「万国牌」——零件不通用、维修体系四套、司机培训四套。这个代价是真实的，第九章还会回来算这笔账。但站在2004年的位置上，多路线引进有三个理由：

- **谁也不敢把宝押在一家身上。**万一某家技术水土不服、或者转让留一手，全盘计划就卡死了。四家互为备份。
- **四家技术强项互补。**日本的轻量化、德国的系统集成、法国的耐寒、加拿大的城际密集运营，正好覆盖中国从哈尔滨到广州的全部工况。中国太大，一种车型打不了全国。
- **竞争不随合同结束。**签了第一家，另外三家就会持续盯着中国市场报价，后续采购永远有议价空间。

大白话

大白话：这就像学武功。只拜一个师父，你的上限就是师父，而且师父知道你没处去，未必倾囊相授。同时拜四位师父，虽然学的拳理互相打架、很辛苦，但你能亲眼比较四家的招式——哪一招在冰雪里管用，哪一招省力气，哪一招结构最稳。后来中国自主创新，本质上就是把四门功夫拆成零件、重新组合成一套新拳。

老师教到哪，学生学到哪

不过要清醒：四位老师教的深度是不一样的。转让合同里写得明白的是「怎么造」——图纸、工艺文件、生产许可；写得模糊的是「为什么这么设计」；完全没写的是「下一代该怎么设计」。车体、转向架可以照着造，但牵引变流器的核心算法、网络控制软件的源代码、制动系统的控制逻辑，这些真正的命门，合同里要么没有、要么只是授权使用。中国工程师

把前者学到手只花了三四年，把后者啃下来，花了十年。这就是下一章「消化不是照抄」要讲的过程。

第六章 · 消化不是照抄

第五章结尾说，转让合同分三层：「怎么造」写得明白，「为什么这么设计」写得模糊，「下一代怎么设计」根本没写。这一章讲的是中国工程师怎么把后两层自己补出来——这个过程叫「消化、吸收、再创新」。它听上去像文件里的套话，实际上是一场持续十年的、人类工业史上少见的系统拆解工程。

图纸不等于技术

先破除一个直觉：拿到了全套图纸，是不是就会造了？不是。图纸告诉你一个零件的尺寸和公差，但不告诉你**为什么公差是0.01毫米而不是0.05**——那背后可能是三十年运营数据总结的疲劳寿命曲线。工艺文件告诉你「焊接电流用多少安培」，但不告诉你为什么——那背后是无数次焊坏之后的教训。图纸是知识的「编译产物」，就像软件的安装包：能装、能跑，但你改不了它的逻辑。

大白话

大白话：这像给你一份顶级餐厅的菜谱。盐几克、油温几度、炒几秒都写着，你照着做，前几次大概率翻车——因为菜谱没写「闻到什么香味就该起锅」「这批肉和上一批肥瘦不同怎么调」。厨师长的本事在这些没写的东西里。消化技术，就是把菜谱反推回厨艺的过程。

消化是怎么干的

实际的做法是「正向倒推」：把二维图纸重新建模成三维数字样机，用有限元仿真算每一个部件的受力，再把仿真结果和实物试验对表。西南交通大学的整车滚动振动试验台——一个能让整列车在原地「跑」出时速600公里的巨型试验装置——就是干这个的：车在台架上跑，传感器把每一个振动数据记下来，和理论模型对照，对不上就改模型，直到模型能预言实车的行为为止。到这一步，「为什么这么设计」才算真的懂了。

这个过程烧钱。日本当年引进欧美技术时有个经验比例：每花1块钱买技术，要花好几块钱消化。中国这次照此办理——引进费用之外，配套安排了同等量级的消化吸收经费，养试验台、养风洞、养一支专门「拆」别人的车做反求设计的队伍。

三块最硬的骨头

车体、内饰、转向架，照着图纸做，三五年就学得像模像样。真正卡住的是三个「黑盒」：

- **牵引变流系统**。把接触网上的高压电变成驱动电机的可控电流，核心器件是IGBT——一种高压大功率半导体开关，相当于整个动力系统的「肌肉」。第三章说过，这是中国当年完全造不出的东西。突破靠的是产业并购加自主攻关：株洲时代电气2008年收购了英国功率半导体公司Dynex，拿到生产线和专利，再花六年建起自己的8英寸IGBT芯片生产线。到2014年前后，国产IGBT开始批量装上动车组。
- **制动系统**。时速300公里的列车刹车，要先用电制动（电机反转发电）再用空气制动（机械闸片），两套系统按速度精确配比，差一点都不行——全电制动在低速度下没力，纯机械刹车又会把闸片烧红。控制逻辑是各家的核心机密，只能靠台架试验和运营数据一点点标定出来。
- **网络控制系统**。整列车的「神经系统」：司机踩一下手柄，指令通过网络传给八节车厢的几十个子系统，任何一个节点的故障都要被诊断、隔离、降级处理。日方转让CRH2时交付的是编译好的程序，没有源代码。中国工程师的办法是从通信协议入手，抓取网络上的数据包，结合故障现象反推逻辑，最后整套软件自己重写了一遍。这是「消化」二字最硬核的写照：不是学会用，是重新发明。

「再创新」：学生开始出卷子

到2010年前后，事情起了变化。消化完成的中国团队不再满足于复刻，开始提出老师们没解决的需求：中国一趟车要跑2000多公里（北京到广州），是欧洲列车典型交路的好几倍；中国要穿越从零下40度到零上40度的温差；中国的线路有世界最长的桥隧比。CRH380A就是交卷之作——头型、转向架、牵引全部重新设计，2010年12月在京沪高铁先导段跑出时速486.1公里的试验纪录。

有意思的是老师们的反应。川崎重工对中方「自主创新」的说法一度公开表达不满，认为CRH380A不过是E2系的改型。中国工程师的回应很务实：骨架的师承关系承认，但跑到486公里的那列车，头型气动、转向架悬挂、牵引功率都和原型不同了——改到能系统性超越原设计的程度，就不再是「改型」，而是新设计。这场争论本身说明了一件事：学生和老师已经开始在同一张桌子上答题了。下一章，看这张答卷是怎么在京津城际和武广高铁上发下来的。

第七章 · 从250到350

引进的平台都是时速200到250公里的货，而中国规划的客运专线目标是350。中间这100公里，不是油门踩深一点的事。这一章讲两件事：时速从250提到350，物理上要付出什么代价；以及中国选哪条线来付这个代价。

多这100公里，贵在哪里

速度从250提到350，增幅40%，但麻烦不是40%：

- **空气阻力约翻倍。**气动阻力随速度的平方增长，350公里时列车牵引功率的绝大部分都在推空气。所以头车外形成了关键变量——CRH380A的「海豚头」是几十种候选头型在风洞和气动仿真里筛出来的，车头长、截面渐变，为的是减小进出隧道时的气压波：列车以350公里冲进隧道，会像活塞一样压缩前方空气，车头形状不好，隧道口会传出炮响一样的音爆。
- **受电弓成了最脆弱的环节。**列车从头顶的接触网取电，靠受电弓滑板贴着导线滑动。350公里时速下，接触网的任何一点不平顺都会让弓网瞬间脱离，拉弧、烧蚀、断电。弓网匹配成了独立的学科，中国的解决方案是把接触网的张力、悬挂弹性全线统一标定，误差以毫米计。
- **轨道平顺度的要求上了一个量级。**250公里时无感的轨道起伏，350公里时就是剧烈颠簸。这就是为什么350线路普遍上无砟轨道——不用道砟（碎石子），轨道板直接浇在混凝土底座上，几十年不沉降、不变形，代价是造价高、坏了难修。

京津城际：先用最短的路交学费

第一条350高铁选了北京到天津，120公里，2008年8月1日、北京奥运会开幕前一周开通。选它当第一，道理和当年广深线当试验场一样：距离短、客流大、两头都是大站，就算出问题，影响面也可控。京津城际运营的初期车型是CRH3C和CRH2C——引进平台的「增推改版」，在原型基础上提升牵引功率、改头型，是消化吸收后的第一次大考。北京到天津从此半小时直达，「双城记」这个词第一次有了物理实体。

武广高铁：证明350能跑长途

京津证明了350「能跑」，2009年12月26日开通的武广高铁证明了350「能天天跑、跑长途」。武汉到广州1068公里，当时世界上一次建成运营里程最长的高速铁路，把两地10个多小时的行程压到3小时上下。长距离350运营要解决的新问题是耐久性：列车全速连续跑三个多小时，转向架轴承、齿轮箱、牵引电机的温度管理，和跑半小时完全不是一个量级。武广跑顺了，350才算从「演示速度」变成「运营速度」。

京沪高铁：总验收

然后是压轴的京沪线。这条线的论证从1990年代就开始了，中间打了一场著名的路线之争：轮轨派主张传统钢轮钢轨，磁浮派主张直接上磁悬浮跨越式赶超。争论持续十余年，最终轮轨派胜出——理由很朴素：轮轨可以和全国既有网络兼容，车可以从高铁直接开进普通车站，而磁悬浮是一张全新的、互不连通的网。

京沪高铁2008年4月开工，2011年6月30日通车，1318公里，一次建成。开通前夜，2010年12月，CRH380A在它的先导段跑出了486.1公里的世界纪录。从邓小平坐新干线的1978年算起，32年；从2004年引进谈判算起，6年。中国高铁的速度指标，在这一刻站到了世界最前面。

大白话

大白话：如果把中国高铁比作一个学生，京津城际是单元测验，武广是期中考，京沪是高考。三场考试递进的不是难度系数，而是「持续可靠」四个字——考一百分一次不难，难的是把考一百分变成日常。但就在京沪通车后不到一个月，一场事故把这个刚刚封顶的系统打回了地面。这是下一章必须直面的一段。

第八章·甬温线之夜

2011年7月23日20时30分，甬温线温州段，D301次动车组以接近100公里的时速，追尾撞上因故缓行的D3115次。四节车厢从高架桥上坠落，40人遇难，约172人受伤。这是京沪高铁通车后第23天。中国高铁正在最高点，迎头撞上了自己的至暗时刻。

这一章不回避它。因为理解这场事故的原因，才能真正理解后来中国高铁的安全体系为什么长成那个样子——某种意义上，「7·23」是这个系统最贵的一课。

技术上发生了什么

先解释一个概念：列控系统。高速铁路上司机是看不清信号的——300公里时速下人的反应根本来不及，列车的行车许可由列控系统自动计算：前方区间有没有车、能开多快，系统直接指挥列车，超速就自动刹车。中国铁路的列控标准叫CTCS。简单说，司机的角色从「驾驶员」变成了「监督员」，安全的第一责任在系统。

「7·23」的链条是这样断的（依据国务院事故调查组2011年12月公布的报告）：

- **雷击**击中了温州南站的列控中心设备，一处采集驱动单元的保险管熔断。
- **设备设计缺陷**在此刻暴露：这种故障发生后，设备没有转入安全状态，反而错误地输出了「区间无车占用」的信号。本应是红灯的地方，亮起了绿灯。D3115次已经停在前方区间里，但调度中心和D301次看到的都是「前方空闲」。
- **应急处置连环失误**：车站值班人员发现轨道电路异常后，没有按规定果断扣停后续列车；被通知降速的D3115次低速缓行，而D301次按照错误的绿灯继续行驶。等司机肉眼看到前车时，制动已经来不及。

调查报告的定性很明确：这是一起由列控中心设备设计缺陷、上道使用审查把关不严、雷击导致设备故障后应急处置不力造成的责任事故。54名责任人受到处理。

「故障导向安全」为什么没守住

安全工程有一条铁律叫故障导向安全（fail-safe）：任何设备，坏的时候必须坏向安全的一侧——红绿灯坏了，必须灭成「停」，绝不能亮成「行」。「7·23」的核心耻辱在于，列控中

心这个最关键的安全设备，在一种可以预见的故障模式下，坏向了危险侧。

大白话

大白话：这就像汽车的刹车灯——灯泡烧了这个故障没法避免，但设计上必须保证「灯不亮=后车当你随时在刹」。如果某种故障会让刹车灯在没刹车的时候也亮着，这就是不可接受的设计缺陷。「7·23」的列控设备犯的就是这个级别的错误：一个保险管熔断，系统输出的不是「我不知道，都停下」，而是「前面没车，放心开」。

代价不只是那一夜

事故之后，全国高铁降速：设计350的按300跑，250的按200跑。舆论从「中国奇迹」一夜翻转为「高铁大跃进」的批判，银行收紧贷款，在建项目大面积放缓，高铁出海谈判接连受挫。技术问题叠加着管理信任危机——此前半年，铁道系统高层刚刚经历腐败案震荡，公众对「快」的怀疑蔓延成对整个系统的怀疑。

降速在工程上并非必须——350的硬件能力没有消失——但在政治和社会心理上是必须的：**系统需要重新赢得把速度用出来的资格。**

重建安全文化

真正有价值的是之后发生的事。列控系统全面排查整改，「故障导向安全」从原则变成逐条验证的强制标准，关键设备冗余备份；设备上道的审查流程重建，研发、测试、评审分离；应急处置规程重写，调度员的临场处置权被明确。此后十余年，中国高铁再未发生同类重大责任事故，安全纪录是用每天上万列车的运行一天天攒出来的。

回头看，「7·23」暴露了「引进—消化—再创新」路线的一个暗面：硬件可以引进，管理、流程、安全文化没法引进，只能自己长，而生长需要时间——中国高铁的技术跑在了管理成熟度的前面。这一课买得极贵。但它也确实改变了系统：2017年复兴号重回350时，背后是一个和2011年不同的安全体系。下一章讲复兴号，讲中国标准是怎么立起来的。

第九章·复兴号

2017年6月25日，一款新动车组被正式命名为「复兴号」。第二天，两列复兴号分别从京沪高铁两端对开首发。三个月后，2017年9月21日，京沪高铁恢复时速350公里运营——「7·23」之后压了六年的速度，重新用出来了。复兴号不是又一款新车，它解决的是一个自2004年引进起就埋着的老问题：**中国高铁一直没有自己的标准。**

万国牌的代价，该算账了

第五章说过，四个平台一起引进是有意的策略，备份加互补。但十年运营下来，代价越滚越大：

- **互不兼容。**CRH1、2、3、5四个系列，零件不通用、重联不互通——两列不同系列的动车组连挂在一起，电气接口和网络协议对不上，互相不认。调度灵活性大打折扣。
- **四套后勤。**四种维修规程、四套备件库、四种司机培训体系。一个动车所要伺候多个车系，库存和人力成本成倍。
- **改进权不在自己手里。**某个车型要针对中国工况做深度改进，原始设计数据在老师手里，谈判一次扯皮一次。

大白话

大白话：这就像一家公司早期图省事，四个部门分别采购了四套互不兼容的办公软件。起步时各用各的挺快，等公司大了要协同，发现文件格式不通、账号体系不通、培训要做四遍。这时候唯一的出路是痛下决心：定一套自己的标准，全部重来。复兴号就是中国铁路的「统一办公系统」。

「中国标准动车组」标准在哪里

2012年，中国铁路部门启动「中国标准动车组」研制，目标是定义一套完全自主的技术平台：牵引、制动、网络控制、转向架、车体，全部按中国自己的标准设计，各厂家按同一套接口造车——四方造的和长客造的，零件互换、重联互通。2015年样车下线，2016年7月，两列中国标准动车组在郑徐高铁上以时速420公里交会——两车相对速度840公里，是

世界首次。2017年定名「复兴号」，型号CR400AF和CR400BF（400指时速400公里级别，运营350）。

「自己的标准」最实质的一层在软件和数据：列车网络控制系统的源代码第一次完全在自己手里，整车设计数据完全自主。用第六章的话说，老师们当年没转让的第二层和第三层——「为什么」和「下一代怎么设计」——到这里补完了。

350的回归，和之前有什么不同

2017年京沪恢复350，距离2011年降速整六年。这六年不是白等的：复兴号的350是建立在新安全体系上的——关键系统冗余设计、故障导向安全逐条验证、车载监测传感器成倍增加，列车向地面实时回传全车状态数据，地面中心盯着每一列在途车的数千项参数。速度没变，系统的健康度监控能力变了一代。

到2020年代初，复兴号形成了完整谱系：CR400跑350，CR300跑250，CR200J（「绿巨人」）接管既有线160公里级的提速，还有适应零下40度的高寒型和耐风沙型。一家标准，覆盖全部工况——这正是当年引进四个老师想要而没拿到的终极形态。

标准为什么值钱

标准之争从来不只是技术问题。有了自己的标准，就有了出口成套体系的本钱：不只是卖车，而是「线路设计+列车+信号+运营规程」打包输出——这正是西门子、阿尔斯通当年对全世界做的生意。复兴号统一了中国内部的度量衡，也把中国高铁从「最大的用户」变成了「标准输出者」。这一手在海外怎么用、撞上了什么墙，是第十一章出海的故事。先把视线拉回国内：车有了，速度回来了，接下来十年真正改变中国的，其实是那张网。

第十章 · 成网

前十章讲的都是「车」和「线」：怎么买到技术、怎么消化、怎么跑快。这一章讲「网」——因为高铁有个反直觉的性质：**单独一条线的高铁，价值有限；连成网的高铁，价值是爆炸式增长的**。中国高铁真正的故事高潮不在任何一条线上，而在成网。

从四纵四横到八纵八横

骨架是规划出来的。2004年第一版《中长期铁路网规划》画出「四纵四横」：四条南北向、四条东西向的客运专线主通道，约1.2万公里，把京津冀、长三角、珠三角、武汉、成都、西安这些经济圈用快速通道连起来。2016年的新版规划升级为「八纵八横」，规模翻倍以上，网络一直铺到中西部省会。

执行的速度超出了规划自己：到2024年底，中国高铁营业里程4.8万公里，超过全世界其他所有国家高铁的总和，占全球三分之二以上。西班牙、日本、德国加起来，不到中国的一半。

为什么成网才是质变

想象一个只有两座城市的电话系统：电话再清晰，用处也有限。电话的价值随入网用户数增长——网络每多一个节点，所有老节点能打通的地方都多了。高铁同理：一条孤立的京津城际，只服务两城之间；但当天津连上了上海、武汉、西安，从天津能到的每一个目的地都变多了。客流数据证实了这个逻辑：新线开通后，老线的客流不减反增——网络越大，每段线路越忙。

成网之后，高铁开始系统性地重塑几件事：

- **打掉了中短途民航**。800公里以内，高铁「门到门」时间完胜飞机（机场远、安检长、延误多）；800到1200公里是争夺区；再远才是民航的地盘。京广高铁全线贯通后，沿线多条短途航线直接停飞。
- **压缩了时空**。「一小时圈」成为城市群的实际边界：住在苏州、工作在上海，住在廊坊、上班在北京，从段子变成日常。商务出行当天往返的半径从300公里扩展到1000公里。

- **春运变了物种。**人类最大规模的周期性人口迁徙，从绿皮车的痛苦记忆变成了「高铁公交化」——热门线路高峰时段几分钟一班。
- **释放了货运。**客车上了客专，老线腾出来跑货车——第一章那个「客货混跑」的死结，是成网之后才从根上解开的。

一笔必须摆上台面的账

成网的另一面是钱。高铁每公里造价一两亿元（平原）到两三亿元（桥隧密集的山区），4.8万公里背后是数万亿投资，国铁集团长期背着数万亿负债，中西部一些线路的上座率至今撑不起运营成本。这是事实，不该回避。

但算法的另一边也要看到：高铁的回报大头不在车票里，而在路网之外——时空压缩带来的城市群效率、沿线土地和产业重排、春运社会成本的下降。这类「外部性」正是基础设施的典型属性：单看卖票永远回不了本，东京的地铁、美国的州际公路也一样。问题从来不是「亏不亏」，而是「外部性值不值这个价」。对东部干线（京沪高铁2014年就实现盈利，后来还上了市）答案清晰；对西部低密度线路，答案是「再看十年」。

大白话

大白话：高铁成网就像当年铺光纤。单看每户的宽带费，铺光纤永远亏本；但没有光纤，就没有后来整个互联网经济。评价基础设施，要用它催生的新东西来算账，不能只用它自己收的那点费来算。当然，前提是网络里得有足够多的节点在产生价值——节点稀疏的地方，这笔账确实要慢慢还。

网织成之后

国内这张网织到八成，产业自然溢出国界。手里握着全世界最大的车队、最全的谱系、最完整的建造和运营经验，中国高铁开始去回答一个新问题：这套「引进消化再创新」练出来的本事，能卖给别人吗？下一章，出海。

第十一章 · 出海

2023年10月，印度尼西亚雅加达—万隆高铁正式商业运营，142公里，时速350公里，东南亚第一条高速铁路。列车是复兴号平台，标准全套中国造。从2004年坐在谈判桌对面买技术，到2023年把成套体系卖给别人，用了19年。但雅万的光芒背后，是中国高铁出海一连串受挫和重来的记录。这一章讲出海真正的难点——它们和当年引进时的难点，恰好是镜像。

第一单：土耳其，只卖力气不卖体系

中国高铁的海外第一步是土耳其。安卡拉—伊斯坦布尔高铁二期，中国企业2005年参与中标承建其中一段，2014年全线通车。但注意角色：中国公司干的是**工程总承包**——修路架桥铺轨，列车、信号、标准是欧洲的。这单生意证明的是中国的建造能力（在安纳托利亚高原的复杂地质里按时交活），而不是高铁体系。卖力气和卖体系，是两个物种。

雅万：体系第一次整体输出

雅万高铁的意义在于「全套」：线路设计、桥梁隧道、动车组、信号、调度规程、运营培训，全部中国标准——这是中国高铁体系第一次在海外完整落地。商业模式也是新的：中印尼合资公司（中方占40%）按商业原则运作，中国政府不做主权担保。项目从2015年击败日本新干线方案中标，到2023年通车，中间经历了征地拖延、成本从55亿美元涨到73亿美元、疫情停工——每一道坎都在教中国人一件事：**国内那套「政府主导、集中力量」的效率，出了国门一个都用不上。**

出海的四堵墙

把这些年失败和受阻的项目摆在一起看——墨西哥高铁中标后被取消、美国西部快线合作中止、泰国线路十年缓慢推进、马来西亚新隆高铁流产——拦路的从来不是技术，而是四堵墙：

- **标准与认证之墙。**进入欧洲要过欧盟互联互通技术规范（TSI）认证，规则是别人写的，认证周期以年计。中国标准再好，在别人定的考场里要先拿准考证。

- **融资之墙。**高铁是百年资产，回报周期几十年。国内靠政府信用低成本融资，海外项目要商业可行——而多数发展中国家拿不出运营补贴。日本当年抢下印度高铁，靠的是0.1%利率、50年期的超低息日元贷款，本质是「用金融补贴卖标准」。这个打法中国后来也在学。
- **工程之外的墙。**征地拆迁、环保评估、工会、政党轮替——这些在国内被体制熨平的成本，在海外一样不少全要付。雅万征地拖了两年，就是典型的学费。
- **地缘政治之墙。**高铁天然绑定几十年的运营维护和零部件供应，选谁的高铁约等于选长期的技术阵营。这已经不只是生意。

大白话

大白话：在国内，中国高铁是个「全科生」——路、车、电、信号、运营一把抓，靠体系碾压。出海之后才发现，别人买的是一个一个单科：有的只要桥（土耳其），有的只比贷款利息（印度），有的先要你过他的考试（欧洲）。把体系拆成零件卖、还能赚钱，是出海这门课的真正学分。雅万是第一次全科毕业，但学费也交得明明白白。

和当年引进的镜像

把出海和第四章的引进对着看，会发现一个有意思的对称：当年中国用「单一买家+超大规模市场」拿捏了四家外企；今天中国出海，面对的是几十个「单一买家」，每个都用同样的逻辑拿捏供应商——印尼要求无主权担保，泰国压价分期，匈牙利要符合欧盟规范。谈判桌上的位置换了，剧本没变。

所以出海对中国高铁的真正意义，不是多卖几列车，而是逼着这个体系完成最后一次成人礼：在没有体制加持的市场里，证明自己真的便宜、真的好、真的可靠。这一课还在进行中。最后一章，回到技术本身：轮轨快跑到头了，下一步去哪？

第十二章 · 下一站

最后一章，往前看。两个问题：技术上，轮轨还能快多久？技术上之外，这场持续了四十多年的追赶，到底给中国留下了什么？

轮轨的天花板在哪

第七章说过，气动阻力随速度平方增长。到了400公里以上，这个平方开始真正咬人：时速400的列车，牵引功率要比350高出一截，能耗、噪音、弓网磨损全部恶化，而省下的时间越来越不值钱——时速从300提到400，1000公里只省不到一小时。轮轨试验的世界纪录是法国TGV在2007年创下的574.8公里，但那是在专门改造的空载列车上跑的，和日常运营是两回事。工程界的共识是：**轮轨的经济运营速度天花板，就在400公里左右。**

中国正在逼近这个天花板。2024年12月，CR450动车组样车在北京发布：试验时速450公里，目标运营时速400公里。关键指标不是快，而是「快而不贵」——设计目标是时速400时的能耗、噪音都不超过复兴号跑350的水平，靠整车减重约10%、新头型、新转向架硬抠出来。样车仍在试验考核中，投入运营尚需时日。如果成功，中国将把「世界最快运营高铁」的定义再往前推50公里。

磁悬浮：换一条物理赛道

要突破轮轨天花板，就得让车轮离开钢轨。磁悬浮——用磁力把车悬浮在轨道上方几毫米到几厘米，没有轮轨接触，没有黏着极限，阻力只剩空气——是唯一的成熟候选。

中国对磁悬浮不陌生：2003年投入运营的上海磁浮线，用德国Transrapid技术，30公里，时速430公里，至今仍是世界最快的商业运营线路。但它贵、短、与国内轮轨网不兼容，二十多年来始终是个「盆景」。真正的新动作是自主路线：2021年，时速600公里的高速磁浮交通系统成套装备在青岛下线——巡航600公里，正好是「比飞机慢不了多少、比高铁快一倍」的区间，瞄准的是京沪、京广这种2000公里级干线。此外还有西南交大主导的高温超导磁浮路线，在另一条技术路线上押注。

大白话：轮轨和磁悬浮的关系，有点像内燃机和电动车。内燃机把热效率从20%优化到40%，登峰造极；但电动车的答案不是把热效率提到80%，而是换一个物理原理。CR450是在轮轨上做最后一轮极致优化，磁悬浮是在旁边新开一条赛道。中国现在两条路都在走——这本身就是一种能力：有能力同时押两条路线的国家，全世界不超过三个。

回到那个问题

这本书开头的问题是：买不到的东西，怎么变成自己的？十二章走完，答案的轮廓清楚了：

- **先搞清楚自己缺什么。**六次大提速和中华之星的失败，把「缺的到底是什么」摸得清清楚楚——没这个垫底，引进时连问题都问不到点子上。
- **把市场规模换成谈判地位。**单一买家、强制联合体、转让与付款挂钩——规则设计本身就是技术活。
- **图纸之外再投一份钱消化。**把「怎么造」反推成「为什么」，三大黑盒一个一个啃。
- **用统一标准把四套外来体系变成一套自己的。**复兴号完成的不是国产化率，是定义权。
- **用规模和安全纪录把体系磨成熟。**4.8万公里、每天上万列车，把可靠性练成肌肉记忆。

但这个故事同样有它不适用的边界，要诚实地说出来：市场换技术，前提是你有别人拒绝不了的市场；消化再创新，前提是配套的工业体系（材料、半导体、精密制造）水位够高；成网摊薄成本，前提是人口密度撑得起客流。这套打法在高铁上成立，在光刻机上就难得多——看清它为什么成立，才知道它在哪里会失灵。

最后，回到那趟车上

1978年，邓小平在新干线上说「有催人跑的意思」。46年后的雅万高铁上——中国技术、中国标准、时速350公里——印尼乘客刷着手机，就像坐在自己家客厅里，没人觉得这速度有什么了不起。

46年，快从一种震撼，变成了一种日常。这可能就是对「催人跑」最好的回答：跑完了，并且把「跑」变成了不需要谈论的东西。下一站是400公里的轮轨、600公里的磁浮，或者别的什么——但方法论已经沉淀下来了，那才是这本书真正的主角。

