

从京沪高铁算例看高速列车的节能优势

白宇辰

PB09005010 中国科学技术大学 物理系 230026

摘要：高速列车，是铁路领域一颗耀眼的明星，高速铁路的建造与运营，反映着一个国家工业科学技术的水平。本文通过对京沪高铁算例和京沪空中直航算例的对比，简要说明高速列车在节能方面的巨大优势，印证中国发展高速铁路的正确性与必然性。

高速列车，是铁路领域一颗耀眼的明星，高速铁路的建造与运营，反映着一个国家工业科学技术的水平。早在 1978 年，改革开放的总设计师邓小平同志在日本京都乘坐新干线列车的时候，曾经不无感慨的说：“乘坐新干线，使人有了追赶时代的感觉。中国惟有大步前进。”

[1] 与高铁构成直接竞争关系的是中短程航班，而和民航客机相比，高速列车在缩短旅行时间与节约能源方面取得了很好的平衡。本文将以京沪高铁作为算例，与飞行于京沪间的航班进行对比，简要分析高速列车在节能方面的优势。

算例原型的选取与引入

选取北京南站至上海虹桥站，且经停最少的高速列车作为算例原型，这里选取的是 G1 次列车：每天早 9:00 从北京南站始发，13:48 到达上海虹桥站，中途只经停南京南站。在实际计算中忽略中途停站，列车的加速减速总时间不超过 20 分钟[2]，计算中也可以忽略。列车的车型是 CRH380AL，为我国自主研发的新一代 380KM/H 级别的动车组。

对照组的选择应当考察在京沪航线上飞行的所有航班[3]，目前在北京首都国际机场与上海虹桥机场间执行京沪航班的有 Boeing737-800, Boeing767, Boeing777-200, Airbus320, Airbus330-300 等先进客机，考虑到与高速列车的载客量相匹配，且客机越先进载客量越大人均耗油量越低，因此采取其中研发时间最晚且载客量最大的 Boeing777-200 型客机作为算例原型。

对高速列车算例的计算



CRH380AL 型动车组是一种动力分散式的动车组，全车 16 节编组，有 14 节是有电机的动车，另外两节是无动力拖车，全车电机总功率为 21560KW。根据生产厂家中国南车给出的数据，京沪全程平均每位旅客耗能 48 度电[4]，如果按照恒功率计算，则会得到每人耗能 97.5 度电。但是由于 CRH380 系列曾以运营状态（并非为创造纪录而进行

适应性改装) 达到 486.1KM/H[5], 并且已知其安全临界速度在 550KM/H [6] , 可知以 300KM/H 运营 CRH380AL 并非全程全功率, 故应当考虑厂家给出的两个关键能耗数据: “京沪高铁一次旅行人均耗能 48 度电” [7]以及“人均百公里能耗 4.6KWH” [8]。按照百公里能耗换算后, 京沪高铁 1318KM 人均耗能在 60KWH 左右, 考虑到人均百公里能耗是对大量情况的平均, 且与京沪高铁实测数据相差并不大, 故最终可以采信“京沪高铁一次旅行人均耗能 48 度电”。

能耗的计算标准采取标准煤法, 按照国家统计局工交司《能源统计知识手册》, 将电力折算成以火力发电造成的煤耗, 这也符合中国目前以矿石资源火力发电为主的现实。按照《手册》, 每度电折算 0.404 千克标准煤, 因此京沪高铁一次旅行人均消耗的矿石燃料为 19.4 千克标准煤, 平均每人每千米消耗矿石燃料 14.71 克, 每人每小时消耗矿石燃料 4.04 千克。在满载情况下一次旅行全列车耗能 20583.4 千克标准煤, 平均每千米消耗 15.62 千克, 平均每小时消耗 4288.21 千克。

对民航客机算例的计算



Boeing777-200 是美国波音公司设计制造的一种双发宽体客机，由于燃油的计算比较复杂且无法找到波音 777 的精确数据，故采用满载最大航程和满载最大油量进行估算。利用 777-200 型的最大燃油量，按照民航局 195 号令《大型飞机公共航空运输承运人运行合格审定规则》121.657 条[9]：

第121.657 条 国内定期载客运行的燃油量要求

(a)除本条(b)款规定外，签派飞机或者使飞机起飞时，该飞机应当装有能够完成下列飞行的足够燃油：

- (1)飞往被签派的目的地机场；
- (2)此后，按照规定需要备降机场的，飞往目的地机场的最远的备降机场并着陆；
- (3)完成上述飞行后，还能以正常巡航消耗率飞行45 分钟。

(b)经局方批准，合格证持有人可以采用由预定点飞至备降机场的方法确定燃油：签派飞机起飞前，该飞机应当装有足够的油量，经预定点飞至备降机场，此后以正常巡航消耗率飞行45 分钟，但所载油量不得少于飞至所签派的目的地机场，此后以正常巡航消耗率飞行2 小时所需要的油量。

对最大航程增加到达最远备降机场的距离（典型如北京至呼和浩特500KM）以及巡航45 分钟的飞行距离（利用巡航速度0.84Ma 以及同温层声速1062KM/H 可得飞行距离670KM），计算得平均每千米消耗16.27 升油，取航空煤油密度0.80KG/L，并查《手册》得煤油与标准煤的折算率为1.4714，可知平均每飞行一千米，要消耗矿石燃料19.15 千克。北京到上海的空中航线1088KM，一次满载飞行可认为消耗了20837.1 千克的标准煤。利用777-200 型三舱布局载客量305 人，机组15 人[10]，以及京沪航线该机型飞行时间为2 小时10 分钟，可进一步算得：满载执行京沪航线的波音777-200 型飞机，平均每小时消耗标准煤9617.42 千克，每人每次消耗65.12 千克，每人每小时消耗30.05 千克，每人每千米消耗59.84 克。

对算例所得数据的对比

将以上得到的估算数据进行比较：

单程能耗

单位：标准煤

每千米能耗

每小时能耗

每单程能耗

民航客机	19.15 千克	9617.42 千克	20837.1 千克
高速列车	15.62 千克	4288.21 千克	20583.4 千克

可见，在单程能耗与单位路程能耗上，民航客机与高速列车相差不多，而每小时能耗则是高速铁路胜出。

人均能耗

单位：标准煤	每人每千米能耗	每人每小时能耗	每人每次能耗
民航客机	59.84 克	30.05 千克	65.12 千克
高速列车	14.71 克	4.04 千克	19.4 千克

在每人每千米能耗和每人每次能耗上，高速列车是客机的四分之一到三分之一弱左右，而对于单位时间人均能耗则更是只有八分之一。

能耗分析

不可否认，民航班机在速度上依然有一定的优势，抵达时间是高速列车的一半，但高铁列车在单程能耗与客机基本相同的情况下，运载能力是客机的3倍强，人均能耗却只有客机的三分之一，从节能角度更为优越。

总结

由以上计算和对比可以看出，高速列车在节约能源方面远优于民航班机，客机燃油更有人为添加含铅物质且燃烧后直接排放在平流层，对环境尤为不利。在宏观层面上，将高速铁路的兴建成本与维护费用和

民航客机的购买维修及机场配套设施的兴建成本相比，尽管高铁的建设成本看似高昂，但并不比民航兴建同等级枢纽机场的费用更高。且高铁无论从节能性，经济性，旅客安全性上对民航都有显著优势，速度的差距正在进一步缩小。目前，中国对引进的庞巴迪技术（CRH1，CRH380D）、川崎重工技术（CRH2）、西门子技术（CRH3）、阿尔斯通技术（CRH5）已经基本吃透并对其进行了自主创新式的发展，高速铁路的大量核心技术已经掌握在自己手中。对比依然没有进入样机制造的国产大飞机 C919，高铁无疑对幅员辽阔的中国是更好的选择。我们可以这样做出结论：兴建高铁，功在当代，利在千秋。

参考文献

- [1] 联合早报 2003-08-05
- [2] <http://www.csrgc.com.cn/cns/subsite/tt111/fuwu/2011-06-30/311.shtml>
- [3] http://www.feeyo.com/flight/result/PEK_SHA.htm
- [4] <http://www.csrgc.com.cn/cns/subsite/tt111/fuwu/2011-06-30/311.shtml>
- [5] http://www.ce.cn/cysc/jtys/tielu/201012/03/t20101203_20563125.shtml
- [6] <http://www.csrgc.com.cn/cns/cpyfw/dcz/2011-03-16/3921.shtml>
- [7] <http://www.csrgc.com.cn/cns/subsite/tt111/fuwu/2011-06-30/311.shtml>
- [8] <http://www.csrgc.com.cn/cns/cpyfw/dcz/2011-03-16/3921.shtml>
- [9] http://www.caac.gov.cn/B1/B6/201003/t20100319_31073.html
- [10] 世界民用飞机手册，张庆伟，林左鸣，航空工业出版社，2009