

行业评级:

机械设备

增持 (维持)

章诚 执业证书编号: S0570515020001
研究员 021-28972071
zhangcheng@htsc.com

肖群稀 执业证书编号: S0570512070051
研究员 0755-82492802
xiaoqunxi@htsc.com

关东奇来 021-28972081
联系人 guandongqilai@htsc.com

黄波 0755-82493570
联系人 huangbo@htsc.com

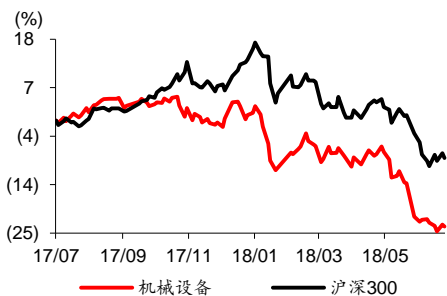
相关研究

1《机械设备: 激光器海外观察: 全球龙头知多少》2018.07

2《机械设备: 行业周报 (第二十八周)》2018.07

3《今天国际(300532, 增持): 中报盈利符合预期, 新订单超预期》2018.07

一年内行业走势图



资料来源: Wind

真空高铁走向中国, 未来载具添新梦

“未来机器”系列报告之十九

全球真空管道运输设想由来已久, “真空高铁”项目走入中国再引关注

1904年美国学者罗伯特戴维提出“真空管道运输”设想, 20世纪末中科院院长路甬祥提出建设悬浮隧道阿基米德桥构想, 2013年“钢铁侠”马斯克提出超级高铁“Hyperloop”技术理念, 引发全球热议。7月19日贵州省铜仁市与美国超级高铁公司HTT举行“真空管道超级高铁研发产业园项目”签约仪式, 中美企业达成国内第一份超级高铁研发及建设相关协议。我们认为对于当今以成熟高铁技术为代表的轨道交通来说, “真空高铁”短期并不会构成明显影响, 但对于探索下一代交通运输技术有着深远价值。

铜仁市与美国超级高铁公司HTT签约, “真空高铁”项目走向中国

人民网7月19日报道, 贵州省铜仁市与美国超级高铁公司HTT举行“真空管道超级高铁研发产业园项目”签约仪式, 超级高铁项目有望在中国生根发芽。铜仁市政府与HTT公司将分别以1:1的出资比例成立合资公司, 共建该项目。项目建设第一阶段双方将共同建设一条不超过10公里的商业真空管道超级高铁线路; 第二阶段双方利用第一阶段成果, 完成相关必要的规章和规定, 在此基础上延长该线路, 使长度适用于商业运营。

国内“海底真空高铁”构想: 更快速、更安全、更环保、低能耗

“海底真空高铁”构想中采用水下桥隧技术, 依靠浮力支撑隧道约90%重量, 采用真空管道及磁悬浮列车技术。构想如能实现有望具备以下优势: 1) 运行过程中无机械摩擦阻力, 速度或超1000 km/h, 理想时速或达1200 km/h; 2) 抵御各类海况及天气影响, 受台风及地震影响更小, 实现全天候安全行驶; 3) 不会破坏海底环境, 降低了施工和运行产生的噪音, 符合绿色出行概念; 4) 真空环境下运行阻力小, 与高铁同等速度有望节能70%。

Hyperloop: 异曲同工的海外真空管道运输技术构想

Hyperloop假想的亚音速浮空列车系统以一个局部真空的管道系统承载胶囊型列车, 可大大降低空气阻力。Hyperloop自行利用太阳能发电, 不仅能耗低还可提供额外电力。按照设想, 工程人员将在地面上搭建作用类似铁路轨道的固定真空管道, 在管道中安置“胶囊”座舱。“胶囊”列车“漂浮”在处于真空的管道中, 由弹射装置像发射炮弹一样启动座舱, 不间断地驶往目的地。马斯克预计建成后时速可达1220km/h, 与音速相当。

虽然对当今轨道交通体系难有影响, 但“真空高铁”具备深远科研价值, 无论“海底真空高铁”还是“Hyperloop”, 一方面现有技术体系存在瓶颈, 诸多设计要求尚难实现, 另一方面虽理论而言具备低能耗运行优势, 但从现有技术来看真空系统建造及维护成本反而非常昂贵, 尚不具备商业价值。虽然对于当今以成熟高铁技术为代表的轨道交通体系来说, “真空高铁”短期并不会构成实际的影响, 但我们认为“真空高铁”作为一种大胆的构想, 对于探索下一代交通运输技术有着深远影响, 为远景发展提供了重要思路。

风险提示: 真空管道运输技术进展不及预期, “真空高铁”相关研发及建设项目执行不及预期。

正文目录

“真空高铁”项目落户中国，未来载具再添新方向	4
回顾国内：“海底真空高铁”概念曾引发广泛热议	5
一场技术讨论将“海底真空高铁”概念带入公众视线	5
关键技术：水下桥隧技术、磁悬浮技术、真空技术	7
核心优势：更快速、更安全、更环保、低能耗	8
前路漫漫尚待求索，“海底真空高铁”仍面临诸多挑战	9
放眼海外：Hyperloop，“钢铁侠”倡导下的“黑科技”	10
Hyperloop 概念的提出：马克龙的奇思妙想	10
Hyperloop 的设计与特点	12
风险提示	16

图表目录

图表 1: Hyperloop Alpha 设计草案	5
图表 2: 西南交通大学真空管道交通相关研究进展回顾	5
图表 3: 西南交通大学真空管道磁悬浮实验场景	6
图表 4: “海底真空高铁”概念图	6
图表 5: “海底真空高铁”概念图	6
图表 6: “海底真空高铁”构想的驱动技术示意图	7
图表 7: “海底真空高铁”构想的磁悬浮技术示意图	7
图表 8: “海底真空高铁”构想真空形成示意图	7
图表 9: “海底真空高铁”构想的充气过程示意图	7
图表 10: “海底真空高铁”构想的巡航示意图	8
图表 11: 多种交通工具与“海底真空高铁”构想的特征对比	8
图表 12: “海底真空高铁”构想下的渤海地区交通运输格局	8
图表 13: “海底真空高铁”构想下的东亚地区交通运输格局	8
图表 14: “海底真空高铁”构想下的安全性示意图	9
图表 15: “海底真空高铁”构想下的成本对比	9
图表 16: Hyperloop 假想的洛杉矶和旧金山路线图	10
图表 17: 不同交通工具单乘客能耗比较	11
图表 18: Hyperloop 原理推论	11
图表 19: 世界最快 20 条高铁	12
图表 20: “乘客胶囊”	12
图表 21: 座舱概念设计	13
图表 22: 流线性设计	13
图表 23: 座舱进站开启概念图	13
图表 24: 车体运行时座舱概念图	13
图表 25: Hyperloop 管道设计	14
图表 26: 承重模拟	14
图表 27: Hyperloop 通往洛杉矶的时速表	14
图表 28: 直线电机	14
图表 29: Hyperloop 供能方式	15
图表 30: Hyperloop Cargo 概念图	16
图表 31: Hyperloop 成本估计	16

“真空高铁”项目落户中国，未来载具再添新方向

美国超级高铁公司与中国企业签署国内第一份超级高铁研发及建设相关协议。据人民网7月19日报道，贵州省铜仁市与美国超级高铁公司HTT（Hyperloop Transportation Technologies）在贵阳举行“真空管道超级高铁研发产业园项目”签约仪式，这标志着超级高铁项目有望在中国生根发芽。合作协议由铜仁市政府下属国有企业铜仁交通旅游投资集团与美国超级高铁公司签订。根据协议，铜仁市政府与HTT公司将分别以1:1的出资比例在铜仁市成立合资公司，共建“真空管道超级高铁研发产业园”项目。项目启动后，铜仁市将负责协助合资公司负责办理认证、立项、规划、审批、土地、施工和建立规范该新技术的规章和规定的手续。美国超级高铁公司负责本项目顺利实施所需的全套技术和研发工作，以及必备的关键设备、测试仪器、系统软件和维护。

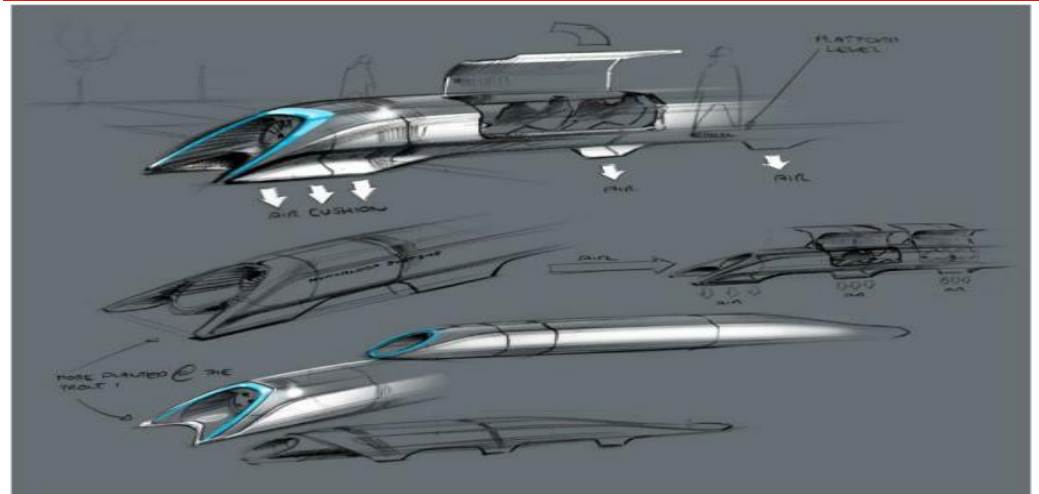
根据协议，该项目将分为两个阶段执行。项目建设第一阶段：双方将共同建设一条不超过10公里的商业真空管道超级高铁线路；第二阶段：双方利用第一阶段成果，完成相关必要的规章和规定，在此基础上延长该线路，使长度适用于商业运营。而在该项目上产生有关真空管道超级高铁的设计、开发、建设、实施、运营、维护或其它开发或商业化过程中开发或创建的所有知识产权，归合资公司所有。如项目进展顺利，双方将共同努力在铜仁建设一个配套产业园。为充分整合各方优势，促进超级高铁项目落地，铜仁市交旅投集团同国内高铁建设的权威机构、世界500强企业中国铁建股份有限公司的全资子公司中磁浮、中铁五院组成联合体公司，与美国超级高铁公司共同投资修建超级高铁试验段、商业运营段及高铁配套产业园项目。

回顾国内：“海底真空高铁”概念曾引发广泛热议

一场技术讨论将“海底真空高铁”概念带入公众视线

世界各国科学家发展真空管道运输的设想由来已久。早在 1904 年美国学者罗伯特·戴维就已经提出“真空管道运输”的设想。20 世纪 80 年代，美国机械工程师达里尔·奥斯特开始思考“真空管道运输”的可行性，并于 1999 年为这一概念申请了专利。20 世纪末，时任中国科学院院长的路甬祥院士就提出了建设中国悬浮隧道阿基米德桥的构想。2004 年西南交大沈志云院士在《关于真空管道超高速交通的思考》中提出设想，将我国真空管道超高速交通的发展战略和技术方案发展战略定位于每小时 600~1000 公里超高速地面交通。2010 年奥斯特成立了致力于开发真空运输项目的公司 ET3。2013 年，现实版“钢铁侠”马斯克丰富了“真空运输”这一概念，提出了“超级高铁”的理念，在 SpaceX 网站上发布了题为《Hyperloop Alpha》的白皮书，并将超级高铁称作未来的“第五种交通出行方式”。

图表1：Hyperloop Alpha 设计草案



资料来源：tesla motors，华泰证券研究所

十余年来西南交通大学对真空管道交通系统进行了持续的研究。2016 年 1 月，由西南交大超导与新能源研究开发中心赵勇教授率领的研发团队对“第二代高速真空管道高温超导侧浮系统”的工程原型进行了第一阶段测试，团队不仅成功将管道真空的极限压强降到了 1335 帕（正常大气压力的 1.3%），还测试出常压下磁浮实验车最高平均速度达到了每小时 82.5km。截止到 2016 年 5 月，这一系统的实验进展良好，常压下最高平均时速已经提升到 100km 左右，随着真空技术的改进，速度将得到大幅提升，赵勇教授表示远景设想中这样的列车时速将达 600~1000km，足以取代飞机。

图表2：西南交通大学真空管道交通相关研究进展回顾

时间	研究进展
2003	西南交大超导与新能源开发中心成立，真空管道运输首次列为研究课题之一
2004	西南交大沈志云院士在《关于真空管道超高速交通的思考》中提出真空管道超高速交通设想
2007	建立了“磁浮技术与磁浮列车教育部创新团队”，开始真空管道磁浮列车技术的实验探索研究
2009	赵勇教授同其他专家合作出版了世界上第一本系统论述真空管道磁悬浮技术的专著《速车系统概论》，对于真空管道交通进行了深入与系统的讨论
2011	世界上第一个“真空管道磁悬浮列车实验系统”建成，实验系统由真空管道、永磁轨道、高温超导模型车、驱动系统和真空机组 5 个部分构成
2014	建成世界首条真空管道交通实验系统，有机玻璃构成的真空管道长达 10 米，呈圆形，管道中加了液氮的高温超导模型车在永磁轨道上快速地滑行着

资料来源：科技金融时报，华西都市报，华泰证券研究所

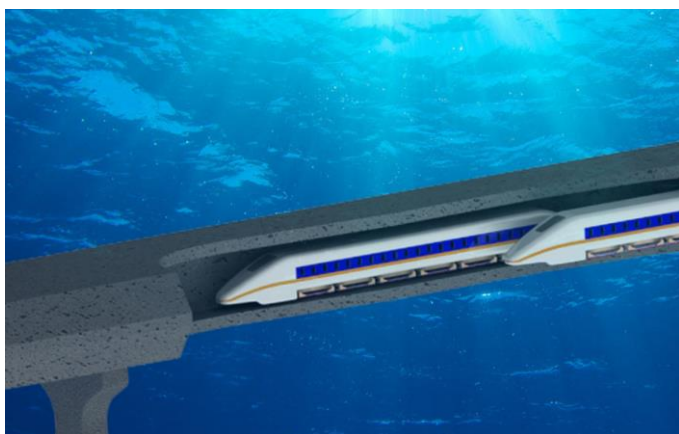
图表3: 西南交通大学真空管道磁悬浮实验场景



资料来源:《观察者》, 华泰证券研究所

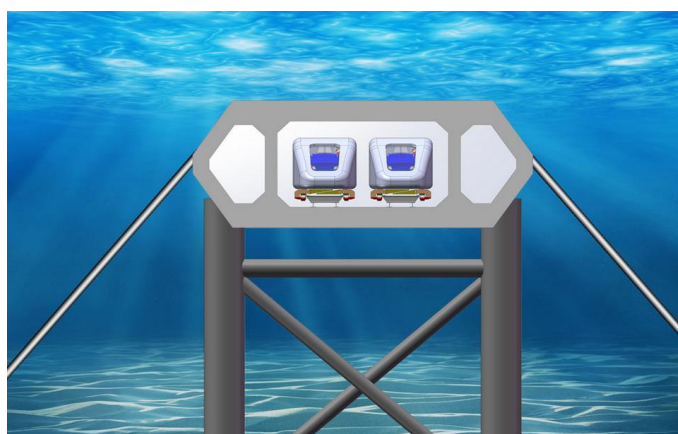
“跨海旅游真空巴士”构想的技术研讨曾引发了对“真空高铁”的关注。2017年4月22日, 跨海旅游真空巴士技术研讨会正式在舟山拉开帷幕。中国工程院院士顾国彪、中国科学院院士孙钧、中国工程院院士乐嘉陵和众多专家来到舟山普陀就建设世界首条海底真空悬浮隧道这一构想进行了技术研讨。海底真空旅游飞行巴士, 也即跨海悬浮隧道真空列车, 采用水下桥隧技术, 依靠浮力支撑隧道约90%重量, 采用真空管道及磁悬浮列车技术, 可减少管道内90%的空气阻力, 大幅提高列车运行速度, 大幅减少空气噪声。理论上, 真空管列车的运行速度可以达到2000km/h, 但实际实现起来面临着诸多目前难以逾越的困难。因此, 会议期间专家提出可先期分别建设时速600多公里超高速和时速80公里的中高速列车, 作为试验线进行探索。

图表4: “海底真空高铁”概念图



资料来源: 凤凰资讯, 华泰证券研究所

图表5: “海底真空高铁”概念图



资料来源: 凤凰资讯, 华泰证券研究所

关键技术：水下桥隧技术、磁悬浮技术、真空技术

真空管道运输技术的原理，是在地面或地下建一个密闭的管道，用真空泵抽成真空或部分真空后运行车辆（不一定是磁浮列车），由于行车阻力大大减小，可有效降低能耗，同时气动噪声也可大大降低，符合环保要求。

真空管道交通主要包含三项关键技术：水下桥隧技术、磁悬浮技术和真空技术。

在目前我国桥隧技术水平下，完成海底隧道的建设工程并无过大难点。如果不是采用建在海底下方的岩石层里的“海底隧道”，而是选择在海底的海水里“悬浮”，事先在陆地预制完成，然后再沉管安装到海底（海水里），每公里管道有若干根“桥墩”支撑，则无需大规模海底施工作业，建设难度以及破坏程度远小于掘进到海底岩石层，建设成本也会降低。同时，我国磁悬浮技术也拥有了世界水平的研发能力。对于真空技术，在目前的技术条件下并不需要将隧道中实现完全真空，只要保证部分真空下时速达到600km/h，仍然比高铁具明显的速度优势。

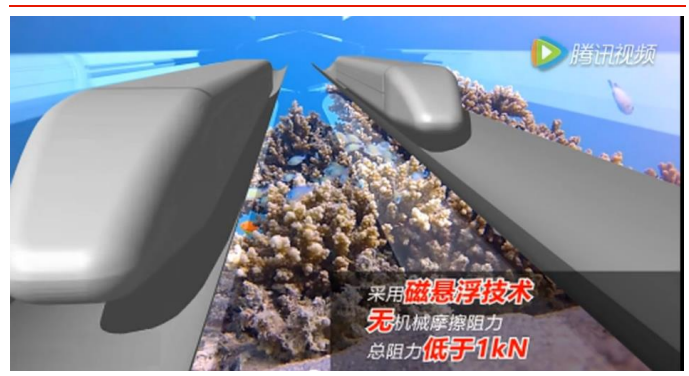
在“跨海旅游真空巴士”的构想中，车辆计划设计制造I型和II型车，其中I型车以轮轨列车为主，II型车主要是磁悬浮列车，可乘坐50~60人或10吨货物，采用阶段式驱动方案，在起点及终点的驱动段采用高速磁悬浮的长定子电机驱动技术，实现高效大功率驱动用于加减速，该方案的实施将大大降低建设及运行成本。

图表6：“海底真空高铁”构想的驱动技术示意图



资料来源：搜狐科技，华泰证券研究所

图表7：“海底真空高铁”构想的磁悬浮技术示意图



资料来源：搜狐科技，华泰证券研究所

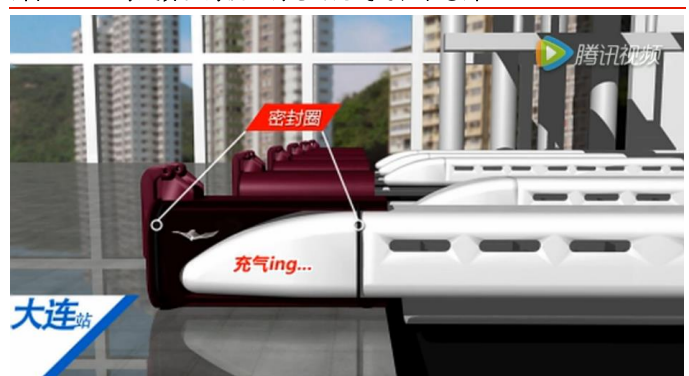
在构想的运行方式上，首先需要在水下30~50米建成的密闭管道被抽成真空，乘客或载重货物进入胶囊状车辆后，在管道中运行。出发前，车厢被送入“隔离舱”，密封起来抽成真空，然后将车厢从“隔离舱”送入真空管道。出发后，列车在海水里的管道中穿行。当列车抵达目的地后，车厢被送入“隔离舱”进行充气。充气完成后，隔离舱的密封圈打开，乘客就可有秩序地下车。

图表8：“海底真空高铁”构想真空形成示意图



资料来源：搜狐科技，华泰证券研究所

图表9：“海底真空高铁”构想的充气过程示意图



资料来源：搜狐科技，华泰证券研究所

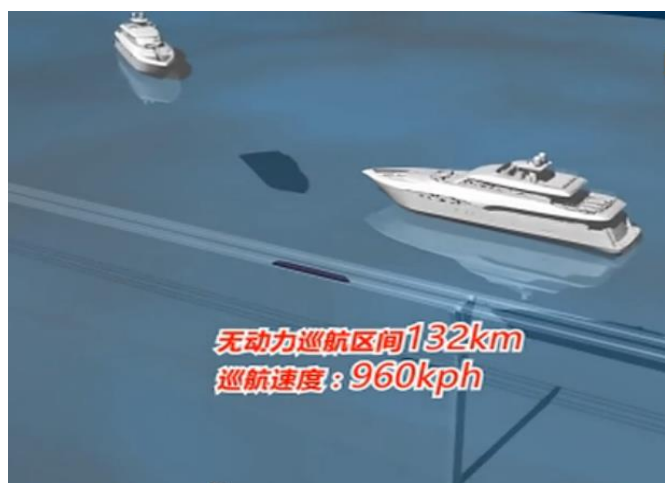
核心优势：更快速、更安全、更环保、低能耗

✓ **优势之一：更快速**

由于采用真空磁悬浮技术，运行过程中无机摩擦阻力，速度可超过 1000 km/h，理想时速能达到 1200 km/h。该技术如果取得突破进展，有望改变人类出行方式及交通理念，或成为人类交通史上的重要变革。

例如我国环渤海地区大连到烟台直线距离仅有 100 多公里，但受海域阻隔船运需要 6 个小时左右才能抵达，如果绕行渤海湾长达 1000 多公里，耗费 10 个小时以上，空运受天气和运输量限制较多。如果未来“海底真空高铁”构想未来能够走向应用，贯通辽东半岛和山东半岛后以理论时速类推从大连到烟台仅需 12 分钟，环渤海高铁将真正实现闭环，与京津冀一体化融为一体，对中国北部、东北亚经济会有显著促进和提高的作用。与之类似的沿海地区，大连到天津仅需 27 分钟，福州到台北仅需 13 分钟，厦门到高雄仅需 20 分钟，上海至北京仅需 30 分钟，而上海到日本东京全程 1850 公里，也只需 2 小时。

图表10：“海底真空高铁”构想的巡航示意图



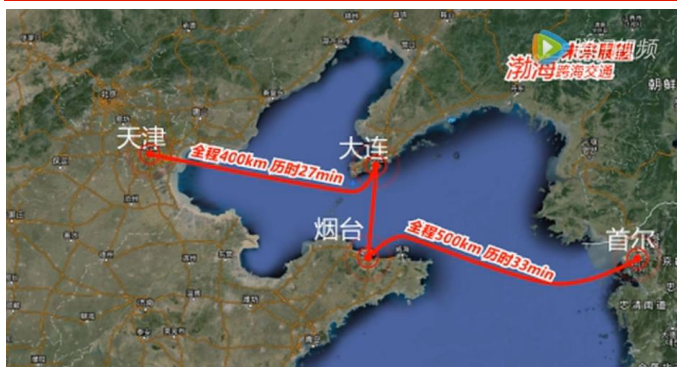
资料来源：搜狐科技，华泰证券研究所

图表11：多种交通工具与“海底真空高铁”构想的特征对比



资料来源：搜狐科技，华泰证券研究所

图表12：“海底真空高铁”构想下的渤海地区交通运输格局



资料来源：搜狐科技，华泰证券研究所

图表13：“海底真空高铁”构想下的东亚地区交通运输格局



资料来源：搜狐科技，华泰证券研究所

✓ **优势之二：更安全**

相对于轮船、水面桥梁或者是地下盾构隧道，采用悬浮隧道技术能够最好地实现对天气免疫，由于乘客和货物是在密闭常压的胶囊状车厢中，而胶囊又是在 30 米以上深度的海底管道中运行，因此可以抵御各类海况及天气影响，受台风及地震影响更为间接，实现全天候的安全行驶。

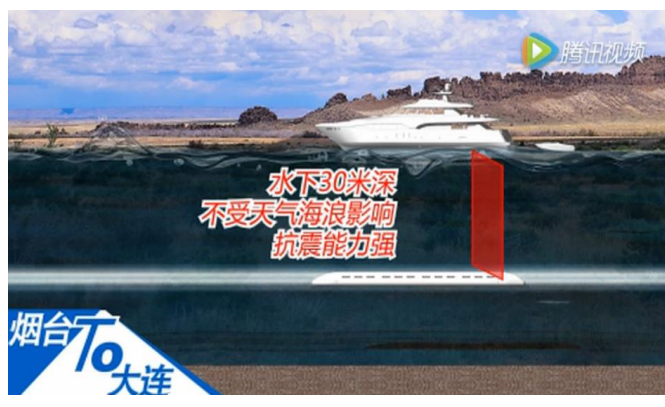
✓ **优势之三：更环保**

由于所有管道均在地面预制完成，无需大规模海底施工作业，不会对海底及周围环境产生破坏，也降低了施工和运行产生的噪音影响，在减少能耗、降低噪音的前提下更加符合绿色出行的概念。

✓ **优势之四：低能耗**

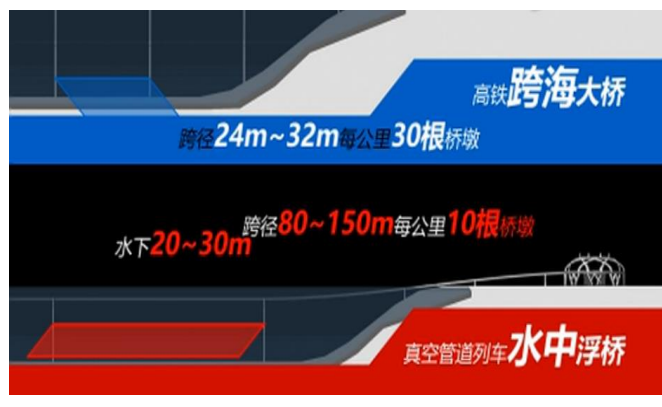
在真空环境下运行，空气阻力较小，与高铁同等速度下可节省70%的能源消耗。研究表明，在1%大气压下，维持真空一年所需成本消耗相当于常压下4天的能耗，总运行成本有望为高铁的十分之一。

图表14：“海底真空高铁”构想下的安全性示意图



资料来源：凤凰资讯，华泰证券研究所

图表15：“海底真空高铁”构想下的成本对比



资料来源：凤凰资讯，华泰证券研究所

前路漫漫尚待求索，“海底真空高铁”仍面临诸多挑战

现有技术尚不成熟和建设成本过高是“海底真空高铁”构想无法实现的最大障碍。1922年德国工程师赫尔曼·肯培尔在提出磁浮列车概念时，同时也提出了真空管道的设想，至今磁浮列车虽做了大量研究，却一直未能真正进入运输市场。“海底真空高铁”构想同磁浮列车一样，技术不成熟、成本过高，与其他运输方式不兼容等问题仍然突出，其高成本还远远不止于造价，虽然在未来远景构想中“海底真空高铁”具有低能耗优势，但在目前技术水平下，要维持管道低压状态反而需要持续的高能耗投入，再加上真空管道和特殊的上下客站台，其高昂的造价和维护成本，将使任何商业投资望而却步。

虽然目前不具备商业价值，但真空管道技术仍然具有科研价值。轨道交通专家、西南交大教授沈志云院士认为真空管道技术的实现并不容易，但该技术有一定科研价值和发展前景。真空管道列车只是“现阶段”没有商业价值而已，其根本问题在于建设和维持系统处于工作状态的能耗惊人，随着能源的不断发展，该技术或将具备商业化的可能。考虑到几十年后的近未来，人类将可能在月面甚至火星上建设前哨站乃至大型基地，无论是月面还是火星表面，气压相比地球上都几乎可以忽略，开发一种高效率高运力的磁悬浮交通系统显然也是相当必要的。

作为一种大胆的技术构想，“海底真空高铁”对于人类探索下一代交通运输技术有着积极的作用，为轨交技术的远景发展提供了一种思路，但对于当今以高铁为代表的轨道交通成熟技术体系来说，“海底真空高铁”这一概念并不会构成实际的影响。

放眼海外：Hyperloop，“钢铁侠”倡导下的“黑科技”

Hyperloop 概念的提出：马克隆的奇思妙想

当我们说到“真空高铁”这一概念时，大家一定会想起依托“钢铁侠”Elon Musk 创意而生的初创企业：Hyperloop One。2013年8月12日，为表达对“造价位居世界前列、速度却排在倒数位置”的加州高铁项目获批的失望，马斯克提出一种连接洛杉矶地区和旧金山湾区的一种名为“Hyperloop”的新型交通概念。

Hyperloop 假想的亚音速浮空列车系统建议一个局部真空的管度系统承载胶囊型列车，以大大降低空气阻力。路线由西尔马（洛杉矶北部的一个区）起，连接到海沃德（旧金山以东）。乘客理论上能在30分钟内跨越约350英里（560公里）的距离，这甚至比商用飞机的速度更快。

图表16：Hyperloop 假想的洛杉矶和旧金山路线图



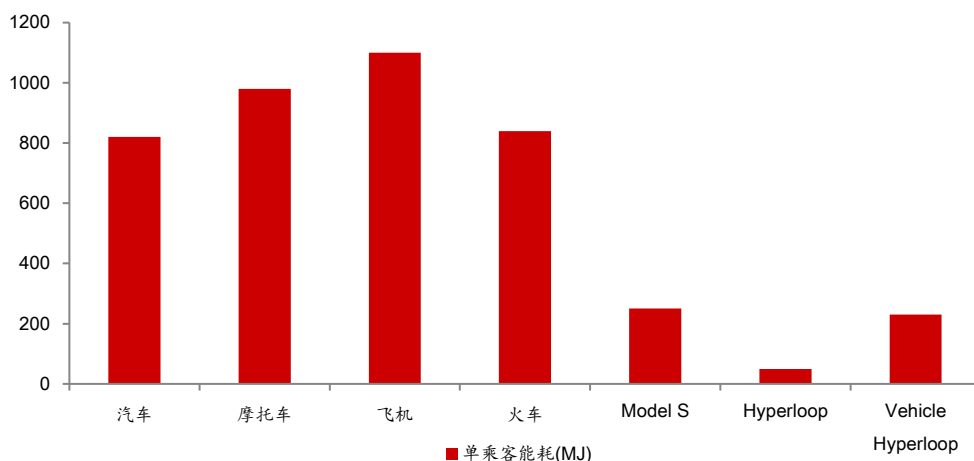
资料来源：Hyperloop，华泰证券研究所

连接旧金山和洛杉矶的交通路线是美国西部最繁忙的要道。目前这两个人口集中区域主流的交通方式存在诸多弊端：

- ✓ 公路交通便宜、速度慢、环境污染一般；
- ✓ 航空交通昂贵、速度快、环境污染严重；
- ✓ 轨道交通昂贵、速度慢、环境友好。

Hyperloop 可自行利用太阳能发电，实际上需要能源不多，还能提供额外电力。理想的交通工具应该同时具备廉价、快速同时环境友好。我们通过比较几种不同交通工具的单乘客能耗，结果显示 Hyperloop 以绝对优势胜出，只有 TESLA 公司的 Model S 能够望其项背。

图表17: 不同交通工具单乘客能耗比较

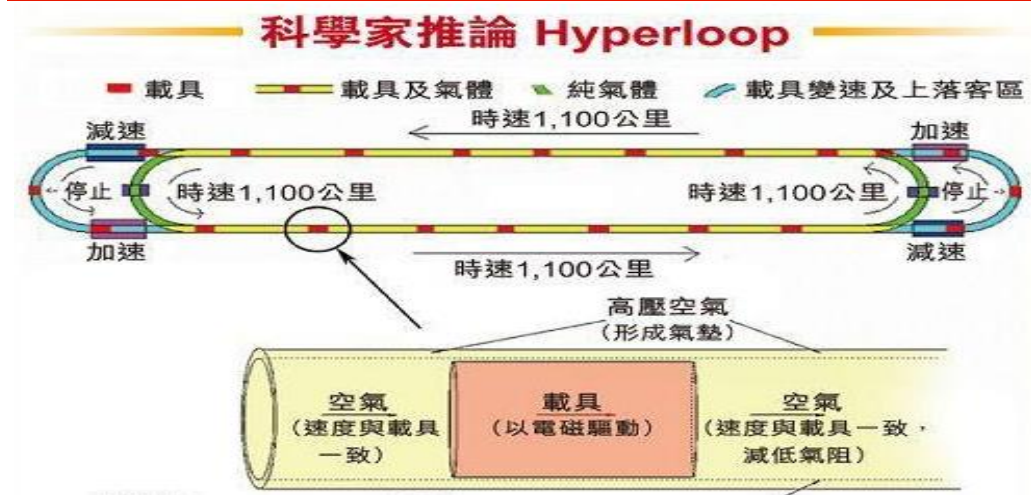


资料来源: tesla motors, 华泰证券研究所

按照设想, 工程人员将在地面上搭建作用类似铁路轨道的固定真空管道, 在管道中安置“胶囊”座舱。据研发团队介绍, “胶囊”座舱形状近似太空舱, 单体重 183 公斤, 比一辆汽车还轻, 长约 4.87 米, 能容纳 4 到 6 名乘客, 或 367 公斤货物。

“胶囊”列车“漂浮”在处于真空的管道中, 由弹射装置像发射炮弹一样启动座舱, 不间断地驶往目的地。由于运行空间真空, 没有摩擦力, “胶囊”车厢运行速度最高可能达到每小时 6500 公里。这样算下来, 从美国纽约到洛杉矶只要 5 分钟, 纽约到北京只需 2 小时, 环球旅行只需要 6 个小时。

图表18: Hyperloop 原理推论



资料来源: John Gardi, Brian Dodson, 华泰证券研究所

马斯克预计 Hyperloop 建成后时速可达 1220km/h, 与音速相当。虽然近年全球高铁技术不断进步, 但是和 Hyperloop 相比仍有较大差距。

图表19：世界最快 20 条高铁

列车车次	始发站	终点站	运行距离/km	运行速度/km/h
24 列列车	韶关	耒阳西	248	316.6
G1011	衡阳东	韶关	303	313.4
G66	广州南	长沙南	706.8	309.5
G487	郑州东	武汉	535.9	306.2
G98	西安	郑州	523	275.3
TGV5424	瓜达拉哈拉-耶维斯	卡拉塔尤德	156.9	269
隼号 4/5	大宫	仙台	294.1	263.4
隼号 4	盛冈	仙台	171.1	263.2
TGV5110	瓦朗斯 TGV	阿维尼翁 TGV	129.7	259.4
TGV6134	普罗旺斯 TGV	巴黎-里昂	730.6	257.9
22 列	高雄	台中	179.5	256.4
希望号 95/1	广岛	小仓	192	256
希望号 53	冈山	广岛	144.9	255.7
几列 AVE	马德里 阿托查	巴塞罗那 桑特斯	621	248.4
TGV5332	圣皮埃尔德科尔	马西 TGV	206.8	248.2
AVE5340/5141	马德里 阿托查	瓦伦西亚	391.3	247.1
希望号 301	横滨	名古屋	316.5	246.6
TGV8352	马西 TGV	旺多姆-维利耶 TGV	147.7	246.2

资料来源：《国外铁道机车与动车》，华泰证券研究所

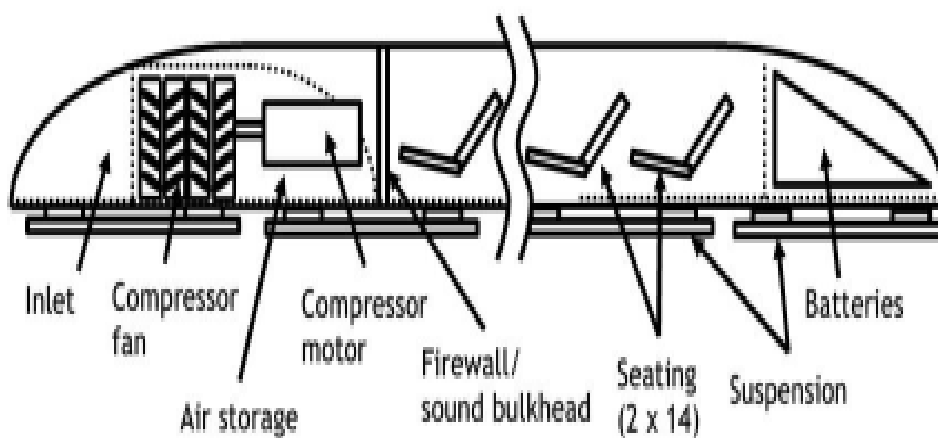
Hyperloop 的设计与特点

座舱

假设 Hyperloop 发车间隔为 2 分钟，高峰期最快可以 30 秒一班。那么为了满足高峰时段每小时 840 人的运载负荷，一个“乘客胶囊”需要至少安排 28 个座位。目前在高峰时段可能需要配置 40 个座舱，同一时间有 6 个在终点站供乘客上下车。

Hyperloop 的动力主要用于克服强大的空气阻力。在高速行进过程中，阻力主要来源于两方面，一是空气阻力，二是轮对的摩擦力。在真空环境下，列车悬浮在地面上，就可以克服轮对阻力，因此 Hyperloop 的动力主要用于克服强大的空气阻力。由空气动力学理论，空气阻力与速度平方成正比，所以输入动力与速度的三次方成正比。

图表20：“乘客胶囊”

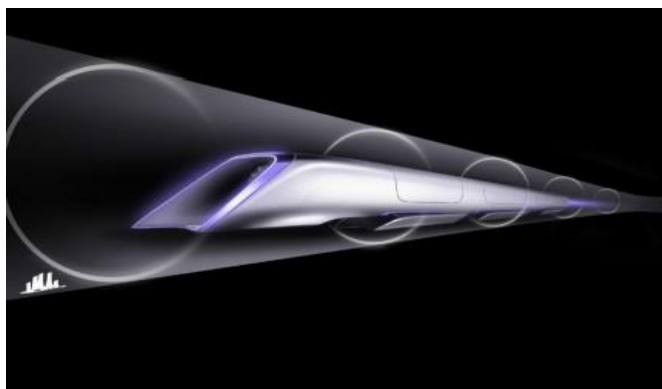


资料来源：tesla motors，华泰证券研究所

气垫解决悬浮问题。目前解决轮对摩擦的方法是磁悬浮，然后磁悬浮成本实在太高，世界上商用磁悬浮线路寥寥无几。车辆头部安装有发动机和风扇叶片，中部是座舱，尾部是蓄电池。Hyperloop 通过在列车头部安装一个压缩风扇，吸进空气，然后从列车底部排出，形成几毫米厚的气垫使列车悬浮。

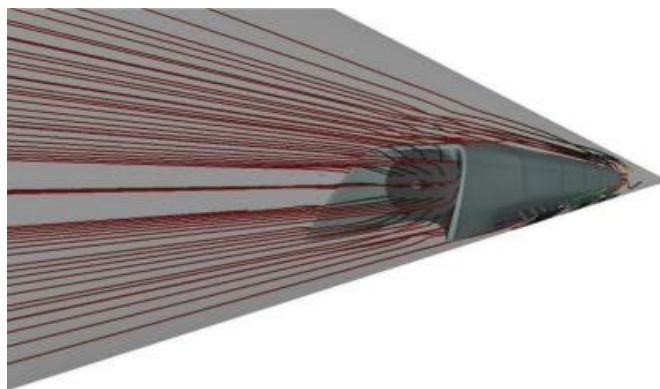
列车前进的动力是由头部压缩风扇产生。座舱前部设有电动涡轮压缩机风扇，可将前部所受的高压空气送入滑板和客舱，减缓整个车辆前部所受空气阻力的同时，滑板中的磁体和电磁脉冲可让座舱获得最初的推动力。这种 Hyperloop 系统内座舱的电力实际来自外部每 70 英里放置的电动机，可使其保持运行在亚音速状态。

图表21：座舱概念设计



资料来源：tesla motors，华泰证券研究所

图表22：流线性设计



资料来源：tesla motors，华泰证券研究所

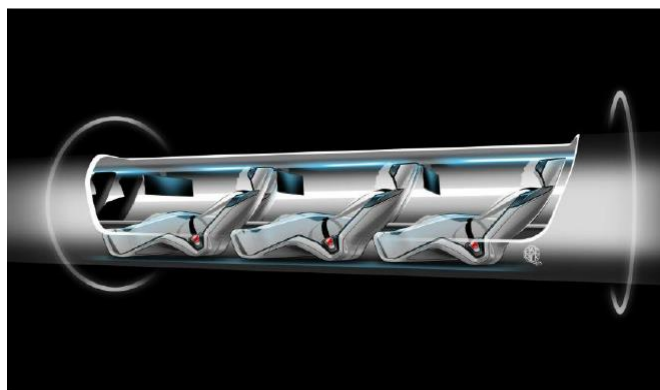
车门设计类似超跑双侧向上开启，时尚酷炫。

图表23：座舱进站开启概念图



资料来源：tesla motors，华泰证券研究所

图表24：车体运行时座舱概念图



资料来源：tesla motors，华泰证券研究所

管道

为实现良好的能源经济性同时保证期望的运行速度，Hyperloop 的管道尺寸经过精确的优化。高效的工业真空实现能力大幅降低了空气阻力。

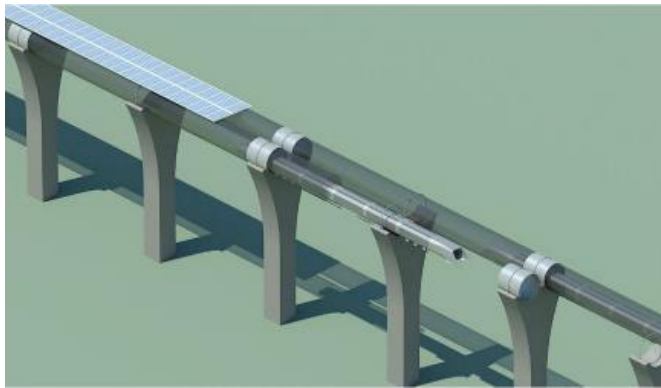
抽真空解决空气阻力问题。类似于飞机爬升到高空飞行以降低空气阻力，但是真空成本很高，同时想要维持真空也很困难，因为随时可能发生漏气。**Hyperloop 通过将管道抽真空到 100Pa 左右，降低管道内空气压力的方式降低空气密度以减少摩擦消耗，其压力只有火星大气压的 1/6，也相当于飞机在 15 万英尺高空飞行时的气压。**

管道由钢铁构成，每 30 米由一个支架支撑，结构非常牢固，能够有一定抗震作用。同时管道表面覆盖太阳能电池板用来给整个系统供电。整个超级列车系统工作时的功率有

21MW，表面覆盖的太阳能电池板可以提供 57MW 的电能，已经足以支撑系统工作。

为了避免高速转弯带来的不快感，路线选择上还是要尽量保持直线。设想中首试于加利福尼亚的 Hyperloop 将建在桥塔之上与现有洛杉矶至旧金山的州际公路保持平行，这样即可令环境的影响降到最低，即便需要穿越私人用地，这种管型系统对原有建筑的影响也非常之小，征地需求也较低，在抵御地震等自然灾害方面也会比地面交通轨道更有优势。

图表25: Hyperloop 管道设计



资料来源: tesla motors, 华泰证券研究所

图表26: 承重模拟



资料来源: BI, 华泰证券研究所

推进系统

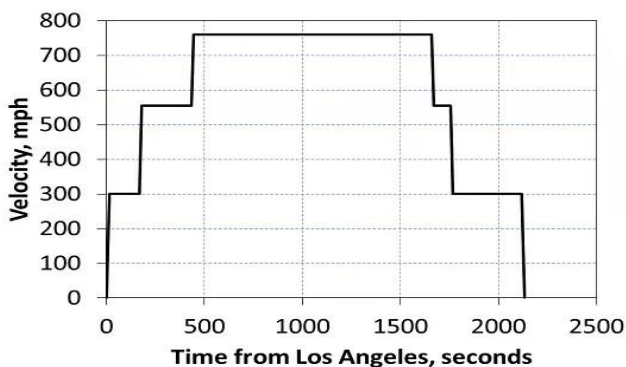
超级列车在整个行驶过程中包括三个过程：加速——匀速高速行驶——减速到站。

Hyperloop 的推进系统主要有以下基本要求：

- ✓ 启动阶段能在相对低速的情况下将座舱从 0 静止加速到 480km/h，这需要较大的启动加速度；
- ✓ 即使在穿越两个城市之间山脉等障碍区域时依然能够保持相对稳定的运行速度；
- ✓ 在直线加速区域能够以 1g (9.8m/s²) 的加速度将运行速度从 480km/h 加速到 1220km/h；
- ✓ 行程末期能够将时速重新降为 480km/h。

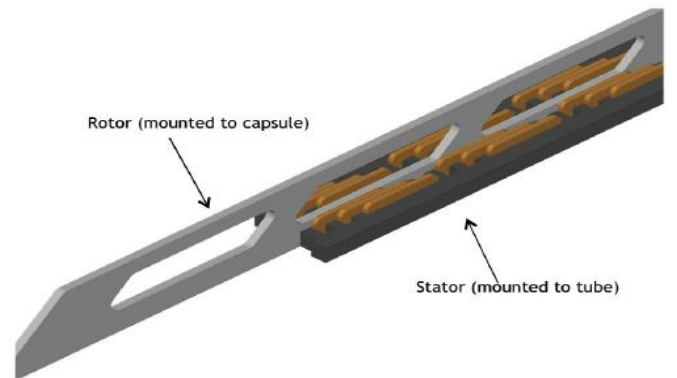
超级列车头部的风扇足以提供列车保持 1220 公里/小时速度的力，至于加速和减速过程的力则由管道壁上的直线电动机来完成，出发时对列车不断加速，快到站时不断减速。

图表27: Hyperloop 通往洛杉矶的时速表



资料来源: tesla motors, 华泰证券研究所

图表28: 直线电机

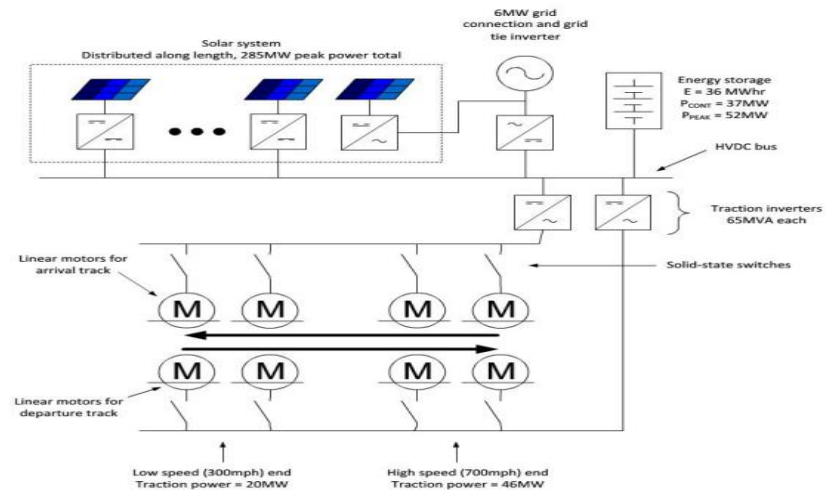


资料来源: tesla motors, 华泰证券研究所

供能方式

太阳能是 Hyperloop 最适合的动力源。车内的电池主要是制造自身气垫之用，在隧道内，约每 110 公里就会有一个外部线性电动机为列车补充动力。管道上铺满太阳能板，将太阳能转化成电力使到整个系统自给自足，甚至可能还有剩余。整个超级列车系统工作时的功率有 21MW，而表面覆盖的太阳能电池板可以提供 57MW 的电。

图表29： Hyperloop 供能方式



资料来源：tesla motors，华泰证券研究所

安全性

Hyperloop 的设计比一般的交通方式更为安全。因为它运行在隧道里，不受天气影响，推进系统内置于管道中，不会出现人为操作失误。如果发生严重事故，在封闭的舱内乘客可能会缺氧，为防范这一问题，Hyperloop 会提供氧气罩。

胶囊会有紧急刹车装置和发动机驱动的车轮，一旦出现大规模胶囊减压，其它胶囊就会自动紧急刹车，同时整个 Hyperloop 管道会迅速开始再增压。之后胶囊会用发动机驱动车轮运行到安全地带。所有的胶囊都会装备储备空气，足够保证最坏情况下的乘客安全。

低成本

马斯克估计客用 Hyperloop 建设大约要耗费 60 亿美元，而客货两用版的 Hyperloop 要耗费 75 亿美元左右。考虑到洛杉矶到旧金山 600 公里的距离，综合造价仅为 0.1 亿美元/公里。

图表30: Hyperloop Cargo 概念图



资料来源: tesla motors, 华泰证券研究所

据 Hyperloop 构想估计, 耗资最大的部分在高架塔的建设费用, 约 25.5 亿美元, 施工许可与土地这方面要支出 10 亿美元, 管道建设 6.5 亿美元。与加州高铁近 700 亿美元的预计造价相比, Hyperloop 的低成本优势十分明显。

图表31: Hyperloop 成本估计

Passengers only		Passengers and Vehicle	
Component	Cost/million USD	Component	Cost/million USD
	54		30.5/40.5
Capsule	(40 capsules)	Cargo/Passenger capsule	(20/30 capsules)
Capsule structure & Doors	9.8	Capsule structure & Doors	5.5/7.4
Interior & Seats	10.2	Interior & Seats	3.7/7.6
Compressor & Plumbing	11	Compressor & Plumbing	6/8.2
Batteries & Electronics	6	Batteries Motor & Electronics	4/4.5
Propulsion	5	Propulsion	3/3.8
Suspension & Air Bearings	8	Suspension & Air Bearings	5.3/6
Components Assembly	4	Components Assembly	3/3
Tube	5410	Tube	7000
Tube Construction	650	Tube Construction	1200
Pylon Construction	2550	Pylon Construction	3150
Tunnel Construction	600	Tunnel Construction	700
Propulsion	140	Propulsion	200
Solar Panels & Batteries	210	Solar Panels & Batteries	490
Station & Vacuum Pumps	260	Station & Vacuum Pumps	260
Permits & Land	1000	Permits & Land	1000
Cost Margin	536	Cost Margin	429
Total	6000	Total	7500

资料来源: tesla motors, 华泰证券研究所

风险提示

真空管道运输技术进展不及预期:

“真空高铁”对于探索下一代交通运输技术有着积极作用, 为轨道交通远景发展提供了一种思路, 但现有技术体系仍存在瓶颈, 诸多设计要求短期尚难实现, 因此在技术研发进程中, 真空管道运输技术存在进展不及预期的风险。

“真空高铁”相关研发及建设项目执行不及预期:

“真空高铁”相关研发及建设项目正处于技术探索阶段, 考虑所需研发周期较长及研发投入较高, 存在相关项目执行不及预期的风险。

免责声明

本报告仅供华泰证券股份有限公司（以下简称“本公司”）客户使用。本公司不因接收人收到本报告而视其为客户。

本报告基于本公司认为可靠的、已公开的信息编制，但本公司对该等信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告所载的意见、评估及预测仅反映报告发布当日的观点和判断。在不同时期，本公司可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。同时，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本公司力求报告内容客观、公正，但本报告所载的观点、结论和建议仅供参考，不构成所述证券的买卖出价或征价。该等观点、建议并未考虑到个别投资者的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对客户私人投资建议。投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及作者均不承担任何法律责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

本公司及作者在自身所知情的范围内，与本报告所指的证券或投资标的不存在法律禁止的利害关系。在法律许可的情况下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，也可能为之提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。本公司的资产管理部、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

本报告版权仅为本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构或个人不得以翻版、复制、发表、引用或再次分发他人等任何形式侵犯本公司版权。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“华泰证券研究所”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。本公司保留追究相关责任的权力。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

本公司具有中国证监会核准的“证券投资咨询”业务资格，经营许可证编号为：91320000704041011J。

全资子公司华泰金融控股（香港）有限公司具有香港证监会核准的“就证券提供意见”业务资格，经营许可证编号为：A0K809

©版权所有 2018 年华泰证券股份有限公司

评级说明

行业评级体系

一报告发布日后的6个月内的行业涨跌幅相对同期的沪深300指数的涨跌幅为基准；

一投资建议的评级标准

增持行业股票指数超越基准

中性行业股票指数基本与基准持平

减持行业股票指数明显弱于基准

公司评级体系

一报告发布日后的6个月内的公司涨跌幅相对同期的沪深300指数的涨跌幅为基准；

一投资建议的评级标准

买入股价超越基准20%以上

增持股价超越基准5%-20%

中性股价相对基准波动在-5%~5%之间

减持股价弱于基准5%-20%

卖出股价弱于基准20%以上

华泰证券研究

南京

南京市建邺区江东中路228号华泰证券广场1号楼/邮政编码：210019

电话：86 25 83389999/传真：86 25 83387521

电子邮件：ht-rd@htsc.com

深圳

深圳市福田区深南大道4011号香港中旅大厦24层/邮政编码：518048

电话：86 755 82493932/传真：86 755 82492062

电子邮件：ht-rd@htsc.com

北京

北京市西城区太平桥大街丰盛胡同28号太平洋保险大厦A座18层
 邮政编码：100032

电话：86 10 63211166/传真：86 10 63211275

电子邮件：ht-rd@htsc.com

上海

上海市浦东新区东方路18号保利广场E栋23楼/邮政编码：200120

电话：86 21 28972098/传真：86 21 28972068

电子邮件：ht-rd@htsc.com