

文章编号: 1005-0574-(2008)05-0044-05

未来交通工具——真空管道运输系统的构想与展望

石悦

(西南交通大学交通运输学院, 四川 成都 610031)

摘要: 论述了真空管道运输系统的含义及产生背景, 从研究现状、实现周期等几个方面进行了可行性分析, 在具体设置真空管道运输系统时, 对过渡舱、管道形式的设置、冷却装置及车厢漏气等问题提出了一些见解。由此可以相信, 20~30年后, 真空管道运输系统可以实现运营, 在更远的将来, 真空管道运输系统可以造福越来越多的人。

关键词: 真空管道运输系统; 可行性分析; 过渡舱; 管道设置; 冷却装置; 未来展望

中图分类号: U237

文献标识码: A

Abstract: This article describes the meaning of evacuated pipeline transport system and the background of development with feasibility study in the view of the present condition of study the period of realization. For layout of this system, it put forward to some opinions on the transition module, the pipeline form, the cooling device, the leakage air of car body, etc. It is believed that the service of the evacuated pipeline transport takes place in the public in next 20-30 years.

Key words: evacuated pipeline transport system; feasibility analysis; transparent module; layout of pipeline form; cooling device; background

1 ETT-真空管道运输系统

真空管道运输系统 (evacuated tube transportation ETT)^[1] 是将磁悬浮车放在抽成近似真空的管子中运行, 管子一般是设置在地下, 也可根据具体情况安置于地上。ETT的运行主体是磁悬浮车, 因磁悬浮车沿轨道行走, 是轨道交通或者说是铁路的高级形式, 即 ETT本质是一种铁路系统。同时, 把磁悬浮车放到了管道中, ETT又是管道运输发展的高级形式, 属于管道运输的范畴。因此, ETT是当前铁路与管道运输的结合体, 集成了二者高级阶段的优越性^[2]。因为没有空气介质的阻碍, 有些机构通过理论分析, 提出 ETT的速度可高达 $22\ 500\ \text{km/h}^{[1]}$ 。

图 1 为在管道中运行的磁悬浮列车, 图 2 为管道的纵剖图。

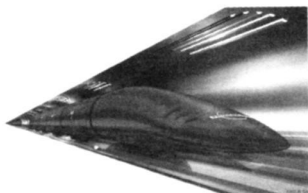


图 1 在管道中运行的磁悬浮列车

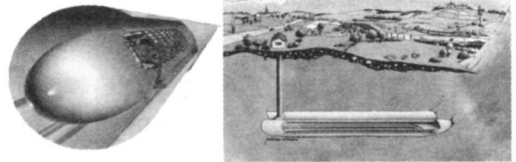


图 2 管道纵剖图

2 ETT的产生背景

首先从现有运输方式说起, 在水运、公路、铁路、航空以及管道这五种运输方式中, 虽然管道运输研究和实施起步较晚, 即便是对货物的运输也只是限于原油、煤浆和天然气, 对人的运输更是没有先例, 在运输领域的地位远不及前四种。但前四种运输方式存在太多的问题, 如依赖石油且消耗太多不可再生能源, 排放物及噪音对环境污染严重, 速度也越来越不能满足现代人的需要。

从速度角度讲, 在信息技术广泛普及、发展迅速的今天, 人们渴望物品的传递、人员的旅行可以像信息传递一样快捷。而目前最快的两种运输工具当属磁悬浮列车和飞机, 其速度不能再大幅度提高的原因是空气阻力。研究表明不管是磁浮还是轮轨列车, 当速度达

到 400 km/h 以上时, 空气阻力所占比例将超过 80%。而将 80% 以上的能耗用于克服空气阻力是不经济的。其次高速带来的噪音问题则更为严重, 速度越高, 磁浮或是轮轨列车所产生的噪音污染也就越严重。交通噪音的环保国家标准为距离铁路外轨道中心线 30 m 处所测的噪音水平一般不得超过 70 dB 噪音超标常成为限制速度的关键因素。如上海浦东的常导磁浮列车速度达到 400 km/h 时, 噪音高达 89 dB 在人口密集地区, 为了降低噪音只能降速到 200 km/h³。归根结底, 高速的障碍来自周围介质——稠密大气, 提速的根本途径只能是改变介质的密度, 即采用 ETT

从节能的角度讲, ETT 使用电能, 环保而且清洁。举个例子, 空客 A300 从杭州飞往北京需 2 h 航程, 飞机每飞行 1 h 其负载的物品就消耗约 0.2 kg/km 燃油, 按抽水马桶冲厕一次耗水 5 L 计算, 乘客在飞机上每上一次厕所就能用掉 1 L 油, 而 1 L 油足以让一辆经济型汽车跑 10 km。乘客在飞机上所需的杂志、饮料、食物及毛毯都需要额外耗费燃油。南航后勤保障部经测算发现, 一个每月飞行 3 万次航班的航空公司, 为运载枕头和毛毯平均每天耗费燃油高达 60 t; 若每个座位都有三本 450 g 重的杂志, 每天额外耗费的燃油也有近 60 t。这 120 t 燃油足以让一架波音 777 在北京—巴黎间飞个来回了⁴。如此这般消耗能源是可怕的, 相比之下, ETT 技术是造福子孙后代的!

综上所述, ETT 具有以下卓越的优点:

① 快速: 当 ETT 的真空管为 1% 大气压时, 最高时速可达 22 500 km/h 最低时速也为 4 000 km/h 从华盛顿到北京只要 2 h¹¹。

② 环保: 不污染环境, 清洁, 使用可再生能源, 可持续性, 无任何对外噪声。

③ 安全: 消除一切相撞的可能性, 基本不受任何气候条件的影响, 不会因不良天气而中断运行。

④ 现实可行: 所有建设 ETT 的设备都是现成的, 所涉及的各项技术都已投入商业应用。例如在各国都有许多从事管道、真空泵以及相关电子设备的研究机构、制造及安装公司¹¹。

3 实现 ETT 的可行性分析

3.1 ETT 的研究现状

目前, 研究 ETT 的组织叫做 E3.com 公司, 创始人是 Oster, 他利用多层次传销的形式, 采取提名推荐制, 所愿意参与这项研究的人通过一定程序成为他的特许权人。他是一个没有雇员的虚拟公司, 所有职能

都由独立的特许权人完成, 所有活动都凭他们自己的兴趣和志愿, 而后共同合作来实现 ETT 赋予 E3.com 使命。采用传销的经营模式, 启动支出低, 资金需求小, 在难以渗透的既有市场上可快速成长, 且避免了传销以发展会员作为业绩的缺点。而特许权人的制度, 使得 ETT 的研究可以像 LINUX 一样, 充分吸收这个领域的精英加入这个可以造福全人类, 改善世界上每一个人的生活水平的事业^{11, 5}。

目前, 研究 ETT 的国家有美国、日本、中国、德国及荷兰等国, 中国在这个领域走在世界前列⁶。

3.2 对真空度、速度、造价的说明

从理论上讲, ETT 中的真空管道就是真空的, 但是在 ETT 建设初期, 纯真空管道肯定是不可行的, 抛开现阶段的技术水平不提, 在纯真空管道的环境中, 车厢一旦发生漏气, 车内人员就没有救援生还的可能, 为此许多学者提出了不同看法。美国兰德公司提出的设想是 ETT 的真空管可设计成 1% 大气压, 高速 22 500 km/h 低速 4 000 km/h 平均速度 6 750 km/h⁹。中国也有学者提出, 设计阶段管道内的气压应该保持在 1/10 个大气压以上, 这是因为在低于 1/10 个大气压时人的血液开始气化, 一旦发生“失压”事故, 人基本没有生还可能, 而在 1/10 个大气压以上的管道中, 乘客尚可存活一段时间, 给救援留下时间⁸。如瑞士的真空隧道高速列车方案就将管道内压强定为 10 kPa 即 1/10 个大气压³。

在 ETT 的造价方面, 民众和一部分学者担心建设成本会很惊人, 其实不会。按 1.83 m (约 6 英尺) 管径双方向计算, 虽然 ETT 对管道材料、真空保持、自控装置等技术要求较高, 但由于工程量比高速铁路、高速公路及地铁等小很多, 而且占地少, 所以每公里的造价不会高于地铁、高速铁路以及高速公路的建设成本, 但建成后的通过能力比它们都要大, 且运营费要低¹¹。如美国 ETT 公司提出小型分散的管道“汽车”模式方案, 估算其线路成本为 125 万美元 / km³, 折合人民币为 857 万元 / km。对比京沪高速铁路, 其最高时速达 350 km/h。有关专家曾指出, 如果采用磁悬浮技术, 成本在 4 000 亿元左右, 即平均 3 亿元 / km; 若采用轮轨技术成本在 1 300 亿元左右, 即平均为 1 亿元 / km¹⁰。而高速公路的成本也不便宜, 最少也要 3 000 万元 / km 左右。由于地形限制, 不同地区的造价差别很大, 如在重庆的渝宜和渝湘的某些路段, 修筑路成本每公里则要上亿元¹¹。再说地铁, 广州市地铁一号线建设成本为

6. 63亿元 / km² 二号线在实现 70% 国产化率后, 工程造价降到 4. 8 亿元 / km² 而今后地铁的建设成本有望控制在 4 亿元 / km² 左右^[12]。如此看来 ETT 的成本确实不算高。

3.3 ETT 的运营模式

ETT 的运营模式从全球范围看还没有例子可参照, 只有些设想和初步估算。在此引用两例, 以供参考。

美国 ETT 公司提出小型分散的管道“汽车”模式: 每车设 4~6 个座位, 单独运行。管内径与车外径之间相差很小, 二根管道上下排列, 全自动控制, 管道内压强为 0. 1 Pa; 运行几乎无阻力, 速度可达 600 km/h; 加速所用能量可在制动时回收。估算其主要技术经济指标如线路成本: 125 万美元 / km²; 车辆成本: 2. 7 万美元 / 辆; 单位能耗 (J/人 · km) 只有汽车的 1%; 运能: 一条管道相当于 80 车道的高速公路^[3]。

比较接近常规的方案是瑞士的真空隧道高速列车, 列车全部处于地下, 适宜于多山地区, 是瑞士这个多山国家实现地面高速较好的方式。估算主要技术经济指标: 压强为 10 kPa 较易实现; 速度定为 500 km/h 单向运能估计为 21. 6 万人 / h; 单位能耗 (J/人 · km) 只有普通铁路的一半。美国堪萨斯大学建议的 PRT 低压管道磁浮列车, 就是在瑞士方案基础上加以改进形成的, 压强为 20 kPa 改双隧道为地面管道, 上下布置, 车形改小。在功能相同的条件下, 建设费用将比瑞士方案下降 37. 5%^[3]。

3.4 ETT 的实现周期

西南交大的沈志云院士设想, ETT 研发应分为四个阶段, 即从 2005 年开始, 5 年达到小比例模型推出, 10 年全尺寸模型, 15 年达到实验线路, 25 年后, 即 2020~2030 年实现运营线^[7]。

在西南交大做博士后的张耀平老师假设, 2020 年建成第一条 ETT 2030 年 ETT 技术达到成熟并开始全球范围的 ETT 建设高潮, 2050 年 ETT 实现广泛应用。再假设轮船、火车、汽车、飞机各自所承担客、货运输量的一半由真空管道运输完成。那么 ETT 所承担的客、货周转量将超过其他任何一种运输方式。在更远的将来, 比如到 2100 年, 假如火车、汽车、飞机的主体功能已经变成体育运动、娱乐、消闲旅游的工具, ETT 在那时的综合运输体系中将承担大部分的客、货运输任务^[2]。

4 ETT 具体设置时的一些构想 (图 3)

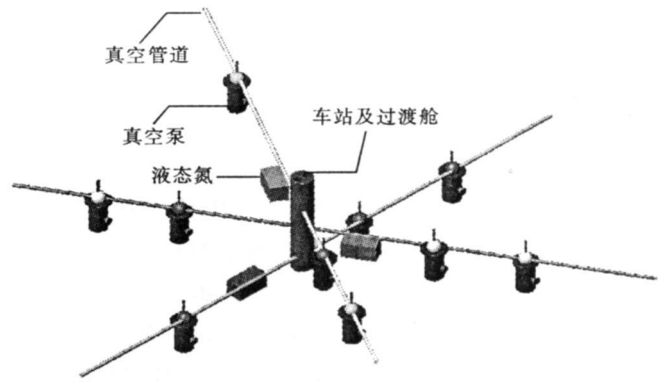


图 3 ETT 构想图

4.1 过渡舱

人在地面的车站上, 通过一定的通道进入列车。列车处在真空或近真空的管道中, 而人要在常温常压的环境下才能正常进行生命活动, 所以就要求有一种通道能把这两种对外界要求不同的客体连接起来, 过渡舱就是这二者的连接体。

人怎样才能通过过渡舱从车站进入列车呢? 简单来说是这样的: 地面车站通过一根竖直大管子与各层次的真空管道连接, 连接点处修好密闭性很好的过渡舱, 人通过大管子中的电梯从地面进入各连接点处的过渡舱, 进站的列车停在这些连接点处, 过渡舱的连接设备慢慢深入车厢内, 等连接设备和车厢连接好以及各处已经密闭良好后, 再调整好过渡舱内的压强、氧气及温度等条件, 就可以打开连接过渡舱和车体以及过渡舱和车站的密闭门, 人就可以从车站进入过渡舱, 再从过渡舱进入车体。从列车到地面车站的过程也是一样的。

4.2 管道形式的设置

管道是 ETT 的重要组成部分, 磁浮车就是在管道中运行, 管道的具体形式可根据具体情况进行不同设置 (图 4)。

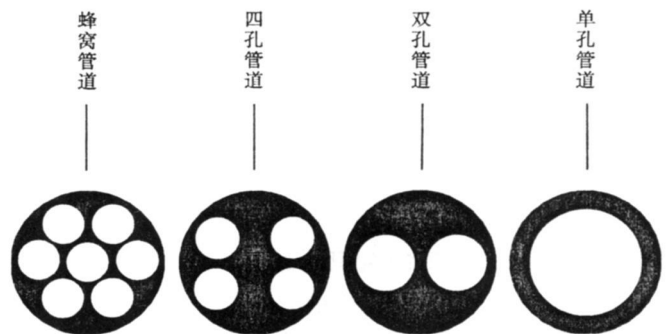


图 4 管道形式的设置

单向管道。即由一根管道组成。是最基础、最简单的管道形式,在真空管道建设初期,凭借其构造简单、便于施工、维护容易会更多的被采用,但是运量肯定远不如以下三种方式。

双层管道。即一根大管道中有上下两根小管道,这种形式也比较简单,施工相对也不会很复杂,养护维修方面的要求也不会特别难达到要求,而且可以大大提高运量,所以在真空管道建设初期,只要运量方面有需求,也可以考虑采用这种形式。如上文提到的瑞士真空隧道高速列车就可以使用此种管道形式。

四孔管道。即在一个大管道中套了四个小管道,上层两个,下层两个。如上文提到的美国 ETT公司,因其提出采用小型分散的管道“汽车”模式,每车座位少且单独运行,所以对线路数量要求比较高。

蜂窝式管道。即在一根大管道中设有 7 根小管道,四周 6 根中间 1 根,这样最大限度地利用了一个圆的面积。设计灵感来源于蜜蜂蜂房,所以起名为蜂窝式管道。6 根管子可以根据需要一起用或是只用其中几根,中间的管子专门用来散热,传递释放其他正在运行的列车所产生的热量。当然这种管道结构复杂,施工也有困难,对各方面的要求都比较高。

四孔管道和蜂窝式管道可以在 ETT 达到成熟并趋于完善的阶段使用。

4.3 冷却装置

当管道做到真空或近真空,就好比一个暖水瓶,具有很好的保温效果。可管道不是暖水瓶,电机转动、电阻热、摩擦,乘务人员和乘客等所产生的热量在管道中会不断积累,如何将热量及时有效地排出管道,采用什么样的冷却装置是必须解决的问题。

冷却材料可以用液态氮和干冰。可以每隔一定距离在地面上设置一个通风口通往真空管道,通过一定的转换设备把从通风口吸入的空气分离液化成氮气和氧气,液化氮气用于冷却,氧气用于车内供给;同时人呼吸产生的二氧化碳也可以通过一定的转换装置转换成干冰用于冷却。

至于安放位置,单向管道可以安置在列车下方;双层管道可以装在两个管道中间,也可以分别安放在两个小管道下方;蜂窝式管道安放在六个管道中间的管子中。

4.4 车厢出现漏气的解决方案

从理论上讲,真空管道中是真空或是近真空,而列车中是常温常压,一旦车厢漏气,车厢内会出现气压和含氧量骤减的情况,从而损害车上人员健康甚至危及生命。从专业的角度讲就是“失压”事故(指处于气压

较低环境中的舱体),因舱内气压突然下降,使人体外部气压比内部低很多,从而导致人体血管、脏器被胀开,情况严重时将导致舱内人员出现身体不适以至窒息^[8]。当然由上文所述,在 ETT 建设初期,纯真空管道肯定是不可行的,按管道内的气压保持在 1/10 个大气压以上考虑,虽然乘客在 1/10 个大气压以上的环境中尚可存活一段时间,给救援留下时间,但仍然存在危险,在设计和运营时都要充分考虑这一安全隐患。

首先在设计管道时每隔一段距离设计一道闸门和连接地面的通风口,当事故发生时,立刻关闭闸门,使列车处在封闭的柱形空间内,防止事态进一步严重。然后立刻打开通向发生事故的那段管道的通风口,向管道中充气,及时补充漏气造成的低压和低氧,保证人员安全。其次为了避免车厢漏气,一方面在选择车厢材料时,要选择韧性好、强度高的材料;另一方面要做好整个线路的监测和维护工作,可以在管道内部等距离安置监测报警设备,全方位全天候的监测,一旦发现异常马上进行排查检修。最后在实际运行中一旦发生“失压”事故,ETT 可以借鉴民航处理“失压”事故的方法,采取以下安全应急措施:主动安全措施:乘客自己通过调压动作——捏住鼻子,鼓起嘴巴将气体往两耳压,或是不停地做吞咽动作,以此来缓解伤害。被动安全措施:ETT“失压”时会自动启动强制供氧系统,乘客头顶上的氧气罩会自动掉下,乘客只需利用最短时间带上氧气罩^[8]。

5 结语

虽然现在 ETT 还没有在民众中得到普及,但是随着社会的进步,科学技术的不断发展,ETT 这种新的运输方式一定会逐渐被民众所接受了解。值得欣慰与骄傲的是,从 2004 年在西南交通大学举办的一次院士研讨会上,中国工程院院士沈志云提出了关于“真空管道高速交通”的设想后,我国就有许许多多的学者活跃在这一领域,致力于这项工程的研究实施,致使我国在这方面的研究一直走在世界前列。原在西南交大做博士后工作的张耀平,一直活跃在真空管道高速运输的研究领域,他认为 ETT 可以解决生态环境破坏、能源污染、道路拥挤和交通安全等问题,并且坚信我国启动 ETT 的研究与发展不仅有着深远意义更是我们的一大历史重任^[1]。

最后,我想以张耀平博士的话来结束全文:“让我们以对对社会、对祖国高度负责的精神,以及造福子孙后代和全人类的凛然大意,担负起这一历史重托。”

另外,在文章的完成过程中,西南交通大学交通运输学院和机械工程学院的陈彦琴,杜文涛两位同学在

文章编号: 1005-0574-(2008)05-0048-03

对呼和浩特市城乡公交一体化的设想

孙季祥

(呼和浩特市交通运输管理处, 内蒙古 呼和浩特 010010)

摘要: 国务院机构改革将原建设部的城市公共交通职能划归交通运输部后, 使呼和浩特市发展城乡公交一体化成为可能, 也为建立真正的城乡一体化管理体制打下了坚实的基础。文章就如何发展呼和浩特市城乡公交一体化谈一些设想。

关键词: 城乡公交; 一体化; 设想

中图分类号: U492.4⁺31

文献标识码: A

Abstract: It makes it possible to develop the integrating the public transport between urban and rural areas in Hohhot City after organizations under the State Council have reformed by locating the foundation of public transport under the Ministry of Construction and lay a firm foundation to set up the administrative system for the integration. For this reason, this article gives some ideas about how to develop the integration the public transport between urban and rural areas in Hohhot City.

Key words: Public transport between urban and rural areas; integrating; tentative ideas

随着我国农村经济的发展以及城市化战略的实施, 城乡之间、乡镇之间的联系日益密切, 城市与乡村得到了融合, 人员流动规模和范围不断扩大, 不仅客流量明显增多, 而且乡村群众的出行客观上迫切需要同城市一样的公交服务, 呼声也十分强烈。公路客运在客运需求不断增长的情况下, 已经无法更好地满足城乡居民的出行需求。此外, 随着城区不断扩展和公交

线路的向外延伸, 城区公交和公路客运的经营区域逐渐产生了交叉和重合, 造成了两种经营方式间的无序竞争, 矛盾日益突出, 迫切需要一种新的客运管理模式来规范行业发展。国家机构改革对各部委职能进行了调整, 将原建设部管理的城市公共交通划归交通运输部, 从而使城乡客运统一归口交通部门管理。这样, 城乡公交一体化就成了解决城市公交与公路客运两者矛

过渡舱的设置、蜂窝式管道的设置形式、冷却材料的选择三个方面提供了很好的思路, 在此表示真诚的感谢。

参考文献

- [1] 张耀平, 梅绍祖, 曾学贵. ETT—引领 21 世纪的高速运输 [J/OL]. 世界科技研究与发展, <http://www.wanfangdata.com.cn/qikan/Periodical/Articles/sjkjyy/z/sk2002/0202/020209.htm> 2002 24(2): 60—64
- [2] 张耀平, 李炎炎. 真空管道运输在未来综合运输体系中的角色与定位 [J/OL]. <http://www.paper.edu.cn> 2007—02—28.
- [3] 沈志云. 关于我国发展真空管道高速交通的思考 [J]. 西南交通大学学报, 2005 (4).
- [4] http://bbs.sina.com.cn/s/bkg_49a65100100.htm
- [5] <http://www.eg.com>
- [6] <http://www.capsu.org>
- [7] 丁坚. 工程院院士提出真空管道运输设想 [J/OL]. <http://www.zskj.org.cn/Article/Class4/Class5/200604/1009.htm> 2004—12

— 30 —

- [8] 于晓东, 张耀平, 张殿业. 真空管道运输系统低压环境引发的几个问题探讨 [J/OL]. http://www.diyifanwen.com/lunwen/jiaotongunshu/lunwen/20_04_27_805.htm 2006—11—08.
- [9] 郝瀛. 中国铁路建设 [M]. 成都: 西南交通大学出版社, 1988.
- [10] <http://tech.cn.com/1121/1793/2003926-60822.html42K2003-11-26> <http://news.qq.com/a/20071011/002553.htm>
- [11] 王金涛. 我国西部高速路建设面临两难 成本高昂财政拮据 [J/OL]. http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/200702/26/20070226_10510095_1.shtml 2007—02—26.
- [12] 吴青山. 地铁, 为广州发展提速 [J/OL]. http://www.guangzhong.gov.cn/special/2005/node_802/node_841/node_843/2005/12/30/113593366782241.shtml 2005—12—30.

(编辑 李新生)

原稿收稿日期: 2008—07—28
修改稿收稿日期: 2008—08—28