

机动车与可持续发展的城市交通 ——技术的发展能否解决二者之间的矛盾

Rudolf Petersen

1 总论

在所有的工业化国家中，客运交通都高度依赖于汽车这一交通工具。尽管交通阻塞和区域大气污染使环境保护主义者迫切呼吁建立可持续发展的交通系统，但汽车在今后的几十年中还将继续保持着其主导地位。为了减轻环境的压力和污染排放对人体健康的不利影响，几乎所有的国家都实施了污染排放标准，特别是在大城市和卫生城环绕的大都市。美国和日本已经着手于低排放机动车的技术开发。欧共体从 80 年代中期就已经开始实施严格的机动车技术标准，以便减少机动车交通带来不利影响。在美国最近（1990 年）颁布的《清洁空气法修正案》的强制下，超低污染排放技术有了进一步的发展。目前，加利福尼亚发起了开发引导使用零排放汽车，即电动车的运动，这一运动意味着将从 2003 年正式开始使用电动车。

是否存在解决汽车和城市环境之间的矛盾的办法呢？在这方面我们确实取得了很大的进步，但结果是我们的努力仍没能成功地通过技术手段在所有人口密集地区解决环境和公共健康的问题。所以目前还没有达到“可持续发展的交通”的目标。现在，矿物燃料燃烧排放的二氧化碳所引起的温室效应，对于机动车的设计者和工程师又增加了一项挑战。我们必须在机动车设计、交通运输和城市规划中寻求新的解决方法来满足可持续发展的要求。

今天汽车的制造和优化选择并不是为了城市的交通。它们的设计是为了在运载五名乘客和大量行李的情况下，高速行驶。在多数交通状况下，汽车发动机过大，造成低效率能源和高排放污染物。目前，为城市交通而设计的轿车还没有进入市场。这种轿车应当是：可供 5 名乘客进行舒适的旅行，使用的却是小型但高效的发动机，每小时可行驶 80 或 100km 以下，并且能够达到超低排放和超低噪声。它们可提供用于保证乘客安全的所有设备，并通过电子设备辅助驾驶员对采用非机动化交通成员作出适当的反应。

从长远的角度来看，汽车必须进行一定的改进以便使其对人和自然的负面影响减少到 1/10。目前，还没有足够的技术手段来达到此目标。通常所指有关电动车和燃料电池的概念具有明显的缺陷，能源的平衡仍然是一个关键问题。只有采用非矿石燃料，才能完成这种生态循环。

以机动车为主的城市交通规划，即使利用“绿色汽车”，其结果也只能是进入死胡同。有限的空间是城市交通问题的主要功能性缺陷。传统的欧洲城市模式，仍然为采用更好的公共交通和具有更高比例的非机动车交通提供了余地。这两种交通方式都比汽车交通更具有优势。在公共和私人交通之间还可以增加新的交通模式。将富裕的国家已经建立可供选择的替代结构提供给发展中国家，以支持它们建立可持续发展的交通是很重要的。这可以避免重蹈西方国家覆辙。

2 引言：机动车与环境

在所有工业化国家中，机动车数量的增长都造成了严重环境破坏、并通过大气污染和噪声影响居民。尽管已在 70 年代初引入机动车污染和噪声排放的标准，并从那时起进行十分严格的控制，但汽车总体数量的增长大掩盖了汽车本身的技术改进。

随着欧共体出台的同美国相类似的严格的轿车排放标准，以及关于限制未来汽车尾气排放的最新决定，欧共体已表明了要集中现有的技术来发展更清洁的机动车的决心。

然而，长期的调整措施并不一定能解决有关我们国家汽车使用的重大问题。参考美国的情况可看出美国在汽车尾气排放这一领域取得的技术进步，并不足以达到国家环境空气质量标准（NAAQS），也不符合气候政策目标。这主要归咎于机动车数量的增加和机动车行驶里程的增长（VMT）。欧洲面临着类似的情况：很多的方案都预见轿车在数量上以及同商用机动车（货车和面包车）分担的货运中的份额上都会有更大的增长。公共交通和铁路货运交通已经失去了其市场份额，并且这种状况还将继续下去。

汽车系统可以看作是一个具有正反馈效应的系统。汽车使用量的增加，引起了交通的功能方面的问题，这可以通过增加道路建设来解决，然而这又会引起额外的交通需求。同时，非机动车交通模式和公共交通的情况正日趋恶化，交通空间的结构越来越适合汽车发展的需要。

毫无疑问当今全球规模性的气候变化，主要是由于排放具有温室效应的气体造成的。OECD（经济合作和发展组织）国家排放了 25% 的二氧化碳，它们大部分是富裕并且工业化程度很高的国家的机动车排放。因此这些国家必须采取行动来稳定和减少污染的排放来平衡气候变化。另一方面，发展中国家面临着对更高机动化的交通的迫切需求。如果这些发达国家不彻底减少它们的能源消耗（尤其是石油和煤），就没有机会在世界范围内实现可持续发展。

尽管有对于第三世界国家人口爆炸性的增长问题的种种担心，我们仍需指出工业化的国家交通部门的贡献率在持续增长，我们注意一下，交通方面每年平均增加大约 1900 万 t 二氧化碳，其中大约不到 50%（少于 870 万 t）为非 OECD 国家贡献，也就是 85% 的非 OECD 国家的二氧化碳排放的增长占不到 50%。贫富国家之间的财富差距不但在不断增大，而且富裕的国家对环境和不断增多的资源浪费负有相对完全的责任。很明显这种行为是不可持续的。

将可持续原则应用于交通可得出这样结论：以汽车为中心的体系在很多方面是不可可持续发展的；它对能源资源需求过大，改变全球的气候，排放有毒致癌物质，使数百万人丧命，更多的人受到伤害，令人们暴露在有害的噪声中，严重的破坏了自然环境等等。机动车对环境的负面影响在城市环境中表现得尤为突出。人们更严重地暴露在被污染的气体和噪声中，生活在发生意外事故和失去公共空间的恐惧之中。汽车占据了本可以用于城市生活和经济活动的有限空

间，居民只有到乡村寻找更健康的生活环境。他们每天乘着汽车从乡村进入城市地区，这样使交通情况变得更糟。

尽管有这种关于汽车对城市的破坏力而引起的哀叹，但汽车在过去的数十年中越来越普遍了，城市规划者未能改变这一过程。汽车仍然而颇为人们所接受；除了在特殊的地理和政治情况下，如新加坡，好像不存在禁止或限制汽车的使用和组织不同的交通方式的机会。在世界其它地区，车辆的机动化还在不断的增高。还没有迹象表明，美国大众要改变他们对汽车的态度。在欧洲、前中央计划经济国家、亚洲和拉丁美洲情况也是如此。甚至在最贫穷的非洲国家，大城市汽车的队伍也在稳定地增长。

从理性的观点看，可以在公共交通和非机动化的交通方式基础上，有效地组织城市的运输。在这方面欧洲国家——瑞士是很好的典范。但是多数情况下，只要人们经济上能够承担得起，就会购买汽车，由此又形成一种前面提到的恶性反馈循环体系。因此机动车在趋于富裕的社会中会不可避免地成为一种大众现象。

如果我们还希望达到交通的可持续发展，那就不得不从新技术寻求解决方法，使人们的生活中既可以使用汽车，又能将其负面的作用降低到人们可承受的程度。对于反对机动车的评论，汽车制造商常用未来的技术会解决所有的问题来回答。电动车和氢燃料电池就是“未来”解决方法的实际例子。尽管对这个问题已经讨论了数十年，我们仍希望将来能有最后的解决办法，以允许我们更广泛的使用汽车。

如果我们能够接受目前并不存在的运输系统，作为可持续交通警的技术解决方法的事实，我们就应选择：是继续使用我们喜爱的汽车，并且在不可持续方面越陷越深；或者，告别大量使用汽车的方式。

本文将讨论更具有可持续性的交通体系的技术选择。国际的非政府组织对汽车的发展状况研究已经进行了分析。为定义可持续性，这里采用实用的方法，指适合最近 OECD 国家研究的标准。见表 1。

表 1 可持续发展交通的环境标准

二氧化碳	交通系统二氧化碳的排放比 1990 年的排放量减少 80%
二氧化氮	氮氧化物的排放比 1990 年的排放减少 90%
挥发性的有机化合物	挥发性有机化合物的排放比 1990 年减少 90%
微 粒 物	微粒物的排放要避免达到有害于环境空气的水平。此研究表明在城市地区有必要减少 99%的柴油机微粒物排放。
土地利用	机动车的行驶、保养和停放所需占用的土地，应限制在避免对城市环境和生态系统造成危害的范围内。城市地区土地的使用限制应考虑人口的密度。对于乡村地区，交通的土地使用要同保护完整生态系统的要求相一致。2010 年以后，不会再在保护区，周围的缓冲区和大于 100km ² 的还未被交通基础设施切断的地区（不包括每天交通量少于 3000 辆机动车的道路）建设交通基础设施。在类似的其它地区，存在需要对同类基础设施在自然化的例外情况，以减少新工程对环境的负面影响。
噪 声	交通产生的噪声应低于能够引起健康损伤和严重损害的程度。所有居民区的交通噪声都不应超过标准。总体上环境噪声水平不超过 65dB (A)，在居民区日间噪声不超过 55dB (A)，夜晚不超过 45dB (A)。

符合这些标准不仅有技术上的要求，而且要求改变投资的优先性和汽车使用者的行为。在这里，我们集中在技术方面。

为了进一步具体“未来”所包含的内容，我建议如 IPCC 一样选择 2010 年和 2050 年为准。德国的议会在其“保护地球大气的防护措施”中也提到的这几个年份。还必须指出 2005 年，2005 年将要第一次尝试将温室效应气体的排放比 1987 年降低 25%。但很明显，在今后的 8 年，不会有新技术进入市场。2005 年汽车将同今天使用的汽车很类似，可能在燃料的消耗上会减少几个百分点，在有毒气体的排放上，减少 50%。这在可持续性上并没有突破，到那时交通方面二氧化碳排放可能没有实质性减少。

以新技术为基础的 2020 年汽车队伍的更新会要求现在或 2000 年进行政治性和经济性的决策，以便为汽车工业的研究及发展方面的规划提供基础。这样现在就为我们展现了 2020 年更加引人关注的前景。

2050 年好像很遥远，但是要将这些政策有效地付诸实施，这确实是相对很短的时间。这一年份可以作为我们必须“完成生态循环”的时刻：即已达到真正的零排放（不同于加利福尼亚，只将问题从某一特定的地区转移出去的作法），并实现全部供应可再生资源。

3 汽车未来的技术选择

目前，三个旨在减少汽车能耗和排放的主要发展领域是：

- (1) 高效的内燃机（达到 50%）
- (2) 能源储备系统（特别作为内燃机的替代产品）；

(3) 减轻机动车车体重量以减少行驶的能源需求, 重量减轻可达 40%-50%。

在本文我们将把重点放在传统内燃机(汽油机和柴油机)的改善, 代用燃料、电动车和燃料电池的发展上。对各种未来的汽车来说, 减少车辆的重量都是一个迫切的要求, 因为车辆质量和能源消耗相互之间关系很密切。

3.1 短期的选择: 传统技术的优化

采用现代的尾气排放控制手段是由先进的美国、日本和欧洲法规所规定的。自 80 年代初以来, 高质量的无铅汽油、三元催化和闭环控制已得到认可(在欧洲: 大约开始于 1985 年)。柴油机的排放标准也更加严格。研究和发展的重点是在氮氧化物和微粒物的改善上。随着一些车型已达到欧洲最新颁布的 EURO IV 标准, 传统汽车技术将要达到使繁忙的路段周围环境空气质量也能达标。

但是能量的消耗和二氧化碳的排放仍然是悬而未决的问题。机动车的总效率很低主要有 2 个原因: 过大的发动机; 车的重量过重, 特别是轿车。1 年中, 大多数的时间只有 1 人开车上下班、购物或到其它地方。每天汽车只平均使用几分钟(在德国城市和有卫星城的大城市大约平均 45 到 50 分钟), 速度在每小时 50km 以下, 大概仅在高速公路上有几分钟会达到每小时 80-100km。

很时显, 今天的汽车并不是按此目标制造和优化的。它们可以容纳 5 名乘客和大量的行李, 行驶时速可达到 200km 或更高(目前在德国销售 30%的轿车最高时速超过 180 km), 它们的发动机在多数交通状况下动力过剩。发动机平均排量、汽车尺寸和重量几乎每年都在增加。替代前一车型的新车型都速度更快, 体积更大, 发动机动力更大并且更重。这样, 就更加偏离实际需要了。

为满足交通和环境情况的挑战而设计的汽车还没有进入市场: 它为 4 名乘客提供了空间, 装备 2000 瓦的发动机可达到时速 80-100 km, 特别低的排放再加上最低的噪声, 具有在这种低车速下保证乘客安全的所有设备, 并且使驾驶员能对采用非机动交通方式参与者的行为做出负责的反应(常速行驶的车速控制在每小时 30-50 km)。为家庭周末设计的稍大的车型, 燃烧效率仍应高于每 100 km 消耗 2-3 公升汽油(柴油机, 见此后叙述)。

这种车能满足我们今天大部分的交通运输需要。它并不是新增添的一种“城市车”, 而是能够在大多数情况下代替普通车。依赖现有的技术同一九五年的标准相比, 有毒物质的排放减少 1/5。由于采用发动机限速器和已改进的密闭舱, 城市内的噪声会基本与目前水平相同, 而市中心噪声水平可减少 3-5dB(A)。

尽管这里应用的传统技术没有达到前面定义的可持续性的目标, 但是因为所有的组成部分都已得到了证明并且可以利用, 这些技术可以在很短的时间内取得进展。它们的使用有助于减少燃料的消耗和平均降低轿车 50%的气体排放。

问题和前景

由于热力学的原因, 内燃机最理想的效率大约是 45%-55%。能源效率最高的内燃机是直喷式柴油机。尽管氮氧化物和微粒物的排放水平还较高, 目前美国研究的“新生代汽车的伙伴”直喷式发动机是达到每加化行驶 80 km 目标的最好选择(美国中型六座的家庭车每 100 km 耗 2.8 公升汽油)。

根据德国联邦环境署的调查, 目前柴油机的微粒排放是城市地区与大气污染造成癌症的主要原因。与其它物质的排放不同, 事实上机动车排放的柴油机微粒并没有技术上的杜绝方法。因此根据表 1, 柴油机不在可选择范围之内。

3.2 可替代燃料

新的替代燃料或能源能否解决目前进退两难的情况? 它们能否为可持续发展提供技术上的途径?

由于 70 年代初期的石油危机, 大量资金投入用于发展“代用”燃料。以便不依赖石油输出国家组织。如今与那些燃料特性有关的排序已经改变: 在美国, 有关的研究开发工作并非是由于对囤积石油的危险性的担忧, 而是为了达到更低的污染排放。致力于降低二氧化碳排放的组织和政府也在密切关注可代用燃料。

目前, 关注的焦点在两种替代燃料上: 首先是从天然气或各种生物原料生产的酒精。因为酒精在其化学结构上含氧, 燃烧比汽油更充分, 排放更少的碳氢化合物和一氧化碳。这是目前在德国正进行有关讨论的主要原因。

一般认为, 来源于天然气产生的甲醇燃料的二氧化碳的排放情况并不比汽油和柴油更好, 从煤炭生产获得的甲醇, 则会产生更多的二氧化碳。

几乎所有的植物都生产乙醇。根据植物的具体生理功能, 在耕种, 收获和化学加工过程中要考虑能量的需求, 以便计划净二氧化碳收益。在能源的输入来源于生物原料的情况下, 如甜菜、马铃薯、小麦或玉米, 对这类植物来说能源的收益大约有 10%-20%。对于大规模生产生物原料, 其生态方面的影响应给予认真的考虑。巴西的乙醇计划已在这方面产生严重问题。

第二类代用燃料是为了替代柴油机燃料。在德国特别推荐菜籽油用于柴油机。尽管一些研究已成功地在柴油发动机中燃烧未经重整的菜籽油, 但是由于阀门和活塞的堵塞现象, 使它看起来并不能满足耐久性的需要。通过化学处理将菜籽油变为甲基酯就可解决这个问题, 但是这需要进一步消耗能量。平衡计算在耕种(包括化肥和除草剂)、收获和加工过程的能量的输入和输出, 预计这途径的二氧化碳净收益同柴油机燃料相比大概可达 20%-25%。预计法规控制的排

放物与使用柴油燃料处于同一水平。但是也有很多人反对这项替代，因为它排放的NO₂具有很大的温室效应。在欧洲只有小部分的柴油市场能被取代，这种替代原料价格十分昂贵。

液体燃料如酒精和菜籽油因为其简单的储存方式，被认为是汽油和柴油燃料较好的替代品。气态的燃料，压缩或者液化的天然气（CNG，LNG）和液化石油气（LPG）也可以应用于传统的内燃机，但是需要特殊的昂贵的储存设备。能源的输入，特别是用于压缩或液化天然气的过程，恶化了能量和二氧化碳的平衡。然而由于与使用来自矿物油的燃料相比，这些燃料有更低的碳含量，因此使用这些燃料会带来二氧化碳方面的收益。另外使用装有催化器的汽车，若使用气态燃料时，其法规规定的污染排放物比汽油发动机要低。

问题和前景

生物质燃料的生产成本会使其市场价格高于化石燃料。如果因环境的原因而决定使用它们——这需要因为有关工业化农业和大规模生产过程所产生的一些生态问题而对它们进行研究——并且如果从当今燃料价格的基础上转而使它们，需要巨大的投资。在另一方面，如果原油的价格成倍增长，那么其价格会有竞争性。

如今，通过使用更好的发动机和“小型化”来节省燃料，比代用燃料具有更高的成本效益。

3.3 电动车（EVS）

电池机动车的又被称为“车轮上的能量转折”。这描述了其主要的的问题：它有限的能量储存量将电动车每天行驶的里程限制在100km。根据电化学的基本原理，电池的能量储存系统总是比燃料差。它们的能量密度要比柴油机燃料低100倍。更不方便的是重新充电的时间和在摄氏10. C以下温度中运行时的问题。

在供给环节中能量的损失很大：在德国，来源于网络每千瓦时的电，要损失200瓦时的初级能量，另外在充电的时候要损失15%-18%的能量。最后只有几百瓦小时（在300瓦时的中的初级能量）能够用来推动笨重的电动车。

因为电池的价格过高和对于基础能源的过度使用，电动车在经济上并不具有生命力。由于电池使用的寿命有限，因此驾驶一辆电动车是非常昂贵的；依赖于其采用的技术，在600-1000充电后，就不得不购买新电池了。但进一步的发展或许可以降低这种成本。

原则上，电动车是未来更具有可持续发展汽车的最理想候选者。同内燃机相比，它们对当地空气质量并没有危害（零排放车）。电动车提供了高效率，将输入的电能70%-90%转换为机械能。它们的高比功率可达到700W/kg，同柴油机相比减轻了50%的发动机质量。电动机的反馈优点，使它可以当作发电机应用，将部分的动能转换为电力。同内燃机相比，在动力推动性能上的不足是它的主要缺点。这个问题可以通过使用4个小的电电动机代替大的牵引电机来解决。

可以预期更先进的电池，与标准的铅酸电池相比更适于储存电能，而且具备更快的电能传输。然而，电池能量有限的储存量，较短的产品寿命，较大的重量，以及动力和成本仍将成为研究人员长期面临的主要问题。

应该提到的是其它的电力储存系统也正在发展中，如静电设备（超容量电容大器）和飞轮。这些方法中还没有一种能有望成为储存问题上理想的解决方法。如今，最普遍实用的仍是性能好的老式铅酸电池。

问题和前景

根据初级能量的组合，实施于电厂的排放控制制度根据电动汽车的电池和净重情况不同，电动车与传统内燃相比，能在区域或全球范围内产生更多或更少的污染。

根据电厂使用的脱硫或脱硝设备的不同，由燃烧煤炭产生的电力所驱动的电动车会产生更多的法规控制的排放物。德国爱丁堡的IFEU研究所发现，在德国今天允许的条件下，小的电池电动机在区域规模表现了正收益，但是可能会产生更强的全球变暖的效应。同使用内燃机汽车的排放相比在区域范围内，它们产生更少的可形成臭氧的光化学氧化剂，但是增加了对森林、土壤、水的酸化。

无论如何，同汽油机动车相比，它们排放更多的二氧化碳。只有当电力是由分散的以天然气、或者水力、风力和太阳能等可更新能源为消耗来源的热电厂提供时，全球通过使用电动车可以达到真正的二氧化碳收益。

车载燃料电池发电

燃料电池是燃料同氧在其系统中进行反应，无需火焰燃烧就产生电力的系统。若以氢作为燃料，水蒸汽就是唯一的排放物。燃料电池可以作为驱动汽车的高效、低排放的电力能源。它们产生气态的污染物，无需再充电，从而可以把传统电池挤出市场。氢燃料可以以纯气体或含氢燃料（如甲烷、甲醇或乙醇）状态储存，这些燃料必须进行处理重整来释放燃料电池所需消耗的氢。

在过去的10年中，这领域已取得了很大的进展。电池的热效率相对较高（50%-60%的氢转化为直流电），但是这也是发展最不完善的地方。进一步的发展

对降低生产成本和进行大量生产是很有必要的。燃料电池可能有长期的潜力，但是下个 10 年对于具有商业性价值的系统，会有很多的障碍。

因为氢在汽车上的储存很昂贵，一些汽车生产商建议使用甲烷或汽油提供含氢燃料。车载燃料重整器可以从甲烷和汽油中产生氢。缺点是：这将带来另一种折效率损耗，总体系统效率减少 40%-50%。当利用甲烷时，适宜的方法是从天然气中获取，这时会有另一种效率损失，只有 2/3 的天然气能量留在甲醇中，其余的都损耗了。这样同内燃机相比，它就减少了甲醇燃料电池的总体效率。

问题和前景

如果计算所有的燃料环节，会发现效率转换的效果并不是很好。根据不同的合成氢的产生过程，燃料电池车每行驶 100 km 需要 20-4000 瓦的能量。如果使用可再生能源，事实上没有二氧化碳的排放。从天然气经水蒸气处理获得的氢过程中排放大约有每公里行程产生 65kg 的二氧化碳。由甲醇得出的氢（这从天然气经水蒸气处理）每 90 kg/ km 的二氧化碳；传统的内燃机大约每公里产生 110-120 kg 的二氧化碳。所以二氧化碳大约降低 25%-50%。若要达到表 1 中所列的长期的温室气体排放标准，就需要另外的解决方法。尽管地方有毒气体的排放为零，并且系统几乎没产生任何的噪声，燃料电池技术却不是汽车可持续发展的短期解决方法。要达到此目标，氢只能产生于非化石燃料，如生物气体和太阳能，但费用却很昂贵。分别见表 2 所示。

表 2 初级能源的氢生产成本估价

氢产品来源	柴油机燃料	天然气	生物质	水力	原子能	风能	太阳能
产品成本(每升柴油机燃料相等的美元值)	0.20	0.35	0.60	0.75	1.50	3.00	15.00

4 结论

本论文展示了当代汽车研究的成就，并且对是否存在能够解决当今汽车引起的众多的环境问题进行了评述。答案是没有一种解决方法可以允许进一步扩大汽车的使用。即使对技术进步持有非常乐观的设想，也不能达到所选择的可持续发展的目标。

传统内燃机的优化，代用燃料和所有其它会对标准有所贡献的进步是有限的。更可持续发展的交通，要求交通模式的重大转化和机动车交通需求的降低至少是缓解。