

卡车编队技术与道路系统对碳排放影响的综合评价

王予红 教授

香港理工大学

2023.06 WTC世界交通运输大会

目录

1

背景介绍

2

研究方法

3

卡车编队对路面耐久性的影响

4

卡车编队对车辆-路面系统排放的影响

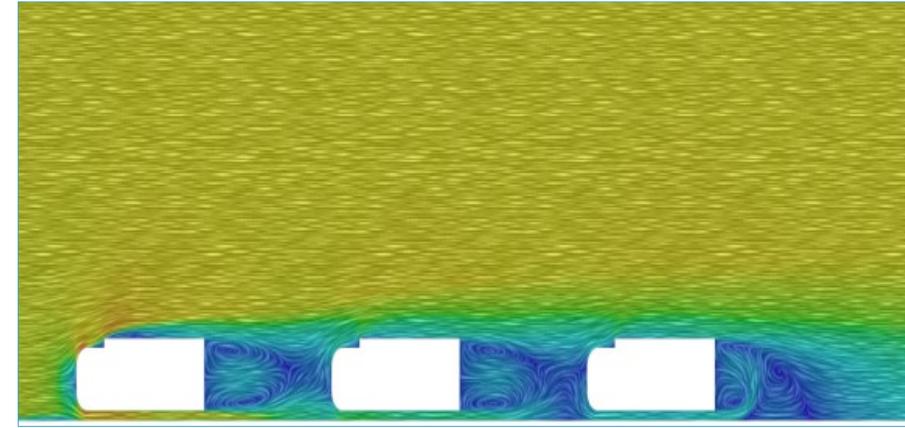
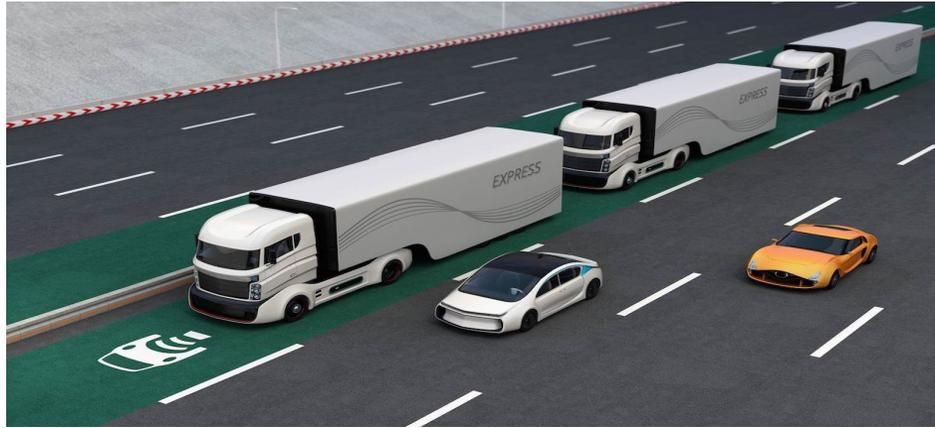
5

卡车编队对车辆-路面系统成本的影响

6

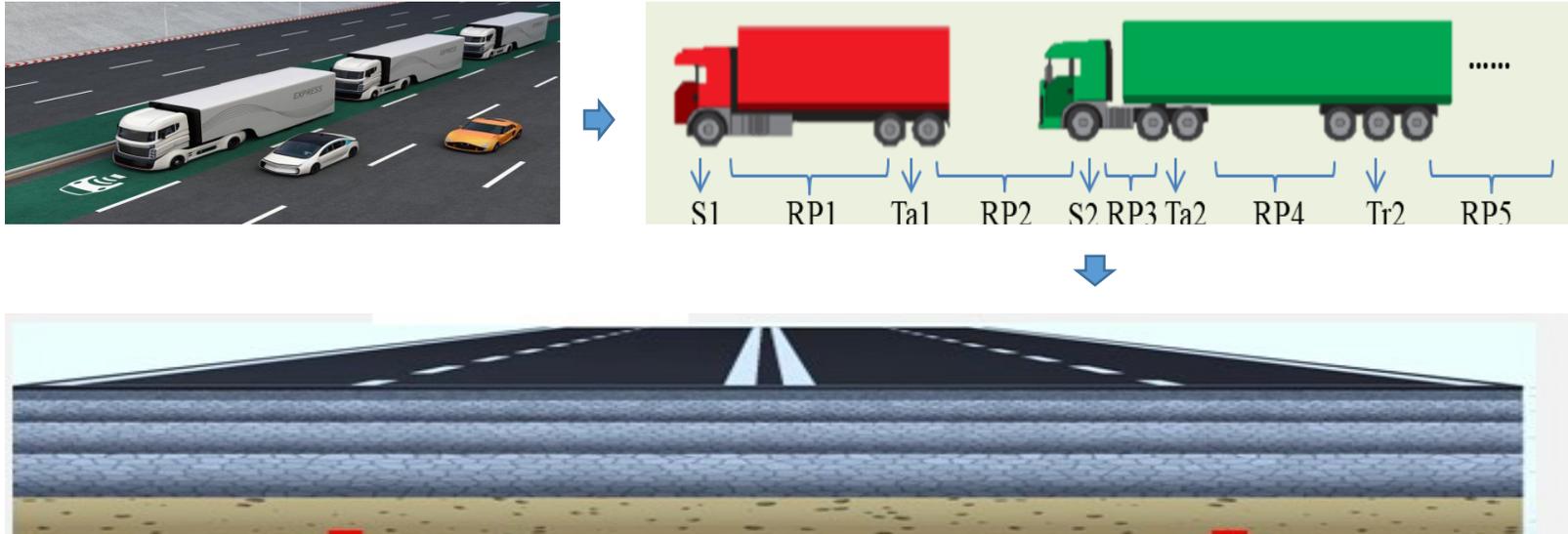
结论

卡车编队技术



- IPCC 2022: 交通运输领域排放占总排放的23% (8.7 Gt CO₂-eq) , 交通领域降碳迫在眉睫;
- 卡车编队技术可有效减小卡车间风阻, 从车辆角度降低油耗及排放;
- 符合国家“碳中和、碳达峰”重大战略需求。

卡车编队技术影响路面排放



- 编队卡车的车间间歇显著降低，影响路面沥青层损伤的愈合；
- 卡车编队或影响路面的性能，进而影响维修养护，改变路面的全寿命周期排放与成本；
- **在路网级尺度上，编队技术对路面排放与成本的影响到底如何？**

目录

1

背景介绍

2

研究方法

3

卡车编队对路面耐久性的影响

4

卡车编队对车辆-路面系统排放的影响

5

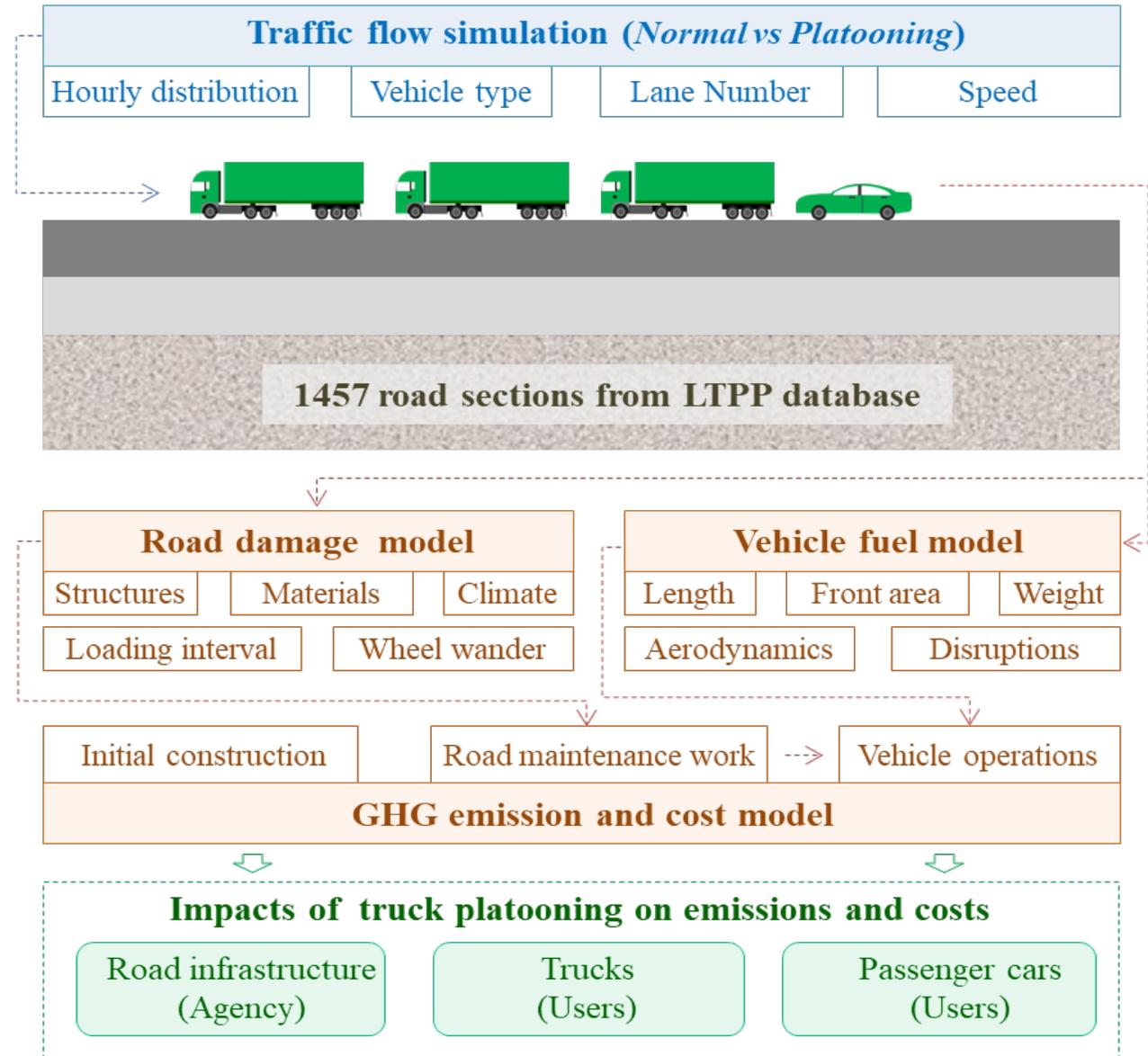
卡车编队对车辆-路面系统成本的影响

6

结论

研究方法

- **车辆-路面协同考虑**: 包含整个车-路系统;
- **路网级**: LTPP数据库1457个路段;
- **真实的基准数据**: 真实交通、结构材料、环境、养护数据;
- **新的路面性能模型**: 适用于不同车辆分布加载状态、不同环境工况;
- **新的车辆油耗排放模型**: 适用于不同编队状态、卡车类型;
- **LCA全寿命周期分析**: 排放&成本分析。



目录

1

背景介绍

2

研究方法

3

卡车编队对路面性能的影响

4

卡车编队对车辆-路面系统排放的影响

5

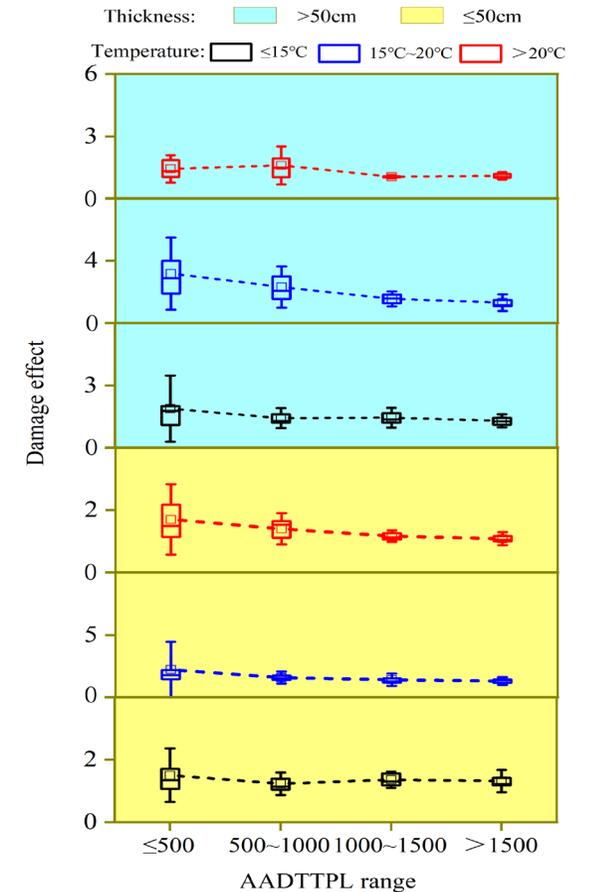
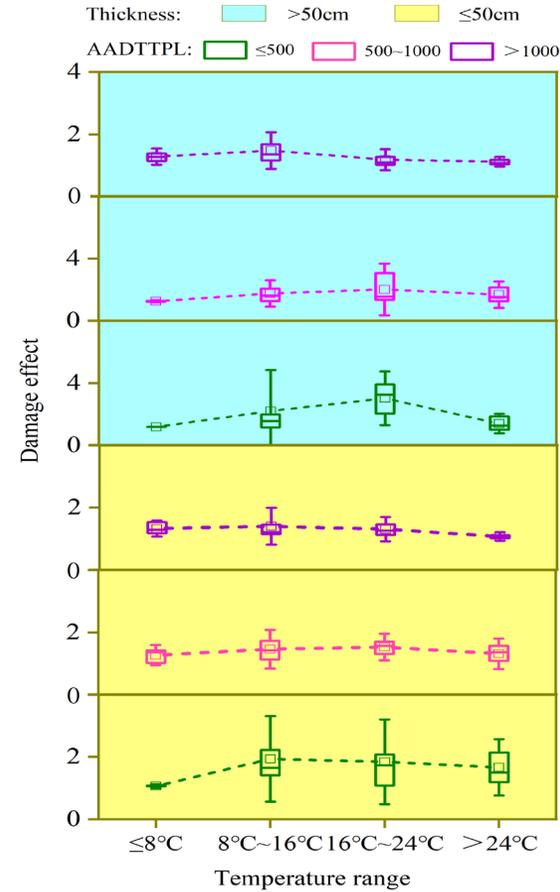
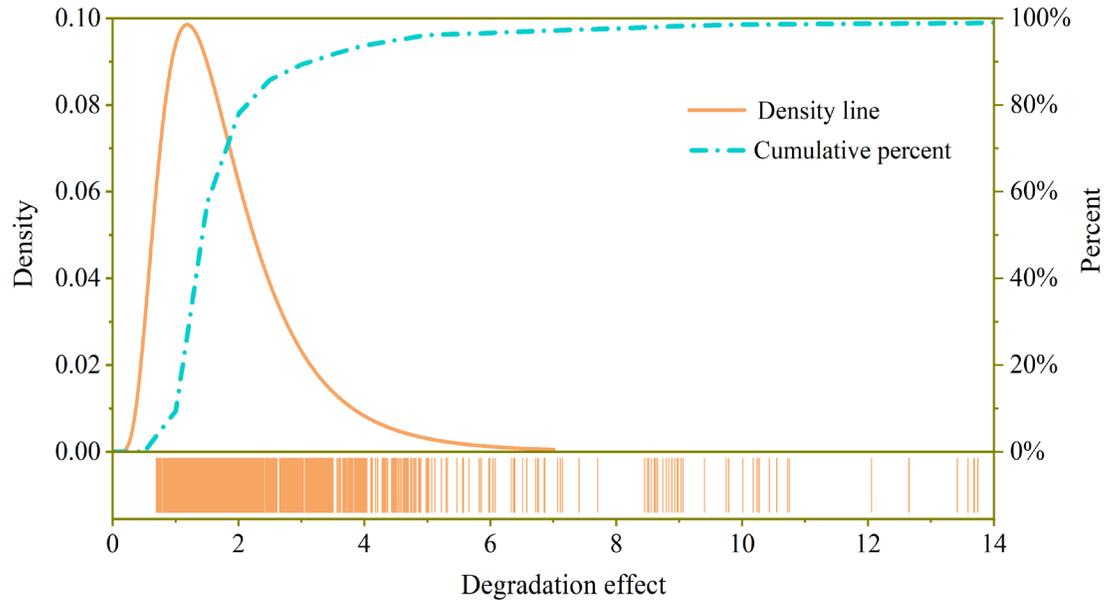
卡车编队对车辆-路面系统成本的影响

6

结论

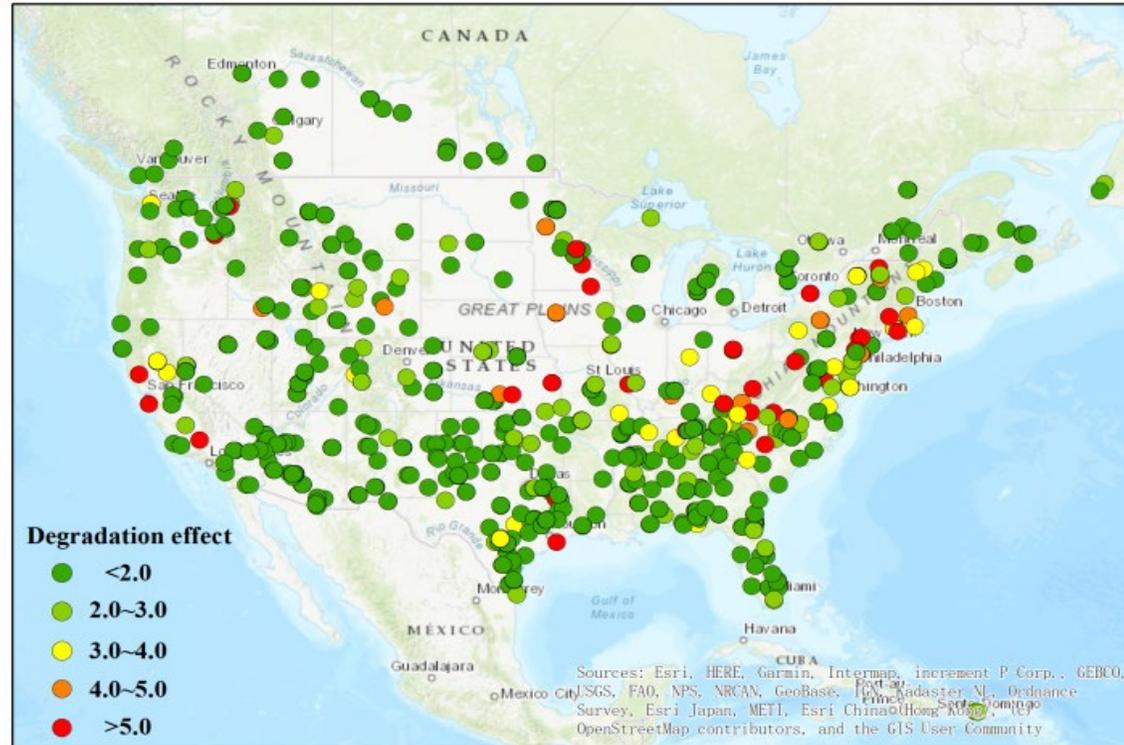
卡车编队对路面性能影响

损伤效应 $DE = \text{卡车编队下路面损伤} / \text{正常行驶下路面损伤}$



- 损伤效应DE普遍大于1.0、均值为2.0，说明**卡车编队将增加路面损伤，影响路面的耐久性**；
- DE在中温状态及高交通量时数值相对较小：卡车编队技术初期可在该两种条件下推广，以降低对原路面影响。

卡车编队对路面性能影响



- 卡车编队情况下1457个路段的损伤效应DE的具体分布。

目录

1

背景介绍

2

研究方法

3

卡车编队对路面耐久性的影响

4

卡车编队对车辆-路面系统排放的影响

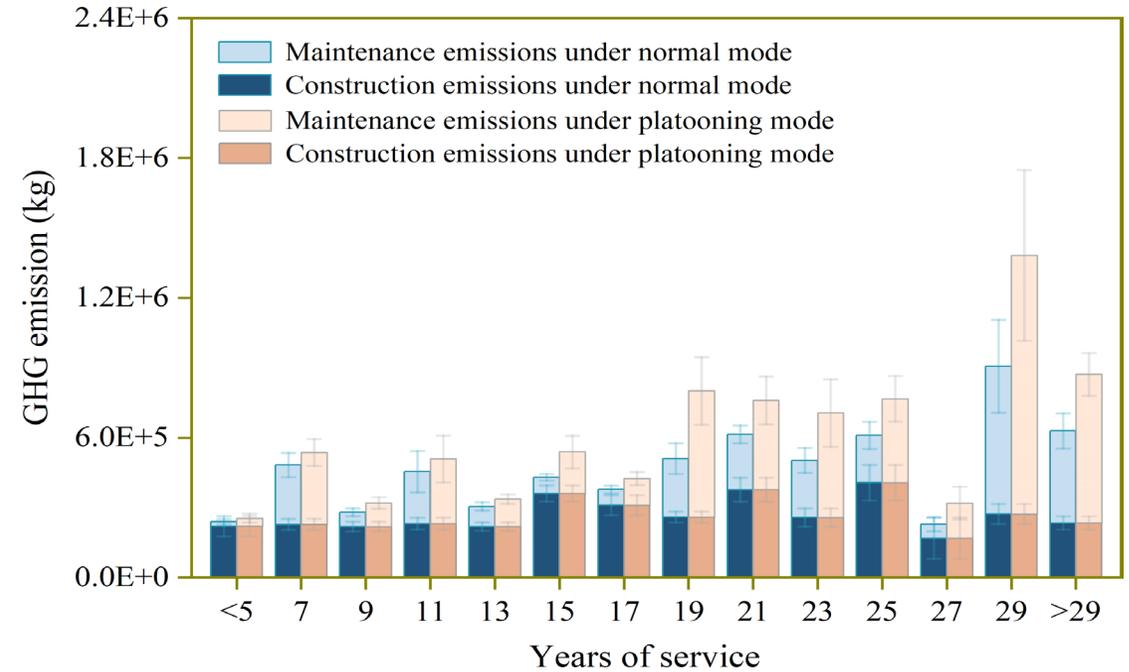
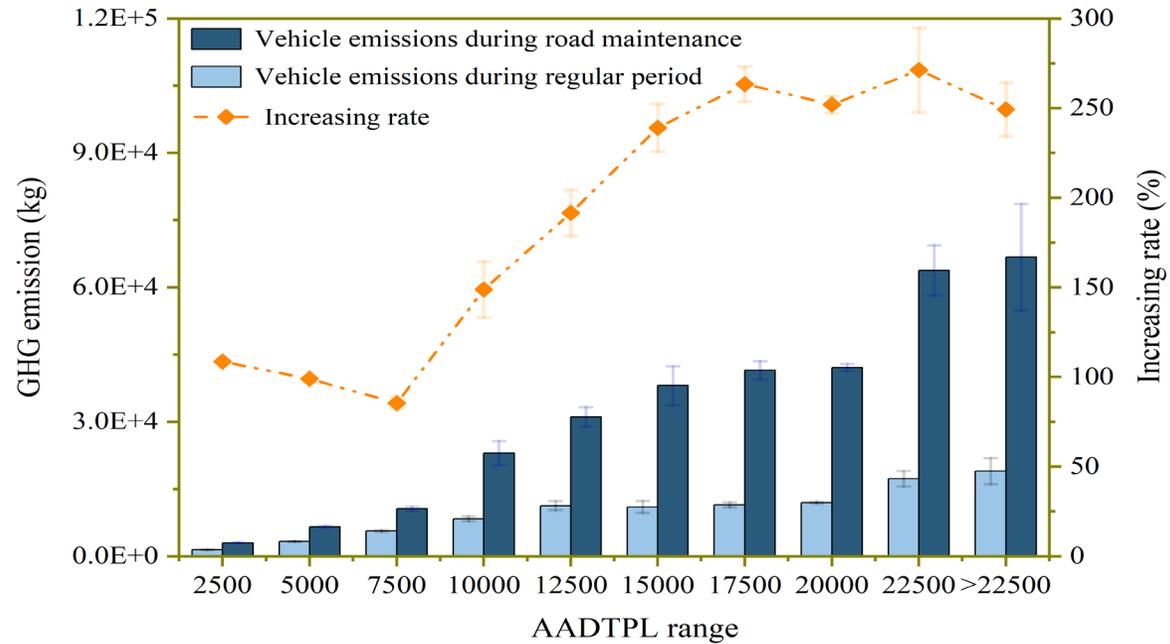
5

卡车编队对车辆-路面系统成本的影响

6

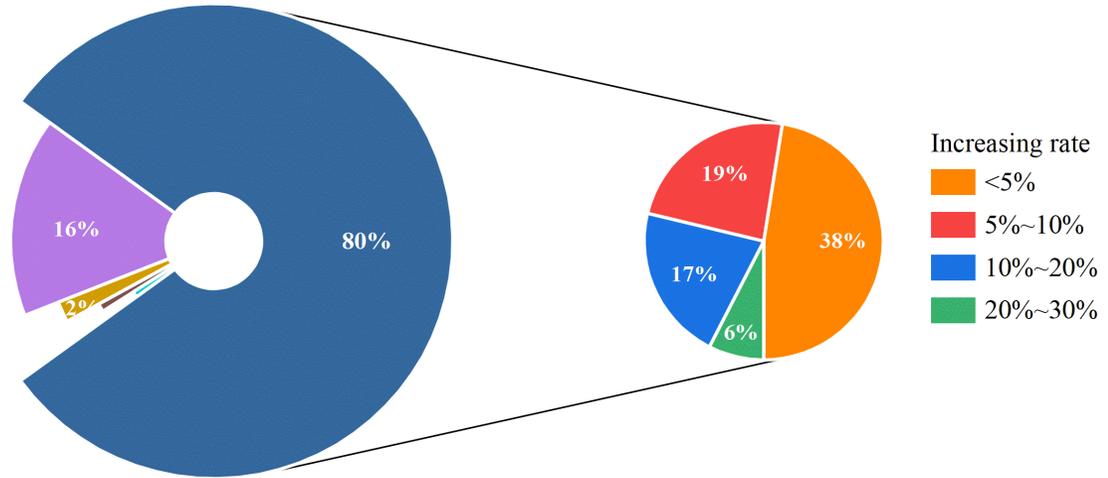
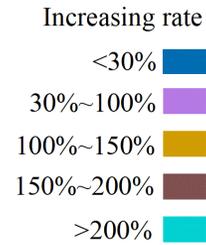
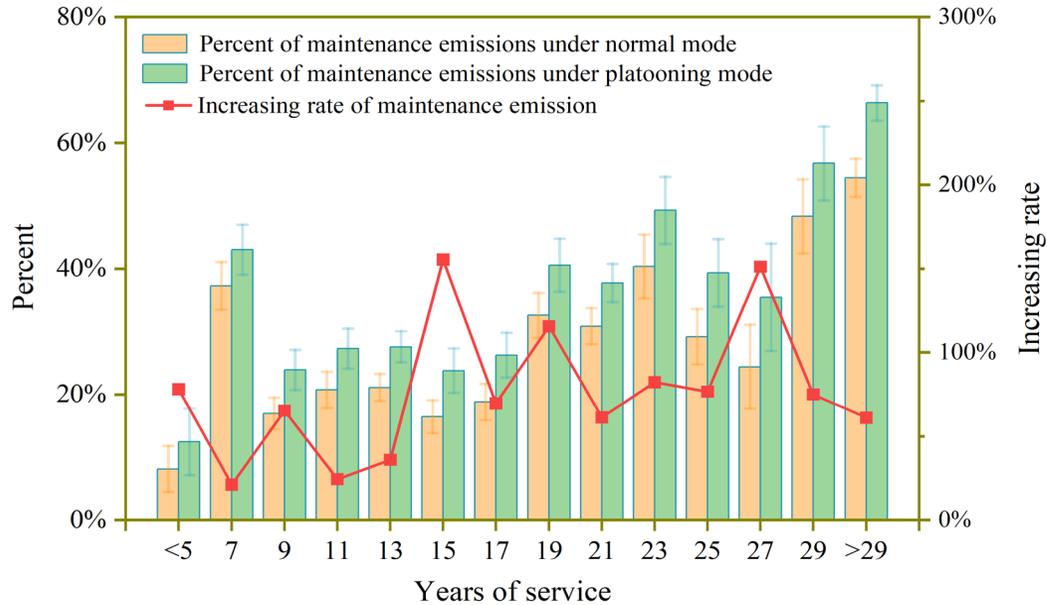
结论

卡车编队对路面排放的影响



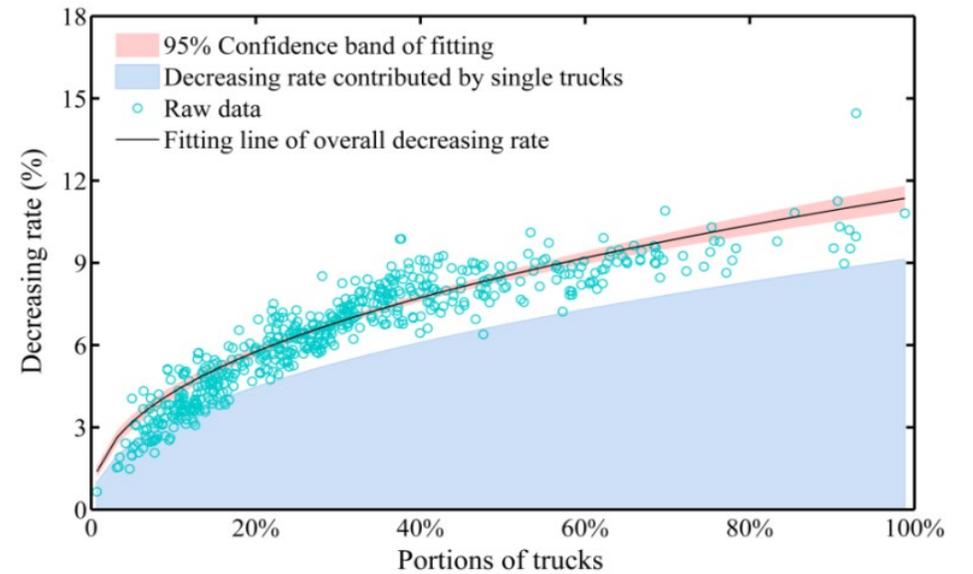
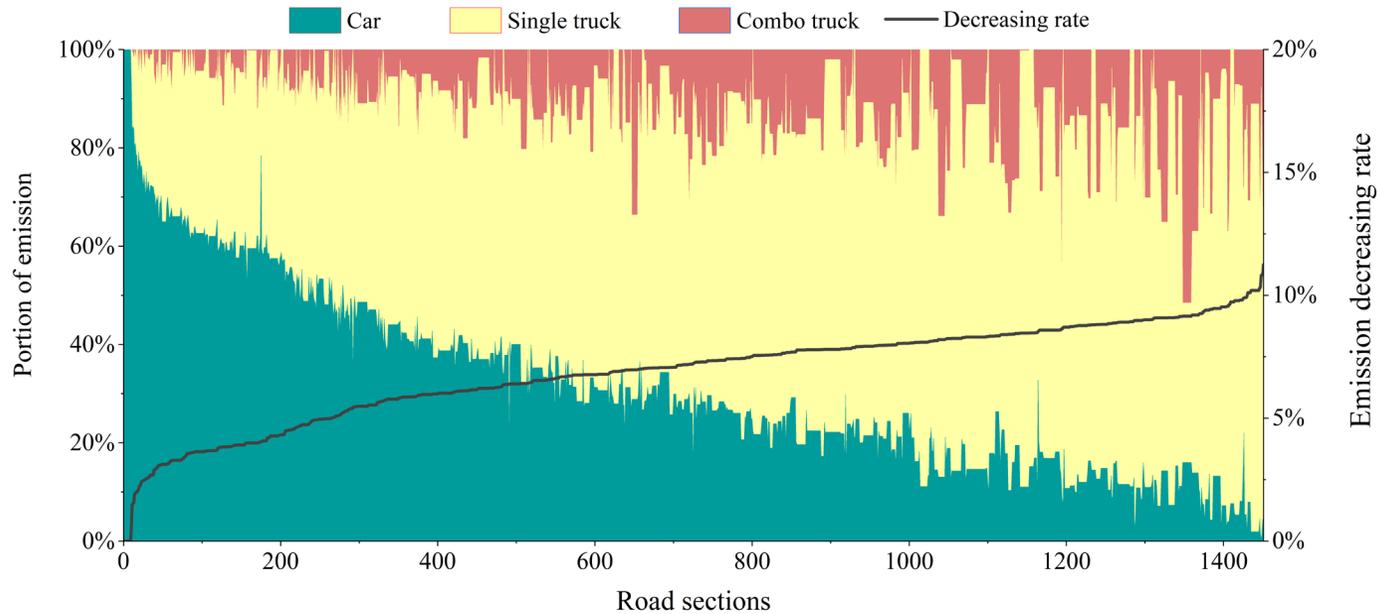
- 卡车编队带来的加速损伤将增加路面的养护维修频次;
- 养护维修对路面原交通干扰严重, 造成加减速、排队、绕行等现象: 与正常行驶状态相比, **养护维修状态下路面车辆排放将增加100%甚至200%**, 增加的比例随路面交通量的升高而升高;
- **路面养护期的排放占路面总排放 (新建时期排放+养护时期排放) 的8%~54%!**

卡车编队对路面排放的影响



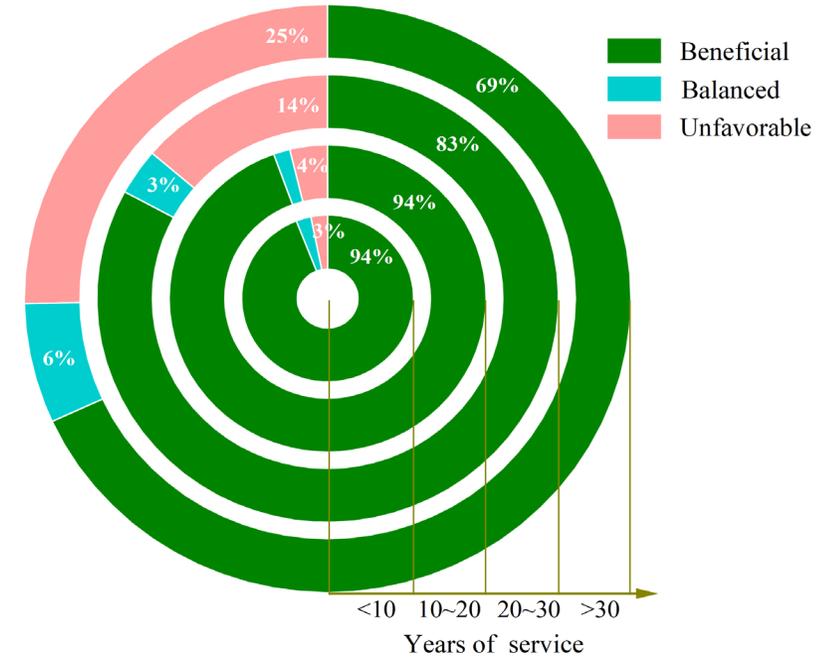
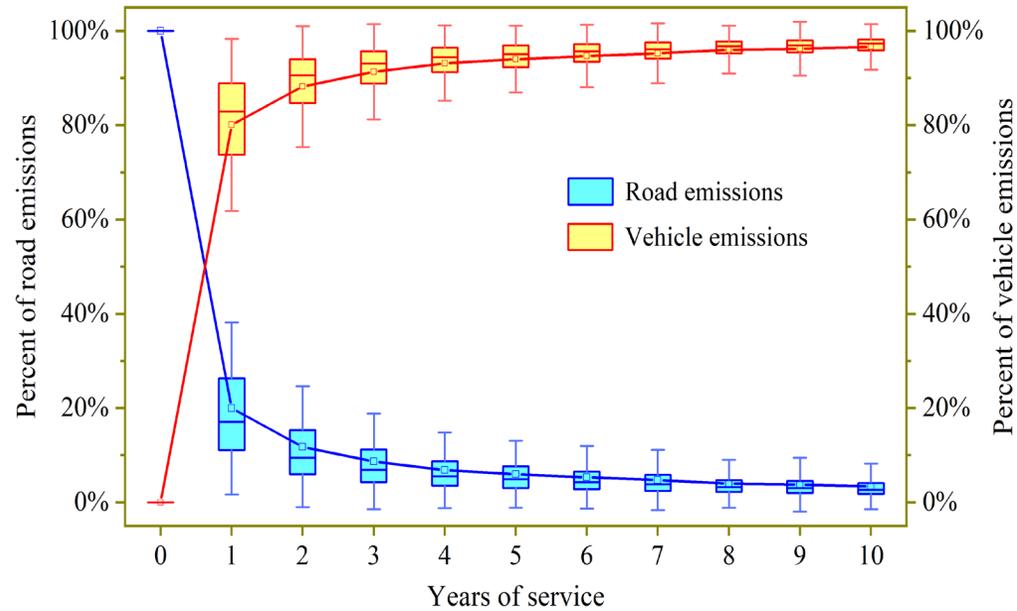
- 采用卡车编队后，由于养护工作更频繁，路面养护排放将增加21%~155%，其占总排放的比例增加到12%~66%；
- 由于养护排放的增加，卡车编队情况下路面的总排放平均上升27.9%；4%的路段甚至会增加一倍排放！

卡车编队对车辆运行排放的影响



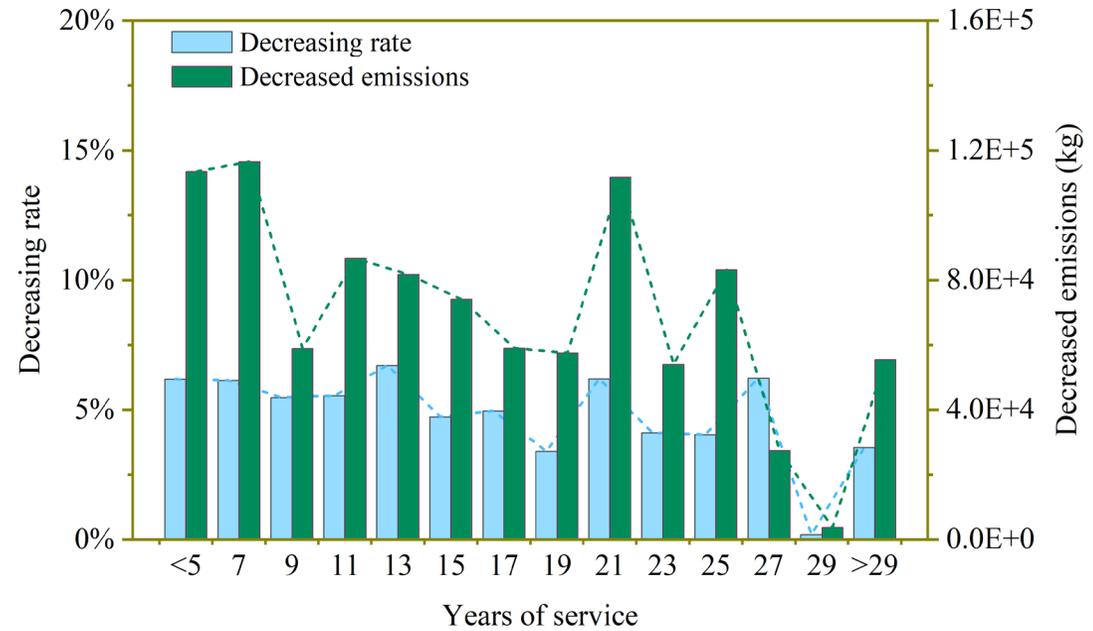
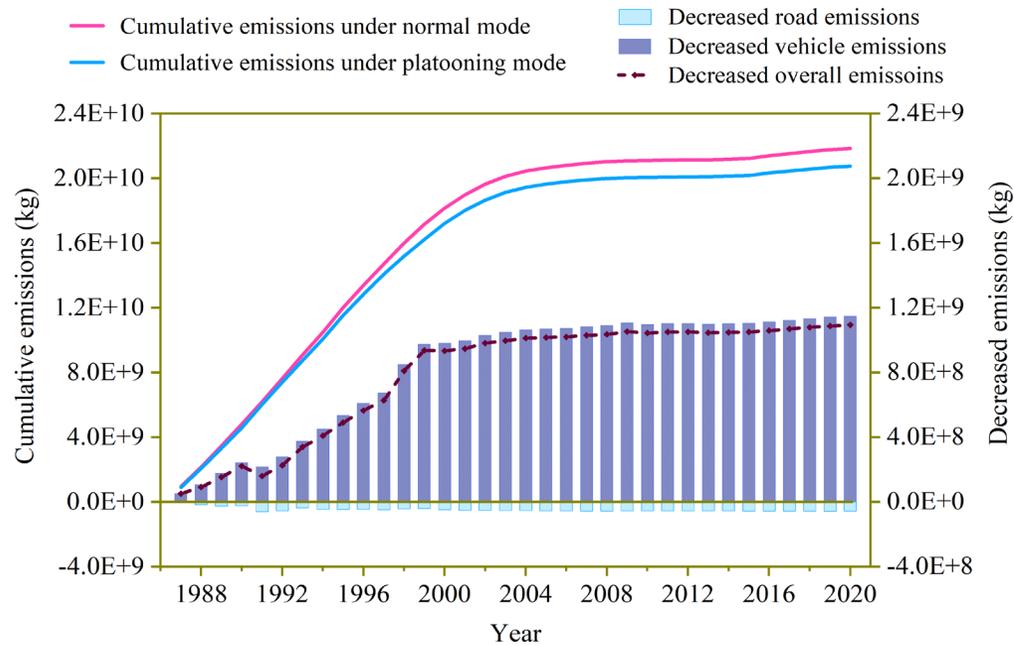
- 所研究的1457个路段上，卡车运行带来的总排放与小汽车的总排放基本相当，前者略高于后者；
- 编队技术降低了卡车的风阻，由此降低了车辆运行期间的排放：**车辆总排放（卡车+小汽车）的降低比例随路段上卡车比例的增加而增加，上限为14%左右。**

卡车编队对车-路系统总排放的影响



- 编队技术增加了路面排放，但降低了车辆运行的排放，体现出利弊两面性；
- 但对比车辆运行排放与路面排放发现，随着使用年限增加，**车辆运行排放逐渐占主导地位，第4年即占据车-路总排放的90%**；
- 因此，总体而言，编队技术对车-路系统的总排放有益：**69%-94%路段的总排放（车排放+路排放）会降低**，仅3%-25%路段的总排放会增加，剩余3%路段的总排放基本不变。

卡车编队对车-路系统总排放的影响



- 分析了有无编队情况下1457个路段34年间 (1987年~2020年) 的车-路系统总排放, 进一步证实了编队技术对车-路系统总排放的降低效应;
- 平均而言, 车辆编队技术可降低**5.2%**的车-路系统总排放。

目录

1

背景介绍

2

研究方法

3

卡车编队对路面耐久性的影响

4

卡车编队对车辆-路面系统排放的影响

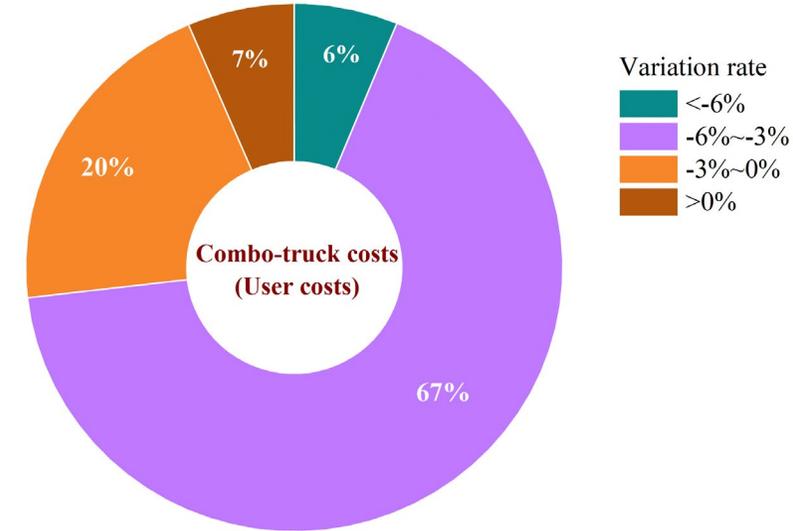
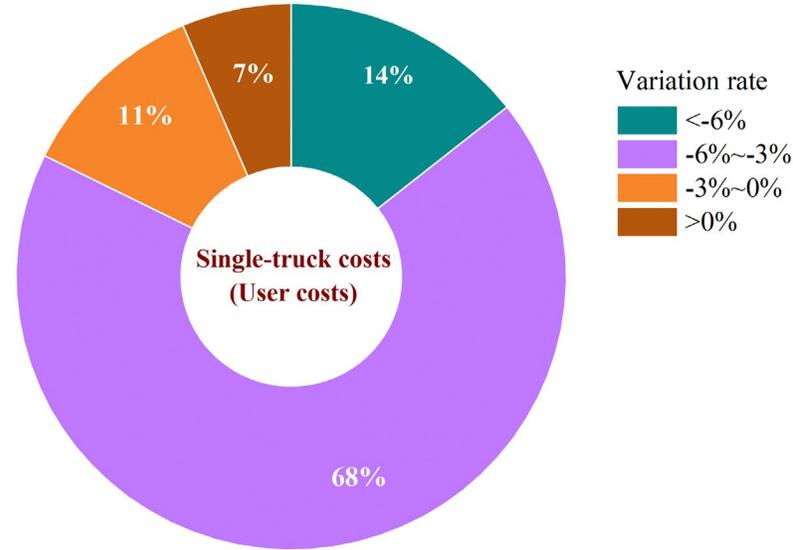
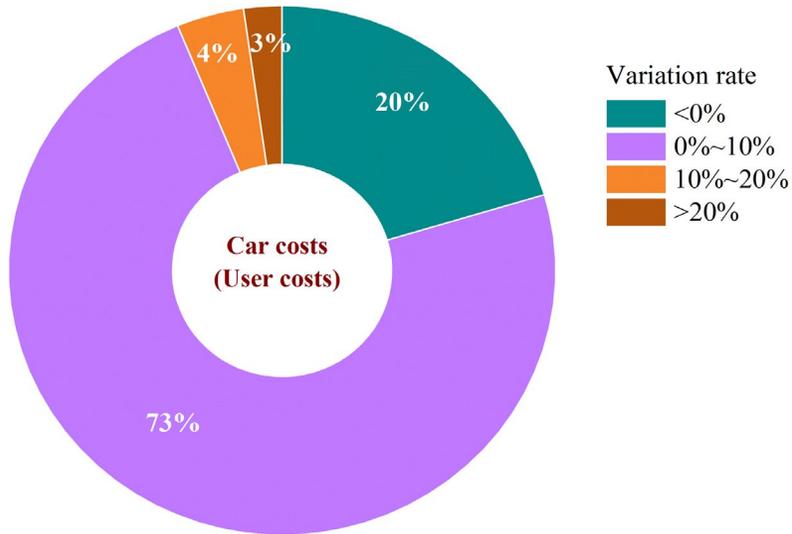
5

卡车编队对车辆-路面系统成本的影响

6

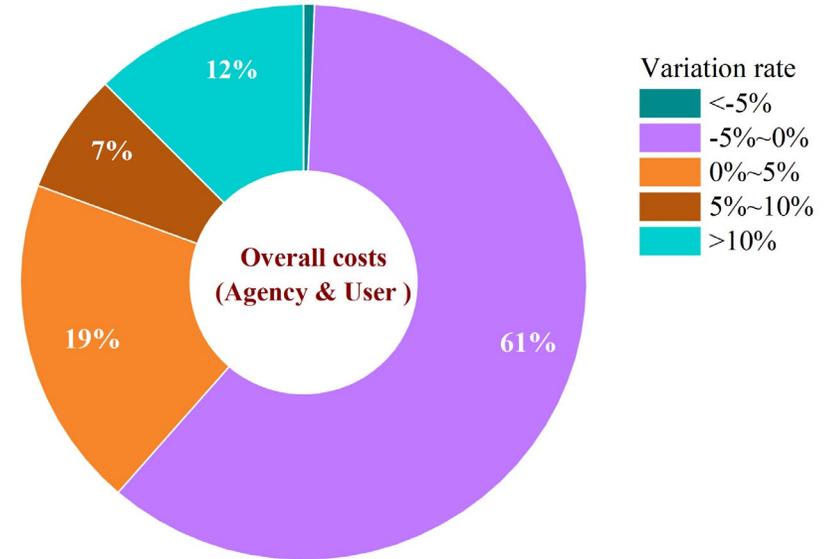
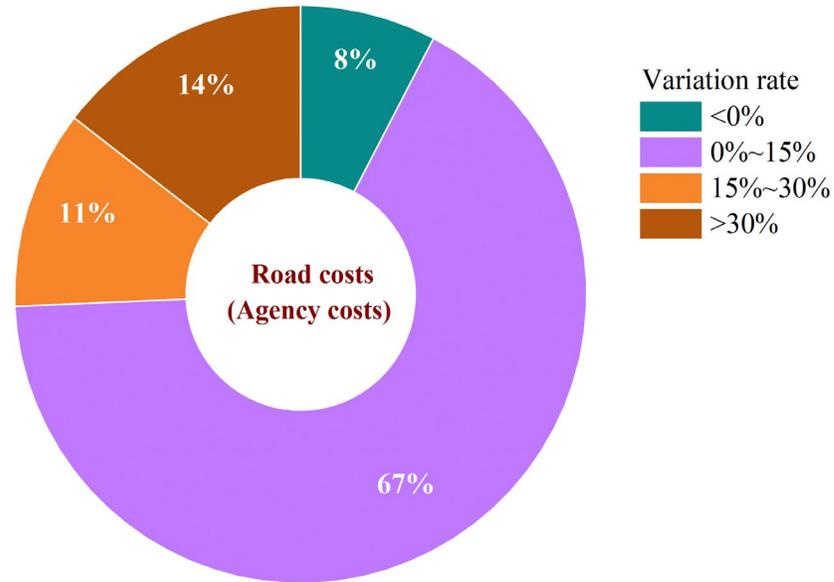
结论

卡车编队对车-路系统成本的影响



- 小汽车费用（用户费用）：编队带来更多的路面养护维修，增加了小汽车的拥堵情况下的费用，费用平均上升3.1%；
- 卡车费用（用户费用）：尽管编队也增加了卡车的拥堵费用，但其降低了卡车正常运行时的油耗，因而降低了卡车费用，平均降低4.1%。

卡车编队对车-路系统成本的影响



- 路面费用（机构费用）：车辆编队引起路面更频繁的养护维修，**使得路面设施的费用平均上升25.3%**；
- 车-路系统的总费用（用户费用+机构费用）：**总费用平均增加4.5%!**

卡车编队对车-路系统成本的影响

	车辆成本 (用户成本)						路面成本 (机构成本)		总成本 (机构 & 用户成本)	
	小汽车		单斗卡车		拖挂车					
均值 ^a	+3.1%	+13010\$	-4.2%	-14277\$	-3.5%	-2682\$	+20.8%	+20345\$	+4.5%	+16396\$
SE ^b	0.3%	2168\$	0.1%	601\$	0.1%	161\$	2.6%	2050\$	0.9%	3598\$
IQR ^c	2.8%	3828\$	2.0%	14600\$	2.5%	3347\$	15.4%	18075\$	5.8%	31611\$

- 引入卡车编队技术后，整个车-路系统的总费用增加4.5%，相当于每公里路段增加\$ 16396的成本；
- 卡车编队技术是把双刃剑，对整个系统的排放和费用产生相反的影响！需要衡量其经济效益与社会效益；
- 卡车编队对小汽车、卡车、机构各方费用产生的影响也不同，需要新的管理方法平衡各方利弊。

目录

1

背景介绍

2

研究方法

3

卡车编队对路面耐久性的影响

4

卡车编队对车辆-路面系统排放的影响

5

卡车编队对车辆-路面系统成本的影响

6

结论

主要结论

- 卡车编队减小了车间的加载间歇，将增加对路面的损伤，影响路面的耐久性；建议先在中温地区及高交通量路面先推广使用，以降低对路面的大规模不利影响；
- 正常情况下，养护维修引起的排放占路面总排放的8%~54%；卡车编队将进一步增加路面养护维修频次，使得养护排放升高21%~155%，其占总排放的比例也增加到12%~66%；路面总排放也上升27.9%；
- 卡车编队技术有效降低了车辆运行期间的排放，车辆排放的降低比例随路段上卡车比例的增加而增加，上限为14%左右；
- 对于整个车-路系统，卡车编队可降低其5.2%的碳排放；但与此同时，车-路系统的总成本将增加4.5%，相当于每公里路段增加\$16396的成本；
- 卡车编队技术将对车-路系统的各个参与对象（汽车用户、卡车用户、道路设施）的排放与成本带来不同甚至相反的影响；因此，需要进一步提出新的管理方法，来平衡其带来的各种利弊。

欢迎讨论交流!

卡车编队技术与道路性能对碳排放影响的综合评价

王子红 教授
香港理工大学

Email: yuhong.wang@polyu.edu.hk