

文章编号: 1002-0268 (2003) 02-0148-05

公路货运超载运输现状及对策的建议

黄文元¹, 王旭东², 刘瀚彪³, 周朝毅³

(1. 同济大学道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 200092;

2. 交通部公路科学研究所, 北京 100088; 3. 广东省公路管理局, 广东 广州 510075)

摘要: 公路货运超载呈现愈演愈烈的态势, 各种危害显现, 已经引起相关的技术和行业主管层面的广泛关注, 建立在充分统计数据上的定量危害分析一直非常欠缺, 使得公路基础设施建设和维护与交通现状存在脱节, 超载管理工作也多少带有盲目性。按照公路设施破坏的口径, 本文对广东省主要公路进行了全面的车型组成和施荷参数调查, 与此同时, 收集同一段落的交通量资料。在此基础上, 分析超载超限运输对公路设施、交通安全及其他交通相关行业的不利影响, 进一步提出公路路面技术和运营管理政策的建议。

关键词: 超载超限; 轴载; 道路设施; 交通安全; 对策

中图分类号: U492.3

文献标识码: A

Overloaded Trucking in China and Countermeasures

HUANG Wen-yuan¹, WANG Xu-dong², LIU Han-biao³, ZHOU Chao-yi³

(1. Tongji University Shanghai 200092, China; 2. Highway Research Institute, MOC Beijing 100088, China;

3. Highway Administration of Guangdong Province, Guangdong Guangzhou 510075, China)

Abstract: Truck overloading in China becoming more serious, with various negative impact, which cause wide concern from professionals to competent authorities. Quantitative analysis based on adequate data is still limited, the design and maintenance of highway facilities can't conform to its service object, so is the administration of truck weighing. For the purpose of evaluating the impact of overloaded trucks on highway facilities, an axle load survey on the main highways in Guangdong province was conducted. At the same time, the traffic data at the same position was collected. On the basis of these results, the influence of overloaded traffic on highway facilities, traffic safety and other transportation relative industries is analysed. In the end, the recommended countermeasure dealing with overloaded trucks is provided.

Key words: Overloaded; Axle load; Road facility; Traffic safety; Countermeasure

0 调查的目的和概况

由于经济持续高速增长、新旧经济体制过渡期市场行为一定程度的无序性、运输者片面追求利益最大化、公路运输缺乏有效的执法等原因, 我国公路普遍存在严重的超限运输现象。2000年交通部发布《超限运输车辆行驶公路管理规定》, 为我国轴载管理提供了法规依据, 但要想使《规定》真正发挥作用, 首先就要全面了解超限超载运输现状, 在此基础上, 量化超载的影响并建立定量监控超限超载运输的手段和

机制。2001年11月, 受广东省公路局的委托, 交通部公路科研所对广东省代表性公路进行了全面的超载运输调查和分析, 在这一方面做了一些尝试。

广东省是华南经济中心, 是我国南北货流的主要起迄点和西南诸省对外的重要通道。因此, 对广东省的调查相对全国的省际货运车辆有很好的代表性。本次调查选取了107国道广东段最北端的老坪石和清远市城区往广州出口2个调查点。324国道是贯通广东省南北的主要道路, 连接广东省两个发达地区(珠三角和潮汕地区), 本次调查在惠州段的长宁收费站设

收稿日期: 2002-04-08

作者简介: 黄文元(1975-), 男, 江西吉安人, 博士研究生。

了1个调查点,在广州往西南通道的马房收费站设了1个点。为了解发达地区的交通特点,还在105国道中山段往广州方向及顺德段往珠海方向各选了1个调查点。

调查主要实施静态轴重和轮胎内压力调查,同时收集调查点同期的动态称重点的检测数据和与调查点接近的常年观测站交通量资料,此外,调查现场安排专人统计交通量,按轴重口径区分车型和空车/载货车。

1 调查结果的 analysis

1.1 超载对路面破坏分析

(1) 后轴轴重分布

图1是本次调查轴载抽查后轴重的分布情况。从图上看,超限超载运输已到了非治不可的地步了。我国轴载管理工作长时期欠缺,已经使得公路上运营货车的实际后轴重达到世所罕有的规模。不光是表征轴载整体情况的轴载谱峰值(约为13t)大大超出法定最大轴重,分布域(变异性)也很大,最大单轴重竟达31t。在轴载管理成功的国家,货车后轴重分布是峰值接近法定限值的窄波。本次调查总的单轴超限率竟高达54%。

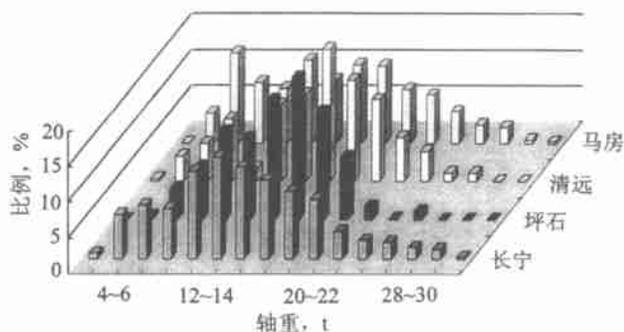


图1 主要调查点的货车后轴轴重谱

一般情况下,货车后轴的轴重分布有2个峰值,1个位于10t以下,一个位于10t以上,它们分别表征了货流组成的2个主要部分:区域内交通和过境交通(长途货运)。过境交通的超载严重,载货率高。区域内交通一般不超载,回程空载率高。2个峰值谁占主导地位,代表的那种交通流就为主。

(2) 轮胎压力状况

目前公路上最常见的是中型货车,其原来的轮胎标准配置是9.00-R20-10PR轮胎,但为了满足超载的需要,近几年来一直在向重型货车的高层级配置靠拢,从10PR \rightarrow 12PR \rightarrow 14PR \rightarrow 16PR,一些厂家甚至已经开始生产9.00-R20-18PR型号的轮胎。在国外轮胎生产技术标准和国家的技术标准中,9.00-R20型轮胎

最高层级为14PR,层级超过14的轮胎仅用于重型货车。为了维持轮胎的稳定性,高层级轮胎有较高的标准气压要求(9.00-20-16PR斜交轮胎单胎气压为0.862MPa,双胎气压为0.794MPa;9.00R-20-16PR子午线轮胎气压为0.892MPa),均大大超过我国路面设计规范中的标准轮胎压力。

轮胎重载化为气压超标创造了物质基础。由于高压气可以减少行车阻力,经常性超载的车辆一般都把气压充到超过标准气压,而且,从统计角度看,日常装载越重货物的货车气压也倾向充得越大。图2是本次调查获得的轮胎内压力分布情况(气压表的量程1.1MPa)。49%的载货货车后轮轮压超过了1.1MPa,而我国沥青路面设计规范中的设计接地压力仅有0.7MPa。因为沥青面层的大部分破坏类型与接地压力的相关性超过与轴载的相关性,轮胎压力过度增加对沥青路面的危害最大,超载盛行是我国很多新通车沥青路面早期损坏的重要原因。对于水泥混凝土路面而言,轮压过大将加速路表面的冲刷。

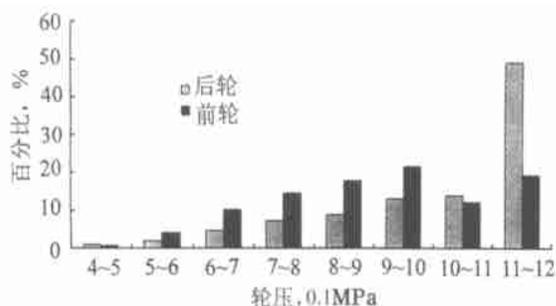


图2 轮压谱

(3) 超载引起的当量轴次变化

荷载对路面的破坏主要体现在结构性破坏和面层行驶性能破坏两个方面。超载运输带来了路面交通状况的严重恶化:轴载成倍增加、轮胎接地压力大大增加、轮胎压力作用时间延长等。水泥混凝土路面主要对轴载敏感,超载车辆通过时,基层顶面的压力必然大大增加,薄弱部位发生变形和冲刷的可能性和量都大大增加,加上水泥混凝土板本身的应力增加,断板、唧浆和沉陷等病害势必提早和增量发生。沥青路面则同时对3个因素敏感。由于沥青混凝土材料本身并非完全弹性体,荷载的大小、作用时间和温度、湿度等环境因素对其力学响应都有很大影响。1998年由交通部委托部公路科学研究所实施的全国高等级沥青路面公路早期损坏调查表明,半刚性基层路面结构承载能力基本经受住了超载的考验,但沥青路面面层普遍地在通车后一两年内出现了新形式的高温稳定类和水损坏类病害。这些病害都可以找到技术和施工管

理层面的原因，这些在轻交通下可能被掩盖的不足在超载运输的考验下充分暴露了出来。

表 1 为 2000 年各调查点的轴次计算情况，本次调查的平均实际日当量轴次是 47 055 次，满载处理日当量轴次是 3 476 次。本次调查抽查的所有车辆实载货物 22 401t，所有车辆的额定载货量为 7 680t。由上

各调查点累计当量轴次

表 1

地点	年份	小货	大中货	小客	大客	拖挂	总计	满载当量轴次	大中货运量	交通量
坪石	2000		46269	2	564	6972	53807	3193	5682	8385
中山	2000	1	23819	14	1615	9463	34928	4801	9408	28603
马房	2000		52992	15	1674	7430	62120	3323	4499	20842
长宁	2000		53674	8	987	2422	57098	3044	5136	14307

1.2 超载对桥梁结构的威胁

在重载条件下，即使是设计标准较高的水泥混凝土桥梁，也不能避免挠度增大，导致水泥混凝土开裂数量和宽度增加，使钢筋锈蚀，缩短桥梁寿命。桥梁面板的非主梁位置，由于保险系数相对较低，承受超载车辆时很有可能面板局部塌陷。超载运输还会提早或增加桥梁的其他薄弱环节的破坏，如伸缩缝接口钢材焊口的开焊。虽然我国还几乎没有发生主要原因是超载的毁桥事故（设计体系的安全系数大），但鉴于毁桥事故的严重后果，以及我国公路运输超载仍然在不断恶化的实际情况，对各类桥梁的承载能力评估及评估后对部分桥梁的加固是必须的。本次调查所得的轴载结果可以用作桥梁应力分析的输入数据，但如果考虑到施工质量的变异性，室内计算是不能取代现场检测的。表 2、表 3 是本次调查车辆总重（抽样称重样本 1 327 个）的极端情况列表和总重的分布情况。表 2 中 18 辆车都是半挂车（绝大部分 5 轴以上），虽然半挂车轴数多对路面是很有好处的，但由于桥梁的结构主要对总重敏感，超载情况下的半挂车应该成为桥梁承载力验算和现场检测的重点标准车型。从桥梁安全角度出发，合理总重标准的建立和总重监控设施的建立也是轴载管理工作的重要内容。

总重超 70t 车辆列表

表 2

车型	额载 (t)	总重 (t)	车型	额载 (t)	总重 (t)
	15	89	三菱	15	91.2
NISSAN	25	75.4	三菱	10	77.8
红岩	10	79.6	三菱	12	131.8
三菱	10	73	三菱	10	89.6
三菱	12	83.8	UD	15	101.2
三菱	20	77.8	三菱	10	76
斯太尔	20	74.4	三菱	10	89.6
五十铃	10	74.2	三菱	10	80.6
HINO	15	72.6	HINO	10	89.6

面数据可以算得，在货流量对等前提下，超载的当量轴次是载货车满载处理的 460%，也就是说，在当前的超载情况下，运输同样量的货物，超载将使路面寿命无谓损失 78%，设计的全寿命期间要增加 4 次大修，经济损失巨大，同时也严重威胁我国道路设施的服务水平。

载货车总重分布

表 3

总重(t)	< 10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	> 90
频次	133	488	460	133	53	24	18	9	6	3
比例(%)	10.0	36.8	34.7	10.0	4.0	1.8	1.4	0.7	0.5	0.2

1.3 超载对交通安全的影响

我国道路事故率和死亡率一直居高不下，和欧美等发达国家相比，在各类事故统计指标上多有数量级的差距，与车辆关系最密切的每万车死亡人数指标值是欧美的 30 多倍，比以交通事故多著称的韩国还要高 4 倍。从发展的角度看，事故的发生次数和受伤人次经历了 1980 年代中后期的快速增长后一度回落并趋于稳定，但事故死亡人数却一直持续快速增长。以上事实表明，我国交通事故组成中重大事故的比例明显偏高且在不断增加。这一现象与我国交通安全管理和车辆制造水平不断提高的事实脱节，但却与愈演愈烈的超限超载现象相关性很好。另一方面，调查表明，尽管单纯的车辆技术故障造成的交通事故比例不高，但死亡率极高，而且可以相信，车辆技术状况在很多情况下，起着事故临界状态的决定性作用。

公路交通事故车辆故障原因主要有：发动机故障、冷却系故障、油路故障、传动系故障、制动系故障、爆胎、电路系统机附件不全等。毫无疑问，超载运输增加了车辆各系统的负担。虽然在市场驱动下，我国汽车生产厂家都给车辆预留了一些超载空间，但这些空间对普遍 4、5 倍的超载是无能为力的。长期的超负荷运行使我国本来就不佳的车辆技术状况雪上加霜。在河北邯郸对货车司机的调查表明，超载车的平均寿命仅有 2 年。以下主要分析超载增加或加重的交通安全隐患。

轮胎故障是交通事故特别是高速公路交通事故的

重要故障诱因类型,在很多高速公路上,轮胎故障导致事故占到了故障类事故的 50%。夏季是爆胎的高发季节。爆胎可能造成车辆的倾覆、车辆完全失控。本次调查发现了很多问题轮胎,有的胎纹严重磨损,有的胎侧发生裂纹,最严重的裂纹已经环形贯通。调查有一项重要的内容是轮胎气压的测量,原计划逐轮检测,后来因为大量车辆气嘴老化,检测过程造成漏气而不得不改成只抽检新胎。轮胎特别是超载车辆的轮胎检查应该成为交通安全部门一项重要的工作。

制动系统和轮胎问题一样,是超载车辆威胁交通安全的重要原因。本次调查中车辆的轴重普遍超过设计满载轴重的 2~3 倍,也就是说要达到同样的制动效果,制动力要增加 2~3 倍,产生的热量也是额载下的 2~3 倍。司机在紧急状态下的制动力量是一定的,超载将导致制动加速度降到设计值的 1/2~1/3,制动距离增加 2~3 倍,而交通事故的发生与否常常决定于毫厘之间。在超载的情况下,紧急制动时还更有可能车轮抱死侧滑。制动系统的热稳定性也是一定的,摩擦力矩是随着制动器的温度增高而显著下降的,超载车辆在山区和丘陵地区行驶时,连续的制动造成的摩擦衬片温度增高又将使制动力进一步下降,在这种情况下,很多货车安装了轮毂气动喷水降温设备。本次调查的 107 国道坪石到清远段,有一段山区到平原的长坡过渡段,沿途随时可以看到轮毂喷出浓重气雾的超载货车,但喷水设备看来还解决不了问题,沿途的当地人每隔一段距离设置一个平台,供有需要的货车紧急降温。每逢雨天,该段落都要发生事故,且多与超载车有关。

超载时的前轮轴重增加过多也是影响交通安全的重要因素。超载如果再加上配载不合理的话,前轴的轴重会达到一种相当惊人的程度(如图 3)。足够的制动力和灵活的转向是躲避碰撞的两个必要条件。货车在设计轴荷分配计算过程中有一个控制指标,即前轴轴荷在 2.5~4t 之间。本次调查有 76% 的载货货车前轴重超过了 4t,甚至有 1% 还超过了 10t。超载不光使前轴也成为路面破坏的重要因素,转向时间的延长也大大增加了货车碰撞的机会。

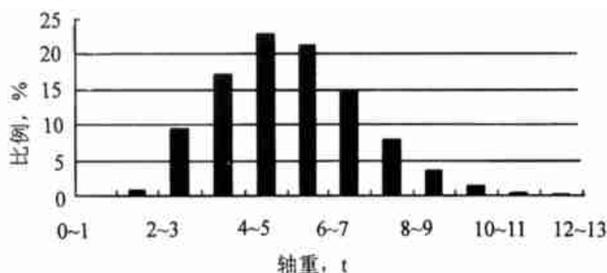


图 3 前轴轴重谱

1.4 汽车工业迎合超载货运市场的错误

我国货运企业过于分散,规模普遍太小,使得目前公路上承担长途货运的主体仍然是整体式(single unit, 又称单元式)货车。从本次调查的结果来看,整体式中型货车的代表车型是解放和东风 5t 系列,满载单后轴重 7t 左右,整体式重型货车的代表车型是解放和东风 8 或 10t 双后轴系列,其他车辆大部分是这 2 种车型的派生车型。机械行业曾单方面从标准轴重超过 10t 的中东欧地区引进了一批超重型车型,如长征汽车厂的太脱拉系列(TATRA, 满载单后轴重 11t 左右),重庆汽车厂的红岩系列(满载单后轴重 12.7t 左右),中国重型汽车厂的斯太尔系列(STEYR, 满载单后轴重 13t)。本次调查也发现一些这类设计超标的车。

整体式货车的结构特点,决定它本不适合于用于长途货运,为了跑长途,超载化改装在所难免。汽车改装市场养活了大量的低技术水平、小规模汽车改装厂,这种局面对我国汽车工业规模化和技术进步,迎接 WTO 的挑战非常不利。

挂车分为半挂车和全挂车 2 种。半挂车是由半挂牵引车牵引并挂车重量的相当部分由牵引车承担的挂车。全挂车挂车与牵引车间没有牵引座,牵引车仅提供动力。相比于整体式货车,半挂车有载货能力和货物适应性强、单位货物周转成本低等特点,而与全挂车比较,半挂车有行驶性能好(总长度短、牵引车转弯和变位方便)、安全性高、经济效益好等长处。在美国,半挂车承担了一半以上的货物周转量,90% 以上的挂车是半挂车。在当今强调高效率、高效益、高安全运输的时代,货车的大型化和多轴化水平代表了货车制造业的水平。现场车型组成调查(见表 4)表明,广东地区半挂车在中型以上货车中的比例平均只有约 10%。在经济不发达地区,这个比例更小,在北方很多地区,挂车主要还是全挂车。

各地货车车型组成

表 4

测点	载货		空中型 货车	空重型 货车	半挂 空车	半挂 比例%	
	中型	重型					
长宁	1262	95	150	320	10	37	10.0
马房	1304	81	104	300	10	8	6.2
坪石	1844	284	302	—	—	—	12.4
清远	657	79	117	240	18	20	12.1
顺德	283	14	38	167	6	9	9.1
中山	668	55	109	429	10	15	9.6
总计	6018	608	820	1469	54	89	10.0

货车制造业有一个指标,整备质量利用率(整备质量利用率=汽车装载质量(额载)/汽车整备质量)。

整备质量利用率越高,该车型的结构和制造水平越高,中型货车利用率一般要求达到1.3,重型货车要求达到1.3~1.7。东风和解放2款经典的早期5t货车车型EQ140和CA141的利用率为1.22,但为了适应超载的需要,这2个国内最高水准的货车生产厂商新近出来的5t车利用率却普遍降到了1以下。

为了迎合公路运输超载的要求,汽车工业采取了一些措施:1.设计中预留超载空间;2.单方面推出设计单轴载超限的车型;3.发展汽车(超载化)改装厂。这些短期的市场因应战术,不仅对公路超载运输起到了推波助澜的作用(应该对国家税费流失负间接责任),实际上也严重危害了货车制造乃至整个汽车工业本身的健康发展。设计制造偏离大型化、高安全的正确方向,大量汽车改装厂的存在也严重拖延了汽车业规模化发展的进程。

1.5 超载使运输人受益了吗?

我国公路货运企业的特点是数量大,规模小,平均每家只有不到2台车,根本不存在垄断和寡头经营现象。因此,我国公路货运市场是完全竞争的市场,价格主要取决于供求关系。如果说税费的征收抬高了一些价格,超载只是又使价格下降了,但并没有给运输人带来暴利。据天津市市政工程学会杨士炯的调查,该市货运市场实际吨公里运费大致在0.5~1.0元之间,而市交通局规定的运价分等级分别为1.87元、2.02元、2.16元,超载200%也未必能收到按正常运价应收到的货款。低价位使得运输人被迫寻求更强的超载手段,普遍提高了超载水平后又使得价格更低,如此恶性循环。超载是不规范的市场陷入恶性竞争的结果。建立和完善轴载管理、规范货运市场,长远来讲有利于运输业的发展。

2 研究结论

1. 广东地区的超限超载现象已经到了触目惊心的程度,87%的载货货车超载,更糟糕的是,超载还在进一步的发展中;

2. 超限超载现象已给广东交通基础设施带来巨大威胁,路面寿命无谓损失78%,致路面早期损坏严重,桥梁也需要全面的检查和补强;

3. 以上的载货货车超载,在现有养路费征收体制下,使得各类税费损失达到66%;

4. 超载使车辆性能整体恶化,严重威胁交通安全,还使得道路通行能力受限,通行效率降低;

5. 超载没有赢家,我国货车和轮胎制造业为迎合超载要求已经偏离了正确的发展轨迹,运输人也没

有从税费偷逃中真正获利;

6. 现有货车车型整体上路面友好性较差,有些车型的友好性极差,车型的友好化是轴载管理的方向之一;

7. 纯粹建立在交通量历史资料基础上的当量轴次计算方法误差极大,严重误导路面结构和材料设计的方向,本报告采用的方法兼具了工程应用性和准确性。

3 技术和政策对策建议

超载运输治理的迫切性已是共识,但是如何治理却是仁者见仁,智者见智。超限运输治理不大可能立即见效,在这种情况下,我们的路面设计和施工应该做怎样的调整?以下是笔者参考国外类似情况的成功经验,结合我国实际情况所作的一些思考。

3.1 适应重载交通的道路路面设计施工技术的调整

1. 道路网络结构的特点,过大增加单独某条路的结构厚度是没有意义的。进行结构厚度设计时,既要超载有准确的估计,也要考虑轴载管理推行后车型组成友好化的趋势。

2. 累计当量轴次计算不能免除轴载调查程序,除非已有可靠的轴载资料。主管部门应定时对重点路段进行轴重调查,监控超载发展情况,同时为路面设计积累参考数据。

3. 对于短期内(也就是不友好车型尚未淘汰的时期内)可能发生的路面病害,如重车导致的早发性车辙、疲劳和水与高温、重车结合导致的沥青混合料稳定性的丧失等问题,在设计施工中应重点考虑。

4. 为了能代表重载交通的施荷特征,设计过程中适当提高计算轴重,材料的试验方法中也应该体现轴重的增加。

5. 加快加强适合重载条件材料的研究,以及材料设计施工技术参数对重载条件下路面性能影响的研究。

3.2 合理可行的轴载管理方法

片面迎合超载现象而提高轴限标准是得不偿失的。至少在没有全面和充分的论据证明这一改变的必要性之前,我们要无条件地维持现有轴载标准的法律强制性。一方面,建立和完善公路轴载管理的工作要加大力度;另一方面,要综合利用法律、政策的规范作用和经济杠杆的引导作用,加快路面友好车型的推广步伐(多轴化)。具体有以下几个想法:

1. 确立轴载管理工作的法律依据,中央政府再通过实施细则条例和技术规范协调统一各省的工作口径。美国有完善的货车车型尺寸和重量(TS & W)立法,要求在州际公路上实施有效(下转第156页)

物流标准具有共同的目标。

2.4 加强监督和政策支持

对一些由传统企业转型过来的企业以及准备进入物流行业的其它企业，政府可以在推广标准化方面予以政策支持和制约。例如采取物流企业市场准入条件来制约物流企业必须贯彻物流标准化。贯彻物流标准化的企业，政府则给予政策上的扶持等。

2.5 加大宣传力度

目前，虽然我国已经加入了 WTO，国际交流、国际贸易日益频繁，国际竞争日益激烈，但仍有一些传统企业，对物流及物流管理理念意识淡薄。因此有关部门应当担当物流理念宣传和推广的号手，让那些漠视物流和物流管理的企业尽快转变观念，这样才能为

物流标准化工作扫清思想上的障碍。

2.6 重视物流标准化人才的培养

目前，我国的物流标准化人才奇缺，相关部门、科研院所和高等学校应大力加强物流标准化人才的培养和培训工作。

参考文献:

- [1] 王之泰. 现代物流学 [M]. 北京: 中国物质出版社, 2001.
- [2] 王成主. 现代物流管理实务与案例 [M]. 北京: 企业管理出版社, 2001.
- [3] 陈方建, 王正谦. 中国物流标准化概况 [J]. 铁道物质科学管理, 1997 (2): 40-41.
- [4] 张铎. 加快物流标准化建设 [J]. 中国物质流通, 2001 (5): 11-12.

(上接第 152 页) 的 TS & W 执法。运输部设置有专门的年度评估制度，凡连续数年不能在 TS & W 工作中满足软硬件建设要求的州，将被处以减少公路联邦政府投资的处罚。

2. 轴载管理自动化硬件环境的建设非常重要。超载车辆很多在夜间行驶，人工检测很难全天候作业，而且随意性大，外界干扰多，不能保证管理工作的连续和标准化，因而必须设置电子化作业的轴载称重站。典型的轴载称重站配置和工艺流程见图 4。只有在电子称重站成为主要国道的标准配置后，轴载才能真正处在监控之下。

3. 轴载管理工作的软环境也很重要。既然轴载管理对交通运输相关部门的长远发展都是有益的，管理措施的制定要吸收他们的意见，执行要得到他们的支持，部门协作是轴载管理工作的成败关键。

4. 建立年度的轴载调查和分析制度，全面监控行政区域范围的货运超载发展变化状况。所得结果，还可以有如下 3 个用途：(1) 作为新路建设和改扩建路面设计的轴次计算的依据；(2) 可以评价超限管理措施的成效；(3) 用以预估路面损坏，提高养路资金调配的科学性和合理性。

5. 有步骤地推进轴载管理工作。轴载管理工作不可能一步到位，公路轴载准入标准应该逐年降低，高于这个标准的，坚决卸货处理。

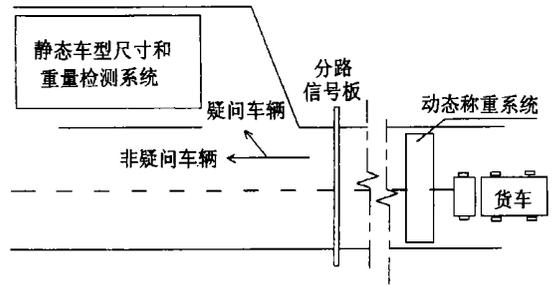


图 4 轴载管理电子化作业流程图

参考文献:

- [1] 中国汽车工业总公司, 中国汽车技术研究中心. 中国汽车车型手册 (上、中、下) [S]. 山东科学技术出版社.
- [2] Comprehensive Truck Size and Weight Study. Final Report [R]. FHWA-PL-00-029, 2000
- [3] 何光里主编. 汽车运用工程师手册 [M]. 人民交通出版社.
- [4] 黄文元. 高等级公路重载交通沥青路面设计的研究 [D]. 交通部公路研究所硕士学位论文, 2000-04
- [5] Bruce G, Hutchinson Large-Truck Properties and Highway Design Criteria [J]. Journal of Transportation Engineering, ASCE, 1990, 116(1).
- [6] 林有贵. 超载汽车对沥青路面的影响 [J]. 广西交通科技, 2000 (12).
- [7] 王选仓. 重载沥青路面研究 [J]. 西安公路交通大学学报, 1998 (10).
- [8] 杨士炯. 我市车辆严重超载损坏道桥的调查报告 [J]. 天津建设科技, 1997 (3).