

国际集装箱公路运输车模式的研究

朱德绵
(上海铁道大学 上海 200331)

摘要 由于国际集装箱单箱总质量大幅度增加,引起了一系列技术问题。本文对此作了有限元计算、结构分析和有关研究,并提出相应的我国国际集装箱公路运输车辆的模式及其组成。
关键词 国际集装箱 公路运输车辆 模式

Research on the Model of Highway Transportation Vehicles for International Containers

Zhu Demian
(Shanghai Railway University, Shanghai)

Abstract There is a great increase in the mass of an international container resulted in a series of problems. Aiming at these problem, finite element calculation, structural analysis and relevant research are made in this paper; the model and its composition corresponding to highway transportation vehicles for international containers are put forward as well.
Key words International container Highway transportation vehicles Model

1 国际集装箱的单箱总质量趋于增加

1976 年 ISO/TC104 第 9 次会议上,有人提出将 20 英尺(1 英尺=0.304 8 米)单箱总质量从 20.32t 增加到 24t 的提案,虽然该提案未被通过,但单箱总质量问题开始受到国际集装箱运输界的高度关注。
1988 年 ISO/TC104 终于通过 20 英尺单箱总质量 24t 的规定。

然而目前国际集装箱制造部门以接受订货的方式,制造很多单箱总质量 30.48t 的 20 英尺箱,并已进入运输领域。据 ISO/TC104 在 1985 年会议提供的资料说,当前各国生产的 20 英尺 24t 国际集装箱已达 20 英尺箱的 90%。英国装盘元的 20 英尺箱和法国罐式 20 英尺箱早已采用 30.48t^[1]。这种情况对运输环节、运输设施和各种装置提出了要求,对国际集装箱公路运输车的运输模式产生了重要的影响。

2 车辆状况

近年来,国际集装箱公路运输部门普遍发现,车

架纵梁弯曲和扭曲变形情况加剧,而且不同程度地存在着挂车轴变形超限、钢板座磨损严重以及钢板弹簧和轮胎频繁损坏的问题。此外,还发现相关道路明显的磨损和损坏。如上海上港 9 区国际集装箱张华浜码头和上港 10 区国际集装箱军工路码头,疏运途经的上海逸仙路,路面磨损迅速、路况变差。
为此,我们选择了包括装载 24t 和 30.48t20 英尺箱在内的典型车型和工况,作了有限元计算。

3 国际集装箱半挂车车架有限元计算

图 1 为离散化模型。在有限元计算中,确定了 8

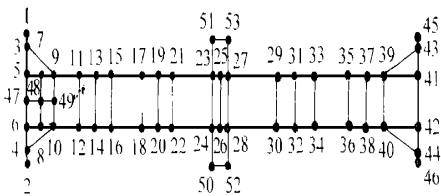


图 1 国际集装箱半挂车车架离散化

个计算工况: 1. 工况 1 装载 1 只 40 英尺国际集装箱, 总质量 30 480kg; 2. 工况 2 在工况 1 基础上, 对车架施以扭转载荷; 3. 工况 3 装载 2 只 20 英尺国际集装箱, 总质量 40 640kg; 4. 工况 4 在工况 3 基础上, 对车架施以扭转载荷; 5. 工况 5 装载 2 只 20 英尺国际集装箱, 总质量 48 000kg; 6. 工况 6 在工况 5 基础上, 对车架施以扭转载荷; 7. 工况 7 装载 2 只 20 英尺国际集装箱, 总质量 60 960kg; 8. 工况 8 在工况 7 基础上, 对车架施以扭转载荷。

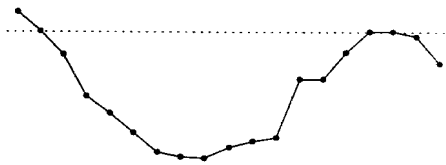


图 2 工况 2 纵梁挠度图

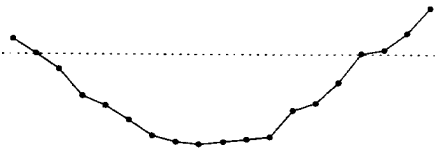


图 3 工况 4 纵梁挠度图

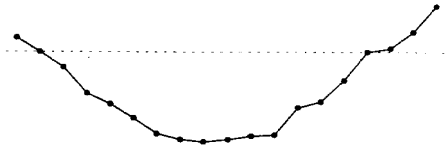


图 4 工况 6 纵梁挠度图

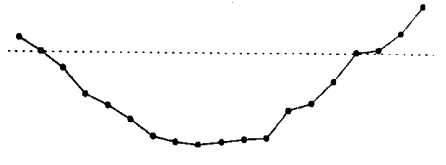


图 5 工况 8 纵梁挠度图

图 2~图 5 节点及位移值见表 1。

表 2 是各工况的最大应力值及安全系数。

在确定安全系数时, 我们注意到, 各国的车架安全系数取值各不相同; 同时, 取值时不宜简单地将载货汽车的车架安全系数作为半挂车的安全系数。这里推荐使用法国 Beliet 平板车的值 2. 17。此值比其他车架安全系数小得多, 也较接近于我国实际情况^[4]。

由上可见, 提高国际集装箱的单箱总质量, 会因载荷增加而降低半挂车车架强度, 导致损坏。这个结论与实际情况相符, 而且实际损坏部位也与计算大体吻合。

如果仅仅是车架强度问题, 事情要简单得多, 可以通过改善截面力学特性及结构受力予以解决。但实际还涉及许多复杂的技术问题需要研究, 例如列车总

表 1

节点号	X-节点 横坐标	位移值			
		工况 2	工况 4	工况 6	工况 8
5	5. 77000	. 12470	. 45437	. 54227	. 68558
7	45. 00000	. 00000	. 00000	. 00000	. 00000
9	88. 00000	-. 14713	-. 50369	-. 60065	-. 75873
11	163. 00000	-. 40913	-1. 33053	-1. 58069	-1. 98857
13	200. 00000	-. 51474	-1. 66949	-1. 98024	-2. 48690
15	260. 00000	-. 63993	-2. 11308	-2. 50224	-3. 13576
17	357. 00000	-. 76001	-2. 61821	-3. 09304	-3. 86723
19	415. 30000	-. 79326	-2. 80459	-3. 31030	-4. 13484
21	454. 00000	-. 80003	-2. 87787	-3. 39510	-4. 23856
23	579. 50000	-. 73352	-2. 82150	-3. 32478	-4. 14534
25	614. 20000	-. 69043	-2. 72440	-3. 20959	-4. 00068
27	629. 00000	-. 66875	-2. 67240	-3. 14805	-3. 92357
29	785. 00000	-. 30301	-1. 80077	-2. 12001	-2. 64050
31	813. 20000	-. 30299	-1. 59425	-1. 87684	-2. 33758
33	900. 00000	-. 13145	-. 90732	-1. 06852	-1. 33135
35	1015. 00000	. 00000	. 00000	. 00000	. 00000
37	1028. 50000	. 00291	. 09697	. 11463	. 14342
39	1110. 00000	-. 03181	. 63481	. 75248	. 94432
41	1251. 87000	-. 20082	1. 47729	1. 75393	2. 20408

车架最大应力

表 2

工况	节点号	单元号	最大应力值, MPa	安全系数 (16M nL)
1	3 9	37	134. 3	2. 61
2	3 9	37	138. 1	2. 53
3	12 14	22	149. 5	2. 34
4	12 14	22	170. 1	2. 06
5	12 14	22	174. 5	2. 01
6	12 14	22	195. 1	1. 79
7	12 14	22	215. 3	1. 63
8	12 14	22	235. 9	1. 48

高限值、车轴轴荷、列车总质量、地面承载力等, 由于篇幅所限, 本文只讨论总高和车轴布置。

4 国际集装箱半挂汽车列车的总高

姑且不论国际集装箱高度还在增加着, 就目前标准系列中的高度 2 591mm (2 438mm), 即 8' 6" (8') 来说, 已造成列车超过 4 000mm 限值。由于超高会恶化行驶稳定性和无法通过涵洞 (如苏州涵洞和江西钻鱼山涵洞), 所以, 国际集装箱汽车列车的总高度十分重要和敏感。

降低总高的关键, 不在半挂车车轴处 H_2 , 而在半挂车牵引座处的高度 H_1 。 H_1 受到牵引汽车车架上平面离地高度、牵引座高度 (包括下座板)、摩擦

副支承板和半挂车纵梁前部高度的限制。下降的制约因素是牵引汽车车架上平面离地高度、半挂车上下摆角和半挂车纵梁前部强度。

由于国际箱角件凸出其底部 $12.5^{+5.0}_{-1.5}$ mm，因此半挂车工字形纵梁上平面离地高，即半挂车承载面离地高 H_f 可计算如下

$$H_f=4\,000-2\,591+11=1\,420\text{ (mm)}$$

即在总高限值 4 000mm、箱高 2 591mm 时，装空箱的半挂车承载面高度应不大于 1 420mm。

国产牵引汽车以及国外多数牵引汽车纵梁的上平面离地高度值一般偏大，参见表 3^[3]。典型的 $H_{f实}$ 计算值是

$$\begin{aligned} H_{f实} &= 1\,100 + 15 + 224 + 14 + 220 - 35 \\ &= 1\,538\text{ (mm)} \end{aligned}$$

即在牵引汽车车架上平面离地高度 1 100mm，牵引座高度 224mm，纵梁前部高度 220mm 时，悬架在装空箱时的变形取 35mm， $H_{f实}$ 比 1 420mm 大出 118mm。所以我国的国际集装箱半挂车列车高度常常不低于 4 118mm 左右，超过限值约 120mm 以上。

常用国际集装箱汽车列车的牵引汽车 表 3

名 称	型 号	纵梁上平面 离地高 (空载) mm	整备 质量 t	牵引座 负荷 t	驱动 型式
黄 河	JN462	1090	6.7	9.5	4×2
大 通	DT 1261	1120	11	15	6×4
红 岩	CQ30-290/Q32	1104	11.7	20	6×4
Steyr	1491.280/529	1100	8.7	23.3	6×4
Mitsubishi	FV415	1070	7.9	17	6×4
Tatra	815	1100	8.4	18.2	6×4
Volvo	F10	1100	8.4	25	6×4
Benz	2628S/206	1150	8.7	17	6×4

国外路面坡度较小，可取用小的半挂车上下摆角，如上摆角 6°下摆角 7°；牵引汽车有较低的车架离地高度供选择；半挂车车架前端高度较小，甚至设计成 121mm，因此有可能将整车高度控制在 4 000mm 以内。然而国内目前尚未具备这些条件。

所以，为了增加承载能力而提高车架断面高度的做法，使降低整车总高度遇到明显的困难。

5 国际集装箱半挂车挂车轴数及布置

设计和使用的实践证明，三轴半挂车当其装载质量为 40t 或大于 40t 时，如果最前方的一根挂车轴与牵引销的距离小于 6.5m，会在行驶时，由于转向、局部受阻和路面不平而引起该车轴外载急剧增加，导

致轮胎磨损加快，轮网爆裂，扭力杆轴销剧烈磨损，甚至推力杆座孔磨穿等严重现象。

因此常规使用的非转向长轴式国际集装箱半挂车，通常最多只布置 3 轴，图 6 为典型的该类型半挂车。其最前方挂车轴与牵引销之距 7.2m，若再增加一根挂车轴，该值便缩小到 5.9m。对于国际集装箱车这种大批量生产和使用的车辆，这是不适宜的。

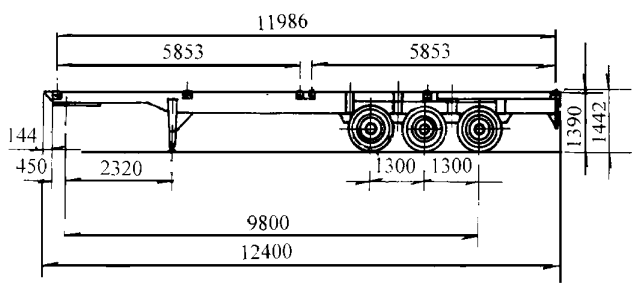


图 6 典型的国际集装箱三轴半挂车

如果采用结构措施，例如轴线式车轴的全轮转向，或者长轴式挂车轴的轮式转向或轴式转向，有可能减轻和缓解上述影响，但是造价将增高。因此国际集装箱半挂车不采用多于 4 车轴的类型。

由此可见，随着国际集装箱载荷的增加，可以增加挂车轴数，但轴数最多应以三轴为宜。

6 汽车列车轴载质量和总质量

这是国际集装箱总质量上升后，必然要面临的问题。

关于轴载质量，我国已经有较充分的研究，本文不再讨论。关于半挂汽车列车总质量，限于篇幅，此处也不讨论。只是为了引用 51.4t 的数字，而列出表 4，表明国际汽车列车总质量的发展趋势。

半挂汽车列车总质量 表 4

序号	年 份	制定单位	列车总质量 t	备 注
1	1949 年	联合国会议	28	
2	60 年代	欧洲交通部长会议	32	
3	1964 年	EEC 运输委员会	38	
4	60 年代末 70 年代初	国际运输委员会	45	
5	60 年代末 70 年代初	英 国	38	
6	70 年代初	EEC	42	
7	70 年代中	EEC	46	
8	70 年代末	EEC	42	国际集装箱列车 44t
9	1983 年	亚太经社委员会	43	5 轴半挂汽车列车
10	90 年代	不少欧洲国家	44	
11	90 年代	7 个欧洲国家	51.4	6~7 轴半挂汽车列车

显然，在提出国际集装箱公路运输车模式时，不能忽视国外的实际情况，也就是不能离开 51.4t 这个数字太远。当然也要符合我国的具体情况，以及符合国际集装箱公路运输车辆的内在规律。

7 国际集装箱公路运输车的模式

通过以上的讨论，同时研究了《EEC 汽车列车外形尺寸和总质量》，我国 1998 年 1 月 1 日实施的《公路法》，GB6420《货运挂车系列型谱》，和我国有关的集装箱半挂车型式和主要参数的标准资料与编制说明，并在考虑了我国运行的半挂车和牵引汽车水平的基础上，提出我国的国际集装箱公路运输车模式的方案（见图 7），及国际集装箱公路运输车辆的组合模式（见表 5）。车辆模式对牵引汽车和半挂车的要

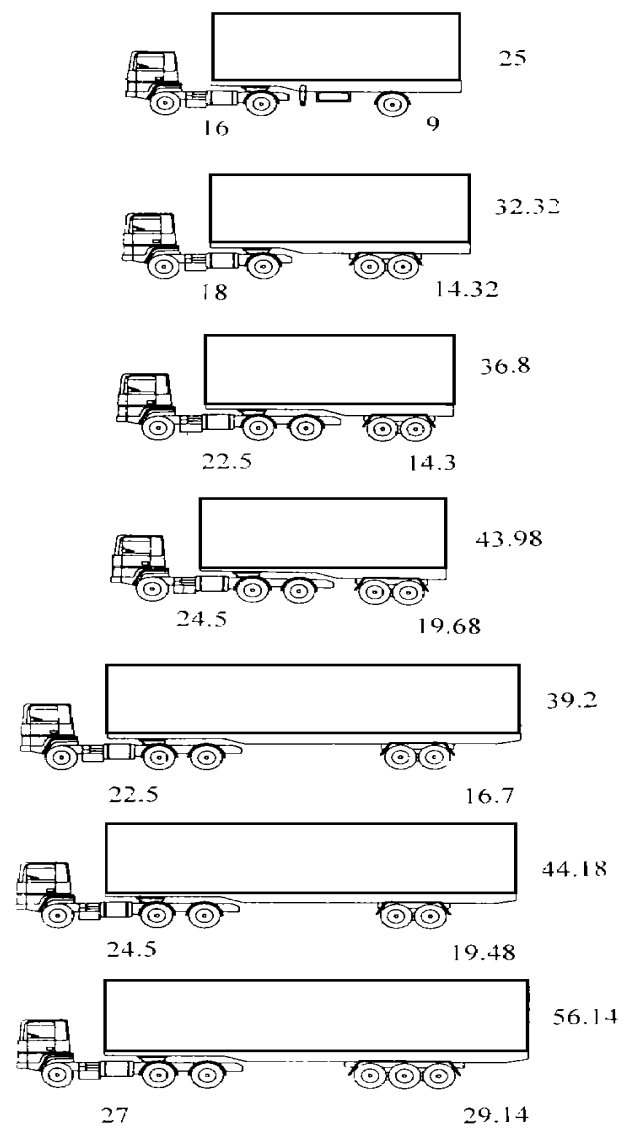


图 7 国际集装箱公路运输车的模式

求见表 6。

国际集装箱公路运输车组合模式					表 5
序号	牵引汽车轴数	牵引汽车 t	挂车轴数	挂车轴负荷 t	列车总质量 t
1	2	16	1	9	25
2	2	18	2	14.32	32.32
3	3	22.5	2	14.3	36.8
4	3	24.5	2	19.48	43.98
5	3	22.5	2	16.7	39.2
6	3	24.5	2	19.68	44.18
7	3	27	3	29.14	56.14

模式对牵引汽车和半挂车的要求							表 6
国际序号	集装箱英尺	装载量 t	牵引汽车整备质量 t	牵引座负荷 t	半挂车整备质量 t	挂车轴负荷 t	列车总质量 t
1	1×20	15	7	9	3	9	25
2	1×20	20.32	8	10	4	14.32	32.32
3	1×20	24	8.5	14	4.3	14.3	36.8
4	1×20	30.48	8.5	16	5	19.48	43.98
5	1×40	26	8.5	14	4.7	16.7	39.2
6	1×40	30.48	8.5	16	5.2	19.68	44.18
7	1×40 2×20	40.64	9	18	6.5	29.14	56.14

为了保证国际集装箱运输事业的持续发展，以及有助于国际集装箱公路运输车的正确使用，和相关事业的正常运作，不要在一辆半挂车上同时装运 2 只 24t20 英尺箱或 2 只 30.48t20 英尺箱，应按所列的模式进行。

对车辆本身来说，随着国际集装箱吞吐量的快速上升，应多采用专用半挂车即骨架车，在保证可靠性的同时，努力降低整备质量。

采用高截面的工字形车架纵梁，采用 6mm 腹板，采用薄上翼板和厚下翼板的搭配设计，采用密而轻的横梁，减小车架支点距，以及合理布置车轴和车轴负荷，对于降低半挂车整备质量是有效的。

参考文献

1 刘鼎铭. 国际集装箱及其标准化. 人民交通出版社, 1998-01
2 王璋, 梅汉生. 高速公路用半挂车若干设计问题初探. 专用汽车, 1994 (4)
3 程南荪, 朱德绵. 国际集装箱半挂汽车列车的尺寸参数分析. 汽车杂志, 1997 (12)
4 司淑云, 张亚民译. ISO 第 2 系列集装箱对多式联运的影响 (国际集装箱技术委员会资料). 交通标准化, 1995 (4)
5 李传禹. 汽车尺寸限界有扩大趋势. 汽车标准化, 1996 (3)