

GONGLU QIAOLIANG
QICHE HEZAI BIAOZHUN YANJIU

公路桥梁 汽车荷载标准研究

张喜刚 等◎著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

公路桥梁汽车荷载标准研究

张喜刚 等 著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书在交通运输部《桥梁设计荷载与安全鉴定荷载的研究》项目课题研究成果的基础上,经过总结提升而形成。全书分为八章,主要论述了我国汽车荷载标准在世界范围内的水准、实际运营汽车荷载与规范设计汽车荷载标准的适应性、汽车荷载标准研究方法等内容。

本书适用于公路工程设计人员,也可供相关科研人员、试验检测人员等参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路桥梁汽车荷载标准研究 / 张喜刚等著. —北京:
人民交通出版社股份有限公司, 2014. 7

ISBN 978-7-114-11549-3

I. ①公… II. ①张… III. ①公路桥—荷载—标准—
研究 IV. ①U448.14-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 163791 号

书 名: 公路桥梁汽车荷载标准研究

著 作 者: 张喜刚 等

责任编辑: 李 农

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 720×960 1/16

印 张: 16.5

字 数: 240 千

版 次: 2014 年 7 月 第 1 版

印 次: 2014 年 7 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-11549-3

定 价: 80.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书,由本公司负责调换)

前 言

桥梁是公路交通基础设施的重要组成部分,并且通常是路网上的关键节点,其安全性直接关系到路网的畅通与否。但是作为一种人工构筑物,公路桥梁既定的设计建造标准决定了其有限的承载能力,近几十年以来,随着大量公路桥梁的投入使用,在多重因素影响下公路桥梁的安全事故呈现出高发态势。据不完全统计,从2000年至今的十多年间,由非地震因素导致的桥梁垮塌事故多达100余起。其中,由于车辆超载引发的垮塌事故近30起。汽车是公路桥梁的主要服务对象,由车辆引发的桥梁垮塌事故更应予以关注。

公路桥梁的安全性很大程度上取决于实际运营汽车荷载的大小。实际运营汽车荷载与社会经济发展程度以及汽车工业等因素密切相关,并且在其各个阶段均受国家宏观运输政策的影响。一方面,随着现代化建设加速,我国逐步进入工业化、城市化的峰值期,受区域产业结构重型化且结构趋同以及地域资源配置不均的影响,能源和原材料运输需求持续旺盛,大量的低端能源和重工业产品都通过公路运输。另一方面,我国推行的交通运输政策也逐步引导货运车辆向大型化发展。据统计,2003—2013年的10年间,我国重型汽车保有量增长了两倍多。在煤炭、矿产等重载运输需求不断增长、重载车辆日益增多等多重压力下,受公路运输管理模式和运输业经营者追求利益最大化的影响,车辆超载问题日益严峻。

在超载现象频发、公路桥梁安全性问题突出的背景下,我国实际运营汽车荷载的状况如何?当前存在哪些主要问题?如何实现公路桥梁与汽车的和谐共处?这些问题成为广大交通运输从业者和公路工程建设



设管理者共同关注的问题。而确定合理适用的公路桥梁汽车荷载标准则是桥梁设计科研人员必须面对的课题。鉴于汽车荷载的社会属性,其标准的制定并不是一个单纯的技术问题,在新形势下,应当摆脱技术的束缚,从一个更高的层面来审视这一问题,基于技术分析并结合国家宏观经济形势、行业发展与协调、政策法规等问题来综合考虑。

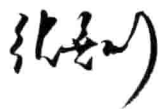
从2008年起,在交通运输部的大力支持下,中交公路规划设计院有限公司承担了《桥梁设计荷载与安全鉴定荷载的研究》项目。在历时三年多的研究中,项目研究团队组织开展了新中国成立以来最大规模的汽车荷载及相关行业的调研活动,基于调研成果开展了全面系统的汽车荷载研究,取得了丰硕的成果。在数据层面,先后获取了全国23个省市69个公路测站的实测汽车荷载数据近4 300万组,基于车辆荷载数据计算得出了多达72.5亿组荷载效应数据,为汽车荷载适应性分析、规范条文修订提供了客观、翔实的数据支持;在方法层面,根据工程荷载的研究思路,结合公路行业特点,从方法论的高度,归纳提炼形成了公路桥梁汽车荷载标准的制定方法;在理论层面,通过汽车荷载国内外比较、数据统计分析、适应性分析、各类系数确定方法、疲劳荷载等全过程研究,形成了一套系统的汽车荷载研究体系,可为今后相关研究提供参考。本次汽车荷载研究是交通运输部从行业全局出发,应对行业突出紧迫问题一次卓有成效的探索,极大地减轻了行业的舆论压力,对于行业的健康、安全、可持续发展起到了重要的促进作用。

本书是在上述课题研究成果的基础上,经过总结提升形成的,主要论述了我国汽车荷载标准在世界范围内的水准、实际运营汽车荷载与规范设计汽车荷载标准的适应性、汽车荷载标准研究方法。全书共分八章,第1章由张喜刚、赵君黎、李文杰撰写,第2章由逯一新、赵君黎、冯芑、李文杰、赵艳华、李会驰撰写,第3章由张喜刚、逯一新、赵君黎、冯芑、李文杰撰写,第4章由张喜刚、逯一新、赵君黎、冯芑、李文杰、王春生

撰写,第5章由张喜刚、赵君黎、李文杰、胡大琳、贺拴海、周勇军撰写,第6章由贡金鑫、李文杰、邹筑煜、张启伟撰写,第7章由陈惟珍、徐俊撰写,第8章由张劲泉、和海芳、程寿山撰写。全书由张喜刚负责撰写大纲并指导编写,由张喜刚、逯一新、赵君黎审定。此外,黄李骥、翟慧娜、王智远、杜柏松、张为民、刘晓娣、严博翀、徐凯、樊平等同志也参与了部分工作。

此书撰写、出版工作得到了交通运输部领导、交通运输部西部交通建设科技项目管理中心、各省市交通运输厅(交通委)、各省市交通规划设计院以及项目参加单位的帮助和支持,研究过程中得到了多位前辈、专家的关心和指导,在此一并表示衷心的感谢!

限于研究时间和精力,书中倘有谬误之处,望读者不吝赐教。



2014年6月

目 录

1 绪论	1
1.1 我国公路桥梁汽车荷载的发展概况	1
1.2 国外公路桥梁汽车荷载的发展概况	3
1.3 我国公路桥梁汽车荷载现状	21
1.4 本书主要内容	27
2 国内外公路桥梁设计汽车荷载与规范安全性	28
2.1 汽车荷载代表值	28
2.2 汽车荷载模式	31
2.3 汽车荷载标准值效应比较	39
2.4 汽车荷载冲击作用比较	40
2.5 汽车荷载横向折减效应比较	43
2.6 基本组合下汽车荷载分项系数比较	45
2.7 公路桥梁设计规范的安全性	46
3 汽车荷载实测与特性分析	51
3.1 重型汽车的发展趋势	51
3.2 交通行业汽车载重管控政策	52
3.3 实际运营汽车荷载调研	55
3.4 我国当前公路桥梁实际运营汽车荷载特性	63
4 公路桥梁汽车荷载研究及适应性分析	77
4.1 车辆荷载概率模型及特征	77
4.2 轴重概率模型及特征	91
4.3 公路桥梁汽车荷载效应	93
4.4 汽车荷载效应实测	105



4.5 汽车荷载标准适应性分析	106
5 公路桥梁汽车荷载标准	119
5.1 汽车荷载标准确定方法	119
5.2 公路桥梁设计汽车荷载标准决策分析	124
5.3 公路桥梁汽车荷载模式	125
6 汽车荷载有关系数	128
6.1 冲击系数	128
6.2 纵向折减系数	157
6.3 多车道横向折减系数	160
6.4 汽车荷载分项系数	172
6.5 荷载组合系数	180
7 公路钢桥疲劳荷载	188
7.1 桥梁疲劳设计理论与方法	188
7.2 国外规范的疲劳荷载模型及疲劳计算方法	192
7.3 基于实测数据的疲劳车辆荷载模型研究	206
8 桥梁运营期安全鉴定汽车荷载	220
8.1 安全鉴定汽车荷载分类方法与标准	221
8.2 桥梁运营期汽车荷载状态评价方法及标准	234
参考文献	242
名词索引	249
后记	253

1 绪 论

同其他土木工程结构一样,公路桥梁要承受结构自重、桥面铺装等恒荷载,还要承受诸多可变荷载,如风荷载、温度作用、人群荷载等。在所有的可变荷载中,作为公路桥梁主导可变荷载之一的汽车荷载是各类土木工程结构可变荷载中最具有公路行业特色的。从荷载性质上讲,汽车荷载是可变荷载;从作用位置看,汽车荷载又属于自由作用。从荷载复杂性看,汽车荷载是所有可变荷载中受人为因素影响最大的。正是由于汽车荷载的复杂性决定了汽车荷载标准制定的难度。

由于汽车荷载标准是公路桥梁建设的一个重要基础性技术规定,其制定不仅是个技术问题,还涉及政策、经济、法律法规等因素,并且汽车荷载标准对公路投资的影响很大。因此,长期以来,各国政府都采取了极其慎重的态度。汽车荷载标准经历了早期以经验为主的确定方法,逐步发展到目前以实测数据统计分析为决策依据并结合工程经验及相关因素的确定方法。从表达模式上来看,由车队荷载模式逐步过渡到了应用更方便的车道荷载模式。本章主要介绍我国及其他国家的汽车荷载发展历程,并分析了我国现阶段的汽车荷载现状。

1.1 我国公路桥梁汽车荷载的发展概况

1.1.1 新中国成立前的公路桥梁设计规范

据记载,1900年日本侵略者曾在我国台湾省制定过道路设备准则,但具体内容尚未得到考证。1929年10月,当时的铁道部颁布了国道工程标准及规划,取用美国规范。1936年,当时的全国经济委员会公路处编制了《公路桥梁涵洞工程设计暂行规定》,采用美国规范。日本侵华期间,东北、华北曾采用日本南满洲铁路株式会社1939年制定的满铁设计基准,其中道路桥标准车辆荷载基本上是采用

日本的荷载体系。

国民政府于 1940 年公布了公路工程的设计准则及公路桥涵的设计准则,把公路分为甲、乙、丙 3 个等级,并依据我国各地的具体情况,将各级公路分为了平原、丘陵、山岭 3 个标准。该设计准则中没有规定桥涵载重等级,仅规定永久性公路桥梁的设计载重为 15t 或 20t,半永久性公路桥梁为 10 ~ 15t,临时性公路桥梁为 7 ~ 10t。后来因为各主要公路需通过军用重武器的原因,所有桥梁载重均规定为 15t。

1943 年,当时的交通部曾编印《公路桥涵工程设计准则》。1947 年,经当时的交通部公路总局修正后,编印出版了《公路桥涵设计准则》,其中的标准车辆荷载基本上取自美国规范,但增加了主要参考赵国华公式确定的等代荷载的均布荷载值。

1.1.2 新中国成立后的公路桥梁设计规范

截至目前,我国交通部门对公路工程技术标准进行了 8 次修订,对桥梁设计规范进行了 4 次修订。在这些修订中,根据各个时期公路交通运输实际,对公路桥梁设计荷载标准进行了 5 次大的修改。这段时期中,《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)以前的车辆荷载均分为计算荷载和验算荷载两种。其中计算荷载以汽车车队表示,验算荷载在不同时期以拖车、履带车或平板挂车表示。

1954 年颁布的《公路工程设计准则》中确定了 5 种计算荷载,分别是:汽-6、汽-8、汽-10、汽-13、汽-18。该计算荷载车队包括若干标准车和一辆加重车。

1956 年,又颁布了《公路工程设计准则(修订草案)》,在 1954 年《公路工程设计准则》中 5 种计算荷载的基础上,增加了 3 种验算荷载:拖-30、拖-60、拖-80。

1967 年,交通部颁布了《公路桥梁车辆荷载及净空标准暂行规定》。该规范对 1954 年及 1956 年规范中规定的设计荷载标准作了较大的修改,确定了 3 种计算荷载和 3 种验算荷载。3 种计算荷载分别是:汽-10、汽-15、汽-26;3 种验算荷载分别是:履带-50、拖车-60、拖车-100。

1972 年颁布的《公路工程技术标准(试行)》将设计荷载调整为 3 个等级:汽-10、汽-15、汽-20;而相应的 3 种验算荷载等级分别是:履带-50、挂车-80、挂车-100。

在交通部 1981 年颁布的《公路工程技术标准》和 1985 年颁布的《公路桥涵设

计通用规范》中,为了适应重载的需要,增加了汽车-超 20 级计算荷载标准及相应的挂车-120 验算荷载标准,同时在名称上作了微小的改动,从而确定了 4 种计算荷载和 4 种验算荷载。计算荷载为:汽车-10 级、汽车-15 级、汽车-20 级、汽车-超 20 级;验算荷载为:履带-50、挂车-80、挂车-100、挂车-120。

20 世纪 90 年代,结合《公路桥梁可靠度研究》项目,交通部公路规划设计院(现为中交公路规划设计院有限公司)公路桥梁可靠度研究课题组在山西省晋城市南郊杨洼(207 国道)、江苏省扬州市万福闸(328 国道)、辽宁省盘锦市大洼县(305 国道)和河北省承德市三岔口(101 国道)设实地观测点,使用车辆动态测试仪重点采集一个主要行车道上的交通数据。每个测点采集 5d。主要在白天 12h 时段内连续测试。4 个测点共测录了 6 万多辆机动车的各项数据,包括整车重、轴重、轴距、车速和车辆通过测点的时刻等。与此同时,还用人工量测方法测得了车辆自然堵塞状况下的有关数据。分析时,将汽车流分为一般运行状态和密集运行状态(包括车辆自然堵塞状态)。特别重点研究了堵车状态下重载、超载车辆的荷载状况和可能的发展趋势,研究了国家相关的技术经济政策和可持续发展的基本要求,结合桥梁结构使用寿命的研究和估计、汽车工业的发展规划,制定了公路-I 级和公路-II 级两级新的汽车荷载标准,并在《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)和《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)中予以具体体现,汽车荷载由车道荷载和车辆荷载组成,其中车道荷载在形式上以目前国际上普遍采用的均布荷载外加集中荷载的图示,车辆荷载采用 550kN 的五轴标准车。

1.2 国外公路桥梁汽车荷载的发展概况

1.2.1 英国公路桥梁规范

1.2.1.1 早期的英国公路桥梁设计荷载(19 世纪中叶—20 世纪初)

19 世纪,英国是世界上最发达的国家,较快的工业化进程促使了大量机动车的产生,因此,桥梁通行车辆荷载标准成为桥梁设计的一个重要问题。Jenkins 于 1875 年前后提出的设计标准是均布荷载取 5.4kPa,轴重取 199kN。20 世纪初,Unwin 建议均布荷载取 5.75kPa,四轮车重取 100~249kN,但是后来进行了调整,

分布荷载取 $3.83 \sim 5.75 \text{ kPa}$, 工业区四轮车重采用 299 kN 。

1.2.1.2 近代设计荷载——英国交通部标准车队荷载和 BS 153(1922—1977 年)

第一个“近代的”荷载是 1922 年英国交通部提出的标准车队荷载,如图 1-1a)所示。它由 1 个牵引车和 4 个挂车组成,其中主轴重为 219 kN ,后面是一组 100 kN 的轴重,其中考虑了 0.5 的冲击系数(即已乘 1.5)。该车型占用车道宽度 3.05 m ,但是如果路宽为该值的几倍,则总荷载需按比例增加。一个标准车队荷载沿桥长 22.9 m ,当桥梁跨度较大时,则另外增加车队。

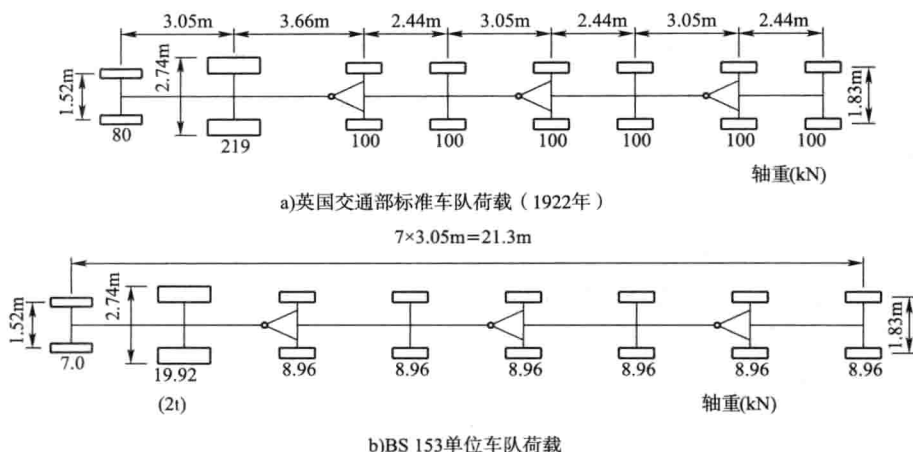


图 1-1 英国交通部标准车队荷载(1922 年)和 BS 153 单位车队荷载

1931 年,英国交通部提出了常规荷载曲线,曲线由规定的集中荷载和分布密度随荷载长度变化的均布荷载组成,如图 1-2 所示。Chettoc 根据 1922 年的标准车队荷载阐述了荷载曲线的发展。 22.9 m 长的车队由 2.44 m 和 3.05 m 交替出现的 100 kN 的轴重组成。以 3.05 m 为例,Chettoc 在 $3.05 \text{ m} \times 3.05 \text{ m}$ 的区域上布 100 kN 的轴力,相当于单位面积的荷载为 10.7 kPa 。英制单位中调整为 10.5 kPa ,作为 $3.05 \sim 22.9 \text{ m}$ 加载长度上的标准分布荷载。 219 kN 的主轴力比 100 kN 的牵引力大 119 kN ,分布于 3.05 m 宽的车道上,相当于 39.2 kN/m 的集中荷载,规范调整为 39.4 kN/m 。标准车队荷载包含了 50% 的冲击系数。当跨度小于 22.9 m 时,冲击系数不变,随着跨度增加,冲击系数减小, 122 m 时减小到 15% , 762 m 时为 0 。此外,跨度越大荷载密度越小,大于或等于 762 m 时降到 3.4 kPa 。车队荷载还提供了

199kN 的单轮重,跨度小时等效分布荷载增大。直到 1958 年,英国交通部常规荷载曲线才广泛用于其国内的公路桥梁设计。

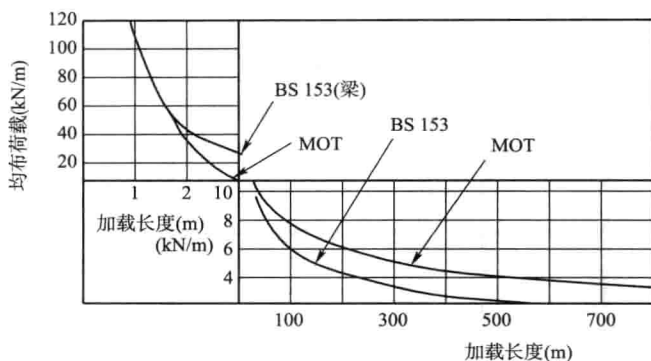


图 1-2 英国交通部和英国标准 BS 153 的公路桥梁荷载曲线

这一时期还出台了英国标准 BS 153,于 1923 年首次颁布,规定了图 1-1b)所示的单位车队荷载。英国交通部标准车队荷载相当于 11 个 BS 153 单位车队荷载,但交通部荷载包含了冲击,而 BS 153 不包含。虽然交通部荷载考虑了冲击值,但冲击值随跨度的增加而减小。Henderson 指出,15 个 BS 153 单位荷载的情况与交通部标准车队荷载相似。

1958 年颁布新版 BS 153,对一系列荷载进行了修正,将荷载分为常规交通荷载和特殊单位车队荷载。常规荷载基于四轴汽车的车队,布置于 3.05 ~ 3.66m 宽的车道上,轴距为 1.22m、3.05m 和 1.22m。连续两辆车的轴间距为 2.13m,即每辆车占用 7.62m。对车辆进行不同的组合可以得到各种车队的长度:例如 3 辆汽车组合,每辆车重 219kN,则车队长度为 22.9m;跨度较大时最多可容纳 5 辆此类汽车,并额外增加荷载 100kN 或 50kN。按英国交通部荷载的方法,这些车辆都采用等效荷载,但用车道荷载或车道单位长度的荷载表示,并非用单位面积的荷载表示。图 1-2 示出了英国交通部和 BS 153 的等效均布荷载,包括了冲击效应。BS 153 的加载长度为 22.9m,分布荷载规定为 32.1kN/m。对于 3.05m 宽的车道,单位面积荷载为 10.5kPa(同英国交通部荷载),但长度较大时分布荷载很小。例如,对于 152m 的加载长度,分布荷载为 14.6kN/m,对于 3.05m 宽车道,单位面积荷载为 4.8kPa,而英国交通部的分布荷载为 6.7 kPa。3.05m 宽车道上的集中荷载为

120kN,与英国交通部荷载相同。图 1-3 示出了 BS 153:1958 的特殊单位车队荷载,仅适用于特殊桥梁。对于主要公路,车队荷载可取 30 个单元,但是当恒载应力超出正常范围时,需加上 25% 的活载。

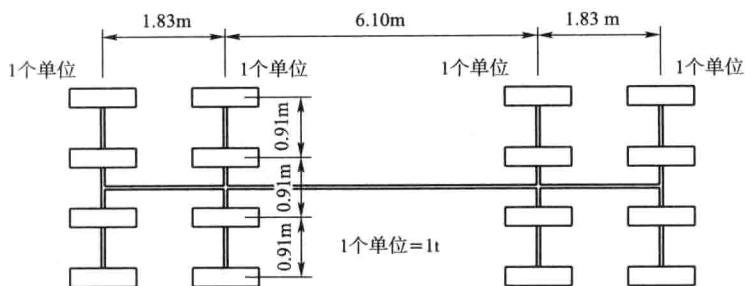


图 1-3 BS 153:1958 特殊单位车队荷载

早期的英国规范根据容许应力法进行设计,与其他一些国家相比,英国规范规定的荷载比较大。Henderson 在其论文中指出,美国 AASHO 标准荷载在各种桥跨上产生的效应相当于英国荷载的 $2/3$ 。早在 1933 年 Chettoe 就指出,“英国的平均交通密度大于世界上的任何其他国家”,指的就是荷载集度。

1.2.1.3 现代设计荷载——BS 5400 和 BD 37/38 (1978 年至今)

英国第一个极限状态设计规范是 1978 年颁布的 BS 5400。与之前的 BS 153 规范相同的是,荷载分为常规交通荷载和特殊车辆荷载,分别定义为 HA 荷载和 HB 荷载。HA 荷载由一个 120kN 的集中荷载和一个均布荷载 W 组成(与早期规范相同)。加载长度 $L \leq 30\text{m}$ 时, $W = 30\text{kN/m}$; 当 $L > 30\text{m}$ 时, $W = 151L^{-0.475}\text{kN/m}$,但当 $L \geq 380\text{m}$ 时不小于 9.0kN/m 。HA 荷载与早期的 BS 153 荷载相比变化不大。例如, $L = 30.5\text{m}$ 时, HA 荷载的 $W = 29.8\text{kN/m}$, 而 BS 153 的 $W = 29.2\text{kN/m}$; $L = 152.4\text{m}$ 时, HA 荷载的 $W = 13.9\text{kN/m}$, 而 BS 153 的 $W = 14.6\text{kN/m}$ 。不同的是,对于较大的跨度, HA 荷载的 W 不允许低于 9.0kN/m , 而 $L < 30\text{m}$ 时取定值。然而,这个定值是近似值而不是实际值,因为规范要求所有公路桥梁可承受 25 个单位 HB 荷载。特殊车辆荷载与图 1-3 所示的荷载基本类似,但是轴距规定为 6m、11m、16m、21m 或 26m (BS 153 规定为 6.1m),这样会产生最不利效应,且每个轴重为 10kN,轮距为 1.0m 而非 0.91m。除了这些荷载外,还要求桥梁可承受 100kN 的单轮重,分布于 $9 \times 10^4\text{mm}^2$ 的面积上(圆形或矩形)。对于多车道桥梁,两个车道布

置所有规定的 HA 荷载,而其他车道均布置标准车队荷载的 $1/3$ 。

当桥梁跨径小于或等于 30m 时,用 HA 荷载描述双车道上每个车道紧密布置 24t(235kN) 车辆所产生的效应;当跨度较大时,另外增加 10t(98kN) 和 5t(49kN) 的车重。HA 荷载包含了车轴或车轮组 25% 的冲击系数。荷载系数按以下情况取值:

承载能力极限状态

$$1.05DL + 1.75SDL + 1.5LL$$

或

$$1.05DL + 1.75SDL + 1.25LL + 1.1WL$$

使用极限状态

$$1.0DL + 1.20SDL + 1.20LL$$

或

$$1.0DL + 1.20SDL + 1.0LL + 1.0WL$$

式中:DL——恒载;

SDL——外加恒载;

LL——活荷载;

WL——风荷载。

BS 5400 分为很多部分,每部分都会进行修订和再颁布,给出新的生效日期,因此不同部分的生效日期可能并不一致。例如,1997-8 版本包含了 1978 年(第 2 部分:荷载规定)至 1990 年的部分。1988 年的一般规定是基于“120 年的设计年限”。1986 年欧洲经济共同体决定对载重和尺寸采用统一的规定,这意味着英国将最大法定车辆载重从 38t(372kN)增加到 40t(392kN),对设计荷载重新修正得到新的 HA 荷载。

1988 年英国交通部要求所有公路桥梁的设计均采用这种荷载,并且颁布了部级标准 BD 37/38“公路桥梁荷载”,并被收到 BS 5400:Part 2:1978 合订本的附录中。修订的 HA 荷载继续采用早期的荷载形式,每车道集中荷载为 120kN,分布荷载 W 为:

$$L \leq 50\text{m}; W = 336L^{-0.67} \quad (\text{kN/m}) \quad (1-1)$$

$$50\text{m} < L \leq 1600\text{m}; W = 36L^{-0.1} \quad (\text{kN/m}) \quad (1-2)$$

其中,长度 L 一般取“不利区域的所有基线的长度”;对于多个独立部分同时加

载的情况, L 为长度的总和。对于影响线有突变的情况(如桥面板上的横梁), 规范给出了 L 的取值方法。规范还要求高速公路桥梁和主干道桥梁可承受 45 个单位 1 978HB 荷载, 主要公路桥梁为 37.5, 其他公路桥梁为 30。

规范条文说明将 3.65m 定为标准车道宽, 但允许采用更窄的车道。例如, 早期的规范将 5~7.5m 宽的行车道设计为两个名义车道。但对于 $L < 40\text{m}$ 桥梁的窄车道, 规范提供了折减系数。例如, 当 $L < 20\text{m}$ 时, 一车道和二车道荷载均采用系数 $0.274 \times$ 车道宽。跨度较大时, 一车道和二车道的系数取 1.0, 其余车道取 0.6。与早期规范相同, 车队荷载包含了动力效应, 其中一款条文说明指出: “最近研究表明, 公路桥梁轴重的冲击效应高达静态轴重的 80%, 而这一量值已包含在 HA 荷载中。当考虑承载能力极限状态和使用极限状态下与恒载组合时, HA 荷载的荷载系数分别取 1.5 和 1.2, HB 荷载分别取 1.33 和 1.1。”

BS 5400 第 2 部分: 1978 和 1988 年合订本的分布荷载数据表包含在 HA 荷载中。当跨度 L 在 25m~60m 时, 新的车队荷载增加 10%, 跨度越大增加的越多; 例如, 当 $L = 150\text{m}$ 时增加 56%。当跨度较小时, 新规范规定的 W 值很大, 但这种情况下特殊荷载或 HB 荷载将逐渐起控制作用。

英国交通部标准 BD 37/38 指出, “HA 荷载是英国的常规设计荷载, 涵盖了所有允许的标准车辆的影响, 见 1986 规范 (S. I. 1986/1078) 和随后的修订对公路车辆的定义……”。BD 37/38 由英国交通部颁布, 而非 BSI (英国标准协会), 作为一个临时方法, 需要从总体上对 BS 5400 进行长期评估。最终定稿前, BD 37/38 将继续作为英国公路桥梁荷载的规定文件。

1.2.2 美国公路桥梁规范

1.2.2.1 早期 AASHTO 规范 (1931—1993 年)

美国各州公路工作者协会 (AASHTO) 公路桥梁规范 1921 年开始制定, 1931 年首次颁布, 广泛应用于美国联邦州和其他地方的公路桥梁设计。1973 年, AASHTO 改为 AASHTO, 即美国各州公路及运输工作者协会。之后很多年, 规范的车辆荷载采用 HS20 卡车和半挂车组合, 之前称为 H20-S16 荷载, 如图 1-4 所示, 准确的名称是 HS20-44 荷载, 其中 44 表示是 1944 年提出的。

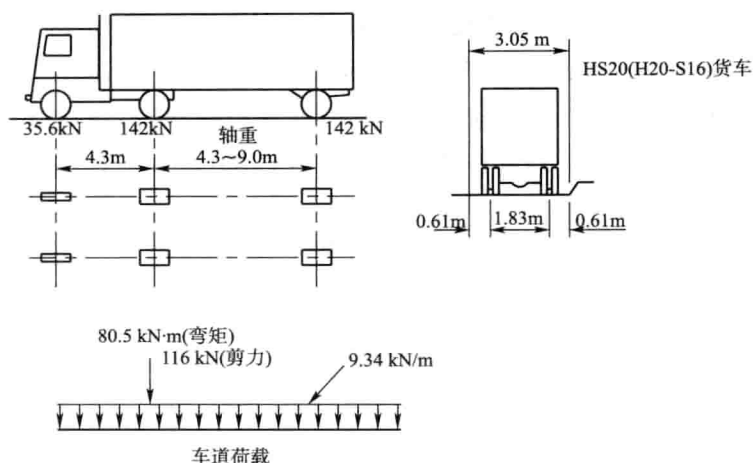


图 1-4 美国 AASHTO 的 HS20-44 荷载

卡车荷载的前两个轴称为 H20 卡车,两轴总重为 8.9kN(20 美吨,1 美吨 = 2 000lb)。前轴重 35.6kN(4 美吨),后轴重 142kN(16 美吨),轴距 4.3m。卡车后的半挂车轴重也是 142kN(16 美吨),轴距在 4.3 ~ 9.1m 之间,由设计者决定。规范中桥面板的设计说明对两个主要的 142kN 荷载进行了规定:“如果只有一个轴,则最大轴重为 107kN;也可采用 142kN 的荷载,但两轴轴距为 1.22m。”1976 版的 AASHTO 暂行规范根据州际公路桥梁也应能承担“替代军用荷载”的要求对荷载进行了修改,采用间距 1.22m、两个 106.8kN 的轴重。后来又改为间距 1.20m、两个 110kN 的轴重。

HS20-44 不只规定了 HS20 卡车半挂车组合荷载,还规定了 HS20 等效车道荷载,如图 1-4 所示,包括一个集中荷载(计算弯矩时取 80.5kN,计算剪力时取 116kN)和 9.34kN/m 的均布荷载。对于各种跨度取值均相同,但规范条文说明指出,这些值仅适用于跨度小于 152m 的桥梁。如果分布荷载引起很大的效应,则在部分桥面上可以不施加分布荷载;对于两跨或多跨连续桥,计算弯矩时可以在每跨施加一个集中荷载。

每个荷载占用车道宽度 3.05m。基于这一尺寸,由路宽可以确定设计交通车道数 N ,但对于多车道桥的宽度有附加规定。例如,12.8m 的路宽假定仅为三车道,12.8 ~ 16.5m 路宽为四车道。车道宽不采用分段形式,但 3.05m 宽的设计荷载