

公路交通应急保障系列丛书

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF
SUPER WIDE PREFABRICATED HIGHWAY
STEEL BRIDGE

超宽装配式公路钢桥 研发与应用

李斐然 杜战军 曾彦 / 著
常兴文 刘东旭 / 审



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

公路交通应急保障系列丛书

超宽装配式公路钢桥 研发与应用

李斐然 杜战军 曾彦 著
常兴文 刘东旭 审



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

内 容 提 要

本书是介绍超宽装配式公路钢桥研发与应用的专著。全书分为8章,第1~3章介绍了超宽装配式公路钢桥的基本情况和研发过程;第4章和第5章重点介绍了该类桥梁的两类稳定性研究成果和临时支点的应用方法;第6章分析了该类桥梁的车桥耦合情况;第7章介绍了超宽装配式公路钢桥的施工工艺和拆除方法;第8章针对实桥进行了静动载试验、模态试验和大件运输车辆过桥状态的监控。

本书可作为超宽装配式公路钢桥的设计和施工指导用书,也可供超限运输中桥梁加固和特殊情况下桥梁抢险参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

超宽装配式公路钢桥研发与应用 / 李斐然等著

— 北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.10

ISBN 978-7-114-12403-7

I. ①超… II. ①李… III. ①装配式梁桥—公路桥—
钢桥—研究 IV. ①U448.14②U448.36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 164404 号

公路交通应急保障系列丛书

书 名:超宽装配式公路钢桥研发与应用

著 作 者:李斐然 杜战军 曾 彦

责任编辑:卢俊丽 闫吉维

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:9.5

字 数:166千

版 次:2015年10月 第1版

印 次:2015年10月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-12403-7

定 价:40.00元

(有印刷、装订质量问题的图书,由本公司负责调换)

前 言

装配式公路钢桥特别是 321 型装配式钢桥的出现,为我国在钢桥标准化,战时交通运输、抗震救灾、水毁等情况下的桥梁应急抢修,危桥加固,栈桥施工,各种架桥设备(如架桥机、门式起重机)使用等方面,均发挥了巨大作用。但这种形式的钢桥承载力相对较小,桥面通行宽度相对不足,在应用上存在一定限制,如果在现有装配式公路钢桥为基础,最大限度地利用现有结构开发出适用性更广的钢桥,将具有重要的现实意义。

目前,作为公路咽喉的桥梁,正由大规模兴建时期转入养护、加固和改造时期。同时,我国高速公路运输迅猛发展,国防和大型工程的建设需求日益增加,一些大型不可解体的设备必须经过公路桥梁运输到指定地点,所以超重超限设备的运输日益增多。桥梁不经加固能否安全通行以及经过加固后的桥梁,车辆能否平稳通过,取决于通行桥梁的现有技术状况以及加固方案的可行性及施工方便性。根据超重车辆过桥往往是一次性的特点以及大件运输中桥梁加固目的的特殊性,采用临时性加固方法,经济、快速地保障超重车辆安全通过既有桥梁,是十分必要的。本书针对大件运输车辆通过东沙河大桥的需求,经检测和计算分析,对该桥梁提出了采用装配式公路钢桥的“桥上桥”的临时加固方案。由于大件车辆单车通行净宽达 6.5m,需要采用非常规的公路钢桁梁拼装,针对该问题,作者研究了大横梁结构并加以改进,解决了超宽连接的需求,解决了类似装配式公路钢桥加固工程非标准构件的连接问题,从而继承了原有装配式公路钢桥构件标准化程度高、施工速度快、符合节能减排精神等一系列优点,能更大程度地发挥装配式公路钢桥的作用。

本书在河南省交通科技重点项目(2012D19)科研项目的资助下,结合大件运输车辆通过东沙河大桥的需要,基于 321 型装配式公路钢

桥的特点,研发了一种承载力更大、桥面允许通行宽度更宽的改进型装配式公路钢桥,采用理论分析、数值仿真、实桥验证等方法,对超宽装配式公路钢桥的设计过程、稳定性能、临时支点布置方式、施工方法及监测过程等进行研究,主要成果分为8章。

第1章简要介绍装配式公路钢桥国内外研究现状和存在的问题;第2章阐述大件运输中原桥状态的快速判定;第3章研究超宽装配式公路钢桥的设计理论;第4章分析超宽装配式公路钢桥的两类稳定性问题;第5章研究“桥上桥”结构中临时支点的布置方法;第6章分析超宽装配式公路钢桥的车桥耦合问题;第7章介绍超宽装配式公路钢桥的施工工艺;第8章给出了东沙河大桥的试验和监测情况。

本书由河南省交通规划设计研究院股份有限公司组织撰写,其中第1章由李斐然、杜战军撰写,第2章由华北水利水电大学曾彦撰写,第3~5章由李斐然、杜战军撰写,第6章由李斐然、曾彦撰写,第7章与第8章由杜战军、曾彦撰写,全书由常兴文与刘东旭进行审阅与修改。

感谢河南省交通运输厅、河南省交通运输厅公路管理局、周口市公路管理局和河南中州路桥建设有限公司的大力支持,感谢河南省交院工程检测加固有限公司的帮助,感谢王丽、宋新安、张晓炜、郭金山、乔倩妃、王智勇、姜自奇、曾勇、曹竞、张浩、张存超、郑晓阳、桑建设在本书撰写中给予的协助。

本书虽然对超宽装配式公路钢桥的开发和应用过程进行了相对全面的总结,但作者水平有限,谬误和不足之处希望读者批评指正,以便进一步修改完善。

著 者

2015年3月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 国内外研究现状	7
1.3 存在的问题	12
1.4 研发内容	15
第 2 章 大件运输中原桥的快速检测、评价与验算	17
2.1 原桥快速检测与评价	17
2.2 大件运输中原桥的验算	20
2.3 实际工程病害观测及评定	21
2.4 实际工程超限车辆作用下结构验算	22
2.5 小结	26
第 3 章 超宽装配式公路钢桥的设计	27
3.1 加固方案比选	27
3.2 现有“桥上桥”提载方案难点	28
3.3 超宽装配式公路钢桥的设计	29
3.4 小结	37
第 4 章 超宽装配式公路钢桥的稳定性分析	38
4.1 稳定性分析简述	38
4.2 超宽装配式公路钢桥的第一类稳定性研究	39
4.3 超宽装配式公路钢桥的第二类稳定性研究	47
4.4 小结	60
第 5 章 “桥上桥”临时支点的布置研究	62
5.1 临时支点位置和数量的选择	62
5.2 考虑间隙元的非线性有限元分析	65
5.3 小结	74
第 6 章 超宽装配式公路钢桥车致振动性能分析	76
6.1 车桥计算理论	76
6.2 有限元分析模型	78

6.3 车致振动性能分析·····	79
6.4 工况对比·····	87
6.5 小结·····	90
第7章 超宽装配式公路钢桥的施工技术研究 ·····	91
7.1 拼装技术研究·····	91
7.2 拆除施工工艺·····	103
7.3 小结·····	105
第8章 超宽装配式公路钢桥的静动载试验与监测 ·····	106
8.1 实桥加固效果数值分析·····	106
8.2 静载试验·····	108
8.3 动载试验·····	114
8.4 模态试验·····	120
8.5 大件运输车辆过桥监测·····	123
8.6 车辆过桥后的原桥状态评估·····	132
8.7 小结·····	133
附录 超宽装配式公路钢桥主要构件设计图 ·····	135
参考文献 ·····	143

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景

1.1.1 桥梁现状背景

至 2010 年年底,全国公路总里程达 400.82 万公里,比 2010 年上半年末增加 14.74 万公里,“十一五”期间新增 66.30 万公里。全国公路密度为 41.75 公里/百平方公里,比 2009 年年末提高 1.53 公里/百平方公里,比“十五”末提高 6.90 公里/百平方公里。全国公路桥梁达 65.81 万座、3 048.31 万米,其中,特大桥梁 2 051 座、346.98 万米,大桥 49 489 座、1 167.04 万米。

历年桥梁调查结果显示,我国桥梁有相当一部分处于“带病”工作,甚至在“危险”状态。虽然交通运输部每年都安排大量资金用于国省道危旧桥梁的改造与技术提升,但随着我国经济的快速发展,近些年我国公路交通的通行量和单车荷载重量均呈快速增长趋势,加之我国目前公路桥梁荷载等级较低(汽—20 级以下)的桥梁总数大,尤其是农村公路上的桥梁状况相对较差、桥梁承载力不足的问题日益突出。表 1.1 列举了近些年全国危桥调查的基本情况,其中 1999~2005 年统计结果不含农村公路,2006 年后的统计包含农村公路,危桥的数量及其所占比例均有大幅上升^[1],2008 年之后随着危桥改造力度加大,危桥比例没有明显增加。

1999~2010 年全国危桥基本情况

表 1.1

年份	永久性桥梁总数		危 桥 数 量		危桥所占比例(%)	
	座数(万座)	延米(万米)	座数(万座)	延米(万米)	按座数	按延米
1999 年	23.08	800.57	0.45	16.05	1.93	2.00
2000 年	24.06	865.51	0.52	18.66	2.15	2.16
2001 年	28.41	1 064.97	1.01	35.79	3.57	3.36
2002 年	29.94	1 161.22	1.08	39.10	3.61	3.37
2003 年	31.08	1 246.61	1.04	37.84	3.36	3.04

续上表

年份	永久性桥梁总数		危 桥 数 量		危桥所占比例(%)	
	座数(万座)	延米(万米)	座数(万座)	延米(万米)	按座数	按延米
2004 年	32.16	1 337.64	1.33	46.89	4.14	3.51
2005 年	33.66	1 474.75	1.47	53.74	4.35	3.64
2006 年	53.36	2 039.91	6.31	177.82	11.82	8.72
2007 年	57.00	2 319.18	9.86	306.87	17.30	13.23
2008 年	59.46	2 524.70	9.78		16.45	
2009 年	62.19	2 726.06	9.57		15.39	
2010 年	65.81	3 048.31	9.35		14.21	

总体来看,我国公路桥梁的总体技术状况不容乐观,在桥梁数量增加的同时,危桥比例不断增加,发生事故的桥梁总数也在不断扩大,桥梁抢救性修复的任务逐渐加重。这些危桥存在的主要问题就是承载力下降或达不到现行荷载标准,在缺乏有效维修和加固的情况下,造成了桥梁病害逐渐加深,车辆荷载一旦超载将引发恶性桥梁事故。从桥梁事故统计情况来看,超载所引发的桥梁事故数量逐年攀升,仅 2011 年可见新闻报道中因超载而引发的垮桥事故就有十余起,如图 1.1~图 1.4 所示为 2011 年 4 座有代表性的超载车压垮桥梁事故。2011 年 2 月 21 日,浙江省 104 国道上虞段至宁波方向春晖立交桥引桥被 4 辆重型卡车压垮(图 1.1),坍塌总长度达 120m;2011 年 4 月 9 日,郑州市中州大道跨京广铁路立交桥主梁被两辆超载货车压断(图 1.2),致京广铁路限速行驶 17h;2011 年 7 月 19 日,北京怀柔白河桥被超载车辆压垮(图 1.3),交通完全中断;2011 年 11 月 5 日,河南周口项城水新路汾河双曲拱桥被一辆满载沙子的重型卡车压垮,在连拱效应的影响下,全桥出现连续垮塌(图 1.4),两岸群众通行受阻。



图 1.1 浙江上虞立交桥



图 1.2 郑州中州大道立交桥



图 1.3 北京怀柔区宝山寺白河桥



图 1.4 河南周口项城水新路汾河双曲拱桥

除了部分非法营运的车辆恶意超载外,桥梁还需要承担国家和人民群众各种必需装备的运输任务。特别是近年来我国工业装备技术的跨越式发展和铸造技术的迅猛进步,设备大型化、重型化成为发展趋势,石化、冶金、电力等单件质量 300t 以上的设备越来越多,千吨重的超重设备也将相继问世^[2],这些大型甚至特大型的设备越来越多地需要经过公路运输到达目的地,造成公路超限运输任务越来越频繁,而这些大件运输荷载与桥梁规范设计荷载标准有着很大的不同。如前所述,超重车引发的桥梁安全事故已经被社会各界高度所关注,如果在超限车通行时未采取有效措施提高原桥的承载力,那么桥梁与设备的安全均面临巨大威胁,如图 1.5 所示为几种常见运输物品与车辆形式。

1.1.2 实际工程概况

2009 年,世界电压等级最高的 1 000kV 晋东南—南阳—荆门特高压交流试验示范工程建成完毕。该示范工程,约有一半以上的工程量在河南。南阳方城县赵河镇的 1 000kV 特高压站“一肩挑两站”,是目前世界上结构最复杂的开关站。其站内架构的数量和钢材使用量,均超过了晋东南与荆门变电站之和的 2 倍。该条特高压线路的建设,将为缓解河南省甚至整个华北地区的用电紧张,发挥重大作用,是我国“十二五”与“十三五”规划的重要内容。

2011 年,在特高压交流工程安全稳定运行两周年之际,国家电网公司决定对工程实施扩建,主要是将 8 件主变压器从水路运输至周口市周口港,然后由陆地运输运至南阳方城。周口市东沙河大桥于 2002 年通车,位于周口市的环境路,车流量大,人口密集,桥址南侧是周口港,桥址北侧是周口市政府,为周口市重要交通主干道,也是特高压设备运输线路陆路经过的第一座桥梁。东沙河大桥全长 406m,桥梁单孔跨径为 40m,是本次大件运输路线中跨径最大的桥梁;同

时因为跨度最大,导致其提载要求最高。如图 1.6 所示为周口市东沙河大桥提载加固前的全貌图。如图 1.7 所示为待通过东沙河大桥的超高压变电机组运输车辆。



a) 化工设备运输



b) 国外大件运输车辆



c) 大型管道运输



d) 大型变压器

图 1.5 国内外大件运输车辆



图 1.6 周口市东沙河大桥提载加固前全貌



图 1.7 运送超高压变电机组的车辆

超限车辆通行时需要最小桥面净宽为 6.5m(车体两侧需预留 0.6m 距离),轴间距分布为:3.86m+1.4m+5.1m+1.55m $\times$ 17(14)+16.5m+1.55m $\times$ 17(14)+5.7m+3.86m+1.4m,轴荷载分布为:8t+15t+15t+17.22t $\times$ 18(15)+17.22(19.7)t $\times$ 18(15)+8t+15t+15t=696(667)t=6960(6670)kN,车辆其他参数如表 1.2 和图 1.8 所示。

超限运输车辆基本参数

表 1.2

车型 1	货物质量	397t	车组车货总质量	696t	车型 2	货物质量	397t	车组车货总质量	667t
	牵引车质量	76t	牵引列车总长	93m		牵引车质量	76t	牵引列车总长	83.7m
	挂车质量	115t	牵引列车宽度	5.22m		挂车质量	96t	牵引列车宽度	5.22m
	桥式梁质量	108t	正常运输高度	5.21m		桥式梁质量	98t	正常运输高度	5.21m
	挂车车货总质量	620t	最低运输高度	5.01m		挂车车货总质量	591t	最低运输高度	5.01m
	挂车轴载	172.2kN	最小转弯半径	31.85m		挂车轴载	197.0kN	最小转弯半径	29.20m

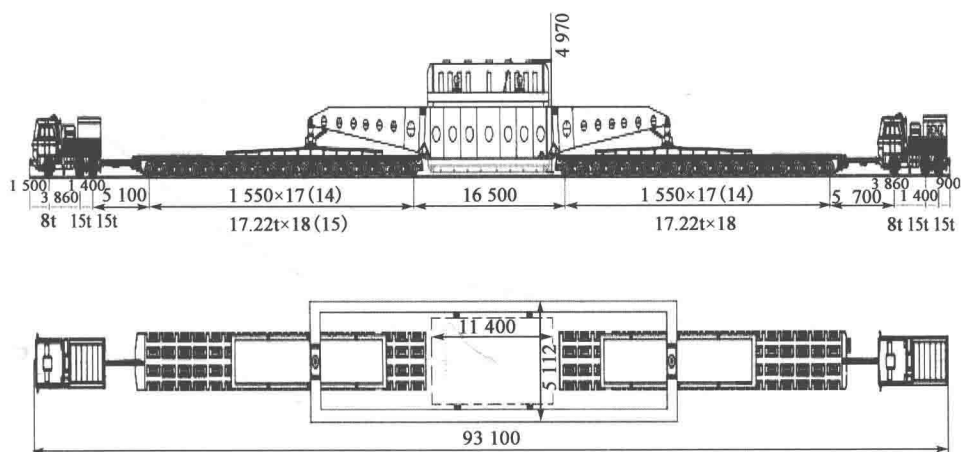


图 1.8 超限运输车辆示意图(尺寸单位:mm)

大件运输中,常用的上部结构承载能力提高方法包括:桥下临时支撑法,铺(贴)钢板法,桥面补强法,增加横向联系法,“桥下桥”法,“桥上桥”法等。对可查阅的文献进行提载方法的统计,如表 1.3 所示。

表 1.3

超重车过桥提载方法统计表

年份 (年)	省份	原桥结构形式	原桥设计荷载	车货总质量 (t)	车宽 (m)	轴距 (m)	单轴最大质量 (t)	提 载 方 式	备注
1999	广西 ^[3]	60m 刚梁拱桥	—	425.2	—	1.6	22.5	贴钢板法	变压器运输
2002	江苏 ^[4]	空心板桥	汽—15, 挂—80	429	4.82	1.55	—	桥下临时支墩	变压器运输
2003	重庆 ^[5]	20m 简支梁桥	汽—20, 挂—100	240	3	1.5	24	工字钢(“桥上桥”)	变压器运输
2003	山西 ^[6]	12×20m 铁路桥	中—22 级	350	—	—	21.8	增加横向联系	电力设备
2003	成都 ^[7]	45m 混凝土拱桥	汽—超 20, 挂—120	541	—	—	41.6	增加临时吊杆	电力设备
2003	重庆	20m 石拱桥	汽—15, 挂—80	240	—	—	—	钢丝网钢纤维与贴钢板法	电力设备
2005	重庆 ^[8]	17m 简支梁桥	汽—超 20, 挂—120	323	3	1.5	24	工字钢(“桥上桥”)	化工设备
2005	湖北 ^[9]	—	汽—20, 挂—100	420	—	—	—	改造铺装与贴钢板	电力设备
2006	贵州 ^[10]	8m 简支梁桥	—	391	—	1.55	25	槽钢八字撑	电力设备
2006	贵州 ^[11]	30m 双曲拱桥	汽—20, 挂—100	391	—	1.6	—	释能法	变压器运输
2007	重庆 ^[12]	2×16m 简支梁	汽—超 20, 挂—120	470	3	1.5	47	工字钢(“桥上桥”)	发电机组
2007	湖南 ^[13]	3×12m 简支梁	汽—15, 挂—80	165.9	3	1.55	17.5	三排单层非加强型 321 钢桥	变压器运输
2008	广州 ^[14]	28m 简支箱梁	城—A	551	4.8	1.51	34.4	桥下临时支墩	化工设备
2009	河南 ^[15]	12×20m 刚架拱桥	汽—20, 挂—100	620	—	—	—	桥下临时支墩	—

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国内外桥梁承载能力提高技术的发展状况

在英国,自1960年发生了一起桥梁垮塌事件之后,人们认识到危旧桥对于现代交通的承受能力是相当脆弱的,因此投入大量人力、物力进行既有桥梁的评估工作。1967年正式提出了桥梁防护规则,1978年将该规则引入了BS5400,1984年提出了专用的桥梁评估规范,给出了评定桥梁承载力的一般原则。在美国,尽管其经济十分发达,目前也不可能兼顾到所有已存在损伤的桥梁,因此十分重视对既有桥梁承载潜力的开发与利用。在20世纪80年代,美国联邦公路研究组织主持开展了关于“既有桥梁的承载能力评定”的研究课题;美国联邦公路局(FHWA)也提出了题为“增大既有桥梁的承载能力以延长其使用寿命”的研究方向。西欧各国在主干公路的建设基本完成后,已把注意力转移到对现有基础设施的维护上,开发了大量的有关桥梁维护的内容和桥梁管理系统来辅助工程师决策。我国原交通部在20世纪90年代对公路桥梁承载能力开展了一定的研究工作,主要注重桥梁检测与加固技术的研究和通过理论分析来挖掘既有桥梁的承载潜力,但对既有桥梁结构的特点以及结构损伤对其受力行为的影响考虑不足。1988年,原交通部(2008年更名为“交通运输部”)颁布了《公路旧桥承载力鉴定方法(试行)》,2008年颁布了《公路桥梁加固设计规范》(JTG/T J22—2008)和《公路桥梁加固施工技术规范》(JTG/T J23—2008),2011年颁布了《公路桥梁承载能力检测评定规程》(JTG/T J21—2011),使桥梁加固逐渐形成了一套完整的评定、设计和施工规范体系^[16]。

目前常见的桥梁承载能力提高方法主要有:桥面补强层加固法,增大截面和配筋加固法,喷锚混凝土加固法,粘贴钢板/碳纤维加固法,改变结构受力体系加固法,增设纵梁加固法等,但这些加固方法普遍存在施工周期较长、施工时需断行交通、加固材料不能循环利用、承载力提高幅度小等问题。采用传统装配式公路钢桥具有施工速度快、材料可循环利用等优点,在历次的抢险救灾、桥梁抢修与加固中应用广泛。

屠义强等^[17]对使用军用桥梁器材经变通设计后对如何解决特大荷载过桥时原桥承载力不足的问题进行了研究,分析了桥上桥、桥旁桥和桥下加固等几种提高承载力的方式;胡业平等^[18]利用原桥提高桥上桥承载力,提出了间隙上下限和分载可行区的概念,建立了将单分载点、双分载点和三分载点三种设置方式

统一计算的模型,并利用该模型对桥上桥中利用原桥提高承载力的影响因素进行了深入分析;李庆林^[19]提出了用控制钢桥挠度实现钢桥与公路桥同时受力的方法,但并未对临时支撑点的作用位置和间隙大小进行研究;重庆交通大学蒙云^[8,12,20]提出了采用工字钢作为纵梁的“桥上桥”提载方法,但这种方法只适合于跨度比较小的桥梁,且通用性不强;张永宝^[21]提出了提高“桥上桥”技术水平的具体措施,对临时支点的刚度进行了分析,并从理论上进行了分析探讨,使“桥上桥”的工作机理更趋合理,使原桥受力状况得到改善,承载能力进一步提高;方纳新等^[22]提出了保障超重车过桥的最佳分载原则,但其并未考虑活载最不利位置的变化、支座位置等因素,仅适合于既定模式下的简支梁结构;冯江等^[23]对 286t 大件运输车直接通行某主跨为 140m 的钢筋混凝土箱形拱桥进行了分析,提出了采用多车配重方式过桥的方法,保证拱桥受力的均匀性,有效减小了内力峰值。

1.2.2 国内外装配式公路钢桥的发展状况

装配式公路钢桥是一种可分解的、能快速架设的、主要用于各种车辆通过江河、沟谷等障碍,并可在危桥、断桥上架设桥上桥及道路抢修时应急使用的制式桥梁。最初的装配式公路钢桥(Bailey Bridge)由英国的德唐纳·贝雷(Donald Bailey)工程师于第二次世界大战初期设计,用于解决军队渡河的问题,主要形式采用预先设计好的钢架迅速组合而成的人工便桥^[24],如图 1.9 所示为早期的



图 1.9 早期装配式公路钢桥(跨越 Ma Sillars 海峡的装配式公路钢桥)

装配式公路钢桥。在第二次世界大战期间,这种贝雷钢桥被大量用于欧洲及远东战场;战后,世界各国都在原贝雷桥的基础上,结合本国实际情况设计了类似的装配式公路钢桥。我国于20世纪60年代初期采用国产16Mn钢把贝雷钢桥设计成装配式公路钢桥(简称“321 装配式公路钢桥”)。从1965年定型后算起,321 装配式公路钢桥已经问世将近50年,它不仅在国防上发挥了重大作用,而且在抗震、抗洪抢险中作出了突出贡献,特别是在1976年唐山大地震、1998年特大洪水斗争及2008年汶川大地震中,为保障交通运输、安定灾区人民生活、保证抢险物资的供应方面发挥了不可代替的作用^[25]。

在装配式公路钢桥的研究与应用方面,1992年英国MABEY公司通过改进装配式公路钢桥的单双耳接头构造细节,使接头疲劳寿命由1.45万次提高到4.54万次^[26];2002年徐光尧等^[27]对装配式公路钢桥的车辆冲击系数进行了研究,提出了修正的冲击系数计算公式,所得结论对于桥梁设计和使用都有参考价值;2004年黄绍金等^[28]编写了装配式公路钢桥的使用手册,从计算方法、架设方法、应用实例等方面,对装配式公路钢桥的基本性能进行了描述;2006年夏凌辉等^[29]研究了复合材料在军用桥梁器材中的应用可行性;2009年徐光尧等^[30]基于AHP与目测打分法、分析检算法、荷载试验法相结合的综合评价方法对321 装配式公路钢桥安全性进行了评价;2009年徐关尧^[31]指出装配式公路钢桥的发展可以归结为:以现有的贝雷桥为基础进行构件尺寸标准化、模数化设计和开发,应用新材料进行优化设计,以便充分发挥装配式钢桥的效能,改进单双耳接头构造细节以提高钢桥疲劳寿命;2010年苏善根^[32, 33]对装配式公路钢桥的演变过程进行了论述,同时对200型装配式公路钢桥设置4排桁架时4排桁架之间的受力分配状况进行研究,结果表明4排桁架承载接近平均分配,差异甚微。

1.2.3 国内外装配式公路钢桥介绍

目前国家储备的桥梁抢修器材主要有:321 装配式钢桥、ZB-200 型装配式公路钢桥、六四式铁路军用梁、六七式铁路舟桥、铁路拆装式桥梁和浮桥等。其中应用最广泛的是装配式钢桥和进行特殊设计的军用桥梁。装配式公路钢桥目前以321 装配式钢桥为主,其基本构件由工厂预制,各构件连接简单,架设方便,由于这种器材使用灵活、适应性广,广泛应用于军事行动中的机动保障,同时在民用上也大量用于架设临时性或半永久性桥梁。军用装配式公路钢桥^[34]从狭义上讲是指专供军队克服江河、沟渠和谷地等道路障碍所构筑的临时性桥梁;从广义上讲,一切快速构筑的临时性桥梁都可以被看作是军用桥梁。军用桥梁装

备具有两个显著的特点:一是可以机动,即军用桥梁是一个可以移动的桥梁;二是可以快速投入使用。下面为我国正在使用中的装配式钢桥和部分军用桥梁。

(1) 321 装配式公路钢桥

321 装配式公路钢桥(图 1.10)是一种可分解的、能快速架设的、主要用于各种车辆通过江河、沟谷等障碍,并可在危桥、断桥上架设桥上桥及道路抢修时应急使用的制式桥梁。321 装配式公路钢桥主要构件,包括桁架、横梁、桥板、连接销及各种连接系构件。主梁由每节 3m 长的桁架用销子连接而成,位于车行道的两侧,主梁间用横梁相连,每节桁架设置两根横梁;横梁上设置 5 块钢桥板。它结构简单,适应性强,互换性好,拆装方便,为适应不同荷载和跨径的变化,桁架组合可取 10 种相应的变化,即单排单层、双排双层、三排单层、双排双层、三排双层和在上述 5 种组合的上、下弦杆上增设加强弦杆的 5 种形式。

(2) HD200 型装配式公路钢桥

HD200 型装配式公路钢桥^[35](图 1.11)是在 321 钢桥的基础上,参照英国美贝公司最新设计的轻便 200 型钢桥,由中交公路规划设计院设计和开发的新一代战备钢桥。HD200 型装配式公路钢桥,由于桁架高度为 2.134m,而 321 钢桥桁高仅为 1.4m,因此 200 型钢桥比 321 钢桥具有高得多的承载能力,其强度提高 33%,刚度提高 2.3 倍;横梁的高度比 321 钢桥的横梁高出 130mm(200 型钢桥横梁高为 400mm,321 钢桥横梁高为 270mm,采用的是 27a 工字钢),其横梁的抗弯刚度比 321 钢桥高出 3.6 倍;为了便于安装架设,200 型钢桥取消了双层结构,桁架的排数增加至 4 排;桥梁的行车道宽度,321 钢桥只能做成单车道,净宽只有 3.7m,而 200 型钢桥除了可做成单车道外,还可做成双车道,单车道的桥面净宽为 4.2m,双车道桥面净宽为 7.4m,大大拓宽了桥梁的使用范围^[33]。



图 1.10 321 装配式公路钢桥



图 1.11 HD200 型装配式公路钢桥

(3) 100 型钢桥

100 型装配式公路钢桥(简称 100 型钢桥)的用途十分广泛,不仅在军事运