

文章编号: 1003-1995(2015)10-0031-07

高速铁路预制后张法预应力混凝土 大跨度简支梁技术研究

牛 斌

(中国铁道科学研究院 铁道建筑研究所, 北京 100081)

摘要:我国高速铁路运营里程已经占全球 1/2 以上, 预制架设的简支梁桥占我国高速铁路桥的绝大部分, 研究预制架设大跨度简支梁对推动我国高速铁路桥梁技术进步十分必要。本文的研究及设计统计结果表明, 对于高速铁路简支梁设计, 跨度 ≤ 32 m 由基频限值控制, 随着跨度增大, 梁端转角限值的影响越来越大。分析不同基频的简支梁在运营列车作用下的动力系数发现, 大跨简支梁车桥动力效应不明显。40 m 简支梁试设计证明梁体质量可以控制在 1 000 t 以内, 因此目前的运架设备通过改造可以满足其运输架设要求。此外, 在一定条件下使用 40 m 简支梁将带来巨大的经济效益。

关键词: 高速铁路 大跨度简支梁 容许动力系数

中图分类号: U448.21⁺7; U448.35 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1003-1995.2015.10.06

国内外高速铁路桥梁主要采用简支梁结构, 其中预应力混凝土简支梁具有受力明确、构造简单、耐久性好、施工便捷等优点, 是高速铁路桥梁的主要结构形式。

1 国内外高速铁路桥梁概况

1.1 国外高速铁路简支梁

日本、德国、法国等高速铁路发达国家的简支梁桥应用情况如下述。

1) 日本: 早期修建的东海道新干线近 50% 的桥梁为钢桥和结合梁桥, 后期修建的几条新干线上钢桥应用越来越少, 其中东北新干线混凝土桥已占 70%。日本新干线预应力混凝土简支箱梁最大跨度为 67 m, 预应力混凝土槽形梁最大跨度为 61.4 m, 简支 T 形梁最大跨度为 49 m。

2) 德国: 高速铁路桥梁的标准跨度是 25 m, 44 m 和 58 m。25 m 跨度主要用于高架桥, 44 m 和 58 m 跨度主要用于山谷桥。近期修建桥梁主要采用预应力混凝土简支箱梁, 跨度以 44 m 为主, 一般采用支架法、移动模架法、顶推法施工。

3) 法国: 高速铁路混凝土桥多采用预应力混凝土

连续梁, 截面形式主要为双线等高箱梁, 顶推法施工, 跨度 40 ~ 80 m, 梁高 3.5 ~ 5.0 m。钢—混凝土结合梁在法国高铁应用普遍, 约占桥梁总数的 70%。

4) 西班牙: 高速铁路桥梁主要为多片式预应力混凝土 T 梁和箱梁桥, 其中跨度 26.6 m 的 T 梁横向为 5 片并置, 梁高为 2.05 m; 跨度 38 m 的 T 梁横向为 9 片并置, 梁高 2.10 m。

5) 意大利: 第一期高速铁路预应力混凝土箱梁跨度为 20 ~ 25 m, 质量 550 t, 工厂集中预制, 架桥机架设; 第二期高速铁路的桥梁为跨度 33.6 m 单箱双室简支梁, 整孔预制, 先张法预施应力。

6) 韩国: 京釜高速铁路 90% 以上桥梁采用预应力混凝土双线连续箱梁, 标准跨度为 25 m 和 40 m 两种。

1.2 我国高速铁路简支梁

截止 2014 年底, 我国高速铁路运营里程超过 16 000 km, “四纵”干线基本成型, 约占世界高速铁路运营里程的 50%, 已拥有全世界规模最大、运营速度最高的高速铁路网。

我国高速铁路多采取“以桥代路”策略, 各条高速铁路桥梁所占比例均较高, 其中以跨度 32 m 预应力混凝土简支箱梁桥为主, 部分采用跨度 24 m 简支箱梁, 少量采用跨度 40, 44, 56 m 简支箱梁。跨度 32 m 及以下箱梁主要采用沿线设制梁场集中预制、架桥机架设的方法施工, 跨度 32 m 以上简支箱梁主要采用现场浇筑或节段拼装的方法施工。

我国高速铁路桥梁里程占线路里程的比例最高达

收稿日期: 2015-08-01; 修回日期: 2015-09-07

基金项目: 中国铁路总公司铁道科学技术研究发展中心科研项目
(J2014G009)

作者简介: 牛斌(1966—), 男, 研究员, 硕士。

82%，其中常用跨度混凝土简支箱梁桥占桥梁总里程的比例基本在 80% 以上，最高达 96%。我国典型线路高速铁路简支梁统计情况见表 1。

表 1 我国典型线路高速铁路简支梁情况统计

线路名称	线路 全长 /	桥梁 总长 /	桥梁 比例 /	简支梁 桥总长 /	简支梁 桥比例 /
	km	km	%	km	%
	①	②	② / ①	③	③ / ②
京津城际	118	97	82	93	96
京沪高铁	1 319	788	60	724	92
武广高铁	868	352	40	331	94
郑西高铁	459	210	46	192	92
石太高铁	118	37	31	30	82
合武高铁	284	67	24	60	89
合宁高铁	99	18	19	12	63
甬台温客专	282	88	31	79	90
温福客专	298	75	25	65	87
福厦客专	264	72	27	49	68

1.3 发展预制大跨度简支梁的意义

桥梁技术的发展和进步成为我国高速铁路建设工程中的重大技术突破，并形成了我国自有的技术标准体系。随着高速铁路建设的发展，桥梁设计理论和建设技术也在逐步完善和发展，其中基于预制架设施工模式的大跨度预应力混凝土简支箱梁就是其中重要发展方向之一。

我国高速铁路建设规模大，桥梁数量多，设计、施工技术成熟，并依托联调联试工作积累了丰富的试验数据，对于高速铁路桥梁的建设和发展也积累了充足的技术储备。根据近年来高速铁路常用跨度预应力混凝土简支梁的设计和试验研究成果，我们对简支梁的设计理论有了更为深刻的认识，为高速铁路（时速 250 km 及以上）大跨度预应力混凝土简支梁的进一步发展打下了基础。

高速铁路跨越河流、沟谷的高墩桥梁以及软基沉降地区的深基础桥梁，下部结构造价在桥梁建设费用中的比重较大，大量使用跨度 32 m 简支梁时经济性较差；跨度 > 32 m 时若只能采用原位浇筑的简支梁桥或者连续梁、连续刚构桥，经济性也较差，且质量不易控制。发展跨度 40 m 及以上预应力混凝土简支梁，并采用集中预制、运梁车移运、架桥机架设的施工模式，将显著提高桥梁的经济性。我国高速铁路发展跨度 40 m 及以上、采用预制架设施工模式的预应力混凝土简支梁技术，不但能够提高简支梁桥的跨越能力，还能够扩大简支梁桥的适用范围，并具有一定的技术、经济优势。

2 既有高速铁路简支梁设计与使用情况

2.1 设计参数及控制指标

对于我国高速铁路用量最大的跨度 32 m 预应力混凝土简支箱梁，高速铁路运营活载静态效应（动车组）约为设计活载静效应的 35% ~ 40%，桥梁结构设计控制指标已由强度变为刚度。桥梁结构的变形和变位限值主要是为保证桥上轨道结构受力安全性和稳定性，同时满足列车高速运行条件下行车安全及乘车舒适的要求。根据现行规范，高速铁路桥梁刚度设计参数应满足如下要求。

1) 竖向挠度

梁部结构在 ZK 竖向静活载作用下，梁体的竖向挠度不应大于表 2 所示限值。

表 2 梁体竖向挠度限值

设计速度 / (km / h)	跨 度		
	$L \leq 40 \text{ m}$	$40 \text{ m} < L \leq 80 \text{ m}$	$L > 80 \text{ m}$
250	$L/1\ 400$	$L/1\ 400$	$L/1\ 000$
300	$L/1\ 500$	$L/1\ 600$	$L/1\ 100$
350	$L/1\ 600$	$L/1\ 900$	$L/1\ 500$

2) 梁端转角

对于采用无砟轨道的桥梁，由于梁端竖向转角使得梁缝两侧的钢轨支点分别产生钢轨的上拔和下压现象。当上拔力大于钢轨扣件的扣压力时将导致钢轨与下垫板脱开，当垫板所受下压力过大时可能导致垫板产生破坏。对于采用有砟轨道的桥梁，还要保证桥梁接缝部位有砟道床的稳定性。梁端转角规定见表 3。

表 3 ZK 竖向静活载作用下梁端竖向转角限值

轨道类型	位 置	限值 / ($\times 10^{-3}$ rad)	备 注
有砟 轨道	桥台与桥梁之间	$\theta \leq 2.0$	
	相邻两孔梁之间	$\theta_1 + \theta_2 \leq 4.0$	
无砟 轨道	桥台与桥梁之间	$\theta \leq 1.5$	$a \leq 0.55 \text{ m}$
		$\theta \leq 1.0$	$0.55 \text{ m} < a \leq 0.75 \text{ m}$
	相邻两孔梁之间	$\theta_1 + \theta_2 \leq 3.0$	$a \leq 0.55 \text{ m}$
		$\theta_1 + \theta_2 \leq 2.0$	$0.55 \text{ m} < a \leq 0.75 \text{ m}$

注：表中 a 为梁端悬出长度。

3) 竖向自振频率限值

研究表明梁体固有频率过低将导致高速列车通过时产生较大振动或共振，频率过高时桥上轨道不平顺引起的车辆动力响应明显增加，因此对简支梁竖向自振频率提出限值。对于运行车长 24 ~ 26 m 的动车组、 $L \leq 32 \text{ m}$ 混凝土及预应力混凝土双线简支箱梁，给出了不需要进行车桥耦合动力响应分析的自振频率限值。同时，研究发现对于跨度 40 m 及以上的简支梁，

由于长列荷载的影响,动力荷载产生的突变效应减弱。

高速铁路桥梁设计的控制性参数与桥梁跨度有关。研究发现,选取跨度 20,24,32 及 40 m 的简支箱梁,每种跨度的简支梁分别选取 21 种不同尺寸的截面,二期恒载统一按 180 kN/m 来计算梁体竖向基频,

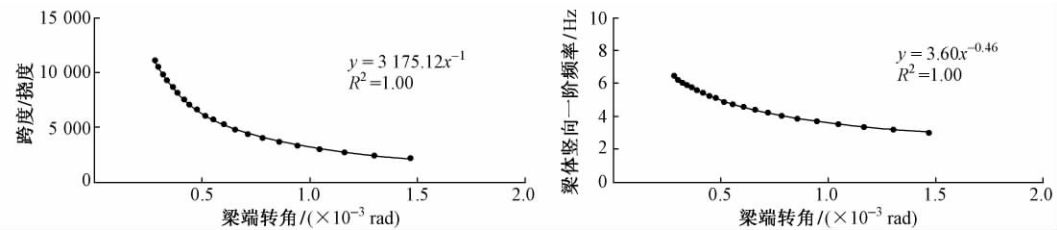


图 1 跨度 32 m 简支箱梁刚度限值关系对比

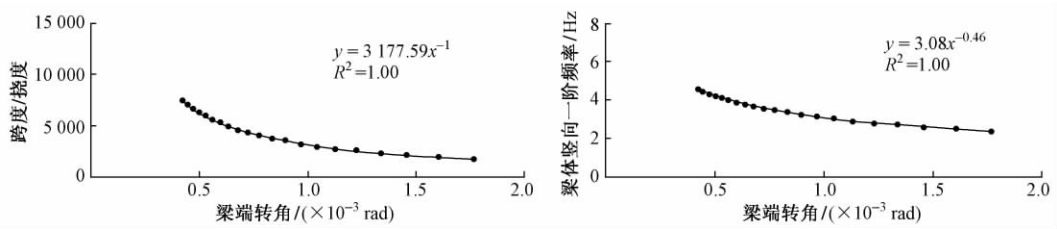


图 2 跨度 40 m 简支箱梁刚度限值关系对比

根据不同刚度限值对应函数关系,梁端转角和基频满足要求前提下其它刚度参数情况见表 4 和表 5。表中 32 m 及以下跨度简支梁基频取现行规范中不需要动力检算的下限值,40 m 箱梁基频取现行规范中公式计算的下限值,梁端悬出长度按预制架设模式统一取 0.55 m,梁端转角限值取 1.5×10^{-3} rad。

跨度 / m	设计满足规范梁端转角时 对应的挠跨比和基频			规范中基 频限值 / Hz
	梁端转角 / ($\times 10^{-3}$ rad)	自振频率 / Hz	挠跨比	
20	1.5	4.12(不满足)	2 113	6.00
24	1.5	3.67(不满足)	2 114	5.83
32	1.5	2.99(不满足)	2 117	4.69
40	1.5	2.56(接近)	2 118	2.66

跨度 / m	设计满足基频限值时 对应的梁端转角和挠跨比			规范中梁端 转角限值 / ($\times 10^{-3}$ rad)
	自振频率 / Hz	梁端转角 / ($\times 10^{-3}$ rad)	挠跨比	
20	6.00	0.69(满足)	4 667	1.5
24	5.83	0.55(满足)	4 164	1.5
32	4.69	0.56(满足)	3 457	1.5
40	2.66	1.38(满足)	2 303	1.5

综上分析可以看出: ①梁体竖向刚度满足梁端转角限值或满足基频限值的情况下,挠跨比远小于规范规定的 1/1 600,挠跨比不控制梁体设计; ②跨度 32 m 及以下的预制简支梁,基频为梁体设计控制指标; ③跨

以此研究分析不同刚度设计参数间的关系。跨度 32, 40 m 简支梁梁端转角与跨挠比(双线静活载)、梁体竖向基频之间的关系分别见图 1 和图 2。从图中拟合函数及相关系数可以看出,不同刚度限值间呈幂函数对应关系。

度 40 m 预制简支梁,基频和梁端转角的对应关系接近,梁体设计控制指标在基频和梁端转角方面差别较小,可实现箱梁经济性设计。

2.2 实梁设计状况

以我国高速铁路跨度 32,40 m 预应力混凝土简支箱梁为代表,分析了既有简支梁的设计情况。

2.2.1 跨度 32 m 简支箱梁

我国高速铁路跨度 32 m 预应力混凝土简支箱梁(通用参考图) 设计参数统计情况见表 6。高速铁路有砟、无砟桥面双线箱梁二期恒载设计值分别为 206.5 ~ 211.0 kN/m 和 120.0 ~ 180.0 kN/m,受二期恒载影响(不同无砟轨道类型、直曲线及有无声屏障等),同一图号的无砟简支箱梁基频和残余徐变拱度略有差异。

对于设计时速 350 km 高速铁路 32 m 无砟轨道预应力混凝土双线简支箱梁,预制梁的梁端转角、基频的设计参数与规范参数比值分别为 53%,101% ~ 108%,现浇梁相应的两者比值分别为 70% 和 106% ~ 114%。

2.2.2 跨度 40 m 简支箱梁

时速 350 km 高速铁路无砟轨道后张法预应力混凝土双线简支箱梁(图号: 叁桥通 [2008] 2326-IV), 计算跨度为 39.1 m,施工方法为原位现浇,截面中心梁高为 3.75 m,桥面宽度为 12.0 m,质量 1 130 t,主要设计参数见表 7。

表 6 高速铁路跨度 32 m 预制箱梁设计参数统计

线路 类型	设计速度 / (km/h)	设计 活载	参考图图号	轨道 类型	竖向 挠度	梁端转角 / (× 10 ⁻³ rad)	二期恒载 / (kN/m)	基频 / Hz	基频限值 / Hz
客运专线	350	ZK 活载	通桥(2008) 2322 A-II	无砟	L/5 132	0. 80	120. 0	5. 07	4. 76
							140. 0	4. 95	4. 76
							160. 0	4. 84	4. 76
							180. 0	4. 73	4. 76
	250	中一活载	通桥(2008) 2321 A-II	有砟	L/5 278	0. 76	211. 0	4. 68	4. 76
							120. 0	5. 33	4. 76
			通桥(2008) 2322 A-VI	无砟	L/5 298	0. 70	140. 0	5. 20	4. 76
							160. 0	5. 07	4. 76
							180. 0	4. 95	4. 76
							206. 5	4. 40	3. 81
			通桥(2008) 2221 A-V	有砟	L/4 071	1. 00	206. 5	4. 52	3. 81
城际铁路	250	ZK 活载	通桥(2008) 2229-I	有砟	L/3 698	0. 87	209. 0	3. 90	3. 81
							80. 0	4. 80	3. 81
			通桥(2008) 2229-IV	无砟	L/3 795	0. 83	100. 0	4. 63	3. 81
							120. 0	4. 48	3. 81
							140. 0	4. 35	3. 81
							160. 0	4. 22	3. 81
							180. 0	4. 11	3. 81

表 7 跨度 40 m 简支梁设计情况

参 数	梁端转角 / (× 10 ⁻³ rad)	挠跨比	竖向基频 / Hz
规范限值	1. 0	1/1 600	2. 69
设计值	0. 62	1/3 773	3. 73
设计值/规范限值	62%	42%	139%

对于设计时速 350 km 高速铁路跨度 40 m 无砟轨道预应力混凝土双线简支箱梁,梁端转角、基频的设计参数与规范限值的比值分别为 62% 和 139%。

2. 2. 3 对比分析

1) 高速铁路各种箱梁的挠跨比设计值远小于规

范规定的限值。

2) 跨度 32 m 箱梁的竖向基频设计值稍大于规范规定的基频限值,梁端转角富余度较高,基频限值控制箱梁的设计。

3) 跨度 40 m 梁与跨度 32 m 梁的梁端转角设计值与规范限值的比值基本相当,40 m 梁基频设计值与规范限值的比值大于 32 m 梁的相应比值,跨度 40 m 梁的竖向基频有较大优化空间。

2. 3 实梁测试结果

根据高速铁路桥梁联调联试的测试结果,跨度 40 m 简支梁实测结果见表 8。

表 8 高速铁路跨度 40 m 箱梁测试结果统计

线路及实测桥梁	实测自振 频率/Hz	设计自振 频率/Hz	实测 挠跨比	设计 挠跨比	实测梁端转角 / (× 10 ⁻³ rad)	梁端转角 / (× 10 ⁻³ rad)
京沪高铁韩庄运河特大桥	5. 86	3. 73	1/8 697	1/3 773	0. 37	0. 62
杭甬高铁绍兴特大桥	5. 62	3. 87	1/8 375	1/4 250	0. 38	0. 82
京津城际永定新河特大桥	5. 84	4. 28	1/9 074	1/4 975	0. 36	0. 75
沪杭高铁步云特大桥	5. 76	3. 87	1/7 801	1/4 250	0. 41	0. 82

将高速铁路常用跨度简支梁设计情况和实测结果对比可知:

1) 挠跨比不是梁体设计控制指标,跨度 32 m 以下的简支梁的设计参数由基频控制,跨度 40 m 的简支梁基频和梁端转角的影响接近。

2) 高速铁路各种箱梁的挠跨比设计值小于规范规定的限值。跨度 32 m 箱梁竖向基频设计值稍大于规范规定的基频限值,跨度 40 m 箱梁基频设计值与规

范限值的差别较大,有较大的优化空间。

3) 从设计和运营指标测试结果来看,我国高速铁路发展跨度 40 m 及以上的预应力混凝土简支箱梁技术可行。

3 大跨度简支梁适用性分析

我国高速铁路桥梁建设过程中,虽然有节段预制拼装混凝土简支梁、现浇混凝土简支梁、钢—混组合结

构简支梁、钢结构等跨度较大简支梁桥的工点应用,但都不具备整孔预制架设施工方法的现代工业标准化生产优势。通过研究发现,实现采用预制架设施工方法的跨度 40 m 及以上预应力混凝土简支梁的推广应用,可以进一步提高我国高铁预制架设简支梁的跨越能力和适用范围,技术经济效益明显。

3.1 设计参数分析

大跨度简支梁的各项受力性能指标主要由刚度控制,由此提出“容许动力系数”来评判大跨度简支梁刚度取值的合理性。

容许动力系数 = $\frac{\text{设计活载图式静效应} \times \text{设计动力系数}}{\text{运营车辆静效应}}$

大跨度简支梁竖向刚度不同时,运营车辆作用产生的运营动力系数不同,梁体竖向基频是主要的影响因素。但运营动力系数必须满足:运营动力系数 < 容许动力系数,等同于:设计活载图式静效应 × 设计动力系数 > 运营车辆静效应 × 运营动力系数。

大跨度简支梁竖向刚度取值研究流程见图 3。选取 40,48,56,64 m 简支梁进行容许动力系数分析,在运营车辆作用下跨度 40,48,56,64 m 简支梁的最小容许动力系数分别为 3.062,3.027,2.874 和 2.733。

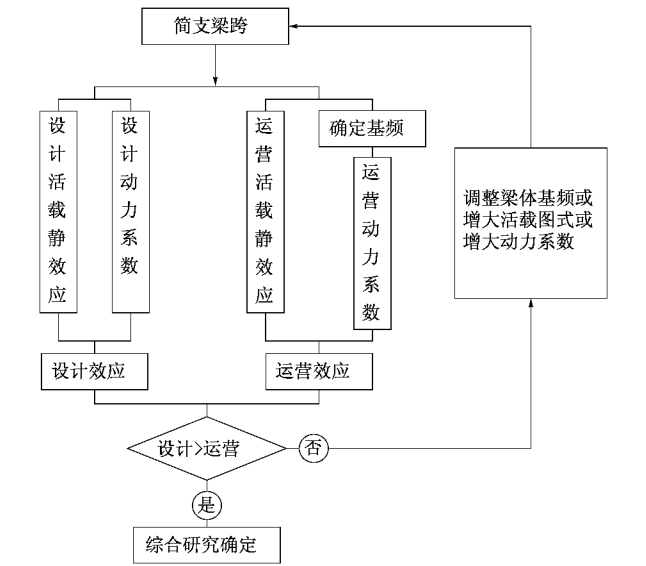


图 3 大跨度简支梁竖向刚度取值研究流程

以跨度 40 m 简支梁为例,分析不同基频的简支梁在运营列车作用下的动力系数分布情况。基频 1 ~ 20 Hz 范围内跨度 40 m 简支梁在不同速度级下的最大动力系数见图 4,研究结果发现最大动力系数均远小于容许动力系数。不同基频条件下跨度 40 m 简支梁的运营动力系数随列车速度的关系见图 5,结果表明跨度 40 m 简支梁接近车长的 1.5 倍,有效避开了 1 阶共振点,车桥动力响应较小。

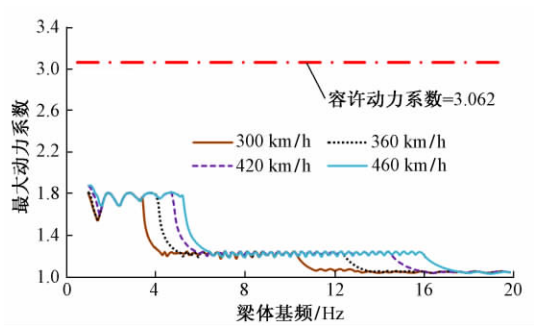


图 4 跨度 40 m 简支梁不同基频下最大动力系数

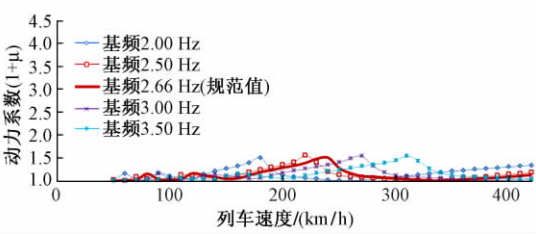


图 5 不同基频条件下跨度 40 m 简支梁动力系数分布

分析表明,跨度 40 m 简支梁设计受基频控制的影响较小,箱梁设计思路可以从跨度 32 m 简支梁的竖向刚度(基频)控制设计转变为强度和竖向刚度(基频、梁端转角)共同控制设计。

3.2 简支梁试设计

根据实际工程现场条件和应用需求,参照 40 m 简支梁通用参考图(图号:叁桥通(2008)2326-IV),开展跨度 40 m 预制架设简支梁的试设计。桥面宽度参考最新简支梁通用参考图选为 12.6 m;腹板厚度考虑 2 种,一种与通用参考图一致为 45 cm,另一种考虑采用大吨位锚具技术将腹板减为 36 cm。通过变化腹板高度使梁高在 2.6 ~ 4.0 m 变化(逐级增加 0.1 m),共拟定 30 种截面,来分析不同截面跨度 40 m 箱梁的刚度设计值。跨度 40 m 箱梁不同刚度指标与梁高的关系见图 6 和图 7,跨中截面示意图见图 8。

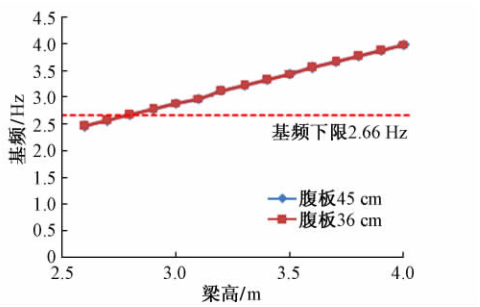


图 6 跨度 40 m 箱梁基频与梁高关系

计算分析结果表明:①对于跨度 40 m 简支梁,腹板从 45 cm 减薄为 36 cm 对梁体基频和梁端转角影响很小。②在跨度 40 m 简支梁满足规范基频限值(2.66 Hz)

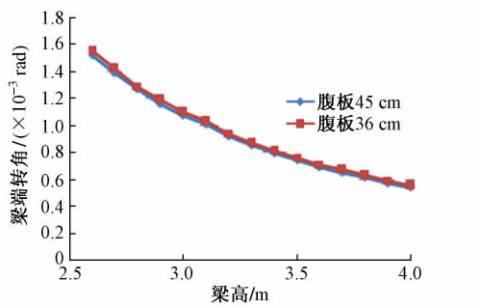


图 7 跨度 40 m 箱梁梁端转角与梁高关系

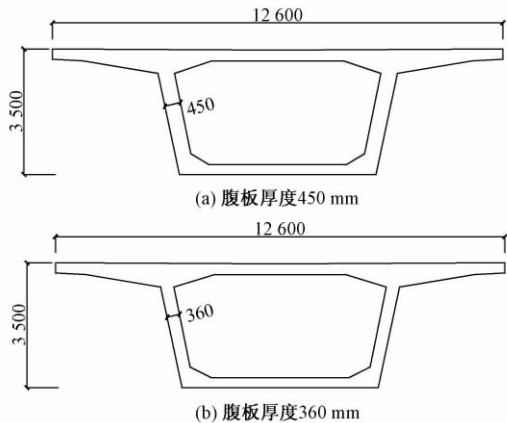


图 8 跨度 40 m 简支梁跨中截面示意(单位:mm)

情况下,梁高需不小于 2.8 m。③在跨度 40 m 简支梁满足 1.5‰的梁端转角限值情况下,梁高需≥2.7 m。④综合考虑各种指标,跨度 40 m 简支梁的梁高控制在 3.1 m 左右时,单孔梁质量可以控制在 1 000 t 以内。⑤若单孔梁质量需进一步降低,应考虑梁体截面型式的进一步优化和桥面附属设施的轻型化。

跨度 40 m 简支梁初步设计情况见图 9、图 10 和表 9,表 9 中各项设计指标均满足规范要求。

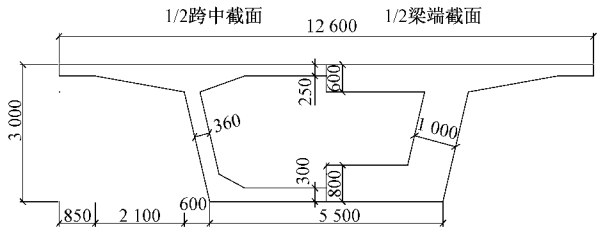


图 9 跨度 40 m 简支梁截面布置(单位:mm)

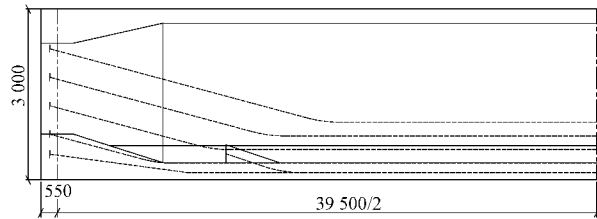


图 10 跨度 40 m 简支梁立面布置(单位:mm)

表 9 跨度 40 m 简支梁主要设计参数

设计指标	设计值	规范限值
静活载挠跨比	$L/2\ 942$	$L/1\ 600$
活载梁端转角/ $(\times 10^{-3}\ \text{rad})$	1.1	1.5
竖向自振频率/Hz	3.11	2.67
抗裂安全系数	1.36	1.20
残余徐变变形/mm	6.10	10.0
梁体质量/t	993	

3.3 运架能力分析

高速铁路的发展带动了我国工程机械行业的飞跃进步。目前高速铁路跨度 32 m 整孔预制混凝土箱梁使用的载重 900 t 轮胎式平板运梁车技术发展成熟,其液压驱动、液压悬挂和液压转向技术使其可在窄小场地等复杂路况下执行任务,并具有自动辅助驾驶、遥控、防撞和故障诊断等智能化控制系统,可完成运梁作业、架梁作业、架桥机转场和穿越高速铁路隧道等任务。架设跨度 32 m 双线简支梁的 900 t 架桥机,可以适应高速铁路架设全部工况,是集机、电、液、控、桥等多学科跨专业的架设装备。

针对跨度 40 m 整孔预应力混凝土箱梁,质量可以控制在 1 000 t 左右,相关运架设备生产单位能够制造出适应跨度 40 m 简支梁的运架设备,也可以通过改造目前适应跨度 32 m 箱梁 900 t 运架设备来实现运架跨度 40 m 简支梁。初步测算,为了适应 1 000 t 左右的跨度 40 m 箱梁,改造 900 t 运梁车增加费用约 300 万元,改造 900 t 架桥机增加费用约 270 万元,相比较于运架设备的购置费用,均摊后的改造设备费用较小,并可以避免既有设备的闲置。

3.4 经济性对比分析

以某在建高速铁路典型区段为代表工点,开展了跨度 40 m 预制简支梁的经济性研究,选取对象为一般段落桥梁。分析结果表明:

1) 抗震设防类别的选用对桥梁的工程造价影响较大,主要影响下部结构造价。跨度 40 m 预制简支梁规模化应用后,重要性及震后修复困难程度将降低,应研究其抗震设防类别设置的合理性。为降低高烈度地震区大跨度简支梁的造价,应积极研究采用有效的减隔震措施,降低地震作用。

2) 按现行抗震设计方法,在抗震设防等级较低的常规地段和高墩、深基础地段,跨度 40 m 预制简支梁与跨度 32 m 预制简支梁相比具有经济优势。

3) 我国高速铁路常规地段的抗震设防类别多数在 7 度及以下,跨度 40 m 预制简支梁与现行 32 m 预

制简支梁相比,规模化应用后在直接造价方面具有一定的经济优势。

4) 采用跨度 40 m 预制简支梁,可减少制、运、架作业班次,提高生产效率,间接效益明显。若综合考虑直接造价和间接效益,跨度 40 m 预制简支梁桥规模化应用后的综合造价预期可降低 3% 左右,经济优势显著。

4 结语

根据高速铁路预制后张法预应力混凝土大跨度简支梁技术可行性和经济性对比分析研究结果,得出结论如下:

1) 高速铁路跨度 40 m 简支梁的设计控制指标已从跨度 32 m 简支梁的刚度(基频)控制转变为强度和刚度(基频、梁端转角)共同控制。

2) 跨度 40 m 预制简支梁的梁高设计可以控制在 3.1 m 左右,单孔梁质量可以控制在 1 000 t 以内。该梁高与既有跨度 32 m 简支梁的梁高接近,便于桥梁跨度布置及美观设计。

3) 无论是研制新的运架设备还是对既有的运架设备进行改造,均可满足跨度 40 m 预制简支梁的制、运、架施工要求。

4) 高速铁路跨度 40 m 的预制简支梁桥,在墩高 10 m 左右的常规地段综合造价与跨度 32 m 简支梁桥

相比具有一定经济优势,在高墩、深基础等下部结构费用较高的地段综合造价与跨度 32 m 简支梁桥相比经济优势增加。

5) 采用跨度 40 m 预制简支梁桥,可提高桥梁的跨越能力、增加桥跨布置的适应性、减少墩台基础的数量、扩大简支梁桥的适用范围,并可减少施工作业班次、提高生产效率,工程建设实际意义显著。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国铁道部. TB 10002. 1—2005 铁路桥涵设计基本规范[S]. 北京:中国铁道出版社,2005.
- [2] 中华人民共和国国家铁路局. TB 10621—2014 高速铁路设计规范[S]. 北京:中国铁道出版社,2015.
- [3] 中华人民共和国铁道部. TB 10002. 3—2005 铁路桥涵钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计规范[S]. 北京:中国铁道出版社,2005.
- [4] 胡所亭,牛斌,柯在田,等. 高速铁路常用跨度简支箱梁优化研究[J]. 中国铁道科学,2013(1):15-21.
- [5] 牛斌,胡所亭,魏峰,等. 我国高速铁路预应力混凝土箱梁研究与应用[C]//第十九届全国桥梁学术会议论文集(上册). 上海:中国土木工程学会桥梁及结构工程分会、上海市城乡建设和交通委员会,2010.
- [6] 蔡超勋,胡所亭,牛斌,等. 32 m 双线简支箱梁在对开列车作用下梁体竖向动力响应规律研究[C]//第二十届全国桥梁学术会议论文集(下册). 上海:中国土木工程学会桥梁及结构工程分会,2012.

Research on precasting of long-span simply-supported post-prestressed concrete girder

NIU Bin

(Railway Engineering Research Institute, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Over a half mileage of high speed railway all over the world is built in china. The majority of high speed railway bridge employed simply-supported girders which were precast in factorys and erected in-site. The study on long-span simply-supported girder was important for the development of China high speed railway bridge technique. In this paper, investigation and statistical analysis of high speed railway bridge design shows that the fundamental frequency limit was the most important design factor for the girder which span is within 32 m. With the increase of span, the angle limit is getting more important. Dynamic response is not significant through analysis of impact facotr of simply-supported girders with different fundamental frequency and under the action of high speed train. The weight of 40 m girder may be controlled within 1 000 t, satisfying the current requirement of transportation and erection. Besides, it may bring huge economic benefits.

Key words: High speed railway; Long-span simply-supported girder; Allowable impact factor