

# 公路桥梁伸缩装置的若干技术问题

庄军生

(中国铁道科学研究院 北京 100081)

**摘要:**本文在总结国内外桥梁伸缩装置的使用经验基础上,论述了公路桥梁伸缩装置的基本性能要求、伸缩装置的主要类型、走行性能要求、设计计算规定、地震设计和性能检测等方面的内容,可供广大工程技术人员参考。

**关键词:**桥梁 伸缩装置 性能要求 设计 检测

## 1 公路桥梁伸缩装置的基本性能要求

桥梁伸缩装置是公路桥梁路面的重要组成部分,主要用于适应桥梁的温度伸缩、混凝土及预应力混凝土桥梁的收缩和徐变、以及桥梁梁部结构在荷载作用下的伸缩位移等所引起的桥梁伸缩位移,以保证桥上车辆通行的安全性和舒适性。自上世纪八十年代以来,随着我国公路桥梁建设的发展,各种形式的桥梁伸缩装置在桥梁上大量使用,除了传统的埋入式伸缩缝和板式橡胶伸缩缝外,先后研发了模数式伸缩装置和大位移梳齿板式桥梁伸缩装置。

桥梁伸缩装置应能将作用于其上面的荷载可靠地传递到桥梁主体结构上,

桥梁伸缩装置的结构应具有足够的支承能力,并与桥梁主体结构有可靠的固定连接。

桥梁伸缩装置应具有足够的位移能力,能适应梁体竖向、横向和纵向位移及转角的需要。并应考虑适当的位移富裕量,通常可按纵向位移的25%~35%取值。

桥梁伸缩装置除了应满足承载和位移的要求外,还应考虑防水、自洁、降噪、防滑、抗震和环境保护等功能。桥梁伸缩装置基本性能要求见表1。

## 2 公路桥梁伸缩装置的主要类型

目前,公路桥梁伸缩装置按其结构形式可以分为7种主要类型,即:埋入式伸缩装置、柔性填充式伸缩装置、型钢单缝伸缩装置、板式橡胶伸缩装置、悬臂梳齿板式伸缩装置、支承梳齿板式伸缩装置和模数式伸缩装置。

表1 桥梁伸缩装置的基本性能要求

相关工作特性	强制性特性要求
伸缩装置的承载、位移能力和工作特性要求:	力学性能
	疲劳性能
	地震性能
	位移能力
	自洁性能
	抗磨损能力
	防水性能
	解除危险的能力
	容许行车道的表面缝宽
	行车表面水平差
车辆行走的走行性要求	对积雪危险的敏感性
	抗滑能力
	排水能力
其他	防腐、防老化、耐化学腐蚀、耐温度、紫外线、冰冻、臭氧等

近年来,公路桥梁上主要采用的伸缩装置是型钢单缝伸缩装置、单元支承式梳齿板伸缩装置和模数式伸缩装置。

### 2.1 型钢单缝伸缩装置

该伸缩装置通常由型钢、锚固元件和防水橡胶条组成,型钢可以采用钢材或铝合金型材,两侧路面可以为刚性混凝土路面,也可以采用柔性材料填充。型钢单缝伸缩装置的设计位移量一般为20mm~80mm,是目前公路桥梁上使用最广泛的一种小位移量伸缩装置。

### 2.2 单元支承式梳齿板伸缩装置

单元支承式梳齿板伸缩装置是将桥面一侧的梳型钢板跨过伸缩缝部位,支承在另一侧的路面上滑动,形成简支板体系,因此能适应较大的伸

缩位移量,在梳齿板的固定端设有铰接构造,使梳齿能适应少量的转动。

### 2.3 模数式伸缩装置

模数式伸缩装置是我国高速公路桥梁上广泛应用的一种伸缩装置。它有中梁、边梁、支承梁、吊架、位移箱、承压支承和压紧支承、位移控制体系、防水橡胶条和限位装置组成。按其支承梁的支承的形式可区分为格梁式、直梁式和转轴式(斜梁式)三种。按其位移控制体系可区分

为压缩聚氨酯弹簧、剪切橡胶弹簧、机械连杆和转轴式几何关系控制等几种。目前,模数式伸缩装置是国内、外公路桥梁上使用最广泛的一种大位移桥梁伸缩装置。

单元支承式梳齿板伸缩装置和模数式伸缩装置是我国高速公路桥梁上广泛应用的两种大位移量伸缩装置。

几种桥梁伸缩装置的主要性能及适用位移范围见表2。

表2 伸缩装置适用范围一览表

桥梁伸缩装置 的类型	适应位移的能力 纵向 (mm)						适应转动的能力						
	20	40	80	120	160	240	1200	2000以上	横向	竖向	纵向	横向	竖向
埋入式	---								良	良	良	良	良
柔性填充式		-----							优	优	优	优	优
型钢单缝		-----							优	优	优	优	优
板式橡胶缝		-----							良	优	良	良	良
梳齿式				-----					良	优	优	良	优
支承式	梳齿式			-----					优	优	优	优	优
	拖板式						-----		良	优	优	良	优
	格梁式			-----					优	优	优	优	优
模数式	直梁式						-----		优	优	优	优	优
	转轴式						-----		优	优	优	良	优

我国对各种伸缩装置预期工作寿命没有明确的规定,大量伸缩装置的使用寿命不足10年,甚至于仅有2-3年。欧洲标准ETAGn0032-2013《公路桥梁伸缩装置》<sup>[1]</sup>提出,各种伸缩装置预期工作寿命可分为4级,分别为10、15、25和50年。该寿命以每年通行5000万辆车为准。

### 3 桥梁伸缩装置的走行性能要求

公路桥梁伸缩装置的走行性能要求,是为了确保公路的使用安全性,以保证运输的安全,保证伸缩装置在整个工作寿命中性能良好,不发生损害。为此主要应控制伸缩装置行车表面的最大缝宽和行车表面的水平度。

#### 3.1 伸缩装置容许的行车表面缝隙宽度最大值:

综合考虑国内、外规范的规定,建议各种伸缩装置的设计缝宽要求如下:

(1) 模数式伸缩装置中梁顶面最大缝宽为80mm,最小缝宽为20mm;

(2) 梳齿板伸缩装置开启时,顺缝方向(横

桥向)两梳齿之间的最大净距为45mm~50mm,相互靠近梳齿之间的最小净距为4mm~5mm,相互邻近梳齿的最小搭接长度不小于10mm~25mm,在梳齿方向结构部件的最小间距为5mm~10mm,如图1。

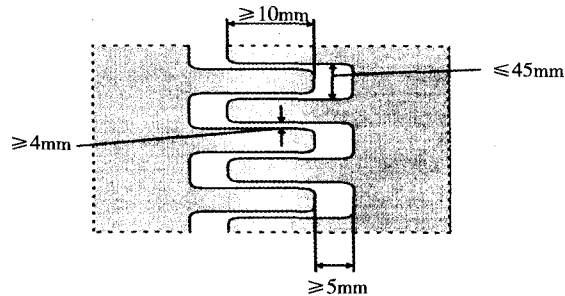
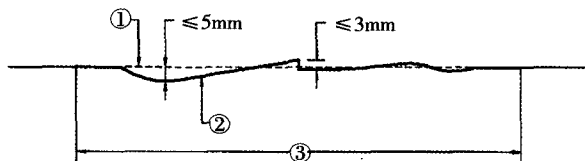


图1 梳齿板缝的构造尺寸

(3) 伸缩装置行车表面的水平要求,见图2:

a.在没有任何强加水平变形条件下,如伸缩装置没有承受载荷时,伸缩装置表面的水平差,伸缩装置和两侧临近路面理想连接面之差,在行车方向不大于5mm。

b.台阶状高差不大于3mm。



①理想连接线 ②伸缩装置行车表面 ③伸缩装置范围

图2 伸缩装置行车表面的水平差

#### 4 桥梁伸缩装置的结构设计

桥梁伸缩装置应按承载能力极限状态和使用

极限状态进行设计。

根据我国交通行业标准JTG D60《公路桥梁通用设计规范》和JTG D64《公路钢结构桥梁设计规范》，参照欧洲标准ETAGn0032-2013《桥梁伸缩装置》，桥梁伸缩装置的设计荷载组合可按表3取值。在进行伸缩装置荷载组合时，应根据不同的极限状态考虑伸缩装置的开启程度。

表3 模数式桥梁伸缩装置的设计荷载组合表

作用与作用组合		承载能力极限状态		正常使用极限状态		疲劳极限状态	
		基本组合 I	基本组合 II	短期组合	经常组合	基本组合	
结构重要性系数 $\gamma_0$		$\gamma_0=1.10$					
永久作用	结构自重	设计确定	设计确定	设计确定	设计确定	设计确定	
	作用分项系数	1.10	1.10	1.00	1.00	1.00	
	组合系数	1.00	1.00				
可变作用	汽车荷载	标准值 (kN)	140/120	140/120	140/120	140/120	140
		作用分项系数	1.40	1.40	1.00	1.00	1.00
		组合系数	1.00	0.70		0.70	0.70
		冲击系数	1.45	1.45			1.45
	汽车制动力	标准值		汽车荷载的30%		汽车荷载的30%	汽车荷载的30%
		作用分项系数		1.40			1.00
		组合系数		0.50		0.50	0.70
		冲击系数		1.45			1.00
		缝宽开启程度	60%	100%	60%	60%	60%
	伸缩装置最大开启缝宽60%	荷载分配系数	0.865	1.00	0.865	0.865	0.865

#### 5 桥梁伸缩装置的地震性能设计原则

欧标ETAGn0032-2013《公路桥梁伸缩装置》中，提出了桥梁伸缩装置的抗震设计原则，按该原则伸缩装置的抗震设计，可区分为：A、B两级，A级为按位移能力设计，可分为A1和A2两级，B级为按限制位移和荷载能力设计，可分为B1、B2、B3和B4四级。其中A级相当于我国《公路桥梁抗震设计细则》的E1地震，B级相当于E2地震。

在地震条件下的总设计位移，应具有足够的结构缝宽，以防止桥梁主体结构在地震中损害。总设计位移的确定要考虑地震作用和恒载及准恒载的长期作用产生的位移，并考虑适当部分的温度位移。

在地震条件下的总设计位移 $d_{Ed}$ ，按下式确定：

$$d_{Ed} = d_E + d_G + \psi_2 d_{Tk}$$

式中： $d_E$  = 设计地震位移；

$d_G$  = 恒载和准恒载长期作用的位移（混凝土的收缩、徐变，松弛，沉降）；

$d_{Tk}$  = 温度变化产生的位移；

$\psi_2$  = 温度作用产生位移的折减系数，见表4。

各种分级的要求和假定如下：

A1和A2：伸缩装置在地震设计组合作用下不应失效。

B1：在地震设计组合下，考虑了折减的荷载作用下，不丧失承载能力，伸缩装置的缝宽增大至地震设计荷载组合下的最大缝宽160mm。

B2：损害发生在次要部件和不受力的部件。在地震设计条件下，受力部件的承载能力容许降低，缝宽容许增大。此时，不受力的部件（如防水密封部件）容许破坏，在地震后可以更换或修复这些部件，其他设计要求与B1相同。

B3: 在折减了的车辆作用和地震作用的组合作用下, 主要部件和保险装置损害, 地震产生的缝宽加大(最大缝宽240mm)。伸缩装置在地震后经少量的修理, 仍可满足频繁的车辆荷载作用和ULS和SLS状态的要求。部件的主要损害应易于修理, 不需要进行严重的修理。

B4: 在地震后, 伸缩装置和保险装置均发生严重的损害, 不再具有承载能力, 缝宽增大。地震期间, 应检算受力的结构部件在恒载作用下的抗力。伸缩装置局部在设计地震作用下破坏, 应提供预期的破坏模式。应说明进行永久性修复的可能性。保险装置应能避免或减少对桥梁结构部件在伸缩装置部位的损伤。在地震发生后有应急车辆通过时, 伸缩装置应能满足B3荷载等级的承载要求, 且行车方向的最终缝宽不应超过300mm。

在进行地震时伸缩装置的结构设计时, 也应考虑荷载作用的组合系数, 见表4。

表4 地震场合A2, B1-B4的组合系数

组合	组合系数 $\psi_{2k}$	注
A2	0.50	地震时
B1	0.30	--
B2	0.10	--
B3	0.10	地震时
	0.20	地震后
B4	0	地震时
	0.20	地震后在伸缩装置上
	0	地震后在保险装置处

## 6 伸缩装置产品型性能检验的要求

公路桥梁伸缩装置的性能检测是保证产品质量的关键, 现行JTJ/T327-2004《公路桥梁伸缩装置》标准对伸缩装置的性能检测虽也提供了一些要求, 但由于是针对所有形式的伸缩装置, 因此一些规定过于笼统, 不便于使用。因此, 我国对桥梁伸缩装置的质量控制往往仅限于尺寸的测量, 而对于伸缩装置的整体性能评定缺少可靠的依据。欧洲标ETAGn0032-2013《公路桥梁伸缩装置》第一部分对伸缩装置的总体性能测试提出要求, 针对各种类型的伸缩装置的特点, 分别在第二至八部分提出了具体的性能检测要求。概括起来桥梁伸缩装置的性能检测应包括以下几个方面:

### 6.1 伸缩装置组成部件用原材料的性能检测:

(1) 伸缩装置用钢材的化学成分和力学性能测试, 包括中梁、边梁、支承梁、位移箱、锚固元件、梳齿钢板等;

(2) 伸缩装置用橡胶材料的物理机械性能和力学特性测试, 包括承压支承、压紧支承、压缩聚氨酯弹簧、剪切橡胶弹簧和防水橡胶条等;

(3) 伸缩装置用滑板的物理机械性能及耐磨性能测试: 聚四氟乙烯板和改性超高分子量聚乙烯板及5201硅脂。

### 6.2 伸缩装置整体的功能性检测:

(1) 伸缩装置的几何尺寸测试, 应符合设计图纸的要求, 偏差在容许范围内;

(2) 伸缩装置在使用极限状态设计荷载作用下的可恢复的弹性变形应符合标准规定;

(3) 伸缩装置的位移能力性能测试, 应能满足设计的三向位移和转角的要求;

(4) 伸缩装置的防水性能测试和型钢与防水橡胶条的夹持性能测试。

### 6.3 伸缩装置的动力(疲劳)性能和行车试验。

在欧洲标准ETAGn0032-2013《公路桥梁伸缩装置》中对以上各项的检测, 均规定了详细的试验方法和性能评定指标, 可供我国在修订行业标准时参考。

## 7 建议

公路桥梁伸缩装置是桥梁路面结构的重要组成部分, 其性能的好坏直接影响行车安全, 为了能在公路桥梁上使用性能良好的伸缩装置, 建议开展以下几个方面的工作:

(1) 制定并完善公路桥梁伸缩装置标准, 该标准除了对伸缩装置的通用技术性能提出规定外, 还应针对各种类型伸缩装置的构造特点, 提出各自详细的技术要求, 尤其是关于伸缩装置产品的检验, 应对原材料性能、部件性能和整体性能的检验方法和检验频次做出具体的规定。对新产品应规定严格的型式检验要求。

(2) 产品中应进行动力性能设计, 进行疲劳极限状态设计, 对研发的新产品必须按标准要求全面的性能型式检验, 尤其是产品的动力性能必须通过检验。

(3) 制定、完善施工安装细则, 产品使用性能的优劣和耐久性与施工安装质量直接相关。