

团 体 标 准

T/CCTAS XX—2022

公路桥梁伸缩装置设计指南

Design guide of expansion and contraction installation for highway bridges

征求意见稿

2023 年 2 月

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国交通运输协会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 材料	2
4.1 钢材	2
4.2 橡胶	3
4.3 植筋锚固胶	3
4.4 螺纹紧固胶	3
4.5 槽口混凝土	3
4.6 材料设计指标	3
5 结构设计	3
5.1 一般规定	3
5.2 结构性能	4
6 结构计算	4
6.1 一般规定	5
6.2 作用与作用组合	5
6.3 承载能力极限状态验算	6
6.4 正常使用极限状态验算	6
6.5 疲劳验算	7
7 伸缩量计算与选型	7
7.1 一般规定	7
7.2 伸缩量计算	7
7.3 伸缩装置选型	8
8 施工安装	9
8.1 一般规定	9
8.2 安装工艺	9
附 录 A（资料性附录）	10

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国交通运输协会新技术促进分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司、合肥工业大学、浙江交工国际工程有限公司、宁波路宝科技实业集团有限公司、安徽尚德科技有限公司、成都济通路桥科技有限公司、自贡市城市规划设计研究院有限责任公司、北京今谷神箭测控技术研究所、济南力支测试系统有限公司、新津腾中筑路机械有限公司、中国铁建大桥工程局集团有限公司、洛阳双瑞特种装备有限公司、浙江交工集团股份有限公司、衡水泰威新材料有限公司、河北祥利交通装备科技有限公司

本文件主要起草人：

公路桥梁伸缩装置设计指南

1 范围

本文件规定了公路桥梁伸缩装置设计的材料、结构设计、结构计算、伸缩量计算、施工安装。本文件适用于伸缩量为20mm~3000mm的公路桥梁工程一般伸缩装置的设计。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 193	普通螺纹 直径与螺距系列
GB/T 699	优质碳素结构钢
GB/T 700	碳素结构钢
GB/T 702	热轧钢棒尺寸、外形、重量及允许偏差
GB/T 706	热轧型钢
GB 912	碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄钢板和钢带
GB/T 1228	钢结构用高强度大六角头螺栓
GB/T 1231	钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件
GB 1499.1	钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋
GB 1499.2	钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋
GB/T 1591	低合金高强度结构钢
GB/T 3274	碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带
GB/T 3280	不锈钢冷轧钢板和钢带
GB/T 5782	六角头螺栓
GB/T 6187.1	全金属六角法兰面锁紧螺母
GB 50728	工程结构加固材料安全性鉴定技术规范
JGJ55	普通混凝土配合比设计规程
JTG 3362	公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
JTG B01	公路工程技术标准
JTG D60	公路桥涵设计通用规范
JTG D64	公路钢结构桥梁设计规范
JTG/T 3650	公路桥涵施工技术规范
JTG/T J22	公路桥梁加固设计规范
JT/T 327	公路桥梁伸缩装置通用技术条件
JT/T 723	单元式多向变位梳形板桥梁伸缩装置

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

公路桥梁伸缩装置 expansion and contraction installation for highway bridge

为使车辆平稳通过桥面并符合桥梁上部结构变形的需要，在伸缩缝处设置的各种装置的总称。

3.2

伸缩量 expansion and contraction quantity

伸缩装置拉伸、压缩变形的总和。

注:以负号(-)表示拉伸变形,以正号(+)表示压缩变形。

3.3

纵向错位 longitudinal stagger

伸缩装置沿桥梁中线方向发生的水平相对位移。

3.4

横向错位 transverse stagger

伸缩装置沿桥梁中线垂直方向发生的水平相对位移。

3.5

竖向错位 vertical stagger

伸缩装置沿桥面垂直方向发生的竖向相对位移。

4 材料

4.1 钢材

4.1.1 钢材的性能要求应符合表 1 的规定。

表 1 钢材性能要求

钢材类别	性能要求		
型钢、梳齿钢板	$0^{\circ}\text{C} < T_s$	Q355B	符合 GB/T699、GB/T700、GB/T1591 的规定
	$-20^{\circ}\text{C} < T_s \leq 0^{\circ}\text{C}$	Q355C	
	$T_s \leq -20^{\circ}\text{C}$	Q355D	
其他钢板、圆钢、方钢、角钢	$0^{\circ}\text{C} < T_s$	Q235B	符合 GB/T702、GB/T706、GB/T3274 的规定
	$-20^{\circ}\text{C} < T_s \leq 0^{\circ}\text{C}$	Q235C	
	$T_s \leq -20^{\circ}\text{C}$	Q235D	
普通螺栓	符合 GB/T 193、GB/T 5782 的规定		
高强度螺栓	符合 GB/T1228、GB/T1231 的规定		
螺母	符合 GB/T6187.1 的规定		
不锈钢板	符合 GB/T3280 的规定		
注: T_s 为最低日平均温度值			

4.1.2 钢材的外形、外观、孔口部位尺寸应满足设计图纸要求。

4.1.3 桥梁工程处于氯化物环境时，伸缩装置宜使用 Q335NHD、Q235NHE 级钢和 Q355NHD、Q355NHE 级钢，其力学性能和质量要求应符合 GB/T4171 的规定。

4.2 橡胶

导水装置使用的橡胶物理机械性能应符合 JT/T 327 的规定。

4.3 植筋锚固胶

植筋锚固胶的质量和性能应符合 GB 50728 及 JTG/T J22 A 级胶技术要求并通过国家标准 90d 湿热老化性能试验。

采用植筋锚固的混凝土结构，其长期使用的环境温度不应高于 60℃；处于特殊环境(如高温、高湿、介质腐蚀等)的混凝土结构采用植筋技术时，除应按国家现行有关标准的规定采取相应的防护措施外，尚应采用耐环境因素作用的胶粘剂。

4.4 螺纹紧固胶

螺纹紧固胶应符合表 2 的规定。

表 2 用于螺纹紧固件密封与锁紧的厌氧胶性能要求

序号	粘度 Pa·s	固化 时间 h	固化后的力学性能			工作温 度 ℃	特点及主要应用范围
			松脱转矩N·m		抗剪 强度 MPa		
			破坏转矩	平均拆卸转矩			
1	1.2~2.4	24	16.90~31.10	16.90~31.10	14	高强度，耐冲击，抗震，用于 M10~ M24螺纹锁固及密封	
2	0.4~0.6		16.90~33.90	22.60~39.50	21	超高强度，M24以下工况严酷的螺纹锁固及密封	
3	0.6~0.8		28.30~39.50	28.30~39.50	28	超高强度，高粘度，大规格紧固件螺纹锁固及密封	

4.5 槽口混凝土

槽口混凝土所用原材料应符合 JTG/T 3650 的规定，并应符合下列规定：

- a) 按照 JGJ 55 的规定进行计算，并通过试配确定，混凝土的强度等级应不低于 C50；
- b) 钢纤维混凝土配合比、外加剂等指标应符合 JG/T 472 的规定。

4.6 材料设计指标

混凝土、普通钢筋和钢材的设计指标应符合 JTG 3362和 JTG D64 的规定。

5 结构设计

5.1 一般规定

5.1.1 伸缩装置的结构设计应遵循构造简洁，部件耐久、可靠、易更换的原则，综合考虑施工安装等因素。

5.1.2 在正常运营养护条件下，伸缩装置设计使用年限不应低于 15 年。对于重要桥梁或伸缩装置结构特殊时，伸缩装置设计使用年限宜适当提高。

5.1.3 伸缩装置设计时应考虑下列因素：

- a) 伸缩装置两端相对位移和转角；
- b) 桥面纵坡、横坡的角度及活动支座的移动方向；
- c) 偏心的影响。

5.2 结构性能

5.2.1 公路桥梁伸缩装置应满足桥梁纵、横、竖三向变形要求，伸缩装置整体性能应符合表 3 的规定。对于有特殊要求的伸缩装置，宜通过专题研究确定伸缩装置的平面转角要求和竖向转角要求，并进行变形性能检测。

表 3 伸缩装置变形性能要求

装置类型	项目		性能要求	
梳齿板伸缩装置	拉伸、压缩时最大水平摩阻力 (kN/m)		≤ 5	
	拉伸、压缩时最大竖向变形偏差 (mm)	伸缩量 80~720	≤ 1.0	
		伸缩量 80~1440	≤ 1.5	
		伸缩量 > 1440	≤ 2.0	
	容许转角偏差 (rad)	竖向	≤ 0.005	
		水平向	≤ 0.005	
疲劳性能	经 2×10^6 次疲劳试验，结构完好			
模数式伸缩装置	拉伸、压缩时最大水平摩阻力 (kN/m)		$\leq 4n$	
	拉伸、压缩时变形均匀性	每单元最大偏差值 (mm)	-2~2	
		总变形最大偏差值 (mm)	伸缩量 80~400	-5~5
			伸缩量 400~800	-10~10
伸缩量 > 800	-15~15			
无缝式伸缩装置	拉伸、压缩时最大竖向变形 (mm)		≤ 6.0	
注：n 为多缝模数式伸缩装置中橡胶密封带的个数				

5.2.2 伸缩装置应具有可靠的防水、排水系统，防水性能符合注满水 24h 无渗漏的要求。

5.2.3 在车辆轮载作用下，伸缩装置各部件及连接应安全可靠。

5.2.4 伸缩装置上表面应设置抗滑措施以防止车辆通过时打滑。应保证在运营期间伸缩装置的摩擦系数不小于 0.55。

5.2.5 在外荷载作用下，不平整度不能超过 6.4.3 条计算的数值且不大于 2mm。

5.2.6 伸缩装置宜具有良好的环保降噪性能，可采取适当的降噪措施。

6 结构计算

6.1 一般规定

6.1.1 伸缩装置的结构计算应符合本文件的规定，本文件未规定的计算可按照 JTG D60、JTG 3362、JTG D64 的规定执行

6.1.2 伸缩装置应进行下列计算：

- 按持久状况承载能力极限状态的要求进行构件和连接的强度、疲劳计算；
- 按持久状况正常使用极限状态的要求进行变形计算。

6.2 作用与作用组合

6.2.1 计算采用的汽车荷载作用应符合下列规定：

- 汽车荷载应采用车辆荷载，按照 JTG D60 选取后轴重力标准值 140kN；
- 对于梳齿板式伸缩装置和模数式伸缩装置，汽车轮载 P_d 按着地面积进行分配：

1) 作用于梳齿板的轮载取 $\frac{A_2}{A_1+A_2+A_3}P_d$ ，见图1。

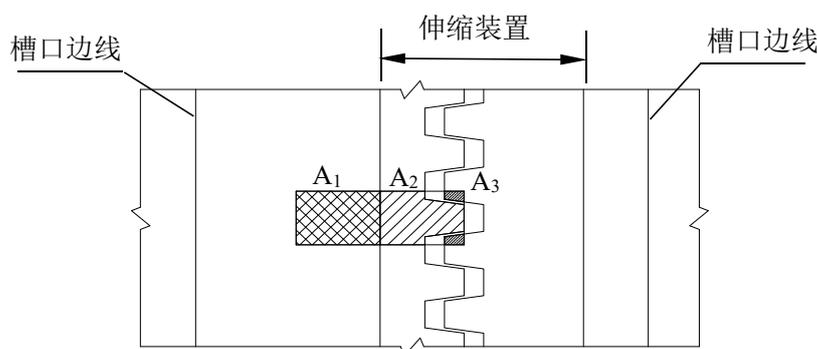


图1 作用于梳齿板的轮载

2) 作用于中纵梁的轮载取 $\frac{A_3}{A_1+A_2+A_3}P_d$ ，见图2。

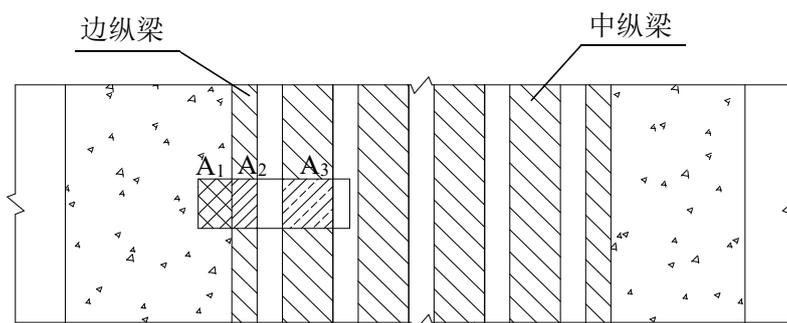


图2 作用于中纵梁的轮载

- 汽车荷载制动力标准值取车辆荷载（不计冲击力）标准值的 30%，制动力的着力点在伸缩装置顶面上；
- 汽车荷载离心力标准值取车辆荷载（不计冲击力）标准值的 20%，离心力的着力点在伸缩装置顶面上；
- 车辆荷载的冲击力标准值为车辆荷载标准值乘以冲击系数 μ ， μ 取 0.3；

f) 疲劳验算应按 JTG D64 的规定，采用疲劳荷载计算模型 III。

6.2.2 结构重力、基础变位、温度等其他作用应符合 JTG D60 的规定。

6.2.3 计算荷载采用的作用组合应符合如下规定：

a) 承载能力极限状态：

工况 1 (0.6×最大伸缩量)：1.2×恒载+1.0×1.8×[1.0×车辆荷载 (计入冲击力) + 1.0×离心力]；

工况 2 (1.0×最大伸缩量)：1.2×恒载+0.7×1.8×[1.0×车辆荷载 (计入冲击力) + 1.0×制动力 + 1.0×离心力]；

b) 正常使用极限状态：

工况 1 (0.6×最大伸缩量)：1.0×恒载+1.0× [1.0×车辆荷载 (计入冲击力) + 1.0×离心力]；

工况 2 (1.0×最大伸缩量)：1.0×恒载+0.7× [1.0×车辆荷载 (计入冲击力) + 1.0×制动力 + 1.0×离心力]。

6.3 承载能力极限状态验算

6.3.1 承载能力极限状态验算应采用下列表达式：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (1)$$

式中：

γ_0 ——结构重要性系数，根据公路的设计安全等级取 1.1 或 1.0；

S_d ——作用组合 (其中汽车荷载应计入冲击作用) 的效应设计值，按 6.2.3 条的规定计算；

R_d ——构件或连接的承载力设计值，按 JTG D64 的规定计算；

6.3.2 承载能力极限状态验算取伸缩装置处于最大伸缩量和 0.6 倍最大伸缩量两种工况。

6.3.3 承载能力极限状态验算汽车荷载按照本文件第 6.2 节的规定取值，按应力对应的最不利方式布置。

6.4 正常使用极限状态验算

6.4.1 正常使用极限状态验算取伸缩装置处于最大伸缩量和 0.6 倍最大伸缩量两种工况。

6.4.2 正常使用极限状态验算汽车荷载按照本文件第 6.2 节的规定取值，按挠度对应的最不利方式布置。

6.4.3 进行正常使用极限状态下的竖向挠度验算时，应采用计入冲击力的车辆荷载，竖向挠度计算值不应超过计算跨径的 1/600，对于简支结构，计算跨径可取梁端净距加伸缩装置板厚；对于悬臂结构，计算跨径取悬臂长度的 2 倍。

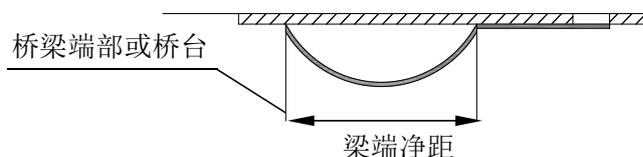


图 3 计算跨径示意

6.5 疲劳验算

6.5.1 钢制结构构件与连接应根据 JTG D64 的规定，按疲劳细节类别进行疲劳验算。

6.5.2 公路桥梁伸缩装置的疲劳验算，应按 JTG D64 的规定采用疲劳荷载计算模型 III，按下列公式验算：

$$\gamma_{Ff}\Delta\sigma_{E2} \leq \frac{k_s\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}} \quad (2)$$

$$\gamma_{Ff}\Delta\tau_{E2} \leq \frac{\Delta\tau_C}{\gamma_{Mf}} \quad (3)$$

$$\left(\frac{\gamma_{Ff}\Delta\sigma_{E2}}{k_s\Delta\sigma_C/\gamma_{Mf}}\right)^3 + \left(\frac{\gamma_{Ff}\Delta\tau_{E2}}{\Delta\tau_C/\gamma_{Mf}}\right)^5 \leq 1.0 \quad (4)$$

$$\Delta\sigma_{E2} = (1 + \Delta\phi)\gamma(\sigma_{pmax} - \sigma_{pmin}) \quad (5)$$

$$\Delta\tau_{E2} = (1 + \Delta\phi)\gamma(\tau_{pmax} - \tau_{pmin}) \quad (6)$$

式中：

γ_{Ff} ——疲劳荷载分项系数，取 1.0；

γ_{Mf} ——疲劳抗力分项系数，取 1.35；

k_s ——尺寸效应折减系数，按 JTG D64 附录 C 表 C.0.1~表 C.0.9 中给出的公式计算；未说明时，取 $k_s=1.0$ ；

$\Delta\phi$ ——放大系数，取 0.3；

γ ——损伤等效系数，按 JTG D64 附录 D 计算；

σ_{pmax} 、 σ_{pmin} ——将疲劳荷载模型按最不利情况加载于影响线得出的最大和最小正应力（MPa）；

τ_{pmax} 、 τ_{pmin} ——将疲劳荷载模型按最不利情况加载于影响线得出的最大和最小剪应力（MPa）；

$\Delta\sigma_C$ 、 $\Delta\tau_C$ ——换算为 2×10^6 次常幅疲劳循环的疲劳应力强度，按 JTG D64 的规定计算；

$\Delta\sigma_{E2}$ 、 $\Delta\tau_{E2}$ ——换算为 2×10^6 次常幅疲劳循环的等效常值应力幅，按 JTG D64 的规定计算。

7 伸缩量计算与选型

7.1 一般规定

7.1.1 桥梁伸缩装置的伸缩量应根据桥梁结构类型、地理位置等计算，并考虑 20%~40% 的富余量。

7.1.2 计算伸缩装置安装以后的伸缩量时，应考虑温度变化、混凝土收缩徐变、制动力、基础变位等因素引起的纵向、横向伸缩及转角、竖向变位。

7.1.3 悬索桥、斜拉桥的伸缩装置应考虑纵、横向风力引起的伸缩量和横向转角，竖向变位。超宽桥梁应考虑温度引起的横向伸缩量。具体伸缩量计算可根据专题研究确定。

7.2 伸缩量计算

7.2.1 温度变化

- a) 温度变化分为线性温度变化和非线性温度变化，线性温度变化对桥梁伸缩量的影响占主导地位。一般设计时线膨胀系数可按表 5 选用。

表 4 温度变化范围及线膨胀系数

桥梁类型	温度变化范围		线膨胀系数
	一般地区	寒冷地区	
混凝土桥	+5℃~+35℃	-15℃~+35℃	0.000010
钢桥	-10℃~+40℃	-20℃~+40℃	0.000012
钢混组合桥	-10℃~+50℃	-20℃~+40℃	0.000012

- b) 桥梁接缝处由温度变化引起的伸缩量 Δl_t^+ 和 Δl_t^- ，可按照 JTG 3362 计算。

7.2.2 混凝土收缩和徐变

- a) 钢筋混凝土桥和预应力混凝土桥均需考虑其收缩和徐变。在安装伸缩缝时，收缩和徐变已经发展到一定程度，计算时应以安装时刻为基准。
- b) 桥梁接缝处由混凝土收缩引起的梁体缩短量 Δl_s^- 以及桥梁接缝处由混凝土徐变引起的梁体缩短量 Δl_c^- ，按照 JTG 3362 计算。

7.2.3 由制动力引起的板式橡胶支座剪切变形导致的伸缩缝开口量 Δl_b^- 或闭口量 Δl_b^+ ，按照 JTG 3362 计算。

7.3 伸缩装置选型

7.3.1 应按照梁体计算的最大伸缩量选用伸缩装置的型号：

- a) 伸缩装置在安装后的闭口量 C^+ ：

$$C^+ = \beta(\Delta l_t^+ + \Delta l_b^+) \quad (7.3.1-1)$$

- b) 伸缩装置在安装后的开口量 C^- ：

$$C^- = \beta(\Delta l_t^- + \Delta l_s^- + \Delta l_c^- + \Delta l_b^-) \quad (7.3.1-2)$$

- c) 伸缩装置的伸缩量 C 应满足：

$$C \geq C^+ + C^- \quad (7.3.1-3)$$

式中： β ——伸缩装置伸缩量增大系数，可取 1.2~1.4。

7.3.2 伸缩装置的安装宽度 B (或出厂宽度)，可按第 7.3.1 条计算得到的开口量 C^- 和闭口量 C^+ 进行计算，其中预设安装温度调整为实际安装温度，也可按下式进行估算：

$$B = \alpha\beta(T_{max} - T_{set}) \cdot L + B_{min} \quad (7.3.2)$$

式中：

α ——梁体线膨胀系数；

T_{max} ——当地最高有效温度值 (°C)；

T_{set} ——安装温度 (°C)；

L ——计算一个伸缩装置伸缩量所采用的梁体长度，根据桥梁长度分段及支座布置情况确定；

B_{min} ——伸缩装置的最小工作宽度。

8 施工安装

8.1 一般规定

- 8.1.1 伸缩装置应在工厂进行组装，出厂时应附有产品质量合格证明文件；运输和存放过程中应避免阳光直接暴晒或雨淋雪浸，并应保持清洁，防止变形。
- 8.1.2 伸缩装置安装预留槽口的长度、宽度、深度和梁端间隙等尺寸应符合伸缩装置安装要求。
- 8.1.3 伸缩装置安装预留槽口内预埋钢筋的规格、间距、位置和外露尺寸应符合设计规定。
- 8.1.4 伸缩装置安装前应对预留槽口的混凝土进行凿毛并清理干净。
- 8.1.5 伸缩装置安装前，应按现场的实际气温调整其安装定位值，并检查梁端间隙是否符合安装温度的要求。

8.2 安装工艺

- 8.2.1 伸缩装置安装就位时，应使其中心线与桥梁的中心线相重合；在桥面的横坡方向，应按每米一点的间距进行其顶面高程的测量，伸缩装置的安装位置和高度应符合设计要求。
- 8.2.2 检查桥梁伸缩缝中心线两侧桥面铺装层有无破裂、起拱或塌陷现象，对于损坏的桥面铺装，在安装伸缩缝时应进行修复。
- 8.2.3 根据安装设计图要求划定伸缩装置安装槽口边线，并用切割机进行切缝。
- 8.2.4 安装固定防尘止水带，止水带与梁体结合处应进行密封处理，防止漏水。
- 8.2.5 伸缩装置安装固定后，应在其能自由伸缩的状态下进行两侧过渡段混凝土的浇注施工，混凝土宜采用环氧树脂混凝土或纤维混凝土。
- 8.2.6 浇注混凝土时应采取措施固定伸缩装置，防止移位。
- 8.2.7 过渡段混凝土在浇注完成后应及时进行覆盖洒水养护，混凝土达到设计强度后，方可开放交通。
- 8.2.8 伸缩装置安装完成后，应与两端结构连接可靠，平整度良好，防水、防尘，便于养护更换。

附录 A
(资料性附录)
桥梁伸缩量计算示例

某预应力混凝土梁桥的伸缩梁长 50m，温度变化范围 $-5^{\circ}\text{C}\sim+35^{\circ}\text{C}$ ；线膨胀系数 $\alpha=1\times 10^{-5}$ ；收缩应变 $\varepsilon=2\times 10^{-4}$ ；徐变系数 $\phi=2.0$ ；收缩、徐变折减系数 $\beta_s=0.6$ ；预应力混凝土的平均轴向应力 $\sigma_p=8.12\text{MPa}$ ；混凝土弹性模量 $E_c=3.45\times 10^4\text{MPa}$ ；安装温度 20°C 。

A.1 按本条文 7.2.1 计算温度变化引起的伸缩量 Δl_t^+ 和 Δl_t^- ：

$$\begin{aligned}\Delta L_t^+ &= (T_{\max} - T_{\text{set}})\alpha L \\ &= 15 \times (1 \times 10^{-5}) \times 50000 \\ &= 7.5\text{mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta L_t^- &= (T_{\text{set}} - T_{\min})\alpha L \\ &= 25 \times (1 \times 10^{-5}) \times 50000 \\ &= 12.5\text{mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta L_t &= (T_{\max} - T_{\min})\alpha L \\ &= 40 \times (1 \times 10^{-5}) \times 50000 \\ &= 20\text{mm}\end{aligned}$$

A.2 按本条文 7.2.2 计算混凝土收缩徐变引起的伸缩量 ΔL_s 和 ΔL_c ：

$$\begin{aligned}\Delta L_s &= \varepsilon\beta_s L \\ &= 2 \times 10^{-4} \times 0.6 \times 50000 \\ &= 6\text{mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta L_c &= (\sigma_p/E_c)\phi\beta_s L \\ &= (8.12/34500) \times 2 \times 0.6 \times 50000 \\ &= 14.1\text{mm}\end{aligned}$$

A.3 按本条文 7.3.2 计算伸缩装置在安装后的闭口量 C^+ 和开口量 C^- ：

$$\begin{aligned}C^+ &= \beta(\Delta l_t^+ + \Delta l_b^+) \\ &= 1.3 \times 7.5 \\ &= 9.75\text{mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C^- &= \beta(\Delta l_t^- + \Delta l_s^- + \Delta l_c^- + \Delta l_b^-) \\ &= 1.3 \times (12.5 + 6 + 14.1) \\ &= 42.4\text{mm}\end{aligned}$$

伸缩装置的伸缩量 C 应满足：

$$\begin{aligned}C &\geq C^+ + C^- \\ &\geq 9.75 + 42.38 \\ &\geq 52.13\text{mm}\end{aligned}$$

选用伸缩装置时，对伸缩量一般考虑一定的安全储备（ $\beta=1.3$ ），保证伸缩装置使用效果和耐久性，此例伸缩装置的设计伸缩量可取 52.13mm 。

索 引
