

团 体 标 准

T/JSCTS ××—2023

曲线钢箱梁桥顶推施工技术规范

Technical code for launching construction of curved steel box girder
bridges

(征求意见稿)

2023-**-**发布

2023-**-**实施

江苏省综合交通运输学会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	2
5 施工准备	2
6 顶推施工	3
7 结构设计计算	4
8 质量控制与验收	6

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。

本文件由江苏省交通工程集团有限公司和东南大学提出。

本文件由江苏省综合交通运输学会归口。

本文件起草单位：东南大学、江苏省交通工程集团有限公司。

本文件主要起草人：王文炜、巫亚明、缪康、陈勇、宋健、谈柯威、陈新、梁柏纯、郭凯、周畅、吴曾晗。

曲线钢箱梁桥顶推施工技术规程

1 范围

本文件规定了曲线钢箱梁桥顶推施工的基本要求，以及施工准备、顶推施工、结构设计计算、质量控制与验收的要求。

本文件适用于曲线钢箱梁桥的顶推施工。

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。

JTG 336 公路桥涵地基与基础设计规范

JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范

JTG/T 3651 公路钢结构桥梁制造和安装施工规范

JTG D60 公路桥涵设计通用规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

顶推施工法 incremental launching method

梁体逐段浇筑或拼装，在梁前端安装导梁，采用专用设备纵向顶推或牵引，使梁体到达各墩顶设计位置的施工方法。

3.2

单点顶推法 single-point incremental launching method

将顶推装置集中设置在某一桥台或桥墩上，其余各墩只设置滑动支承将钢箱梁推进到位的施工方法。

3.3

多点顶推法 multiple-point incremental launching method

在多个墩台上设置水平千斤顶，将顶推力作用到各个墩台上将钢箱梁推进到位的施工方法。

3.4

连续顶推 continuous incremental launching

通过连续千斤顶的交替工作，利用自动工具锚夹紧牵引索牵引梁体前进的施工过程。

3.5

间断顶推 discontinuous-type incremental launching

是以水平千斤顶的工作行程为一个顶推步距，分步推进的施工过程。

3.6

临时支架 temporary support

用于支撑钢箱梁的临时结构。

3.7

导梁 guiding beam

连接到钢箱梁前端，用于改善顶推过程中钢箱梁的受力，减少倾覆力矩，同时对钢箱梁进行导向的临时结构。

3.8

步履式顶推 walking-type incremental launching

在计算机液压系统的控制下实现自平衡的推压动作的顶推施工方法。

3.9

纠偏 correction

对梁体顶推过程中出现的偏位进行控制并纠正。

4 基本要求

4.1 施工前应进行施工调查，并查阅有关的设计文件和资料，调查完成后应形成施工调查报告。

4.2 施工前应对施工安全进行评估，并建立完善的安全保证体系，保证施工安全。

4.3 应在实施性施工组织设计的基础上编制顶推专项施工方案，有计划地合理组织和安排，提出劳动力、材料、机具设备等生产资源的合理配置。

4.4 应根据桥梁结构形式、受力状态、连接方法及所处环境条件，结合现场实际情况选择合适的顶推方式。

5 施工准备

5.1 一般规定

5.1.1 曲线钢箱梁桥顶推施工准备应包括顶推装置、临时结构的合理选取与设置。

5.1.2 顶推装置宜采用机电一体化设计。

5.1.3 临时支架在满足强度要求情况下宜采用装配式构件。

5.2 顶推装置

5.2.1 顶推装置应由滑动装置、导向装置、支承系统及动力与控制系统等组成。

5.2.2 应根据桥型特点确定顶推的动力装置，且符合以下要求：

- 1) 顶推滑道的长度应大于水平千斤顶行程加滑块的长度，宽度应为滑板宽度的 1.2~1.5 倍；相邻墩滑道顶面高程的允许偏差宜为 2mm，同墩两滑道高程的允许偏差宜为 1mm；滑动装置的摩擦系数应经试验确定。
- 2) 实际总顶推力应不小于计算顶推力的 2 倍。
- 3) 设置在各墩顶的反力台应牢固且应满足顶推力的要求。
- 4) 多点顶推时，各点的水平千斤顶应能同步运行。

5.3 临时结构

5.3.1 临时结构包括顶推平台、临时支架及导梁等。

5.3.2 临时结构应进行施工设计与计算。

5.3.3 临时结构选用材料应符合 JTG D60、JTG/T 3650、JTG/T 3651 的要求。

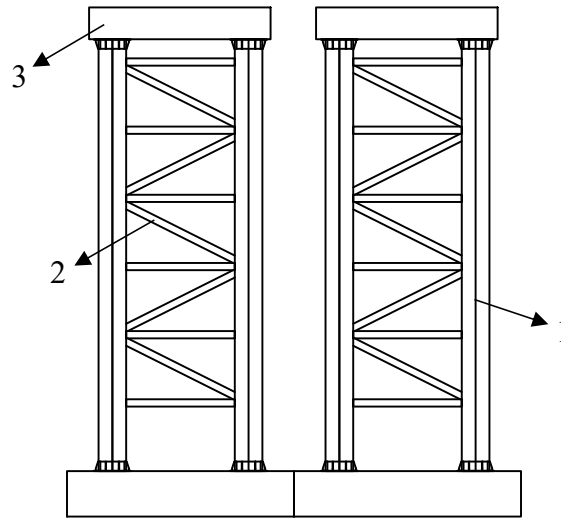
5.3.4 顶推平台的设置依据以下原则：

- 1) 顶推平台应沿桥梁中线布置，除平面应满足钢箱梁曲线线形外，其顶面高程还应满足拼装竖曲线的线形要求。
- 2) 顶推平台的长度应满足梁段拼装和顶推施工的需要。

- 3) 顶推平台顶应设置竖向可调装置、滑梁、横向限位和导向装置等以满足钢箱梁拼装及顶推的需要。
- 4) 应根据地质、水文条件，选择合理的基础方案和排水措施。

5.3.5 临时支架的设置依据以下原则：

- 1) 应根据水文地质、地形、桥梁结构特点及跨径、桥下净空、地基承载力、道路交通条件、通车通航要求、工期要求、机械设备配置等因素合理选用临时支架结构形式。
- 2) 根据顶推设备的构造要求及顶推过程中最大支反力和构造要求进行临时支架设计并应符合设计规定。临时支架的结构示意图如图 1 所示。
- 3) 设在永久墩承台处的临时支架无需另设基础，其它类型的顶推支架应设扩大基础。
- 4) 临时支架各支架墩之间均应做横向连接，以满足刚度及稳定性要求。
- 5) 梁体顶推施工完成并落位到永久支座上后，应及时将临时支架拆除。



标引序号说明：
 1——支架肢柱；
 2——联系杆；
 3——柱顶分配梁。

图 1 临时支架的结构示意图

5.3.6 导梁的设置依据以下原则：

- 1) 导梁结构可采用钢桁梁和变截面实腹梁。在满足强度和稳定性的条件下，宜选用刚度较大、重量较轻的变截面导梁。
- 2) 导梁与主梁之间宜采用焊接连接，也可采用高强螺栓连接。
- 3) 导梁的长度根据顶推跨径确定，宜为顶推跨径的 0.6~0.8 倍，刚度宜为主梁的 1/9~1/15，导梁与主梁梁体连接处的刚度应协调，预埋件的连接强度应满足梁体顶推时的受力要求，导梁前端的最大挠度应不大于设计规定。
- 4) 为防止倾覆，导梁应设置型钢斜撑及风缆固定。
- 5) 导梁宜设置成直线形，与主梁连接处应偏转一定角度，使导梁前端的中心落在设计线形的中线上。

6 顶推施工

6.1 一般规定

6.1.1 曲线钢箱桥宜选用多点步履式顶推方式，操作时应注意同步性。

6.1.2 步履式顶推时应注意墩顶位移反复变化，避免梁体出现爬行现象，对柔性高墩安全不利。

6.1.3 平面上为对称结构，应采用双向顶推方式。平面上为非对称结构，应选用更经济，高效率的顶推方式。

6.1.4 宜采用预制组装、分段顶推方法，确保节段间截面相互吻合，控制钢箱梁平面线形的变化。

6.2 顶推设备

6.2.1 步履顶推设备由顶推装置、专用液压泵站和同步控制台组成，应具有足够的顶升能力、推移能力、竖向调节能力和水平纠偏能力。

6.2.3 专用液压泵站的系统应紧凑轻便、安全可靠，便于安装，保证系统平稳工作。

6.2.4 顶推控制台应使液压缸的动作始终处于受控状态，实现液压缸的同步动作，保证同步精度。

6.3 稳定性控制

6.3.1 在施工设计中应增加临时墩及梁体的抗倾覆装置，同等条件下选择曲率半径较大的施工方案，增大桥梁在施工中的抗倾覆稳定性。

6.3.2 应重点关注轴线偏移对较宽曲线梁桥及支点脱空对较窄曲线梁桥的横向倾覆稳定性。

6.3.3 梁体处于滑动、滑块不动的情况下，表明已经脱空。

6.3.4 在满足线形要求的前提下，应避免选用小于 150m 的曲率半径。

6.3.5 应控制顶推跨径不超过 60m，且支点横向与纵向间距分别大于 $7B/12$ 和 $L/3$ ， B 为桥宽， L 为桥跨。

6.3.6 轴线偏移量不应超过 10cm，超过时应采取纠偏措施。

6.3.7 应严格控制各支点的顶推力，使各支点均衡受力。

6.3.8 支点和顶推施力点处宜适当加固，应采取措施防止结构在顶推过程中产生局部变形。

6.4 顶推要求

6.4.1 步履式顶推施工步骤：设备→顶升油缸升起→前进→顶升油缸回落→顶推设备复至初态，完成一个行程的顶推工作，如此往复实现顶推前进。

6.4.2 正式顶推前应试顶推，试顶推距离宜为一个行程。在试顶推过程中，应对各点的位置与负载等参数进行监控，观察系统的同步控制状况。根据同步情况，对控制参数进行必要的修改与调整。

7 结构设计计算

7.1 一般规定

7.1.1 曲线钢箱梁桥顶推施工设计中作用应采用永久作用和可变作用。永久作用包括结构自重，可变作用包括施工荷载和其他可变作用。

7.1.2 结构自重包括导梁、钢箱梁、临时支架的自重，荷载取值按照 JTG D64-2015 的规定计算确定。

7.1.3 施工荷载按以下标准采用：

- 1) 均布荷载可取 2.5kPa，集中荷载可取 2.5kN。
- 2) 计算临时支架立柱等其他结构构件时，均布荷载可取 1.0kPa。
- 3) 有实际资料时按实际取值。

7.1.4 在施工中其他可变作用，例如流水压力、温度荷载、雪荷载等按照工程实际情况考虑是否需要计算。

7.1.5 应采用分项系数表达式的极限状态设计法进行设计，包括承载能力极限状态和正常使用极限状态。

7.1.6 设计计算内容应包括导梁、钢箱梁、临时支架、节点等部件的承载力和变位，钢箱梁和临时支架结构的整体及局部稳定性，临时支架基础及地基承载力。

7.1.7 钢箱梁设计预拱度等于结构自重和 1/2 汽车荷载（不计冲击力）所产生的挠度，纵桥向预拱度可按抛物线形式计算。

7.2 设计计算

7.2.1 承载能力极限状态应按作用效应的基本组合进行，按公式（1）计算：

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

式中： γ_0 ——结构重要性系数；

S_d ——荷载组合的效应设计值；

R_d ——钢箱梁或支架结构或构件的抗力设计值。

7.2.2 基本组合是指永久作用的设计值效应与可变作用设计值效应相组合。

7.2.3 正常使用极限状态应按作用效应的标准组合进行计算，导梁变形、钢箱梁变形、临时支架压缩变形和横向变位不应超过规定的限值，按公式（2）计算：

$$S_d \leq C \quad (2)$$

式中： S_d ——变形等荷载效应设计值；

C ——设计对变形等规定的相应限值，其值按规定确定。

7.2.4 标准组合是指永久作用的标准值效应与可变作用标准值效应相组合。

7.2.5 限值 C 满足下列要求：

- 1) 导梁变形不应大于导梁跨度的 1/600。
- 2) 钢箱梁的挠度不大于钢箱梁跨度的 1/600。
- 3) 压缩变形和横向变位均不应大于 1cm。

7.2.6 钢箱梁抗倾覆稳定性验算包括横向抗倾覆稳定验算和竖向抗倾覆稳定性验算。

7.2.7 横向抗倾覆稳定验算应验算在结构自重、施工荷载及风荷载等作用下的钢箱梁横向抗倾覆稳定性，横向抗倾覆稳定系数 K_1 应按公式（3）和公式（4）计算，计算图示如图 2 所示。

$$K_1 = e_{外}/e \quad (3)$$

$$e = \frac{F_{外} \cdot e_{外} - F_{内} \cdot e_{内}}{F_{外} + F_{内}} \quad (4)$$

式中： K_1 ——抗倾覆稳定系数；

e ——荷载的偏心距；

$F_{外}$ 、 $F_{内}$ ——分别为外侧和内侧支座的支反力；

$e_{外}$ 、 $e_{内}$ ——分别为外侧和内侧支座与梁体中心线的距离。

7.2.8 竖向抗倾覆稳定验算应验算在结构自重、施工荷载及风荷载等作用下的钢箱梁竖向抗倾覆稳定性，竖向抗倾覆稳定系数 K_2 应按公式（5）~公式（7）计算，计算图示如图 3 所示。

$$K_2 = M_2/M_1 \quad (5)$$

$$M_1 = P_1 D_1 \quad (6)$$

$$M_2 = P_2 D_2 \quad (7)$$

式中： K_2 ——纵倾覆稳定系数；

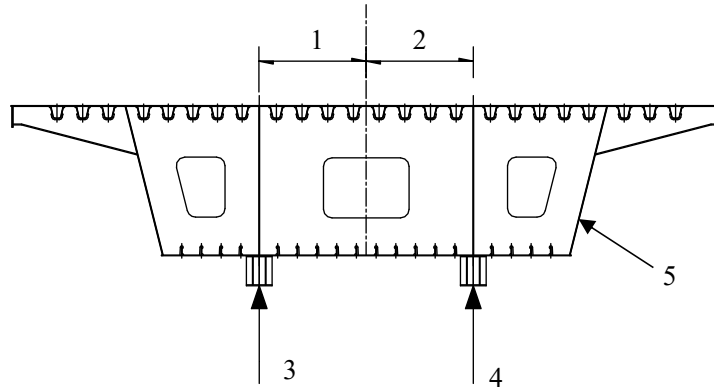
M_1 ——稳定力矩；

M_2 ——倾覆力矩；

P_1 ——绕倾覆支点的倾覆力；

P_2 ——绕倾覆支点的抗倾覆力。

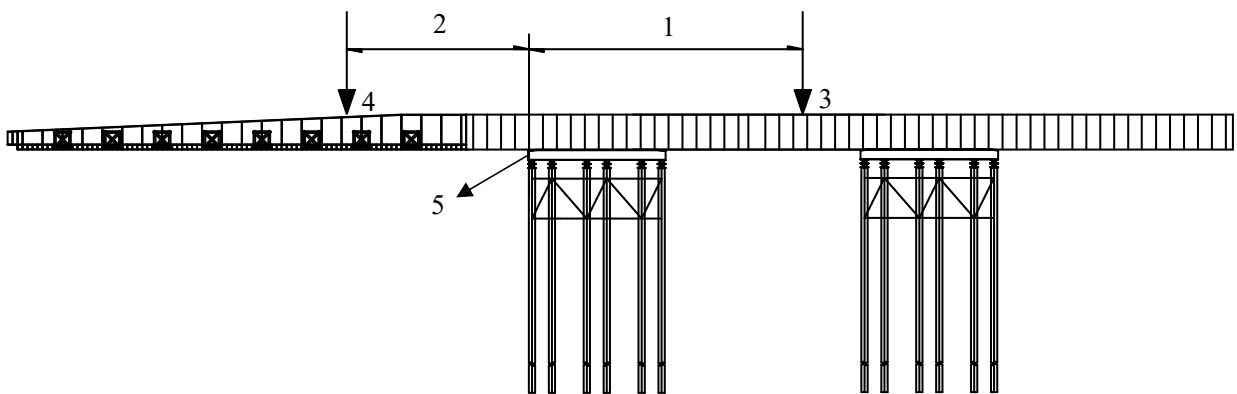
7.2.9 横向抗倾覆稳定系数 K_1 和竖向抗倾覆稳定系数 K_2 均应大于 2.5。



标引序号说明:

- 1—— $e_{外}$;
- 2—— $e_{内}$;
- 3—— $F_{外}$;
- 4—— $F_{内}$;
- 5——钢箱梁。

图 2 横向抗倾覆计算图示



标引序号说明:

- 1—— D_1 ;
- 2—— D_2 ;
- 3—— P_1 ;
- 4—— P_2 ;
- 5——倾覆支点。

图 3 竖向抗倾覆计算图示

8 质量控制与验收

8.1 全过程监测

8.1.1 全过程监测分为顶推前监测、顶推过程监测和顶推完成监测。

8.1.2 顶推前监测符合以下要求:

- 1) 检查顶推油缸、液压泵站的安装、连接正确性和可靠性;
- 2) 控制系统的电源、接线、容量的安全性都应符合规定, 保证数据通讯线路正确无误。
- 3) 应根据总体安装施工方案, 在平整后的施工拼装场地上, 用全站仪放出桥梁的主轴线和独立墩基础及桥梁的控制线。

- 4) 在临时支架搭设全过程中，应对临时支架的高程和垂直度进行测量。
- 5) 在正式顶推前应进行顶推支架预压，测试顶推支架的强度及变形。支架预压荷载可按照计算得到的最大承受载荷的 40%、60%、80%、100%进行逐级加载，每次加载到位后记录各点的变形值等参数并与允许值比较，确认结果在合格范围内方可继续进行后续作业。

8.1.3 顶推过程监测符合以下要求：

- 1) 宜使用压力传感器对每个临时支架上的顶升和顶推反力进行监测。
- 2) 宜对钢箱梁轴线位置、临时支架变形、主梁及导梁控制截面的挠度和应力等进行监测。
- 3) 顶推过程中应对整个钢箱梁的线形进行监测，钢箱梁轴线位置监测记录表见附录 A，临时支架变形监测记录表见附录 B，主梁及导梁控制截面的挠度监测记录表见附录 C，主梁及导梁控制截面的应力监测记录表见附录 D。
- 4) 监测数据发生异常情况时，应停止顶推，查明原因并进行处理后方可继续施工。

8.1.4 顶推完成后，应对钢箱梁的位置进行监测，钢箱梁轴线和高程应符合精度控制应符合表 1。

表 1 钢箱梁顶推完成后精度控制

项次	允许偏差/mm
轴线偏位	±5
梁底高程	±10
支座底板四角相对高差	2

8.2 报告编制

8.2.1 施工完成后应进行质量验收，各类质量检测报告、检查验收记录和其他工程技术管理资料，应及时填写、归档。

8.2.2 报告内容一般包括：

- 1) 工程概况。
- 2) 监测依据。
- 3) 监测仪器以及方法。
- 4) 监测内容。
- 5) 数据整理与分析。
- 6) 结论与建议。

附 录 A
(资料性)
钢箱轴线位置监测记录表

钢箱梁轴线位置监测记录表见表 A.1。

表 A.1 钢箱梁轴线位置监测记录表

测量人员:		测量单位:		测量日期:		测量仪器及测量方法:	
点号	第 次						备注
	轴线实测坐标			高程偏距	纵向偏距	横向偏距	
	X	Y	Z				
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

附 录 B
(资料性)
临时支架变形监测记录表

临时支架变形监测记录表见表 B.1。

表 B.1 临时支架变形监测记录表

观测人：		测量单位：		测量日期：		测量仪器及测量方法：	
序号	临时支架编号	标高	沉降量	累计沉降量	备注		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

附录 C

(资料性)

主梁及导梁控制截面挠度监测记录表

临时支架变形监测记录表见表 C.1。

表 C.1 主梁及导梁控制截面挠度监测记录表

观测人：		测量单位：	测量日期：	测量仪器及测量方法：	
序号	控制截面编号	标高	变形量	累计变形量	备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

附 录 D
(资料性)

主梁及导梁控制截面应力监测记录表

临时支架变形监测记录表见表 D. 1。

表 D. 1 主梁及导梁控制截面应力监测记录表

观测人：		测量单位：	测量日期：	测量仪器及测量方法：	
序号	控制截面编号	应变	应力	累计应力	备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					