

# 连续刚构桥合拢顶推力的研究

武继民

广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司 广东 广州 510507

**摘要:** 桥梁工程对生活出行、交通运输等方面具有较大的改善作用。连续刚构桥应用在交通环节已经具有长期实践,且在桥梁工程中十分常见。因诸多工程在开展前未能进行全面的分析与合理设计,导致后期桥梁施工或者后期投入运营后出现问题,甚至造成安全隐患。顶推力的相关研究能够对连续刚构桥合拢施工提供良好的理论依据,能够考虑其相关影响因素;对桥梁质量的提升以及工程成本控制等方面都具有积极作用。

**关键词:** 连续刚构桥;合拢施工;顶推力

## Research on the Closing Thrust of Continuous Rigid Frame Bridges

Wu Jimin

Guangdong Provincial Transportation Planning and Design Institute Group Co., Ltd. Guangzhou 510507, Guangdong

**Abstract:** Bridge engineering has a significant improvement effect on daily life, transportation, and other aspects. The application of continuous rigid frame bridges in transportation has long been practiced and is very common in bridge engineering. Due to the failure to conduct comprehensive analysis and reasonable design before carrying out many projects, problems may arise during later bridge construction or operation, and even pose safety hazards. The research on top thrust can provide a good theoretical basis for the closure construction of continuous rigid frame bridges, and can consider its related influencing factors; It plays a positive role in improving the quality of bridges and controlling engineering costs.

**Keywords:** Continuous rigid frame bridge; Closure construction; Jacking force

### 引言

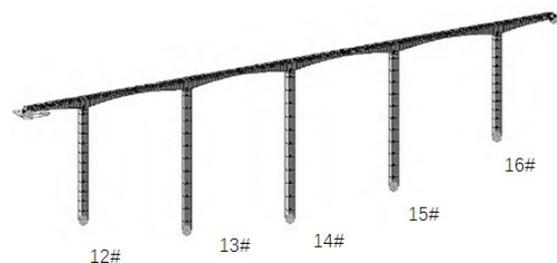
刚构桥合拢顶推力的研究在我国桥梁施工中较多,其对设计工作以及施工过程变量控制都提出了较高的要求。随着更多桥梁设计与施工工作的不断完善,明确了当下刚构桥施工过程中影响顶推力的种种因素,同时也为此进行深入分析,以公式推演的方式促成相关影响因素的有效干预,为顶推力的充分发挥提供了相关依据。除此之外,根据不同长度的连续刚构桥施工需求,以多点顶推的方式合理设计施工有效满足了不同情况桥梁施工需要。

相关专业学者通过公式推导促成了顶推力算法的高度准确性;也有学者通过建模分析等方式对顶推力和位移的关系进行了探讨。为确保施工安全,现阶段有必要进一步分析和研究。通过深入研究,为桥梁工程的顶推施工提供更加科学、有效的指导,确保施工质量和安全性的同时,提高施工效率,促进工程发展。

### 1 工程概述

某桥引桥采用小箱梁;主桥为95+4x180+95m单箱单室连续刚构桥,墩高平均约110m。为了适应不同的设计和施工

阶段的受力分析,建立了相应的模型。模型共320个单元,其桥梁单元包括主梁210个和桥墩单元110个。零号块与桥墩以刚性连接模拟,墩底固结。有限元模型如下图:



图一:主桥有限元模型

### 2 合拢顶推力影响因素

实现顶推需要通过外力促成桥墩向外侧预偏移,可以通过借助液压千斤顶等设备来使桥梁悬臂受到反向水平推力,最终则能够实现合拢和顶推。为解决主梁向跨中的挠度和位移问题,施工过程控制模板标高是不够的。为了减小主梁结构的不利二次内力,通过采取以悬臂端施加顶推力的方式来调整桥梁结构的内力以及几何线性线形,这一方式不仅能

发挥顶推力的作用, 也能够工程成本控制方面起到一定作用。

### 2.1 顶推位移控制目标

累积位移 (S1)、温度位移 (S2) 和收缩徐变位移 (S3) 作为墩顶纵向水平位移组成部分。应注意的是, 收缩徐变位移与混凝土的收缩徐变有关, 因为它需要很长时间才能完成。如果在顶推过程中直接施加100%推力, 不仅难以发挥顶推力的施工作用, 同时还可能导致反向位移的增大, 继而对桥梁的弯矩造成较大程度影响, 随之而来的则是工程质量出现问题<sup>[6]</sup>。因此, 建议将70%的混凝土收缩徐变量应用在顶推施工中, 能有效避免出现桥梁弯矩形变过大或者其它工程问题。如表一。

表一: 桥墩墩顶纵向水平位移 单位: mm

工况墩号	12	成桥累积位移	16.6	70%混凝土收缩徐变	44	总计	60.6
	13		17.2		15.6		32.8
	14		3.5		1.4		4.9
	15		-10.1		-16.1		-26.2
	16		-22.4		-41.3		-63.7

### 2.2 顶推力与顶推位移的关系

当对合拢位置施加不同的顶推力, 进行位移分析。通过施加不同的水平推力, 可以得到桥墩墩顶在纵向水平方向上的位移量。桥墩墩顶在不同水平推力作用下的纵向水平位移见表二。

表二: 水平推力不同时墩顶纵向水平位移值 单位: mm

顶推力/kN	0	100	200	300
12#	81.46	79.35	77.23	75.12
13#	50.66	43.22	35.78	28.34
15#	-34.66	-28.94	-23.22	-17.5
16#	-82.22	-80.15	-78.08	-76.01

由表二能够清楚看到, 顶推力100kN时, 12#墩位置位移变化约为2.10毫米, 单位顶推力约为0.0210mm/kN, 而13#墩单位顶推力约为0.0743mm/kN, 15#墩单位顶推力约为5.71mm/kN, 16#墩单位顶推力约为0.0206mm/kN,

各墩顶推力与位移关系为: 12墩2881.4kN, 13墩443.2kN, 15墩462.1kN, 16墩3085.4kN。为保证14#墩不偏移, 两跨中合拢段 (P 13-15) 顶推力为452.65kN (式1)。

两个跨中闭合段 (P 12-16) 的顶推力为2983.4kN (式2)。

$$P_{13-15} = (443.2 + 462.1) / 2 = 452.65 \text{ kN} \quad (1)$$

两次跨中合拢段 (P12-16) 顶推力取值如下:

$$P_{12-16} = (2881.4 + 3085.4) / 2 = 2983.4 \text{ kN} \quad (2)$$

### 2.3 合拢温度对顶推力的影响

因施工中合拢温度的不可控, 设计合拢温度往往与实际合拢温度存在差异。高温合拢时, Δt大于零。此时的墩顶水平位移与混凝土收缩徐变位移方向一致, 都是向跨中方向移

动。因此, 可以选择增加顶推力来去除增加的多余位移。低温合拢时, Δt小于零; 这种情况下墩顶水平位移方向与高温闭合时相反, 因此需要减小顶推力。表三显示了不同温差的顶推力。结果表明, 合拢温差与顶推力呈线性关系。以13#桥墩为例, 当温度升高1℃时, 顶推力需增加17.8kN; 以16#桥墩为例, 当温度升高1℃时, 顶推力需增加17.9kN; 以12#桥墩为例, 当温度升高1℃时, 顶推力需要增加120.3kN; 以16#桥墩为例, 当温度升高1℃时, 顶推力需要增加117.8kN。在此基础上, 可以计算出当温度变化时, 12号桥墩的顶推力和16号桥墩的顶推力, 每升高1℃, 顶推力+120.3kN; 16号桥墩的顶推力按照每升高1℃, 顶推力+117.8kN。

表三: 不同温差下顶推力的取值 单位: mm

温差(Δt)	0	2	4	6	8
12#	2777.2	3122.2	3363.4	3604.1	3844.4
13#	513.3	479	514.8	550.6	586.2
15#	498.1	498.1	534.3	570.3	606.2
16#	3077.2	3321.1	3556.9	3792.2	4028.4

### 2.4 年平均相对湿度对顶推力的影响

经研究发现, 年平均相对湿度的不同对顶推力产生了不同程度的影响。为了探究这一关系, 进行了一系列的实验。通过记录并分析不同年平均相对湿度下的墩顶纵向位移数据, 得到了以下结论。从表四中可以观察到, 在不同年平均相对湿度的情况下, 墩顶纵向位移存在明显的变化趋势。这说明年平均相对湿度对墩顶纵向位移具有一定的影响。进一步分析数据发现, 在较低的年平均相对湿度条件下, 墩顶纵向位移呈现出比较稳定的状态。然而, 随着年平均相对湿度的增加, 墩顶纵向位移呈现出逐渐增加的趋势 (主要是收缩徐变位移增加)。这表明较高的年平均相对湿度对墩顶的推力效果产生了显著的影响。

表四: 不同年平均相对湿度下墩顶纵向位移 单位: mm

年平均相对湿度/工况		65%	70%	75%	80%
12#	成桥累积	16.9	16.6	16.2	15.6
	70#收缩徐变	45.14	62.9	39.33	36.04
	总计	62.04	79.5	55.53	51.64
13#	成桥累积	17.6	17.2	16.9	16.3
	70#收缩徐变	18.12	22.3	13.85	11.82
	总计	35.72	39.5	30.75	28.12
14#	成桥累积	3.5	3.5	3.4	3.3
	70#收缩徐变	1.67	2.1	1.46	1.32
	总计	5.17	5.6	4.86	4.62
15#	成桥累积	-10.2	-10.1	-9.8	-9.4
	70#收缩徐变	-19.87	-25.1	-15.88	-14.34
	总计	-30.07	-35.2	-25.68	-23.74

续表:

年平均相对湿度/ 工况	65%	70%	75%	80%	
16#	成桥累积	-22.8	-22.4	-22	-21.3
	70#收缩 徐变	-41.78	-59.0	-36.46	-33.45
	总计	-64.58	-81.4	-21.3	-54.75

由表四可知,在不同相对湿度条件下,推力位移与温度效应的关系与前人的研究基本一致。为了计算顶推力与年平均相对湿度的关系,需要考虑8℃温差引起的位移和顶推力的调整。根据计算结果,相对于不同年平均相对湿度下的顶推力数值见表四。由表四可知,二者呈线性关系。随着年平均相对湿度的增加,纵向水平位移逐渐减小,顶推力逐渐减小。这是因为混凝土受到年平均湿度影响,并且与年平均湿度构成反比,造成的工程状态为湿度越大、位移越小、顶推力随之越小。在二次边跨合拢段和中跨合拢段,当年平均相对湿度每增加5%时,顶推力分别减小4.13%和5.35%。因此,在计算同类型桥梁的合拢顶推力时,有必要考虑该区域的年平均相对湿度。

### 2.5 最终顶推力

综合考虑上述各种因素的影响,可以推断出本桥的顶推力计算公式为:

$$P_{12-16} = 119.1\Delta T + 2983.4$$

而中跨合拢段(P13-15)的顶推力计算公式如下:

$$P_{13-15} = 17.9\Delta T + 452.65$$

当桥梁设计温度为12℃,合龙温度为20℃,即温差为8℃时,中跨合拢段(P13-15)顶推力为595.85kN,次边跨合拢段(P12-16)顶推力为3936.2kN,考虑到施工方便,近似四舍五入,即595kN和3940kN。

## 3 合拢顶推对桥梁结构变形及受力影响

为了相关数据的更加全面与准确,因此对顶推力的分析不仅要考虑墩顶纵向水平位移,同时还要考虑梁体及墩身受力。墩顶纵向水平位移是影响顶推力的重要因素之一,但它并不能完全解释顶推力的全部现象。桥墩的变形和受力情况也是必须考虑的重要因素。在桥梁受到外力作用时,其结构会发生变形,并产生相应的内力效应;将直接影响到桥墩的强度、稳定性和安全性。因此,在分析顶推力时,必须综合考虑墩顶纵向水平位移以及桥墩的变形和受力情况,并通过科学的方法来进行定量分析和评估。

### 3.1 合拢顶推对主墩位移的影响

本文对墩顶纵向水平位移进行了对比分析,分别考虑了无顶推力和有特定顶推力时的结果。具体顶推力为边跨3940kN,中跨596kN。通过试验测试,得到不同工况下墩顶纵向水平位移,结果见表五。可见,在施工过程中,顶推后墩顶最大偏差值达到21.1mm,但总体上墩顶纵向水平位移得到有效控制。说明墩顶在施工过程中能够保持相对稳定的位置。

表五:不同工况时墩顶纵向水平位移 单位: mm

工况	无顶推力	有顶推力
12#	77.1	21.1
13#	48.0	13.3
14#	5.6	5.5
15#	-36.6	-12.6
16#	-78.3	-20.3

### 3.2 合拢顶推对主墩内力的影响

12#、13#、15#、16#墩使用10年后从弯矩角度看,其弯矩较成桥初期出现降低趋势。造成这种现象的原因是合拢段顶进施工中需要控制中间墩的位移;由于混凝土收缩徐变导致。

### 结语

通过本次对连续刚构桥合拢顶推力进行研究和分析,充分明确了在桥梁工程合拢施工过程中顶推力的积极作用,同时结合其它外界对顶推力产生影响的因素进行深入探讨,确保最终的顶推力计算能够得到更加贴近的计算公式。桥梁工程是交通发展的重要组成,也是改善居民出行和交通运输的重要组成,对其进行深入研究不仅是对工程效率和质量提升提供理论依据,同时也将促使后期桥梁工程建设能够以相关数据和研究成果为参考,确保不同地理环境、不同承重或长度的连续刚构桥合拢施工过程中都能够合理应用顶推力来提高建设品质,满足新时代桥梁建设与交通事业发展需求。

### 参考文献

- [1]王磊.连续刚构桥合拢施工顶推力研究[J].工程机械与维修,2022(002):000.
- [2]张承植,高小宝,程飞.顶推力对多跨连续刚构桥合拢顺序的影响分析[J].云南水力发电,2023,39(2):25-31.
- [3]魏文龙.高墩大跨径连续刚构桥顶推力模拟探讨[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2022(10):4.