

输煤栈桥加固中原结构刚度对顶升卸荷的影响

王超

河北工程大学土木工程学院

DOI:10.12238/bd.v8i5.4272

[摘要] 为探究原结构刚度对输煤栈桥顶升卸荷后结构受力和变形的影响,以山西某输煤栈桥改造加固项目为背景,选用其中一跨栈桥进行研究。在确定顶升卸荷方案的基础上,针对原结构制定五种不同刚度方案进行数值模拟,对比分析原结构不同刚度对顶升后结构关键部位应力和变形的影响。模拟结果表明:原结构刚度对顶升后千斤顶周边杆件、托架和支架应力及托架位移有较大影响,原结构刚度越大,顶升到位时,杆件应力和托架位移越大,但应力和变形均满足规范要求。本研究成果可为类似工程提供重要的理论依据和实践指导。

[关键词] 输煤栈桥; 顶升卸荷; 原结构刚度; 数值模拟

中图分类号: U448.18 文献标识码: A

Influence of original structural stiffness on jacking unloading in coal conveyor bridge reinforcement

ChaoWang

School of Civil Engineering, Hebei University of Engineering

[Abstract] In order to investigate the effect of original structural stiffness on the structural force and deformation of coal conveyor trestle bridge after jacking and unloading, a coal conveyor trestle bridge reconstruction and reinforcement project in Shanxi Province was selected as the background, and one span of trestle bridge was selected for the study. On the basis of determining the jacking and unloading scheme, five different stiffness schemes are formulated for the original structure to carry out numerical simulation, and the effects of different stiffnesses of the original structure on the stresses and deformations in the key parts of the structure after jacking are analyzed comparatively. The simulation results show that the stiffness of the original structure has a big influence on the stress and displacement of the rods, brackets and braces around the jacks after jacking, and the larger the stiffness of the original structure is, the larger the stress of the rods and displacement of the brackets are when the jacking is in place, but the stresses and deformations satisfy the specification requirements. The research results can provide important theoretical basis and practical guidance for similar projects.

[Key words] coal conveyor bridge; jacking unloading; original structure stiffness; numerical simulation

引言

输煤栈桥在煤炭运输系统中扮演着至关重要的角色。栈桥在长期使用过程中,由于各种因素影响,会导致栈桥出现承载力不足的问题,需及时对栈桥进行改造加固。为改善原结构受力,使新旧结构在加固之初能够协同工作共同受力,一般会对原结构进行卸荷处理^[1]。顶升卸荷技术因其施工方便、对生产影响小在加固卸荷中得到了一定的应用。

国内学者研究^[2-4]主要集中在顶升卸荷施工工艺、技术要求和施工优化方面,对原结构刚度在顶升卸荷中的影响研究较少。而原结构刚度不仅决定了顶升过程中结构的变形程度和内力分布,还直接影响顶升卸荷的效果和安全性,因此,深入

研究原结构刚度对既有栈桥顶升卸荷过程中的影响具有重要意义。基于此,本文以山西某输煤栈桥改造加固为背景,通过数值模拟研究原结构刚度对顶升卸荷的影响,为其他跨栈桥顶升提供参考。本研究可为类似工程提供理论支撑和技术指导,具有重要意义。

1 工程概况

该输煤栈桥修建于2011年,共计12跨,最小跨度为28m,最大跨度为42m,最大长度为48m,悬挑6m。栈桥宽5.3m,高6.0m,结构形式为螺栓球节点空间管桁架结构,支架为混凝土与钢结构组合式支架。由于荷载增加导致栈桥承载力不足,采取下方增设托架和中间支架方式进行加固,加固后栈桥见图1,为改善原网架

结构受力,使新旧结构在加固之初能够协同工作共同受力,试图利用托架结构采用千斤顶对原结构进行顶升卸荷处理。

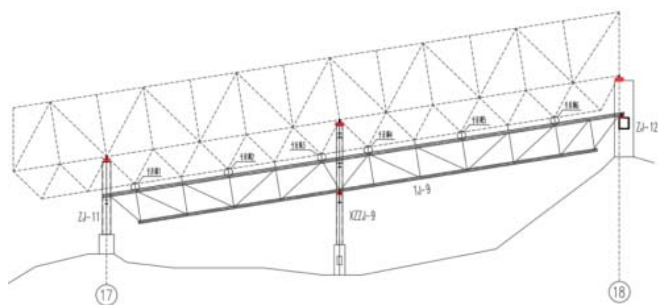


图1 千斤顶布置图

2 顶升卸荷方案

为避免卸荷过程中杆件内力发生突变,使结构内力、位移平稳过渡,采取同步等比例位移方式进行卸荷,共分3次将上部网架顶升至设计位置,每次顶升量为栈桥理论位移的1/3。顶升点基本采取“隔一布一”的方式在栈桥南北侧对称布置,共计12个顶升点,具体位置见图1中的标注位置。具体顶升量见表1。

表1 结构顶升量

顶升点	1(1')	2(2')	3(3')	4(4')	5(5')	6(6')
顶升量(mm)	5	16	22	22	19	10

3 数值模拟对比分析

3.1 原结构不同刚度方案制定

为探究原结构整体刚度对顶升卸荷的影响,本文采用简化算法制定五种方案进行研究,主要考虑顶升过程中有无围护结构进行分析,其中考虑围护结构的方案,只在网架上建立板单元,并将板单元的容重设置为 $0\text{N}/\text{mm}^3$,檩条通过调整板单元的弹性模量实现,综合考虑带围护结构的方案中板单元的弹性模量取 $1.0\sim 2.5E$ 之间,具体各方案如下:

方案1: 原结构不考虑围护结构,仅主体结构部分

方案2: 原结构考虑围护结构且板单元弹性模量取 $1.0E$ ($206000\text{N}/\text{mm}^2$)

方案3: 原结构考虑围护结构且板单元弹性模量取 $1.5E$ ($309000\text{N}/\text{mm}^2$)

方案4: 原结构考虑围护结构且板单元弹性模量取 $2.0E$ ($412000\text{N}/\text{mm}^2$)

方案5: 原结构考虑围护结构且板单元弹性模量取 $2.5E$ ($515000\text{N}/\text{mm}^2$)

3.2 数值模型建立

以输煤栈桥改造加固图纸为依据,采用Midas Gen软件建立相应模型。其中网架杆件、支架斜撑、托架腹杆采用杆单元,支架立柱、横梁、门刚和托架上下弦杆采用梁单元,围护结构采用板单元,千斤顶采用只受压单元。网架和围护结构钢材强度等级为Q235B,门刚、新增托架和支架钢结构钢材强度等级为Q355B,

新旧支架混凝土部分材料强度等级为C30。

3.3 荷载取值与荷载组合

顶升过程仅考虑原栈桥结构自重、外围护荷载、皮带机实际活载及5级风荷载作用,具体荷载值为:屋面恒载取 $0.3\text{kN}/\text{m}^2$,楼面恒载取 $0.62\text{kN}/\text{m}^2$,侧壁恒载取 $0.3\text{kN}/\text{m}^2$,皮带机活载取 $1.5\text{kN}/\text{m}^2$,风荷载取 $0.07\text{KN}/\text{m}^2$,结构自重由软件自动计算。

施工阶段荷载组合: $1.0\times$ 恒荷载 $+1.0\times$ 活荷载 $+1.0\times$ 风荷载。

3.4 千斤顶顶升模拟说明

千斤顶在有限元计算模型中常见的处理方法多种多样,本次采用千斤顶单元法进行模拟,即在原结构和托架之间建立只受压单元模拟千斤顶,并将千斤顶单元的轴向刚度设为无穷大,通过对杆件施加温度来模拟千斤顶的顶升过程。

3.5 模拟方法与施工阶段定义

利用Midas Gen软件中的施工阶段模块进行顶升卸荷施工过程计算分析,在软件中定义结构组、边界组和荷载组,并依据实际施工过程定义施工阶段,采用“生死单元法”进行模拟。

具体的施工阶段为:原网架主体结构→安装托架与中间支架→安装千斤顶→第一次顶升→第二次顶升→第三次顶升→安装非千斤顶处支座→依次对称拆除千斤顶并立即安装千斤顶处支座。其中考虑围护结构存在的模型,仅在安装千斤顶后增加一个安装围护结构的施工阶段并进行定义即可。

3.6 数值模拟结果对比分析

提取各模型中关键杆件应力和变形数据进行对比分析,以探究顶升前原结构刚度对顶升卸荷过程中的影响,并指导现场顶升方案的确定及实施过程。结构关键部位见图2:

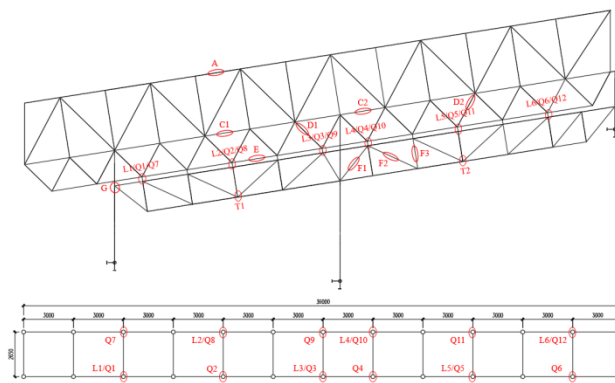


图2 关键杆件部位

3.6.1 对结构应力的影响

应力模拟结果见表2,结果表明,无论顶升前原结构刚度是多少,经过顶升卸荷后,原网架大部分杆件拉应力和压应力都有所减小,千斤顶周边杆件出现拉杆变压杆现象,杆件拉应力减小到零再反向增大,个别杆件压应力有小幅增长,托架和支架拉/压应力增加,各方案在整个顶升过程中杆件应力均不超钢材设计强度,满足规范要求,且还有较大安全储备。

原结构刚度越大,对千斤顶周边杆件、托架及支架的应力影

响越大,对网架其他杆件影响较小,随着原结构刚度增大,顶升后千斤顶周边杆件、托架和支架的杆件应力在不断增大,当原结构考虑围护结构且板的弹性模量设为2.5E时,千斤顶周边杆件、托架和支架的杆件应力相较于不考虑围护结构杆件的应力分别增大了2.7、2.1和2.5倍左右。

表2 不同方案顶升前后关键杆件应力

关键杆件	方案1		方案2		方案3		方案4		方案5	
	顶前	顶后	顶前	顶后	顶前	顶后	顶前	顶后	顶前	顶后
A	-93.5	6	-93.5	-20.3	-93.5	-24.7	-93.5	-27.8	-93.5	-30.5
C1	52.8	-8.4	52.8	28.6	52.8	30.8	52.8	32.2	52.8	33.3
C2	-10.8	18.9	-10.8	-32.9	-10.8	-33.4	-10.8	-33.5	-10.8	-33.4
D1	31.5	-28.4	31.5	-58.9	31.5	-75.6	31.5	-91.2	31.5	-106.3
D2	36	-30.7	36	-52.9	36	-65.8	36	-78	36	-89.5
E	118.9	7.7	118.9	5.7	118.9	8.4	118.9	10.4	118.9	12.5
F1	-7.2	-32.3	-7.2	-64.4	-7.2	-77.2	-7.2	-89.8	-7.2	-101.6
F2	21.8	49.2	21.8	83.1	21.8	94.7	21.8	107.3	21.8	117.9
F3	-4.6	-19.5	-4.6	-37.9	-4.6	-44.2	-4.6	-51	-4.6	-56.8
G	4.2	66	4.2	143.2	4.2	173.7	4.2	204.6	4.2	232.2

注: 单位为MPa。

3.6.2对螺栓球位移的影响

经过模拟对比发现,不论原结构刚度是多少,每个螺栓球的顶升位移几乎一致,都能够利用托架将原网架顶升到设计位置。原结构刚度对螺栓球的位移几乎没有影响。

3.6.3对托架位移的影响

经过模拟对比发现,顶升前原结构刚度越大,将原结构顶升至设计位置时,托架的位移越大。当不考虑围护结构时,托架T1

和T2处的位移仅有1.71mm和5.51mm,当考虑围护结构且板的弹性模量设为2.5E时,托架T1和T2处的位移分别达到6.45mm和19.35mm,位移分别增大了2.8倍和2.5倍左右,但位移均小于钢标要求的位移允许限值,满足结构变形条件。位移最大处均位于托架右侧跨中部位。原结构刚度对托架变形有较大影响。

3.6.4对千斤顶行程的影响

经过模拟对比发现,随顶升前原结构刚度增大,千斤顶的行程也在变大,意味着顶升时所需要的力更大。原结构刚度对千斤顶行程有较大影响。

4 结论与建议

(1) 模拟结果表明原结构刚度会对千斤顶周边杆件应力、支架应力、托架位移和应力有较大影响,原结构刚度越大,将原网架顶升到设计位置时,千斤顶周边杆件应力、支架应力、托架位移和应力越大,但应力和变形均满足设计规范要求。

(2) 建议之后进行顶升模拟时原结构不能仅考虑主体结构,还要考虑围护结构的存在,要充分考虑原结构各部分所提供的刚度,尽可能使数值模型与实际情况保持一致,使模拟结果更合理更具参考性。

[参考文献]

- [1]张铭雨.某输煤栈桥负载下改造加固设计与结构协同工作研究[D].河北工程大学,2022.
- [2]崔娟玲,郭昭胜.输煤通廊焊接球节点空间钢管桁架的锈蚀检测及加固修复[J].煤炭工程,2015,47(11):83-86.
- [3]王丽霞.焊接球节点钢管桁架结构加固技术的应用[J].山西建筑,2008,(13):66-67.
- [4]张庆亮,邹剑强,贾洁.某钢桁架负载加固设计及施工模拟分析[J].建筑结构,2023,53(S1):2024-2034.

作者简介:

王超(2000—),男,汉族,河北邯郸武安人,硕士研究生,主要从事结构工程方面的研究,河北工程大学土木工程学院,河北邯郸,056038。