

# 苏通大桥 5 800 t 钢吊箱整体同步 下放中载荷变化仿真试验研究

卞永明, 秦利升, 周贤周

(同济大学机械工程学院 上海市 200092)

**摘 要:** 重约 5 800 t 的主 5 号墩钢吊箱下放是苏通大桥工程的关键, 由于其竖向刚度极大, 吊点距离设置较近, 所以控制难度极大。如果载荷控制不好, 就会影响结构的安全。本文阐述了钢吊箱下放施工中载荷变化的控制试验研究, 以及对于载荷跟踪, 所做的仿真。

**关键词:** 钢吊箱; 载荷跟踪; 同步下放

## 1 工程概述

苏通大桥工程起于通启高速公路的小海互通式立交, 终于苏嘉杭董浜互通式立交, 沿线全长 32.4 km, 主要由北岸接线工程、跨江大桥、南岸接线工程 3 部分组成。苏通大桥主桥跨径 1 088 m, 是目前世界上跨度最大的斜拉桥, 也是我国建桥史上工程规模最大、建设标准最高、技术最复杂、科技含量最高的特大型桥梁。

苏通大桥南主塔墩钢吊箱呈哑铃形, 采用留底双壁侧包底结构形式, 结构尺寸 117.35 m × 51.7 m, 壁厚 1.8 m, 高度 14.4 m, 总重量约 5 800 t。根据施工工艺要求, 钢吊箱拼装完成后整体下放至水中约 10 m。如何控制下放中各点的载荷, 是工程安全的关键, 我们通过压力跟踪载荷试验, 为最终的成功下放奠定了基础。

## 2 下放原理

穿芯式油缸是下放设备的执行机构, 其内部穿过 31 根钢绞线, 两端还装有可控的锚具油缸, 以配合主缸对锚片进行控制。主缸伸缸时, 上锚利用锚片的自锁原理紧紧夹住主钢绞线, 而下锚松开, 张拉钢绞线一次, 使构件下放一个行程。主缸满行程时, 主缸缩缸, 使载荷转换到下锚上, 而上锚松开。如此反复, 可以使结构下放至要求位置。

我们采用 12 台泵站分布于各个吊点, 分别控制 2 台或者 4 台油缸, 其中 200 t 油缸 16 台, 350 t 油缸

24 台, 根据我们的力学分析, 吊点布置如图 1 所示。

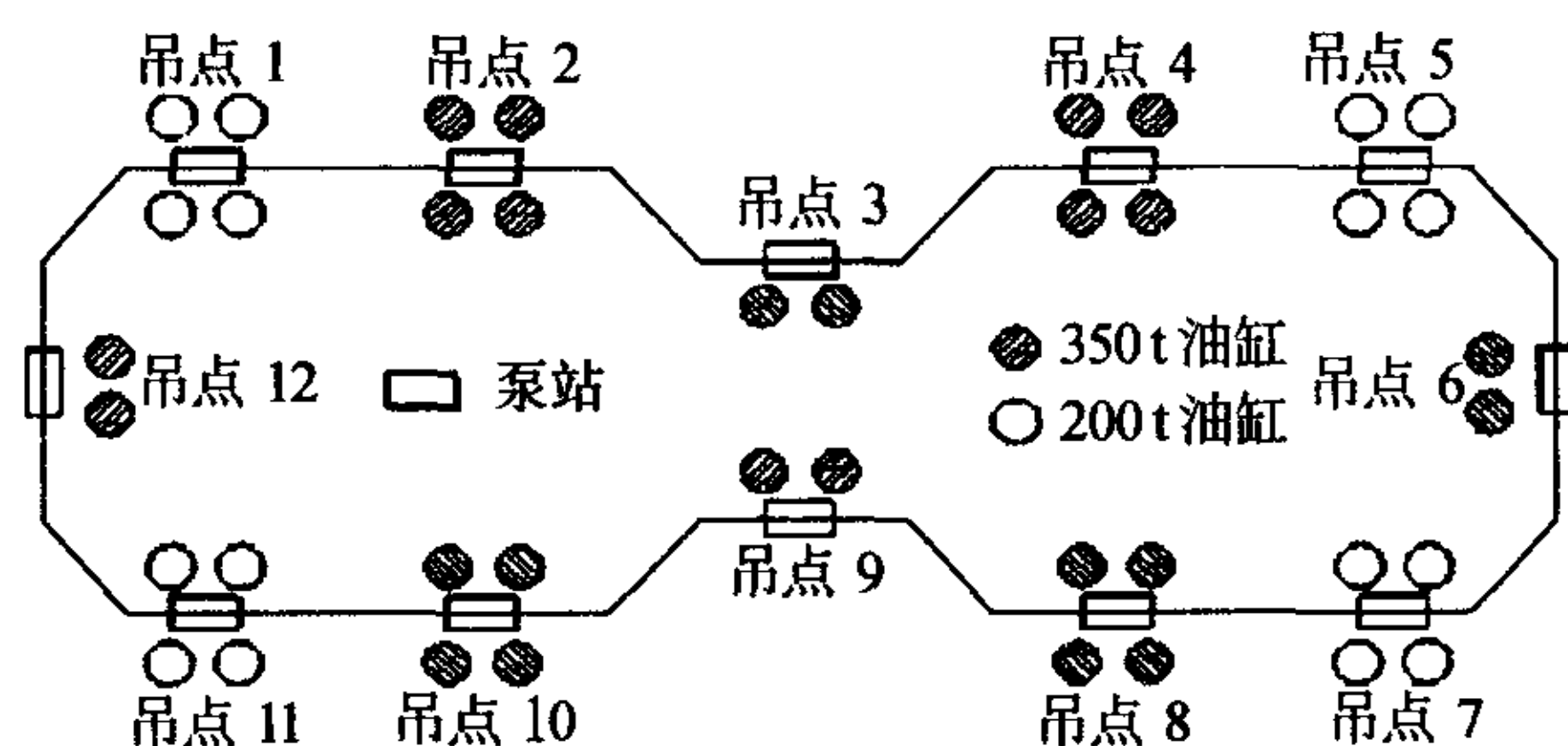


图 1 下放系统吊点布置示意

由于在下放中受到江水特别是涨落潮的影响, 以及构件本身的变形, 实际的载荷将会产生变化, 为此必须严格保证各吊点的压力设定值与实际载荷的对应关系, 然后计算机根据这一规律进行同步调节, 确保钢结构的安全。

## 3 载荷跟踪试验研究

为了掌握控制系统的压力跟踪情况和满足钢吊箱下放中载荷变化的要求, 有必要在实验室进行压力跟踪的模拟试验。

### 3.1 试验目的

下放过程中对载荷控制提出了很高要求。一般来说, 载荷控制(压力跟踪)对控制参数的敏感程度较高, 也就是说, 控制参数稍有变化, 控制效果就有比较大的变化, 为保证下放施工载荷控制的效果, 我们在试验台架上进行压力跟踪试验。试验的主要目的有:



- (1)掌握控制参数对控制效果的影响程度;
- (2)了解各种传感器现场适应情况;
- (3)观察控制系统现场适应情况。

### 3.2 试验方案以及试验步骤

压力跟踪模拟试验系统图如图 2 所示。

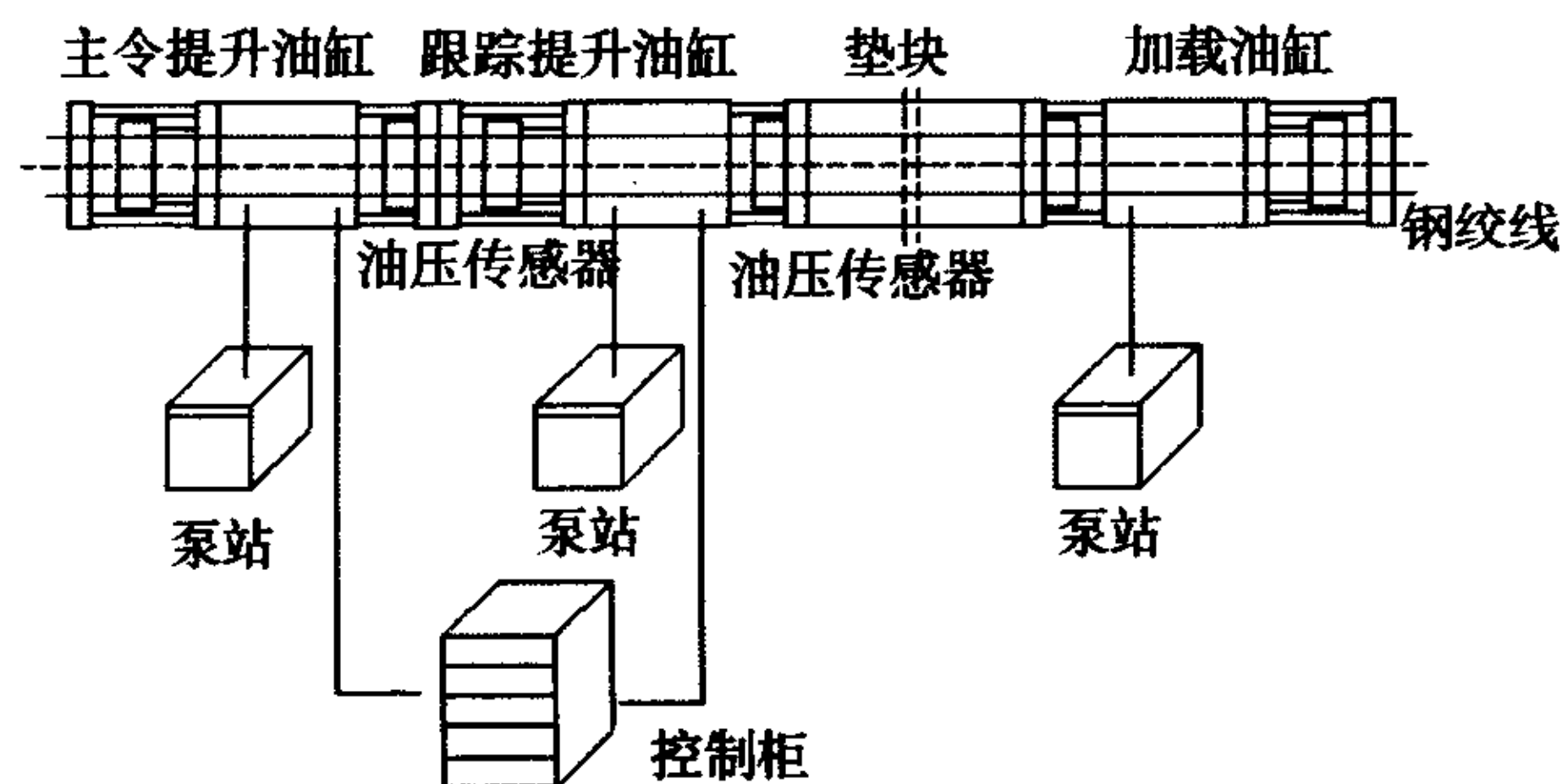


图 2 压力跟踪模拟试验系统

### 3.3 系统配置

提升油缸 3 台,其中 2 台用于跟踪,1 台用于加载。泵站和启动柜 3 套,其中 2 套用于跟踪,1 套用于加载。控制柜 1 台,其他监测设备若干。

### 3.4 试验步骤

(1)置于初始加载位置,加载油缸全伸,上锚紧,下锚松;主令油缸和跟踪油缸全缩。

(2)置于跟踪状态:主令油缸和跟踪油缸主动伸缸,加载油缸被动强行缩缸。

### 3.5 试验结果

试验结果如表 1 所示。

表 1 压力跟踪试验结果

| 编号 | 设定比例  | 加载等级 MPa | 第一次/MPa |      | 第二次/MPa |      | 第三次/MPa |      | 实际跟踪比例平均值 |
|----|-------|----------|---------|------|---------|------|---------|------|-----------|
|    |       |          | 主令油压    | 跟踪油压 | 主令油压    | 跟踪油压 | 主令油压    | 跟踪油压 |           |
| 1  | 1:3   | 8        | 2.0     | 5.8  | 2.0     | 5.8  | 2.0     | 5.8  | 0.341     |
|    |       | 5        | 1.2     | 3.5  | 1.3     | 3.6  | 1.2     | 3.5  |           |
|    |       | 6        | 1.3     | 3.9  | 1.4     | 4.2  | 1.4     | 4.3  |           |
| 2  | 1:2.5 | 5        | 1.2     | 3.0  | 1.2     | 3.1  | 1.2     | 3.0  | 0.398     |
|    |       | 8        | 1.9     | 4.9  | 2.0     | 5.0  | 1.9     | 4.8  |           |
|    |       | 10       | 2.7     | 6.6  | 2.6     | 6.5  | 2.6     | 6.4  |           |
| 3  | 1:2   | 4.5      | 1.5     | 3.0  | 1.5     | 2.9  | 1.5     | 3.0  | 0.504     |
|    |       | 9        | 2.6     | 5.2  | 2.6     | 5.1  | 2.6     | 5.2  |           |
|    |       | 6        | 1.7     | 3.4  | 1.8     | 3.5  | 1.8     | 3.6  |           |
| 4  | 1:1.5 | 5        | 1.8     | 2.6  | 1.7     | 2.5  | 1.7     | 2.6  | 0.66      |
|    |       | 8        | 2.8     | 4.3  | 2.5     | 3.8  | 2.7     | 4.3  |           |
|    |       | 10       | 3.8     | 5.8  | 3.9     | 5.8  | 3.6     | 5.5  |           |
| 5  | 1:1   | 5        | 2.8     | 2.7  | 2.8     | 2.7  | 2.8     | 2.7  | 1.034     |
|    |       | 8        | 4.2     | 4.1  | 4.2     | 4.0  | 4.1     | 4.0  |           |
|    |       | 10       | 5.2     | 5.0  | 5.2     | 5.0  | 5.1     | 5.0  |           |
| 6  | 2:1   | 8        | 4.9     | 2.5  | 5.0     | 2.5  | 5.1     | 2.5  | 1.96      |
|    |       | 6        | 3.8     | 2.1  | 3.8     | 2.1  | 3.8     | 2.0  |           |
|    |       | 9        | 5.2     | 2.6  | 5.4     | 2.7  | 5.4     | 2.6  |           |

设定比例值与实际跟踪比例平均值的变化图如图 3 所示。

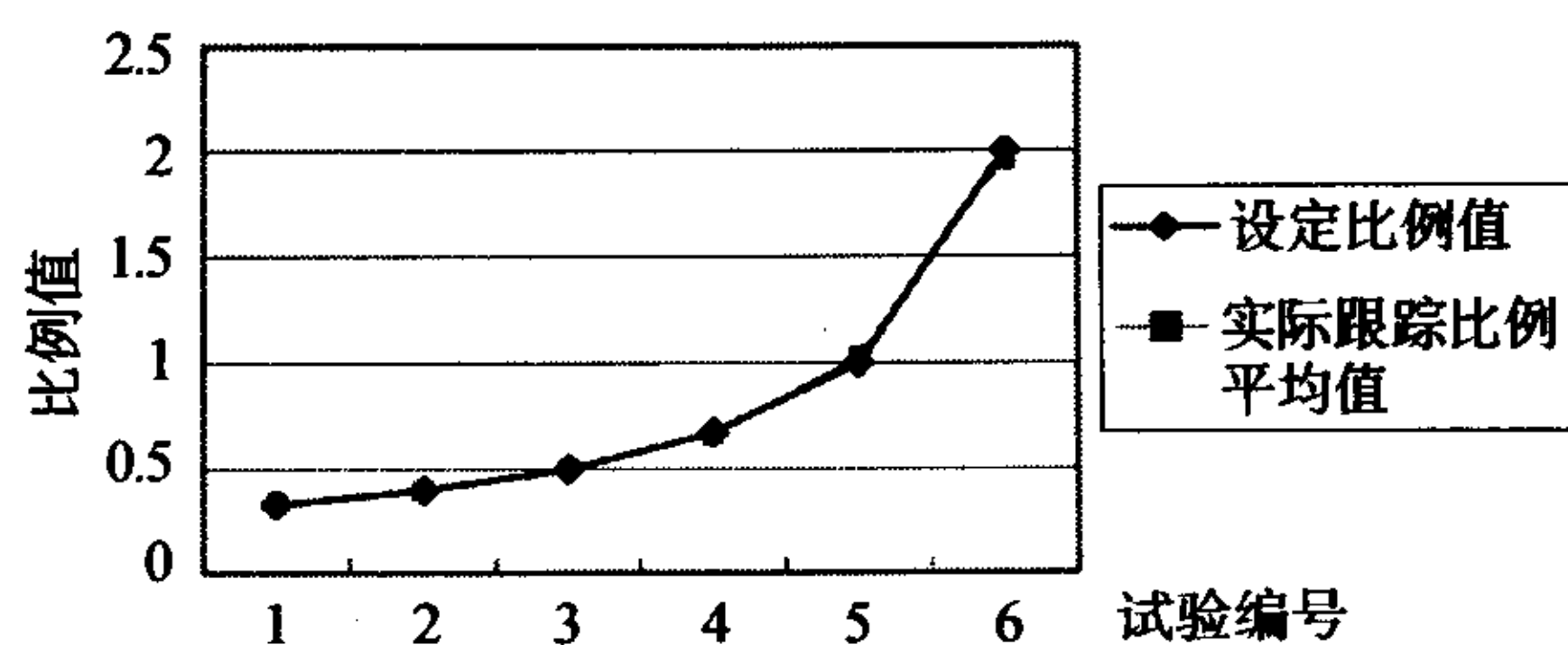
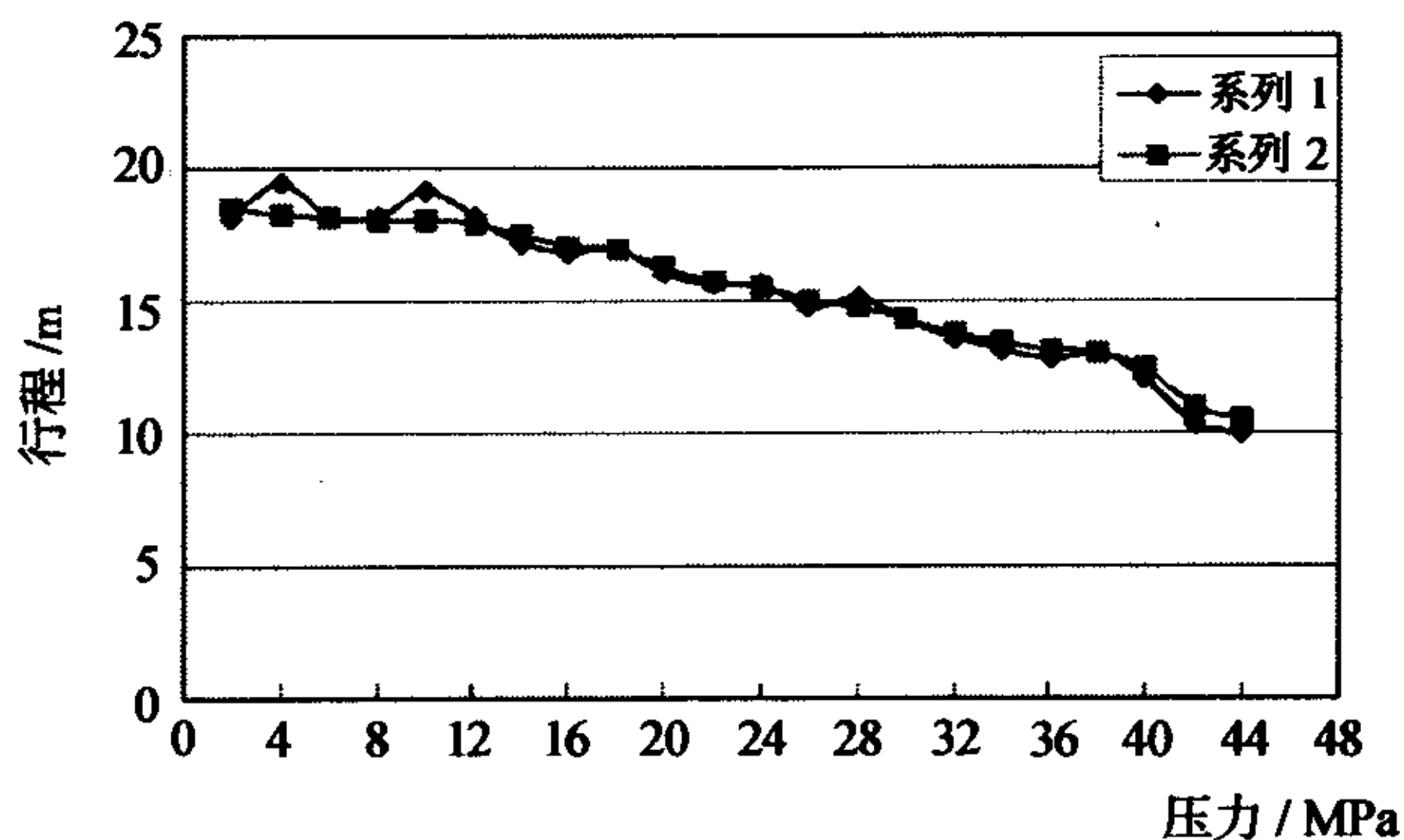


图 3 设定比例值与实际跟踪比例平均值

## 4 结论

从试验结果可以看出,在各种载荷状态下,液压同步下放系统都表现出很好的跟踪特性。在实际应用中,可以根据工程应用的需要任意调节各提升油缸之间的载荷分配,尽可能地减小提升对被下放构件(钢吊箱)的影响。在下放过程中,我们以 1 号吊点为例,可以看出同步下放系统完全满足载荷跟踪的要求。



注:系列 1 为吊点 1 实际载荷压力(单位 MPa);系列 2 为油缸设定压力(单位 MPa)。

图 4 1 号吊点实际载荷与设定值

## 参考文献:

- [1] 卞永明,等. 桥梁竖转工艺——计算机控制液压同步提升技术在桥梁竖转施工中的应用[J]. 公路,2002, 10.
- [2] 郁顺康,编著. 自动控制理论[M]. 北京:清华大学出版社,1992.
- [3] 闵书亮,刘季. 柔性建筑结构的主动控制分析[J]. 哈尔滨建筑工程学院学报,1990.
- [4] 张培任,朱东杰,马云,史久根. 自动控制技术和应用[M]. 合肥:中国科技大学出版社,2001.
- [5] Richard C Dorf, Robert H Bishop. Modern Control Systems[M]. 北京:科学出版社,2003.



文章编号: 0451-0712(2005)07-0045-09

中图分类号: U448.213

文献标识码: B

# 波形钢腹板 PC 箱梁桥应用综述

陈宝春, 黄卿维

(福州大学土木建筑工程学院 福州市 350002)

**摘 要:** 介绍了波形钢腹板 PC 箱梁桥在国外的应用发展概况, 给出了国外波形钢腹板 PC 箱梁桥的一览表。对这种新桥型的构造要点、结构特点进行了阐述。结合部分典型桥例, 对该桥型的最新发展趋势进行了介绍, 最后展望该类型桥梁在国内的应用前景。

**关键词:** 波形钢腹板; 箱梁桥; 应用

波形钢腹板 PC 箱梁桥是 20 世纪 80 年代出现的一种新型桥梁, 由于它的结构自重较轻, 可以减少下部结构的工程量, 进而降低其工程总造价, 而且, 作为腹板的波形钢板具有不抵抗轴向力的特点, 可使预应力有效地加载于混凝土翼缘板, 提高了预应力的效率。另外, 它在施工过程中, 可以减少大量的模板、支架和混凝土浇注工程, 免除在混凝土腹板内预埋管道的烦杂工艺, 从而方便了施工, 缩短了工期。正因为波形钢腹板 PC 箱梁桥具有如此优越的结构受力和施工性能, 可获得良好的经济效益, 所以它在国外发展得很快, 特别是在日本, 已建和在建的波形钢腹板预应力桥梁就达 30 余座。国内由于各种原因, 目前还没有该类型桥梁的工程实例。本文对该桥型的发展概况、构造要点以及结构特点进行了介绍, 并结合部分国外典型实桥, 对该桥型在我国的应用

发展前景进行了讨论, 希望能引起桥梁工作者更为广泛的关注, 促进该桥型在我国的桥梁建设中得到应用。

## 1 发展概况

预应力混凝土(PC)箱梁是现代大跨径桥梁常用的结构形式。然而, 随着跨径的增大, 其自重也迅速增大, 影响了跨越能力和经济性。分析箱梁的截面构成可知, 箱梁顶底板受到结构受力和施工性能的制约, 通过减薄其板厚达到减小自重的潜力很小, 而占总截面面积 25%~30% 的腹板的减小还有较大的空间。经过多年的研究, 法国学者于 20 世纪 80 年代提出了用轻质高强的钢板代替厚重的混凝土腹板, 并配以体外预应力索的设想, 随后根据这一设想修建了首座采用加劲平钢腹板的 PC 组合箱梁桥——

收稿日期: 2004-12-01

## Load-Tracking Research and Simulation on Synchronous Lowering of Sutong Bridge Pier Caisson About 5 800 Tons Under Water

BIAN Yong-Ming, QIN Li-Sheng, ZHOU Xian-Zhou

(Mechanical Engineering College, Tongji University, Shanghai 200090, China)

**Abstract:** To lower the Sutong bridge pier caisson about 5 800 tons under water is a key point of this project. Due to great vertical rigidity and overall arrangement, it is difficult to control the lowering process. It will affect the safety of the structure if load is not well controlled. The load-tracking approach on Sutong project is described and system simulation is presented too in this papers.

**Key words:** caisson; load-tracking; synchronous lowering