

同步顶升技术在旧桥改造工程中的应用

韩振勇

(同济大学,上海市 200092)

摘 要:在天津市海河综合开发起步工程基础设施建设中,为满足旧有桥梁通航净空的要求,成功地应用了同步顶升技术。该文在顶升施工完成后,分析了同步顶升技术在桥梁顶升工程中的应用原理及顶升过程中的一些关键问题,对此项技术在同类工程中的应用有较高的参考价值。

关键词:同步顶升;桥梁顶升;顶升原理;液压系统;位移控制

中图分类号:U445.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)05-0164-04

1 引言

随着天津市海河两岸综合开发改造工程的启动,天津市的海河经济正成为拉动城市经济发展的纽带。将海河发展成为城市观光的游览景点,其中一项重要规划内容就是要求海河具备Ⅵ级航道的通航条件。但由于市内现有大部分桥梁梁底中心标高过低(桥梁最初设计时是满足通航要求的,但由于城市地下水的过度开采及其它多方面的原因,据查有关设计资料,这些桥梁的原设计标高与现在实测标高及通航的净空要求相比较,相差了15~150 cm不等),在高水位时,只能断航。同时,由于现有航道标准低,致使游船船身矮,观光感较差,因此位于市内跨海河的十几座桥梁的改造开始提上议事日程。这些桥梁大部分具有结构完整,功能完好等特点,部分桥梁体现了当时国内最先进的设计水平,更是见证了天津市的历史,但是这些桥梁由于建造时间比较长,已不能满足城市进一步发展的需要,特别是通航高度的不足更是如此。

1.1 顶升课题的提出

上述问题引发了一系列难题:(1)如何实现将现有桥梁在不损坏结构的前提下提升一定高度满足通航的要求?(2)怎样既可以继续发挥现有桥梁功能,同时又能尽量减少交通断行的时间?(3)采取何种设计方法可以将施工时间、费用等减至最低?

1.2 桥梁同步顶升技术方案的出炉

以狮子林桥为例,如果采用拆除后重新建设的方案,从旧桥拆除、管线切改到新桥建成,参照《全国统一建筑安装工程工期定额》标准,其定额工期约为8.5个月,按照天津地区同等规模、一般

标准的桥梁测算,工程总投资约4 196.5万元,在工程建设期内将从环境、交通等方面直接影响本市人民的生活,尤其在交通方面,海河将天津市市区一分为二,海河上的每一座桥都是天津经济大发展的命脉,如果重建新桥无疑是对天津繁重的海河交通雪上加霜。

通过分析比较及反复论证后,我们大胆而慎重地提出将国际先进的同步顶升技术应用到天津的旧桥改造工程中,这样可在不损坏现有桥梁结构的基础上,采用同步顶升技术对桥梁进行顶升,达到桥梁“长高”的目的。

通过采用桥梁顶升的改造方案,工程总投资约1 532.3万元,预计工期2个月,比重建新桥节约投资2 664万元,缩短工期6个半月,详见表1。顶升后的旧有桥梁桥下净空4.5 m,满足Ⅵ级航道标准的要求,巧妙地解决了现有桥梁通航净空不足的难题。

表1 狮子林桥改造工程费用综合比较表 单位:万元

序号	项目名称	费用	工期	备注
1	原桥顶升工程总投资	1 532.3	2个月	
2	建新桥建安工程费(含水中墩)	3 500	8.5个月	5 000元/平方米
	搭设临时便桥费用	56.5		按定额要求
	旧桥拆除费	490		700元/平方米
	管线切改费	150		
	合计	4 196.5		
3	原桥顶升比建新桥节约费用	2 664.2		

说明:

①建新桥工程总投资估算指标(包括工程建设其它费用与预备费),参照天津地区普通桥梁标准选取,不含桥头景观及照明工程费。

②拆桥工程费用指标,参照《天津市市政工程预算定额》及富民路拆桥工程造价进行选取,并综合考虑部分不确定因素。

③管线切改费,参照张贵庄路工程管线切改费估算。

2 桥梁同步顶升的技术原理

在桥梁顶升工程中采用了PLC控制液压同

收稿日期:2006-05-29

作者简介:韩振勇(1965-),男,天津人,教授级高级工程师,总工程师,主要从事桥梁及结构工程研究。

步顶升系统,该系统已在上海音乐厅整体顶升与平移工程中成功运用。

2.1 同步技术原理

PLC控制液压同步系统由液压系统(油泵、油缸等)、检测传感器、计算机控制系统等几个部分组成。液压系统由计算机控制,可以全自动完成同步位移,实现力和位移控制、操作闭锁、过程显示、故障报警等多种功能。

2.1.1 液压系统

系统选择液压泵分别为液压缸提供恒定的液压油。每台液压泵本身带有一个电磁阀,以实现升、降动作。

每一组液压缸均装置有一个液控单向阀,可以起到短时间内锁紧液压缸的功能,防止大吨位物体下落。该阀还有在当液压管路遇到意外破损泄漏时,防止重物意外坠落的功能。

2.1.2 电子控制系统

电子控制系统是实现同步动作的关键。同步顶升系统是一个成熟的系统,主要应用于大吨位物体在精确位置控制下的顶升和下放。它是基于闭环控制系统理论,将重物移动的位移信号作为受控参数,并可同时反映重物在液压缸受力腔内产生的压强信号。

下面就以已经顶升完毕的狮子林桥改造工程为例叙述其原理:

狮子林桥分新、老三座桥,老桥建于1974年,桥宽24.6 m,其中机动车道18 m,人行道每侧3 m。上部结构为三跨简支单悬臂挂孔结构,跨径24 m+45 m+24 m,挂孔长度为8 m。1994年在老桥上下游每侧各修建一座新桥,新桥桥宽9.3 m,桥梁上部结构外形与老桥相同,结构形式为三跨变截面预应力混凝土箱形连续梁,跨径为25.2

m+45 m+25.2 m。新老桥下部结构均为钢筋混凝土实体桥墩,墩下采用钻孔灌注桩(如图1所示)。

依据有关设计图纸及有关资料计算出桥梁的支座反力后,顶升控制区域的划分如图2所示,狮子林老桥的控制区域划分为8个区域(新桥的控制区域同样为8个区域),该划分主要考虑到桥体结构对称分布和同步顶升系统的标准产品的控制点为8个。控制点的划分原则是保证顶升过程可靠(特别在同步性和桥体的姿态控制上),同时每个控制区域设置一个位移传感器来控制位移的同步性,根据桥梁结构计算分析,位移同步精度控制在5 mm;每个区域的液压缸通过液压管路串通实现液压同步。8个位移传感器与中央控制器相连形成位移的闭环控制,从而实现顶升过程中位移的精确控制。

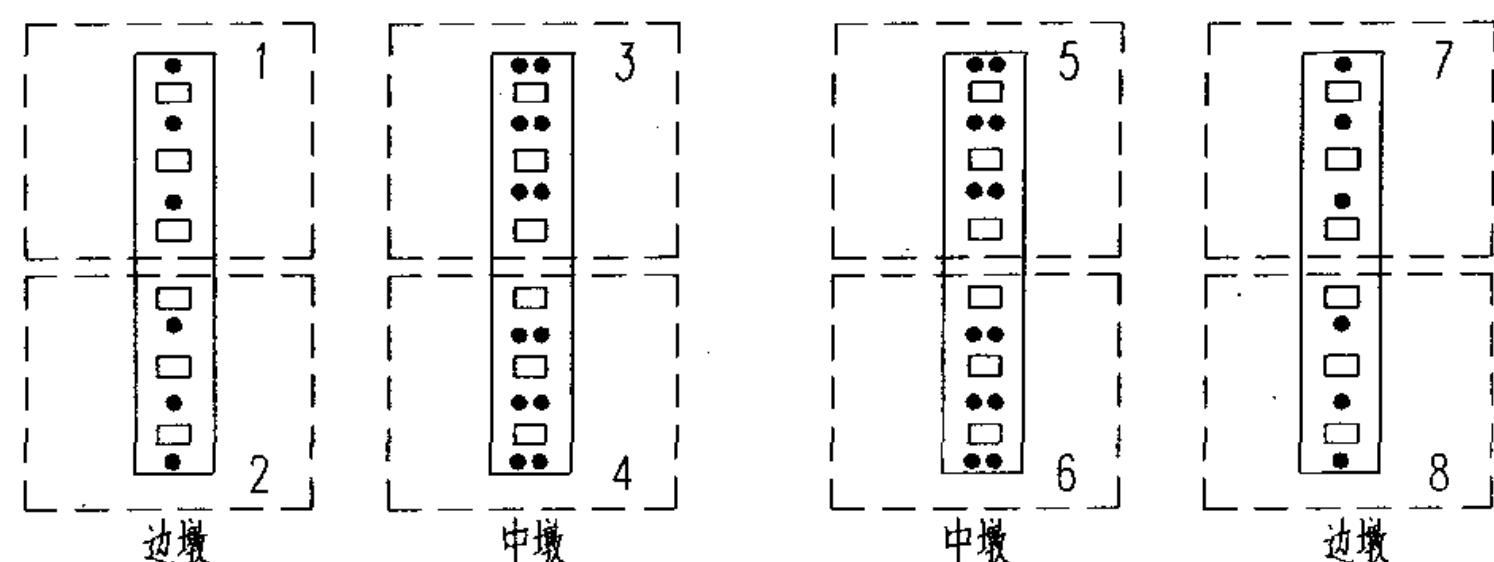


图2 顶升控制区域划分

考虑桥梁的纵向长度和横向长度,为最优化液压系统布管方案,在每个控制区域设置一个电动泵站提供油源,每个电动泵站供应本区域的液压缸的动力,以使液压软管的长度为最短,8个电动泵站由中央控制器统一控制。

2.2 桥梁顶升控制原理简述

通过8个液压泵源分别为多个液压缸提供液压动力源,驱动桥梁做上、下移动。

通过一个控制器接收和处理装在各组液压缸

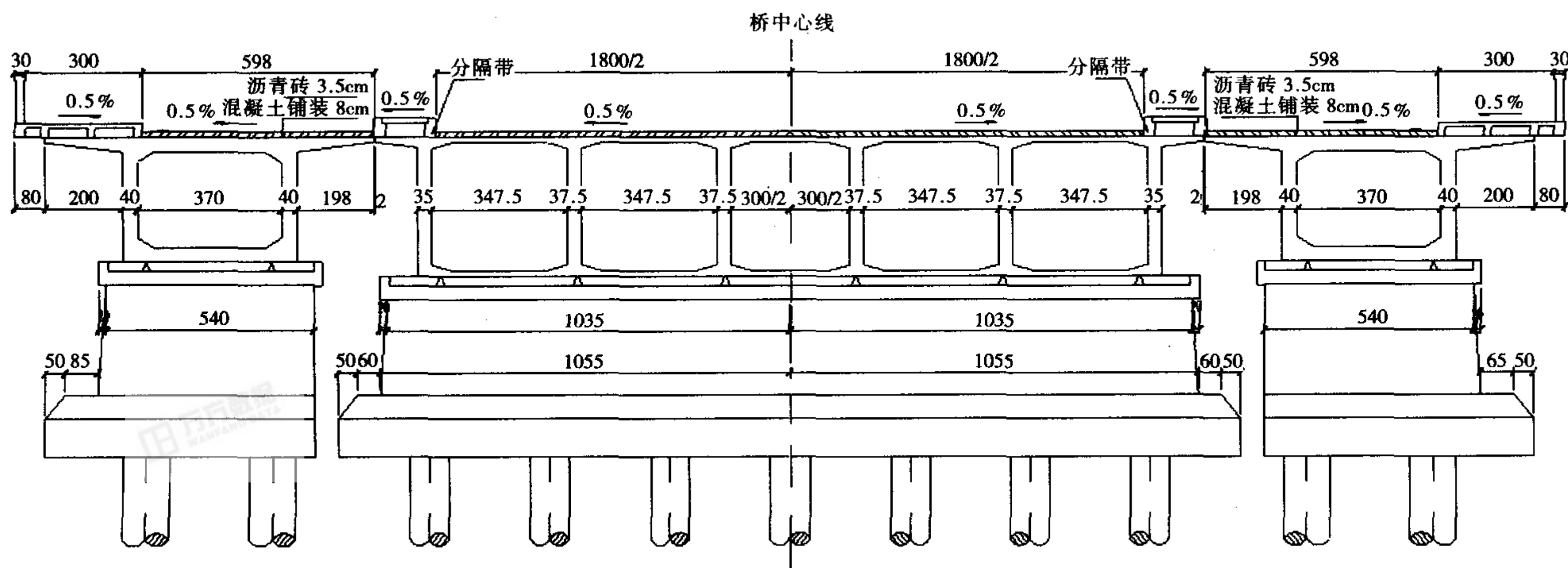


图1 狮子林桥横断面

附近的位移传感器或接在各组液压缸液压油路内的压力传感器所发出的信号,并将这些信号同允差值进行比较,控制器在处理这些信号后,指令某一液压油路中的控制阀动作来控制油流流入相关的液压缸,以达到调整误差的目的。

整个液压同步控制提升系统通过这一闭环锁链式反馈系统,启闭系统内各组液压缸的运动,来达到整个液压同步控制提升系统在桥梁顶升运动中同步的目的。其控制流程见图3。

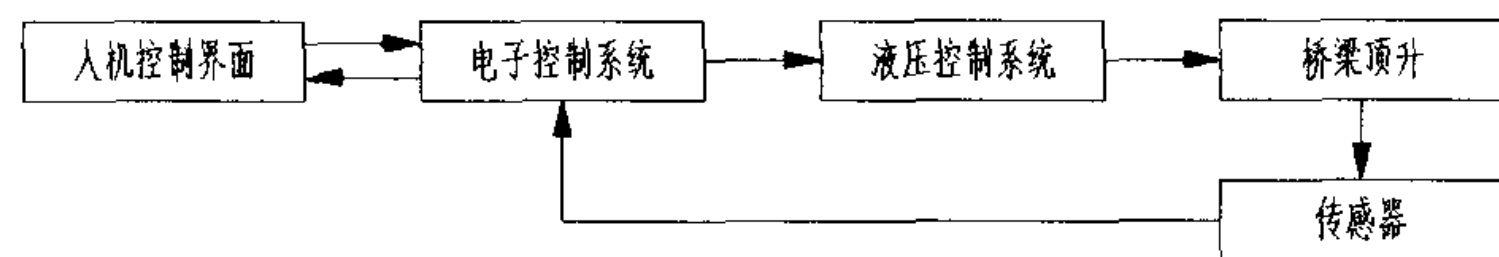


图3 同步控制系统流程简图

3 桥梁同步顶升工程的关键问题

3.1 顶升前的桥梁状态检测及荷载试验

由于旧有桥梁已经经历了几十年的风风雨雨,桥梁自身结构能否经得起顶升的考验,存在许多不确定因素,所以在顶升前及顶升后非常重要的一项工作是桥梁状态检查和荷载试验两部分内容。

3.1.1 桥梁检查

桥梁检查主要包括外观检查和混凝土强度测量、混凝土炭化深度测量。

a.外观检查。外观检查需查明主体结构裂缝的分布情况,伸缩缝的工作状态以及外露钢筋的锈蚀等。

b.混凝土强度、混凝土炭化深度测量。即通过测量旧桥的混凝土强度、混凝土炭化深度,继而评定混凝土桥梁结构的耐久性。

3.1.2 荷载试验

荷载试验分静力荷载试验和动力荷载试验:静力荷载试验主要针对桥梁的控制截面,即最大正弯矩和最大负弯矩截面,进行等效弯矩加载,测试控制截面的应力和挠度,评定桥梁的承载能力;动力荷载试验在于了解桥梁结构的动力性能,确定结构的动力系数,为桥梁顶升前、后对桥梁的结构状态是否出现变化做到客观真实的反应。

3.2 桥梁同步顶升的安全控制设计——限位措施

桥梁在顶升过程中处于一种飘浮状态,由于液压缸安装的垂直误差及顶升过程中其它不利因素的影响,在顶升过程中可能会出现微小的水平位移,为避免出现此类情况,需在纵横向设置平面限位装置。限位装置应有足够的强度,并应在限位方向有足够的刚度。

为了保证桥梁顶升的准确性和安全性,我们分别采用了纵横两个方向进行限位控制(见图4、图5)。利用中墩处的横隔梁,在中墩顶安装特制横向限位支架,桥台处安装纵向限位支架。而纵向限位支架考虑作用在台后的钻孔灌注桩上,既解决了台后挡土问题又解决了纵向限位的难题。

我们发现,在顶升施工的实际过程中,桥梁出现了比较明显的纵向位移,此时限位装置对桥梁姿态的保证起到了关键的保护作用,因此限位装置的设计是不容忽视的又一项重要内容。

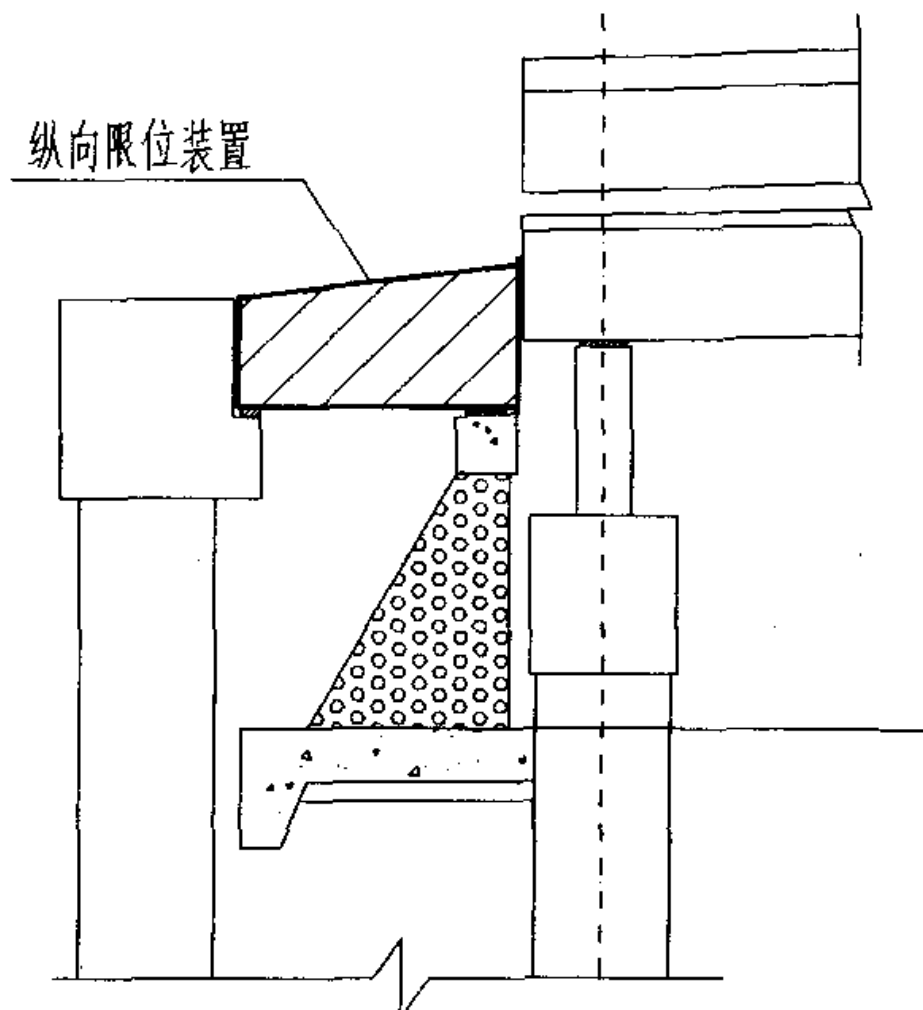


图4 纵向限位装置图

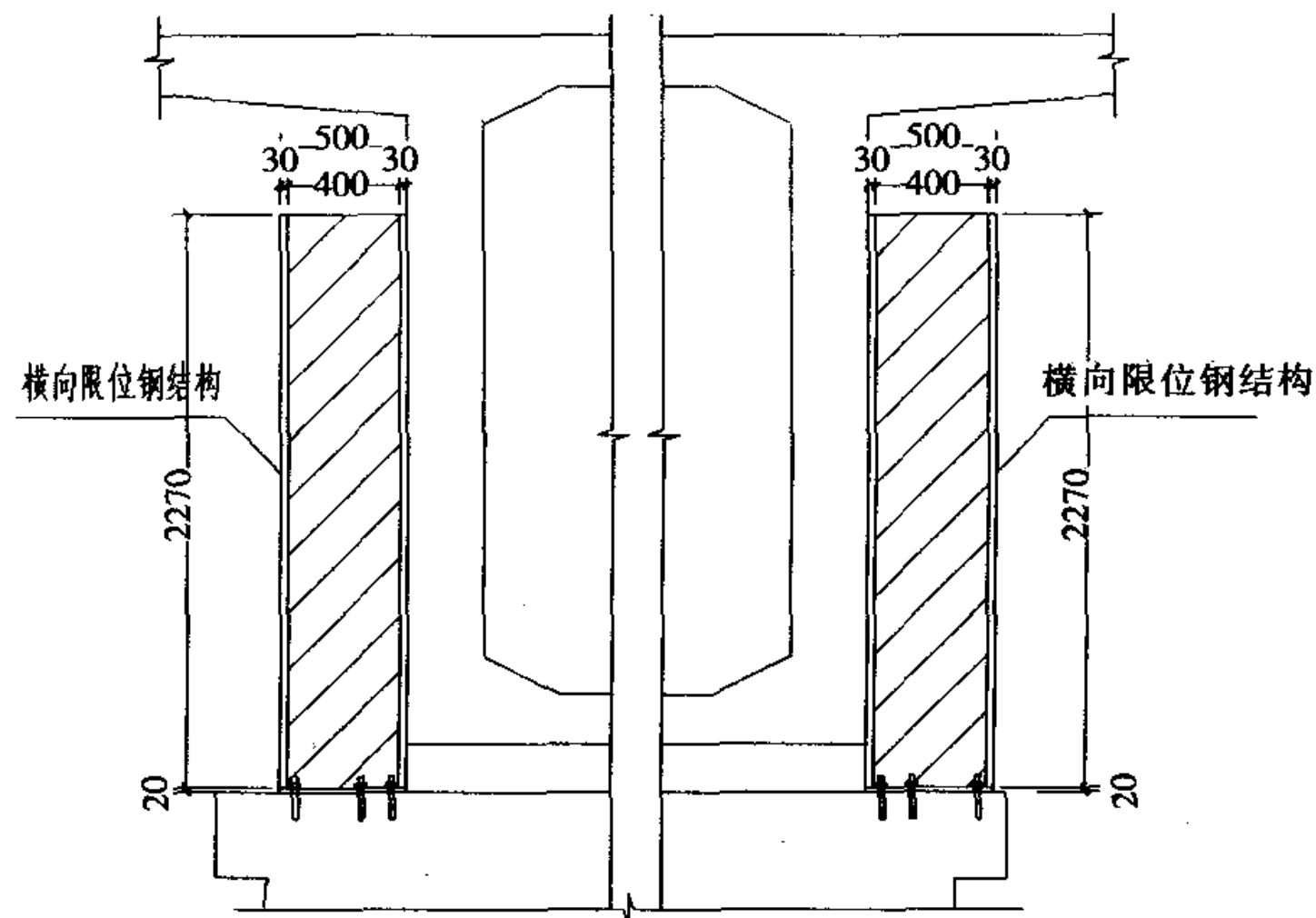


图5 横向限位装置图

3.3 桥梁同步顶升的临时支撑设计

根据桥梁现状情况和受力分析计算,充分考虑各种不利因素的影响,则需在老桥每个中墩处布置12台200t液压缸(见图6),并且置于实体横隔梁内,在每侧边桥墩需布置6台200t的液压缸(见图7),并在每个液压缸的周围布设临时钢支撑,便于分级顶升过程中的检测与调整。

在分级顶升过程中,液压缸的每一级行程有限,我们将每一级行程控制在100mm,为了满足液压缸的分级置换以及置换时临时支撑措施的要求,我们专门设计了6种类型的钢垫块(见图8),每一层钢垫块通过Φ20的螺栓进行有效连接,保证钢垫块的设计可靠与牢固。

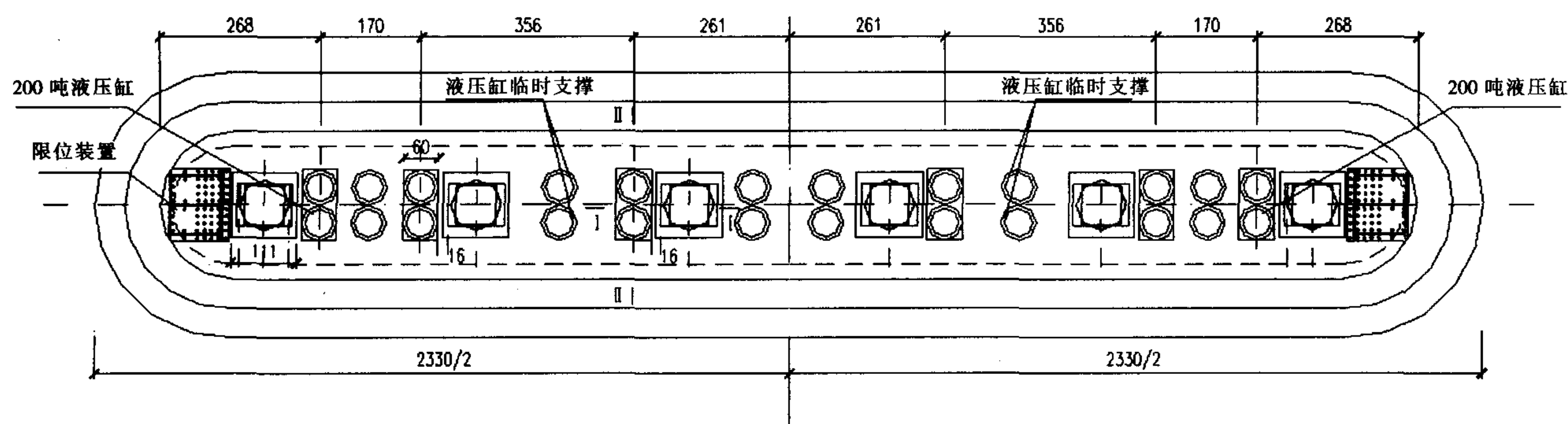


图 6 老桥中墩液压缸布置图

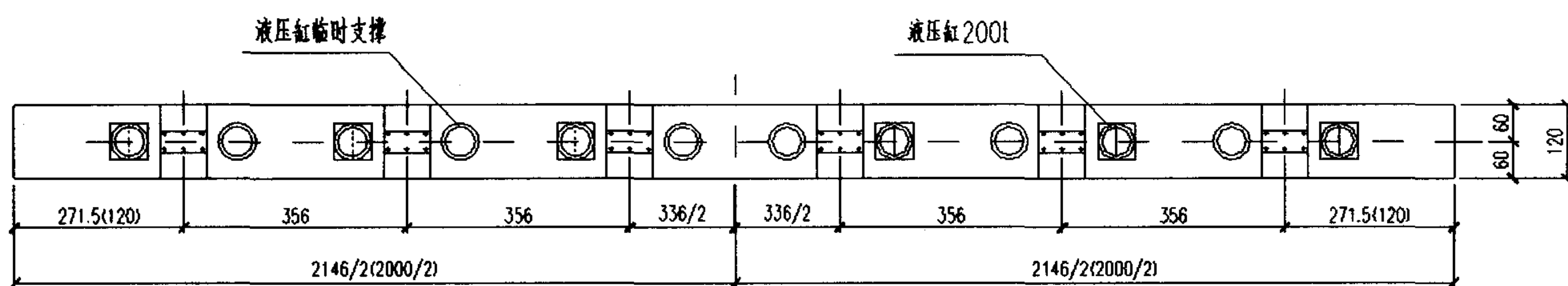
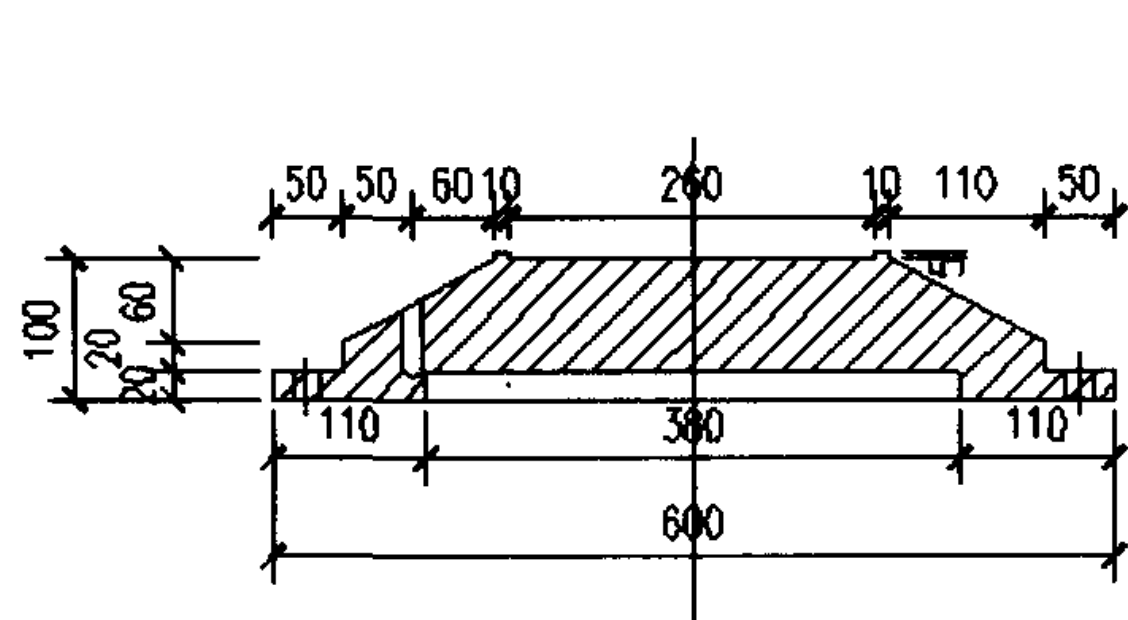
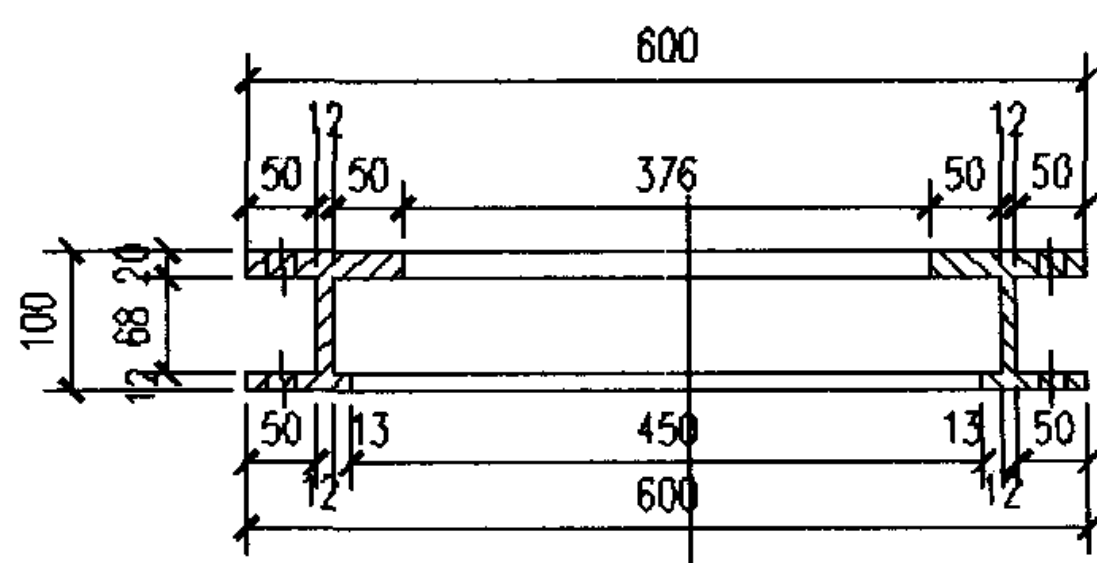


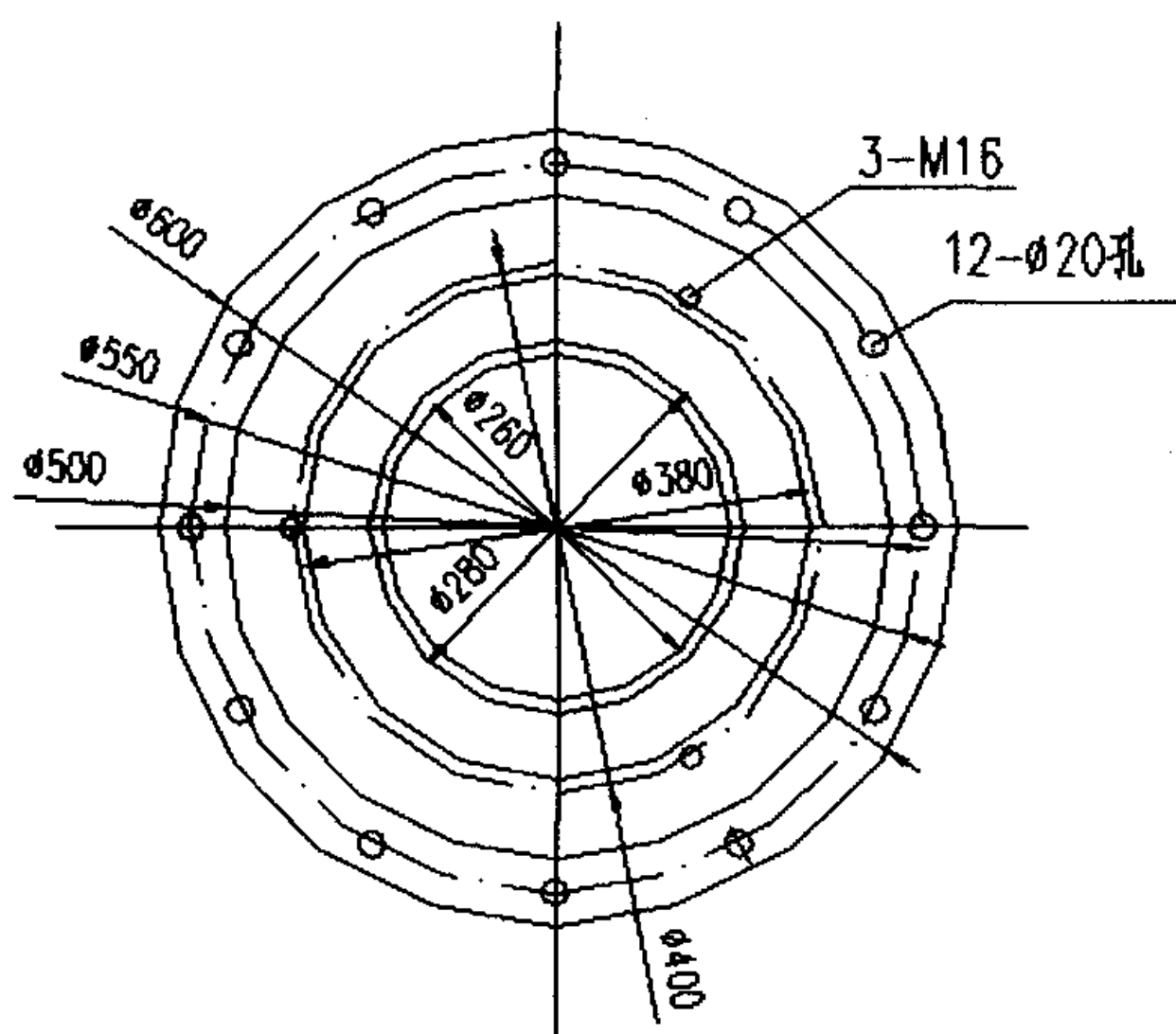
图 7 老桥边墩液压缸布置图



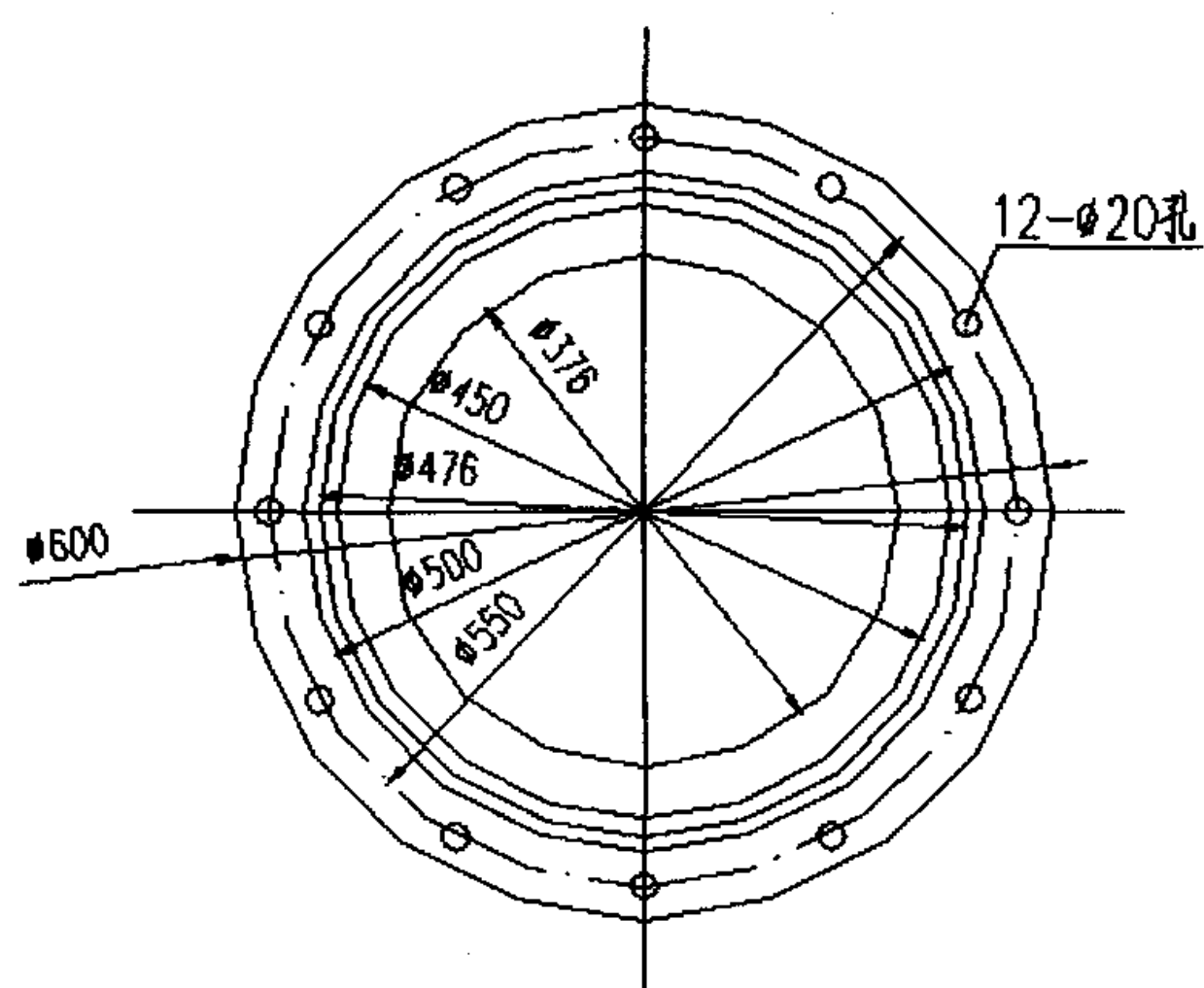
I 类垫块横剖面图 1:10



II 类垫块横剖面图 1:10



I 类垫块俯视图 1:10



II 类垫块俯视图 1:10

图 8 钢垫块构造图

3.4 桥梁顶升过程的同步监测

桥梁的同步顶升是分级完成的，因此对桥梁的整个运动轨迹、整体姿态、结构的应力等的监测十分必要，这也是事关桥梁结构安全的重要环节。

整个监测过程可由分级顶升、临时支撑放置、

支承垫石施工、落梁等过程组成。监测内容主要包括桥梁的整体姿态监测、位移监测、结构内力监测等。

桥梁的顶升过程，实际上就是控制桥梁姿态的过程。在桥梁上布置多个特征点，(下转 174 页)

2.3.5 其它辅助措施

为避免渗漏水迹对公共场合景观及公众心理造成不利影响,同时也确保地下空间内各功能空间正常发挥其预设功能,本次防水设计将建立渗漏水的疏排水体系作为地下空间 A、B 区防水的重要辅助措施。需要强调的是,只有在渗漏水得到了防水措施的有效控制且疏排水不会引起周围地层地下水位下降的情况下,才可以对进入结构内的极少量渗水作疏排处理,从某种意义上来说,疏排水体系实质上是作为防水设计的最终安全储备而设立的。南站南广场地下空间 A 区、B 区的疏排水体系是由离壁隔水墙、排水明沟、落水管、集水槽和排水泵房等部分组成的。为确保偶然发生的微量渗漏水不会影响景观及地下空间的功能发挥,A 区和 B 区在结构内部距外墙 300 mm 处均设置一道厚 100 mm 的离壁墙,离壁墙与外墙间空隙作为排水明沟,明沟遇壁柱处埋设连通排水管,A 区中板明沟设落水管确保将渗漏水排入底

板明沟,最终将渗漏水汇入排水泵房。

3 结语

地下工程防水技术是一个多专业、多学科高度交叉而产生的综合应用性工程技术,与之相关的各技术分支取得的研究成果,尤其在结构的自防水理论、外防水材料、堵漏材料等领域,对防水技术的发展产生了巨大的推动作用。本文即是笔者从防水概念设计的角度对该课题进行研究的一次尝试。但地下结构的防水毕竟是一个复杂的系统工程,如何将研究成果更好地应用到工程实际中,始终是一个很值得去重点研究的课题。

参考文献

- [1]王铁梦.工程结构裂缝控制[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [2]吕康成,崔凌秋.隧道防排水工程指南[M].北京:人民交通出版社,2005.
- [3]GB 50108-2001,地下工程防水技术规范.

(上接 167 页)通过监测各特征点实际到达的位置与预期位置的逼近程度,可以判断和控制顶升过程。

3.4.1 光栅尺的位移控制

我们在 8 个控制区域均设置一个光栅尺控制位移的同步性,根据对桥梁的结构核算,位移同步精度控制在 5 mm。光栅尺体固定于箱梁上,读数头固定于桥墩、台上,光栅尺量程为 150 mm。8 个光栅尺形成对桥梁整体姿态控制的重要因素之一。

3.4.2 特征观测点标高监控

监测顶升过程中桥墩及桥台处的沉降情况;桥梁特征点标高主要用于顶升过程中的同步复核测量,以便光栅尺出现故障时能够及时发现问题,从而保证顶升过程中桥梁的整体姿态。

3.4.3 应变片的结构内力监测

合理评价顶升过程中结构内力变化的影响因素,以便及时、主动地采取措施降低或消除不利因素的影响,为确保桥梁结构的安全竖起了一道保

护屏障。

综上所述,对桥梁同步顶升工程的几个关键问题的重视,对桥梁同步顶升起到了保驾护航的重要作用,为我们今后类似工程积累了宝贵的设计经验。

4 结语

结合城市跨越式发展的步伐,采用同步顶升技术改造旧有桥梁既经济又合理,为今后的旧桥改造开辟了新径。

文中介绍的同步顶升技术在桥梁顶升工程应用中的原理及顶升过程中的一些关键问题,对此项技术在同类工程中的应用有较高的参考价值。

参考文献

- [1]实用动力(上海)有限公司.PLC 同步顶升自动控制系统.

江西高速公路建设吸引外资

在近日结束的香港招商会上,江西省推出的 3 条高速公路项目引起了多家境外财团的高度关注,有关人士认为,境外资金的进入将加快江西高速公路的建设。

此次香港招商会上江西省共对外推介了 23 个交通项目,投资总额达到 48.8 亿美元。吉安-莲花、赣州-崇义、彭泽-湖口 3 条高速公路项目受到了高度关注,同时有多个客商要求投资,这种现象在以前并不多见。江西省交通厅外资办有关负责人表示,有十多家香港、澳大利亚的企业和财团对 3 条高速表现出浓厚的兴趣,目前双方有初步的接触,之后将对各企业进行资格预审,对企业的资金实力、管理能力等进行考察,最后进行投标确定项目业主。