

高速公路互通立交桥匝道复位关键技术研究

窦勇芝 刘文 韦福堂

(柳州欧维姆工程有限公司 广西柳州 545005)

摘要:以 $4 \times 20\text{m}$ —联高速互通立交桥匝道纠偏复位工程为背景,结合现场互通立交桥匝道自身结构特点及梁下空间,设计了两类纠偏复位体系及顶升、滑移千斤顶同步系统,利用顶推千斤顶提供主动纠偏力,驱动梁体滑移,实现梁体横向纠偏复位。其中重点介绍了纠偏复位方案的关键设计要点及施工技术。工程实践表明设计合理,施工经济便捷,达到了预期的工程效果,对同类工程具有可借鉴及推广性。

关键词:高速互通立交桥 纠偏复位 设计 施工技术

DOI: 10.13211/j.cnki.pstech.2016.02.006

1 引言

目前,高速公路桥梁纠偏复位大多采用在墩柱周围设置大型纠偏反力支架施工,工期较长,工程费用高。如何结合桥梁下部构造结构特点及梁下操作空间,设计小型轻便的纠偏反力架研究较少,本文结合某高速公路互通立交桥匝道复位工程,做了进一步的研究,提炼了两类纠偏复位体系,第一类纠偏复位体系为在盖梁顶安装竖向千斤顶,竖向千斤顶布置在滑移体系上,滑移体系由上底板、四氟滑板、下底板组成,以盖梁顶垫石为反力点,通过顶推千斤顶提供横向纠偏力,利用滑移体系中四氟滑板上下摩擦面摩擦系数的差异实现滑移。第二类纠偏复位体系为根据箱梁底宽与无盖梁双柱墩外侧边缘宽度相差不大的构造特点,设置侧向横向纠偏反力架,利用环向预应力钢绞线自平衡锚固在单根墩柱上,竖向千斤顶布置在上系梁顶,且靠近墩柱位置,同时上系梁底增加刚性支撑,保证竖向力可直接传递至基础上。另外,在墩柱顶布置滑道,以顶升至滑道面实现滑移。工程实践表明,工期短,施工便捷,工程费用经济。

2 工程介绍

遂资高速公路童家互通立交桥匝道因地震影响导致桩基偏位,引起G6~H1~H4联、G6~G9联桥面横向偏位,位移方向为曲线向外,偏位最大值 0.1m 。现需要将两联分别进行整体顶升、纠偏复位(如图1)。



图1 G联、H联纠偏复位示意

G6~H1~H4联为 $4 \times 20\text{m}$ 连续现浇箱梁,桥梁总重约为 1600t 。匝道位于平面曲线上,桥型布置及上部结构横断面如图2、3所示。

G6~G9联为 $4 \times 20\text{m}$ 连续现浇箱梁,桥梁总重约为 1600t 。匝道位于平面曲线上。桥面宽度渐变。

本纠偏复位工程结合现场互通立交桥匝道自身结构特点及梁下操作空间,设计了两类纠偏复位体系及顶升、滑移千斤顶同步系统,利用顶推千斤顶提供主动纠偏力,驱动梁体滑移,实现梁体横向纠偏复位,如下以G6~H1~H4联纠偏复位为例进行介绍。

3 纠偏复位方案设计

3.1 纠偏复位设计总体思路

经现场踏勘下部构造有两种类型,过渡墩侧(即有伸缩缝侧)为有盖梁墩柱、连续墩侧为无盖梁双柱墩,且墩柱间设置一道上系梁。有盖梁墩柱侧梁底至盖梁顶高度为 $0.3\text{m} \sim 0.35\text{m}$,梁底与盖梁顶平行,设置横坡,梁底、盖梁顶设置调平垫块。无盖梁双柱墩侧梁底设置横坡,通

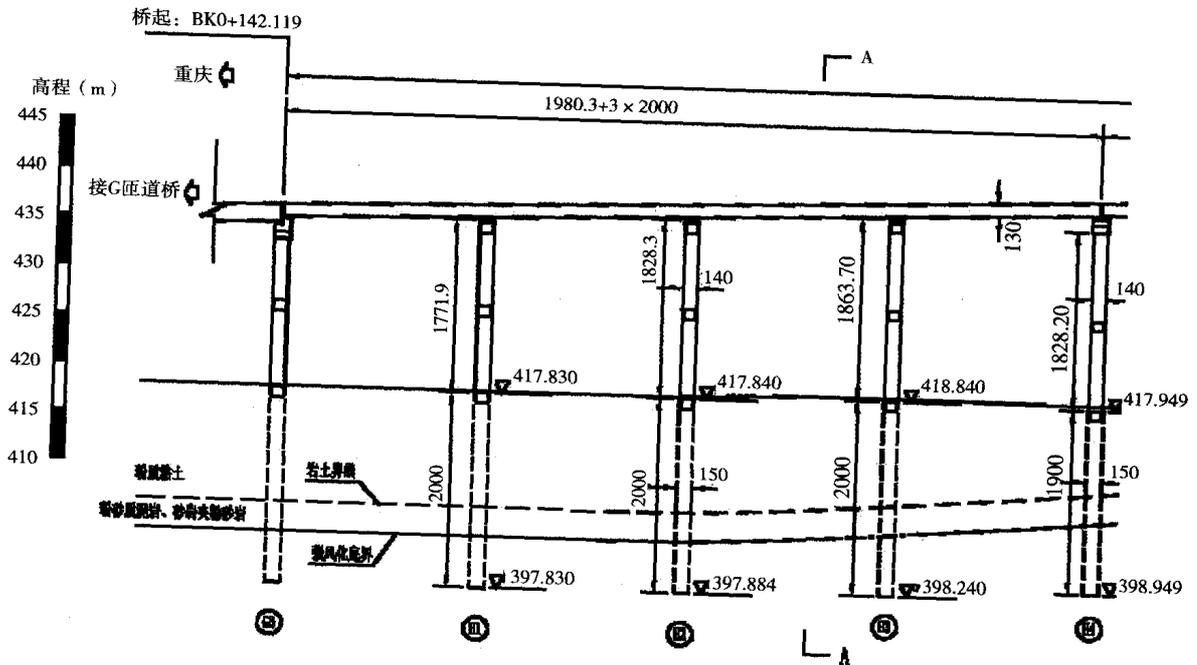


图2 G6~H1~H4联桥型布置 (单位: cm)

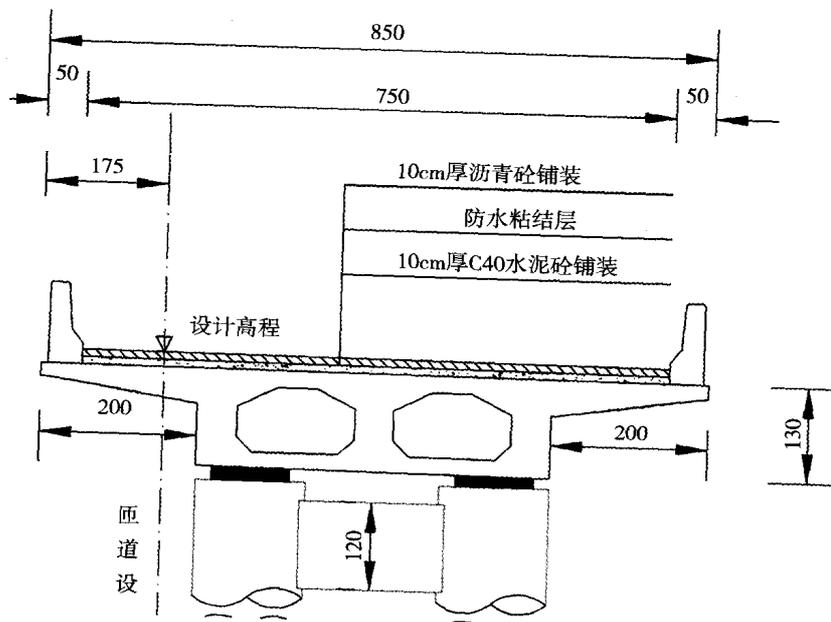


图3 上部结构横断面 (单位: cm)

过调平垫块调平, 梁底至墩柱顶高度为0.2m~0.25m, 上系梁顶较墩柱顶高度低0.1m~0.34m, 箱梁底宽4.5m, 双柱墩外侧边缘宽4.4m。

G6#设伸缩缝墩处第二联桥面系相对第一联向外侧产生0.1m位移, 其中第一联桥面系相对原设计位置无偏移, 第二联桥面系相对原设计位置有较大偏移。H1#~H4#墩处桥面系相对原设计位置有约0.08m~0.015m偏移。

结合下部构造类型、桥面偏移及施工安装空间情况, 拟定设置两类纠偏复位体系。第一类为过渡墩处纠偏复位体系, 在G6#、H4#墩盖梁顶安装竖向千斤顶, 竖向千斤顶布置在滑移体系上, 滑移体系由上底板、四氟滑板、下底板组成, 以盖梁顶垫石为反力点, 通过顶推千斤顶提供横向纠偏力, 利用滑移体系中四氟滑板上下摩擦面摩擦系数的差异实现滑移。第二类为连续墩

处纠偏复位体系,根据箱梁底宽与无盖梁双柱墩外侧边缘宽度相差不大的构造特点,设置侧向横向纠偏反力架,利用环向预应力钢绞线自平衡锚固在单根墩柱上,竖向千斤顶布置在上系梁顶,且靠近墩柱位置,同时上系梁底增加刚性支撑,保证竖向力可直接传递至基础上。另外,在墩柱顶布置滑道,以顶升至滑道面实现滑移。各墩竖向千斤顶采取PLC同步顶升控制系统控制,按比例顶升量将主梁同步顶起,同时在各墩提供横向纠偏力,驱动梁体按比例纠偏量进行桥面复位。采取同一墩上千斤顶以位移量控制为主,顶升力、纠偏力复核的同步控制策略。另外,由于原设计单位已考虑增加单排桩基加固(如图4),通过新增承台加强了墩柱底的横向联系,故横向复位过程中纠偏反作用力对墩柱影响较小。



图4 新增单排桩基加固

3.2 同步顶升系统简介

本工程采用的同步顶升系统,是一种采用“工控机+可编程控制器+液压控制系统”组成的分布式控制系统,是一种用于桥梁支座更换及净空顶升的专用施工设备,采用分布式控制系统实现执行机构的分散布置、集中操作,既能满足多液压缸载荷不均同步升降,又能对桥梁顶升过程中各监测点的压力、位移和应力进行实时监控,实现桥梁的力、位双闭环控制。按照“位移+压力双闭环控制、应力限值报警”的监控策略,实现各顶升点位移与压力在线监测与反馈调节。

本系统主要由监控主机、主站、从站、千斤顶、位移传感器、压力传感器、应力传感器等部件组成。

监控主机是个人机交互界面负责数据存储等,智能同步顶升采集控制系统由无线数据采集系统、网络协议、电器控制单元、计算机采集处

理软件组成,使用简单方便。整个测量系统具有极高的测量精度和抗干扰能力。

主站从监控主机接收工作命令,实现油路总通断和流量大小的控制分配,是顶升千斤顶同步顶升或下降的主控站;主泵站是独立的集成化动力传动装置,它可控制油流的方向。压力和流量以输出可调整的直线往复运动回转运动从而推动执行机构实现各种规定动作和工作循环。系统有变频电机、泵、电磁换向阀、液控单向阀节流截止阀、油箱等组成。通过电磁铁的通电、断电(电磁换向阀的两个电磁铁不可同时带电),可分别实现各种动作。

从站负责进行所属千斤顶的油路分配和信号采集,同时接收PLC主控箱命令,控制所属千斤顶的顶升或下降,PLC安装于液压泵顶罩内,采用无线通信方式控制,它的作用是解释并执行计算机发送给它的命令和数据,控制液压站中阀组的开和关,并不断采集油压和位移传感器的信号,转化成数值反馈给计算机。完成当前压力、位移的采集,同时接收主控制基站发送的命令,输出控制信号给电磁铁。为使制动安全可靠,防止意外断电,从站增加液控单向阀,即液压锁,保证在液压管线意外爆裂时能安全自锁。每个千斤顶油路配置一个压力传感器和一个位移传感器,采集对应千斤顶的位移和压力数据。

3.3 竖向顶选型及布置

根据设计文件提供反力值,结合梁底至盖梁顶高度,设伸缩缝墩侧盖梁顶设置2台YD400-50顶升千斤顶,YD400-50性能参数如下。

表1 YD400-50性能参数表

公称顶推力	kN	3960	公称油压	MPa	31.5
回程油压	MPa	< 25	顶举行程	mm	50
顶举活塞面积	m ²	1.257 × 10 ⁻¹	质量	kg	305
回程活塞面积	m ²	3.487 × 10 ⁻²	外形尺寸	mm	φ480 × 580 × 221

连续墩侧墩柱上系梁顶设置4台YD400-100顶升千斤顶,YD400-100性能参数如下。

表2 YD400-100性能参数表

公称力	4000kN	行程	100mm
活塞杆直径	150mm	公称油压	50MPa
整机外形尺寸	φ430 × 360mm	整机质量	400kg

G6~H1~H4联共计设置8台YD400-50顶升千斤顶, 12台YD400-100顶升千斤顶。

3.4 过渡墩处一类纠偏复位装置

盖梁上设置下底板, 下底板一端焊接钢垫板保证顶推千斤顶作用荷载面均匀施加至垫石侧面, 竖向顶底面上底板与下底板间布置四氟乙烯滑板, 上底板焊接钢牛腿, 作为顶推千斤顶的作用反力点, 竖向顶顶部与底部分别设置楔形钢板找平, 利用四氟乙烯滑板降低摩擦系数特性, 确保竖向顶可横向滑移(如图5、6), 每个过渡墩设置2台QF100T-12.5b顶推千斤顶。

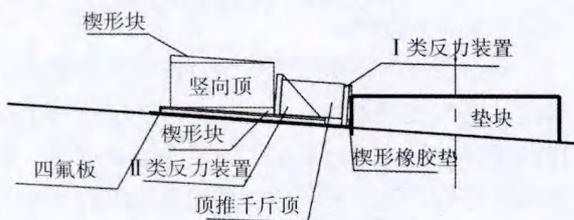


图5 一类纠偏复位装置示意图

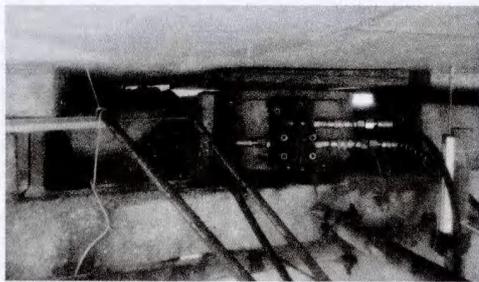


图6 一类纠偏复位装置施工照片

3.5 连续墩处二类纠偏复位装置

单个墩柱侧面设置侧向横向纠偏反力架(如图7、8), 其构造特点如下:

(1) 利用5根环向预应力钢绞线自平衡锚固在单根墩柱上, 钢绞线一端为固定端, 采用P锚锚固, 另一端为张拉端, 采用夹片锚固。安装时, 单根预紧、张拉。

(2) 横向纠偏反力架采用钢板与型钢拼焊成型, 与墩柱侧面支撑处采取弧形钢垫板过渡, 保证支撑反力能均匀传递至墩柱侧面。

(3) 在环向钢绞线转向位置增设橡胶垫与弧形钢垫板, 避免与墩柱接触部位受力集中, 并防止混凝土刮伤。

每个连续墩设置2台QF100T-12.5b顶推千斤顶。

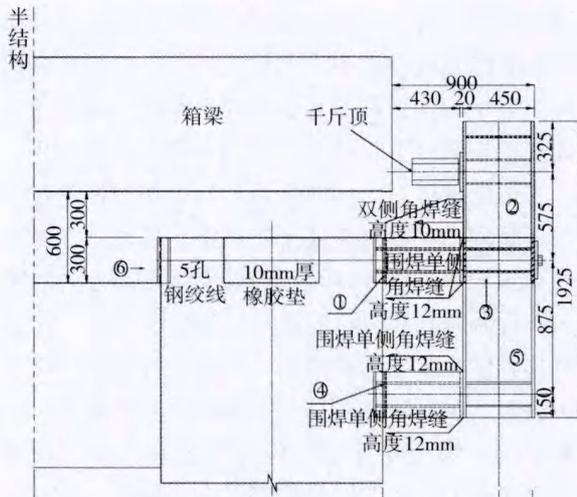


图7 二类纠偏复位装置示意图

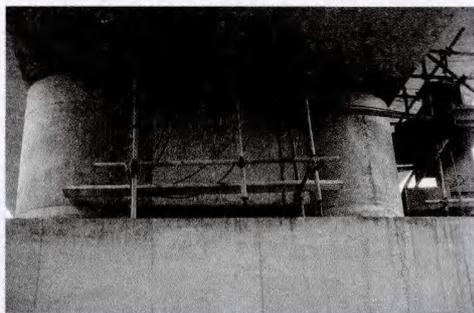


图8 二类纠偏复位装置施工照片

3.6 顶升方案设计

按4孔一联连续现浇箱梁建模计算, 顶升工况G6#墩顶升位移6mm、H1#墩顶升位移6mm、H2#墩顶升位移4mm、H2#墩顶升位移4mm、H1#墩顶升位移4mm, 按恒载工况验算满足设计要求。

4 纠偏复位施工方案及实施

4.1 施工工艺流程

4.2 主要施工要点

4.2.1 施工平台搭设

在墩柱四周搭设两排脚手架工作平台, 横距、纵距各1.5m, 步距1.8m。施工平台面距梁底1.7m, 宽1m, 沿盖梁通长布置。脚手架和工作平台通过连接件与桥墩柱连接成整体, 确保安全可靠。

4.2.2 解除桥面纵、横向约束

解除伸缩缝处护栏等附属构件纵向约束, 并清除伸缩缝及梁端间杂物。

4.2.3 千斤顶及垫板安装

清理盖梁顶放置千斤顶位置的混凝土基面,

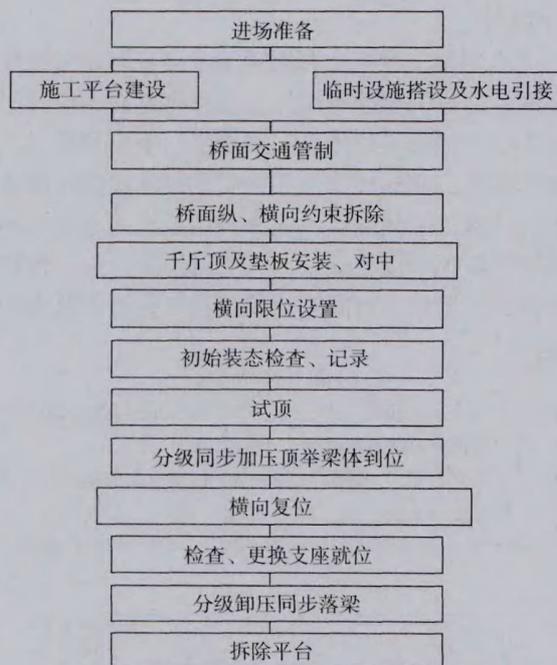


图9 施工工艺流程图

打磨平整，并抹高强砂浆找平确保垫板与混凝土面抄垫实（如图10）。

4.2.4 横向限位设置

在过渡墩的挡块与箱梁间填塞木块或薄钢板，并保证与箱梁间有3mm间隙，实现在顶升复位过程中限位。



图10 千斤顶及垫板安装

4.2.5 初始状态检查、记录

(1) 检查梁底、盖梁顶混凝土破损情况，尤其对支撑部位、限位挡块处重点检查记录。若有破损，需进行处理后方可进入下道工序；

(2) 用红油漆标记支座的设计位置以及各墩处箱梁与盖梁或墩柱间的相对位置；

(3) 标记各墩顶初始位置。可在墩顶作标记，用经纬仪观测墩柱初始垂直度以及施工过程中墩顶位移量，并以墩顶位移预警值进行复位施工控制。

4.2.6 试顶

启动液压同步顶升系统（如图11），使得各墩同步顶升1mm，检查液压设备可靠性及管路的密封性。



图11 同步顶升系统

4.2.7 正式分级顶升

(1) 将千斤顶与油泵油管接好，检查无误后，等待指挥信号发出。在顶升过程中设置一名指挥长，统一指挥各油泵操作员。指挥长用对讲机下达指令，油泵操作员开动油泵，缓慢将梁顶起，以每1mm为一级（设计可计算出相邻顶位间允许偏差量），千斤顶到达设定高程时停顿，由监控人员将位移值报告给指挥长。等到每台千斤顶都到达同一高程时，再由指挥长向油泵操作人员发出下一级操作指令，重复上述步骤直至将梁顶起至所需高度（梁体脱离支座）。

(2) 对于同墩上部构造顶升，采用1台液压泵站同时控制多台千斤顶等高顶举，顶升过程采用顶升量与顶升力同步双控，使整个顶升过程平稳同步。

4.2.8 横向复位

梁体同步顶升到位后，利用顶推千斤顶横向移位，横向误差在允许范围之内。

表3 初始、复位各墩测点偏移量比较

墩号	初始偏移量(单位: mm)	复位偏移量(单位: mm)
G6#墩	100	3
H1#墩	82	2
H2#墩	65	1
H3#墩	45	1
H4#墩	15	1

4.2.9 同步落梁就位

复位验收合格后，将千斤顶缓慢卸压落梁就位。落梁工艺采用逆顶升法缓慢下落。下落时，

同顶升过程分级缓慢下落，确保梁就位准确且与支座密贴。

5 施工效果

(1) 由表3数据可知，桥面系复位满足要求，各墩向外偏移值均得到减小，墩柱偏心受力状况得到进一步改善。

(2) 第二联桥面系复位后，对第一联桥面系未产生偏移，满足要求。

(3) 经过复位施工后连续两周观测，无偏移反复现象。

该纠偏复位工程自施工准备至纠偏复位完成，工期共计30天。另外，桥梁使用后期需加强对桥墩及桥面系观测，至少半年内观测2次。

(上接第20页)

4 实际应用

按上述恒流量阀加泵控制回路设计的系统制作了样机，并进行了模拟试验

(1) 换源设置活塞杆按照约1.6mm/s的换源平均速度运动，往返4个完整回合，性能稳定，与其FAST促动器工作要求完全吻合。

(2) 跟踪。跟踪分为慢速跟踪（又称扫描）和快速跟踪，其测试曲线如图7、图8，实际运行曲线与FAST促动器扫描快速跟踪工作要求完全吻合。

(3) 通过检测定位精度达到0.1mm，高于0.25mm要求，其保位精度0.2mm/h小于0.5mm/h（促动器要求）

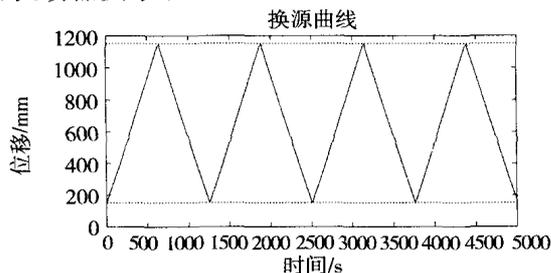


图6 促动器换源特性

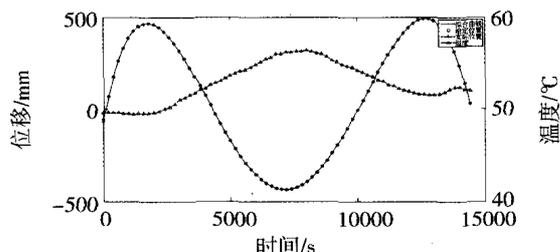


图7 促动器扫描特性图

6 结论

本纠偏工程充分利用梁下千斤顶可布置操作空间，通过同步顶升梁体至滑移体系面，设计了两类小型纠偏复位体系，利用横向千斤顶提供主动纠偏力，驱动梁体滑移，实现梁体横向纠偏复位。该施工工艺优点：充分利用原结构空间，不需要设置顶升反力支架，施工可操作性强，便捷经济，工期短，对同类纠偏工程具有可借鉴性和推广性。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家标准. JTG D62-2004公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [2] 窦勇芝, 刘文, 韦福堂等. 空心板梁桥纠偏复位的关键设计及施工技术[J]. 预应力技术, 2014, (5).

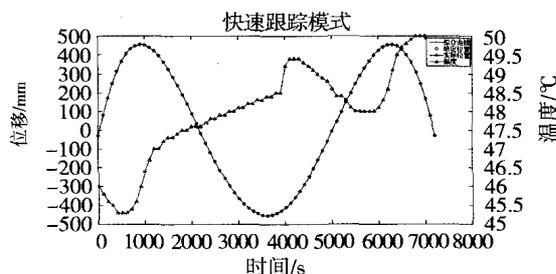


图8 促动器快速跟踪特性

综上，采用旁路恒流量阀、泵控回路各项性能均能满足于FAST液压促动器要求。

5 结束语

通过对液压促动器的液压系统技术进行分析和试验，可以得出以下结论：采用旁路恒流阀加泵控制的技术方案是比较合适FAST的技术要求。

1) 它是一种经济、实用、环保、高稳定性及高可靠性的液压系统；

2) 任意速度控制精度高，能适应FAST的高寒潮湿多变的天气，完全满足项目的换源、跟踪、扫描功能要求。

参考文献

- [1] 孙晓, 王启明, 吴明长. FAST促动器性能测试在线监测系统[J]. 天文研究与技术—国家天文台台刊, 2013, 3(10): 228-232.
- [2] 陆震, 杨光, 王启明等. FAST望远镜主动反射面促动机构运动研究[J]. 北京航空航天大学学报, 2006, 32(2): 233-237.
- [3] 王宇哲. 大型射电望远镜反射面主动调整系统设计[J]. 电磁场与微波, 2010, 40(3): 36-38.
- [4] 朱丽春. FAST主动反射面自动控制系统[J]. 科学技术与工程, 2006, 6(13): 1890-1894.
- [5] 李宁, 薛建兴, 王启明. 基于MATLAB/ADAMS的FAST促动器研究[J]. 科学技术与工程, 2012, 12(11): 2760-2763.