

串联千斤顶张拉提升体系的基本原理及其工程应用

钟启宾

内容摘要 本文简述采用串联千斤顶张拉提升体系作为下列工程的动力装置：长束预应力筋的张拉、PC箱梁的连续顶推、桥梁水平转体、斜拉桥挂索与张拉、爬模提升、起重吊装等，说明液压提升顶推方法在桥梁、建筑等工程施工中具有广泛的适用性。

概述

1976年，在我国第一座连续顶推箱梁桥——西延铁道狄家河大桥施工中，采用了串联2-3台YC-60型千斤顶的方法解决了长束预应力筋的一次张拉锚固问题。随后，在桥梁建设的连续顶推、转体施工、斜缆挂索张拉以及爬模、吊装等工程施工中，对发展应用液压提升装置提出了大吨位、连续、安全、稳定和简单、通用等多方面要求。1988年，广州北站高速公路立交桥变高度PC箱梁工程在我国首次采用钢绞线束拉杆、群锚、空心式千斤顶体系顶推架设成功，为进一步开发串联千斤顶张拉提升体系提供了重要的设计思路和技术数据，推进了这项技术的迅速发展。

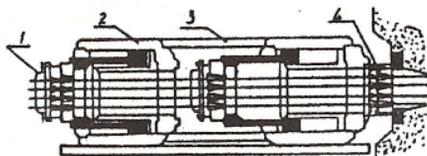
串联千斤顶张拉提升体系由两套空心式张拉千斤顶、自动工具式群锚、钢绞线束(或刚性拉杆、环楔式锚)和液压控制系统等部分构成。在控制系统操纵下，两套千斤顶和锚具协调交替伸缩，通过拉杆完成对桥梁结构的连续顶推与张拉、连续提升或下降、连续挂索与张拉、连续转体等高难度作业。

一、长束预应力筋的一次张拉锚固

自从瑞士VSL体系引进我国之后，经工程界与制造业的共同努力，我国已能自行研制群锚体系取代进口产品。近几年来，OVM型群锚已被工程实践证明具有可靠的锚固性能。采用群锚体系张拉锚固

长束预应力筋时，不宜采用反复张拉锚固作业，希望能一次张拉锚固，即连续张拉，直至拉出理论伸长值后，再行顶楔锚固。不允许倒顶张拉和锚固，以防刻伤预应力筋而造成断丝。

为了解决这个问题，可将两台张拉用的千斤顶串联起来，由液压控制系统操纵，使其连续协调地交替伸缩，通过自动工具锚实施对长束预应力筋的连续张拉。最后，一次顶楔锚固，见图1。



1.工具锚 2.YCD(YCQ)千斤顶
3.联结套 4.工作锚与限位板

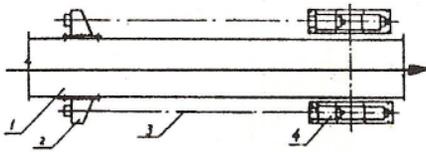
图1 串联张拉千斤顶

二、连续顶推PC箱梁

目前，国内外的顶推施工多采用间断顶推，即水平千斤顶的活塞推出时，向箱梁施加水平推力，箱梁向前移动千斤顶的一个活塞的行程。活塞回程时，箱梁停止向前移动。鉴于箱梁在间断顶推过程中以爬行方式前移，给墩台带来较大的反复的水平力，不利于墩台的稳定安全。有人提出采用集中控制，分级调压，差值限定的方法，消除箱梁的爬行现象。但无论如何控制，只要采用间断顶推的方法，墩台必

然会受到反复作用的水平力。解决这个问题的办法应是采用连续顶推新工艺。

连续顶推，就是在预制梁顶推阶段，每个顶推梁段都是不间断地连续推出，在全联顶推阶段，每次连续推出一个跨长。重新安装拉锚器和拉杆后，再连续顶推下一个跨长，如此往复。连续顶推的装置是串联两台张拉千斤顶、钢绞线束和液压控制系统，锚具为自动工具锚，见图2。



- 1. 箱梁
- 2. 拉锚器
- 3. 钢绞线
- 4. 串联张拉千斤顶

图2 连续顶推示意图(平面)

这种装置必需保证两台串联千斤顶谐调地交替伸缩，以使箱梁匀速、连续地前移。连续顶推的滑道装置也应是连续式的，笔者设计的履带式 and 环带式两种新式滑道，已在刘家沟大桥试用。

连续顶推新技术是国内外施工技术的重大革新，它不仅具有加快施工进度、改善墩台受力状态和节省劳动力的优点，而且使预应力张拉工艺和箱梁顶推的动力装置通用化，将会产生较大的经济效益，为施工和设计单位所欢迎。

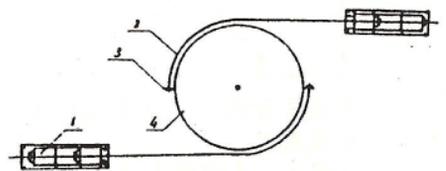
三、桥梁转体

1、垂直转体。在拱桥、V型PC刚构墩和PC斜腿刚构墩的垂直浇注、转体就位施工中，以往几乎都是采用大型滑轮组、卷扬机控制的。这种方法设备多，操作复杂。改用串联大吨位千斤顶、群锚、钢绞线束张拉体系作转体动力装置，会使设备简化，操作方便，性能可靠，经济性好。

2、水平转体。在各类桥梁水平转体

施工中，国外多用两台水平千斤顶对转盘的上盘施加力偶，或在付滑道上用一台水平千斤顶施加间断性环向力矩。国内多采用复式滑轮组、卷扬机对上转盘施加力偶，为克服结构的惯性超转，还须加设反向制动力偶，此种方法因多组滑轮和钢丝绳松紧不一，使转盘受力难以均衡，而且设备繁杂。

如改用串联水平千斤顶作动力装置，则其布局简单，操作方便，连续转体，梁体平稳，施力准确，安全可靠，见图3。付滑道上的连续转体动力装置，与连续张拉和连续顶推的串联张锚体系相同。



- 1. 串联千斤顶
- 2. 钢绞线束
- 3. 拉锚器
- 4. 上转盘

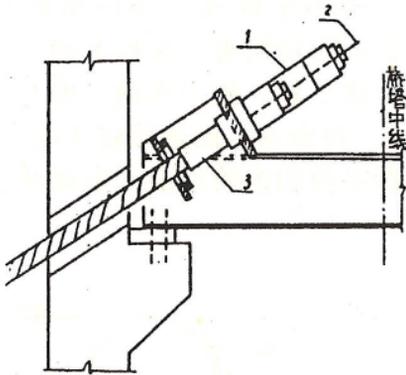
图3 连续平转示意图

四、斜拉桥斜缆挂索与张拉

西班牙的强力握裹 (Stronghold) 体系大吨位千斤顶，在修建主跨440m的卢纳巴里奥斯PC斜拉桥时，就已完成了挂索和超过1000t的张拉作业（冷铸群锚）。而我国于1991年完工的南浦大桥，仍采用YQL600×150K型千斤顶，利用其小拉杆、锚具螺母、座架、牵引索、后锚具等复杂机构进行挂索，然后再用大拉杆进行张拉作业（冷铸墩头锚）。

随着我国自行研制抗疲劳钢绞线冷铸群锚的应用和9000t群锚体系千斤顶的问世，使采用串联大吨位群锚体系千斤顶进行挂索与张拉成为现实。这种连

续挂索方式，比国外的间断性挂索（即张拉、顶压锚固、回程、再张拉、再顶压锚固、再回程……）既快又好，因其每台千斤顶的自动工具锚夹片只是在自然状态下夹紧钢绞线，不会象间断挂索过程中的强力顶压而使钢绞线出现伤痕，见图4。



1. 串联千斤顶 2. 钢绞线束
3. 斜缆锚具

图4 连续挂索示意图

五、爬模

在高墩、桥塔、筒仓、烟囱和电视塔等高层建筑中，已广泛采用爬模施工。但是，我国的爬模动力装置仍停留在卷扬机、电动螺杆、手动螺杆、手动葫芦装备的水平上。在日本早已采用了液压爬升器（助友式）。同时，日本在明石海峡桥重达1.5万t的2号墩浮运沉井施工时，首次采用了设在沉井顶部的液压收放器进行锚碇就位，见图5。

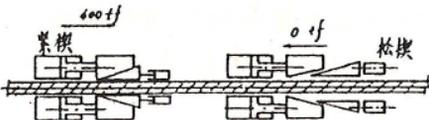


图5 明石海峡大桥钢沉井的液压收放器

如果把液压收放器改为单个千斤顶，其上下楔形环块沿两根圆钢爬行，

就可做为液压爬升器用于爬模，通常称此种爬升器为“一顶两缸”式。即由一台千斤顶，上下各两套卡头、两套控制油缸构成，见图6。顶升能力以5-15t、行程以50cm为宜。我国原生产的HQS-3型空心千斤顶虽然可以升降，但其爬升行程仅35mm，下降行程仅25mm，起重能力仅3t，操作也未达到自动控制，故应加以改进。

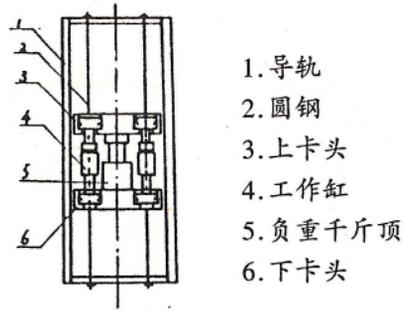


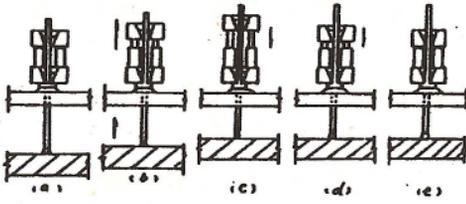
图6 爬模液压爬升器图

图6所示仍为间断式液压爬升器，如将两套爬升器串联并谐调伸缩，即可实现连续爬升。

六、起重装吊

1、2510-65型液压爬升器，是铁道部为天津永和斜拉桥吊装箱梁，从瑞典引进的国内第一台液压爬升器。其起重能力32-42t，负荷油缸行程180mm，工作原理见图7。2510型液压爬升器按每台起重能力分为10-100t等各种型号。这种液压起重设备具有构造简单，体积小，重量轻，起重量大，起吊平稳，拆装方便，使用安全等优点。它可单台使用，也可以多台并用，在桥梁建设中用途很广。如用于架桥机上梁、梁跨整体提升、预制梁体节段悬臂架设、深水桥墩水上施工平台的整体升降、各类浮运沉井整体吊装等大型结构整体安装等。尤其是用于控制悬臂端施工荷

载,作垂直的预起吊工作,如斜拉桥的梁部节段预制拼装,是极为有利的。



(a)重物由下夹头夹持; (b)上夹头提升重物;
(c)下夹头负担重物; (d)下夹头再次平紧;
(e)进行下一行程

图7 液压爬升器 工作程序图

但是,由于它是间断性升降,活塞行程极短,工作速度慢,操作次数多且繁。因此,有必要对其结构进行改造,以适应工程需要和实现国产化。

2、连续液压爬升器,它是两套液压爬升器串联起来,由统一的液压控制系统操纵,使之谐调连续地升降。爬升器的吊杆可以是方钢、圆钢、钢绞线束等。

作为起重吊用的液压器同爬模用的爬升器恰好相反,一般称为“两顶一缸”

参考文献

[1]钟启宾,《广环高速公路跨广北立交主桥梁部施工技术》中国土木工程学会第五届年会及第二次全国城市桥梁学术会议论文集,天津大学出版社1990年5月。

[2]钟启宾,《变高度PC箱梁顶推系统的设计与革新》,铁路桥梁工程科技动态报告会文集,铁道部建设司,1990年。

[3]费连宝、万升钦,《2510-65型液压爬升器简介》桥梁建设1986年第四期,桥梁建设编辑部。

[4]《Prestressed Concrete》P21,住友建设株式会社,1987年。

[5]毛凤林,《滑升模板》,中国建筑工

业出版社,1988年6月。

七、其它用途

1、在拱桥预制拼装拱肋中,大型扣索可以采用钢绞线、串联千斤顶体系代替繁琐的滑轮组、卷扬机体系。其操作简便,扣索内力明确,安全可靠。

2、大跨度钢桁梁塔索全悬臂拼装施工中,斜索可用钢绞线束,其内力调整可由串联千斤顶张拉提升体系承担。

3、大坝闸门的启、闭系统,可由几组钢绞线束串联千斤顶体系代替卷扬机、滑轮组系统。其优点是设备少,起重量大,附属设施少。

八、结束语

串联千斤顶张拉与提升体系在桥梁建设和其他工程中有着广泛的应用。它的应用与发展,不仅会提高我国桥梁施工技术水平,产生很大的经济效益和社会效益,而且可以替代进口产品,为国家节省外汇,也为施工现场的一机多用提供了途径,其前景十分广阔。

业出版社,1988年6月。

[6]钟启宾,《拉杆式多点连续顶推工艺的发展状况》,铁路桥梁工程科技动态报告文集,铁道部建设司,1992年5月。

[7]钟启宾,《V型PC刚结构桥的施工方法》铁道标准设计通讯,1991年9月,铁道部专业设计院铁道标准设计通讯编辑部。

[8]张建峰、钟启宾《桥梁转体法综述》铁路桥梁工程科技动态报告会文集,铁道部建设司,1992年5月。

[9]周璞,《苏联、西德及日本的桥梁发展近貌》,铁路桥梁工程科技动态报告会文集,1990年,铁道部建设司。