

地铁 W 型变截面曲线连续梁顶推施工工法

1 前言

近年来，随着深化改革持续，国民经济形势大好，铁路和交通运输业在飞速发展，桥梁施工技术也得到了快速发展，顶推工法也逐渐应用于大跨桥梁的施工中，顶推方式由单点顶推发展到多点连续顶推，梁型也从钢桁梁、箱梁发展到混凝土梁。当桥梁跨越深谷、不可间断地运输线（铁路、公路、河道）、难以拆迁的建筑物（地下设施、古迹等）；对施工噪声干扰及公害有严格限制的地区，其他有特殊要求而其他施工方法不能满足其要求时，采用顶推施工方法从空中完成跨越作业，无疑是一种比较理想的方法。深圳地铁 6 号线跨龙大高速公路桥梁采用预应力混凝土连续桥梁，由于被跨的龙大高速公路交通繁忙，为确保交通不中断、减小桥梁施工对交通的影响，且受桥下净空不小于 4.5 米的限制，经多次论证，设计采用顶推法施工。

2 工法特点

2.1 顶推梁梁体为预应力钢筋混凝土结构，采用槽型截面，顶推施工过程中通过严格控制梁体底板平整度、滑道相对高差、支墩的沉降差并加强施工监测等措施，很好地防止了底板出现开裂现象。

2.2 顶推前进线路为曲线、预制段梁体为曲线，通过控制线路左右侧顶推千斤顶的行程、实时对梁体位置进行监测并采用千斤顶及纠偏等措施，确保了在顶推过程中梁体沿设计线路前行，并精确就位。

2.3 采用等值落梁等比落梁等方法，通过控制千斤顶的行程、支墩的沉降等措施在 12 个落梁支点上将约 4600t 的钢筋混凝土梁下落至设计位置，落梁最大高度约 3m。

3 适用范围

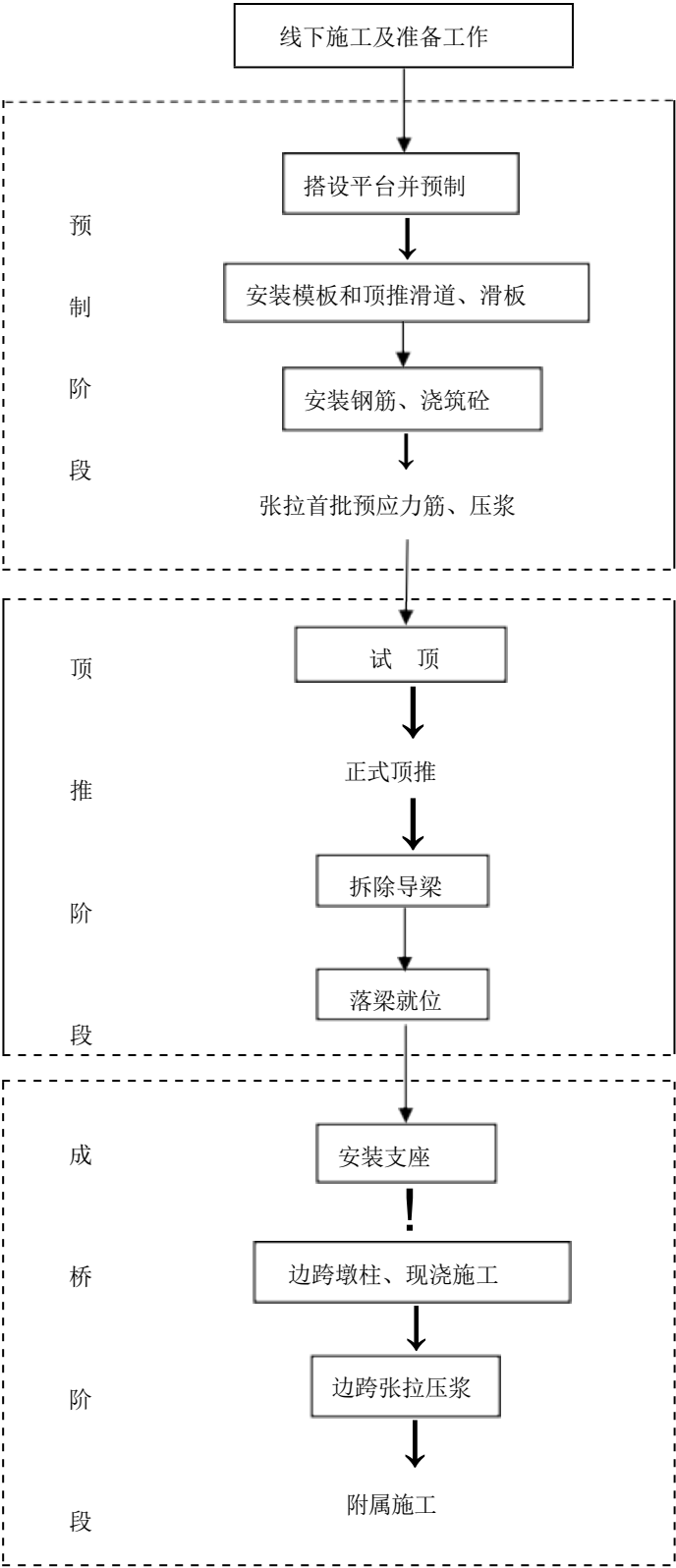
适用于跨越不封闭交通的既有线且桥梁下方无施工空间的大型桥梁整体顶升、下落、平移施工。

4 工艺原理

利用钢平台、滑道作为滑动面，千斤顶、钢绞线作为牵引设备将桥梁移动到设计平面位置，然后利用千斤顶与保护支墩交替下落将梁体移动到设计标高位置。

5 施工工艺流程及操作要点

5.1 施工流程图



5.1 施工工艺流程图

5.2 施工工艺

5.2.1 施工准备

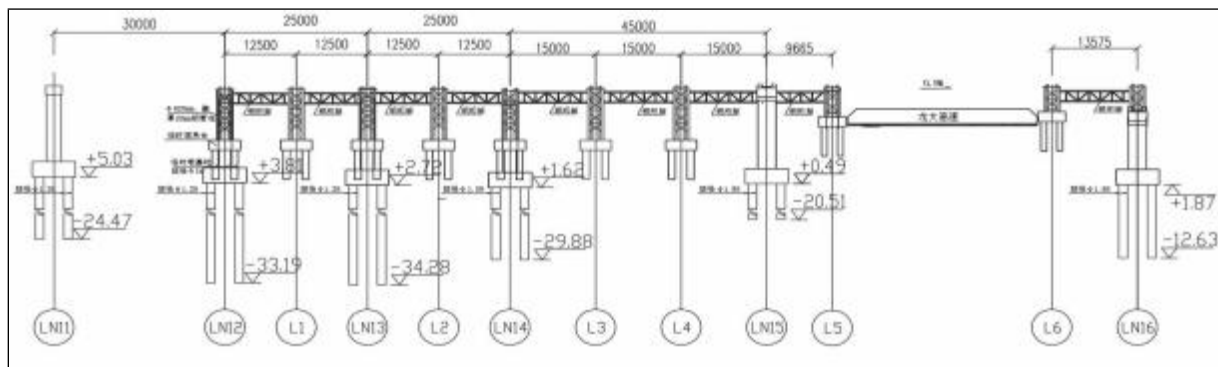
1. 施工前做好图纸会审、施工方案的编审、技术交底、人员培训等技术准备工作；
2. 施工现场做好“三通一平”、施工围挡等场地准备工作；
3. 施工前做好机械、材料等进场验收工作。

5.2.2 线下施工

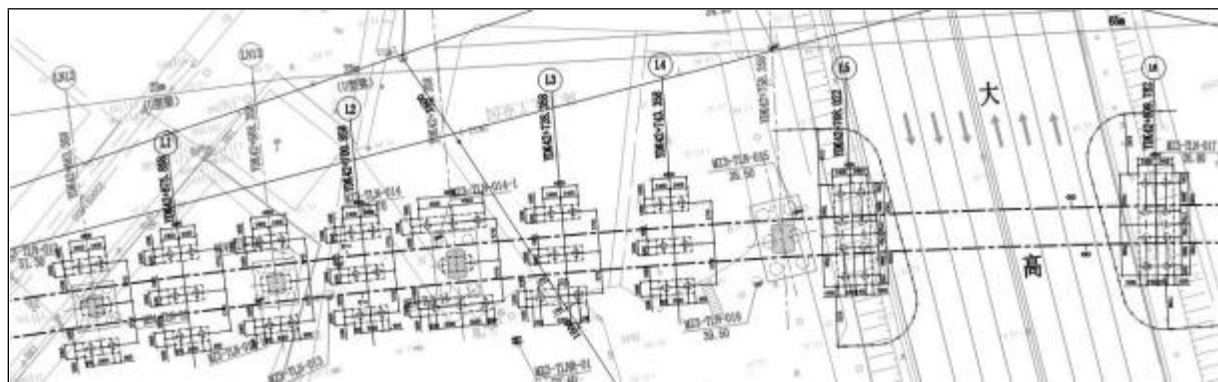
线下施工的主要工作内容是完成顶推施工平台的，顶推平台由顶推临时墩、钢桁架、滑道、限位及纠偏装置构成。

1. 临时墩

临时墩用于承受梁体的竖向荷载，同时在顶推时抵抗梁体滑行产生的水平摩擦阻力，根据梁体重量，并综合考虑梁体在前进过程中的跨距变化，梁体前端的悬臂状态，在沿桥梁长度每 12 米左右在对应连续梁腹板的位置设置三个支点，为防止临时墩沉降，临时墩从下至上依次为桩基础、钢筋混凝土承台、钢立柱。临时墩桩基采用混凝土灌注桩，采用旋挖钻或冲击钻施工；承台采用钢筋混凝土矩形承台，钢立柱采用钢管柱，钢管柱与承台预埋钢板焊接，各构件均应满足设计承载力要求。



5.2.2-1 临时墩立面图



5.2.2-2 临时墩布置平面图

2. 钢桁架

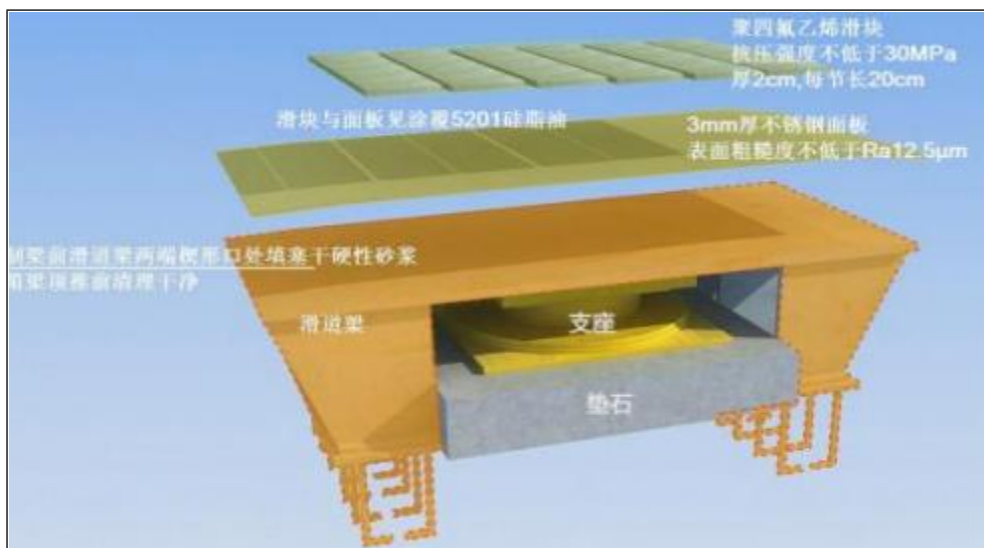
为确保临时墩整体受力，增加各墩的稳定性，采用钢桁架将各临时墩进行横向、纵向连接。钢桁架的强度必须满足承受顶推时的水平摩擦力。



5. 2. 2-3 串联桁架布置图

3. 滑道设置措施

滑道位于临时墩墩顶与连续梁梁底之间，起到提供滑动面的作用，主要由滑道梁（滑道梁+垫梁）、不锈钢板、滑块组成，滑道梁一般采用钢板现场焊接而成，滑道各部位的构件需同时满足承受梁体的竖向荷载及梁体滑移时的水平荷载。



5. 2. 2-4 滑道梁示意图



5. 2. 2-5

滑道滑板和梁结构图（黑色部分为滑板） 4. 顶推限位纠偏设置措施

梁体在顶推前行过程中，由于各滑道顶的实际摩擦系数存在差异、曲线顶推中内弧和外弧在行程上与理论值存在差异、顶推设备存在的系统差异等原因，导致梁体在前行过程中可能会偏移设计中心线，所有在各临时墩两侧对称安装横向导向钢架，限制梁体移动过程中的横向位移同时通过纠偏千斤顶对梁体进行横向纠偏。



5. 2. 2-6 侧向纠偏装置

5.2.3 连续梁预制

连续梁采用满堂支架法进行预制，支架及基础的设置不仅要满足受力要求，同时还需充分考虑制梁过程中支架的不均匀沉降对梁底平整度的影响；由于制梁支架与顶推平台在同一平面位置，支架的布置要充分避让顶推平台的钢立柱、钢桁架、滑道等构件。连续梁预制时将导梁预埋件、后锚预埋件、滑块等相关的顶推设施进行预埋、安装；连续梁预制完成后在支架顶张拉，然后将制梁支架拆除。

5.2.4 导梁安装

导梁设置在连续梁前端，主要用于减小梁体前端的悬臂长度，减小梁体受力的同时也增加顶推的抗倾覆系数，同时也起到便于梁体通过前方桥墩的作用；导梁采用钢板焊接而成，根据连续梁的最大悬臂状态、顶推跨度等按照规范要求确定导梁的长度，同时应根据导梁的受力状况、导梁前端的下挠情况对导梁的结构进行设计；施工现场严格按照设计图纸加工，使用前对导梁关键部位的连接进行检测。



5.2.4 导梁

5.2.5 牵引系统安装

顶推牵引系统主要由同步顶推系统、连续千斤顶、反力座、牵引钢绞线、拉锚器组成。

1. 同步顶推系统

同步顶推系统采用 DT-A1 型同步顶推系统，该系统的主要作用是通过电脑控制油泵的供油量来控制千斤顶行程，最终达到各千斤顶同步的目的。在顶推过程中虽然不能保证摩擦力达到一致，但

可通过保证顶推力的一致来减少结构偏转的不利情况的发生。因此通过以下三点来保证同步顶推的进行：

1) 由于调速阀具有自动稳定输出流量不受负载变化影响的功能，因此设备调试时只需通过调整各台泵站的调速阀来调整进入千斤顶的流量，从而达到调整各项运动速度一致的目的。

2) 通过同步调整各泵站溢流阀来实现输出油压的同步加载。

3) 通过各千斤顶的位移同步传感器控制千斤顶的位移量输出，使各台顶推千斤顶的位移精度控制在 3mm 之内。

2. 连续千斤顶安装

连续千斤顶可由两个穿心千斤顶加工组成，通过调节两个千斤顶的张拉先后顺序达到连续的目的，千斤顶的顶推力必须满足最不利工况下的 2 倍的受力要求。顶推千斤顶安装在墩顶的反力座后的平台上。



5. 2. 5-1 连续顶推千斤顶

3. 千斤顶反力座及后锚安装

千斤顶反力座一般设置在距被跨越线路最近的墩顶上，后锚点一般设置在连续梁尾部，反力座与后锚在被跨越线路的同一侧，后锚与反力座的距离需大于顶推距离，以此保证牵引系统不跨越既有线路，且在整个顶推过程中不更换后锚。反力座和后锚点的强度需满足受力要求。



5.2.5-2 后锚点装置

4. 牵引索的安装

牵引钢绞线束一般采用 $\phi 15.2$ 的钢绞线，分别通过梁底板下部的后锚点与顶推千斤顶进行锚固，顶推钢绞线一次安装好，在顶推过程中一次顶推到位，中间不需要更换钢绞线。钢绞线安装完成后，在后锚点处单根预紧，预紧力为顶推力的 10%，预紧后使钢绞线在顶推时受力均匀，达到同步顶推，通过预紧达到检验钢绞线与千斤顶锚具之间是否夹紧的目的。

5.2.6 试顶推

顶推系统安装完成后，首先进行试顶，试顶距离 2m。试顶时，记录试顶时间和速度，根据实测结果与计算结果比对进行调整速度，做好三项重要数据的测试工作：

- (1) 每分钟前进速度，应将顶推速度控制在设计要求内；
- (2) 采取“点动”方式操作控制，测量每点动一次前进距离的数据，以供顶推初步到位后，进行精确定位提供操作依据，防止超顶；
- (3) 记录梁体启动时顶力的大小，从而了解四氟板与不锈钢板之间的摩擦系数。

试顶过程中，应检查桥体结构是否平衡稳定，有无故障，关键受力部位是否产生裂纹。如有异常情况，则应停止试顶，查明原因并采取相应措施整改后方可继续试顶。

5.2.7 正式顶推

1. 顶推准备

顶推前安排专人进行滑道清理，掏出四周的干硬灰及底模夹在滑板与梁底之间的干硬沙，并用风箱吹净，以保证滑板与下滑道之间的清洁；根据各项推阶段要求，将各参数输入顶推系统并进行调试，确认运行正常；顶推千斤顶系统的操作由该系统生产厂家派专人或已培训合格的施工人员进行，顶推人员配备：顶推系统主控站、各千斤顶均设专人操作与控制，每个滑道两侧配两名填塞道用滑板的工人，所有顶推作业由总指挥统一发布命令，人员间联系用无线对讲机。每次顶推前，每节段先推出约 5 cm 后即停止，千斤顶回油；再拉、松 2~3 次，以松动各滑动面并检查各部位设施是否正常工作。在确认设备、人员正常工作后，由总指挥发令开始正式推进。

2. 顶推

1) 首先选择手动模式。主控台操作人员按下“前进”按钮，油泵操作人员调整溢流阀的工作限压，在 30%、50%、70%、80%、85%、90%、95%、100%最大经验牵引力状态下，检查各受力结构变形情况，如有异常立即报告。

2) 检查油泵，顶推千斤顶，前后夹持器，前后监控器，压力表，钢绞线是否异常。

3) 手动操作顶推系统牵引混凝土连续梁滑移启动后，转换至自动运行模式，进行混凝土连续梁的自动连续顶推。

4) 自动顶推过程中，应注意记录提升过程中的油压最大、最小值。顶推过程中必须保证 2 台千斤顶同步作业。

5) 顶推过程中，各墩顶滑道顶面及导向架侧面需不断地填塞四氟滑板，各滑板与滑道顶面或导向架侧面的接触面都须涂硅脂以减少摩阻力；墩顶滑道顶面绝对不能漏塞四氟滑板或将滑板面塞反，一旦发现连续梁发生偏移、墩顶变位过大、鼎力异常等，则应停止顶推作业，直至问题解决方可继续。

6) 顶推过程中，在每个墩顶安装千斤顶及滑道处设置 5 个人，一个人带班监控，负责接收和传达顶推指令，同时对顶推过程中的一些技术问题进行现场处理，另外 4 个人放置滑块和进行梁体横向纠偏，指挥人发出整个顶推指令。

3. 曲线梁顶推控制

桥梁位于半径 1200m 的平面圆曲线上，顶推时使用 DT-A1 型多项同步智能顶推（拖拉）控制系统按圆曲线顶推进行施工，该系统具有曲线顶推模式，在进入系统后，点击进入弧制顶推模式，按

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/046005101005011014>