

TRD工法与SMW工法技术经济对比分析

□ 吴 蕊

[摘 要] TRD工法与SMW工法具有独特的经济优势，在面对不同场景时，可有效保障施工质量。二者具有各自特征，在应用对比过程时，须根据工程实际情况完成分析。就TRD工法与SMW工法技术经济对比分析展开讨论，研究两者的有效应用，提出TRD工法与SMW工法对比、TRD工法与SMW工法的造价指标对比对策，为同类工程提供参考。

[关键词] TRD工法；SMW工法；经济对比；研究分析

目前，我国城市化发展逐渐加速，轨道交通、高层建筑等不断快速发展。在基坑施工中，整体随着“大、深、远”的目标前进。深基坑施工主要采用SMW工法桩的施工工艺，通过连续墙、MJS工法、高压旋喷桩柱等工艺完成。随着我国社会经济实力的增强，TRD工法具有明显的应用潜力，可以保障建设模式，使其形成经济成本控制。从施工原理方面，由于TRD工法与SMW工法极为接近，为此对二者的技术经济进行对比和比较。

1 TRD工法与SMW工法技术原理分析

1.1 SMW工法技术原理

SMW工法技术原理利用多轴搅拌机完成土地分割，从钻头端部将水泥浆注入土体，完成充分搅拌，在各施工平面之前采取重叠塔接施工。水泥土混合体未完全干透前，插入受拉材料（通常选择H型钢）作为应力加强材料^[1]，保证水泥变硬形成强劲的复合围护墙体。该墙体作为地下开挖机层的止水结构，采用三轴型断绝搅拌机。SMW工法构造简单，具有高效止水性、工期短、造价低的优势，对周围的生态环境影响较小，适用于城市深基坑工程。

1.2 TRD工法技术原理

TRD工法可在各类土层和砂砾石层中形成墙体，其工作原理是利用链锯式刀具箱竖直插入地层中，做水平横向运动。由于链条带动刀具上下同转运动，在搅拌混凝土时灌入水泥浆，形成特定厚度的墙体，取代工程中常用的高压喷射灌浆。在使用过程中，TRD工法的明显特征为墙体连续、表面平整、厚度一致、墙体均匀性极好。目前主要应用于地下工程、户外工程、大坝防渗处理工程等。

我国TRD工法的施工工艺大致分为以下程序。

一是开挖沟槽。利用挖掘机对工程地点开挖施工沟槽，其沟槽宽度为1000mm×1000mm。二是开挖深度。利用挖掘机开挖深度，同时下放预埋箱，将切割箱逐段放入预埋箱内，再进行预埋穴填充。三是桩机就位。施工场地架设全站仪，调整桩机位置。由指挥人员指挥施工器械，完成对地理位置的确认，如发现障碍物须及时清除，以保证后续工程定位情况。四是切割箱与主体连接。使用固定吊车将切割箱逐段放入预埋穴，用支撑台固定。TRD安装主机移至预埋穴位置，连接切割箱。五是安装测斜仪。切割箱埋入设计深度后，安装测斜仪对地面的垂直进度进行管理。六是TRD工法成墙。侧斜仪安装完毕后，主机与切割箱连接，在切割箱底部注入挖掘液或固化液，使其与原有土地混合，形成同等水泥厚度的地下连续墙。七是置换地处理。利用TRD工法，对废弃泥浆进行统一堆放，并进行集中处理。八是拔出切割箱。施工结束时将切割箱拔出，重新组装，完成后续作业。需注意，切割箱的拔出应选择远离架空线位置进行。

2 TRD工法与SMW工法对比

TRD工法与SMW工法由于工作模式以及机械高度不同，因此在施工时，常会碰到机械设备受客观条件限制的情况^[2]。TRD工法对于施工场地要求较为灵活，与传统SMW工法相比，TRD工法可以解决地下深度深、地面设备位置高、安装不灵活等难题。连续墙的深度只需完成刀箱节数组装，由于刀箱位于主机侧面，施工时其整体沿成墙方向移动，因此对工作面的要求降至最低。在施工过程中，根据地质情况和地下障碍物（如石块等）情况选择TRD工法，其可以利用机械自带的链锯，

对普通障碍物进行切割。而传统SMW工法则无法处理地质问题。TRD工法可胜任各种土层和石质地质情况，其更注重桩体的间距和垂直度。垂直度应小于1%，以保证桩体位置，保证墙体的防渗功能，并通过施工管理系统完成切削箱体深度。经过有效测试，TRD工法与SMW工法的比较分析，TRD具有明显的优势。

3 TRD工法与SMW工法的造价指标对比

SMW工法造价约为800元/m³，常规深度最深为30m，需额外增加高压旋喷桩止水帷幕，造价为800元/m³。如地下连续墙满足深度要求，在30m左右深度，地下连续墙造价指标为25007/m^{3[3]}。TRD工法考虑到H型钢造价指标为1500元/m³。根据数据对比可得知，如采用深度不深的维护施工时，TRD工法与SMW工法相比较，两者差异不大，但与地下连续墙造价相比，SMW工法则节省一定费用。此外，SMW工法采用三轴搅拌桩施工，其工艺特性在水泥浆加固中为三根一组，每组之间需进行搭接；而TRD工法采用切割箱，到达预定深度后可注入固化液向前推进挖掘搅拌成墙。经比较，TRD工法水泥浆使用比SMW工法更经济合理。TRD搅拌桩所需要的水泥加工面积小于SMW工法桩的面积，且随着SMW工法桩加长，可以完成组数之间的组装。其已成型的连续墙与TRD连接，连接数目比SMW工法少，TRD工法在模数布置装备上更为经济合理。

（1）在工期方面。针对普通地质深度不深、场地不受限制情况，可采用SMW工法。其构造简单，施工速度极快，对比TRD工法可节约工期。但由于总体工期时间差异不大，可考虑机械降效费用，根据机械的相关指标考量，可节约成本20%。

（2）在余土外运方面。TRD工法与SMW工法均存在一定程度的置换土的工作内容，由于两种工法均使用水泥喷浆与原有土体搅拌，因此，在加固方式上大致相同。TRD工法与SMW工法在成槽方面，可节约成本30%左右。

（3）在空间受限方面。如遇上方空间受限情况，在高架桥梁下方、高压线下方进行基坑维护实施过程中，传统SMW工法搅拌桩机械无法满足，而在城内实施此类工程时，可采用MJS水平旋喷柱地基加固。目前，MJS价格为1500元/m³。在水泥加固单价中，TRD工法包含插拔型钢和钻孔桩等费用，而MJS以单轴、单根进行地基加

固，在加固量中，MJS工法与SMW工法存在大量搭接问题。

（4）在周边建筑物管线保护方面。由于TRD工法喷浆过程整体压力较小，可有效保障基坑安全等级保护和周边建筑物保护。如选用SMW工法，则有可能会对周围的管线进行临时搬迁。因此，在施工进度和费用控制方面，TRD工法具有明显优势。

（5）在止水费用方面，TRD工法品质均匀。如果需要运用额外的水帷幕保护，则TRD工法的相关费用比SMW工法的费用少。在例如上海市等高水位城市，在基坑维护中，考量其整体工程质量的要求，均采用TRD工法。TRD工法整体造价指标在止水保护中优于SMW工法。因此，在成本和施工质量中更具使用优势。

总体而言，TRD工法比SMW工法具有以下8大优势。一是设备高度较低，一般不超过13m，具有极高的安全性。二是施工深度大，施工最高深度可达60m。三是适用地层广泛，适用于黏土、沙土、沙砾地层中。四是墙体垂直度高，可以使用插入式切斜计，对墙体情况进行实时监测。五是成型墙体厚度模块数量调整。六是墙体连续无冷缝，通过内插的H型钢可完成间距调整。七是成墙方向、品质统一，可以完成搅拌，形成均匀的水泥土搅拌墙。TRD工法在搅拌成墙过程中，喷注水泥浆压力比SMW工法小，对周围土地影响较小。八是造价指标。在约30m的深坑工程中，TRD工法与SMW工法造价指标相同，如遇坚硬土地、地下障碍物等情况时，可以选择TRD工法，其经济指标优于SMW工法。

4 结语

综上所述，在TRD工法与SMW工法经济对比中，可得知两者均具有各自的优点。其经济比较以总体施工深度为考量，如深度30m，推荐使用SMW工法；深度超过30m，且地形多为石沙混合地形，则推荐使用TRD工法。

[参考文献]

- [1]郭双朝,张澍,张振,等.TRD工法在北方地区的适用性分析[J].建筑技术,2020,51(5):569–571.
- [2]郑仲园.SMW工法桩监测与Midas数值模拟对比分析[J].广东水利水电,2019(4):14–19.
- [3]张诚,惠锋,侯靖东.临近地铁深基坑工程超深TRD工法实践与研究[J].城市住宅,2019,26(9):138–141.

[作者简介] 吴 蕊，中铁四局集团城市轨道交通工程分公司，工程师。