



盾构机掌子面狭窄空间，工人对损坏刀箱进行割除。通讯员 赵山杰摄

磨坏2400把刀首创“梅花桩”钻硬岩

中铁三局济南地铁2号线宝长区间攻坚“硬碰硬”



齐鲁晚报·齐鲁壹点
记者 王皇 李庆斌 通讯员 赵山杰
赵红光 宋绩玲 实习生 尹洁

济南地铁2号线施工难度最大的宝长区间正在进行右线最后的百米冲刺。区间内近一半掘进段是硬度超过200Mpa的硬岩岩石，盾构机转一圈只能磨下指甲盖大小的石块。面对超乎预期的“硬骨头”，该区间的施工方中铁三局济南地铁2号线四标项目部攻坚克难，在国内首次尝试通过旋挖钻打“梅花桩”置换坚硬地层，完成区间内最难掘进段的掘进，为年底通车打下坚实基础。

区间近半是极硬岩 1环平均磨坏2.5把刀

中铁三局济南地铁2号线四标堤口路上的工地内，宝华区间右线盾构机正以每天8环左右的速度，进行2号线全线洞通最后的百米冲刺。

中铁三局济南地铁2号线四标项目部负责宝华街站～长途汽车站站区间的土建施工。区间全长997.2米，隧道埋深约9.6至12.3米。隧道需穿越千佛山断裂带，上部地表是西工商河，隧道洞身范围内破碎的闪长岩地层长时间受流水侵蚀形成了极为特殊的地质构造。“极硬岩、富水软岩、软硬不均、球形风化孤石群”等各种地层频繁交互出现，类似地层在全国范围罕见，没有成熟的施工经验和案例可以借鉴。

“岩石强度高，硬岩岩石强度平均134Mpa，最高264Mpa。”项目经理方治纲说，沿线的孤石直径大的有2—3米，小的也有七八十厘米，而和孤石一同出现的，还有最大直径约3.6米的空洞。

“盾构机掌子面直径6.7米，掘进时，掌子面前方有时一半是空的啥都没有，剩余的位置又有很多硬孤石，很难保持平衡，遇到全断面极硬岩时，平衡好保持了，但硬度实在太高，得一点点磨，盾构难度超乎预期。”方治纲说。

去年7月28日、9月30日，“泰山一号”“泰山二号”盾构机一左一右先后始发，自宝华街站朝东向长途汽车站站掘进。

“左线掘进到20多环时，就遇到了直径七八十厘米的大量孤石。那时候孤石硬度还不算太高，盾构机的刀具还能破开，刀具磨损较多。”方治纲说，这还只是开始，在始发后不到3个月，左线掘进到160环、240米左右的位置时，就遇到了全断面极硬岩。

“盾构机转一圈只能磨下来指甲盖儿大小的岩石，而平常在比较软的地层，盾构一圈能削下来手掌大的土块。”方治纲说，整个断面都是硬岩，硬度超过200Mpa，盾构机的掘进速度明显慢了下来，平均一天只能掘进1—2环，而且刀具破损严重。”项目经理方治纲说，掘进到这个位置时，项目才推进了20%。

今年的3月23日，在极硬岩中掘进了5个多月，到340环时，岩石硬度达到峰值，高达264Mpa，这时仅掘进到了区间里程的35%左右。左线这样的全断面极硬岩在今年5月6日掘进到第510环后，地质条件才转为上软下硬，710环之后难度才真正变小。“左线用时1年多，在今年8月8日洞通，盾构机出洞时，掌子面已经受损，没法再进行其它掘进施工。”

截至目前，宝长区间盾构已经磨坏了2400多把刀，每掘进一环平均要用坏2.5把刀。“最多的一次掌子面上全部刀具三分之二都坏了，磨坏了30多把，全部换新用了一个星期。”方治纲说，更换刀具需要对盾构机掌子面开盖作业，耗费大量时间，简单更换一把刀就要两小时。而如果更换不及时，刀所在的刀箱变形了，还要用电焊刀才能卸下来，那样换一把至少需要半天时间。“掘进时遇到极硬岩时，我们每20分钟就要停下来检查刀具情况，检查的时候刀经常是已经磨坏了。”

盾构机加固全国选刀具 独创“梅花桩”新工法

“谁也不想遇到这么大的难题，但是遇到了就只能往前看，想办法解决。”方治纲

说，即便地质条件超乎预期，中铁三局始终咬定年底通车目标不放松。通过开展课题研究，同济南轨道交通集团一起邀请国内知名专家来济，现场专题会诊。

最终在中铁三局、济南轨道交通集团和广州地铁专家的共同研讨下，想出了“梅花桩”施工法。通过旋挖钻从地面向地下密集打桩，每间隔三五十厘米打一桩，通过打桩，把地下的极硬岩和孤石打散，再用硬度较低的混凝土浇筑，对地层进行预处理，掘进难度才得到降低。

“采用新工法后，掘进速度从之前的每天约1环提高到每天5—8环。而且打桩与盾构作业同时推进，也加快了进度。”方治纲说，用这种施工方式应对孤石群和极硬岩在国内地铁修建中还是首次。“广州用过地下爆破的方式，但我们是在闹市区，不能爆破。全线也只有680环至712环的位置用到了‘梅花桩’。”方治纲说，打桩的路段往南是长途汽车站的办公楼，往北是候车大厅，只有中间有空间，其它地方不具备打桩条件。4台旋挖钻同步打钻，钻杆就被震裂了七八次，合金钻头用坏了好几个。

方治纲介绍，宝长区间的盾构机是定制的，普通盾构机是4个辐条，而“泰山1号”“泰山2号”则增加了2个辐条，成为六辐条刀盘，同时在刀盘多个部位进行加固，保证了刀盘的整体强度和刚度。此外，在刀盘上设置液压式磨损检测系统，当液压系统压力下降时，及时发出报警信号。

同时，还对刀盘结构进行了优化，增强滚刀配置，设置18寸中心双联滚刀6把，18寸单刃滚刀37把，10孔重型边刮刀24把，8孔重型正面刮刀43把，同时中心刀刀座采用TBM刀座，刀圈采用新型LD高强韧性新型模具钢材质，有效增强了抗冲击性和耐磨性。“在掘进时，全国同型号的盾构机刀具生产商都将2号线宝长区间作为‘试验场’，六大厂家的刀具都来‘应战’，我们根据掘进表现最终确定了一家。”方治纲说。

安装隔音罩减少夜间施工 7次交通导改为市民让路

除了地质困难，外部施工可占用空间小也给中铁三局施工带来不小的麻烦。宝长区间，位于天桥区老城区，周边有商场、学校、居民区等人车流密集地块，限制了施工场地。为了减少工地对交通道路的占用，中铁三局把围挡范围紧缩到最小。“别的工地围挡可能有30米宽，我们相应的可能只有3米，有时候拉送货物的车里在工地内调转方向都困难。”

“虽然工期紧张，但安全文明施工仍是重要工作任务。”方治纲说。安全文明施工直接关系到建筑工程的施工质量和水平。中铁三局项目部把安全文明施工与管理作为工程施工管理与控制的重点，强化施工组织，做好各个环节之间的衔接与配合工作，将施工现场与周围环境的干扰降到最低，实现安全文明施工在思想上和行动上的统一。

“为把对市民生活的困扰降到最小，我们将施工场所和居民区进行合理分割，施工入口处设置了封闭式硬质围挡，施工现场洗车设备设置沉淀池、过滤网、排水沟，洗车采用全自动智能化冲洗设备，并辅以高压水枪等手动设备进行冲洗，确保出场运输车辆一车一洗，不带泥上路。”方治纲介绍，现场还配备了高压水枪用于对车轮车体的二次冲洗和出入口的保洁降尘。

“针对施工中产生的噪音问题，我们会为发电机安装隔音罩，把噪音降低。”方治纲介绍，在工程安排上，产生大噪音的工作留到白天做，比如打桩晚上就不再打，夜晚只进行类似灌装混凝土等噪音小的作业。

据了解，由于宝长区间的施工地点处于长途汽车站附近，是济南重要的交通线，为减少施工对周边交通影响，区间内前后共做了七次交通导改，把影响降到最低。



宝华街站—长途汽车站盾构区间左线隧道贯通。通讯员 赵山杰摄



孤石群、空洞地层刀具损坏严重，刀圈崩裂。通讯员 赵山杰摄