



今年以来，济南轨道交通集团不断攻坚克难，以全市“项目深化年”为总牵引，持续项目加力提速。近日，济南轨道交通4号线全线最长区间隧道（济南西站至大杨站）盾构区间实现双线贯通，对于4号线全线通车运营起到重要促进作用。据悉，该区间由中铁二十一局承建，是目前济南地铁在建项目中最为复杂的盾构区间之一。盾构需要连续下穿京沪高铁、济郑高铁、京济联络线3条高铁线路，以及济南轨道交通1号线和经十路主路，单个盾构区间连续下穿4条铁路营业线，这样的复杂施工条件放眼全国也尚属首次。

盾构区间双线全长4582米，为全线最长；连续密集下穿4条铁路线，为全线最多。济南轨道交通集团建设投资有限公司现场经理柴正炜介绍，该区间地下水水位高、地质条件复杂，如何通过技术和管理措施精准控制沉降变形，是摆在建设团队面前的重大难题。并且该区间还处于“济西大水库”的核心区域，地下含水量丰富。当密集下穿铁路线遇见富水的地层，这无疑给工程建设又增加了一层挑战。



济南地铁4号线“济大”盾构区间连续下穿3条高铁线。

连续下穿3条高铁线，在地铁之下建地铁

济南地铁4号线“济大”区间双线贯通创全国之最

记者 季明智 济南报道

全国首次连穿3条高铁线 外加富水挑战实现“零沉降”

过关难过关过，步步难行步步行。去年1月份“济大”区间开始盾构始发，首先摆在盾构机面前的就是京沪高铁、济郑高铁、京济联络线这三条“拦路虎”，这三条线路作为国家高速铁路网的重要组成部分，平均每4分钟就有1辆列车通过，面对如此重要的三条铁路线，对于下穿有着极为严苛的沉降标准，单位都是以毫米来计算的。盾构隧道边线与高铁桥墩水平间距仅有9.4米，难度可想而知。中铁二十一局济南轨道交通4号线项目经理李欢说，他们从项目初期就定下了要确保“零沉降”的目标，为了保障掘进安全，项目成立专门的小组认真研究工程资料，对工程建设范围地上、地下进行全方位的调查统计，会诊剖析论证，选择最佳盾构机型，制定最优“涉铁”“涉轨”“涉路”施工方案，严抓节点核查程序，最大程度做到风险预控。

济南轨道交通集团建设投资有限公司4号线一期建设相关负责人介绍说，该区间位于“济西大水库”区域，地下水量极为丰富，地层又为粉质粘土层，竖向具有极强的渗透性，所以在盾构掘进的过程中，很容易出现泥水混合物四处流失，而这种情况稍不注意就会出现土方超挖。在盾构机掘进过程中，通常每一环出土量在68方左右，而一旦超过整个数值就可能发生地面沉降。

经过全面研判，盾构使用了传统稳定的土压平衡盾构的模式，进行全封闭性施工，在最前方的掌子面向前掘进时，全程通过一定气压和增加泡沫填充物保证压力平衡，减少了掘进中出现塌陷的可能性，在掘进的同时，盾构机顶一环就安装预制好的管片，同时开挖面与盾构管片之间进行注浆。“可以这样来理解，盾构施工并不是简单打一个隧道，而是将一个建筑结构在掘进的同时建在地下，并保证一次性成型，



济南地铁4号线济南西站施工现场。

这样能大幅降低地层的应力损失。”该负责人表示。

为了应对地面富水的问题，中铁二十一局施工团队在隧道内同步注浆加固并注入速凝材料，缩短浆液凝结时间，充分确保防水安全，此外在管片拼接处增加遇水膨胀止水条，阻断缝隙渗水，确保万无一失。正是这样的精心周密的组织建设，在连续下穿高铁线路后每一条都实现了“零沉降”。

地铁之下建地铁 1、4号线地下“正面交锋”

施工中，盾构机迎来了与正在运行中的济南轨道交通1号线的“正面交锋”。与高铁线路的侧面穿越不同，下穿1号线是实实在在的“正面相对”，两条线路在地下呈现出了十字交叉的穿越态势。

济南轨道交通4号线大杨站是1号线和4号线的换乘站。这就意味着既要保证要在1号线隧道下方完成下穿，还要确保与站点的对应关系。众所周知，列车越靠近站点就离地面越近，所以4号线在下穿1号线时，与

1号线隧道底部间距最近处仅为3.01米。这对盾构的确是很大的挑战，这就要求盾构团队严格控制每一项参数。

地铁下穿与高铁下穿相同的都是面对富水的地层。在1号线隧道下方是富水的粉质粘土层和卵石层。这相较于下穿高铁，难度有过之而无不及。中铁二十一局济南轨道交通4号线项目经理李欢介绍说，为防范掘进中潜在的渗漏水风险，中铁二十一局科学选用配备4道盾尾刷的盾构机，以增强盾尾密封效果，防止盾尾渗漏水；在管片拼接处增加遇水膨胀止水条，阻断缝隙渗水；盾构始发采用洞门双重密封设计，接收采用洞门全包裹套筒设计，提高洞门密闭性，防止漏水；推进过程中，对施工后隧道每隔6米施做一道止水环箍，封堵盾构机后方来水；改装同步注浆管路，推进过程中，注浆时同步注入速凝材料，充分确保防水安全。

4号线全线最长盾构区间 历时1年零5个月双线贯通

“济大”区间从去年1月盾构始发，终于在历时1年零5个月后，完成了济南地铁4号线最长盾构区间的贯通。这个区间的顺利贯通，标志着全国首个单隧道下穿4条铁路线的盾构区间在济南轨道交通建设的完成。6月29日，盾构机在槐荫区大杨站顺利接收，意味着区间盾构工作圆满结束。接下来就是对沉降进行全方位的检测以及车站等附属结构的建设中。

济南轨道交通集团盾构负责人介绍说，对于后续的沉降检测，济南轨道交通集团在高铁的桥墩上以及地铁隧道里放置了4台全站仪，全天候进行实时检测，并且安排了专人进行巡查。该负责人表示，地铁施工过后对既有建筑是否发生了沉降需要做持续100天左右的监测。如果在这个期间内，施工带来的沉降明确在安全范围内，那么后续再发生沉降的可能性就很小，可以忽略不计。

“济大”区间的双线贯通，标志着中铁二十一局攻克了济南地铁4号线施工中最复杂的难题，这对于4号线全线通车运营具有重大促进作用。据了解，这也是中铁二十一局集团参建的第二条济南轨道交通项目，早在二号线的建设中，中铁二十一局就承建了老屯站和八里桥站的建设，这也为其在4号线的建设中积累了建设经验，并在施工工法、技术培训、安全管理等方面不断革新，走出了创新之路。目前，在中铁二十一局所承建的济南地铁4号线三个站点中，进展最快的济南西站已完成90%的建设任务，大杨站也已完成80%，腊山河西站完成20%。

截至目前，在4号线全线33座车站中，27座车站已实现主体结构封顶，6座车站处于主体结构施工阶段；全线共计35处区间，其中26处区间实现双线洞通，现有12台盾构机正在掘进。铺轨已实现14站18区间进场施工，累计铺轨完成32公里。济南轨道交通集团建设公司相关负责人表示，未来，济南轨道交通集团将始终坚持把“为人民建地铁、建人民满意地铁”作为工作的行动指南，继续加快施工步伐，助力地铁4号线早日通车。