



地铁1号线穿越奉化江示意图

穿越软土地基

1号线走得“步步惊心”

8层楼深超大的基坑是怎么挖就的？

1号线的东门口（天一广场）站到鼓楼站之间的施工很特殊，采用的是明挖法，也就是破个口子敞开挖，这个大坑的范围从东门口挖到原久久天桥位置，再北至市档案馆，全长1100米。而且这个大坑要挖21.92米深，最深处达到25.3米，差不多有8层楼。

“这是宁波轨道交通建设史上最大的基坑，这样大的超深超长的基坑，就是放在全国，也很少见。”负责该标段施工的副经理韩永吉说。

如果从其附近的写字楼俯瞰，施工中，大坑里还有许多红色的钢管密密麻麻地悬空架着。

隧道工程博士周冠南告诉记者，在开挖前，基坑内外的水土压力是平衡的。一旦进行基坑内土方开挖，坑内的水土压力将减小，这时就必须及时架设支撑，来平衡坑外的水土压力，否则基坑本身和周边环境就会变形，而且时间越长，变形越大。红色的粗钢管就是起支撑作用的。

周冠南说：“我们利用信息化技术对施工进行严密监测。监控内容包括地下连续墙测斜、地表沉降、房屋安全监测等各个方面。基坑内外都布满了监控量测点，实现信息化施工，每天下午2点，各个车站的监控数据都将汇总到指挥部。对车站基坑的安全等级做出评估，把安全隐患消除在萌芽阶段。”

回头看，宁波轨道交通建设的基坑变形问题控制得非常好。在西门口站，基坑变形不到两厘米，这在宁波这样的软土地质条件下堪称奇迹。

软豆腐里有硬骨头 穿过奉化江是个技术活

2011年12月，1号线过江隧道施工开始，原计划工期约2个月，也就是说在2012年春节期间实现贯通，但施工一直持续到2012年5月底。盾构机头顶一江水，在奉化江底一直待了约5个月。可见这过江隧道在施工时面临的巨大风险。

隧道施工单位是上海隧道工程股份有限公司，之前已经修建过长江、黄浦江等多条过江地铁隧道，施工经验丰富，技术水平也处在全国前列。但是在宁波，还是遇到了意想不到的困难。

“最主要的是，我们在掘进隧道的过程中，遇到了硬土。”1号线4标段项目经理何拥军告诉记者。“宁波的土质很软，比上海还软。但是底下却还有硬土，据地质学家分析在亿万年前还晒过太阳的，很结实，因此可以说是‘软豆腐里有硬骨头’。”

何拥军说：“我们把这种硬土叫5号土，和别的软土怎么比较呢？如果拿一个2.5升的罐子来装一般的软土，那么这里面其实有1.5升的水，只有1升土。而如果来装5号土，这个比例就要倒过来。所以盾构机在掘进的时候碰到这种土，就推进不了了。”

“我们想了个办法，就是在刀盘前面使用润滑剂，这样使得刀盘能顺利转动、切削。”何拥军说。

对于这条过江隧道，麻烦不止于此，如果从空中透视的话，就可以看到隧道不是笔直，而是打了弯，略呈“S”型。因为隧道要避开很多障碍物。

隧道从江夏桥东站出发，首先绕过了金光中心大楼的桩基，然后向北打弯，绕过江夏桥桥桩后再向南打弯，进入海曙。事实上，隧道也不是水平从江东挖到海曙的，而是略呈“V”字型的。也就是说江底隧道最深处埋在地面以下32米处，相比之下，江夏桥东站建得浅一点，隧道底部大约在地面下16米。

记者 张昊 通讯员 徐昭文 周思聪 制图

“宁波软土”是怎样被驯服的？

——对话市轨道交通工程建设指挥部副总指挥、总工程师朱瑶宏

记者：很多人最初听到宁波要造地铁，都会心里打个问号，说宁波土质这么软，真的能建地铁吗？

朱瑶宏：确实，我们工程的很多困难都由软土而产生。说起来，宁波的软土还和上海、杭州都不同，专业术语叫内摩擦角较小、灵敏度高，最大特点就是具有高流变性。

这种软土挖出来之后，土堆无法定型，打个比方说，像熬得很稠的稀饭，水分没干之前会流淌，而水分还不容易挤出来。因为软土的这个特性，有专家甚至直接将其命名为“宁波软土”。

记者：听上去很棘手。

朱瑶宏：是这样，建地下车站就要挖很大的基坑。基坑不是在荒郊野外开挖，是在市中心，两边高楼林立，刚才说了宁波软土有流变性，也就是你挖了大坑，坑底在开挖过程中隆起，周围的马路会出现沉降变形。如果按普通的施工方法，周边的环境会出现问题。既不能破坏马路，又不能让周围的房屋沉降，基坑施工的难度因此大大增加。

记者：我们想了什么招，来对付这个问题？

朱瑶宏：这中间有很多对策，最主要的一条就是快速施工，控制“无支撑暴露时间”。什么叫“无支撑暴露时间”呢？就是基坑内的土挖掉了，要赶紧拿东西给它支撑上，免得它变形甚至垮塌，但土挖掉了总还有一段尚没支撑的这段时间就叫“无支撑暴露时间”。

这个时间要控制得尽量短。我们把这段时间精细地加以分析计算，尽可能地来缩短这个时间。在土体条件比较好的城市，这个时间长一点短一

点关系不是太大。极端的像在黄土条件下，多少年没支撑都没关系，也就是无支撑暴露时间无穷大，变形仍然没有发生。但在宁波，就不行。

记者：宁波的软土能撑多久？

朱瑶宏：一般来说，宁波软土如能在16小时以内撑上，变形还不会太大。我们逐步精细化，通过快速施工的十几项对策，1小时、1小时，半小时、半小时地缩短，最后控制到了12小时以内。地表变形的程度控制住了，周边房屋的沉降就比较少了。我们已经做了1号线、2号线共34座地下车站，从目前看来，这一点做得非常到位。

记者：在地铁隧道施工中，也有怎么减少对周边土体的扰动的问题，特别是周围还有很多文物、江河桥梁。

朱瑶宏：1号线下穿的老城区里文物古迹很多呢，要穿过鼓楼、范宅，周边十几米还有众多的高楼大厦；还要穿越江河，十几条河流，还有13座桥梁；还要穿越上世纪70年代修建的人防工事……

根据其他城市的经验，这些全部是一级风险源。尽管在宁波参与盾构施工的，都是转战各地、经验丰富的队伍，但挑战依然十分严峻。我们采取很多办法，开展了长时间的研究和摸索，推着盾构，测着变形量不断调整参数和方法。结果，宁波的盾构穿越得很平稳，所有文物穿过去后也没有受到任何惊动，变化是毫米级的。

总体来说，1号线一期的地下工程非常安全，没出过重大安全事故，跟居民和城市环境的协调方面也做得比较好。现在全线完工，也有少量房屋存在小的沉降开裂，但只要不是结构性开裂，修补之后不会有问题的。