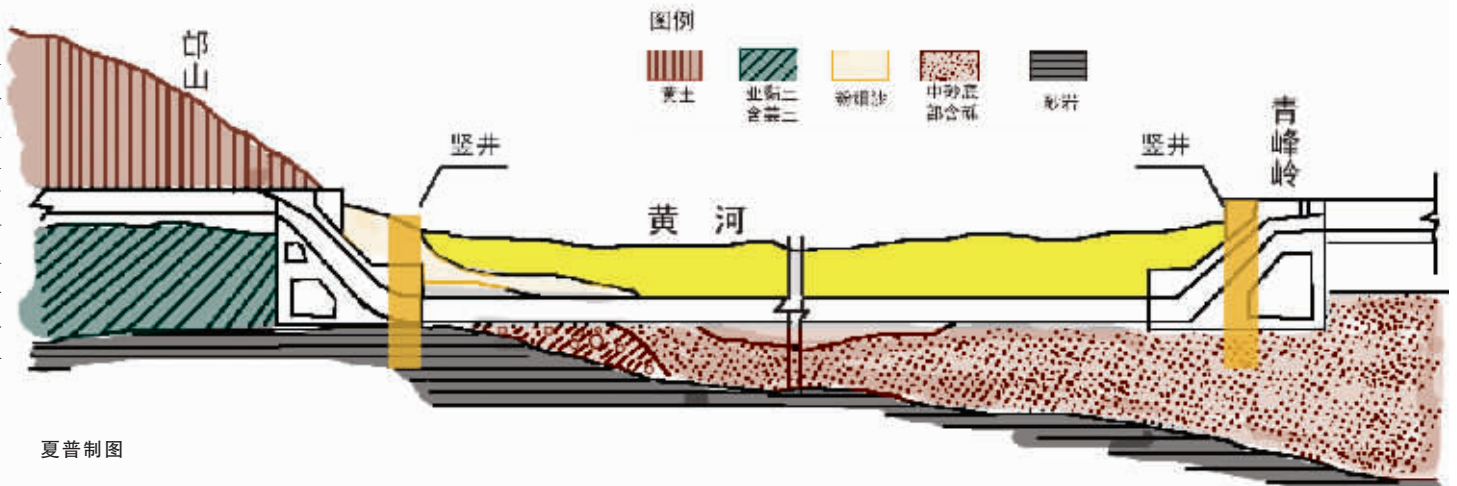


核心提示：地面竖井深入地下76.6米怎样保证河水不渗透？长达80米的盾构机如何深入地下？地下隧道如何打造？盾构机中途如何检修？昨日，记者赶往南水北调穿黄工程现场，详细了解黄河历史上第二次穿孔的施工难点与解决方案。

□晚报记者 王立恒
王占龙

夏普制图



76.6米深的竖井渗水吗？ 80米长的盾构机怎样钻进地下？ 地下隧道如何打造？

黄河“穿孔”看点大揭秘

答案：1.先打“防渗墙”再挖井 2.盾构机边推进边长个儿 3.地下隧道1.6米一圈顶

揭秘一

竖井：先打“防渗墙”再挖井

穿黄工程是南水北调的重点，而河底隧道又是穿黄工程的重中之重。要打通河底的两条隧道，就要先在黄河两岸分别打两个竖井，以便放入河底打孔专用的泥水平衡盾构机。

昨日下午1时20分，记者在项目办一位工程师的带领下，来到黄河南岸竖井施工现场。南岸的两个竖井距离黄河岸边大约30米，两个井口相距10米左右。井壁的护围已经打好，而中间的泥土部分还没有被掏空。

专家介绍，竖井的施工难度挺大的，特别是北岸的两个竖井，井深达到76.6米，这在国内外都是一大壮举。因为竖井就在距离黄河河道不远处，如何防止地下水渗入竖井，成为最大的难点。

经过有关专家的考察、论证，工程项目部最终选择了双轮铣技术。先在竖井的施工地点架起龙门吊，然后用双轮铣在设计好的井壁处下手，先将泥土慢慢掏出，直到地下76.6米处，同时要不断地抽出渗透进来的地下水，紧接着将井壁护围放入，再用混凝土浇灌，要达到严丝合缝、不留一丝间隙的程度，而仅井壁的厚度就达到1.4米，既能有效地防止地下水的渗透，同时也能起到防压的作用。剩下的工作就相对简单了，只要将井壁中间的泥土掏出，一个完美的竖井就呈现在人们的眼前。

记者注意到，黄河地下隧道只有48米深，为何北岸的竖井要挖掘到76.6米深呢？面对记者的疑问，专家解释说，隧道以下的28.6米，就像是建房子的地基，是为了保证上面的48米的坚固。

揭秘二 盾构机：边推进边“长个儿”

竖井打好了，接下来就轮到打孔的主角——盾构机登场亮相。

荥阳市移民局周自强介绍说，穿黄工程河底隧道使用的，是专为河底施工所设计的泥水平衡盾构机。它的施工面就像把电动剃须

刀，根据隧道的直径制作，穿黄工程使用的直径为7米，中间是个电动转盘，在转盘上安装有数组倾斜的刀片，盾构机工作时，能够将施工面的泥土刮出，通过专用的传输带，将泥土直接送出施工隧道。而就盾构机

长度而言，又像一列小火车，因为它总长达到80米，在施工面的带动下，缓慢地向隧道深处挺进。

目前，往黄河北岸2-B竖井内安装的只是盾构机的作业面，其后的70米护板等部件暂时留在了地面

之上，而随着盾构机作业面的推进，施工人员会逐段地将留在地面的部件运入隧道内，重新将它们连接为一个整体，当作业面推进到隧道80米处时，这列“小火车”就能在地下重新聚首。

揭秘三 隧道：每前进1.6米一“圈顶”

盾构机已经就位，隧道工程马上就要开始，可如何能保证已经开挖的隧道不发生渗水、甚至坍塌呢？这一点也早在项目部的考虑之中。

盾构机每前进1.6米，就要停下来“喘口气”，而此时却是施工人员最繁忙的

时刻，他们要给挖出的隧道安装装配式普通钢筋混凝土管片，7片弧形的管片紧贴隧道泥土层围一圈，正好是一个大圆，而宽1.6米的管片也恰好将挖好的隧道填补上，再进行加固、灌缝等操作，一圈相当牢固的管壁就安装到位了，这也是隧道

要挖1年之久的一大原因。而管片完全用钢筋混凝土浇筑，厚更是达到45厘米，完全可以起到支撑整个隧道压力的作用，所以完全不用担心挖好的隧道会发生坍塌。

坍塌被有效地预防了，可渗水呢？周自强向记者介

绍了他们的法宝——土工布，专业的防水材料。水底隧道的管道共分两层，而两层中间则要加垫一层厚土工布，它不但可以有效地防止渗水，也可以减缓隧道通水后，激流冲击内层管道所带来的两层管道的碰撞。

揭秘四 破碎设备：石块和树根的“天敌”

盾构机的最核心和最关键的部件是刀片，据了解，此次穿黄工程所使用的盾构机刀片，虽然是经过特殊耐磨设计的，可还是无法应付作业过程中出

现的石块和树根。而在盾构机前进过程中，又无法更换新刀片。

这个问题不但施工项目部考虑到了，制造盾构机的德国厂商也有所考

虑，经过设计者的反复推敲，最终决定，给这两台盾构机特别安装了破碎设备。

在盾构机前进途中，如果检测发现前方有大石

块或者老树根，就立即暂停刀片的运转，“专杀工具”破碎设备就会领命出战，在石块或树根被搅碎后，刀片才会被再次启动继续前进。

揭秘五 检修：隧道3450米处的竖井

在采访之前记者阅读了大量的穿黄工程资料，发现隧道长度有两个差距很大的数据，而在采访中，也多次听到不同的数据，即使是同一人，有时说隧道长3450米，一会儿又说隧道长4250米，这是怎么回事呢？

黄河北岸项目部一位

工程师告诉记者，这两个数据都是正确的，3450米是连接黄河南、北岸的直道长度，而4250米则是同黄河南岸的800米倾斜隧道相加的长度，而黄河南岸的两个竖井，正好位于直线隧道与倾斜隧道的接口处。

为什么黄河南岸也要挖两个竖井呢？这位工程

师告诉记者，盾构机前进时，需要大量的电力，需要电线连接隧道外的变压器，电线的长度会逐渐加长；盾构机挖下的泥土，将通过管道直接被抽入距井，这个管道也要不断地加长；盾构机掘进到黄河南岸时，长度已经有3000

余米，这已经是世界上盾构机不换刀头连续工作的超长纪录了，也需要检修；此外，还有大量的电子、电线需要连接地面。这就必须在南岸设计个出口，在盾构机到达南岸后，承接北岸竖井的所有功能，所以黄河南岸的竖井就显得很重要。

揭秘六 倾斜隧道：未来的检修通道

河底隧道建成通水后，为了保证隧道的正常运转，就需要定时检修，可隧道却在地下，这又如何检修呢？荥阳市移民局周自强介绍，这个问题其实也很简单，黄河南岸竖井之后的800米倾斜隧道就是为此而特别设计建造的。

周自强对比工程图向记者解释说，3450米的直隧道，只允许有千分之一的倾斜度，要求是很高的了，高到肉眼不可能觉察。而最后的800米倾斜隧道，倾斜度高达4.9107%。也就是说，在黄河南岸竖井的地下32米处，就要将盾构机工作面向上倾

斜，到800米隧道打通之后，盾构机就重新回到了地面。

按规划，隧洞建成后每年有15至30天检修期，每3至5年将安排30至60天大修，半年左右会放空隧洞的水检查一次。每次的检修，就是倾斜隧洞大显身手的时候了。先将黄河南岸的

隧洞入口处的闸门关闭，然后将隧洞内的水排出，检修车就可以沿800米的倾斜隧洞直接进入。

为了检修车的顺利通行，整条4250米的隧道底部，全部被垫平，宽度达到310厘米，维修车完全可以在隧道内自由行驶。



工程人员在穿黄隧洞回施工

新华社发