

## 亲历

文物保护要求之严、工程实施难度之大国内罕见,记者走进隧道施工现场——

# 在之江路下“穿针引线”

■ 本报记者 詹丽华  
通讯员 杭建宣 马丁

隧道内,十余名工人分组施工:有的正在安装隧道顶部的防火板;有的将LED照明模组嵌入弧形顶板卡槽;有的正在调试射流风机……不久前,杭州之江路输水管廊及道路提升工程项目的之江路隧道全线贯通,为了确保年底具备通车条件,机电装修正在抓紧施工。

之江路输水管廊及道路提升工程西起梅灵南路,东至复兴路,全长约6.3公里,其中隧道长约5.6公里,是连接钱塘江与西湖景区的重要纽带,也是完善杭州沿江立体交通路网和水网格局、保障民生的重点工程。这条“地下长龙”北靠月轮山南临钱塘江,沿途涉及闸口白塔、钱塘江大桥、六和塔、之江大学旧址及中河等6个国家重点文物保护单位,又紧邻西湖风景名胜区、大运河两处世界文化遗产保护区,其保护要求之严、实施难度之大,在国内市政隧道工程中罕见。

站在主线隧道东口,百米外,五代吴越国时期的闸口白塔巍然矗立,塔身浮雕在秋阳下若隐若现——现代工程如何在千年文脉与复杂地质中“穿针引线”?近日我们前往寻找答案。

## 掘进100米,3个月才“啃”下

我们刚进入之江路隧道6号工作井口,耳边就传来了金属撕裂般的摩擦声,盾构机刀盘上残留的黏土块簌簌坠落,重达260吨的刀盘在履带牵引下缓缓上升。现场响起喜悦的欢呼 and 掌声,每个人都在抬头仰望这个直径相当于五层楼高的钢铁巨兽。

“注意头顶,安全第一!”现场安全员提醒我们系紧安全帽下颚带。

隧道内潮湿的土腥气扑面而来。中铁隧道局之江路项目技术总工程师李树杰带着我们往深处走去。昏暗的光线里,空气好像都充满了颗粒感,看什么都仿佛隔着一层纱。

“这不是扬尘,是雾气,隧道内外温差太大了。”李树杰指了指前方,隧道里间隔一段距离就会有一个数字用来标记距离。

从东段南线盾构出发步行了差不多50米,就是离闸口白塔最近的位置,直线距离塔基仅24.02米。这座始建于吴越末期的地标性历史建筑,历经1000多年风雨,白石雕刻砌筑而成的塔身风化严重,在保证文物安全的前提下,两台直径15.03米的超大直径泥水平衡盾构机要在白塔北侧穿越,难度可想而知。

“这几年,我们就是在文物保护区域内精雕细琢。”杭州市城市基础设施建设管理中心工程建设管理处副处长薛飞回忆说,白塔段地下石英砂岩强度相当于普通混凝土的3倍,“最难的是避免施工过程中产生的震动对白塔造成影响。”

经过项目技术团队的严密分析,要保证白塔不受影响,工程施工阶段的标准振动控制预警值需为0.2毫米/秒。这意味着什么?“差不多相当于手机振动时人体能感受到的振动感。”浙江大学建筑工程学院副教授杨玉龙扬了扬手机,他带领团队负责白塔段文物保护监测、评估工作。

为了确保文物安全,团队专门设计了白塔“健康监测数字平台”,在白塔四周安装了5个监控摄像头,同时安装监测塔身结构的振动、倾斜、裂缝、沉降和变形等在线监测设备,对白塔进行24小时不间断“看护”,一旦塔身结构发生异常变化如沉降、裂缝等,数字平台会立即报警,报警信息会实时发送到工程各单位主要人员手机上。

如果说这些因素还可以提前预测,那么外部天气的影响则是最大的不稳定因素。地面阵风较大、短时暴雨都可能触发预警,需要第一时间停止施工、排除风险。

“正常情况下,掘进100米大概是1个月的时间,但白塔段我们用了3个月。”重走这短短100米,李树杰算了算,这相当于1天才“啃”下1米多一点。

白塔段施工结束后,文物保护监测团队还进行了一个月的近距离勘查测试。大家结合在线监测数据统一分析,评估确定白塔塔身、塔基、阙额等均无变化,这才松了口气。

## 软硬不均,与15种地层“角力”

项目部监控室里,摆放着各式各样



工作井结构施工。

受访者供图



隧道内匝道施工。

受访者供图

的石头,都是从隧道里掘出来的岩层样本。从晶莹的石英砂岩、青色的粉砂岩、紫红色的泥质粉砂岩、圆砾到淤泥质粉质黏土,由此可见整个工程的地质条件之复杂。

项目范围内涉及15种软硬不均的地层,强度从1兆帕到102.8兆帕不等:

如果说白塔段是与石英砂岩的“硬碰硬”;中河段则是粉土、粉砂等易扰动的软弱地层,不仅容易地表沉降“超标”,还容易让隧道本身“上浮”……“就像做一场精确的外科手术,为了能在每一种地层顺利‘穿’过,施工时我们就需要因地制宜。”薛飞给我们举了

一个例子,比如钱塘江大桥段“上软下硬”,上方土层强度仅一两兆帕,像晒干的硬面团;下方岩层强度却有60兆帕,堪比钢板。这种巨大反差极易引发地面突然沉降,甚至损坏施工设备。施工团队通过注浆提前加固地层,让盾构影响范围内的地层强度尽量均匀,平均每前进1米就需注入约350立方米的注浆材料。

如今走在贯通的隧道里,已经看不到盾构机掘进时的艰难,只有混凝土管片环环相扣组合成的隧道弧形穹顶——很难想象这里曾是一场与15种软硬不均地层的“地下角力”。

我们仔细观察,发现管片上刻有B、L、F三种不同字母和箭头,B是标准块、L是封顶块、F是邻接块,箭头指向拼装方向。每片管片上还印有红色喷漆,标明编号、施工人员。这些信息,在隧道铺装防火板之后都将不再可见,它们就像刻在地下的“密码”,不仅是施工的记录,更是无数建设者与历史对话、与地层较劲的见证。

“现在的施工跟以前可不一样,大部分是预制件,提前做好测算,现场像搭积木一样组装起来。”项目总包部副经理刘龙指了指前方一段未铺设完成的地面,建议我们看看有什么不同。

完成混凝土管片拼装的之江路隧道截面是一个规整的圆形,铺设的口子形预制件和两侧的车道板将它分为上下两部分,上半部分就是我们常见的车行隧道,隐藏在路面之下的部分则有3条输水管廊。

我们走的那段隧道正在铺设输水管廊,路面尚未封闭,从侧面看到车道板厚度——足有三四十厘米厚,给下铺的管道足够的安全空间。等管廊启用,千岛湖的水就会通过管廊一路“潜行”,奔向杭州各片区。

## 空间有限,仿佛在地下“穿针”

当年钱塘江大桥手稿是中国桥梁专家茅以升一笔笔勾画的,如今之江路隧道则用上了“数字孪生隧道”。“现在我们的监测精度已经达到亚毫米级了。”薛飞

说,工程启动前整个团队曾专程到茅以升先生像前瞻仰,“我们希望对照钱塘江大桥,在地下打造另一个百年精品工程。”

隧道在之江路上设有匝道,匝道盾构隧道需连续穿越之江路、复兴路、地铁4号线等重要交通线路,还涉及抗咸渠、中河、排洪渠、西湖引水管等民生基础设施,不能有任何偏移。方案研究阶段曾考虑过开挖方式,最终出于文物保护的原则选择了盾构方式。然而留给盾构施工的空间非常有限——下穿中河最小净距仅3.3米,上跨地铁4号线最小竖向净距约3.2米——盾构机就像在地下做“穿针”手术,一边注浆加固一边监控推进。

地铁每天照常运营,乘客们大概也不知道距离他们头顶三米多一的地方,有一台“巨无霸”正在“穿针引线”。

“走,带你们去看看检修通道,以后输水管廊和隧道投用,日常巡检和维护都靠它们了。”项目现场施工负责人徐江鹏带着我们一路往隧道深处走。2条管廊中间是约两米宽的人行通道,供人进行日常巡检和维护。

新建的输水管将与现有的水网形成“双重保障”,更好保障杭州主城区供水管网互联互通,进一步强化城市供水保障能力。输水管直径超过两米,内壁层摸起来有细腻的颗粒感,并排站两个成年人绰绰有余,必要时工作人员可以进入管道进行清洁和维护。

输水管建设仍在施工中,隧道内附属结构、机电安装及装饰装修等也正在进行,隧道深处时不时传来机器作业的声响。越往隧道口走,越来越接近印象中隧道的模样。

在我们眼中5.6公里的隧道,对薛飞这些亲历者来说,是从2018年10月启动项目研究开始长达7年的攻坚。据介绍,项目建成后,之江路的主要过境交通功能将转移至地下,不仅通行能力提升1.5倍,还能增加更多的慢行空间。地上的绿色交通网络和地下更新的水网格局,写出属于杭州的“地下史诗”。



詹丽华

“人工智能+”改变就医全流程,记者在温医大附一院体验——

# “未来医院”看病,有啥不一样

■ 本报记者 王艳琼

刷一下脸,就能形成一份身体健康报告;点点手机,与AI医生对话,快速生成病历信息,匹配科室挂号……在“未来医院”看病的感觉,比想象更方便。

近年来,浙江“未来医院”建设加速推进,一批具备万物互联、全景智能、数字孪生等技术的现代化医院相继涌现。作为浙南地区龙头医院,温州医科大学附属第一医院(以下简称“温医大附一院”)落地AI大模型应用满一年,其中包括预约分诊智能体、数字患者画像、数字医生辅助决策等,不仅让患者精准挂号,也让医生快速了解患者病情,大大提高就诊效率。目前,该院基于大模型的智能问诊系统累计服务患者已超280万人次。

在“未来医院”看病有啥不一样?日前我前往体验。

## 诊前——线上回答问题 挂号预问诊一次完成

智慧就医从挂号开始。我来到温医大附一院南白象院区1号楼门诊大厅,看到除了一站式人工服务窗口,还有随处可见的二维码引导患者线上挂号。

我用手机扫码进入“温医一院”小程序界面,显示“门诊预约”模块,最新上线的“健康助手”一栏,标有卡通医生图案,提示可输入“极速预约、看病导航、叫号提醒”。我点击后跳转对话界面,弹出“你可能需要”“你可以这样”两个引导窗口,告诉我如何问诊。

“这是我们‘未来医院’的一个重要模块——一个人就医管家,患者只要一部手机就能了解就医全流程。”温医大附一院信息部项目组人员黄德幸前来给我指导。我跟着输入“我要挂号”。“健康助手”马上回应:请告诉我您希望就诊的科室,我也可以直接说症状、疾病,我来推荐。”这可以避免很多患者盲目挂号,接下来它会问你5个问题,精准帮你匹配科室。”黄德幸说。

我输入自己的症状:“右肩膀疼、肩颈痛”。“健康助手”向我咨询:“这样的症状多久了?”并且跳出选项:一天内、一周内、一个月内、半年内等。我点击“一周内”。它又询问“您的



在温医大附一院疼痛医学中心AI候诊室,记者(左)扫脸体验健康检测仪。

通讯员 曾成豪 摄

痛感强度如何?持续性还是间歇性?”。我回复“间歇性”。它马上回应:疼痛时有什么特殊行为或环境因素?得知我症状“伴随头痛”,它耐心回复“还有其他症状吗?”。我键入“失眠”。它最后咨询我“之前是否治疗过”;“是的”。

五轮问题完成,病情信息收集完毕,“健康助手”为我匹配疼痛医学中心有余量的医生,优先指导我去排队少的诊室,节省就医时间。我看到推荐医生选项,不仅显示头像、职位,也标出其擅长治疗方向和出诊时间。

我选择该院区当天正在看诊的疼痛医学中心主治医师张钧凯,点击“去预约”,立马弹出了完成预约的消息,并且提醒我提早半小时到诊室报到。挂号预问诊一次性完成,让我惊呼“真方便”。

“这会儿医生已经收到你的病情信息,等下看诊会更精准。”黄德幸告诉我,“未来医院”努力让患者“无感就医”。以前患者线上预约挂号,来医院还要取号、报到。“现在你在手机上预约门诊时,会提示是否开通无感就医人脸识别,同意开通后,借助医院安检口的摄像头和人脸识别,你进入医院就意味着自动完成报到。”黄德幸说。不过我注意到,五轮



温医大附一院AI大模型应用展示。

通讯员 曾成豪 摄

问答采集目前只能通过医院“健康助手”,通过其他渠道挂号还无法享受该院诊前线上服务,这也有待医院信息系统进一步打通。

## 诊中——就诊信息联网 医生快速解答开方

来到疼痛医学中心,我发现这里布局也颇具“未来感”。AI候诊室、智能疼痛康复室……就连门诊室门口的医生显

示牌,都设计成了数字屏,显示接诊候诊信息,同步播放健康宣教视频,让患者等候时也能了解疾病知识。我扫码观看视频,一位数字人医生解读“三叉神经痛”的原因。

“还没轮到的话,你可以在AI候诊室里体验。”疼痛医学中心护士肖海鸟告诉我。在AI候诊室里,我发现了一台新设备:健康检测仪,只要扫脸就能得到自己的健康数据。

我站在仪器前不动,进度条旋转,30秒后屏幕上就出现了一份身体健康

报告。我仔细查看,报告具体到心率、精神压力指数、皮肤年龄、体重指数、心血管疾病风险等数据,用红黄绿颜色标记是否处于正常值范围。看到一排绿色,我最后综合健康评分87分。“很棒,非常健康!”肖海鸟给我解释,仪器通过血管光学成像技术与人工智能算法结合,实现无创健康监测,主要提供患者参考。这时患者陈女士前来扫脸体验,结果显示患有高血压,“还真是!”她惊叹道。肖海鸟告诉我,目前这套设备整个医院只引进了一台,更多智慧检测设备还要等以后慢慢投入使用。

轮到我看诊,我走进张钧凯医生的诊室。他让我刷一下医保卡确认身份后,电脑屏幕上预问诊病历一栏很快就显示出我前面回复“健康助手”的答案。张医生让我背过身,按压我肩颈,进一步了解疼痛部位和程度,询问我,否有其他症状。我回应说还有偏头疼、失眠。

张医生在电脑上查看历史诊疗记录,“现在患者信息全部联网,你在别的医院就诊记录、检验报告、影像资料等,我们也能查看。”之后他给我开了改善肌肉紧张的药物、消炎止痛贴膏等,并提醒我注意休息,很快一张取药单打印生成。整个看诊时间还不到10分钟。

“以前来看病很麻烦。”张师傅在门口候诊,他和我分享自己的感受,“以前,每换家医院都要被医生重复提问,现在信息联网,医生借助AI提前了解患者信息生成病历,大大节省时间,把更多精力用在和我沟通病情和治疗方案上,大大提升了就诊效率。”

## 诊后——每日提醒用药 AI药师陪伴守护健康

拿着取药单,我前往完成取药,本以为整个流程就此结束,没想到,手机上“健康助手”又发来温馨提醒,点开“诊后一清单”,显示我的诊疗信息、病历情况和医嘱建议。

“你离开医院了,也能拥有诊后连续的医疗服务。”黄德幸介绍,“未来医院”建设里的AI药师、数字医生模块,改变了以往“患者看完病回到家,仍旧一知半解”的情况。AI药师提供“诊后一清单”模块,清

晰列出“用药计划”,患者可以点击查看药品成分、功能、用量和注意事项等。用药天数、用药周期,被列在一张表格上……用药后直接点击打钩,系统随即跳出信息“已经收集您的用药记录,祝您早日康复。”

更为贴心的是,“诊后一清单”中还有诊后追问功能,画面里有医生的数字人分身,全天候在线解答。“大概几天可以康复?”我提问,它立即语音回应,底下同步生成文字,分析病情:“肩周炎的康复时间因人而异,通常需要数周到数月不等。建议您坚持每日康复运动,按时使用药物。”不过,当我进一步咨询肩周炎引起的背痛等问题时,它就没法继续回复,推荐我进一步复诊,看来AI也没有想象中聪明。黄德幸也提醒我,目前AI应用功能主要以辅助和提醒为主,为用户提供参考,实际情况以医生诊疗为准,该系统也将进一步完善。

“伴随人工智能的应用,未来医院势必将坚持以患者为中心,持续改进医疗、管理、服务。”温医大附一院副院长金献测介绍,不仅体现在门诊便利,该院AI大模型正逐步应用于全院经营管理流程,包括构建医院“数字大脑”,开展数字病房监管、门诊流量监控、药房流量监控等。与此同时,由AI辅助的多学科诊疗模式也将应用于慢病管理、连续医疗中。“目前‘未来医院’还在处于尝试探索阶段,各方需要一个适应过程。”

看完病之后的几天,我持续收到医院发来的用药提醒,跟着指示用药,感觉医生的健康守护一直在身边。“诊后一清单”还将收费、检查检验、个性化科普等信息主动推送给我,如果感觉身体还不舒服,我也可以继续询问AI医生,判断自己的病情以及是否要回医院复诊。在AI药师的陪伴下,我准时用药,肩颈疼痛逐渐好转。用药结束时,手机上弹出提醒:“感谢您配合5天的诊疗,您的用药已经全部完成,祝您安康!”



王艳琼