

加热时不可避免产生有害物质和辐射。采用拉铆钉能改善工作环境，不会对操作工人的身体造成危害。

(5) 成本。虽然拉铆钉制造成本比热铆钉高，但使用拉铆钉后提

高了产品的质量及生产效率，大幅度减少维护和更换的成本。从养路机械的整个寿命周期来说，使用拉铆钉的成本比使用热铆钉要低。

(6) 维修方便。对于返厂大修

的养路机械，由于部分铆钉出现问题需要进行更换，拉铆钉更适合在车上作业更换。

盾构机再制造工程

中铁科工集团轨道交通装备有限公司副总经理 李 桐



近年来，我国轨道交通建设尤其是地铁建设快速增长，中国内地共有53个城市正在建设或规划新的城市轨道交通线路，总规划里程超过14 000 km；与此同时，“十二五”期间我国新建铁路隧道、越江隧道、城市管网及采矿工程等也得到快速发展。作为隧道掘进的主要设备，盾构机在经历了整机进口到自主研发生产，再到核心零部件逐步国产化的阶段后，迎来了高速发展的时代。

据不完全统计，全国盾构机保有量已超过800台，仅笔者所在中铁股份有限公司盾构机保有量就

在220台左右，并且近两年仍在以每年30台左右的速度递增。

由于盾构机设备价值较大，在施工成本中占比较高，同时不同工程（地质条件、管片大小、转弯半径、沉降要求、施工长度等）对盾构机要求不尽相同，同时各施工企业之间、隧道设计单位之间乃至业主单位之间信息沟通并不流畅，导致盾构机的闲置或超期服役问题日益突出；在目前建设节约型社会、环境友好型社会和发展循环经济的主旋律下，对盾构机再制造的需求表现得尤为迫切。

盾构机再制造工程是以盾构机全寿命周期设计和管理为指导，以废旧盾构机实现性能提升为目标，以优秀、高效、节能、节材和环保为准则，以先进技术和产业化生产为手段，对废旧盾构机进行修复和改造的一系列技术措施或工程活动

的总称；其重要特征是经过再制造的盾构机的质量和性能要达到或超过新品，成本仅是新品的50%左右甚至更低，节能60%、节材70%以上，对保护环境贡献显著。

盾构机再制造工程的工艺流程如图1所示。其中，再制造加工和性能升级是盾构机再制造的两个主要部分。

再制造加工主要针对达到物理寿命和经济寿命而报废的产品，在失效分析和寿命评估的基础上，把剩余寿命的废旧零部件作为再制造毛坯，使用表面工程等先进技术进行加工时期性能恢复，甚至超过新品。

性能升级主要针对已达到技术寿命的产品或是不符合可持续发展要求的产品，通过技术改造、局部更新，特别是通过使用新材料、新技术和新工艺等，改善产品的技术

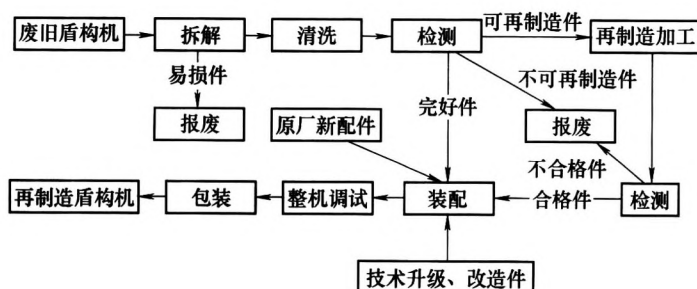


图1 盾构机再制造工程工艺流程

性能,延长产品的使用寿命,减少环境污染。进行再制造的盾构机往往只是某几项关键指标落后,并非所有的零部件都不能再使用,采用新技术镶嵌的方式进行局部改造,就可以使原产品性能跟上时代的要求。

下面以盾构机再制造项目实例具体介绍盾构机再制造工程。

某台为天津地铁施工的盾构机(外径 $\phi 6\ 340\text{ mm}$ 土压平衡式盾构机,用于 $\phi 6\ 200\text{ mm}$ 外径管片)在产品全寿命周期设计过程中就考虑到在天津地铁施工完毕后,会经过再制造运用于武汉地铁施工(再制造成外径 $\phi 6\ 250\text{ mm}$ 土压平衡式盾构机,用于 $\phi 6\ 000\text{ mm}$ 外径管片),于是将盾构机盾体设计成 $\phi 6\ 340\text{ mm}$ 、 $\phi 6\ 250\text{ mm}$ 双层结构,与施工相对应的刀盘开挖直径、超挖刀超挖参数、推进油缸顶推位置参数、台车高度参数等都做相应的配套设计,在此不一一赘述。

该台盾构机在天津地铁施工了两个标段(5 km左右)后运到中铁科工武汉工厂进行再制造;对整机进行拆解清洗后(主结构件采用喷砂清洗方案、精密机加工件采用化学清洗和高温分解清洗两种方案结合)评估得出评估结论,并根据评估结论制订出再制造方案:

(1) 对刀盘、盾体进行改径,由 $\phi 6\ 340\text{ mm}$ 改为 $\phi 6\ 250\text{ mm}$,台车高度、推进油缸安装位置也做相应调整,超挖刀超挖参数、同步注浆量参数在操作系统中重新设置更改。

(2) 主要部件检测过程中发现,刀盘主结构、螺旋机螺旋轴、管片拼装机外圈磨损较为严重,需进行再制造加工,对主结构缺失位

置进行具体修补,对磨损严重的位置(4~10 mm)进行堆焊后再机加工处理,同时将以前设计的耐磨焊网格设计改为耐磨焊网格和HARD耐磨板结合的方式对主结构进行更改加强,对刀盘开口率、刀盘中心开口率及搅拌棒的形式和位置,针对武汉地铁施工地质条件进行了相应的更改。

(3) 盾尾结构由于原深孔加工工艺($\phi 25\text{ mm} \times 3\ 000\text{ mm}$)在国内尚未成熟,将其设计为注浆模块外贴式设计,其缺点是盾尾外壁与成洞之间间隙较大,同时注浆量大(施工成本高)、沉降难控制改为目前较为先进的注浆模块内嵌式设计,克服了外贴式设计的缺点。

(4) 对主驱动通过电动机运转听诊器听异响,内窥镜检查后二次拆解,将已失效的主驱动密封进行

更换,对减速机齿面点蚀位置修复精磨,对已失效的齿面通过表面工程再加工恢复效能,对唇形密封固定环重新更换后装配重新使用。

(5) 对主要液压元器件上测试台测试性能,根据具体测试情况分别进行维修(见图2、图3、图4和图5)。

目前这台再制造的盾构机已经在武汉地铁成功掘进了一个标段(约2.7 km),并已经开始了下一标段的施工,效果良好。盾构机的自主研发生产为国家节约了大量外汇,振兴了民族装备制造业,盾构机再制造工程的推进进一步降低了我国隧道施工成本,其环保、高效的特点符合国家可持续发展战略,利国、利民、利企。



图2 再制造前刀盘



图3 再制造后刀盘



图4 再制造后组装



图5 整机组装

MW (收稿日期: 20140715)