

Φ14.87m 超大型盾构接管装置的改进设计及研究

王鹤林, 高国跃

(上海隧道股份有限公司技术中心, 上海 200233)

摘要: 上中路越江隧道采用 Φ14.87m 气平衡泥水盾构, 经检验该盾构的接管装置塞头损坏, 为此进行了改进设计。文章叙述了接管装置塞头的改进设计以及使用情况。

关键词: 泥水输送; 接管装置系统; 塞头

中图分类号: U455.39 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2006)03-0125-02

1 概述

上中路越江隧道采用的 Φ14.87m 气平衡泥水盾构是世界上最大的盾构, 原用于荷兰绿色通道工程, 该工程全长 7.3km。该盾构机由机头、1 号车架、连接梁、2 号车架组成, 用于接管的泥水小车安装在 2 号车架, 且在 2 号车架上能作轴向运动。见图 1。

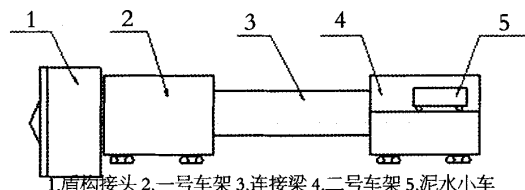
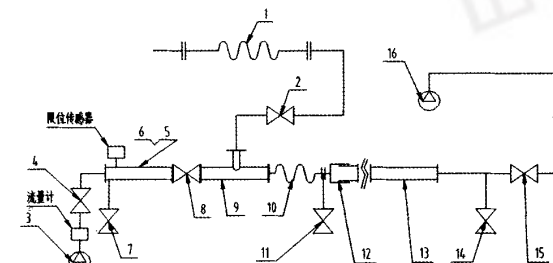


图1 盾构机主要组成

该盾构的出土机理是: 泥水输送系统通过送泥泵, 将低浓度泥浆送至泥水仓, 与盾构机刀盘切削下来的泥土, 经搅拌机搅拌成高浓度泥浆, 再用排泥泵排出, 泵送到泥水处理场地, 处理后再将低浓度泥浆送至泥水仓, 重复此过程进行出土。泥水输送系统采用一进一出—2条 Φ500mm 的管路。上中路越江隧道工作井与隧道最低点高差为 25.2m。送泥系统由 P1.1 泵、1.2 泵 + 若干阀组成, 排泥管路由 P2.1 泵、2.2 泵、P2.3 泵(井底泵) + 若干阀组成, 泵为 Warman 砂砾泵, 型号: GG18-16G; 功率 660kW。盾构掘进时使用接管装置接长管路。

2 接管装置原理

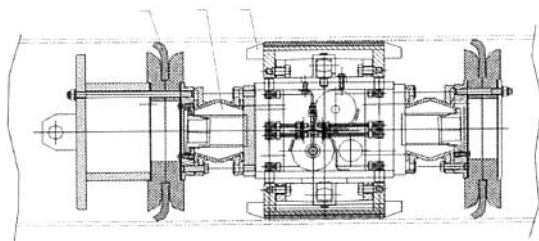
接管装置主要是由塞头、高扬程水泵(3)、软管(1)、伸缩管(12)、阀门若干、流量计、限位传感器以及装拆用起重葫芦等组成, 还利用了 P1.1 泵(16)。见图 2(以送泥回路为例)。



1. 软管一 2. 阀门一 3. 高扬程水泵 4. 阀门二 5. 钢管一 6. 塞头 7. 阀门三 8. 阀门四 9. 三通钢管 10. 软管二 11. 阀门五 12. 伸缩管 13. 钢管二 14. 阀门六 15. 阀门七 16. P1.1 泵

图2 接管装置原理图

高扬程水泵(3)安装在 2 号车架上, 通过软管与阀门二(4)连通, 塞头(6)储藏在钢管一(5)内, P1.1(16)泵安装在地面, 阀门六(14)、阀门七(15)安装在井底, 钢管二(13)固定在隧道壁上, 钢管二即为接长钢管, 其余安装在泥水小车上, 泥水小车安装在 2 号车架上, 且与 2 号车架能作轴向相对移动。接管装置工作原理: 当盾构机掘进时, 阀门二(4)、三(7)、四(8)、五(11)、六(14)为关闭状态, 阀门一(2)、七为开启状态, 泥水从 P1.1 泵(16)经过伸缩管(1)、三通钢管(9)、阀门一(2)、软管一(1)等送至开挖面。2 号车架与盾构机一起向前运动, 泥水移动小车上的伸缩管等管道与固定在隧道壁上的管道相连接, 所以软管二被逐渐往前拉。盾构机掘进 8m 后, 可进行接管: 关闭阀门一(2)、七(15), 开启阀门二(4)、四(8)、六(14), 并且开启高扬程水泵(3), 将储藏在钢管一(5)内的塞头(6)压出, 根据流量计读数, 可控制塞头到过伸缩管位置, 从而将送泥管路隔成两腔。然后, 关闭高扬程水泵(3)、阀门二(4), 开启阀门五(11)排水, 拆去伸缩管(12)与管道的连接, 将泥水移动小车往前开到原始位置, 即可接管。接管完成后, 开启阀门三(7)、阀门七(15)和 P1.1 泵(16), 泥水将塞头压回钢管一内储藏, 当限位传感器动作, 关闭阀门三(7)、阀门七(15)、P1.1 泵(16)和阀门四(8), 开启阀门一(2), 整个接管过程完成。同理可操作排泥回路的接管。塞头的工作原理详见图 3。



1. 密封板 2. 挠性接头 3. 撑靴板

图3 原塞头详图

撑靴板靠连杆机构, 径向可小范围伸缩, 其在压力油作用下, 径向尺寸总朝最大方向, 钢管一(5)是一端有锥度的, 钢管一(5)大端内径比撑靴板撑足时略大, 而撑靴板撑足时, 其直径尺寸比钢管二(接长管道)大。塞头就是依靠撑靴板支撑力所产生的摩擦力, 克服隧道轴线坡度形成的水压力, 密封板主要起密封泥水作用, 挠性接头能使塞头顺利通过图 1 所示的软管二(10)。

由于盾构机从荷兰运回上中路工地, 经检验发现塞头撑靴板的连杆机构等均予以损坏, 考虑到修复非常麻烦, 且即使修复好, 还是很容易损坏, 故经讨论决定对塞头重新设计。

3 塞头的改进设计

塞头是接管器系统的一个重要部件, 为了使新设计的塞

收稿日期: 2006-04-08

作者简介: 王鹤林(1945-), 男, 高级工程师, 副总工程师, 从事隧道机械的设计、研究和制造工作。

头既能达到将泥水管路隔成两腔,又能克服隧道轴线坡度形成的水压力,且维修更换方便。我们还专门为此做了试验。新设计的塞头如图4。

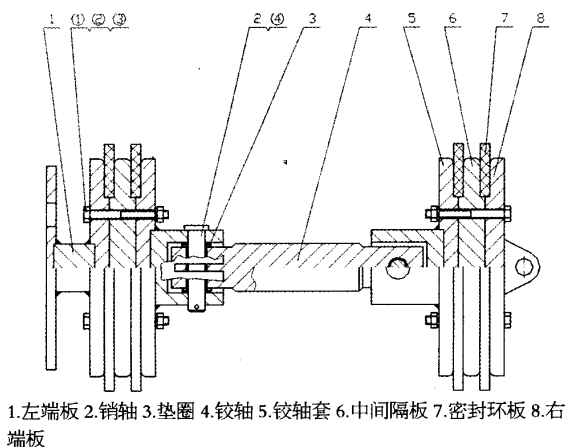


图4 改进设计塞头详图

本设计的铰轴与铰轴套以及与销轴之间有一定间隙,使其具有适当的自由度,以此替代挠性接头,既保证塞头能顺利通过软管二等,又提高了使用寿命。密封环板采用橡塑材料,在其压密条件下,既能密封,又能承受轴向力,密封环板及中间隔板数量可根据所需承受轴向力定。

为了研究密封环板数量与能承受轴向力大小的关系,专门做了试验。试验装置如图5。

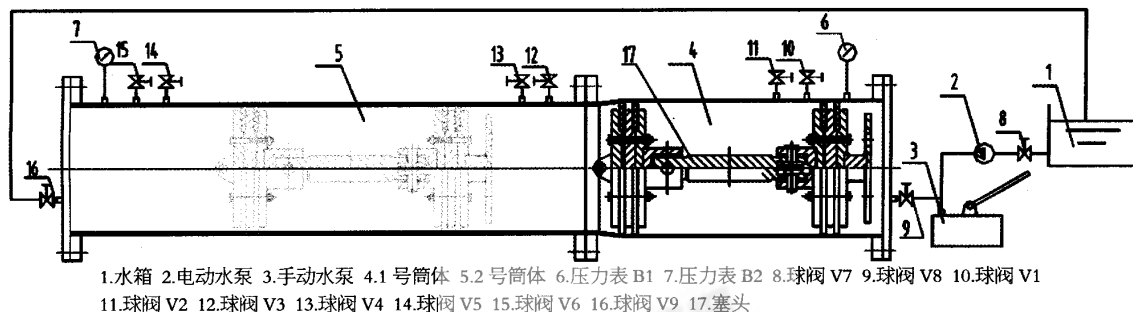


图5 试验装置

试验塞头先采用四块密封环板,方法是:先将塞头(17)置于1号筒体(4),两端盖板盖上,2号筒体(5)内径与实际泥水管道内径相同。从球阀V1(10)、V6(15)处对1号筒体(4)、2号筒体(5)加满水,关闭球阀V1(10)~V6(15),开启球阀V7(8)~V9(16)和水泵,观测并记录塞头在2号筒体内运动时的B1(6)、B2(7)读数;同样方法,将水泵接球阀V9(16)处,把塞头冲回1号筒体(4),观测并记录塞头在2号筒体(5)内运动时的B1(6)、B2(7)读数。重复三次。数据见表1。

表1 密封环板数量与能承受轴向力大小的关系(顺向)

次数	从1号筒体向2号筒体运动			从2号筒体向1号筒体运动		
	B1(MPa)	B2(MPa)	B1-B2(MPa)	B1(MPa)	B2(MPa)	B2-B1(MPa)
1	0.51	0.26	0.25	0.53	0.3	0.23
2	0.51	0.25	0.26	0.53	0.3	0.23
3	0.50	0.25	0.25	0.55	0.31	0.24

该试验结论:塞头从1号筒体(4)向2号筒体(5)运动,能承受0.25MPa压力,从2号筒体(5)向1号筒体(4)运动,能承受0.23MPa压力。为了测试塞头的承受压力的能力和密封

性能,将电动水泵(2)换成手动水泵(3),再进行试验,试验方法是:把塞头压到2号筒体(5),筒体内装满水,开启球阀V8(9)、V6(15),其余球阀全部关闭,撤压手动水泵(3),当球阀V6(15)有水冒出,读取压力表B1(6)数值;再将手动水泵(3)接到球阀V9(16)处试验,同样筒体内装满水,开启球阀V9(16)、V3(12),其余球阀全部关闭,撤压手动水泵(3),当球阀V3(12)有水冒出,读取压力表B2(7)数值。该试验重复2次,数据见表2。

表2 密封环板数量与能承受轴向力大小的关系(逆向)

次数	塞头从2号筒体右向左 B1(MPa)	塞头从2号筒体左向右 B2(MPa)
1	0.27	0.25
2	0.27	0.25

该试验与采用电动水泵所做试验基本一致。

用类似方法还分别对采用二块密封环板、三块密封环板、五块密封环板在清水介质中和配比泥水介质中做了试验,得到了相应的一组数据,对数据进行分析处理,发现密封环板数量与能承受轴向力大小的关系可近似表达为:

$$f = \mu \cdot N \cdot n \cdot k$$

$$F = \pi R^2 \cdot (\Delta P)$$

式中: f —— 轴向摩擦力

μ —— 摩擦系数

N —— 密封环板压密变形产生的径向力

n —— 密封环板数量

k —— 修正系数

F —— 液体压力产生的轴向力

ΔP —— 塞头两端压力差

当 $F > f$ 时,塞头作轴向运动,反之则静止。

基于上中路越江隧道工作井与隧道最低点高差为25.2m,为应急处理在中间安放一只阀门,故实际最大高差仅13m。泥水最大比重以1.5计算,压力为0.195Pma,所以塞头采用4块密封环板,就具有足够的轴向承载能力。

4 结束语

从目前实际使用效果看,修复设计后的接管装置,特别是改进设计的塞头在使用中效果良好,完全达到预期目标。而且上中路越江隧道工程为了降低成本,泥水管道用焊接管代替无缝钢管,在此工况下,塞头仍然适宜。这次改进设计的成功为在其它泥水盾构上使用,积累了经验,为文明施工创造条件,又可增加泥水回用量,其社会效益和经济效益是十分明显。

参考文献

- [1] 广廷洪,汪德涛.密封件使用手册[M].北京:机械工业出版社,1994.12.