

矩形顶管机行星驱动刀盘装置的维修技术

毛志炜

上海隧道工程有限公司盾构工程分公司 上海 200127

【摘要】矩形顶管机是一种特殊形状的顶管机,相比传统的圆形顶管机可以更有效地利用空间。矩形顶管机功能的实现,关键是具备矩形断面的开挖能力,而其得以实现依靠的是其特殊的行星驱动刀盘装置。本文通过对矩形顶管机的行星驱动刀盘装置维修实际案例进行分析,论述了行星驱动刀盘装置的维修技术要点,以填补行星驱动刀盘在维修技术上的空白。

【关键词】矩形顶管;行星驱动刀盘装置;维修技术

前言

随着城市化建设进程的深入,地下空间开发从过去的大规模地铁、越江隧道建设逐渐向多功能、多层次的城市综合功能转变,如过街人行通道、地下商圈联络通道、地铁出入口、交通枢纽换乘通道等。在建设过程中往往会遇到地下设施及管线保护,地面城区建筑保护等问题,拆改迁费用又极为昂贵,因此需要一种施工速度快,对周边环境影响小,造价低的隧道暗挖施工方法,顶管法施工因此得到快速发展,如图1所示。



图1 顶管法施工

矩形顶管机是一种特殊的顶管机,由于顶管法施工多用于人行通道,具有埋深浅、高度要求高等硬性要求,矩形断面的顶管机相较传统的圆形顶管机可以更有效地利用空间,且省去了圆形隧道底部铺平的工作量,不仅省时,还可降低工程造价近20%,如图2所示。矩形盾构施工时噪音低,环境污染小,可以有效解决管线改迁问题,可以用于地下联络通道,地铁出入口,城市综合管廊等地下空间的建设。

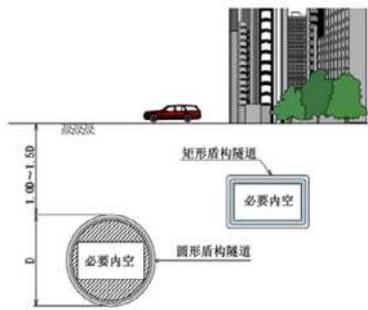


图2 矩形断面对空间的利用更有效

1 矩形顶管机的发展

1981年,日本某公司首先采用了5.23m*4.38m手掘式矩形掘进机,成为世界上首台矩形掘进机。近年来,矩形顶管技术不断发展。1995年,上海隧道工程股份有限公司自主设计制造了2.5m*2.5m试验顶管机,成为我国首台矩形顶管机,如图3所示。1999年采用1台3.8m*3.8m矩形顶管机完成了上海轨道交通二号线陆家嘴站五号口矩形通道,如图4所示。其后国内矩形顶管快速发展,至今已成为最常见的短距离人行地下通道施工方式之一。



图3 2.5m*2.5m 试验顶管机

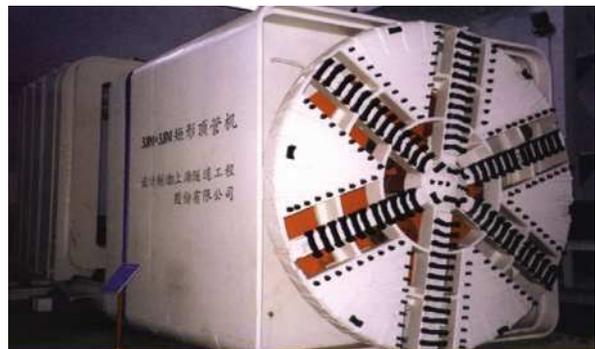


图4 3.8m*3.8m 矩形顶管机

2 行星驱动刀盘装置功能介绍

矩形顶管机的刀盘驱动装置目前分为多刀盘组合型、偏心多轴式仿形刀盘型以及行星驱动刀盘型。其中多刀

盘组合型由多个圆形刀盘组合而成, 存在切削盲区, 如图 5 所示; 偏心多轴式仿形刀盘型虽然可以全断面切削, 但其切削方式为刀盘平动, 对高强度混凝土构件的切削性能较差, 如图 6 所示; 行星驱动刀盘型兼顾了前两者的优点, 正逐渐成为主流。如今, 先进的矩形顶管机配备有传统的主刀盘切削正面土体, 并采用 4 组正方形轨迹的行星驱动刀盘对盲区进行辅助切削, 实现了矩形断面的全断面开挖, 如图 7 所示。



图 5 多刀盘组合型



图 6 偏心多轴式仿形刀盘型



图 7 行星驱动刀盘型

行星驱动刀盘装置的结构如图 8 所示, 由刀盘、驱动总成、土砂密封油脂系统、喷淋系统和电机控制系统组成, 驱动总成主要结构包由 1- 刀盘、2- 传力牛腿、3- 壳体、4- 土砂密封、5- 偏心轴、6- 自转轴承、7- 公转轴承、8- 行星齿轮、9- 行星盘、10- 减速器、11- 电机。它的工作原理是电机 11 旋转, 经减速器 10 减速后带动偏心轴 5 旋转, 偏心轴 5 在自转的同时在行星齿轮 8 的作用下沿行星盘 9 公转, 行星齿轮与行星盘的齿轮比为 3:4, 使刀盘 1 的三个刀盘辐条每自转 120° 时公转 90° , 最终形成了接近正方形的切削轨迹, 如图 9 所示。

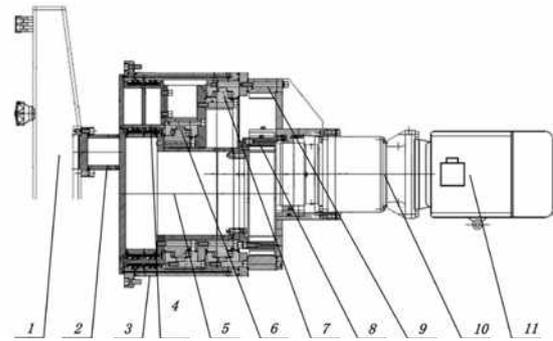


图 8 行星驱动刀盘装置结构

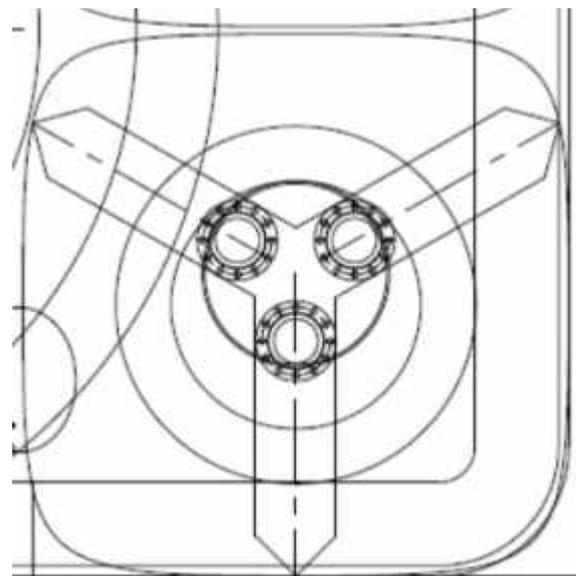


图 9 行星驱动刀盘装置切削轨迹

4 台行星驱动刀盘的开挖面积约占整个开挖面积的 50%, 因此行星驱动刀盘装置的整个可靠性对矩形顶管机的可靠性起到重要作用。然而由于行星驱动刀盘的设计及应用刚刚起步, 首批实际运用的行星驱动刀盘装置陆续超过初装寿命, 因此填补相关行星驱动刀盘装置维修技术在行业的空白, 建立相关维修技术工艺和标准日益重要。

3 行星驱动刀盘装置的维修

行星驱动刀盘装置结构相对常规刀盘驱动装置结构更加复杂。由于其通过公转与自传相互配合实现设计功能, 因此对于维修过程中的组装工艺和步骤有更高的要求。

矩形顶管机行星驱动刀盘装置的维修可以分三个阶段, 即勘验阶段, 修复阶段, 组装调试阶段。下文以在 2019 年宁波某地铁项目车站地下通道建设中, 对其所使用矩形顶管机上的 4 台行星驱动刀盘装置维修保养为案例, 详细分析行星驱动刀盘装置的维修过程中的技术要点。

3.1 勘验阶段

勘验阶段的主要任务是对行星驱动刀盘系统进行彻

底分解,对内部各零配件的状态进行详细检查,以确定维修方案和维修工艺措施。勘验步骤如下:

(1) 检查驱动总成齿轮箱和减速器中的齿轮油油位;

(2) 放出驱动总成齿轮箱和减速器中的齿轮油,并委托有 CMA/CNAS 认证资质的检测机构进行油品检测,检测内容包括理化指标分析、光谱分析、铁谱分析;

(3) 拆除土砂密封油脂系统和喷淋系统的外部管路,单独测试油脂泵和喷淋油泵的工作状态,测试油脂分配器的动作情况;

(4) 拆除行星驱动装置与矩形顶管机之间的连接螺栓,拆除行星驱动刀盘与传力牛腿之间的连接螺栓,将驱动系统总成从矩形顶管机中取出,如图 10 所示。



图 10 取出驱动系统总成

(1) 检查驱动总成外观情况,检查外壳体组件缝隙中是否有异常渗漏油情况,检查所有齿轮油、油脂管路是否有堵塞或损坏情况,检查外部连接螺栓是否有锈蚀、断裂等异常情况;

(2) 拆除电机,并检查轴承震动情况,三相绝缘情况;

(3) 清理刀盘表面的渣土,检查刀盘刀具及表面耐磨焊的磨损情况,检查结构性焊缝是否出现开裂情况,检查刀盘辐条的变形情况;

(4) 拆除减速器及减速器安装底座,对裸露出来的行星盘与行星齿轮的齿轮啮合位置做标记;

(5) 按顺序依次拆除行星盘、行星齿轮、公转轴承、自转轴承、偏心框架、土砂密封安装框架及偏心轴,如图 11 所示,拆除过程中用油性漆做位置标记。



图 11 拆除行星盘

(1) 测量土砂密封磨损量及表面硬度,检测结果作为土砂密封耐久性的参考依据;

(2) 测量土砂密封摩擦面的磨损量,如图 12 所示。



图 12 测量土砂密封摩擦面

(1) 清洗自转轴承和公转轴承,测量自转轴承和公转轴承的轴向和径向游隙;

(2) 拆解自转轴承和公转轴承,清理轴承内的残存油脂,检查滚柱、滚道、保持架是否有表面磨损,测量滚柱直径、滚柱表面硬度、滚道面硬度;

(3) 检查行星盘、行星齿轮、减速器齿轮是否有表面磨损,并检测表面硬度。

3.2 修复阶段

(1) 根据电机检测结果,更换异响或卡组的轴承,对绝缘不佳的进行烘干处理或由专业电机厂家重新绕组修复,对电机的润滑点重新加注 EP3 锂基脂;

(2) 根据齿轮箱和减速器齿轮油油品分析报告进行相应处理,对粘度、颗粒度超标的油品进行更换,对金属颗粒物检测结果超标的进行进一步分析,如齿轮箱齿轮油品铜元素含量超标时重点检查轴承保持架的磨损,分析磨损位置是否为正常,磨损程度是否在可接受范围内,以决定后续修复措施;

(3) 对减速器轴承的润滑点重新加注 EP3 锂基脂。如之前检查中发现减速器齿轮油位偏低,则打开减速器端盖,检查第一道轴封的磨损情况,如存在磨损则进行更换。

(1) 对自转轴承和公转轴承进行彻底清洗,更换磨损严重的滚柱,对损伤的齿轮、滚道面进行抛光修复,磨损严重的由专业厂家进行修复;

(2) 组装修复后的自转轴承和公转轴承,在轴承内涂抹 220 齿轮油防锈,更换轴承内的 O 型密封圈,组装后重新测试游隙,确保测试结果符合国标 GBT 4604-2006;

(3) 拆除土砂密封压板螺钉和压板,拆除 2 道土砂密封内圈和 2 道土砂密封外圈,如图 13 所示,密封拆除后清理密封安装面上的残余胶水。



图 13 拆除土砂密封

(1) 更换全新的4道土砂密封, 安装时重新涂抹洛德 305-1/305-2 环氧胶粘剂;

(2) 清洁土砂密封压板并安装到位, 更换全新的压板螺钉并安装到位, 安装螺钉时涂抹螺纹胶并使用扭矩扳手紧固到预紧扭矩;

(3) 清洗所有驱动总成内部螺栓, 更换损坏螺栓;

(4) 疏通土砂密封仓的油脂通道;

(5) 更换驱动总成内的全部 O 型密封圈和石棉密封垫。

3.3 组装调试阶段

(1) 按顺序依次组装偏心轴、土砂密封安装框架、偏心框架、自转轴承、公转轴承、行星齿轮及行星盘, 如图 14 所示, 组装过程中确保安装标记按原装复原, 全部连接螺栓涂抹螺纹胶并使用扭矩扳手紧固到预紧扭矩;



图 14 组装偏心轴

(2) 复核裸露出来的行星盘与行星齿轮的在标记位置啮合, 如不符合, 则拆出行星盘后旋转行星齿轮及主

轴以调整到正确位置;

(3) 安装减速器底座及减速器, 安装电机;

(4) 单独向土砂密封油脂外部管路接头中加注 EP1 锂基脂, 直至油脂通过土砂密封圈冒出, 用堵头将喷淋系统外部管路全部封堵, 并向驱动总成中加满齿轮油防锈;

(5) 外接变频控制柜, 电机通电, 低速旋转电机, 带动整个行星驱动刀盘装置旋转, 并观察电流, 直至初装土砂密封的压紧力释放至稳定状态, 记录稳定后的电流, 并换算为旋转扭矩, 扭矩最大不应超过 90KNm。

4 实际效果

经上述维修过程, 修复后的 4 台行星驱动装置运行平稳, 参数正常, 并继续投入后续项目的使用已累计 500 小时。

5 结束语

通过对矩形顶管机行星驱动刀盘装置的维修过程总结与分析, 可以发现行星驱动装置的维修与常规掘进机刀盘驱动装置的维修既有共通点也有不同点。在驱动轴承, 土砂密封等维修过程中均可借鉴掘进机刀盘驱动装置的维修的相关经验, 强化过程检测手段和维修标准; 在拆解和组装阶段, 由于行星驱动的结构特殊性, 必须将行星驱动的工作原理、组装要点详细向技术人员与操作人员交底, 避免出现轨迹错误、油脂孔错位等问题。

【参考文献】

- [1] 吴朝来. 盾构螺旋输送机驱动密封故障处理与防护技术 [J]. 隧道建设, 2012 (01): 134-138.
- [2] 杨明金. NFM 盾构主驱动系统减速箱毁坏原因分析及改造 [J]. 现代机械, 2012 (02): 66-68.