

垂直运输管片的自动升降机设计

吴忠明,蔡佳渊,沈海峰,张海东,倪佳

(上海隧道工程有限公司,上海市200127)

摘要:在盾构法隧道施工中,管片由地面至井下的垂直运输一般采用行车吊运,存在运输效率低、安全隐患大等问题。现基于垂直升降机工作原理,介绍一种用于垂直运输管片的升降机,其自动化程度高,并详细阐述了该升降机系统的安全性、同步性、可靠性及适应性设计。该自动化升降机,可大幅提升管片的垂直运输效率,降低安全隐患,在盾构法隧道建造中具有广泛的应用前景。

关键词:管片;垂直运输;自动化控制;升降机

中图分类号:U455.3

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2023)06-0292-03

0 引言

随着我国城市地铁、铁路、大型过江过河隧道工程及引水工程的大规模兴建,隧道工程量也节节攀升,同时对隧道施工效率的要求也越来越高。在整个隧道施工中,盾构施工物料运输是制约隧道施工效率的关键工序,提高物料运输效率迫在眉睫。

隧道施工运输主要包括:渣土、管片以及各种机具设备、材料的运输。选用的运输设备需满足隧道施工计划进度,隧道断面尺寸,施工机具与材料的尺寸、重量等基本要求。

渣土和管片运输效率是决定隧道施工效率的关键工序。目前渣土和管片主要以传统的电机车和行车作为主要运输工具,其运输过程中耗费的人力、物力成本较高,且安全措施也薄弱,经常发生安全问题,同时运输效率也需有待提高。

随着自动化控制技术的不断发展,已有项目将自动化技术运用在隧道施工运输中,但还没形成系统的运用,特别是工作井内垂直运输更没有全面的推广应用。

现针对盾构法隧道施工项目中工作井内管片垂直运输进行研究,将原来传统的管片运输方式进行提升,达到管片运输自动化,并提高隧道施工效率的效果。

1 升降机系统设计目的

考虑到传统管片垂直运输方式存在使用绑带进

收稿日期:2023-02-07

基金项目:上海市数字盾构工程技术中心课题(21DZ2220700)

作者简介:吴忠明(1972—),男,本科,高级工程师,从事盾构设备管理工作。

行吊装的不可靠性、操作人员与悬空管片直接接触的危险性、行车吊装的大空间内移动及人员操作的不稳定性,现通过设计升降机自动运输系统来规避传统方式中暴露出来的问题^[2],实现管片从地面至井下的自动化垂直运输。

2 升降机系统组成

升降机自动运输系统主要由三部分组成。

(1)地面输送机构(喂片机):主要由框架平台,内平移框架,两个内平移油缸,两侧举升梁,4个两侧举升油缸构成。主要功能是将地面的管片输送到指定的吊装位置,喂片机可以同时输送2~3块管片,如图1所示。

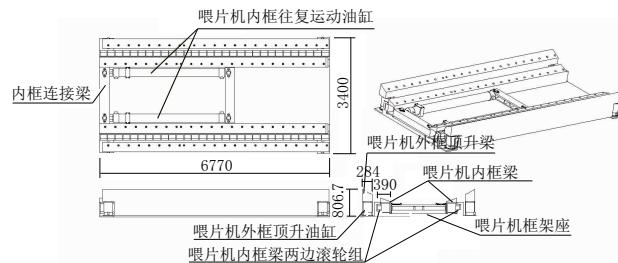


图1 地面喂片机图示(单位:mm)

(2)抓取输送机构,该部分也是整个自动化管片垂直运输系统的核心组件。主要包括:2个30T高速卷扬机、抓取转动机构、抓取框框架、抓钩及抓取油缸等构成,如图2、图3所示。

(3)垂直钢框架,该部分为整个自动化管片垂直运输系统的基本结构框架,采用分段式加工后拼装,连接方式采用法兰板连接,如图4所示。

3 升降机系统运行流程

在运输开始时,只需要操作人员确定系统在安全

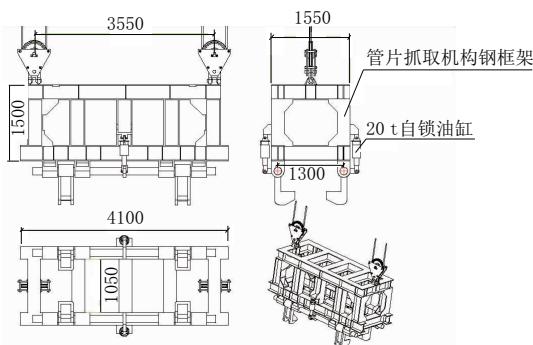


图2 抓取输送机构图示(单位:mm)

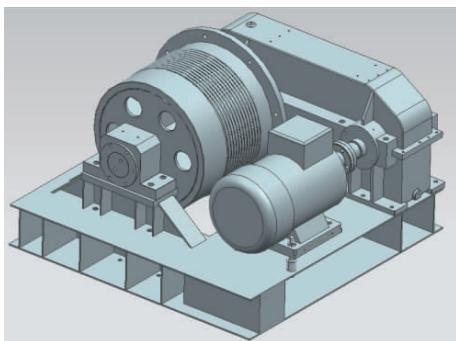


图3 30T高速卷扬机之实景

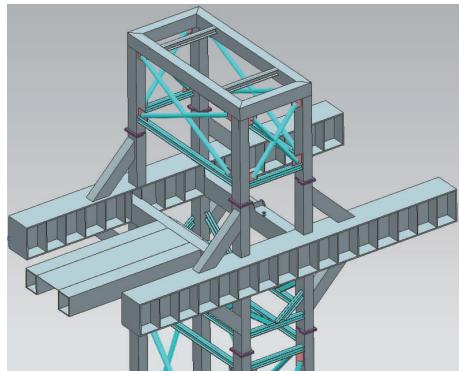


图4 垂直钢框架之实景

运行条件下,同时满足系统运行条件即可开始自动运输工作,将管片从地面运输至井下运输车辆上,如果有任意条件不满足系统运行,通过系统内部连锁条件,自动运输系统将发出报警并不允许启动。具体运行流程如下:

- (1) 管片由行车或地面叉车,放置到地面喂片机指定位置,系统启动。
- (2) 喂片机前行时的辅助托梁开始转动 90°。
- (3) 托梁转动 90°到达位置形成支撑桥架。
- (4) 喂片机内框架运送管片向前运动。
- (5) 喂片机运动,货物到达货仓抓取指定位置。
- (6) 管片抓取机构开始下行。
- (7) 管片抓取机构下行到指定位置。
- (8) 管片抓取机抓取工件。
- (9) 抓取工件后货仓上行 100 mm。

(10) 货仓上行 100 mm 后暂停,等待地面喂片机复位。

(11) 喂片机外梁 4 角油缸向上顶出 100 mm, 喂片机内框上的货物由外梁承载。

(12) 喂片机内框在空载情况下退回复位,同时托举梁转动 90°复位。

(13) 井下安全门打开。

(14) 货仓和管片加速、匀速、减速下行到井下。

(15) 货仓下行到井下地面运输车上。

(16) 管片放置到运输车上,抓取机构松开工件。

(17) 货仓和抓取机构上行复位,井下运输车启动,运走管片。

(18) 井下安全门关闭。

(19) 升降机复位,等待进入下一次循环。

4 升降机系统的安全性设计

安全作为工程施工的前提条件是首先需要考虑的。该系统分别从失速控制、缓冲装置及车辆进出安全 3 个角度实现系统整体的安全性。

4.1 失速控制

卷扬机自带紧急抱死系统。当卷扬机各感应装置感应异常时,自带的紧急故障系统会做出紧急故障警报,并紧急制动,使卷扬机制动器处于抱死制动状态。

4.2 缓冲装置

在钢框架和抓取机构两端设定有弹性吸能装置。在货物接近运输车 50 mm 距离时,弹性吸能装置开始接触作为下降缓冲,如图 5 所示。

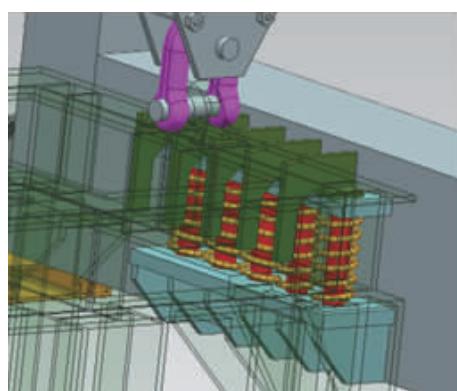


图5 行走轨道四角导轮机构之实景

4.3 井下安全门

设备钢框架底部装有安全门,用以防止管片运输过程中出现管片坠落情况,对现场施工人员及设备造成损伤。当自动抓取机构下降到设定位置,位置传感器会发送信号,通过中央控制系统自动打开底

部安全门(见图6),完成正常运输过程。

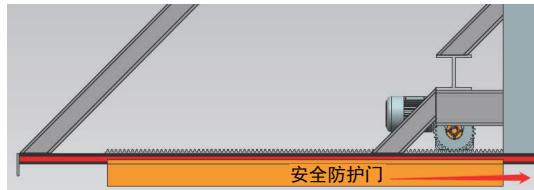


图6 安全防护门之图示

4.4 钢框架结构形变的自动监测

为了确保设备的安全,对设备钢框架钢结构的变形和结构受力进行实时监测(见图7),主要观测内容为:钢框架钢结构的支撑轴力、钢框架钢结构的弯矩。



图7 GI-SM10型振弦式应变计测点安装图

通过对设备钢框架的支撑轴力和弯矩数据的实时采集,并通过云端的网络自动化数据采集系统,用户可以随时随地使用移动设备,如手机、平板电脑或笔记本电脑等接收报警、监测远程设备状态和下载历史数据。当设备钢框架的轴力和弯矩形变出现异常时,可实时监测警报,以做出对设备使用安全的应急处理。

5 升降机系统的可靠性设计

为确保该系统的工作可靠,针对抓取机构及钢框架这两个主要受力部件进行了受力分析。

在抓取机构的载荷与约束计算中,为确保足够的安全系数,在抓取机构的4个支点上每点施加120 kN的力。在抓取机构的应力计算中,最大值达到76 MPa,能够满足使用安全的要求,同时在该情况下整体结构的最大位移点为3.25 mm。因此,在液压锁可靠的前提下,钢结构吊具夹取12 t重物具有较高的安全系数,结构强度可靠。图8为抓取机构静态力学分析图。

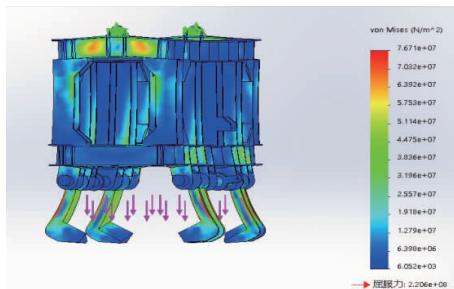


图8 抓取机构静态力学分析图

在钢结构框架的载荷与约束计算中,为确保足够的安全系数,在钢结构框架上方选取2个支点,每个支点施加150 kN的力。在钢结构框架的应力计算中,最大值达到66 MPa,能够满足使用安全的要求,同时在该情况下整体结构的最大位移点为1.53 mm。因此,钢结构吊具在吊20 t重物时具有较高的安全系数,结构强度可靠^[3]。图9为钢框架静态力学分析图。

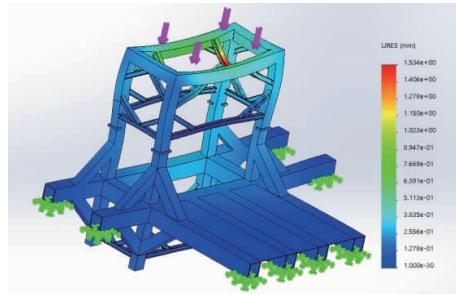


图9 钢框架静态力学分析图

6 升降机系统现场可行性布置

该装置将应用于上海桃浦污水处理厂初期雨水调蓄工程TP1.4标项目。该装置先在工厂内完成预拼装及初步程序调试,再运输至现场进行装配。装配完成再进行整体系统调试(空载、重载)。

通过现场踏勘和实际施工需求,进行现场布置方案的设计(见图10),最终确定以下布置方式:升降系统布置在始发井1#口,地面喂片机布置在始发井左侧,管片将从左侧喂片机运输至升降系统,再由升降机运送至井下电机车。

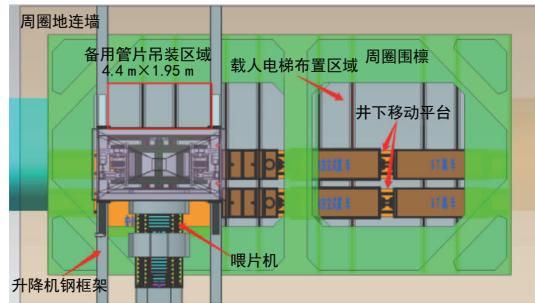


图10 现场布置示意图

7 升降机系统主要参数

升降机系统主要参数见表1所列。

表1 升降机系统主要参数表

| 项目 | 参数 | 备注 |
|----------|---------------------|-----------|
| 外形尺寸 | 4.4 m × 10 m × 40 m | |
| 总重量 | 120 t | 不含油缸、卷扬机等 |
| 单次循环时间 | 4 min | |
| 最大负载 | 20 t | |
| 升降速度(重载) | 30 m/min | |
| 升降速度(空载) | 35 m/min | |

新旧资质标准过渡有何要求？

一是自新标准发布之日起，申请建设工程质量检测机构资质的单位应按照新标准提出申请。对于新标准发布之日前已经受理尚未作出许可决定的资质申请事项，申请建设工程质量检测机构资质的单位可以按照原标准要求继续申请，或者按照新标准重新提出申请。按照原标准要求进行办理的，颁发资质证书有效期至2024年7月31日；按照新标准要求进行办理的，资质证书有效期5年。

二是自新标准发布之日起至2024年7月31日为过渡期。过渡期内，建设工程质量检测机构资质证书到期的，资质证书统一延期至2024年7月31日。

三是按照原标准取得建设工程质量检测机构资质的检测机构应在2024年7月31日前按新标准申请重新核定。逾期未办理重新核定的检测机构，原资质证书作废。

如何做好《资质标准》的贯彻落实？

习近平总书记在党的二十大报告中强调，要加快建设质量强国，要实现好、维护好、发展好最广大人民根本利益，增进民生福祉，提高人民生活品质。倪虹部长在全国住房和城乡建设工作会议上指出，要健全工程质量保障体系，推进工程质量检测数字化监管。强化建设工程质量检测管理是贯彻落实党中央、国务院决策部署的重要举措，是加快建设质量强国、维护最广大人民根本利益、提高人民生活品质的有效途径，是健全工程质量保障体系、提高建筑工程品质、推动建筑业高质量发展的有力支撑。各地要高度重视，坚决把思想和行动统一到党中央、国务院建设质量强国决策部署上来，当好贯彻落实党中央决策部署的执行者、行动派、实干家，牢牢抓住让人民群众安居这个基点，深刻认识《资质标准》的出台对健全工程质量保障体系、加快建设质量强国、提高人民生活品质的重要意义，切实把各项工作贯彻好、落实好。

一是强化组织领导。各地要进一步提高政治站位，高度重视建设工程质量检测机构资质管理工作，建立健全领导机制和工作机制，加强统筹协调，做好资质衔接过渡，确保检测市场平稳有序。

二是抓好贯彻落实。各地要根据实际情况，制定资质就位具体实施措施，认真抓好贯彻落实，强化工程质量检测行业资质管理，加强检测机构监督检查，保证《资质标准》各项要求落到实处。

三是做好宣贯引导。各地要认真做好《资质标准》解读，加强宣贯培训，认真学习《资质标准》精神，强化社会舆论引导，营造良好的社会氛围。

来源：住房和城乡建设部网站

(上接第294页)

8 结语

通过对传统工作井内管片运输方式进行提升、优化，设计的升级机自动运输系统，具有运输速度快、安全性高、自动化程度高的特点，使得管片垂直运输作为盾构施工环节中的重要一环能够高效、安全地运行。

参考文献：

- [1] 周文波.盾构法隧道施工技术及应用[M].中国建筑工业出版社,2004.
- [2] 廖腾勇,周文飞.特殊环境下自动收放系统的设计[J].舰船电子工程. 2009(9):205-207.
- [3] 张学军.城市大直径泥水盾构施工辅助设备配备[J].隧道建设,2008, 28(3):4.
- [4] 杜亚娥.盾构后配套设备选用原则的考虑[J].建设机械技术与管理, 2009(2):105-107.