

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

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。

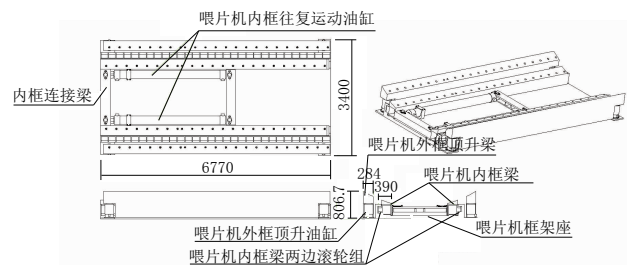


图1 地面喂片机图示(单位:mm)

(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

收稿日期:2023-02-07

基金项目:上海市数字盾构工程技术创新中心课题(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。

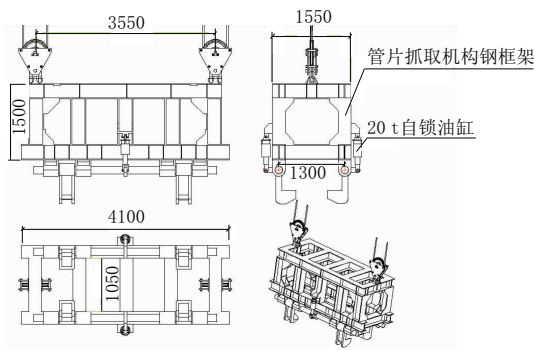


图2 抓取输送机构图示(单位:mm)

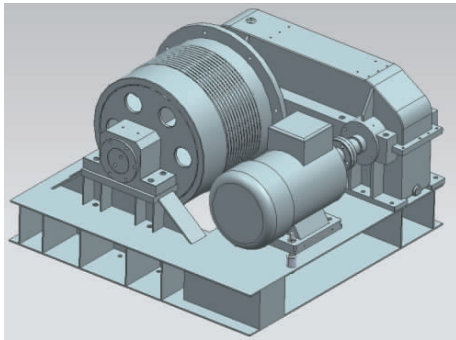


图3 30T 高速卷扬机之实景

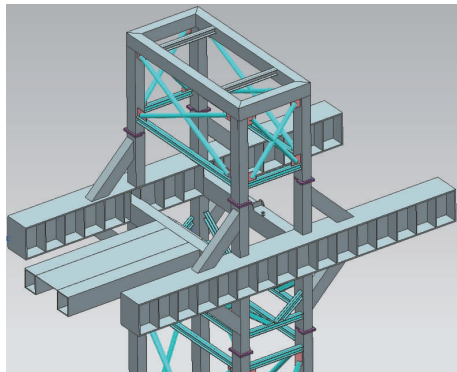


图4 垂直钢框架之实景

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。

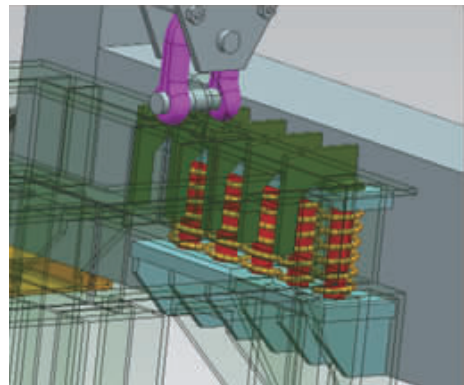


图5 行走轨道四角导轮机构之实景

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。

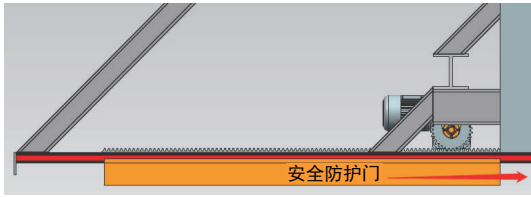


图6 安全防护门之图示

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: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,针对抓取机构及钢结构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。

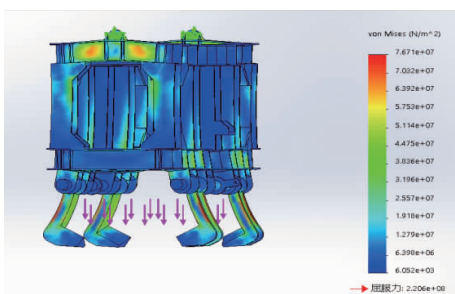


图8 抓取机构静态力学分析图

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。

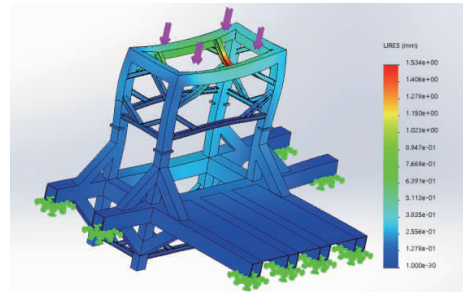


图9 钢框架静态力学分析图

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。

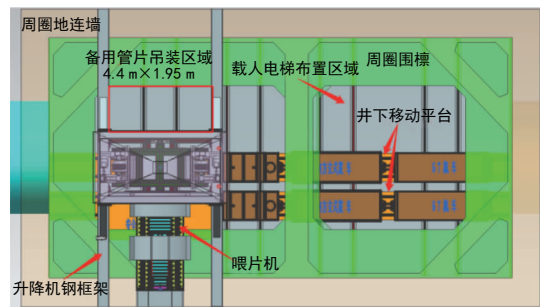


图10 现场布置示意图

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	

(下转第299页)

