



中华人民共和国国家标准

GB/T 40122—2021

全断面隧道掘进机 矩形土压平衡顶管机

Full face tunnel boring machine—
Rectangular earth pressure balance pipe jacking machine

2021-05-21 发布

2021-12-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本参数与型号 4

 4.1 基本参数 4

 4.2 型号 4

5 技术要求 4

 5.1 一般要求 4

 5.2 刀盘与刀具 5

 5.3 刀盘驱动单元 5

 5.4 盾体 5

 5.5 顶推装置 5

 5.6 顶铁、顶环、后靠及始发机架 6

 5.7 螺旋输送机 6

 5.8 中继间 6

 5.9 纠偏系统 6

 5.10 辅助系统 6

 5.11 液压系统 7

 5.12 电气系统 7

 5.13 数据采集系统 7

 5.14 导向系统 7

 5.15 职业健康与环境安全 8

6 试验方法 8

 6.1 试验条件 8

 6.2 目测检查 8

 6.3 数据采集 8

 6.4 开挖尺寸 8

 6.5 刀盘与刀具 8

 6.6 刀盘驱动单元 11

 6.7 盾体 11

 6.8 顶推装置 14

 6.9 顶铁与后靠 14

 6.10 螺旋输送机 14

 6.11 中继间最大顶推速度 14

 6.12 纠偏系统 14

 6.13 辅助系统 14

6.14 污染度检测 15

6.15 电气系统 15

6.16 气体检测 15

6.17 急停检查 15

7 检验规则..... 15

7.1 检验分类 15

7.2 出厂检验 15

7.3 工地检验 16

7.4 型式检验 17

7.5 判定规则 17

8 随行文件和产品维护保养手册..... 17

8.1 随行文件 17

8.2 产品维护保养手册 17

9 标志、包装和运输 17

9.1 标志 17

9.2 包装和运输 18

附录 A（资料性） 顶管机顶推力计算方法 19

附录 B（资料性） 纠偏力计算方法 20

附录 C（资料性） 检查记录表 23

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国建筑施工机械与设备标准化技术委员会(SAC/TC 328)归口。

本文件起草单位：中铁工程装备集团有限公司、石家庄铁道大学、大连理工大学、江苏广泓重工设备有限公司、中国水利水电第三工程局有限公司、盾构及掘进技术国家重点实验室、中国铁建重工集团股份有限公司、中交天和机械设备制造有限公司、北方重工集团有限公司、上海隧道工程有限公司机械制造分公司、北京建筑机械化研究院有限公司、安徽唐兴机械装备有限公司。

本文件主要起草人：李建斌、贾连辉、郭京波、卓普周、余彬泉、霍军周、王琪、李凤远、麻成标、杨辉、周俊、顾建江、刘双、唐飞、范磊、潘存治、丁谢君、李东锋、李宏波、王宇飞、靳党鹏、王义、石元奇、姚宝、孙艳秋。

全断面隧道掘进机 矩形土压平衡顶管机

1 范围

本文件规定了矩形土压平衡顶管机的术语和定义、基本参数与型号、技术要求、试验方法、检验规则、随行文件、标志、包装和运输。

本文件适用于矩形土压平衡顶管机(以下简称顶管机)。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 3766 液压传动 系统及其元件的通用规则和安全要求
- GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用技术条件
- GB 5226.3 机械安全 机械电气设备 第11部分:电压高于1 000 V a.c.或1 500 V d.c.但不超过36 kV的高压设备的技术条件
- GB/T 6388 运输包装收发货标志
- GB/T 7932 气动 对系统及其元件的一般规则和安全要求
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 14039—2002 液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号
- GB/T 17301 土方机械 操作和维修空间 棱角倒钝
- GB/T 20082 液压传动 液体污染 采用光学显微镜测定颗粒污染度的方法
- GB/T 34354—2017 全断面隧道掘进机 术语和商业规格
- GB/T 34651—2017 全断面隧道掘进机 土压平衡盾构机
- GB/T 37400.3 重型机械通用技术条件 第3部分:焊接件
- GB/T 37400.10 重型机械通用技术条件 第10部分:装配
- GB/T 37400.11 重型机械通用技术条件 第11部分:配管
- GB/T 40127—2021 全断面隧道掘进机 顶管机安全要求
- GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准
- GB 50168—2018 电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准
- JB/T 10205 液压缸

3 术语和定义

GB/T 34354—2017、GB/T 34651—2017 和 GB/T 40127—2021 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

顶管机 pipe jacking machine

具有前部开挖、盾体支撑功能,通过顶推系统将管节和主机一同顶进的全断面隧道掘进机。

注: 包括敞开式顶管机、土压平衡顶管机及泥水平衡顶管机。

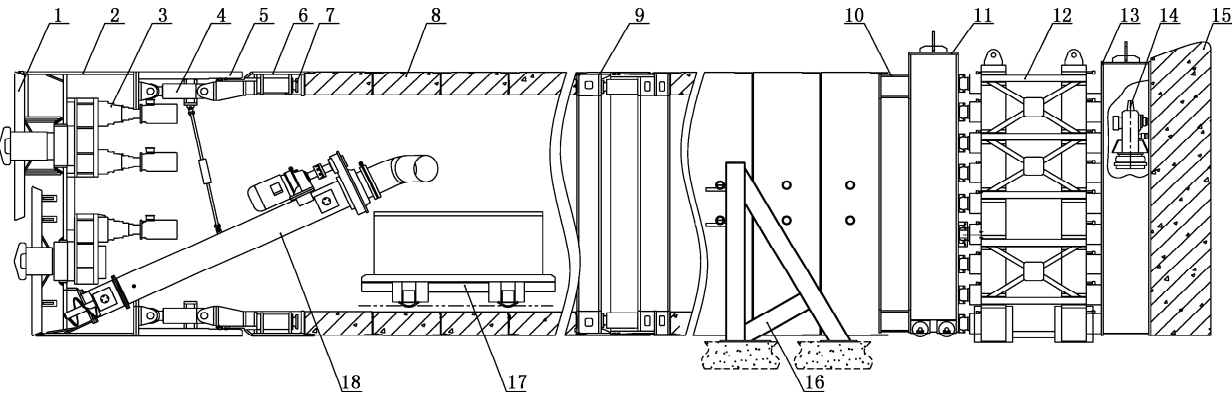
[来源:GB/T 34354—2017, 2.17]

3.2

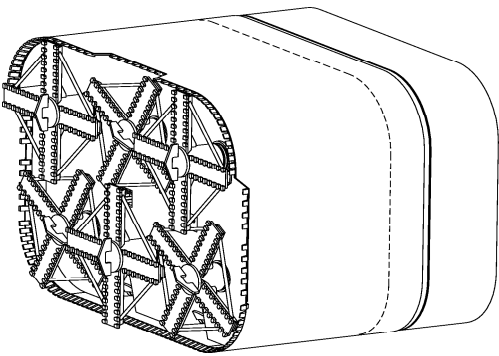
矩形土压平衡顶管机 rectangular earth pressure balance pipe jacking machine

以渣土为主要介质平衡隧道开挖面地层压力,并通过螺旋输送机出渣的矩形断面顶管机(见图 1)。

注: 矩形断面包括圆角矩形、类矩形等。



a) 剖视图



b) 主机轴测图

标引序号说明:

- 1——刀盘;
- 2——前盾;
- 3——刀盘驱动单元;
- 4——纠偏系统;
- 5——中盾;
- 6——尾盾;

- 7 ——脱离装置;
- 8 ——管节;
- 9 ——中继间;
- 10——顶环;
- 11——顶铁;
- 12——顶推装置;

- 13——后靠;
- 14——导向系统;
- 15——反力墙;
- 16——止退装置;
- 17——渣车;
- 18——螺旋输送机。

图 1 矩形土压平衡顶管机结构示意图

3.3

标称尺寸 nominal size

前盾断面尺寸最大值。

3.4

开挖尺寸 excavation size

最大开挖包络尺寸。

3.5

装机功率 installed power

整机用电设备额定功率的总和。

[来源:GB/T 34651—2017,3.4]

3.6

后闸门 discharge gate

螺旋输送机出渣闸门。

[来源:GB/T 34651—2017,3.9]

3.7

脱离装置 separate device

隧道贯通后,将顶管机主机与管节分离的装置。

3.8

顶推装置 thrust equipment

安装在工作井内,用于顶管机主机和管节前进并且不随主机前进的动力装置。

注:由顶推液压缸、液压缸支架、阀组、泵站、行程测量装置等组成。

[来源:GB/T 34354—2017,2.43,有修改]

3.9

顶铁 jacking block

当顶管施工需求的单次顶进长度超过顶推液压缸行程时,安装在液压缸与管片或液压缸与顶环之间以实现所需行程的辅助推进顶块。

[来源:GB/T 40127—2021,3.7]

3.10

顶环 thrust ring

将顶推液压缸顶推力均匀传递给管节的装置。

[来源:GB/T 40127—2021,3.8]

3.11

后靠 jacking base

安装在顶推液压缸与反力墙之间,使反力均匀的施加在反力墙上的装置。

[来源:GB/T 40127—2021,3.9]

3.12

止退装置 hold back equipment

安装在洞门两侧,通过机械方式固定并防止已顶进管节后退的结构。

[来源:GB/T 40127—2021,3.6]

3.13

中继间 intermediate station

顶管机顶推系统能力不足时,随管节一同前进的接力顶进装置。

注:主要由前后壳体、液压缸、泵站、行程测量装置等组成。

[来源:GB/T 34354—2017,2.44,有修改]

3.14

纠偏系统 steering system

用于调整顶管机轴向姿态的装置。

注:由纠偏液压缸、纠偏密封、泵站等装置组成。

[来源:GB/T 40127—2021,3.3,有修改]

4 基本参数与型号

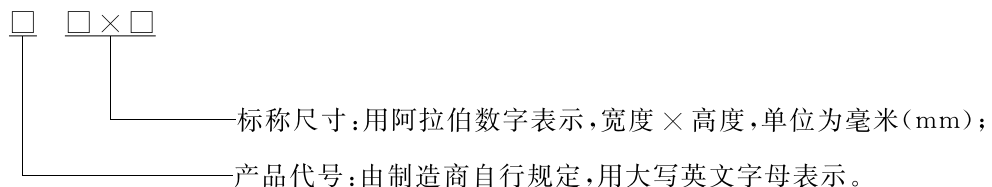
4.1 基本参数

矩形土压平衡顶管机基本参数如下:

- 标称尺寸,单位为毫米(mm);
- 开挖尺寸,单位为毫米(mm);
- 刀盘最大转速(各刀盘分别表示),单位为转每分钟(r/min);
- 刀盘驱动功率(各刀盘分别表示),单位为千瓦(kW);
- 设计最大顶推速度,单位为毫米每分钟(mm/min);
- 最大顶推力,单位为千牛(kN);
- 适应管节尺寸(外轮廓最大尺寸),单位为毫米(mm);
- 主机长度,单位为米(m);
- 主机质量,单位为千克(kg);
- 最小水平转弯半径,单位为米(m);
- 允许最大坡度,%;
- 最大不可分割件质量,单位为千克(kg);
- 最大不可分割件尺寸(长×宽×高),单位为毫米(mm);
- 最大工作压力,单位为兆帕(MPa);
- 装机功率,单位为千瓦(kW);
- 最大纠偏力,单位为千牛(kN);
- 纠偏角度,单位为度(°)。

4.2 型号

产品型号由产品代号和主参数组成,主参数为标称尺寸,其表示方法如下:



5 技术要求

5.1 一般要求

- 5.1.1 焊接件应符合 GB/T 37400.3 的规定。
- 5.1.2 装配应符合 GB/T 37400.10 的规定。
- 5.1.3 管路装配应符合 GB/T 37400.11 的规定。

- 5.1.4 开挖轮廓尺寸单侧偏差范围应为 $0 \sim +3$ mm。
- 5.1.5 部件不能满足运输要求时应进行分块设计。
- 5.1.6 顶管机应能在工作环境温度 $5\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度小于 90% 的条件下正常使用。

5.2 刀盘与刀具

- 5.2.1 刀盘系统可由多个刀盘单元组成,应具备矩形断面切削能力。
- 5.2.2 同一刀盘正面刀的刀刃高度偏差不应大于 2 mm。
- 5.2.3 刀盘的强度和刚度应满足设计要求。
- 5.2.4 刀盘最外侧刀具相对于前盾高差应满足设计要求。
- 5.2.5 除刀盘最外侧刀具外,其他刀具的安装位置应满足:
 - a) 圆形刀盘刀具半径偏差为 ± 2 mm;
 - b) 偏心摆动刀盘刀具位置度公差为 $\phi 3$ mm(基准为刀盘面板旋转中心)。
- 5.2.6 刀盘最外侧刀具安装位置应满足开挖轮廓尺寸偏差要求。
- 5.2.7 刀盘宜设置运动位置指示装置。
- 5.2.8 刀盘宜设置搅拌装置和用于渣土改良的注入孔。
- 5.2.9 刀盘内部管路耐压性能应符合 GB/T 37400.11 的规定。

5.3 刀盘驱动单元

- 5.3.1 各驱动单元轴承设计寿命不宜小于 10 000 h。
- 5.3.2 脱困扭矩不应小于最大工作扭矩的 1.2 倍。
- 5.3.3 应能够双向运动,宜具有无级调速功能,最大转速应满足设计要求。
- 5.3.4 采用变频电机驱动时宜具有慢速点动功能。
- 5.3.5 油脂密封润滑系统应具备压力检测报警功能及漏脂检测功能,并具有流量调节功能。
- 5.3.6 刀盘驱动系统与顶推系统顶推模式应具有联锁控制功能。

5.4 盾体

- 5.4.1 盾体外轮廓尺寸偏差、形状偏差(平面度、垂直度、圆柱度)应符合设计要求。
- 5.4.2 盾体的强度和刚度应满足设计要求。
- 5.4.3 基于功能需求,盾体设计宜满足下列要求:
 - a) 土仓隔板预留风、水、电通道和渣土改良注入孔;
 - b) 盾体环周设置减摩剂注入孔;
 - c) 盾体布置能够检测周侧土压的土压传感器。
- 5.4.4 土仓隔板应布置有检测土仓压力的土压传感器。
- 5.4.5 土压传感器宜满足带压更换需要。
- 5.4.6 根据地质工况需求,盾体和土仓隔板可设置超前注浆孔。
- 5.4.7 施工地质富含水时,宜配置前闸门。
- 5.4.8 根据地质工况需求,盾体可配置人舱,人舱应符合 GB/T 34651—2017 中 5.5 的规定。
- 5.4.9 根据运输、吊装的重量及尺寸限制要求,盾体可分块设计。
- 5.4.10 盾体设计应为导向系统预留测量通道。

5.5 顶推装置

- 5.5.1 最大顶推力应满足设计要求,顶管机顶推力计算方法参见附录 A。
- 5.5.2 顶推液压缸中心轴线宜与管节厚度中心重合。

- 5.5.3 最大顶推速度应满足设计要求。
- 5.5.4 顶推模式下的顶推液压缸伸出速度应连续可调。
- 5.5.5 管片安装模式下的顶推液压缸伸缩速度应满足设计要求。
- 5.5.6 顶推装置左右两侧应配置顶推行程测量装置。

5.6 顶铁、顶环、后靠及始发机架

- 5.6.1 顶铁应满足传递顶力、便于出渣和人员出入等需求。
- 5.6.2 顶环应与管节匹配。
- 5.6.3 顶铁、顶环的强度和刚度应满足顶推要求,宜配置顶推液压缸向后回拉装置。
- 5.6.4 后靠面积应满足最大顶推力条件下反力墙的承载能力要求。
- 5.6.5 后靠应具有足够的刚度和强度。
- 5.6.6 始发机架上导轨的平面度和直线度不应低于 GB/T 37400.3 中 E 级的规定。
- 5.6.7 始发机架可选用钢混基础直接铺轨形式或钢台架基础铺轨形式,应保证轨道的刚度和强度符合设计承载要求。
- 5.6.8 始发机架宜设置上下、左右调整装置。

5.7 螺旋输送机

- 5.7.1 设计最大出渣量应满足最大顶推速度时的出渣需要。
- 5.7.2 依据矩形开挖断面大小,配置螺旋输送机数量。
- 5.7.3 应具有双向旋转和无级调速功能,最大转速应满足设计要求。
- 5.7.4 后闸门应具有开度调节及断电自动关闭功能,断电自动关闭时间不应大于 20 s。
- 5.7.5 应设置渣土改良注入孔和检修窗口。
- 5.7.6 施工地质富含水时,宜配置双后闸门。

5.8 中继间

- 5.8.1 在顶推距离较长,反力墙、管节承载能力有限时,应设置中继间分散顶力。
- 5.8.2 中继间顶推力应整体满足接力顶推需求,中继间顶推力计算方法参见附录 A。
- 5.8.3 中继间最大顶推力应小于管节的允许顶力。
- 5.8.4 最大顶推速度应满足设计要求。
- 5.8.5 顶推液压缸伸出速度应连续可调。
- 5.8.6 壳体结构设计应充分考虑施工完成进行拆解后复原管节的工艺,满足强度的需求。
- 5.8.7 应具有铰接密封结构,采用密封性能可靠、密封圈压紧度可调及可更换的密封装置。
- 5.8.8 应配置顶推行程测量装置。

5.9 纠偏系统

- 5.9.1 应满足隧道施工调向要求,顶管机纠偏力计算方法参见附录 B。
- 5.9.2 纠偏液压缸有效行程应满足设计最大纠偏角度的需求。
- 5.9.3 宜采用分区控制。
- 5.9.4 应配置行程测量装置。

5.10 辅助系统

- 5.10.1 渣土改良系统改良剂注入宜采用单管单泵形式。
- 5.10.2 具备减摩剂注入功能的顶管机,注入孔阀门宜采用并联分组、单组可控模式。

- 5.10.3 水系统额定压力不应低于 0.5 MPa。
- 5.10.4 气动系统应符合 GB/T 7932 的规定。
- 5.10.5 空气压缩机额定压力不应低于 0.8 MPa,空气压缩机排气量应不低于顶管机用气设备同时工作时最大用气量的 1.5 倍。
- 5.10.6 顶管机宜设置止退装置。
- 5.10.7 止退装置的强度和刚度应满足最小掘进距离、最大土仓压力状态时的止退要求。
- 5.10.8 顶管机应配置脱离装置,在隧道贯通时应能将主机与管节分离。
- 5.10.9 脱离装置应布置于尾盾,可选用液压缸形式或机械形式。

5.11 液压系统

- 5.11.1 液压系统应符合 GB/T 3766 的规定。
- 5.11.2 液压缸应符合 JB/T 10205 的规定。
- 5.11.3 应设置液压油油温检测装置。
- 5.11.4 油液固体颗粒污染等级应不低于 GB/T 14039—2002 中规定的一/18/15 等级。

5.12 电气系统

- 5.12.1 低压配电系统平均功率因数不应低于 0.9。
- 5.12.2 低压供配电应具有两级漏电保护、短路保护、过载保护、缺相保护和相序保护功能。
- 5.12.3 高压开关柜应具有短路、过载等保护功能,宜具有外部分励脱扣装置。
- 5.12.4 刀盘驱动电机、照明灯具和电气设备外壳防护等级不应低于 IP55。
- 5.12.5 控制系统应采用集散方式,通信系统应采用现场总线网络方式。
- 5.12.6 控制电源应采用稳压电源。
- 5.12.7 盾体内部及主控室内的照度不应低于 100 lx。
- 5.12.8 通道应配置应急照明设备,应急照明最低照度不应小于 15 lx,应急照明时间不应少于 1 h。
- 5.12.9 电气设备及线路的绝缘电阻应符合 GB 50150 的规定。
- 5.12.10 电缆的敷设应符合 GB 50168—2018 中 6.1、6.3、6.4、7.1、7.2 的规定。
- 5.12.11 主机应预留电源插座。
- 5.12.12 始发井内管节安装处线缆宜具备快速分合装置。
- 5.12.13 电缆连接应设置明确标识,电缆接头应具有防误插、误拔功能。

5.13 数据采集系统

- 5.13.1 应具有实时监控、报警、实时/历史曲线显示以及重要操作和重要历史数据的记录及查询、数据报表生成等功能。
- 5.13.2 信息储存容量不应小于 500 GB。
- 5.13.3 应有远程数据传输接口。
- 5.13.4 应配置不间断电源,不间断电源的供电时间应不低于 1 h。
- 5.13.5 数据采集线缆应屏蔽保护。

5.14 导向系统

- 5.14.1 宜具有设计轴线管理、空间位置检测、姿态检测、图形显示、测量基点校核及与主机控制系统通信的功能。
- 5.14.2 直线段有效测量距离不应小于最长顶推距离。

5.15 职业健康与环境安全

- 5.15.1 顶管机安全要求应符合 GB/T 40127—2021 的规定。
- 5.15.2 主控室应具有隔热、隔音、减振功能,并配置空调设备,主控室内的噪声不应大于 70 dB(A)。
- 5.15.3 电气装置应符合 GB/T 5226.1、GB 5226.3 的要求。
- 5.15.4 高压电设备应配置防护隔离装置。
- 5.15.5 操作维护区域内的棱角应符合 GB/T 17301 的规定。
- 5.15.6 声音报警装置输出的最低声级值应比施工环境噪声至少高出 10 dB(A)。
- 5.15.7 顶管机主机内应配置气体检测装置,至少能检测 O_2 、 CH_4 、CO 和 H_2S 气体的浓度。
- 5.15.8 在存在安全风险且人员易于接触的区域应设置急停装置。
- 5.15.9 应配置检测盾体滚转角度的装置。
- 5.15.10 螺旋输送机出渣口、始发井洞口、中继间范围宜配置视频监视设备,并在主控室设置显示终端。
- 5.15.11 应在液压泵站、供配电单元、控制室区域设置灭火器,并应根据可能的火灾类型选用适合的灭火剂。

6 试验方法

6.1 试验条件

- 6.1.1 环境温度宜为 $5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 6.1.2 试验场地应满足承载顶管机要求。
- 6.1.3 试验用仪器仪表应校准,仪器仪表包括:全站仪、钢卷尺、钢直尺、直角尺、吊线锤、秒表、兆欧表、照度仪、声级计等。

6.2 目测检查

- 6.2.1 检查范围包括顶管机的布置状态、动作状态和显示状态,包括水系统额定压力数值显示、空气压缩机额定压力显示、主控室视频显示终端状态。
- 6.2.2 检查不应拆解部件。

6.3 数据采集

试验检测时,单项数据采集不应少于 3 次,取平均值。

6.4 开挖尺寸

将刀盘安装到顶管机上,选定并标识水平及垂直方向基点,旋转各刀盘,使用全站仪测量各刀盘最外侧刀具包络尺寸。

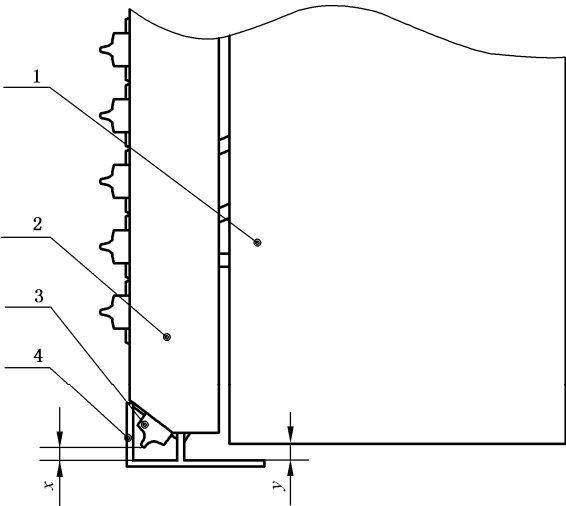
6.5 刀盘与刀具

6.5.1 高差检测

检测步骤如下:

- a) 旋转各刀盘直至边刀到达最边缘位置,检测装置固定在刀盘最外侧刀具的位置,见图 2;
- b) 用钢直尺测量最外侧刀具刀刃与检测装置的最小距离 x ,测量结果记入表 C.1;
- c) 以前盾为参照依据刀盘类型及分布分为若干个检测区域,用钢直尺测量各区域检测装置与前

盾的最小距离 y ，测量结果记入表 C.1。



标引序号说明：
1——前盾； 2——刀盘； 3——最外侧刀具； 4——检测装置。

图 2 刀具相对前盾高差检测示意图

6.5.2 刀具安装位置测量

- 检测步骤如下：
- a) 将刀盘水平放置，以法兰面为基准调至水平；
 - b) 将测量工装固定于刀盘基准点，一般取外面板回转中心，调平工装测量面；
 - c) 配合直角尺测量刀具最高点的位置尺寸，见图 3、图 4；
 - d) 依据刀盘类型及设计要求，刀具位置尺寸可依据圆柱坐标（高度 h 、半径 r 、角度 α ）或直角坐标系（ x 、 y 、 z 坐标）来测量。回转体刀盘宜采用圆柱坐标来测量，如圆盘刀盘（见图 3）；仿形摆动刀盘宜采用直角坐标系来测量（见图 4）。

6.5.3 管路耐压

按 GB/T 37400.11 中的方法进行刀盘内部管路耐压试验。

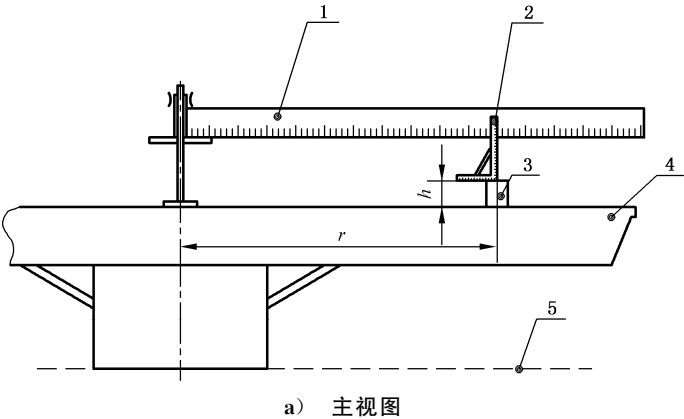
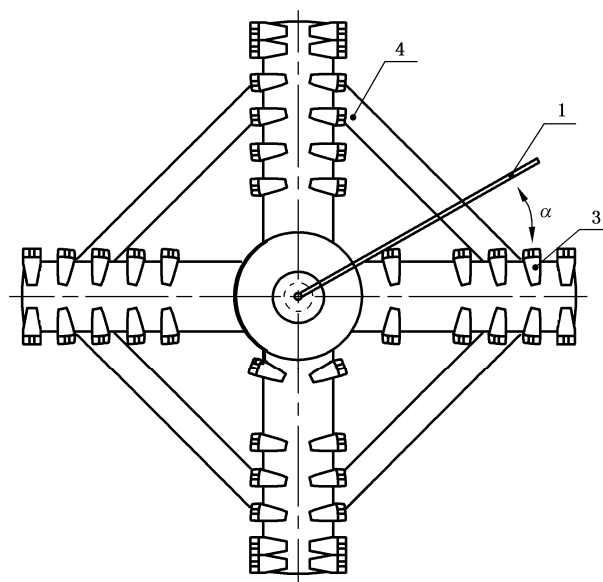


图 3 圆盘刀盘刀具位置尺寸检测示意图

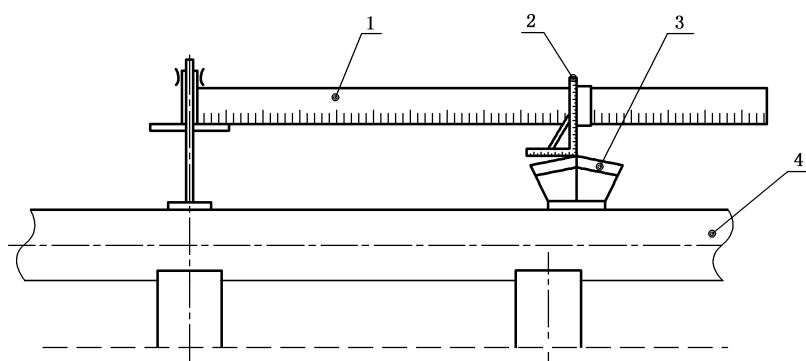


b) 俯视图

标引序号说明：

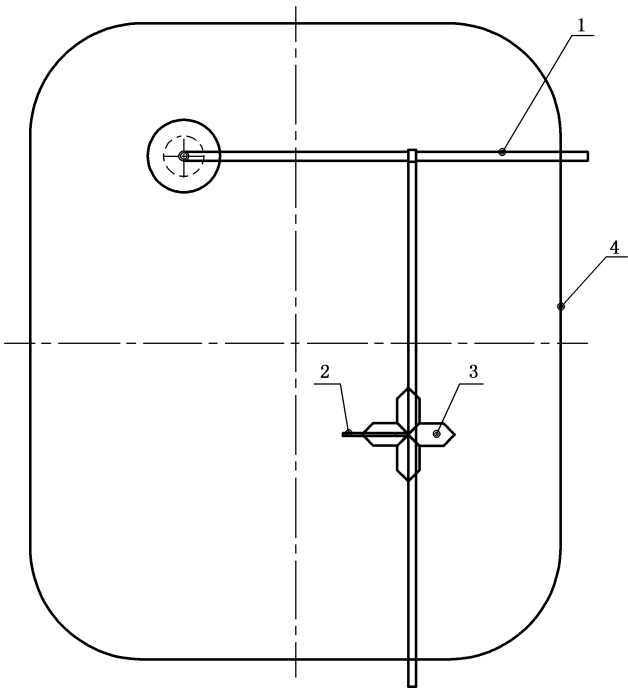
- 1——测量工装；
- 2——直角尺；
- 3——刀具；
- 4——圆盘刀盘；
- 5——水平基准面。

图 3 圆盘刀盘刀具位置尺寸检测示意图（续）



a) 主视图

图 4 摆动刀盘刀具位置尺寸检测示意图



b) 俯视图

- 标引序号说明：
- 1——测量工装；
 - 2——直角尺；
 - 3——刀具；
 - 4——摆动刀盘；
 - 5——水平基准面。

图 4 摆动刀盘刀具位置尺寸检测示意图（续）

6.6 刀盘驱动单元

6.6.1 主轴承寿命

检查并核对主轴承厂家提供的寿命计算文件。

6.6.2 最大转速

刀盘顺/逆时针旋转，转速达到最大且旋转平稳后，用秒表记录各个刀盘旋转（或摆动）3 圈的时间，计算刀盘正/反转最大转速，并与设计值进行比对。

6.6.3 联锁控制

在驱动系统启动和关闭情况下，测试顶推系统顶推模式是否能够开启。

6.7 盾体

6.7.1 盾体外轮廓尺寸

6.7.1.1 盾体轮廓直线段检测方法如下：

- a) 将盾体放置在水平平台上,将测量工装导轨固定于盾体顶部并且与盾体两对面(S_1 、 S_3)平行,见图 5 a);
- b) 将吊线锤固定于测量工装直尺(与导轨垂直)上,距离盾体外 30 mm~50 mm 处,使线锤方向与直尺上的整数刻度线重合,见图 5 b);
- c) 直尺沿导轨滑动,在盾体轮廓直线段每隔 1/3 边长处[图 5a)中直线段 1#、2#、3#、4# 位置]分别用钢直尺测出 S_1 、 S_3 与线锤间距 l ,计算吊线锤对应刻度值与各测量值的差值,得到 S_1 、 S_3 距基座导轨长度;
- d) 更换测量工装导轨固定位置使其与步骤 a) 固定位置垂直,同样方法测量 S_2 、 S_4 与线锤间距 l ,得到 S_2 、 S_4 距导轨长度,并结合步骤 c) 与步骤 d) 测量计算值拟合盾体外轮廓轨迹,将测量工装重新找正;
- e) 再次测量 l 值,计算得出盾体外轮廓尺寸,并与设计值比对。

6.7.1.2 轮廓曲线段检测方法如下:

- a) 将盾体放置在水平平台上,初定曲线段测量中心,将测量工装安装于盾体顶部,见图 5 c);
- b) 将吊线锤固定于测量工装上,距离盾体外圆 30 mm~50 mm 处,使线锤方向与测量工装上的整数刻度线重合;
- c) 旋转测量工装,在曲线段每隔 1/3 边长处[图 5a)中曲线段 1#、2#、3#、4# 位置]分别用钢直尺测出外圆面与线锤间距 l ,计算吊线锤对应刻度值与各测量值的差值,得到盾体轮廓曲线段半径值,拟合盾体外圆轨迹,确定测量中心,将测量工装重新找正;
- d) 再次测量 l 值,计算得出盾体轮廓曲线段半径值,并与设计值比对。

6.7.2 盾体直线段轮廓平面度与垂直度

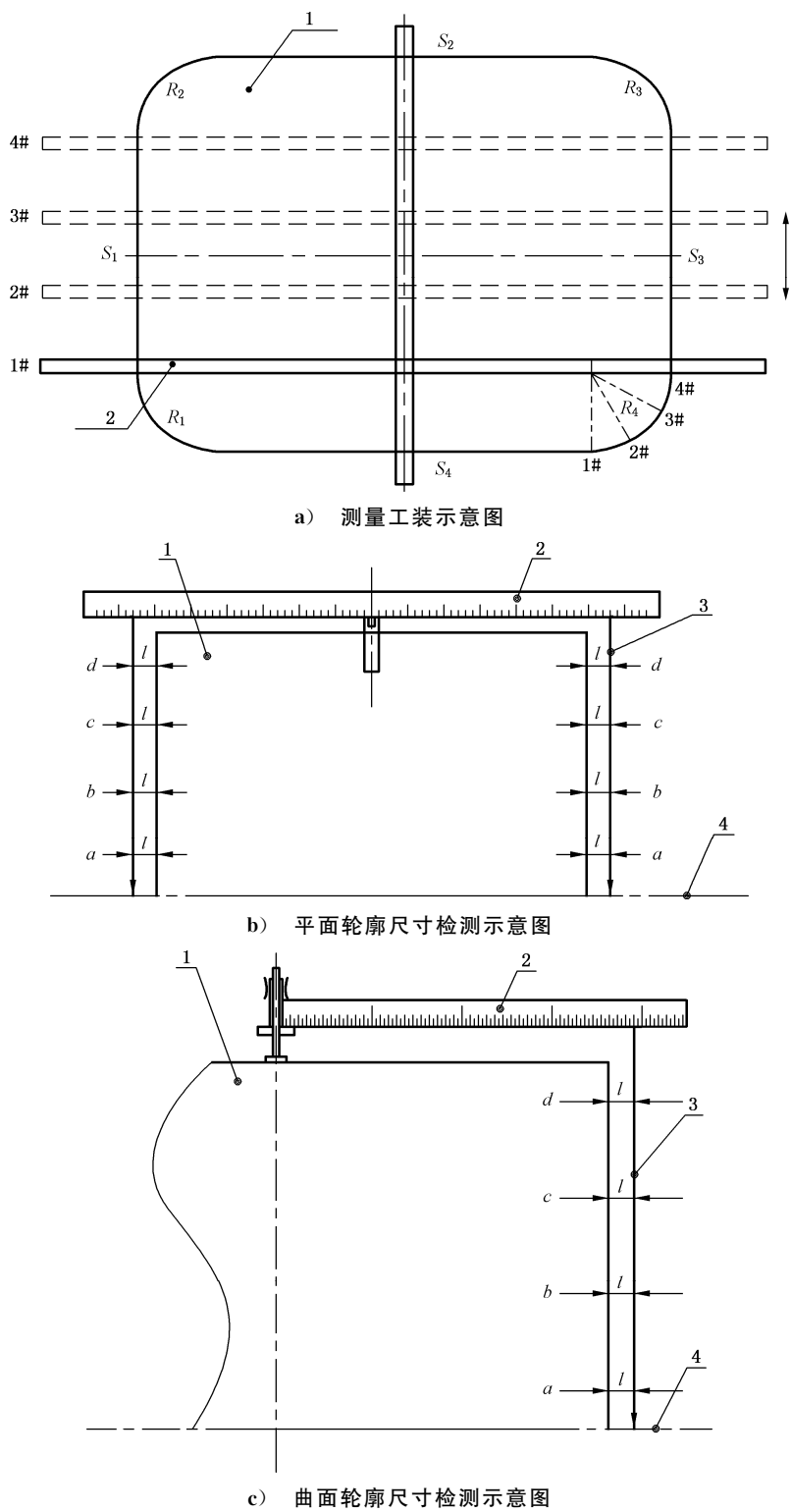
检测方法如下:

- a) 根据 6.7.1 的测量方法,分别测量直线段 1#~4# 位置上 $a\sim d$ 位置的 l 值($a\sim d$ 位置的高度间隔约为三分之一盾体高度),记入表 C.2,见图 5b);
- b) 根据 1#~4# 位置上的 $a\sim d$ 各位置的测量值 l ,计算最大值与最小值的差值,得到盾体各平面的平面度,进而也可表征相邻面的垂直度。

6.7.3 盾体曲线段轮廓圆柱度

检测方法如下:

- a) 根据 6.7.1 的测量方法,分别测量曲线段 1#~4# 位置上的 $a\sim d$ 位置的 l 值($a\sim d$ 位置的高度间隔约为三分之一盾体高度),记入表 C.3,见图 5 c);
- b) 根据 $a\sim d$ 各位置水平面的测量值 l ,计算最大值与最小值的差值,得到盾体圆度,并与设计值进行比对;
- c) 根据 a)、b) 测得的直线度和圆度,计算得出圆柱度。



标引序号说明：
1——盾体； 2——测量工装(导轨+直尺)； 3——吊线锤； 4——水平平台面。

图5 盾体检测示意图

6.8 顶推装置

6.8.1 最大顶推速度试验

顶管机空载时,在顶推模式下,控制所有顶推液压缸同时伸出,用秒表测量顶推液压缸到达最大行程时间,计算出最大顶推速度。

6.8.2 顶推速度连续可调性

顶管机空载时,在顶推模式下,任意选择带有位移传感器的顶推液压缸,伸出过程中调节速度,观察速度显示值是否连续变化。

6.8.3 伸缩速度

管节安装模式下,任意选一根顶推液压缸全行程伸、缩,使用秒表记录伸、缩时间,分别计算得出伸、缩速度。

6.9 顶铁与后靠

6.9.1 在顶推液压缸最小伸出状态时,测量顶铁上部渣土出口尺寸。

6.9.2 测量计算后靠面积,是否符合设计计算值。

6.10 螺旋输送机

6.10.1 转速检测

在螺旋输送机正向及反向旋转状态下,转速由零调至最大,分别使用秒表测量 1 min 内旋转圈数或旋转 5 圈~10 圈所用的时间,计算转速。

6.10.2 后闸门应急关闭时间

在螺旋输送机后闸门打开至最大状态下,使用秒表测量断电后闸门关闭时间。

6.11 中继间最大顶推速度

在空载状态下,控制所有中继液压缸同时伸出,用秒表测量中继液压缸到达最大行程时间,计算出最大顶推速度。

6.12 纠偏系统

6.12.1 纠偏角度

采用计算机模拟方法验证最大调向角度。

6.12.2 纠偏液压缸行程

将纠偏液压缸推出,检查上位机液压缸伸出行程,同时用测量工具现场测量纠偏液压缸实际伸出量进行比对。

6.13 辅助系统

按 GB/T 7932 中的方法进行气动系统检测。

6.14 污染度检测

按照 GB/T 20082 的方法对液压油进行污染度检测。

6.15 电气系统

6.15.1 照明测量

在通电状态下,使用照度仪测量盾体工作区域和主控室内的照度。

6.15.2 应急照明

在顶管机断电状态下,使用照度仪测量照度值,使用秒表记录应急照明时间。

6.15.3 绝缘检测

使用兆欧表检测顶管机电气设备和线路的绝缘电阻值。

6.15.4 噪声检测

在顶管机掘进状态下,使用声级计检测主控室噪声,按照 GB/T 40122—2021 中的方法进行检测。

6.16 气体检测

根据顶管机气体检测装置配置情况,使用 CH₄、CO 和 H₂S 等标准气体对顶管机气体监测系统进行检测。

6.17 急停检查

分别按下急停开关,检查顶管机相应系统运行状态。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为出厂检验、工地检验和型式检验。

7.2 出厂检验

7.2.1 出厂检验由制造商质检部门进行,检验合格后出具出厂检验合格证。

7.2.2 检验项目见表 1。

表 1 检验项目分类表

序号	类别	检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	工地检验	
						工地组装检验	试掘进检验
1	整机	开挖轮廓尺寸	5.1.4	6.4	√		
2	刀盘与刀具	高差	5.2.4	6.5.1	√		
3		刀具安装位置	5.2.5	6.5.2	√		
4		管路耐压	5.2.9	6.5.3	√		

表 1 检验项目分类表 (续)

序号	类别	检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	工地检验	
						工地组装检验	试掘进检验
5	刀盘驱动单元	主轴承寿命	5.3.1	6.6.1	✓		
6		最大转速	5.3.3	6.6.2	✓	✓	
7		联锁控制	5.3.6	6.6.3	✓	✓	
8	盾体	盾体轮廓尺寸	5.4.1	6.7.1	✓		
9		平面度、垂直度	5.4.1	6.7.2	✓		
10		圆柱度	5.4.1	6.7.3	✓		
11	顶推装置	最大顶推速度	5.5.3	6.8.1	✓		
12		顶推速度连续可调性	5.5.4	6.8.2	✓		
13		伸缩速度	5.5.5	6.8.3	✓	✓	
14	顶铁与后靠	顶铁出渣通道	5.6.1	6.9.1	✓		
15	顶铁与后靠	后靠面积	5.6.4	6.9.2	✓		
16	螺旋输送机	转速	5.7.3	6.10.1	✓	✓	
17		后闸门应急关闭时间	5.7.4	6.10.2	✓	✓	✓
18	中继间	最大顶推速度	5.8.4	6.11	✓		
19	纠偏系统	纠偏角度	5.9.2	6.12.1	✓		
20		纠偏液压缸行程	5.9.2	6.12.2			✓
21	辅助系统	水系统额定压力	5.10.3	6.2.1			✓
22		气动系统	5.10.4	6.13	✓		
23		空气压缩机额定压力	5.10.5	6.2.1			✓
24	液压系统	污染度	5.11.4	6.14		✓	✓
25	电气系统	照明	5.12.7	6.15.1	✓		✓
26		应急照明	5.12.8	6.15.2	✓		✓
27		绝缘	5.12.9	6.15.3	✓	✓	
28	职业健康 与环境安全	噪声	5.15.2	6.15.4			✓
29		气体	5.15.7	6.16	✓	✓	
30		急停	5.15.8	6.17	✓		
31		视频显示终端	5.15.10	6.2.1	✓	✓	

7.3 工地检验

7.3.1 工地检验包括顶管机工地组装检验和试掘进检验。

7.3.2 工地组装调试完成后,由制造商和用户联合进行组装检验。

7.3.3 在完成制造商和用户协议约定的顶推距离后进行试掘进检验,检验合格后出具验收证书。

7.3.4 检验项目见表 1。

7.4 型式检验

7.4.1 有下列情况之一时,应进行型式检验:

- a) 制造商或用户有需求时;
- b) 结构、工艺和材料有较大改变,有可能影响产品性能时;
- c) 出厂检验与上次型式试验有较大差异时;
- d) 国家质量监督管理部门提出型式检验要求时。

7.4.2 如果属 7.4.1 中 a)、d) 两种情况,应检验表 1 规定的全部项目;如果属 7.4.1 中 b)、c) 两种情况,应进行专用功能检验。

7.5 判定规则

产品检验结果全部符合本文件所有技术要求者判为产品合格。

8 随行文件和产品维护保养手册

8.1 随行文件

随行文件应包括:

- 出厂检验合格证;
- 产品质量证明书;
- 产品使用说明书;
- 产品维护保养手册;
- 主要部件装配尺寸图;
- 电气系统、液压系统、辅助系统原理图;
- 外购主要部件随机资料;
- 随机配件清单/易损易耗件清单;
- 随机工具清单。

8.2 产品维护保养手册

应包括产品的适用范围、结构功能说明、维护保养,以及操作规程等内容。

9 标志、包装和运输

9.1 标志

9.1.1 顶管机出厂时,应在显著位置喷涂或粘贴产品标牌和有关标志,产品标牌和标志应符合 GB/T 13306 的规定。在标牌上至少应标出如下内容:

- 顶管机名称;
- 顶管机型号;
- 出厂编号;
- 出厂日期;
- 装机功率;
- 供电电压;
- 主机质量;

- 制造商名称；
- 制造商地址。

9.1.2 应有警告和安全标志、起吊标志、润滑指示标记、操作及工作位置指示标记。警示标志和标语应按照 GB/T 40127—2021 的规定执行。

9.2 包装和运输

9.2.1 包装应符合 GB/T 13384 的相关规定,并适合陆路运输、水路运输或航空运输及装卸的要求。

9.2.2 包装运输图示标志应符合 GB/T 191 及 GB/T 6388 的规定,其主要内容包括:

- 收货站及收货单位名称;
- 发货站及发货单位名称;
- 产品名称和型号;
- 重量、箱号及外形尺寸;
- 起吊作业标志。

9.2.3 顶管机运输应符合铁路、公路和航运的有关规定。

附录 A
(资料性)
顶管机顶推力计算方法

A.1 顶管机顶推力

顶管机顶推力按公式(A.1)计算：

$$F=k\times(F_1+F_2) \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- F ——顶管机顶推力,单位为千牛(kN)；
- k ——安全系数,依据工况不同,可取 $k=1.5\sim 2$ ；
- F_1 ——开挖面的迎面阻力,单位为千牛(kN)；
- F_2 ——管道摩擦力,单位为千牛(kN)。

A.2 开挖面的迎面阻力

开挖面的迎面阻力按公式(A.2)计算：

$$F_1=S\times\gamma\times H\times K_a \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

- S ——顶管机开挖轮廓面积,单位为平方米(m^2)；
- γ ——水土容重,单位为千牛每立方米(kN/m^3)；
- H ——粉土、黏土、粉质黏土、黄土等可形成卸荷拱的软土层中管道中心以上覆盖土层的卸荷土拱高度,砂、卵石、砂卵石等不能形成卸荷拱的土层中管道中心以上覆盖土层高度,单位为米(m)；
- K_a ——主动土压系数,取 $K_a=\tan^2(45^\circ-\frac{\varphi}{2})$,其中 φ 为土层内摩擦角。

A.3 管道摩擦力

应用减阻泥浆的顶管,管节与地层间的摩擦阻力按公式(A.3)计算：

$$F_2=C\times L\times f \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

- C ——管道外周长,单位为米(m)；
- L ——管道顶推长度,单位为米(m)；
- f ——管道外壁与土的平均摩阻力,单位为千牛每平方米(kN/m^2),可按表 A.1 选取。

表 A.1 触变泥浆减阻管壁与土的平均摩阻力

单位为千牛每平方米

土的种类		黏性土	粉土	砂土	碎石土
触变泥浆	混凝土管节	2.0~5.0	5.0~8.0	8.0~11.0	11.0~16.0
	钢管节	2.0~4.0	4.0~7.0	7.0~10.0	10.0~13.0
注 1：玻璃纤维增强塑料夹砂管可参照钢管乘以系数 0.8； 注 2：当管壁与土之间能形成稳定连续泥浆套时,不论土质均取 $f=(0.2\sim 0.5)kN/m^2$； 注 3：采用新型减阻泥浆的摩阻力通过试验确定； 注 4：遇软黏土时,可取黏性土的下限。					

附 录 B
(资料性)
纠偏力计算方法

B.1 顶管机纠偏力

顶管机纠偏力(以向上纠偏为例)按公式(B.1)计算:

$$F = k \times (M_1 + M_2 + M_G - M_3) / h \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

- F ——纠偏力,单位为千牛(kN);
 k ——安全系数,依据地质不同,可取 1.5~2;
 M_1 ——盾体上部水土压力 F_1 产生的力矩,单位为千牛米(kN·m);
 M_2 ——开挖面的迎面阻力 F_2 产生的力矩,单位为千牛米(kN·m);
 M_G ——顶管机主机重力 G 产生的力矩,单位为千牛米(kN·m);
 M_3 ——盾体下部水压力 F_3 产生的力矩,单位为千牛米(kN·m);
 h ——顶管上下纠偏液压缸间距,单位为米(m)。

纠偏时盾体受力如图 B.1 所示。

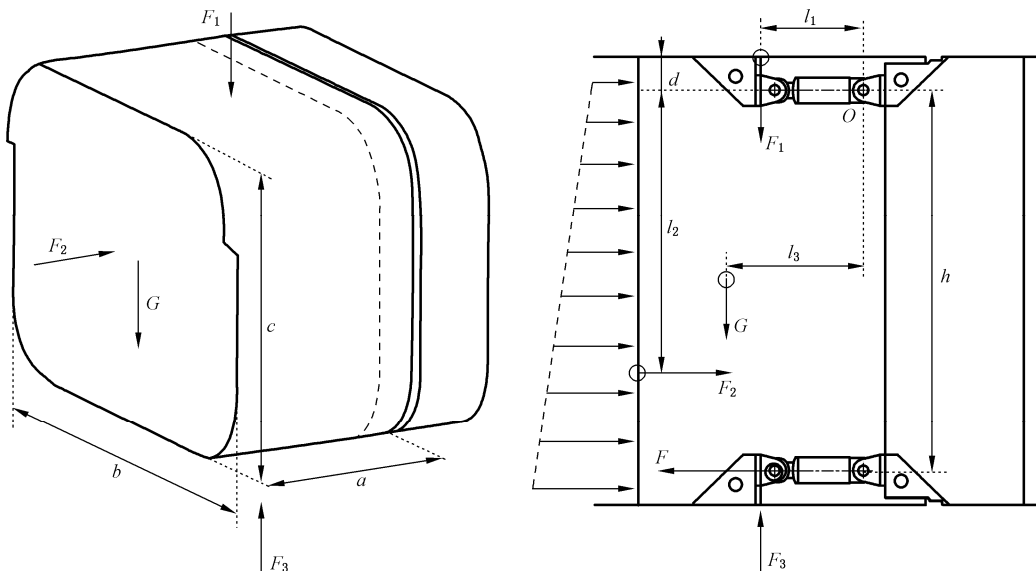


图 B.1 纠偏时盾体受力图

考虑到矩形顶管机正常掘进过程中减摩擦剂的添加,纠偏时盾体侧向摩擦系数大幅减小,盾体侧部摩擦阻力与盾体上部水土压力、迎面阻力不在同一数量级,可不予考虑。简化后,仅考虑作用于前盾顶部范围内水土压力 F_1 、作用于土仓隔板范围内的迎面阻力(即开挖面的迎面阻力) F_2 、作用于前盾下部范围内的水压 F_3 及前盾自重 G ,其中 F_1 、 F_3 为均布载荷, F_2 为非均布载荷。

B.2 盾体上部水土压力产生的力矩

盾体上部水土压力产生的力矩按公式(B.2)计算:

$$M_1 = F_1 \times l_1 = \gamma \times H \times S_1 \times l_1 \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

F_1 ——盾体上部水土压力,单位为千牛(kN);

l_1 ——前盾盾体中心距支点 O 的垂直距离,单位为米(m);

γ ——水土容重,单位为千牛每立方米(kN/m³);

H ——粉土、黏土、粉质黏土等可形成卸荷拱的软土层中盾体顶部以上覆盖土层的卸荷土拱高度,砂、卵石、砂卵石等不能形成卸荷拱的土层中盾体顶部以上覆盖土层高度,单位为米(m);

S_1 ——顶管机前盾顶板面积,单位为平方米(m²),取 $S_1 = a \times b$,其中 a 为前盾长度, b 为前盾宽度。

B.3 开挖面的迎面阻力产生的力矩

开挖面的迎面阻力产生的力矩按公式(B.3)计算:

$$M_2 = F_2 \times l_2 = P_2 \times S_2 \times l_2 = \int_H^{H+c} [K_a \times \gamma \times x \times b \times (x - H - d)] dx \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

F_2 ——开挖面的迎面阻力,单位为千牛(kN);

l_2 ——迎面阻力到支点 O 的垂直距离,单位为米(m);

P_2 ——开挖面工作压强,单位为千帕(kPa);

S_2 ——土仓隔板面积,单位为平方米(m²);

H ——粉土、黏土、粉质黏土等可形成卸荷拱的软土层中盾体顶部以上覆盖土层的卸荷土拱高度,砂、卵石、砂卵石等不能形成卸荷拱的土层中盾体顶部以上覆盖土层高度,单位为米(m);

c ——前盾高度,单位为米(m);

K_a ——主动土压系数,取为 $K_a = \tan^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$,其中 φ 为土层内摩擦角。

γ ——水土容重,单位为千牛每立方米(kN/m³);

x ——盾体隔板任意点的覆土(卸荷层)深度,单位为米(m);

b ——前盾宽度,单位为米(m);

d ——支点 O 到盾体顶面的垂直距离,单位为米(m);

为简化计算,公式(B.3)可近似等效计算,见式(B.4):

$$M_2 = P'_2 \times S'_2 \times l'_2 \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

式中:

P'_2 ——为开挖面平均工作压强,单位为千帕(kPa),取 $P'_2 = K_a \times \gamma \times (H + c/2)$;

S'_2 ——土仓隔板面积,单位为平方米(m²),取 $S'_2 = b \times c$;

l'_2 ——迎面阻力等效受力点到支点 O 的垂直距离,单位为米(m),取 $l'_2 = 2c/3$ 。

B.4 前盾重力产生的力矩

前盾重力产生的力矩按公式(B.5)计算:

$$M_G = G \times l_3 \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

式中:

G ——前盾重力,单位为千牛(kN);

l_3 ——前盾重心距支点 O 的水平距离,单位为米(m)。

B.5 盾体下部水压力产生的力矩

盾体下部水压力产生的力矩按公式(B.6)计算:

$$M_3 = F_3 \times l_1 = \gamma_1 \times (H + c) \times S_1 \times l_1 \quad \dots\dots\dots (B.6)$$

式中：

F_3 ——盾体下部水压力，单位为千牛(kN)；

l_1 ——前盾盾体中心距支点 O 的垂直距离，单位为米(m)；

γ_1 ——水的容重，单位为千牛每立方米(kN/m³)；

H ——粉土、黏土、粉质黏土等可形成卸荷拱的软土层中盾体顶部以上覆盖土层的卸荷土拱高度，砂、卵石、砂卵石等不能形成卸荷拱的土层中盾体顶部以上覆盖土层高度，单位为米(m)；

c ——前盾高度，单位为米(m)；

S_1 ——顶管机前盾底板面积，单位为平方米(m²)，取 $S_1 = a \times b$ ，其中 a 为前盾长度， b 为前盾宽度。

B.6 左右纠偏计算

左右纠偏计算可参考公式(B.1)，其克服力矩为迎面阻力产生的力矩、盾体侧部土压力产生的力矩。

附 录 C
(资料性)
检查记录表

表 C.1、表 C.2、表 C.3 给出了相关检查记录表。

表 C.1 刀盘最外侧刀具与前盾高差记录表

矩形顶管机型号_____编 号_____检验地点_____

测量日期_____检验人员_____其 他_____

刀盘编号	检测点序号	x 值	y 值	$[y-x]$ 值
刀盘 1	1			
	2			
	3			
	4			
				
刀盘 2	1			
	2			
	3			
	4			
				
刀盘 3	1			
	2			
	3			
	4			
				
.....				
检测结果判定				

表 C.2 盾体平面度/垂直度测量记录表

盾构机型号_____编号_____号_____检验地点_____

测量日期_____检验人员_____其他_____

盾体 名称	位置	实测值																平面度/垂直度			
		平面 S ₁				平面 S ₂				平面 S ₃				平面 S ₄				平面 S ₁	平面 S ₂	平面 S ₃	平面 S ₄
		<i>l</i> ₁₋₁	<i>l</i> ₁₋₂	<i>l</i> ₁₋₃	<i>l</i> ₁₋₄	<i>l</i> ₂₋₁	<i>l</i> ₂₋₂	<i>l</i> ₂₋₃	<i>l</i> ₂₋₄	<i>l</i> ₃₋₁	<i>l</i> ₃₋₂	<i>l</i> ₃₋₃	<i>l</i> ₃₋₄	<i>l</i> ₄₋₁	<i>l</i> ₄₋₂	<i>l</i> ₄₋₃	<i>l</i> ₄₋₄				
前盾	<i>a</i>																				
	<i>b</i>																				
	<i>c</i>																				
	<i>d</i>																				
中盾(若有)	<i>a</i>																				
	<i>b</i>																				
	<i>c</i>																				
	<i>d</i>																				
尾盾	<i>a</i>																				
	<i>b</i>																				
	<i>c</i>																				
	<i>d</i>																				
检测结果判定																					

表 C.3 盾体轮廓曲线段外径和圆柱度测量记录表

顶管机型号_____编号_____号_____检验地点_____

测量日期_____检验人员_____其他_____

盾体 名称	位置	实测值																圆度					
		曲面 R_1				曲面 R_2				曲面 R_3				曲面 R_4					曲面 R_1	曲面 R_2	曲面 R_3	曲面 R_4	
		l_{1-1}	l_{1-2}	l_{1-3}	l_{1-4}	l_{2-1}	l_{2-2}	l_{2-3}	l_{2-4}	l_{3-1}	l_{3-2}	l_{3-3}	l_{3-4}	l_{4-1}	l_{4-2}	l_{4-3}	l_{4-4}						
前盾	a																						
	b																						
	c																						
	d																						
中盾	a																						
	b																						
	c																						
	d																						
尾盾	a																						
	b																						
	c																						
	d																						
检测结果判定																							
