



中华人民共和国国家标准

GB/T 34653—2017

全断面隧道掘进机 单护盾岩石隧道掘进机

Full face tunnel boring machine—Single shield hard rock tunnel boring machine

2017-10-25 发布

2018-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 基本参数和型号 3

 4.1 基本参数 3

 4.2 型号 3

 4.3 结构示意图 3

5 技术要求 5

 5.1 一般要求 5

 5.2 机械结构 5

 5.3 液压系统 7

 5.4 电气系统 7

 5.5 导向系统 9

 5.6 辅助系统 9

 5.7 职业健康与环境安全 10

6 试验方法 10

 6.1 试验条件 10

 6.2 目测检查 11

 6.3 检测数据采集 11

 6.4 整机参数 11

 6.5 机械结构 11

 6.6 液压系统 14

 6.7 电气系统 14

 6.8 导向系统 15

 6.9 辅助系统 15

 6.10 职业健康与环境安全 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 15

 7.4 型式检验 18

 7.5 合格判定 18

8 随行文件 18

9 标志、包装、运输 18

 9.1 标志 18

9.2 包装和运输 19

附录 A (资料性附录) 刀盘扭矩计算方法 20

附录 B (资料性附录) 掘进机推力计算方法 21

附录 C (资料性附录) 带式输送机功率计算方法 33

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准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。

本标准起草单位：中国铁建重工集团有限公司、中铁十八局集团有限公司、长江勘测规划设计研究有限责任公司、中铁十一局集团第五工程有限公司、盾构及掘进技术国家重点实验室、中国水利水电第三工程局有限公司、黄河勘测规划设计有限公司、国家建筑城建机械质量监督检验中心、中铁工程装备集团有限公司、北方重工集团有限公司、中船重工(青岛)轨道交通装备有限公司、北京建筑机械化研究院。

本标准起草人：程永亮、麻成标、黄欣、王宝友、向锋、苏利军、张开顺、洪开荣、黄继敏、汪雪英、邓亮华、王杜娟、邓立营、王小强、唐崇茂、阳艳玲、蒋先和、周建军、郑连贵、董甲甲、狄晓红、周俊、郭志、刘双、韩小亮。

全断面隧道掘进机

单护盾岩石隧道掘进机

1 范围

本标准规定了单护盾岩石隧道掘进机的术语和定义、基本参数和型号、技术要求、试验方法、检验规则、随行文件、标志、包装和运输。

本标准适用于单护盾岩石掘进机(以下简称掘进机)。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 150(所有部分) 压力容器
- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 1985—2014 高压交流隔离开关和接地开关
- GB 2893 安全色
- GB 2894 安全标志及其使用导则
- 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 3956 电缆的导体
- GB/T 4208 外壳防护等级(IP 代码)
- GB 5226.1 机械安全 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 高压设备的技术条件
- GB/T 6388 运输包装收发货标志
- GB/T 7932 气动系统通用技术条件
- GB/T 10595 带式输送机
- GB/T 13283 工业过程测量和控制用检测仪表和显示仪表精确度等级
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 14039 液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号
- GB/T 14048.3 低压开关设备和控制设备 第3部分:开关、隔离器、隔离开关以及熔断器组合电器
- GB/T 14776 人类工效学 工作岗位尺寸 设计原则及其数值
- GB/T 17301 土方机械 操作和维修空间 棱角倒钝
- GB/T 19666 阻燃和耐火电线电缆通则
- GB/T 19804 焊接结构的一般尺寸公差和形位公差
- 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 20840.2 互感器 第2部分:电流互感器的补充技术要求
- GB/T 20840.3 互感器 第3部分:电磁式电压互感器的补充技术要求
- GB/T 24337 电能质量 公用电网谐波

GB/T 26802.1 工业控制计算机系统 通用规范 第1部分:通用要求
GB/T 34354 全断面隧道掘进机 术语和商业规格
GB 50168—2006 电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范
GB 50169—2006 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范
JB/T 5000.3 重型机械通用技术条件 第3部分:焊接件
JB/T 5000.10—2007 重型机械通用技术条件 第10部分:装配
JB/T 5000.11 重型机械通用技术条件 第11部分:配管
JB/T 5000.13 重型机械通用技术条件 第13部分:包装
JB/T 10205 液压缸

3 术语和定义

GB/T 34354 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用,以下重复列出了 GB/T 34354 中的一些术语和定义。

3.1

全断面隧道掘进机 full face tunnel boring machine

通过开挖并推进式前进实现隧道全断面成型,且带有周边壳体的专用机械设备。主要包括盾构机、岩石隧道掘进机、顶管机等。

[GB/T 34354—2017,定义 2.1]

3.2

岩石隧道掘进机 hard rock tunnel boring machine

通过旋转刀盘并推进使滚刀挤压破碎岩石,采用主机带式输送机出渣的全断面隧道掘进机。

注1:包括敞开式岩石隧道掘进机、单护盾岩石隧道掘进机及双护盾岩石隧道掘进机等。

注2:岩石隧道掘进机也称硬岩隧道掘进机或 TBM。

[GB/T 34354—2017,定义 2.13]

3.3

单护盾岩石隧道掘进机 single shield hard rock tunnel boring machine

具有护盾保护,仅依靠管片承受掘进反力的岩石隧道掘进机,参见图 1。

[GB/T 34354—2017,定义 2.15]

3.4

公称直径 nominal diameter

开挖直径 excavation diameter

刀盘旋转一周,最外端设计初装滚刀刀刃形成轨迹的直径。

3.5

最大工作扭矩 maximum working torque

刀盘在工作转速范围内,主驱动单元能够输出的可持续工作的最大扭矩。

3.6

脱困扭矩 breaking out torque

刀盘在最大工作扭矩工况下无法转动时,主驱动单元所能够短时输出的最大扭矩。

3.7

装机功率 installed power

掘进机电设备额定功率的总和。

3.8

物料运输系统 material transport system

将管片、豆砾石、粉料运输到使用区域的设备和装置的总称。

3.9

壁后回填系统 backfilling system

用于填充隧道岩壁与管片外壁之间空隙的各种物料注入装置的总称。

4 基本参数和型号

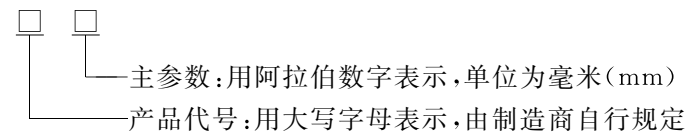
4.1 基本参数

掘进机的主参数为公称直径/开挖直径,基本参数如下:

- 公称直径/开挖直径,单位为毫米(mm);
- 总长度,单位为米(m);
- 总质量,单位为千克(kg);
- 主机长度,单位为米(m);
- 主机质量,单位为千克(kg);
- 适应管片尺寸,单位为毫米(mm);
- 最小水平转弯半径,单位为米(m);
- 适应最大坡度,%;
- 装机功率,单位为千瓦(kW);
- 设计最大推进速度,单位为毫米每分(mm/min);
- 设计最大推力,单位为千牛(kN);
- 设计最大脱困扭矩,单位为千牛米(kN·m);
- 额定扭矩,单位为千牛米(kN·m);
- 刀盘最大转速,单位为转每分(r/min);
- 刀盘驱动功率,单位为千瓦(kW);
- 刀盘滚刀数量,单位为把或刃。

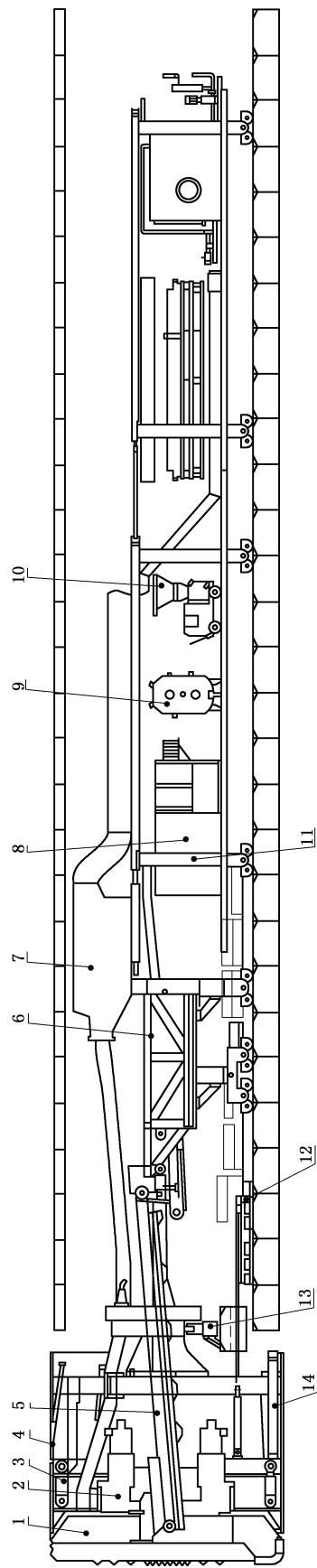
4.2 型号

产品型号由产品代号和主参数组成,主参数为公称直径/开挖直径,其表示方法如下:



4.3 结构示意图

掘进机结构示意图见图 1。



说明：

- 1——刀盘；
- 2——主驱动单元；
- 3——铰接系统；
- 4——护盾；
- 5——主机带式输送机；
- 6——连接桥；
- 7——通风、除尘系统；

- 8——主制室；
- 9——压缩空气系统；
- 10——壁后回填系统；
- 11——后配套拖车；
- 12——管片输送装置；
- 13——管片拼装机；
- 14——推进系统。

图 1 单护盾岩石隧道掘进机示意图

5 技术要求

5.1 一般要求

- 5.1.1 公称直径/开挖直径偏差应不大于 $^{+4}_0$ mm。
- 5.1.2 焊接件应符合 JB/T 5000.3 的规定。
- 5.1.3 装配应符合 JB/T 5000.10 的规定。
- 5.1.4 配管应符合 JB/T 5000.11 的规定。
- 5.1.5 连接螺栓安装时应达到设计预紧力矩要求。
- 5.1.6 电气安全要求应符合 GB 5226.1、GB 5226.3 的规定。
- 5.1.7 掘进机在环境温度 5℃~50℃,相对湿度小于 90% 的环境条件下应能正常工作。
- 5.1.8 产品设计应为智能化制造、绿色环保、再制造提供条件。

5.2 机械结构

5.2.1 刀盘及刀具

- 5.2.1.1 刀盘强度和刚度应符合设计要求。
- 5.2.1.2 刀盘本体尺寸公差应符合 GB/T 19804 中 B 级的规定。
- 5.2.1.3 刀盘本体工作平面的平面度应符合 JB/T 5000.3 中 E 级的规定。
- 5.2.1.4 刀盘应设置雾化喷水装置。
- 5.2.1.5 刀盘应具备更换刀具的吊装通道及空间。
- 5.2.1.6 刀盘应设置人孔。
- 5.2.1.7 刀盘正面、侧面与岩石直接接触表面应采取耐磨及保护刀圈措施。
- 5.2.1.8 刀盘刀具宜采用背装式设计。
- 5.2.1.9 除刀盘最外端设计初装滚刀外,其他刀具的安装半径偏差范围应为 $^{+2}_{-2}$ mm。
- 5.2.1.10 中心刀及正滚刀刀刃高度偏差应不大于 2 mm。
- 5.2.1.11 刀具与刀座结合面的间隙不应大于 0.1 mm。
- 5.2.1.12 滚刀刀刃挡圈侧宜朝向刀盘中心位置。
- 5.2.1.13 铲斗和出渣槽应能满足最大掘进速度时的出渣需要。
- 5.2.1.14 刀盘刀具宜配置磨损检测装置或系统。

5.2.2 主驱动单元

- 5.2.2.1 主轴承的设计寿命不应小于 15 000 h。
- 5.2.2.2 应具有正反转功能。
- 5.2.2.3 应具有点动功能,刀盘点动转速不应大于 0.2 r/min。
- 5.2.2.4 应配置驻车制动器,驻车制动器与刀盘动作控制应具有联锁功能。
- 5.2.2.5 应具有脱困模式,脱困扭矩不应小于主驱动最大工作扭矩的 1.5 倍。
- 5.2.2.6 应具有良好的主驱动密封功能。
- 5.2.2.7 宜采用变频电机驱动。
- 5.2.2.8 工作转速应连续可调。
- 5.2.2.9 刀盘实际配置的扭矩不应小于刀盘理论扭矩,刀盘扭矩的计算方法参见附录 A。

5.2.3 护盾

- 5.2.3.1 护盾外径偏差和圆柱度应符合设计要求。
- 5.2.3.2 护盾强度和刚度应符合设计要求。
- 5.2.3.3 护盾结构应满足吊装、运输要求。
- 5.2.3.4 护盾径向宜配置稳定器,稳定器数量不应少于 2 个,每个稳定器应具有独立控制功能。
- 5.2.3.5 护盾铰接位置应设置防扭机构。
- 5.2.3.6 护盾外径应采用前大后小的设计。
- 5.2.3.7 护盾宜预设超前钻机作业孔,护盾内部空间应满足钻孔作业设备安装及操作要求。
- 5.2.3.8 应设置防滚转装置。

5.2.4 管片拼装机

- 5.2.4.1 应具有管片的抓持、提升、平移、回转及定位功能。
- 5.2.4.2 回转机构的小齿轮与回转轴承大齿轮啮合接触点应符合 JB/T 5000.10—2007 中 6.3 的规定。
- 5.2.4.3 制动装置应能可靠制动。
- 5.2.4.4 应具备有线、无线两种控制方式,两种控制方式间应能互锁,无线遥控有效控制范围应覆盖工作区域。
- 5.2.4.5 沿周向顺时针、逆时针旋转角度不应小于 200° 。
- 5.2.4.6 当设有盾尾刷时,纵向行程应满足在隧道内至少更换一道盾尾刷的需要。
- 5.2.4.7 管片拼装平台应便于管片拼装作业。
- 5.2.4.8 在断电情况下,真空吸盘式管片拼装机应能保证吸持管片的时间不小于 20 min,且真空度不低于 80%。
- 5.2.4.9 采用机械锁固的抓取装置安全系数应不小于 1.5,非机械锁固的抓取装置安全系数应不小于 2.5。
- 5.2.4.10 应进行载荷试验,静载试验载荷为最大管片重量的 1.25 倍,动载试验载荷为最大管片重量的 1.1 倍。

5.2.5 连接桥及后配套拖车

- 5.2.5.1 连接桥与后配套拖车的连接结构应具有伸缩功能。
- 5.2.5.2 后配套拖车结构内净空尺寸不宜小于物料运输车辆截面尺寸 100 mm。
- 5.2.5.3 应设置作业平台。

5.2.6 推进系统

- 5.2.6.1 推进液压缸应符合 JB/T 10205 的规定。
- 5.2.6.2 推进液压缸分区数不应少于 4 组,各组应能进行独立的行程检测,推进液压缸分区的工作压力应单独可调。
- 5.2.6.3 推进液压缸应具有快速伸缩功能,满足掘进速度的设计要求。
- 5.2.6.4 推进模式下的推进液压缸伸出速度应连续可调。
- 5.2.6.5 推进系统应具有防后退功能。
- 5.2.6.6 推进液压缸的行程应满足管片拼装的需要,行程偏差不应大于 ± 2 mm。
- 5.2.6.7 推进液压缸的最大撑靴比压应不大于管片的设计强度。
- 5.2.6.8 推进系统与主驱动单元应具有联锁功能。
- 5.2.6.9 掘进机推力应与工程地质相适应,掘进机推力的计算方法参见附录 B。

5.2.7 铰接系统

5.2.7.1 铰接液压缸行程应满足掘进机最小转弯半径要求。

5.2.7.2 铰接系统应具有行程检测功能。

5.2.8 带式输送系统

5.2.8.1 带式输送机应符合 GB/T 10595 的规定。

5.2.8.2 主机带式输送机应具有调速功能。

5.2.8.3 主机带式输送机应设置防偏、除尘、刮渣装置,接渣口应具有缓冲和防冲击功能。

5.2.8.4 宜设置主机带式输送机清渣装置。

5.2.8.5 主机带式输送机应设置急停开关及联锁装置,且能现地和主控室控制,并能互锁。

5.2.8.6 带式输送机出渣能力应满足掘进机最大掘进速度的要求,带式输送机功率计算参见附录 C。

5.2.9 物料运输系统

5.2.9.1 应满足设计最大掘进速度的物料输送要求,物料运输系统通道应畅通。

5.2.9.2 管片输送装置应能将管片从后部拖车区域运送至管片拼装机的抓取区域。

5.2.9.3 管片吊机抓接管片装置的安全系数应满足以下要求:

- a) 采用机械锁固抓取时,不应小于 1.5;
- b) 采用非机械锁固抓取时,不应小于 2.5。

5.2.9.4 应进行载荷试验,静载试验载荷为最大管片重量的 1.25 倍,动载试验载荷为最大管片重量的 1.1 倍。

5.2.9.5 管片吊机宜采用无线、有线两种控制方式。

5.2.10 壁后回填系统

5.2.10.1 应满足最大掘进速度的物料回填要求。

5.2.10.2 应具有物料注入速度和流量的调节功能,并能实现注浆量自动记录。

5.3 液压系统

5.3.1 应符合 GB/T 3766 的规定。

5.3.2 油液固体颗粒污染等级不应低于 GB/T 14039 规定的—/18/15。

5.3.3 液压油箱应设置液位及高温报警装置。

5.3.4 各子系统应设置测压点。

5.3.5 应设置滤芯堵塞报警装置。

5.3.6 应设置液压油冷却装置,冷却能力应能满足降温需要。

5.3.7 掘进机出厂前应进行液压系统的空载试验。

5.4 电气系统

5.4.1 通用要求

5.4.1.1 动力电缆及控制电缆应符合 GB/T 3956 中 5 类及以上导体的规定。

5.4.1.2 电线、电缆应符合 GB/T 19666 的规定。

5.4.1.3 电缆敷设应符合 GB 50168—2006 中 5.1、5.3、5.4、6.1、6.2 的规定。

5.4.1.4 高、低压箱柜内电器设备、1 kV 及以下配电装置及二次回路的绝缘电阻值不应小于 2 MΩ。

5.4.1.5 高压开关柜正面应留有安全操作空间,应有带电显示装置和防误操作联锁装置,能实现如下功能要求:

- a) 防止带负荷分、合隔离开关;
- b) 防止误分、误合断路器、负荷开关、接触器;
- c) 防止接地开关处于闭合位置时关合断路器、负荷开关;
- d) 防止在带电时,误合接地开关或挂接地线;
- e) 防止误入带电间隔。

5.4.1.6 电气设备外壳防护等级不应低于 GB/T 4208 规定的 IP55。

5.4.2 供配电系统

5.4.2.1 开关装置应符合 GB/T 1985—2014 中 11.1、11.2、11.4、11.5、11.6、11.7 和 GB/T 14048.3 的规定。

5.4.2.2 干式电力变压器应设置三相绕组温度检测保护装置,油浸式电力变压器应设置油温保护装置。

5.4.2.3 变压器进线侧应设置避雷器。

5.4.2.4 变压器的进线侧开关应具有过载、短路保护功能。

5.4.2.5 变压器的进线侧开关应具有分/合闸、隔离和接地功能。

5.4.2.6 应在变压器的低压侧或高压侧配置电能计量表,电能表的精度不低于 GB/T 13283 规定的 0.5 级,电压互感器的精度不低于 GB/T 20840.3 规定的 0.2 级、电流互感器的精度不低于 GB/T 20840.2 规定的 0.2 s 级。

5.4.2.7 TN 电网的低压配电系统应具有漏电保护、短路保护、过载保护、缺相保护和相序保护功能。漏电保护不少于两级,过载保护和短路保护不宜超过三级。

5.4.2.8 IT 电网的低压配电系统应具备短路保护、过载保护功能,应采用绝缘监测系统实现漏电保护功能。

5.4.2.9 低压配电系统平均功率因数不应低于 0.9。

5.4.2.10 低压配电系统的谐波应符合 GB/T 24337 的规定。

5.4.2.11 接地系统应符合 GB 50169—2006 中 3.1~3.4 的规定。

5.4.3 控制系统

5.4.3.1 控制系统的电源应与动力回路隔离。

5.4.3.2 工控机应符合 GB/T 26802.1 的规定。

5.4.3.3 人机界面语言应有中文显示。

5.4.3.4 功率超过 30 kW 以上的电动机,宜采用软起动、变频起动或其他降压起动方式。

5.4.3.5 操作箱应具有与主控室操作的联锁功能。

5.4.3.6 应具有掘进机起、停次序和工作模式转换联锁功能。

5.4.3.7 继电器、接触器、电磁阀的控制回路,应配置过电压吸收器或续流回路。

5.4.3.8 控制系统中操作、指示器件的布置应符合 GB/T 14776 的规定。

5.4.3.9 应具有护盾滚转极限角度报警功能。

5.4.3.10 控制系统应具备故障诊断与显示警示功能。

5.4.4 数据采集系统

5.4.4.1 应至少能采集以下掘进机数据:刀盘转速、刀盘扭矩、推进速度、掘进推力、主机倾角、推进液压缸行程及施工环境气体含量。

5.4.4.2 应具有掘进数据采集、保存、查询、导出、打印功能。

5.4.4.3 应预留远程数据传输接口。

5.4.5 通讯系统

5.4.5.1 护盾内、壁后回填系统的设备操作箱位置、带式输送机卸渣口、主控室内、尾部拖车区域应配置防护等级不低于 IP55 的电话机。

5.4.5.2 应预留主控室与洞外通信的接口。

5.4.6 视频监视系统

5.4.6.1 应在管片拼装区域、带式输送机卸渣口、尾部拖车位置、轨道铺设区域设置监视器。

5.4.6.2 应预留与洞外传输的接口。

5.4.6.3 应具有屏幕显示切换功能。

5.4.7 急停开关

5.4.7.1 主控室、变压器处、后配套人员通道区域应配置急停开关,急停开关复位时不应直接恢复供电。

5.4.7.2 现地操作箱上应配置急停开关,急停开关复位时不应直接起动机机构。

5.4.8 照明系统

5.4.8.1 应设置独立的隔离变压器。

5.4.8.2 应选用密闭、防水的照明灯具。

5.4.8.3 人员通道和工作区域应配置应急照明设备,应急照明设备在外部断电后的照明时间不应少于 1 h。

5.4.8.4 移动式照明电压不应大于 12 V。

5.5 导向系统

5.5.1 宜采用激光靶式或棱镜式导向系统,测角精度不应低于 2"。

5.5.2 应具有设计轴线管理功能。

5.5.3 应具有空间位置检测功能,包括相对设计轴线的水平和高程偏差,实际掘进坐标偏离设计轴线时,导向系统应具有报警功能。

5.5.4 应具有姿态检测功能,包括掘进机相对设计轴线的方位角、滚动角和俯仰角。

5.5.5 应配置工控机,并具有图形显示功能,包括掘进机空间位置和姿态的实时数据。

5.5.6 应具有测量基点检核功能。

5.5.7 应具有与掘进机控制系统通信的功能。

5.5.8 导向系统应具有数据的历史查询、导出和报表功能。

5.5.9 直线段有效测量距离不应小于 200 m。

5.5.10 应采取减振措施。

5.6 辅助系统

5.6.1 通风及除尘系统

5.6.1.1 应配备二次通风系统,后配套拖车尾端的回风速度不宜小于 0.5 m/s。

5.6.1.2 储风筒风管储存长度不宜小于 200 m。

5.6.1.3 除尘器前的除尘风管应便于清理。

5.6.2 润滑及密封系统

- 5.6.2.1 主驱动密封系统应采取强制润滑和冷却方式,并应设置流量报警装置。
- 5.6.2.2 主轴承润滑系统应采取强制润滑和冷却方式,并应设置温度、流量报警装置。
- 5.6.2.3 油脂注入系统应具备脉冲计数和空桶检测报警功能。
- 5.6.2.4 润滑系统宜采用逻辑控制,设置监控、联锁装置。

5.6.3 供排水系统

- 5.6.3.1 主驱动电机、变频器、减速机宜采用强制水冷方式,并应设置温度、流量报警装置。
- 5.6.3.2 应具有刀盘冷却、除尘喷水功能。
- 5.6.3.3 应具有流量、压力、水位检测功能。
- 5.6.3.4 应配备管路延伸装置。
- 5.6.3.5 内循环介质宜采用软水。
- 5.6.3.6 应满足掘进作业排水需要。
- 5.6.3.7 供水能力不应低于刀盘喷水、冷却用水、服务用水的压力和流量需要。

5.6.4 压缩空气系统

- 5.6.4.1 气动系统应符合 GB/T 7932 的规定。
- 5.6.4.2 空气压缩机额定压力不应低于 0.8 MPa。
- 5.6.4.3 应具有过滤、干燥功能。
- 5.6.4.4 应设置储气罐,储气罐应符合 GB/T 150 的规定。

5.7 职业健康与环境安全

- 5.7.1 应设置气体检测装置,至少能检测 O_2 、CO、 CH_4 、 CO_2 、 H_2S 气体的浓度。
- 5.7.2 应在变压器、泵和马达集中区域、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和确保掘进机安全要求选用合适的灭火剂。
- 5.7.3 声音报警装置输出的最低音量值应比施工环境噪声至少高出 10 dB(A)。
- 5.7.4 主控室应配置空调设备,并且具有隔热、隔音、减振功能,主控室内的噪声不应高于 75 dB(A)。
- 5.7.5 电气设备应设置警告标志,高压电设备周围应设置防护隔离装置。
- 5.7.6 易对人员造成伤害的外露运动部件应设置声光警示装置并有明确的颜色标识,标识颜色应符合 GB 2893 的规定。
- 5.7.7 应配置通畅的人行安全通道并有导向标志,标志应符合 GB 2894 的规定。
- 5.7.8 日常操作和维修期间所需接触区域内的尖角和锐角应符合 GB/T 17301 的规定。
- 5.7.9 物料易坠落的工作区域应设置安全防护装置。
- 5.7.10 通道内有分支、转弯、台阶、坡道及重要出入口处均应有紧急疏散标识。
- 5.7.11 在后配套拖车的出入口处、主操作室内应设置醒目的紧急信息指示牌,指示牌应包括:疏散路线、救护设备和灭火设备存放位置、灭火系统安装的示意图。

6 试验方法

6.1 试验条件

- 6.1.1 试验场地应满足承载掘进机质量的要求。

- 6.1.2 试验环境温度 5℃~35℃,相对湿度 40%~70%。
- 6.1.3 试验用仪器仪表在试验前应进行检定或校准,仪器仪表包括:钢卷尺、钢直尺、游标卡尺、千分尺、秒表、电流表、风速仪、电压表、绝缘电阻测试仪、油压表、硬度计、全站仪、声级计和温度计。

6.2 目测检查

- 6.2.1 目测检查设备的布置状态、动作状态、显示状态及技术文件。
- 6.2.2 检查不拆解部件。

6.3 检测数据采集

试验检测时,单项数据采集不少于 3 次,并与规定值进行比对。

6.4 整机参数

- 6.4.1 在刀盘安装在主机上的条件下,选定并标识水平及垂直方向基点,旋转刀盘至不同位置,用全站仪或三维摄影测量系统测量最外端安装滚刀刀刃的坐标,计算出刀盘公称直径/开挖直径。
- 6.4.2 在推进模式下,用钢卷尺测量液压缸行程,用秒表计时,计算推进液压缸最大伸出速度,并与主控室操作面板液压缸行程传感器数值及设计值比对。
- 6.4.3 掘进机最大推力按式(1)计算:

$$F = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times p \times Z \dots\dots\dots (1)$$

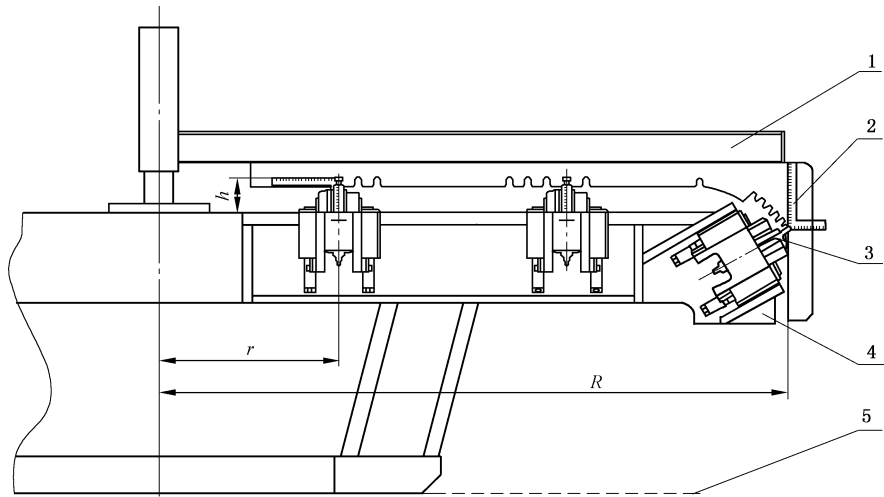
式中:
F ——掘进机最大推力,单位为牛顿(N) ;
D ——推进液压缸无杆腔内径,单位为毫米(mm) ;
p ——泵出口设计最大压力,单位为兆帕(MPa);
Z ——推进液压缸数量。

- 6.4.4 调整刀盘从零至最大转速,在刀盘转速平稳后,用秒表记录旋转的时间,计算转速。

6.5 机械结构

6.5.1 刀盘及刀具

- 6.5.1.1 将刀盘本体水平放置于工作平台,用数显水平尺检查刀盘本体工作面的平面度。
- 6.5.1.2 刀具轨迹半径检测方法及步骤如下:
 - a) 将刀盘放置于水平平台上;
 - b) 将测量工装固定于刀盘中心,调整工装测量面使之水平;
 - c) 直角尺紧靠刀盘刀具刀刃中心,见图 2;
 - d) 测量直角尺对应工装上的刻度值;
 - e) 计算得出刀具半径尺寸 R 值,并与设计进行比对。
- 6.5.1.3 刀刃高度偏差检测方法及步骤如下:
 - a) 在刀盘水平放置状态下,将刀盘法兰面调至水平;
 - b) 将测量工装固定于刀盘面板中心,调整工装测量面与刀盘法兰水平;
 - c) 直角尺水平边紧靠测量工装,实刻线与刀具刀刃最高点中心线平齐,见图 2;
 - d) 记录直角尺对应工装上的刻度值、直角尺水平边到刀具最高点的刻度值;
 - e) 依次测出每件刀具的高度尺寸 h 值。
- 6.5.1.4 用塞尺检查刀具与刀座结合面的间隙。



说明：

- 1——测量工装；
- 2——直角尺；
- 3——最外侧刀具；
- 4——刀盘本体；
- 5——水平基准面。

图2 刀具轨迹半径、刀刃高度偏差检测示意图

6.5.2 主驱动单元

6.5.2.1 空载运行刀盘,起动正转模式检查刀盘转动,用秒表测量刀盘旋转一圈所用时间,计算刀盘正转转速,并与主控室操作面板数据比对。起动反转模式,检查是否具有反转功能。

6.5.2.2 点动状态下刀盘旋转,用秒表测量刀盘旋转一圈所用时间,计算刀盘转速。

6.5.2.3 起动停机保护制动器,在刀盘边缘施加最小 5 kN 的偏心载荷,检查刀盘是否有转动。

6.5.3 护盾

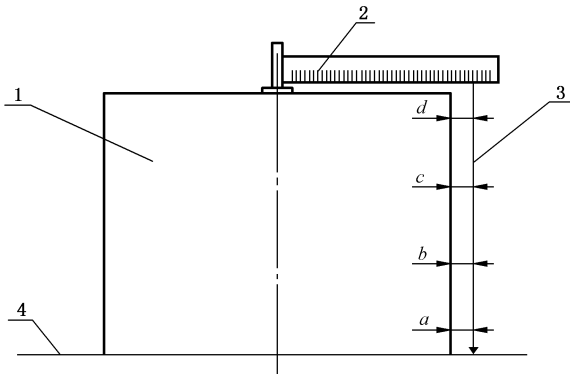
6.5.3.1 盾体外径偏差检测方法如下：

- a) 将盾体放置在水平平台上,初定测量中心,将测量工装安装于盾体顶部,见图 3；
- b) 将线锤固定于测量工装上,距离盾体外圆约 50 mm 处,使线锤方向与测量工装上的整数刻度线重合；
- c) 沿圆周每隔 30°用钢板尺分别测出外圆面与线锤间距 a ,计算线锤对应刻度值与各测量值的差值,得到盾体半径值,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 a 值,计算出盾体半径值；
- e) 计算出盾体外径。

6.5.3.2 盾体圆柱度检测方法如下：

- a) 根据 6.5.3.1 的测量方法,分别测量 $a \sim d$ 值($a \sim d$ 位置的高度间隔约为三分之一盾体高度),见图 3；
- b) 根据 $a \sim d$ 各位置平面的测量值,计算最大值与最小值的差值,计算出盾体圆度: $a_{\max} - a_{\min}$ 、 $b_{\max} - b_{\min}$ 、 $c_{\max} - c_{\min}$ 和 $d_{\max} - d_{\min}$,并与设计值进行比对；

c) 根据 a)、b)的测量方法得出直线度和圆度的结果,计算出圆柱度。



说明:
1——护盾;
2——测量工装;
3——吊线锤;
4——水平平台面。

图3 护盾外径检测示意图

6.5.4 管片拼装机

6.5.4.1 在空载状态下,将拼装机回转机构分别停留在 0°、90°、180°、270°位置,进行提升、平移、支撑操作;在管片抓紧状态下,将拼装机回转机构分别停留在 0°、90°、180°、270°位置,进行提升、平移、支撑操作。检查管片拼装机的功能。

6.5.4.2 在管片拼装机抓紧管片状态下,管片旋转过程中关闭动力源,检查制动性能。

6.5.4.3 纵向行程检测:用卷尺测量管片拼装机纵向最大移动距离,与设计值对比验证。

6.5.4.4 真空度检测:在管片拼装机抓紧管片状态下,切断动力源,20 min 后观察真空吸盘的真空表显示值,与设计值对比验证。

6.5.4.5 静载试验在最不利工况下,抓持静载试件时间不小于 10 min,观察管片拼装机抓取机构的状态;动载试验抓持动载试件,分别进行全行程的提升、平移、回转及定位动作,观察管片拼装机的运行状态,加速度和速度控制在设计范围内。

6.5.5 推进系统

6.5.5.1 分别独立控制和调整各区域液压缸伸出及缩回,检查主控室操作面板各分区液压缸行程值。

6.5.5.2 在推进模式下,同时伸出所有推进液压缸,用秒表测量全部达到最大行程时间,计算空载时的最大推进速度。

6.5.5.3 在推进模式下,依次伸出各分区带有位移传感器的推进液压缸,伸出过程中旋转推进速度旋钮,观察控制面板速度显示值。

6.5.6 铰接系统

6.5.6.1 采用三维模拟方式验证最小转弯半径。

6.5.6.2 通过主控室操作面板伸缩铰接液压缸,检查主控室操作面板液压缸行程检测功能。

6.5.7 带式输送系统

在带式输送系统正常运行状态下,通过主控室操作面板,调节速度旋钮,检查调速性能。

6.5.8 物料运输系统

6.5.8.1 在管片吊机的起始位置装入管片,启动行走机构,检查提升高度是否满足要求,观察行走动作,是否有卡滞现象,并检查管片吊机最终行程是否满足管片运输要求。

6.5.8.2 抓取静载试件,悬空高度不小于 50 mm,悬空时间不小于 10 min,观察吊机的状态;抓取动载试件,至少观察 3 个吊运循环内吊机的运行状态,试验包括对各机构在整个运动范围内做反复启动和制动,加速度和速度控制在设计范围内。

6.5.8.3 分别用无线、有线控制方式操作管片吊机,检查操控动作是否与执行动作一致。

6.5.9 壁后回填系统

以水或压缩空气为介质启动物料运输系统,运行 5 min 后,检查各物料注入系统的压力限制功能、速度调节功能,并观测回填系统和自动记录仪的连通情况。

6.6 液压系统

6.6.1 液压油污染度检测按 GB/T 20082 的方法进行。

6.6.2 设定温度传感器油温报警、停机试验值,启动液压系统,当油温升高至设定的报警试验值时,观察控制面板报警指示,用温度计测量油温进行比较。当油温升高至设定的停机试验值时,检查主机停机状况,用温度计测量油温进行比较。

6.7 电气系统

6.7.1 供配电系统

6.7.1.1 TN 电网:逐一按压回路漏电保护装置的测试开关,观察开关是否跳开;合上开关后,观察是否恢复回路供电。

6.7.1.2 IT 电网:调定绝缘检测仪的绝缘电阻报警值,启动动力回路的电机,观察绝缘检测仪是否报警。

6.7.2 控制系统

按照掘进机掘进启动次序,启动各机构,检查各机构启动状况。按正常次序按压停止按钮,检查各机构停止状况。颠倒启动次序,检查各机构启动状况。

6.7.3 数据采集系统

6.7.3.1 在主控室操作面板上观察掘进数据及图形,并进行查询历史数据、导出和打印的操作。

6.7.3.2 在掘进机掘进作业状态下,在地面监控室查看掘进数据和视频图像。

6.7.4 视频监视系统

6.7.4.1 在主控室的监视器上,观察 5.4.6.1 规定区域的图像是否稳定、清晰。

6.7.4.2 在掘进机掘进作业状态下,在地面监控室观察 5.4.6.1 规定区域的图像是否稳定、清晰。

6.7.5 急停开关

6.7.5.1 在 5.4.7.1 规定的区域按压急停开关,观察掘进机的相应执行机构是否停止动作。急停开关复位

后,观察能否恢复系统供电;在配电柜上按压复位开关后,再合上电源总开关,观察系统是否恢复供电。

6.7.5.2 在 5.4.7.2 规定的区域按压急停开关,观察相应机构是否停止工作;急停开关复位后,观察机构能否自行起动;在主控室或者操作箱上按下复位开关,再按机构的起动顺序起动,观察是否能正常恢复机构动作。

6.7.6 照明系统

检查照明灯的配置及防护等级,灯具的防护等级查看产品说明书。

6.8 导向系统

6.8.1 输入数据与设计数据允许的偏差值,模拟输入错误的设计轴线数据,使测量数据与设计轴线的偏差大于允许误差,观察导向系统是否发出警告。

6.8.2 开始测量时导向系统是否能自动捕捉激光靶或者棱镜。

6.8.3 在导向系统工控机上进行数据查询、导出和生成报表的操作。

6.9 辅助系统

6.9.1 在隧道施工及二次风机运行正常条件下,用风速仪检测后配套拖车尾端的回风速度。

6.9.2 调节润滑泵排量,降低出口有效流量,观察主控室操作面板报警指示;继续调节排量,当有效流量低于极限值时,检查主机停机状况。

6.9.3 调节润滑泵出口压力,增大溢流量,降低出口有效流量。观察控制面板报警指示。继续调节压力,有效流量低于极限值,检查主机停机状况。

6.9.4 将空桶接近开关动作调节至设定位置,运行密封润滑系统。当到达指定位置时,观察主控室控制面板报警指示状况。

6.10 职业健康与环境安全

6.10.1 使用 O_2 、 CH_4 、 H_2S 标准气体对气体监测系统进行测试。

6.10.2 在掘进机掘进作业状态下,用声级计测量背景噪声,在距离声音警报装置 1 m 的四周测量报警装置的声压级。

6.10.3 在掘进机掘进作业状态下,用声级计测量主控室噪声。

7 检验规则

7.1 检验分类

掘进机检验分为出厂检验、工地检验和型式检验。

7.2 出厂检验

由制造商质量检验部门进行,检验合格后出具出厂检验合格证,出厂检验项目见表 1。

7.3 工地检验

7.3.1 工地检验包括工地组装检验和掘进检验。

7.3.2 工地组装完成后,进行工地组装检验。

7.3.3 在完成制造商和用户协议的掘进距离后进行掘进检验,检验合格后出具验收证书。

7.3.4 工地检验项目见表 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	
	分类	系统					工地组装检验	掘进检验
1		整机参数	开挖直径	5.1.1	6.4.1	√		
2			推进速度	符合设计值	6.4.2	√	√	
3			最大推力		6.4.3	√		
4			刀盘转速		6.4.4	√	√	
5	机械结构	刀盘及刀具	刀盘本体平面度	5.2.1.3	6.5.1.1	√		
6			喷水装置效果	5.2.1.4	6.2	√	√	
7			刀具轨迹半径偏差	5.2.1.9	6.5.1.2	√		
8			刀具刀刃高度偏差	5.2.1.10	6.5.1.3	√		
9			刀具与刀座间隙	5.2.1.11	6.5.1.4	√	√	
10		主驱动单元	主轴承设计寿命	5.2.2.1	查验计算书	√		
11			正反转功能	5.2.2.2	6.5.2.1	√	√	
12			刀盘点动功能	5.2.2.3	6.5.2.2	√	√	
13			制动功能	5.2.2.4	6.5.2.3	√	√	
14			脱困扭矩	5.2.2.5	查验计算书	√		
15		护盾	护盾外径偏差	5.2.3.1	6.5.1	√		
16			护盾圆柱度	5.2.3.1	6.5.2	√		
17			防扭装置	5.2.3.5	6.2	√	√	
18		管片拼装机	动作功能	5.2.4.1	6.5.4.1	√	√	√
19			制动功能	5.2.4.3	6.5.4.2	√	√	√
20			纵向行程检查	5.2.4.6	6.5.4.3			√
21			真空度检测	5.2.4.8	6.5.4.4	√	√	
22			抓取装置安全系数	5.2.4.9	查验计算书	√		
23			载荷试验	5.2.4.10	6.5.4.5	√		
24		推进系统	分区控制	5.2.6.2	6.5.5.1	√	√	√
25			最大推进速度	5.2.6.3	6.5.5.2	√		
26			速度连续可调	5.2.6.4	6.5.5.3	√	√	√
27		铰接系统	行程检测功能	5.2.7.2	6.5.6	√	√	
28		带式输送系统	调速功能	5.2.8.2	6.5.7	√	√	√
29			降尘装置	5.2.8.3	6.2	√	√	
30			联锁、急停功能状况	5.2.8.4	6.2	√	√	
31		物料运输系统	管片运输	5.2.9.2	6.5.8.1	√	√	
32			载荷试验	5.2.9.4	6.5.8.2	√		
33			抓取装置安全系数	5.2.9.3	查验计算书	√		
34			吊机控制	5.2.9.5	6.5.8.3	√	√	

表 1 (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	
	分类	系统					工地组装检验	掘进检验
35		壁后回填系统	回填能力	5.2.10.1	6.2	✓		
36			流量调节	5.2.10.2	6.5.9			✓
37		液压系统	油液污染度检测	5.3.2	6.6.1	✓	✓	
38			油温报警装置	5.3.3	6.6.2	✓	✓	✓
39			测压点设置	5.3.4	6.2	✓		
40	电气系统	供配电系统	漏电保护功能	5.4.2.7	6.7.1.1	✓	✓	✓
41			绝缘电阻报警功能	5.4.2.8	6.7.1.2	✓	✓	✓
42		控制系统	联锁次序	5.4.3.6	6.7.2	✓	✓	✓
43		数据采集系统	数据收集功能	5.4.4.2	6.7.3.1	✓	✓	✓
44			远程信息传输接口	5.4.4.3	6.7.3.2			✓
45		视频监控系统	掘进机内置监控	5.4.6.1	6.7.4.1	✓	✓	✓
46			远程监控接口	5.4.6.2	6.7.4.2			✓
47		急停开关	控制室急停开关	5.4.7.1	6.7.5.1	✓	✓	✓
48			操作箱急停开关	5.4.7.2	6.7.5.2	✓	✓	✓
49		照明系统	灯具防护等级	5.4.8.2	6.7.6	✓	✓	
50		导向系统	导向系统精度	5.5.1	6.2	✓		
51			设计轴线管理	5.5.2	6.8.1			✓
52			空间位置检测	5.5.3	6.8.2			✓
53			信息交换功能	5.5.7	6.8.3			✓
54	辅助系统	通风、除尘	回风速度	5.6.1.1	6.9.1			✓
55		润滑、密封	主驱动密封润滑	5.6.2.1	6.9.2	✓	✓	✓
56			主轴承润滑	5.6.2.2	6.9.3	✓	✓	✓
57			空桶检测功能	5.6.2.3	6.9.4	✓	✓	✓
58		压缩空气	出口压力	5.6.4.3	6.2	✓	✓	
59			空气过滤装置	5.6.4.5	6.2	✓	✓	
60		安全要求	气体检测	5.7.1	6.10.1	✓		
61			声音报警音量值	5.7.3	6.10.2		✓	✓
62			主控室噪声	5.7.4	6.10.3			✓
63			电气设备警告标志	5.7.5	6.2	✓	✓	
64			运动部件警示	5.7.6	6.2	✓	✓	
65			安全通道标志	5.7.7	6.2	✓	✓	
66			紧急疏散标识	5.7.10	6.2	✓	✓	
67			紧急信息指示牌	5.7.11	6.2	✓	✓	

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) 工艺、材料和结构有较大改变,有可能影响产品性能时;
- c) 出厂检验与上次型式检验有较大差异时;
- d) 国家质量监督管理部门提出型式检验要求时。

7.4.2 型式检验应检验表 1 规定的全部项目。

7.5 合格判定

全部检验项目合格,判定为合格。

8 随行文件

8.1 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、运输

9.1 标志

9.1.1 警示标志

9.1.1.1 警示标志应设置于醒目位置,并永久固定。

9.1.1.2 警示标志内容应不易擦除。

9.1.2 标牌

标牌应符合 GB/T 13306 的规定,在标牌上至少应标出如下内容:

- 设备名称;
- 设备型号;
- 出厂编号;
- 整机质量;
- 制造商名称;
- 制造商地址;

——制造商联系方式。

9.2 包装和运输

9.2.1 包装应符合 GB/T 13384 及 JB/T 5000.13 的规定,并适合陆路或水路运输及装载的要求。

9.2.2 包装储运图示标志应符合 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;
- 毛重、净重、箱号及外形尺寸;
- 起吊作业标志和储运图示标志。

9.2.3 掘进机运输应符合铁路、公路和航运的有关规定。

9.2.4 大型物件的运输应符合国家有关大件运输的管理办法。

附 录 A
(资料性附录)
刀盘扭矩计算方法

A.1 理论扭矩计算方法

理论扭矩计算方法按式(A.1):

$$T = \sum (f \times F_i \times R_i) + \sum T_m \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- T ——刀盘扭矩,单位为千牛米(kN·m);
- f ——滚刀滚动阻力系数,一般取值 0.1~0.15;
- F_i ——滚刀额定承载能力,单位为千牛(kN);
- R_i ——每把滚刀在刀盘上的回转半径,单位为米(m);
- T_m ——摩擦扭矩,单位为千牛米(kN·m)。

A.2 经验计算方法

经验计算方法按式(A.2):

$$T = S \times D^2 \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

- D ——刀盘直径,单位为米(m);
- S ——扭矩系数。扭矩系数 S 根据掘进机直径、围岩条件选取,一般取 $S \approx 60$ 。

附 录 B
(资料性附录)
掘进机推力计算方法

B.1 掘进机推力理论计算方法

B.1.1 掘进机推力

掘进机推力按式(B.1)计算:

$$F = K_1 \times (F_1 + F_2 + F_3 + F_4) \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

- F ——掘进机推力,单位为千牛(kN);
- K_1 ——储备系数,一般取 $K_1 = 1.1 \sim 1.5$;
- F_1 ——岩石和护盾间的摩擦阻力,单位为千牛(kN);
- F_2 ——拖动后配套系统产生的阻力,单位为千牛(kN);
- F_3 ——刀盘推进反力,单位为千牛(kN);
- F_4 ——盾尾刷与管片之间摩擦阻力,单位为千牛(kN)。

B.1.2 岩石和护盾间摩擦阻力

岩石和护盾间的摩擦阻力 F_1 按式(B.2)计算:

$$F_1 = \mu_1 \times W_1 \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

- μ_1 ——围岩与护盾间的摩擦系数,一般取 $0.3 \sim 0.5$;
- W_1 ——护盾作用在围岩上的全部竖直压力,单位为千牛(kN)。

B.1.3 拖动后配套系统产生阻力

拖动后配套系统产生的阻力 F_2 按式(B.3)计算:

$$F_2 = \mu_2 \times W_2 \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

- μ_2 ——车轮和钢轨间的摩擦系数,一般取 $0.05 \sim 0.1$;
- W_2 ——后配套系统总重,单位为千牛(kN)。

B.1.4 刀盘推进反力

刀盘推进反力 F_3 按式(B.4)计算:

$$F_3 = F_i \times N \dots\dots\dots (B.4)$$

式中:

- F_i ——滚刀额定承载能力,单位为千牛(kN);
- N ——刀盘配置的滚刀数量,单位为把或刃。

B.1.5 盾尾刷与管片之间摩擦阻力

盾尾刷与管片之间摩擦阻力 F_4 按式(B.5)计算:

$$F_4 = 2\mu_2 \times W_s \dots\dots\dots (B.5)$$

式中：

μ_2 ——管片和盾尾刷之间的摩擦系数，一般取 $\mu_2 = 0.5$ ；

W_s ——环形管片的重量，单位为千牛(kN)。

B.2 经验计算法

掘进机推力按式(B.6)计算：

$$F = K_2 \times N \times F_i \dots\dots\dots (B.6)$$

式中：

F ——掘进机推力，单位为千牛(kN)；

K_2 ——储备系数，取 1.3~1.5；

N ——刀盘配置的滚刀数量，单位为把或刃；

F_i ——滚刀额定承载能力，单位为千牛(kN)。

附 录 C
(资料性附录)
带式输送机功率计算方法

C.1 带式输送机功率理论计算法

C.1.1 圆周力

圆周力按式(C.1)计算：

$$F_{\mu} = C f L g [q_{RO} + q_{RU} + (2q_B + q_C)] + q_G g H + F_{s1} + F_{s2} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

- F_{μ} ——圆周力，单位为牛顿(N)；
- C ——系数；
- f ——模拟摩擦系数；
- L ——带式输送机长度，单位为米(m)；
- g ——重力加速度，单位为米每二次方秒(m/s²)；
- q_{RO} ——承载分支托辊每米长旋转部分质量，单位为千克每米(kg/m)；
- q_{RU} ——回程分支托辊每米长旋转部分质量，单位为千克每米(kg/m)；
- q_B ——每米长输送带的质量，单位为千克每米(kg/m)；
- q_C ——每米长输送物料的质量，单位为千克每米(kg/m)；
- q_G ——附加阻力，单位为牛顿(N)；
- H ——提升高度，单位为米(m)；
- F_{s1} ——特种主要阻力，托辊前倾摩擦阻力及导料槽摩擦阻力，单位为牛顿(N)；
- F_{s2} ——特种附加阻力，清扫器、卸料器及反转回程分支输送带的阻力，单位为牛顿(N)。

C.1.2 传动滚筒轴功率

传动滚筒轴功率按式(C.2)计算：

$$P_A = F_{\mu} \times v / 1\,000 \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

- P_A ——传递滚筒轴功率，单位为千瓦(kW)；
- v ——输送带速度，单位为米每秒(m/s)。

C.1.3 电动机功率

电动机功率按式(C.3)计算：

$$P = K \times P_A / \eta \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：

- P ——电动机功率，单位为千瓦(kW)；
- K ——功率备用系数；
- η ——传动效率。

C.2 带式输送机功率经验计算法

C.2.1 传动滚筒轴功率

传动滚筒功率按式(C.4)计算：

$$P_A = (k_1 L_n v + k_2 L_n Q + 0.002\ 73QH)k_3 + \Sigma P \quad \dots\dots\dots (C.4)$$

式中：

P_A ——传递滚筒轴功率,单位为千瓦(kW)；

k_1 ——空载运行功率系数；

L_n ——水平带式输送机长度,单位为米(m)；

v ——输送带速度,单位为米每秒(m/s)；

k_2 ——物料水平运行系数；

Q ——额定输送能力,单位为千克每秒(kg/s)；

H ——提升高度,单位为米(m)；

k_3 ——附加功率系数；

ΣP ——附加功率,单位为千瓦(kW)。

C.2.2 附加功率

附加功率 ΣP ,当导料槽长度不大于3 m时可忽略不计,当导料槽长度大于3 m时计算方法按式(C.5)：

$$\Sigma P = (0.09 \sim 0.115) \times L' \quad \dots\dots\dots (C.5)$$

式中：

L' ——为超过3 m的导料槽长度值,单位为米(m)。

C.2.3 电机功率

电机功率计算方法按式(C.6)：

$$P = K \times P_A / \eta \quad \dots\dots\dots (C.6)$$
