



中华人民共和国国家标准

GB/T 40127—2021

全断面隧道掘进机 顶管机安全要求

Full face tunnel boring machine—Safety requirements of pipe jacking machine

2021-05-21 发布

2021-12-01 实施

国家市场监督管理总局
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 危险列表 3

5 安全要求和措施 4

6 安全要求/措施的验证 14

7 产品使用说明书..... 14

附录 A（资料性） 圆形顶管机防滚转能力计算方法 17

附录 B（资料性） 顶管机噪声测量方法 19

附录 C（规范性） 警示标志和标语 21

参考文献 28

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、大连理工大学、石家庄铁道大学、盾构及掘进技术国家重点实验室、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、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：贾连辉、谭顺辉、霍军周、郭京波、洪开荣、郑永光、朱晓肆、黄继敏、程永亮、张英明、刘书兵、沈建华、刘双、唐飞、薛广记、杨绍普、翟乾智、窦如军、王永、麻成标、郭宏浩、朱振华、赵亮、姚宝、孙艳秋。

全断面隧道掘进机 顶管机安全要求

1 范围

本文件规定了顶管机的危险列表、安全要求和措施、安全要求/措施的验证和产品使用说明书等。

本文件适用于各类型的顶管机。

本文件未包括全部的机械、电气、液压、气动及其他装置危险，也未包括通用标准中涉及的全部危险。本文件未包括的危险见 GB/T 15706。

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 150(所有部分) 压力容器

GB/T 700 碳素结构钢

GB/T 1094.2 电力变压器 第2部分：液浸式变压器的温升

GB/T 1094.3 电力变压器 第3部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙

GB/T 1094.11 电力变压器 第11部分：干式变压器

GB/T 1251.2 人类工效学 险情视觉信号 一般要求、设计和检验

GB/T 1985—2014 高压交流隔离开关和接地开关

GB 2893—2008 安全色

GB 2894—2008 安全标志及其使用导则

GB/T 3683 橡胶软管及软管组合件 油基或水基流体适用的钢丝编织增强液压型 规范

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 7247.1—2012 激光产品的安全 第1部分：设备分类、要求

GB/T 7932 气动 对系统及其元件的一般规则和安全要求

GB/T 8196 机械安全 防护装置 固定式和活动式防护装置设计与制造一般要求

GB/T 11345 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定

GB/T 13547 工作空间人体尺寸

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 15706 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小

GB/T 16754 机械安全 急停 设计原则

GB/T 16855.1 机械安全 控制系统安全相关部件 第1部分：设计通则

GB/T 17888.3 机械安全 进入机械的固定设施 第3部分：楼梯、阶梯和护栏

GB/T 28780 机械安全 机器的整体照明

GB/T 29712 焊缝无损检测 超声检测 验收等级
GB/T 34354—2017 全断面隧道掘进机 术语和商业规格
GB/T 34650—2017 全断面隧道掘进机 盾构机安全要求
GB/T 34651 全断面隧道掘进机 土压平衡盾构机
GB 50168—2018 电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准
GB 50194—2014 建设工程施工现场供用电安全规范
GB 50217—2018 电力工程电缆设计标准
GBZ 2.1—2019 工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素
GBZ 159 工作场所空气中有害物质监测的采样规范

3 术语和定义

GB/T 34650—2017、GB/T 34651 和 GB/T 34354—2017 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。

[来源:GB/T 34354—2017,2.17]

3.2

盾体 shield structure

顶管机主机中用于保护设备及人员安全的周边壳体,在圆形顶管机中也称作壳体。

注:一般包括前盾(前壳体)、尾盾(后壳体),部分主机还包括中盾(中壳体)。

3.3

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、铰接密封等系统组成。

3.4

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]

3.5

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、顶推液压缸、阀组、泵站、行程测量装置等组成。

[来源:GB/T 34354—2017,2.44,有修改]

3.6

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。

3.7

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。

- 3.8
顶环 thrust ring
将顶推液压缸顶推力均匀传递给管节的装置。
- 3.9
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。
- 3.10
注浆孔 grouting port
用于向盾体外部注水、改良剂、减摩剂、黏土等的通道。
- 3.11
人行通道 walkway
在顶管机的主机、辅助设备及主机和辅助设备之间允许人员通行的设施。
- 3.12
危险区域 danger zone
在顶管机内部和/或周围,对人员身体和健康可能造成伤害和损害的区域。
- 3.13
操作人员 operator
在顶管机内及地面控制室作业的人员。
- 3.14
滚转 roll
顶管机前、后盾体之间相对掘进轴线偏转。

4 危险列表

表 1 所列危险包括了本文件所涉及的所有危险。这些危险是通过对顶管机的风险评估来确定的,应采取措施来消除或减少。

表 1 危险列表

危险类别	危险内容	相关条款
机械危险	高压流体喷射	5.19
	机械运动	5.1.4
	坠落物	5.15.1
	滚转	5.4
	结构失稳与崩溃	5.12、5.16
	滑倒、绊倒和坠落	5.14、5.15
电气危险	直接或间接的电气接触	5.18
	热辐射、化学反应等电气设备的外部影响	5.18.1、5.18.3.5、5.18.4.4
热危险	热危险	5.1.4
辐射产生的危险	激光	5.20.1、5.20.2、5.20.3
噪声危险	干扰言语交际和声音信号	5.22.2
	噪声	5.22

表 1 危险列表 (续)

危险类别	危险内容	相关条款
振动危险	振动	5.19.12、5.19.13、5.22.2
粉尘、气体危害	有害粉尘和废气	5.21
	燃烧和爆炸的危险	5.23
忽视人类工效学的危险	不充分的照明	5.18.8
动力中断、机械零部件破坏和其他功能混乱的危险	控制系统失效	5.17
	稳定性意外丧失	5.16
	制动器失灵	5.17.1、5.17.12
有关安全措施/手段的缺失、定位不当的危险	所有类别的防护装置	5.15、5.16、5.18.2、5.18.4、5.18.5、5.18.6、5.21
	与安全相关的装置	5.15.2
	启动和停机装置	5.17.10、5.17.11
	安全符号和标志	5.18.6.2、5.23.2、5.24
	所有类别的信息或报警装置	5.17.9
	急停和自动停机装置	5.17.11、5.17.12
	工件的装、拆	5.13

5 安全要求和措施

5.1 通则

- 5.1.1 顶管机的安全设计应符合 GB/T 15706 的规定。
- 5.1.2 顶管机施工安全适应性应符合 GBZ 2.1—2019 和 GBZ 159 的要求。
- 5.1.3 顶管机的布局应合理,便于使用操作、物料输送、设备维修保养和紧急情况下的人员疏散。
- 5.1.4 顶管机应设置安全装置,并满足以下要求:
- 运动部件应设置防护及警示装置;
 - 压力、载荷、温度、行程等超过设定值可能发生危险的零部件,应设有保险装置;
 - 某些动作需要对人员进行警告或提醒注意时,应设置信号装置或警告牌等;
 - 有动作顺序要求的装置应具有联锁功能;
 - 操作人员可接触的高温、高压等危险区域应设置隔离防护装置,并应设置警示标识。
- 5.1.5 顶管机内部可出入的区域范围应设置警示标识,严禁堆放杂物及易燃物品。
- 5.1.6 所有涉及气体、液体的部件均应满足压力密封要求,不应泄漏。
- 5.1.7 顶管机制造商应提供产品使用说明书和产品维护保养手册等。

5.2 刀盘

5.2.1 刀盘布置

- 5.2.1.1 需要人员进仓检修的顶管机,刀盘与土仓隔板之间的空间应满足人员检修需求。
- 5.2.1.2 采用多刀盘结构形式的顶管机,各刀盘布置应确保开挖尺寸,避免干涉。

5.2.2 刀盘结构

5.2.2.1 刀盘选用的材料的机械性能应不低于 GB/T 700 中 Q235B。

5.2.2.2 刀盘结构应有足够的强度、刚度和抗疲劳性。

5.2.2.3 所有与刀盘支撑相关的焊缝、刀箱焊缝及刀箱与面板连接的焊缝均应进行 100% 检测。

5.2.3 刀具安装

5.2.3.1 刀具螺栓安装应达到预紧力矩要求,应有防松措施。

5.2.3.2 采用焊接安装的刀具,焊缝应进行 100% 检测。

5.2.3.3 滚刀、撕裂刀等可更换刀具宜采用背装式。

5.3 刀盘驱动

5.3.1 密封系统宜具备密封油脂泄漏检测功能。

5.3.2 连接盾体、驱动箱、刀盘的紧固件应达到预紧力矩要求,应有防松措施。

5.3.3 刀盘驱动系统应具有扭矩报警指示功能。

5.3.4 驱动箱应具有润滑油液位显示功能。

5.4 滚转

5.4.1 应具有盾体防滚转功能。

5.4.2 应具有盾体滚转角度监测和报警功能。

5.4.3 圆形顶管机设计时应进行防滚转能力的计算校核,计算方法参见附录 A。

5.4.4 顶管机主机重心应处于主机水平轴线以下。

5.4.5 顶管机功能设计时应具有以下滚转纠正功能:

- a) 刀盘正反转功能;
- b) 盾体设置注浆孔。

5.5 注浆减摩

顶管机盾体宜设置减摩剂注浆孔。

5.6 中继间

5.6.1 在顶推距离较长,顶推力超过反力墙、管节的承载能力时,应设置中继间来分散顶推力。

5.6.2 中继间结构应具有足够的强度、刚度和抗疲劳性,并满足以下要求:

- a) 焊接件设计应符合 GB/T 150.1~GB/T 150.4 的要求;
- b) 结构中直接承受地层及地下水压力的焊缝应进行 100% 检测,应满足密封要求;
- c) 结构应满足隧道耐久性要求。

5.6.3 中继间密封应能承受地层及地下水的压力。

5.6.4 中继间最大设计顶推力不应大于管节承载力及反力墙承载力。

5.7 止退装置

5.7.1 顶管机宜设置止退装置。

5.7.2 止退装置应具有足够的刚度和强度,应确保顶推液压缸收回后管节后移不超过限定位置。

5.8 后靠

5.8.1 顶管机应设置后靠。

5.8.2 后靠应具有足够的刚度和强度,不应产生塑性变形。

5.8.3 后靠宜标识顶推液压缸作用或接触位置。

5.8.4 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。

5.8.5 当空间允许时,后靠应设置用于逃生的爬梯。

5.9 顶推液压缸支架

5.9.1 顶推液压缸支架应具有足够的刚度和强度,不应发生偏斜或变形。

5.9.2 顶推液压缸支架应便于运输和吊装。

5.9.3 当空间允许时,顶推液压缸支架应设置用于逃生的爬梯。

5.10 顶铁、顶环

5.10.1 顶铁、顶环应具有足够的刚度和强度。

5.10.2 顶铁、顶环的前后端面应平整。

5.10.3 顶铁、顶环工作时运动应保证平顺,不应发生偏斜、俯仰。

5.11 主控室

5.11.1 主控室设计应遵循人类工效学要求,其工作空间人体尺寸应符合 GB/T 13547 的要求;其工作岗位尺寸设计的原则及数值应符合 GB/T 14776 的规定。

5.11.2 应配置可视辅助装置,至少包括视频监控。

5.11.3 宜设置温度调节装置。

5.12 载荷处置

5.12.1 顶管机设计时,管节与尾盾的接口应满足密封压力要求。

5.12.2 顶管机刀盘驱动密封、铰接密封的设计压力应大于整机设计压力值。

5.12.3 盾体结构应具有足够的强度、刚度,并满足以下要求:

- a) 盾体焊接结构设计应符合 GB/T 150 的要求;
- b) 盾体结构中直接承受地层及地下水压力的焊缝应进行 100% 检测,应满足密封要求。

5.12.4 土压传感器使用前应由具有资质的单位进行检定和(或)校准。

5.12.5 密封油脂系统应满足以下要求:

- a) 主轴承密封油脂选用环保材料;
- b) 油脂泵具有空桶检测和报警功能。

5.12.6 顶管机当配置人舱时,对人舱的要求如下:

- a) 应由具有专业资质的制造商设计和制造,并应符合 GB/T 150 的规定;
- b) 应由压力容器、加减压管路系统、监控、通讯、报警和照明等组成,人舱内应配备适合于在压缩空气环境下操作的灭火器或其他消防设施;
- c) 应配备铰链门,当空间允许时,人舱应能容纳 1.85 m 长的担架和两个人员,并不应影响门的开闭;
- d) 设计压力应为工作压力的 1.1 倍,测试压力应为工作压力的 1.5 倍,保压 30 min 的压力下降值不应大于 0.01 MPa;
- e) 应设置安全阀,安全阀设定压力应为最大工作压力的 1.1 倍;
- f) 人舱内外应设置机械式快速开启的应急排气阀,设置永久性红色警示标记;
- g) 应设置全气动压力调节装置,在供电系统断电时系统仍能正常工作;
- h) 人舱内外应配备通信系统,通信系统在供电系统断电时仍能正常工作;

i) 照明系统应采用小于或等于 36 V 的安全电压,照明系统应在断电时仍能工作 2 h 以上。

5.12.7 顶管机制造商应在产品使用说明书中提供设备允许的最大载荷和关键零部件的寿命期限等信息。

5.13 顶管机吊装运输

5.13.1 运输顶管机重要结构件(如刀盘、前盾、尾盾、附属设备等)时,应提供吊耳或辅助起吊装置,并应在产品使用说明书中说明重量、尺寸、吊耳或吊点位置、吊装和翻转方法。

5.13.2 部件应满足公路运输、现场组装限定条件的要求,必要时应进行分体设计。

5.13.3 现场装配后需拆除的临时起吊装置,应在相关技术文件中明确说明。

5.13.4 刀盘和盾体等部件的吊点不应少于 2 个,单个吊点的承载能力不应小于该件自重。

5.13.5 焊接吊耳的焊缝应按 GB/T 11345 进行 100% 超声波检查,等级应不低于 A 级,验收等级应不低于 GB/T 29712 中的 3 级。

5.13.6 钢丝绳的起吊夹角不宜大于 40°。

5.13.7 在装卸顶管机盾体内部的质量超过 20 kg 的机械部件时,应采取如下措施之一:

- a) 备有起吊工具;
- b) 具有适应起吊工具连接的接口,如吊孔等;
- c) 具有能安装标准起吊工具的结构,如法兰等。

5.13.8 顶管机上机械部件的运输方法和路径,应在产品使用说明书和专用物料运输图中标出。

5.14 人行通道、作业平台

5.14.1 需要人员进入的顶管机,应设置由外部进入隧道的人行通道或出入口。

5.14.2 需要人员进入的顶管机,主顶液压缸支架与顶铁之间、盾体内部应设置人行通道。

5.14.3 刀盘和土仓的连接通道应满足人员通行要求。

5.14.4 人行通道应通畅,地面应防滑,不应有突出障碍物、空隙及松动部件等易造成绊跌或倒下危险的设施。

5.14.5 人行通道行走面尺寸宽度不应小于 0.3 m,出入口横截面积应不小于 0.2 m²。

5.14.6 止退装置的操作位置应设置作业平台。

5.14.7 人行通道、作业平台周边存在运动部件时应在醒目位置设置运动部件警示标志。

5.15 高空坠落、运动件的防护

5.15.1 高空坠落

5.15.1.1 人行通道、作业平台等存在坠落风险的部位应设有护栏,护栏下部应有踢脚板,护栏和踢脚板应符合 GB/T 17888.3 的规定。

5.15.1.2 存在物体坠落风险的顶管机的操作位置上方应有防护结构。

5.15.2 运动件的防护

5.15.2.1 顶管机上的外露运动件应安装防护装置,其结构设计应符合 GB/T 8196 规定。当操作人员的工作位置处于外露运动件的危险区域,工作位置包括管节吊运、皮带传动等外露运动件所形成的危险区域时,应按 GB 2894—2008 设置安全警示标志。

5.15.2.2 带式输送机应设置全程急停装置和启动前声光报警。

5.16 掌子面失稳的防护

5.16.1 盾体四周宜预留一定数量的超前注浆孔。

5.16.2 泥水平衡顶管机的进浆管路与排浆管路应配有流量检测装置,进/排浆流量应连续可调。

5.16.3 土仓隔板和螺旋输送机上应配置压力传感器,可连续监控渣土压力。

5.17 控制系统

5.17.1 通则

5.17.1.1 控制装置应明确标记。

5.17.1.2 控制装置布置位置应能保证安全、准确和便捷地操作。

5.17.1.3 控制系统应将设备参数设定在安全范围以内。

5.17.1.4 控制系统应有动态效应的裕量。

5.17.1.5 控制装置应设置在能使操作人员方便操作且能观察到作业区域的位置,并应避免危险区域。

5.17.1.6 顶管机设备如需要几种控制或运行模式(如本地维护模式、远程操作模式),则应配备一个能锁定在每个位置的模式选择器。选择器的每个位置均应清晰无疑并对应一种操作或控制模式。急停和安全装置除外。

5.17.1.7 控制系统应具有状态显示功能(如停止、运行中和运行)。

5.17.1.8 手动控制装置的选用、位置和标识应满足以下要求:

- a) 清晰可见、可识别,必要处适当增加标识;
- b) 控制装置的位置和运动标识与其作用一致;
- c) 操作不应引起附加风险。

5.17.2 多刀盘控制

5.17.2.1 采用多刀盘结构形式的顶管机,刀盘驱动应能协同控制。

5.17.2.2 涉及干涉的多刀盘之间应设置联锁保护装置。

5.17.2.3 所有刀盘均应能实现可单独调速控制也可组合协同控制。

5.17.2.4 当顶管机正常掘进时,所有刀盘均应处于运行状态且刀盘转速均应大于最低安全转速。

5.17.2.5 每个刀盘的控制系统均应能清晰显示其刀盘扭矩、转速、转向及运行状态。

5.17.2.6 应设置刀盘调试模式,该模式仅在非顶推掘进的状态下使用。刀盘调试模式启动后应可控制多刀盘单动,且该模式应具有密码保护功能,应能禁止非专业人员操作。

5.17.2.7 刀盘采用电机驱动时:

- a) 每个刀盘的驱动电机都应设置热继电器保护和电流保护措施;
- b) 单个刀盘的所有驱动电机的转向应一致。

5.17.3 螺旋输送机控制

5.17.3.1 螺旋输送机后闸门,应具有断电自动关闭功能。

5.17.3.2 多个螺旋输送机布置时,每个螺旋输送机应:

- a) 具有单独起动、停止和调速功能;
- b) 具有单独打开和关闭闸门的功能;
- c) 具有独立的供电开关。

5.17.3.3 应具有急停功能。

5.17.4 顶推装置控制

5.17.4.1 应设置液压缸行程测量装置。

5.17.4.2 液压缸实际行程与检测行程误差不应大于 5 mm。

- 5.17.4.3 应具有液压泵站低液位报警功能。
- 5.17.4.4 应具有两种可选的工作模式：顶推模式和拼装模式，并应设置明确的状态指示。
- 5.17.4.5 顶推装置控制系统应至少具有以下功能：
- a) 顶推泵主开关断开报警及联锁功能；
 - b) 顶推急停报警及联锁功能；
 - c) 顶推模式与刀盘转速的联锁功能，只有当所有的刀盘均达到安全转速后才能启动顶推模式；
 - d) 顶推模式状态下，任一刀盘扭矩超过安全设置值时，需自动停止顶推。
- 5.17.4.6 顶推模式下，顶推装置应具有压力和速度的调节功能。
- 5.17.4.7 顶推模式下，顶推装置应具有任意选择工作液压缸的功能。
- 5.17.4.8 拼装模式下，顶推液压缸应具有单独动作控制的功能。
- 5.17.4.9 顶推速度应满足施工效率的要求。
- 5.17.4.10 主控室人机交互界面应显示顶推压力和速度。
- 5.17.4.11 管节安装区域应设置视频监视系统，该系统应能将画面清晰显示在主控室内。
- 5.17.4.12 顶推装置应设置本地控制盒，便于管节安装时在本地控制顶推液压缸，且应与主控室具有互锁功能。
- 5.17.4.13 当顶管机顶推装置推力达到顶推力设计最大值的 70% 时，应具有增设中继间提示功能。

5.17.5 中继间控制

- 5.17.5.1 应设置行程检测装置。
- 5.17.5.2 液压缸实际行程与检测行程误差不应大于 3 mm。
- 5.17.5.3 中继间应具有远程控制模式。
- 5.17.5.4 中继间应具有以下联锁功能：
- a) 中继泵主开关断开报警与联锁；
 - b) 急停报警及联锁；
 - c) 顶推启动与刀盘转速联锁，只有刀盘转动后才能启动中继间顶推。
- 5.17.5.5 应具有液压泵站低液位报警功能。

5.17.6 纠偏系统控制

- 5.17.6.1 应设置行程检测装置。
- 5.17.6.2 液压缸实际行程与检测行程误差不应大于 3 mm。
- 5.17.6.3 应具有纠偏泵主开关断开报警与联锁功能。
- 5.17.6.4 应具有低液位报警功能。
- 5.17.6.5 纠偏动作应与刀盘转速联锁，只有刀盘启动后才能进行纠偏动作。
- 5.17.6.6 纠偏系统应具有全伸、全缩及纠偏功能。
- 5.17.6.7 纠偏系统应设置液压缸行程限制装置。

5.17.7 供电系统

- 5.17.7.1 在始发井处应设置供电开关或采用电缆快插接头来断开和连接主机的供电电缆。
- 5.17.7.2 电缆快插接头应满足以下条件：
- a) 过电流能力大于电缆的最大载流能力；
 - b) 放置在干燥、不发生相对位移、远离人行通道的位置并具有防水功能；
 - c) 在电缆快插接头附近设有警示标志，禁止非专业人员操作。
- 5.17.7.3 主机供电系统源头应设置电源切断装置。

5.17.7.4 主机供电电源切断装置应具有防止误合闸措施。

5.17.8 安全回路

5.17.8.1 安全回路应采用具有安全防护等级的设备或装置。

5.17.8.2 电气控制系统安全防护的性能等级应符合 GB/T 16855.1 的规定,安全防护的性能等级(PLr)应不低于表 2 的要求。未列示项目的安全性能等级(PLr)应不低于 a 级。

5.17.8.3 应采用保护特低电压(PELV)保护人身免于间接接触和有限区域直接接触的电击防护。

表 2 安全防护性能等级要求

安全防护项目	性能等级要求(PLr)
刀盘点动	d
在电路或供电中断情况下的负载维持	d
最小支撑压力的连锁	b
附加的独立支撑系统的连锁	d
检修门或防护装置的连锁	c
急停装置	c/d
自动关闭	c

5.17.9 警示系统

5.17.9.1 警示装置应采用声、光报警,声音报警系统的最小声音级别应至少高于设备周围噪声 10 dB (A)。

5.17.9.2 报警信息应清晰明确,不易产生误解。

5.17.9.3 报警装置在设计和组装时应布置在不容易受损的位置。

5.17.9.4 遥控或无人自动操作的顶管机应有可视警示灯,在起动前、遥控操作时、无人自动操作时,该警示装置应能自动开启。

5.17.10 起动

5.17.10.1 顶管机的主动力源应通过人为操纵起动控制装置才能起动。

5.17.10.2 顶管机各设备的起动应按特定的顺序执行。

5.17.10.3 顶管机同一设备或机构有多个起动装置时,各起动装置应相互连锁。

5.17.10.4 对于可以进行互斥动作的起动装置,应设置互锁功能,按钮宜分开布置。

5.17.10.5 加减速运动宜通过模拟量或逐级控制来实现。

5.17.11 停机

5.17.11.1 应安装有停止控制装置,应能安全并完全停止顶管机的运行。

5.17.11.2 停止的优先等级应高于起动。

5.17.11.3 顶管机各设备的停止应按特定的顺序执行。

5.17.12 急停装置

5.17.12.1 顶管机各设备应设置急停装置。

5.17.12.2 急停装置应置于操作人员和其他需要起动的人员易于触及的位置,并应符合 GB/T 16754

的要求。

5.17.12.3 急停装置应能快速停止所控制的设备部件。

5.17.12.4 顶管机上的所有急停装置应有安装位置说明图,便于人员识别和掌握。

5.17.12.5 急停装置动作后,应一直保持有效,直到人工复位后。人工复位后应通过正常起动程序重新起动设备,不应直接重新起动。

5.17.12.6 当急停装置动作时,系统内任何残留的能量应被限制或释放,以使其不能引发任何危险。

5.17.12.7 顶管机应设置防止意外起动装置。

5.17.12.8 控制局部功能的急停装置,应能停止特定和限定的动作。

5.18 电气设备

5.18.1 通则

5.18.1.1 电气设备应具有与环境条件相适应的防护结构和措施,电气设备的防护等级应不低于 IP55。

5.18.1.2 电气元器件应取得国家强制性产品安全认证或通过国际互认协议,满足国家强制性产品认证管理规定并应符合顶管机施工环境要求。

5.18.1.3 高压电气设备周围应设置安全警示、绝缘保护等装置,宜设置故障报警装置。

5.18.1.4 电器配线、开关标识应可靠、易识别、不易磨损。

5.18.2 电气保护

5.18.2.1 电气设备防护措施应符合 GB/T 5226.1 的规定。

5.18.2.2 电气设备应具有漏电保护、零序保护、短路保护和过载保护功能。

5.18.2.3 电气设备的主要控制系统应设置急停开关。

5.18.2.4 电气设备应在规定的空气环境下工作。

5.18.3 导线与电缆

5.18.3.1 导线和电缆的选择应符合 GB 50217—2018 中 3.2、3.3、3.4、3.6 的规定。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。

5.18.3.2 高压电缆、低压电缆和通讯电缆应分开布置,不应布置在同一线槽内。

5.18.3.3 从电源连接处至耗电器的电压降,应不超过额定电压的 5%。

5.18.3.4 当电缆缠绕在卷筒上时,与电缆直铺相比,应降低电流负荷系数。

5.18.3.5 动力电缆应根据顶管机具体工作环境选用具有防水、防油、耐温、耐腐蚀、低烟无卤等特性的电缆。

5.18.4 变压器

5.18.4.1 顶管机的变压器应符合 GB/T 1094.2、GB/T 1094.3 和 GB/T 1094.11 的规定。

5.18.4.2 箱式变压器应配置绕组温度检测装置并采取强制排风散热措施。

5.18.4.3 箱式变压器箱门应配置联锁防护装置。

5.18.4.4 油浸式变压器应配备温度、气体、液位等保护装置,变压器油应选择燃点在 300 ℃ 以上的阻燃合成冷却液。

5.18.5 高压供电设备的防护

5.18.5.1 变压器的高压进线侧应采用专用的高压开关设备(如高压开关柜),变压器的低压出线侧宜采用断路器进行保护且主线路侧的断路器应具有相序保护功能。

5.18.5.2 高压分支箱应能满足顶管机上电缆和引入电缆可靠安全连接,应具有全绝缘、全屏蔽、防水、防潮、防腐的性能,并应能满足安装简单、联络方式灵活、免维修的需要。

5.18.5.3 应在高压隔离防护设施的醒目位置设置安全警示牌或标识。

5.18.6 接地与连接

5.18.6.1 顶管机的接地(包括工作接地和保护接地)应符合以下要求:

- a) 将动力设备的可导电外壳通过 PE 线与顶管机主接地可靠连接;
- b) 整台设备的金属设备及构件设置等电位接地装置;
- c) 有条件时,控制系统和信号系统宜设置防电磁干扰屏蔽接地。

5.18.6.2 电气设备及箱体外部或外壳应有明显的接地点和明显的接地标识。

5.18.7 开关装置

5.18.7.1 顶管机的开关装置应符合 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。

5.18.7.2 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,应能实现如下功能:

- 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。

5.18.8 照明

5.18.8.1 顶管机照明应符合 GB 50194—2014 中 10.2 和 GB/T 28780 的规定。

5.18.8.2 主机内工作区域应设置应急照明装置,且应急照明时间应至少保持 1 h。

5.18.8.3 照明电压应根据作业环境和条件配置,人舱等特殊场所的照明装置应使用安全特低电压系统供电。

5.18.8.4 顶管机照明系统应符合以下要求:

- a) 工作区域的照度不小于 100 lx;
- b) 人行通道照度不小于 15 lx;
- c) 服务工作区域配备插座提供额外照明。

5.18.8.5 主控室应配置手持照明工具。

5.19 液压和气动系统

5.19.1 液压系统应符合 GB/T 3766 的规定,气动系统应符合 GB/T 7932 的规定。

5.19.2 支撑载荷的液压和气动系统执行元件应能在电气故障或断电情况下保持载荷。

5.19.3 液压系统应具有液压油箱低液位报警和低极限停机功能。

5.19.4 液压和气动系统的压力源管路应设置安全阀。

5.19.5 液压系统应具有超高温报警(液压油温度大于 55 ℃ 时)、停机(液压油温度大于 60 ℃ 时)和滤芯堵塞报警功能。

5.19.6 蓄能器安装应远离热源,应有警告标识,在维护保养和运输前应释放压力。

5.19.7 硬管、软管和接头应能承受工作压力,软管应明显标记其额定工作压力。

5.19.8 工作压力超过 15 MPa 的液压软管应采用扣压式管接头。

5.19.9 软管应避免扭转应力、减小弯曲应力,不应承受拉应力,并应避免外部损伤,必要时加外套保护、加防摩擦组件等。软管的最小弯曲半径应符合 GB/T 3683 的规定。

5.19.10 在操作位置处,若存在软管或硬管爆裂危险而可能对操作人员造成伤害的部位,应设置防护装置。

5.19.11 液压和气动系统管路在运输拆解、转场时,所有管路应封堵。

5.19.12 液压缸安装时,应避免冲击、振动造成的松动,必要时安装保险装置。

5.19.13 液压和气动系统的设计应采取降噪减振措施。

5.19.14 液压和气动系统应有用于识别图纸和清单上的元器件及管路的标识。

5.19.15 顶推液压泵站油箱有效容积应能满足全部顶推液压缸全行程伸出的需求。

5.20 导向系统

5.20.1 导向系统中涉及激光的,激光窗口应避开人行通道。

5.20.2 导向系统中涉及激光的,激光通道附近应设有防激光伤害警示标志。

5.20.3 激光导向应符合 GB 7247.1—2012 中 5.4 的规定,应选取 3R 级光束,应避免人眼直视。

5.21 作业环境气体检测

顶管机应具有包括但不限于氧气(O_2)、一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO_2)、二氧化氮(NO_2)、硫化氢(H_2S)气体检测和报警功能。

5.22 噪声防护

5.22.1 应针对顶管机主要噪声来源,优先在设计、制造阶段考虑在声源处降低或控制噪声措施的有效性和可行性,以低噪声的工艺和设备代替高噪声的工艺和设备,将噪声辐射降低至最低等级。

注 1: 主要噪声源包括掘进过程噪声、液压设备、电机设备和排渣系统等所产生的噪声。

注 2: 推荐的低噪声机器设计方法参见 GB/T 25078.2。

5.22.2 应采取如下防护装置或措施实施降噪:

- a) 泵和马达不应直接安装在顶管机的钢结构件上,应有阻尼、隔振措施;
- b) 当采取相应噪声控制措施后其噪声等级仍不能达到噪声控制要求时,应配置个体防护装备。
(如:耳塞、耳罩)

5.22.3 噪声测量方法参见附录 B。

5.23 火灾防护

5.23.1 灭火器应放置在操作人员和火灾易发生区域之间,且应使操作人员易于获取。

5.23.2 灭火器放置位置应设置警示标志,且标志应清晰。

5.23.3 主控室内壁应选用阻燃材料,且应配备灭火器。

5.24 警示标志、警示装置、标语

5.24.1 警示标志

5.24.1.1 警示标志应由不易磨损的材料制成,不易污染变色;警示标志应设于醒目位置,并永久固定。

5.24.1.2 警示标志内容应不易擦除,并采用顶管机使用国家或地区的第一官方语言。

5.24.1.3 警示标志应符合附录 C 的规定。

5.24.2 警示装置

5.24.2.1 视听类型的警示装置应结构坚固,并设置于危险区域内人员视力、听力可及的地方。

5.24.2.2 警示装置的声响水平应大于预估设备使用环境噪声 10 dB(A)。

5.24.2.3 警示装置应意义明确、易于互相区别,应符合 GB/T 1251.2 的规定。

5.24.2.4 警示装置的设置应符合附录 C 的规定。

5.24.3 警示标语

对于有防护措施但仍有潜在危险的部位应给出标语提示。顶管机采用的标语应符合附录 C 的规定。

5.24.4 警示信息的使用方法

5.24.1 ~ 5.24.3 列出的三种警示信息可单独或组合使用,应在警示布置图中标注出安装位置,便于现场安装和操作人员熟知和遵守。

5.25 维护保养手册

5.25.1 制造商应编制供使用方遵循使用的产品维护保养手册。

5.25.2 手册应明确设备维护的周期、方法、更换件和必需的工装夹具。

5.25.3 手册应明确设备故障症状、判断方法、维修方法和必需的工装夹具。

5.25.4 手册应包含备件清单、易损件清单和必备工装夹具清单。

6 安全要求/措施的验证

6.1 对于第 5 章未明确规定验证要求的,如稳定性、制动、噪声和振动等,应通过计算、检验和/或试验来验证本文件规定的安全要求。

6.2 应对所有急停装置和安全停机的功能进行测试并由制造商提供鉴定文件、测试报告。

6.3 验证应在交付用户前实施。

7 产品使用说明书

7.1 通则

7.1.1 顶管机产品使用说明书应符合 GB/T 15706 的要求。

7.1.2 顶管机产品使用说明书应采用制造商所属国的官方语言或使用国的官方语言。

7.1.3 所有涉及人员安全的内容应采用与其他有明显区别的字体或形式标出。

7.1.4 产品使用说明书的封皮或首页至少应当包括下列信息:

- 书名,带有修订号和修改日期;
- 顶管机系列或类型的名称;
- 顶管机的序列号或编号;
- 制造商的名称和详细地址。

7.1.5 每台顶管机提供的产品使用说明书包括但不限于以下内容:

- 一般说明;
- 操作说明;
- 维修说明;
- 设备试掘进(必要时)说明;
- 运输和组装(必要时)说明;
- 备件清单。

7.2 产品使用说明书内容

7.2.1 一般说明

一般说明主要包括以下内容：

- 与标识要求相一致的机械的技术说明；
- 与使用有关的地层和地下水条件信息；
- 与使用有关的荷载情况详细信息。

7.2.2 操作说明

操作说明应能使操作人员准确了解如何使用顶管机，应包括顶管机安全操作的所有重要信息。主要包括以下内容：

- 操作的完整说明；
- 控制和功能描述；
- 机械设备使用规格；
- 机械上可能会发生的危险情况；
- 人舱(如果有)的使用说明；
- 关于固定式灭火措施和手提式灭火措施的操作和维护的信息；
- 所用符号的说明；
- 显示在设备上的警示标志、警示装置和符号的清单和位置；
- 急停装置的安装位置和使用说明；
- 安全装置使用的详细说明；
- 盾体滚动超限纠正说明；
- 有关风险的信息；
- 已识别风险的说明和安全操作的方法，包括安全设计措施、安全防护和报警处理的风险。

7.2.3 维修说明

维修说明应至少包括下列内容：

- 安全维护操作的说明，包括当设备电源没有完全断开、蓄能没有释放、有一台或多台马达运行等条件下展开维护工作的说明；
- 土仓或刀盘安全工作的说明；
- 阻止刀盘移动的特殊说明；
- 刀盘运行的说明，可能对刀盘上的控制系统造成影响的电气系统或液压系统停止运行或测试的说明；
- 重型部件或搬运困难的部件的安全组装和拆卸说明(应注明经常变换位置部件的质量)；
- 零部件清单表，包括需要经常检查的部件说明、更换说明、在设备上的位置、备件清单；
- 可能对维护人员或其他人员造成伤害的特殊报警说明；
- 控制、急停、报警等系统的定期测试，如紧急停止、制动系统和声光报警系统的测试说明。

7.2.4 运输和组装说明

运输和组装说明主要包括以下内容：

- 顶管机拆分方案及适用的吊运单元的规格说明；
- 拆装、运输时的重要注意事项；

- 吊运单元的包装要求；
- 吊运单元清单,包括形状、尺寸、规格及质量等重要信息；
- 各个吊运单元的吊装受力点及重心示意图。

7.2.5 标牌

顶管机上的标牌应包括：

- 制造商的名称、制造商的授权代表；
- 设备名称,系列名称或型号、系列或编号；
- 执行标准；
- 制造年份。

附录 A

(资料性)

圆形顶管机防滚转能力计算方法

A.1 总则

圆形顶管机防滚转能力计算见公式 (A.1)。

$$(F_1 R_1 + F_2 R_2 + M_f) \geq M_{\max} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- F_1 ——土体和顶管机盾体间的摩擦力,单位为千牛(kN);
 R_1 ——顶管机盾体外圆半径,单位为米(m);
 F_2 ——管节和顶管机盾体的摩擦力,单位为千牛(kN);
 R_2 ——管节外圆半径,单位为米(m);
 M_f ——顶管机上其他结构或机构提供的反向扭矩,单位为千牛米(kN·m);
 $M_{\max}$ ——刀盘驱动脱困扭矩,单位为千牛米(kN·m)。

A.2 土体和顶管机盾体间的摩擦力 F_1

顶管机在无自稳性或自稳性较差的软土地层中掘进时,盾体外表面可部分或全部与土体接触,承受来自土体的压力,如图 A.1 所示,摩擦阻力按式(A.2)计算:

$$F_1^{\text{soil}} = n \cdot \mu_1 \cdot \pi \cdot D \cdot L (p_1 + p_2 + Q_1 + Q_2) / 4 \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

- F_1^{soil} ——软土地层土体和顶管机盾体间的摩擦阻力,单位为千牛(kN);
 n ——盾体与土体接触系数,与刀盘超挖量、地质、掘进速度、外载荷情况有关,可通过理论分析和现场岩土试验综合给出, $0 < n < 1$;
 μ_1 ——土体与盾体钢板之间的摩擦系数,可参考表 A.1 选取;
 D ——顶管机盾体的外径,单位为米(m);
 L ——盾体的长度,单位为米(m);
 p_1 ——顶管机顶部所受垂直压强(含地表载荷),单位为千牛每平方米(kN/m²);
 p_2 ——地层对顶管机底部的压强(为顶管机上部水土压力与顶管机主机自重引起的压强之和),单位为千牛每平方米(kN/m²);
 Q_1 ——顶管机顶部的侧向压强,单位为千牛每平方米(kN/m²);
 Q_2 ——顶管机底部的侧向压强,单位为千牛每平方米(kN/m²)。

顶管机在硬岩中掘进时,盾体不完全与围岩接触,此时以其自重计算摩擦阻力,按式(A.3)计算:

$$F_1^{\text{rock}} = \mu_1 \cdot G \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

- F_1^{rock} ——岩石地层土体和顶管机盾体间的摩擦阻力,单位为千牛(kN);
 G ——顶管机主机自重,单位为千牛(kN)。

土体和顶管机盾体间的摩擦力 F_1 按式(A.4)取值:

$$F_1 = \min(F_1^{\text{soil}}, F_1^{\text{rock}}) \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

F_1 ——土体和顶管机盾体间的摩擦阻力，单位为千牛(kN)。

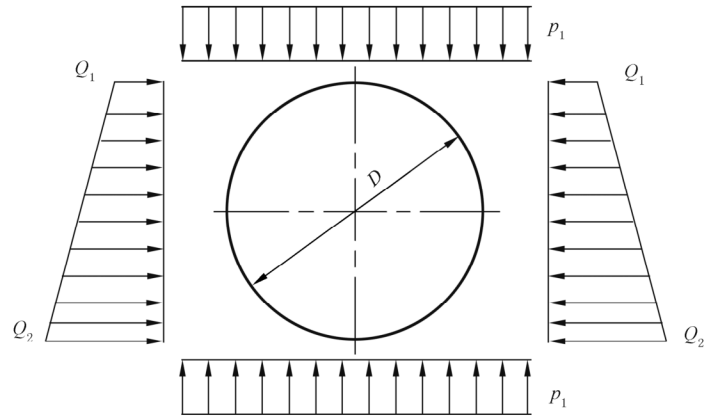


图 A.1 顶管机周向土体载荷模型简图

表 A.1 土体与盾体钢板之间的摩擦系数

土的种类	摩擦系数
碎石土	0.55
砂土	0.45
粉土	0.30~0.35
黏性土	0.20

A.3 管节和顶管盾体间的摩擦阻力 F_2

管节和顶管机盾体间的摩擦阻力按式(A.5)和式(A.6)计算：

$$F_2 = \mu_2 \cdot F_F \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

式中：

F_2 ——管节和顶管机盾体间的摩擦阻力，单位为千牛(kN)；

μ_2 ——管节和顶管机盾体间的摩擦系数，一般取 $\mu_2 = 0.5$ ；

F_F ——顶管机迎面阻力，单位为千牛(kN)。

$$F_F = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \gamma \cdot H \cdot K_a \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

式中：

D ——顶管机盾体的外径，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、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，取为 $K_a = \tan^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$ ，其中 φ 为土层内摩擦角。

附 录 B
(资料性)
顶管机噪声测量方法

B.1 测量仪器

B.1.1 测量仪器为积分平均声级计或环境噪声自动监测仪,其性能不应低于 GB 3785.2 对 2 型仪器的要求。校准所用仪器应符合 GB/T 15173 对 1 级或 2 级声校准器的要求。当需要进行噪声的频谱分析时,仪器性能应符合 GB/T 3241 中对滤波器的要求。

B.1.2 测量仪器和校准仪器应定期检定合格,并在有效使用期限内使用,每次测量前、后应在测量现场进行声学校准,其前、后校准示值偏差不应大于 0.5 dB(A),否则测量结果无效。

B.1.3 测量时传声器加防风罩。

B.1.4 测量仪器时间计权特性设为“F”(快)挡,采样时间间隔不大于 1 s。

B.2 测量条件

B.2.1 测量条件:测量应在风速为 5 m/s 以下时进行,应采取必要措施保证测量准确性,同时注明当时所采取的措施及气象情况。

B.2.2 测量工况:顶管机第一次使用,所有设备已安装完成,被测声源正常工作。

B.3 测点位置

B.3.1 根据声源、周围对噪声的敏感度布设多个测点,其中包括距噪声敏感度较大以及受被测声源影响大的位置。主要为:

- a) 主泵站;
- b) 液压设备、电动马达、通风设备、泥浆泵等主要设备;
- c) 其他区域相关的安装设备、装配设备;
- d) 主控室。

B.3.2 测点选在距声源或周围对噪声的敏感度较大位置外 1 m、高度 1.2 m 以上、距任一反射面距离不小于 1 m 的位置。

B.3.3 主控室等室内噪声测量时,室内测量点位设在房间中心、距地面 1.2 m 处,门、窗关闭。

B.4 测量要求

被测声源为稳态噪声时,采用 10 min 的等效声级。被测声源为非稳态噪声时,测量被测声源有代表性时段的等效声级,必要时测量被测声源在整个正常工作时段的等效声级。

B.5 背景噪声测量

B.5.1 测量环境不受被测声源影响且其他声环境与测量被测声源时保持一致。

B.5.2 测量时段与被测声源测量的时间长度相同。

B.6 测量记录

噪声测量时需做测量记录。记录内容主要包括:

- a) 被测设备种类、型号、主要操作参数;
- b) 地面条件;

- c) 隧道尺寸；
- d) 测量时周边条件、测量仪器、校准仪器、仪器校准值(测前、测后)、测点位置、测量时间、噪声测量值、背景值；
- e) 测量工况、示意图；
- f) 测量地点、日期、测试人员。

B.7 测量结果修正

测量结果按下述进行修正：

- a) 噪声测量值与背景噪声值相差大于 10 dB(A)时,噪声测量值不做修正；
- b) 噪声测量值与背景噪声值相差在 3 dB(A)~10 dB(A)之间时,噪声测量值与背景噪声值的差值取整后,按表 B.1 进行修正；
- c) 噪声测量值与背景噪声值相差小于 3 dB(A)时,应采取措施降低背景噪声后,视情况按上述 a) 或 b)进行。

表 B.1 测量结果修正表

差值 dB(A)	3	4~5	6~10
修正 dB(A)	-3	-2	-1

附录 C
(规范性)
警示标志和标语

C.1 概述

C.1.1 本附录给出了用于安全使用和操作的通用安全和警示标志、警示装置及标语汇总。

C.1.2 为了表示一个更为复杂的警示信息功能,本附录警示标志和标语可以组合使用。

注 1: 符号主要引用 GB 2894—2008 和 GB 2893—2008 两个标准,警示装置的作用划分参考 GB/T 1251.3—2008 表 1,标语主要选自近年来在顶管机安装使用说明书上通用的。

注 2: 未采用 ISO 7000:2014 规定的操作符号,主要原因是当今的主控室操作均采用直观性、逻辑性更强的屏幕方式。在操作台上,各制造商均有自己的专用表示方法,故在本文件中不做特别规定。

C.2 通用安全和警示标志

通用安全和警示标志见表 C.1。

表 C.1 通用安全和警示标志

图形符号	名称和图形颜色	说明	标准序号
	必须戴防护眼镜 Must wear protective goggles 白色图形,蓝色衬底	在进行液压管路维护等对眼睛有伤害的作业中,应戴上防护眼镜	GB 2894—2008 (3-1)
	必须戴遮光护目镜 Must wear opaque eye protection 白色图形,蓝色衬底	在进行焊接等对眼睛有伤害的作业中,应戴上遮光护目镜	GB 2894—2008 (3-2)
	必须戴护耳器 Must wear ear protector 白色图形,蓝色衬底	在维修风机、进入工作中的主电机附近,应戴上护耳器	GB 2894—2008 (3-5)

表 C.1 通用安警式标志 (续)

图形符号	名称和图形颜色	说明	标准序号
	必须穿防护鞋 Must wear protective shoes 白色图形,蓝色衬底	在进行焊接和电气系统维护等作业中,应穿上相应防护鞋	GB 2894—2008 (3-12)
	必须戴防护手套 Must wear protective gloves 白色图形,蓝色衬底	在进行焊接作业、液压管路维护、搬运粗糙重物等作业中,应戴上相应防护手套	GB 2894—2008 (3-11)
	必须戴安全带 Must fastened safety belt 白色图形,蓝色衬底	在大型顶管机中,维护高处设备时,应系上安全带,以免坠落伤害	GB 2894—2008 (3-8)
	注意安全 Warning danger 黑色图形,黄色衬底	请注意你现在所处的危险状态	GB 2894—2008 (2-1)
	当心触电 Warning electric shock 黑色图形,黄色衬底	有电危险,不应佩戴戒指、手表等	GB 2894—2008 (2-7)
	当心激光 Warning laser beam 黑色图形,黄色衬底	处在激光束窗口照射范围,应保护好眼睛,避免直视激光束	GB 2894—2008 (2-29)

表 C.1 通用安警式标志 (续)

图形符号	名称和图形颜色	说明	标准序号
	当心爆裂 Warning explosion 黑色图形,黄色衬底	在高压软管(液压油、气等)区域,注意软管爆裂对身体的伤害	GB 2894—2008 (2-3)
	当心火灾 Warning fire 黑色图形,黄色衬底	在高压软管、泵站、易燃物和易燃气体处,注意操作(如点焊、热粘接等)过程,避免火灾引起人身和财产损失	GB 2894—2008 (2-2)
	当心跌落 Warning drop (fall) 黑色图形,黄色衬底	在盾体内或辅助设备的上下扶梯处,注意因油污或砂浆形成的台阶上污物,引起滑倒的风险	GB 2894—2008 (2-36)
	当心滑倒 Warning slippery surface 黑色图形,黄色衬底	在盾体、管节或辅助设备内的通道中,注意因油污形成的地面通道污物,引起滑倒的风险	GB 2894—2008 (2-37)
	当心落物 Warning falling objects 黑色图形,黄色衬底	在盾体内、辅助设备上进行上下层交互施工时,应注意工件、渣土、工具等的坠落,以免引起伤害	GB 2894—2008 (2-14)
	当心吊物 Warning suspended items 黑色图形,黄色衬底	在电手动吊机吊运重物时,应避让,以免碰伤和挤压伤害	GB 2894—2008 (2-15)
	运动件移动风险 Warning moving parts 黑黄色条纹	设备上的运动部件,如渣车、顶铁顶环等,在运行时,伴有声光警示信号,应注意避让	GB 2893—2008 4.3.2

表 C.1 通用安警式标志（续）

图形符号	名称和图形颜色	说明	标准序号
	禁止触摸 No touching 黑色图形,红色禁止圈、 白色衬底	对设备的按钮、热或快速回 转表面,禁止触摸,以免设备操 作故障和手指伤害事故	GB 2894—2008 (1-24)
	禁止停留 No stopping 黑色图形,红色禁止圈、 白色衬底	对人员有直接伤害的顶推区 域和渣车输送区域,禁止人员 停留,以免产生伤害事故	GB 2894—2008 (1-15)
	灭火器存放处 Storage area of fire extinguisher 白色图形,红色衬底	顶管机操作团队,应知道灭 火器存放位置,能正确使用灭 火器灭火	
	电话存放处 Telephone places 白色图形,绿色衬底	顶管机操作团队,应知道电 话设置位置。遇危险情况和日 常工作时,应及时通报,脱离危 险区域	

C.3 警示装置

警示装置见表 C.2。

表 C.2 警示装置

位置	类型	作用	警示时间	警示区域
带式输送机	声响	注意	开机前 5 s	沿带式输送机全长
渣车	声响	注意	启动前 5 s	行走沿线
紧急情况	声响	命令	持续	顶管机全长
注 1: 注意、危险和命令的紧急程度划分参见 GB/T 1251.3—2008 中的表 1。 注 2: 紧急情况主要是指火灾、涌水和有害气体对人体有伤害的突发事件。				

C.4 警示标语

警示标语见表 C.3。

表 C.3 警示标语

名称	标语	适用部位
刀盘检修	危险DANGER 在刀盘前工作期间，控制推进的主电路 以及主电机必须断开连接！ DURING WORK IN FRONT OF CUTTERHEAD, CONTROL CIRCUITS FOR THRUST AND MAIN MOTORS MUST BE DISCONNECTED! 	前盾附近 主控室
高压电	危险DANGER 高压危险 能导致严重伤害、甚至死亡！ 请在使用前关闭电源！ HAZARDOUS VOLTAGE CAN CAUSE SEVERE INJURY OR DEATH! TURN POWER OFF BEFORE SERVICING! 	高压柜变压器 高压电路
液压管路	警告CAUTION 液压油会导致伤害， 请在维修前卸压！ HYDRAULIC OIL PRESSURE CAN CAUSE INJURY, DEPRESSURIZE BEFORE SERVICING! 	液压管路液压站
运行设备	警告CAUTION 挤压危险 能导致严重伤害！ 请注意声光信号！ RISK FOR SQUEEZING CAN CAUSE SEVERE INJURY! OBSERVE ACOUSTIC SIGNAL! 	渣车输送区域

表 C.3 警示标语（续）

名称	标语	适用部位
噪声防护	警告CAUTION 危害性噪音 会导致听力伤害！ 请佩戴防护设备！ HAZROUS NOISE CAN CAUSE IMPAIRED HEARING! WEAR EAR PROTECTION! 	刀盘驱动电机 风机
操作提示	安全指示 SAFETY INSTRUCTION 开机前, 请先阅读操作说明！ BEFORE STARTING MACHINE, READ OPERATION INSTRUCTIONS!	主控室
操作提示	安全指示 SAFETY INSTRUCTION 仅通过培训人员可操作此设备！ ONLY TRAINED PERSONNEL SHALL OPERATE MACHINE.	主控室
电控柜安全	安全指示 SAFETY INSTRUCTION 电控柜门应锁上, 仅授权人员可打开！ CABINET DOORS ARE TO REMAIN LOCKED, ACCESS BY AUTHORIZED PERSONNEL ONLY.	电控柜变频柜 高压柜操作箱等

C.5 警示标语的尺寸

警示标语的尺寸如图 C.1 和图 C.2 所示。

单位为毫米



图 C.1 危险警示标语尺寸要求

单位为毫米



图 C.2 安全指示标语尺寸要求

参 考 文 献

- [1] GB/T 1251.3—2008 人类工效学 险情和信息的视听信号体系
 - [2] GB/T 3241 电声学 倍频程和分数倍频程滤波器
 - [3] GB 3785.2 电声学 声级计 第2部分:型式评价试验
 - [4] GB/T 15173 电声学 声校准器
 - [5] GB/T 25078.2 声学 低噪声机器和设备设计实施建议 第2部分:低噪声设计的物理基础
 - [6] ISO 7000:2014 Graphical symbols for use on equipment—Registered symbols
-