



中华人民共和国国家标准

GB/T 34650—2017

全断面隧道掘进机 盾构机安全要求

Full face tunnel boring machine—Safety requirements of shield 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 危险列表 2

5 安全要求和措施 4

6 安全要求/措施的验证 16

7 产品使用说明书..... 16

附录 A（资料性附录） 盾构机防滚转能力计算方法 19

附录 B（规范性附录） 作业环境空气中有害气体和粉尘容许浓度 21

附录 C（资料性附录） 噪声测定 22

附录 D（规范性附录） 警示标志和标语 24

参考文献 32

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：中铁隧道集团有限公司、中铁工程装备集团有限公司、中国铁建重工集团有限公司、北方重工集团有限公司、盾构及掘进技术国家重点实验室、四川二滩国际工程咨询有限责任公司、石家庄铁道大学、中铁隧道勘测设计院有限公司、中交天和机械设备制造有限公司、上海隧道工程有限公司、中铁十一局集团有限公司、纳拓润滑技术(上海)有限公司、北京建筑机械化研究院。

本标准主要起草人：周建军、杨绍普、谭顺辉、程永亮、洪开荣、高伟贤、史志淳、黄健、贺维国、刘杰、徐韬、郭京波、孙志洪、麻成标、邓立营、王朝辉、沈建华、刘福生、孔晓伟、万维燕、李静、孙震、刘双、郭璐、谢刚。

全断面隧道掘进机 盾构机安全要求

1 范围

本标准规定了盾构机的危险列表、安全要求和措施及其验证、对产品说明书的要求。

本标准适用于圆形断面的盾构机,其他类型的盾构机可参照执行。

本标准未包括全部的机械、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。本标准未包括的危险参见 GB/T 15706 的规定。

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 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 1251.3—2008 人类工效学 险情和信息的视听信号体系

GB/T 1591 低合金高强度结构钢

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 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/T 6067.1 起重机械安全规程 第1部分:总则

GB 7247.1—2012 激光产品的安全 第1部分:设备分类、要求

GB/T 7932 气动系统通用技术条件

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 8702 电磁环境控制限值

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 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 控制系统有关安全部件 第1部分:设计通则

GB/T 17888.2—2008 机械安全 进入机械的固定设施 第2部分:工作平台和通道

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 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

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 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 50194—2014 建设工程施工现场供用电安全规范
GB 50217—2007 电力工程电缆设计规范
GBZ 2.1—2007 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 15706 和 GB/T 34354 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

盾构机 shield machine

在钢壳体保护下完成隧道掘进、出渣、管片拼装等进行推进式前进作业的全断面隧道掘进机。

3.2

人行通道 walkway

在盾构机的主机、后配套设备及主机和后配套之间允许人员通行的设施。

3.3

出入口 access

在通道线路上,从一个区域进入另一个区域的分界处。

3.4

现地控制面板 local control panel

在主控室外,安装于被控制对象附近用于控制特定系统的操作面板。

3.5

维修点 servicing point

用于盾构机和后配套设备维修和保养的位置。

3.6

作业区域 working area

在盾构机内部和/或周围,为完成作业而进行操作的区域。

3.7

危险区域 danger zone

在盾构机内部和/或周围,对人员身体和健康可能造成危害和损害的区域。

3.8

操作人员 operator

在盾构机内作业的人员。

3.9

逃生舱 escape chamber

盾构机施工过程中,发生塌方、涌水、火灾等灾变事故时,为无法及时撤离的遇险作业人员提供的一个暂时安全、独立的密闭空间舱体。

4 危险列表

表1所列危险包括了本标准所涉及的所有危险。这些危险是通过对盾构机的风险评估来确定的,需要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	5.4.8、5.7.2、5.12
	物体飞出	5.1.4、5.6.2.3
	坠落物	5.8
	滚转	5.3
	脱落	5.1.4、5.5.4
	摩擦或磨损危险	5.1.5、5.13
	结构失稳与崩溃	5.4、5.8.2
	滑倒、绊倒和坠落	5.6.2.1、5.6.2.2、5.9.7
电气危险	直接或间接的电气接触	5.11
	热辐射、化学反应等电器设备的外部影响	5.11.1、5.11.3.3、5.11.4.3
热危险	热危险	5.1.6
辐射产生的危险	激光	5.14
	放射性物质	5.16
噪声危险	干扰言语交际和声音信号	5.17.2
	噪声	5.17
振动危险	振动	5.12.6、5.17.2
粉尘、气体危害	有害粉尘和废气	5.7.2、5.15
	燃烧和爆炸的危险	5.18
	瓦斯气体的危险	5.15.3
	涌水危险	5.8.3
忽视人类工效学的危险	不自然的姿势和过度的施力	5.7.1
	不充分的照明	5.11.8
	干扰视野	5.7.3、5.7.4
动力中断、机械零部件破坏和其他功能混乱的危险	动力中断	5.10.3
	控制系统失效	5.10
	稳定性意外丧失	5.8.2
	制动器失灵	5.10.1、5.10.7
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	5.2、5.10.1.9、5.11.5
	与安全相关的装置	5.9
	启动和停机装置	5.10.5、5.10.6
	安全符号和标志	5.11.6、5.18、5.20
	所有类别的信息或报警装置	5.6.2.6、5.10.4
	急停和自动停机装置	5.10.6、5.10.7
	工件的装、拆	5.5.2

5 安全要求和措施

5.1 安全要求通则

5.1.1 应根据施工工艺对盾构机进行全寿命周期安全分析。在设计阶段通过对危险源分析,解决盾构机的本质安全性和可维修性;在使用阶段,通过定期维护,解决因性能变化导致的失效安全性,通过安全监测,解决人、机、环境不协调引发的突发安全性。

5.1.2 盾构机的布局应合理,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。

5.1.3 盾构机零部件的设计应满足强度、刚度、疲劳可靠性要求。

5.1.4 盾构机应设置安全装置,并满足以下要求:

- a) 对旋转的零、部件应设置防护及警示装置;
- b) 对压力、载荷、温度、行程等超过设定值可能发生危险的零部件,应装设保险装置;
- c) 对某些动作需要对人员进行警告或提醒注意时,应安设信号装置或警告牌等;
- d) 对有动作顺序要求的装置应有联锁功能。

5.1.5 盾构机所有出入口及通道范围内可触及的零部件表面应避免尖锐边角。

5.1.6 盾构机内部产生高温或低温的零部件及可出入的区域范围应有警示标识,表面应保持清洁,严禁堆放杂物及易燃物品,接触表面应采取防护措施。

5.1.7 所有涉及气体、液体的部位、部件均应满足压力密封要求,防止泄漏。

5.1.8 盾构机应设置与地面的通讯接口。

5.1.9 盾构机施工安全适应性应符合 GBZ 2.1—2007 和 GBZ 159 要求。

5.1.10 盾构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 刀盘结构

5.2.1.1 刀盘结构应确保足够的强度、刚度和抗疲劳性,满足指定地质条件下的隧道开挖需求。

5.2.1.2 刀盘使用钢材性能等级不低于 GB/T 1591 中 Q345B 的性能要求。

5.2.1.3 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应进行 100% 检测。

5.2.1.4 在刀盘辐条内有作业要求的结构应进行气密性试验。

5.2.2 刀具安装

5.2.2.1 刀具螺栓安装应达到预紧力矩要求,应有防松措施。

5.2.2.2 采用焊接安装的刀具,焊缝应进行 100% 检测。

5.2.2.3 滚刀、撕裂刀等可更换刀具宜采用背装式。

5.2.3 主驱动单元

5.2.3.1 宜配置停机保护制动器。

5.2.3.2 密封系统应具备密封油脂泄漏检测功能。

5.2.3.3 应设置温度报警系统。

5.2.3.4 连接盾体、主轴承、刀盘的螺栓/螺柱应达到预紧力矩要求,应有防松措施。

5.2.3.5 主驱动系统与推进系统应具备报警指示功能。

5.3 滚转

5.3.1 盾构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。

5.3.2 盾构机设计时可采取以下措施降低滚转风险：

- a) 在盾体外侧设置焊接凸起结构；
- b) 沿盾体周向布置稳定器或撑靴装置，在需要提升防滚转能力时可随时启用；
- c) 调整主机结构及设备布置，并使重心处于主机轴线以下。

5.3.3 铰接连接处盾体应设置不少于 2 处机械限位结构。

5.3.4 盾构机应配置监测滚转角度装置，当盾体滚转角度超过允许的滚动角度时，控制系统应发出警示信息并要求停机或刀盘反转掘进。

5.3.5 后配套拖车的车轮直接在管片上行走时，应设置防止后配套拖车滚转的结构或装置。

5.4 载荷处置

5.4.1 盾构机设计时，应考虑盾构机承受的周围地层及地下水的压力。

5.4.2 盾体结构需确保足够的强度、刚度，并满足以下要求：

- a) 盾体焊接结构设计应符合 GB/T 150 的相关要求；
- b) 盾体结构中直接承受隧道或开挖仓水土压力的焊缝应进行 100% 检测。

5.4.3 盾构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。

5.4.4 盾构机应考虑以下类型的吊装结构或预留相应吊装位置：

- a) 整机拆装所需临时吊耳；
- b) 内部设备拆装所需吊耳；
- c) 易损件运输吊装；
- d) 吊耳位置或预留的吊耳位置，其布置应方便吊具拆装，吊点承载能力的安全系数应大于 2。

5.4.5 承受推进液压缸推力的盾体支撑面与推进液压缸之间宜设置传递载荷的柔性垫片，位于盾构机上半部分的推进液压缸靴板，应设置有安全链。

5.4.6 主机内的气压封闭区域应设置压力监测装置和超压卸放装置，并预留超压卸放装置的备用安装接口。盾体内超压卸放装置的压力设定值宜在 1~1.1 倍整机设计压力以内。

注：盾体内的气压封闭区域包括土压平衡盾构机的开挖仓区域、泥水平衡盾构机的气垫仓（直接控制式泥水平衡盾构机除外）。

5.4.7 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。

5.4.8 人舱应满足以下要求：

- a) 人舱应由具有专业资质的厂家设计和制造，并符合 GB/T 150 的规定；
- b) 人舱应由压力容器、加减压管路系统、监控、通讯、报警和照明等设备组成，人舱内应配备适合于在压缩空气环境下操作的灭火器或消防设施；
- c) 人舱应配备铰链门， $\phi 6\text{ m}$ 以上的盾构机配备的人舱宜容纳 1.8 m 长的担架和两个人员，并不应影响铰链门的开闭；
- d) 人舱各舱室应能从舱室内、外两侧进行加、减压操作，各舱室内的加、减压应相互独立；
- e) 人舱应采用主、副舱结构；
- f) 人舱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，压力下降值不应大于 0.01 MPa；
- g) 人舱应设置安全阀，安全阀设定压力为最大工作压力的 1.1 倍；
- h) 人舱内外应设置机械式快速开启的应急排气阀，配置永久性红色警示标记；
- i) 人舱应配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；
- j) 人舱内外及各舱室之间应配备通讯系统，通讯系统在供电系统断电时仍能正常工作。

5.4.9 盾构机主驱动密封、铰接密封和盾尾密封系统的工作压力应大于整机工作设计压力值。

5.4.10 盾构机连续掘进施工距离不小于 5 km 时,主机内的下列密封系统应满足表 2 要求。

表 2 密封系统功能要求表

密封系统	功能要求
主驱动密封	能够洞内更换或功能修复
铰接密封	至少满足下列一项要求: 1. 洞内更换;2. 功能修复;3. 紧急密封
盾尾密封	至少满足下列一项要求: 1. 洞内更换;2. 功能修复;3. 紧急密封

5.4.11 密封油脂系统应满足以下要求:

- a) 主轴承密封油脂与盾尾密封油脂宜选用环保材料;
- b) 油脂泵应具备空桶检测和报警功能。

5.4.12 盾尾宜采用不少于三道盾尾刷,盾尾刷之间应充满油脂,防止漏浆。

5.5 盾构机吊装设备

5.5.1 部件运输

5.5.1.1 运输盾构机重要结构件,如刀盘、前盾、中盾、尾盾、左右桥架和后配套拖车等,应在产品使用说明书中说明重量、外形尺寸、吊具位置、吊装和翻转方法。

5.5.1.2 进行分体设计应满足公路运输、现场组装限定条件的要求。

5.5.2 部件吊运

5.5.2.1 吊运设备或部件应提供吊耳或辅助起吊装置,并应清晰明确地示出重量、尺寸、吊耳或吊点位置。起吊部件的方法应在说明书中说明。

5.5.2.2 现场装配后需去掉的起吊装置,应在相关技术文件中明确说明。

5.5.2.3 刀盘和盾体等部件的吊点不应少于 4 个,单个吊点的承载能力不应小于该件重量。

5.5.2.4 焊接吊耳的焊缝应按 GB/T 11345 进行 100% 超声波检查,等级至少 A 级,验收等级按 GB/T 29712 中的 3 级。

5.5.2.5 钢丝绳的起吊夹角不宜大于 40°。

5.5.3 机械部件的装卸

5.5.3.1 重量超过 20 kg 机械部件的装卸,盾构机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) 具有能安装上标准起吊工具的结构,如法兰等。

注: 20 kg 按 GB/T 14775—1993 中表 9 的最大值选取。

5.5.3.2 盾构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示出。

5.5.4 管片的吊运与安装

5.5.4.1 配备的管片吊机应符合国家或行业相关标准认证。

5.5.4.2 管片吊机应有限位,其通道两侧宜设置安全护拦和安全空间。

5.5.4.3 管片吊机应符合以下要求:

- a) 采用机械锁固的管片吊机抓取安全系数不应小于 1.5。非机械锁固的管片吊机抓取安全系数不应小于 2.5；
- b) 在断电情况下,真空吸盘式管片吊机应保证仍能吸持管片的时间不应小于 10 min；
- c) 当真空度降至 80% 以下时,真空吸盘式管片吊机应激活声光报警。

5.5.4.4 管片拼装机应符合以下要求：

- a) 采用机械锁固的管片拼装机抓取安全系数不应小于 1.5。非机械锁固的管片拼装机抓取安全系数不应小于 2.5；
- b) 在断电情况下,真空吸盘式管片拼装机应保证仍能吸持管片的时间不应小于 20 min；
- c) 当真空度降至 80% 以下时,真空吸盘式管片拼装机应激活声光报警；
- d) 纵向行程宜满足在隧道内更换两道盾尾刷的需要。

5.6 人行通道及其出入口

5.6.1 通则

盾构机人行通道和出入口系统应符合 GB/T 17888.2—2008 中 4.1 的规定。在进入高度小于 1.8 m 的通道时,该类型的通道应安装防护式装置以避免人员受伤。

5.6.2 人行通道

5.6.2.1 基本设计原则

人行通道的基本设计原则应满足以下要求：

- a) 人行通道区域及边界应有清晰标志；
- b) 人行通道应畅通无阻,表面应防滑,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；
- c) 在不可避免需要更改人行通道的水平面时应有坡道、台阶或阶梯,至少有一侧安装有护栏；
- d) 后配套拖车两端人行通道上下台阶口不应直通电瓶车轨道。

5.6.2.2 尺寸要求

人行通道的尺寸应满足以下要求：

- a) 人行通道行走面宽度不应小于 0.3 m；
- b) 外径大于 6.0 m 的盾构机,人行通道空间的高度不应小于 1.8 m,宽度不应小于 0.6 m；
- c) 外径在 3.5 m 至 6.0 m 的盾构机,人行通道的通行高度不应小于 1.4 m,宽度不应小于 0.45 m；人行通道最大连续长度不应大于 4.0 m,通行高度可降低但不应小于 1.0 m；
- d) 外径小于 3.5 m 的盾构机,人行通道的横截面不应小于 0.5 m^2 ,高度不应小于 0.7 m,宽度不应小于 0.45 m；
- e) 通道平面高于周围平面 0.6 m 时,则应在通道或台阶边缘设置护栏,护栏高度不应小于 1.1 m；
- f) 现地控制面板正面的操作通道、操作区域在面向操作盘方向左右不应小于 1 m,前后不应小于 0.6 m。

5.6.2.3 可移动部件的防护

通道周边存在运动部件时,应在醒目地方设置活动部件警示标志,必要时安装防护装置。

5.6.2.4 盾构土仓、刀盘通道

刀盘和土仓如果有通道,应能满足人员到达任何一个工作点的通道需求。

5.6.2.5 通道警示系统要求

通道上应安装有带式输送机、管片吊机和管片拼装机在启动前或运行时的声光警示系统,各个系统应采用不同的声光信号。

5.6.2.6 逃生通道

为所有的作业人员提供明确无障碍的逃生通道,逃生通道应满足援救人员呼吸器穿戴及实施救援条件。逃生线路转弯、台阶、出入口、分支口均应有清晰的指引反光标志。

5.6.2.7 紧急指示牌

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。在后配套拖车的出入口处、主控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、逃生舱(如果提供)和灭火设备存放位置、灭火系统安装的示意图等。

5.6.3 出入口

出入口尺寸应满足以下要求:

- a) 外径大于 6.0 m 的盾构机,横截面积不小于 0.35 m^2 ;
- b) 外径在 3.5 m 至 6.0 m 的盾构机,横截面积不小于 0.25 m^2 ;
- c) 外径小于 3.5 m 的盾构机,横截面积不小于 0.2 m^2 。

5.7 操作位置

5.7.1 盾构机设计应遵循人类工效学相关要求,工作空间尺寸应符合 GB/T 13547 的要求;工作岗位尺寸设计的原则及数值应符合 GB/T 14776 的规定。

5.7.2 主控室的设计、定位和防护应能保证主控室操作人员不会暴露于机械伤害、有害粉尘、气体、噪声源或高压流体之中。

5.7.3 主控室的操作人员在其所控制的工作区域应有一个良好的视角。主控室应配置必要的可视辅助装置,如闭路电视。

5.7.4 管片拼装机的移动应不得使拼装操作区域的操作人员视线受到阻碍。

5.8 高空坠落、掌子面失稳和喷涌的防护

5.8.1 高空坠落

5.8.1.1 人行通道、作业平台等存在坠落风险的应加装护栏,护栏下部应安装踢脚板,避免物体由地板平面滑落,护栏和踢脚板应符合 GB/T 17888.3 的相关规定。

5.8.1.2 存在物体坠落风险的盾构机的操作位置上方应有防护结构。

5.8.2 掌子面失稳

5.8.2.1 盾体四周应预留一定数量的超前注浆孔和径向孔。

5.8.2.2 泥水平衡盾构机的进浆管路与排浆管路应配有密度和流量检测装置,进排浆流量应连续可调。

5.8.2.3 土仓隔板和螺旋输送机上应配置压力传感器,可连续监控土仓压力。

5.8.2.4 根据实际需要选配超前地质探测设备。

5.8.3 喷涌

5.8.3.1 为预防涌水、涌砂、土体坍塌等事故发生,盾构机应满足以下要求:

- a) 螺旋输送机出渣口应设置闸门,断电情况下应能紧急关闭;
- b) 应配置抽水设备;
- c) 盾尾和铰接装置宜配置紧急密封;
- d) 盾尾应具备更换盾尾刷的功能;
- e) 宜配置超前钻孔和注浆设备。

5.8.3.2 上述 5.8.3.1 应在产品使用说明书中描述。

5.9 运动件的防护

5.9.1 盾构机上的外露运动件应安装防护装置,其结构设计应按 GB/T 8196 执行。当操作人员的工作位置处于外露运动件的危险区域,工作位置包括管片吊运、管片拼装、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。

5.9.2 管片拼装机回转环表面应涂安全色,安全色应符合 GB 2893—2008 中 4.3.2 的规定。

5.9.3 在管片拼装机旋转过程中,应设置声音和闪灯报警信号。

5.9.4 带式输送机应设置全程急停装置和启动前声光报警。

5.9.5 管片吊机的驱动装置应设防护罩,行走小车前后应设轨道清扫板,并应设置声光报警装置。

5.9.6 喂片机的驱动、运动件和管路外露部位宜设防护罩或防护板。

5.9.7 泥浆管延伸区域,应设防滑和防爆裂警示标志。

5.10 控制系统

5.10.1 通则

5.10.1.1 控制装置应明确标记。

5.10.1.2 控制装置布置位置应能保证安全、准确和便捷地操作。

5.10.1.3 控制系统应将设备参数限定在安全范围以内。

5.10.1.4 控制系统应有动态效应的裕量。

5.10.1.5 每个启动装置均应配置停止装置。

5.10.1.6 控制装置应设置在能使操作人员观察到作业区域和危险区域的位置。

5.10.1.7 盾构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。选择器的每个位置都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。

5.10.1.8 控制系统宜采取以下一种或多种方法:

- a) 对启动和停止条件进行系统分析;
- b) 提供特定运行模式(如正常停机后启动、运行过程中断后或急停后重新启动);
- c) 清晰的显示故障信息;
- d) 保持停止指令(如联锁)以防止可能产生设备危险状况的误操作。

5.10.1.9 对意外触发而导致设备危险状况的控制装置应设置防止误操作安全防护装置。(如加防护罩或二级启动确认等)

5.10.1.10 控制系统的逻辑设计应充分考虑盾构机的工序安排,通过逻辑保护或报警信息来避免可能出现的危险状况。如:

- a) 一个或几个部件暂时失效的情况;
- b) 一个或几个部件永久的缺陷或失效的情况;
- c) 操作中可能出现的危险状况。

5.10.1.11 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,必要处适当加标识;
- b) 控制装置的位置和运动标识与它们的作用一致;
- c) 操作不能引起附加风险。

5.10.2 安全回路

5.10.2.1 安全回路应采用具有安全防护等级的设备或装置。

5.10.2.2 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要求(PLr)具体见表 3。其余安全性能等级要求(PLr)应该至少满足为“a”。

表 3 性能等级要求

安全防护	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

5.10.2.3 采用 PELV(保护特低电压)保护人身免于间接接触和有限区域直接接触的电击防护。(如人舱照明供电)

5.10.2.4 对于盾构机的抓取锁紧装置,如管片拼装机,宜采用双手控制回路。

5.10.3 动力源供应失效

5.10.3.1 动力中断及中断后的重新启动应符合下列要求:

- a) 只能由操作者人为操作才可重新启动;
- b) 若发出停机命令,盾构机应能及时停机;
- c) 自动或手动停止运动件的功能应有效;
- d) 保护装置和防护措施应有效。

5.10.3.2 所有外部动力源应有隔离措施,隔离装置应有明显标识。若重新接合会危及人身安全,则隔离装置应能锁住。

5.10.3.3 在动力源关闭后,应能消除残留或存储在回路中的能量,而不对人体造成伤害。但某些回路可以保持与其动力源的连接。(如保持零部件位置、保护信息和内部照明)

5.10.4 警示系统

5.10.4.1 警示装置应采用声、光报警。

5.10.4.2 报警信息应明确、易于理解。

5.10.4.3 遥控或无人自动操作的盾构机应有可视警示灯,在启动前、遥控操作时、无人自动操作时,该警示装置应自动开启。

5.10.5 启动

5.10.5.1 盾构机的主动力源应通过人为操纵启动控制装置才能启动。

5.10.5.2 盾构机同一设备或机构有多个启动装置,则这些启动装置应相互连锁。

5.10.5.3 对于可以进行互斥动作的启动装置应设置互锁功能,按钮宜分开布设。

5.10.5.4 加减速运动宜通过模拟量或逐级控制来实现。

5.10.6 停机

5.10.6.1 盾构机应设有正确停机程序以保证其能安全地停机,停止或减速运动的主要动作,宜通过去除或降低电压、流体压力来实现。

注:如果考虑采用二进制逻辑元件,则通过由1状态变到0状态来实现(其中1代表最高能态)。

5.10.6.2 盾构机设备应设置急停装置。

5.10.6.3 控制局部功能的急停装置,应能停止特定和限定的动作。

5.10.7 急停装置

5.10.7.1 急停装置应置于操作人员和其他需要启动的人员易于触及的位置,并应符合 GB/T 16754 的要求。

5.10.7.2 盾构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。

5.10.7.3 存在安全风险且易于接触到人员的区域应设置急停装置。如主控室操作台、控制箱、变压器柜、刀盘区域、带式输送机区域、后配套拖车以及人舱内外等区域应设置急停按钮。

5.10.7.4 急停装置动作后,应一直保持有效,直到人工复位后。人工复位应不能重新启动设备,而只能通过正常启动程序重新启动设备。

5.10.7.5 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。

5.10.7.6 盾构机应能设置防止意外启动装置。

5.11 电气设备

5.11.1 通则

5.11.1.1 电气设备应具备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不应低于 IP55,其中主驱动电机防护等级不应低于 IP65。

5.11.1.2 高压电设备周围宜装配防护隔离、故障报警和绝缘保护等装置。

5.11.1.3 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相关规定并符合盾构机施工环境要求。

5.11.1.4 电器配线、开关标识应可靠、易识别、不宜磨损。

5.11.2 电气保护

5.11.2.1 电气设备防护措施应符合 GB 5226.1 的规定。

5.11.2.2 电气设备应具备漏电保护、零序保护、短路保护和过载保护功能。

5.11.2.3 电气设备的主要控制系统应设置急停开关。

5.11.2.4 电气设备设置场所应能避免物体打击和机械伤害。

5.11.3 导线与电缆

5.11.3.1 导线和电缆的选择应符合 GB 50217—2007 中 3.2、3.3、3.4、3.6 的规定。

5.11.3.2 电缆的敷设应符合 GB 50168—2006 中 5.1、5.3、5.4、6.1、6.2 的规定。

5.11.3.3 动力电缆宜根据盾构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。

5.11.3.4 高压电缆和低压电缆应分开布设,不得布置在同一线槽内。

5.11.4 变压器

5.11.4.1 盾构机的变压器应符合 GB/T 1094.2、GB/T 1094.3 和 GB/T 1094.11 的规定。

5.11.4.2 干式变压器应配备绕组温度检测装置并采取强制排风散热措施。

5.11.4.3 油浸式变压器应配备温度、瓦斯等保护装置,变压器油应选择燃点在 300 °C 以上的阻燃合成冷却液。

5.11.4.4 箱式变压器箱门应装配连锁防护装置或配置电磁锁。

5.11.5 高压供电设备的防护

5.11.5.1 专用高压电源进线侧宜采用断路器或带熔断器的负荷开关进行保护,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。

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

5.11.5.3 应在高压隔离防护设施的醒目位置标识安全警示标示牌或告知牌。

5.11.6 接地与连接

5.11.6.1 盾构机的接地包括工作接地和保护接地,并满足以下要求:

- a) 应把盾构机动力设备的可导电外壳通过 PE 线与盾构机主接地可靠连接;
- b) 盾构机整台设备的金属设备及构件应设置等电位接地装置;
- c) 有条件的,可考虑控制系统和信号系统设置防电磁干扰屏蔽接地。

5.11.6.2 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标记。

5.11.7 开关装置

5.11.7.1 盾构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。

5.11.7.2 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,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。

5.11.8 照明(包含应急照明)

5.11.8.1 盾构机照明应符合 GB 50194—2014 中 10.2 和 GB/T 28780 的规定。

5.11.8.2 盾构机各个工作区域应设置照明设施和应急照明装置,照明线路应由专门开关装置控制并单独配线。

5.11.8.3 在盾体内部、管片拼装机区域的照度不应低于 100 lx;主控室内照度不应低于 150 lx。

5.11.8.4 通道照明应满足以下要求:

- a) 人员在通道任何位置最低照度不应小于 30 lx;
- b) 与两照明设备中间测量的最小照度之比通常不应超过 3 : 1;
- c) 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,应急照明时间不应小于 1 h;

d) 照明灯宜位于不受车辆、移动部件移动而遮挡的位置。

5.11.8.5 照明灯具及附属装置的安全防护类型应根据现场环境条件配置,同时应避免眩光和阴影的影响。

5.11.8.6 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。

5.11.8.7 照明宜采用白色光源。

5.12 液压和气动系统

5.12.1 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。

5.12.2 液压系统宜使用阻燃液压油。

5.12.3 液压系统液压油箱液位应设置高低位报警,泵吸口阀门宜设置启闭报警。

5.12.4 支撑载荷的液压和气动系统应能在电气故障或者断电情况下保持载荷。

5.12.5 液压和气动系统,压力源管路应设置安全阀。

5.12.6 液压和气动系统的设计应采取降噪减振措施。

5.12.7 液压系统应配置冷却系统,设置油温高低报警和滤芯堵塞报警系统。

5.12.8 液压泵及液压马达安装底座应有足够的刚性,外露的旋转轴和联轴器应安装防护罩。

5.12.9 液压缸安装应避免冲击、振动造成的松动,必要时安装保险装置。

5.12.10 阀件安装应考虑重力、冲击、振动对阀内主要零件的影响,应注意阀进出口方位。

5.12.11 蓄能器安装应远离热源,应有警告标识,在维护保养前需要释放压力。

5.12.12 管路应在自由状态下进行铺设,焊装后的管路固定和连接不得施加过大的径向力强行固定和连接。

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

5.12.14 在操作位置处,如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,应配置防护装置。

5.12.15 软管安装应避免扭转应力、减少弯曲应力(最小弯曲半径按照 GB/T 3683 的规定),不承受拉应力,并避免外部损伤,必要时加外套保护、加防摩擦件等。

5.12.16 液压和气动系统管路,在运输拆解、转场时,所有管路应封堵。

5.12.17 液压和气动系统应提供必要的清楚明确的维护保养要求,如日常和定期检查项目、周期及管路使用年限等要求。

5.12.18 液压和气动系统应有标识,用于识别图纸和清单上的元器件及管路。

5.13 拖拽连接件

5.13.1 安全系数选取

盾构机拖拽连接件的安全系数应按表 4 选取。

表 4 安全系数

拖拽连接类型	额定拖拽力 (= * * * /安全系数)
链连接	链条破断载荷/4
拉杆或其他连接	钢材屈服强度/2
牵引液压缸	液压缸拖拉力/2
钢丝绳不能用作拖拽连接件。	

5.13.2 摩擦系数选取

计算拖拽力时摩擦系数应按表 5 选取。

表 5 摩擦系数

拖拽力的计算	摩擦系数 μ
当轮式拖车运行在钢轨上时	0.2
当轮式拖车运行在其他表面上时	0.3
运行在任何表面上的滑履式拖车	1.0
当隧道坡度大于 25 % 时, 本表所示摩擦系数应增大 1.5 倍。	

5.13.3 拖拽连接件选用安全要求

- 5.13.3.1 在隧道坡度大于 6 %, 易引起设备拖拽失效时, 应提供两套拖拽连接件。
- 5.13.3.2 下坡掘进时拖拽连接件应采用拉杆或牵引液压缸, 并应根据隧道坡度设计其拖拽能力。
- 5.13.3.3 为避免过载牵引液压缸应配备压力传感器, 并将信号送到主控室。
- 5.13.3.4 为避免运输车溜车时撞击盾构机本体, 宜在后配套拖车上增加防撞装置。

5.14 激光导向系统

- 5.14.1 激光窗口应避开人行通道。
- 5.14.2 激光通道附近应设有防激光伤害警示标志。
- 5.14.3 激光导向应符合 GB 7247.1—2012 中 5.4 的规定, 选取 3R 级光束, 应避免人眼直视。

5.15 通风和粉尘、有害气体监测

5.15.1 通则

- 5.15.1.1 盾构机内应配备气体监测装置。
- 5.15.1.2 有害气体和粉尘的测定方法应符合 GBZ 159 的规定。
- 5.15.1.3 有害因素接触限值应符合 GBZ 2.1—2007 的规定。

5.15.2 通风

- 5.15.2.1 盾构机宜配置二次通风设备。
- 5.15.2.2 二次通风设备供风量和风速应满足风量按每人每分钟供应新鲜空气 3 m³ 计算, 后配套拖车尾端的回风风速不应小于 0.3 m/s 的要求。

5.15.3 作业环境空气

- 5.15.3.1 作业环境空气中氧气含量不应小于 20 %, 严禁使用纯氧通风换气。
- 5.15.3.2 作业环境空气中瓦斯浓度应小于 0.75 %。
- 5.15.3.3 作业环境空气中一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO₂)、氮氧化物(NO₂)、膨润土粉尘、水泥粉尘等有害气体、粉尘浓度应符合附录 B 规定。作业环境空气中有害气体容许浓度见表 B.1。作业环境空气中粉尘容许浓度见表 B.2。
- 5.15.3.4 当检测到有害气体或气体含量不符合 5.15.3.3 时自动发出警报。
- 5.15.3.5 有害气体和气体含量数据应送至主控室并显示在显示屏上。

5.15.3.6 传感器检测到相关数据超过允许值时能自动发出警报并能触发盾构机自动急停功能。

5.16 放射性物质的防护

5.16.1 泥浆密度计中含有放射性材质,应装配防护装置,并在醒目装置张贴警告标志。

5.16.2 辐射防护及个人剂量限值应符合 GB 8702 和 GB 18871 规定。

5.17 噪声防护

5.17.1 应针对盾构机主要噪声来源,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、冷却系统、除尘系统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可见 GB/T 25078.2。

5.17.2 应采取如下防护装置或措施实施降噪:

- a) 泵和马达不得直接安装在盾构机的钢结构件上,应有阻尼、隔振措施;
- b) 通风、除尘系统应当配备消音器;
- c) 主控室应采取隔音措施;
- d) 排渣系统增设缓冲减振装置;
- e) 对于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设计标准时,则应配置个体防护装备。(如:耳塞、耳罩)

5.17.3 噪声测定参见附录 C。

5.18 火灾防护

5.18.1 盾构机宜进行消防系统的整体专业设计、制造、安装和验收,并提供消防使用手册。

5.18.2 盾构机应确定消防重点部位、消防器材种类和摆放数量。

5.18.3 灭火器放置位置应设置警示装置,且标示清晰、易于获取。

5.18.4 主控室内壁应选用阻燃材料。

5.19 救援设备的存放

5.19.1 主控室和人舱内应设置存放个人救生器具的空间,并配置救生器材。

5.19.2 救援设备的存放位置应有清晰的标识,并能防尘和防潮湿。

5.19.3 盾构机宜配置逃生舱。

5.20 警示标志、警示装置、标语

5.20.1 警示标志

5.20.1.1 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。

5.20.1.2 警示标志内容应不易擦除,并采用盾构机使用国家或地区的第一官方语言。

5.20.1.3 警示标志应符合附录 D 的规定。

5.20.2 警示装置

5.20.2.1 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。

5.20.2.2 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)。

5.20.2.3 警示装置应当意义明确、易于互相区别,按 GB/T 1251.2 执行。

5.20.2.4 警示装置的设置应符合附录 D 的规定。

5.20.3 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。盾构机采用的标语应符合附录 D 的规定。

5.20.4 警示信息的使用方法

5.20.1~5.20.3 所列三种警示信息可单独或组合使用,应在专用布置图中示出安装位置,便于现场安装和操作人员熟知和遵守。

5.21 维护维修

5.21.1 应制订产品维护保养手册,供使用方遵循使用。

5.21.2 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。

5.21.3 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。

5.21.4 手册应包含备品备件清单、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 如相应条款未明确规定验证要求,如稳定性、制动、噪声和振动,应通过计算、检验和/或试验来验证本标准规定的安全要求。

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 所有提升和下降系统的测试应符合 GB/T 6067.1 的规定。

6.4 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 盾构机产品使用说明书应符合 GB/T 15706 的相关要求。

7.1.2 盾构机产品使用说明书应当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;
- 设备系列或类型的名称;
- 设备的序列号或编号;
- 制造商的名字和详细地址,如果适用,制造商的授权代表。

7.1.5 每台盾构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；
- 机械设计时需要的地层和地下水条件信息；
- 机械设计所需的荷载情况详细信息；
- 机械设计所需的最大倾斜度。

7.2.2 操作说明

操作说明应使操作人员明白如何使用设备，应包括设备安全操作的所有重要信息。主要包括以下内容：

- 所需操作的完整说明；
- 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；
- 人舱的使用说明；
- 逃生舱(如果有)的使用信息；
- 灭火系统的调试、运行和维护信息；
- 紧急排水系统相关容量信息；
- 所用符号的说明；
- 显示在设备上的警告标志、警告装置和符号的清单和位置；
- 急停的安装位置和使用说明；
- 安全装置使用的详细说明；
- 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；
- 疏散路线信息、救援设备储存位置；
- 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，包括有安全设计措施、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、只有一台或多台马达运行等条件下展开维护工作的说明；
- 土仓或刀盘进行安全工作的说明；
- 不能从刀盘后面换刀的特殊说明，包括不稳定的地层条件；
- 阻止刀盘移动的特殊说明；
- 设备上刀盘运行的说明，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应当进行停止运行或测试；
- 重型部件或搬运困难的部件的安全组装和拆卸说明。应当注明刀具等常变换位置部件的重量；
- 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；
- 关于控制、急停、报警等系统的定期测试，如紧急停止、气体报警系统、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：

- 设备拆分方案及适用的吊运设备的规格说明；
- 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、规格及重量等重要信息；
- 各个吊运单元的吊装受力点及重心示意图。

7.2.5 标牌

盾构机上的标牌应当包括：

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

附录 A

(资料性附录)

盾构机防滚转能力计算方法

A.1 总则

盾构防滚转能力计算见式(A.1)。

$$(F_1 R_1 + F_2 R_2 + n F_3 R_3 + M_f) \geq M_{\max} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- F_1 —— 泥土和盾构机壳体间的摩擦力,单位为千牛(kN);
- R_1 —— 盾构机壳体半径或等效半径,单位为米(m);
- F_2 —— 管片和盾构机壳体间的摩擦力,单位为千牛(kN);
- R_2 —— 管片环外圆半径,单位为米(m);
- n —— 推进液压缸数量;
- F_3 —— 单个推进液压缸允许的最大侧向力,单位为千牛(kN);
- R_3 —— 管片环中心圆半径,单位为米(m);
- M_f —— 盾构机上其他结构或机构提供的反向扭矩,单位为牛顿米(N·m);
- $M_{\max}$ —— 主驱动脱困扭矩,单位为牛顿米(N·m)。

注:盾构机上其他常见的反向扭矩机构或结构有斜向布置的推进液压缸、反扭矩液压缸等。

A.2 土体和盾构机壳体间的摩擦力 F_1

盾构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,盾构机周向土体载荷模型简图如图 A.1 所示,摩擦阻力见式(A.2):

$$F_{1,EPB} = n \cdot \mu_1 \cdot \pi \cdot D \cdot L_m \cdot (P_1 + P_2 + Q_1 + Q_2)/4 \dots\dots\dots (A.2)$$

盾构机在硬岩中掘进时,盾体不完全与围岩接触,此时以其自重计算摩擦阻力,计算见式(A.3)和式(A.4):

$$F_{1,TBM} = \mu_1 \cdot W \dots\dots\dots (A.3)$$

$$F_1 = \min(F_{1,TBM}, F_{1,EPB}) \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

- $F_{1,EPB}$ —— 软土地层土体和盾构机壳体间的摩擦阻力,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 —— 土体与盾壳钢板之间的摩擦系数,可参考表 A.1 选取;
- D —— 盾构机壳体的外径,单位为米(m);
- L_m —— 盾体的长度,单位为米(m);
- P_1 —— 盾构机顶部所受垂直土压力,单位为千牛每平方米(kN/m²);
- P_2 —— 地层对盾构机底部的抗力,单位为千牛每平方米(kN/m²);
- Q_1 —— 盾构机顶部的侧向土压力,单位为千牛每平方米(kN/m²);
- Q_2 —— 盾构机底部的侧向土压力,单位为千牛每平方米(kN/m²);
- $F_{1,TBM}$ —— 岩石地层土体和盾构机壳体间的摩擦阻力,单位为千牛(kN);

- W ——盾构机质量,单位为千克(kg);
 F_1 ——土体和盾构机壳体间的摩擦阻力,单位为千牛(kN);
 P_0 ——地表载荷,单位为千牛每平方米(kN/m^2);
 P_G ——盾构机主机自重引起的土压力,单位为千牛每平方米(kN/m^2)。

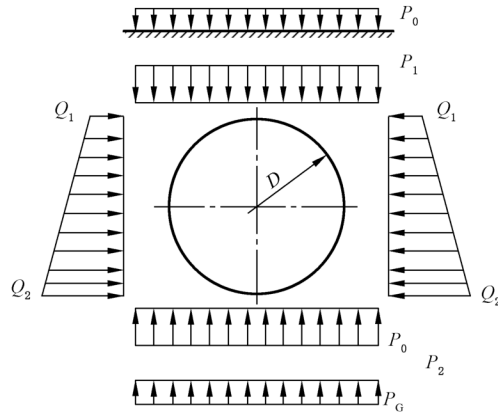


图 A.1 盾构机周向土体载荷模型简图

表 A.1 土体与盾壳钢板之间的摩擦系数

土的种类	摩擦系数
砾石	0.55
砂石	0.45
亚粘土	0.35
粉砂	0.30
粘土	0.20

A.3 管片和盾构壳体间的摩擦阻力 F_2

见式(A.5)。

$$F_2 = 2\mu_2 \times W_s \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

- F_2 ——管片和盾构机壳体间的摩擦阻力,单位为千牛(kN);
 μ_2 ——管片和盾构壳体间的摩擦系数,一般采用 0.5;
 W_s ——一环管片的重量,单位为千牛(kN)。

附 录 B
(规范性附录)

作业环境空气中有害气体和粉尘容许浓度

作业环境空气中有害气体和粉尘容许浓度见表 B.1 和表 B.2。

表 B.1 作业环境空气中有害气体容许浓度

气体名称	OELs mg/m ³		
	MAC	PC-TWA	PC-STEL
二氧化氮	—	5	10
二氧化硫	—	5	10
二氧化碳	—	9 000	18 000
一氧化氮	—	15	30
硫化氢	10	—	—
一氧化碳	—	20	30
非高原	—	—	—
高原	—	—	—
海拔 2 000~3 000 m	20	—	—
海拔>3 000 m	15	—	—

注 1: OELs:职业性有害因素的接触限值量值。
 注 2: PC-TWA:时间加权平均容许浓度(8 h)。
 注 3: MAC:最高容许浓度,指在一个工作日内任何时间都不超过的浓度。
 注 4: PC-STEL:短时间接触容许浓度(15 min)。

表 B.2 作业环境空气中粉尘容许浓度

粉尘名称	PC-TWA mg/m ³	
	总尘	呼尘
硅灰石粉尘	5	—
硅藻土粉尘(游离 SiO ₂ 含量<10%)	6	—
滑石粉尘(游离 SiO ₂ 含量<10%)	3	1
石灰石粉尘	8	4
水泥粉尘(游离 SiO ₂ 含量<10%)	4	1.5
膨润土粉尘	6	—
其他粉尘(游离 SiO ₂ 含量<10%)	8	—

注 1: PC-TWA:时间加权平均容许浓度(8 h)。
 注 2: 总粉尘:可进入整个呼吸道(鼻、咽和喉、胸腔支气管、细支气管和肺泡)的粉尘,简称“总尘”。
 注 3: 呼吸性粉尘:按呼吸性粉尘标准测定方法所采集的可进入肺泡的粉尘粒子,其空气动力学直径均在 7.07 μm 以下,简称“呼尘”。

附 录 C
(资料性附录)
噪 声 测 定

C.1 测量仪器

C.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/T 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。

C.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、后校准示值偏差不得大于 0.5 dB,否则测量结果无效。

C.1.3 测量时传声器加防风罩。

C.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。

C.2 测量条件

C.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。

C.2.2 测量工况:测量工作应在第一次使用隧道机械,且设备已安装完成、被测声源正常工作的情况下进行,同时注明当时的工况。

C.3 测点位置

C.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。

C.3.2 一般情况下,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。

C.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、窗应关闭。

C.4 测量要求

被测声源是稳态噪声,采用 10 min 的等效声级。被测声源是非稳态噪声,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整个正常工作时段的等效声级。

C.5 背景噪声测量

C.5.1 测量环境不应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。

C.5.2 测量时段应与被测声源测量的时间长度相同。

C.6 测量记录

噪声测量时需做测量记录。记录内容应主要包括：

- 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。

C.7 测量结果修正

测量结果修正应满足以下要求：

- 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 C.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) 执行。

表 C.1 测量结果修正表[单位:dB(A)]

差值	3	4~5	6~10
修正值	-3	-2	-1

附 录 D
(规范性附录)
警示标志和标语

D.1 概述

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。

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应依据 GB/T 1251.3—2008 中的表 1，标语主要选自近年来在盾构机安装使用说明书上通用的。

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，各厂家均有自己的专用表示方法，故在本标准中不作特别规定。

为了表示一个更为复杂的警示信息功能，这些警示标志和标语可以组合使用。

D.2 通用安全和警示标志

通用安全和警示标志见表 D.1。

表 D.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
	必须带防护眼镜 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)
	必须带遮光护目镜 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)
	必须带护耳器 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 D.1 (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)
	必须带防护手套 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)
	必须带安全带 Must fastened safety belt 白色图形,蓝色衬底	在大型盾构机中,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,不得佩戴戒指、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 D.1 (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、气和砂浆等)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	在盾体内或后配套拖车的上下扶梯处,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	在盾体内或后配套拖车的通道中,注意因油污或砂浆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、后配套台车上、在上下层交互施工时,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	在管片吊机、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)

表 D.1 (续)

图形符号	名称和图形颜色	说明	标准序号
	运动件移动风险 Warning moving parts 黑黄色条纹	设备上的运动部件,如管片拼装机的回转环、管片吊机的吊架等,在运行时,伴有声光警示信号,应注意避让	GB 2893—2008 4.3.2
	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管片拼装机和管片吊机区域,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	盾构机操作团队,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	盾构机操作团队,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	

D.3 警示装置

警示装置见表 D.2。

表 D.2 警示装置

位置	类型	作用	警示时间	警示区域
刀盘点动换刀	声响	注意	开机前 5 s	刀盘和前盾区域
带式输送机	声响	注意	开机前 5 s	沿带式输送机全长
管片拼装机	声光	注意	工作中	在拼装区域
真空抓取装置	声光	危险	异失效时	在拼装区域
管片吊机	声光	注意	行走中	沿吊机行程范围
管路延伸	声响	注意	延伸前 5 s	延伸区域
紧急情况*	声响	命令	持续	整机全长
注意、危险和命令的紧急程度划分按 GB/T 1251.3—2008,表 1 执行。				
* 紧急情况主要是指火灾、涌水和有害气体等对人体有伤害的突发事件。				

D.4 警示标语

警示标语见表 D.3。

表 D.3 警示标语

名称	标语	适用部位
刀盘检修		前盾附近 主控室
高压电		高压柜 变压器 高压电路

表 D.3（续）

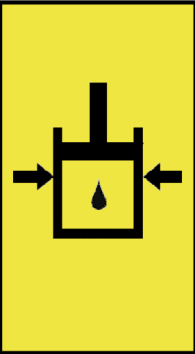
名称	标语	适用部位
液压管路	警告 CAUTION 液压油会导致伤害， 请在维修前卸压！ HYDRAULIC OIL PRESSURE CAN CAUSE INJURY， DEPRESSURIZE BEFORE SERVICING！ 	液压管路 液压站
运行 设备	警告 CAUTION 挤压危险 能导致严重伤害！ 请注意声光信号！ RISK FOR SQUEEZING CAN CAUSE SEVERE INJURY！ OBSERVE ACOUSTIC SIGNAL！ 	管片拼装机 管片吊机
噪声 防护	警告 CAUTION 危害性噪声 会导致听力伤害！ 请佩戴防护设备！ HAZAROUS NOISE CAN CAUSE IMPAIRED HEARING！ WEAR EAR PROTECTION！ 	主驱动电机 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 OPERATING INSTRUCTIONS！	主控室 管片拼装机 管片吊机 等设备

表 D.3 (续)

名称	标语	适用部位
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 管片拼装机 管片吊机 等设备
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

D.5 警示标语的尺寸

警示标语的尺寸如图 D.1 和图 D.2 所示。

单位为毫米

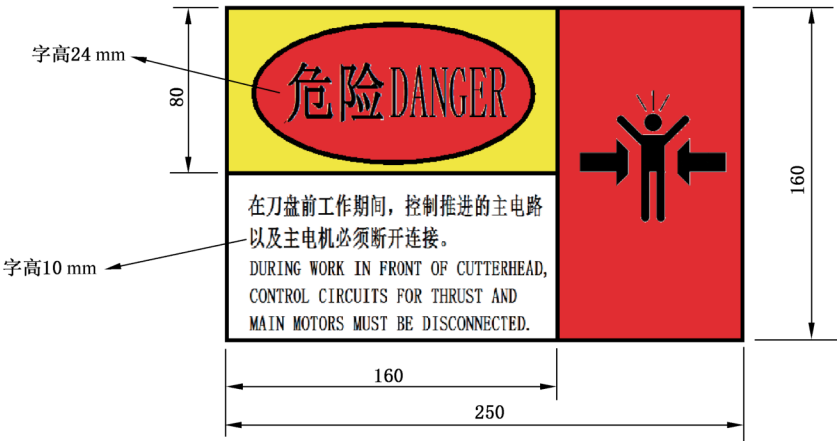


图 D.1 危险警示标语尺寸要求

单位为毫米

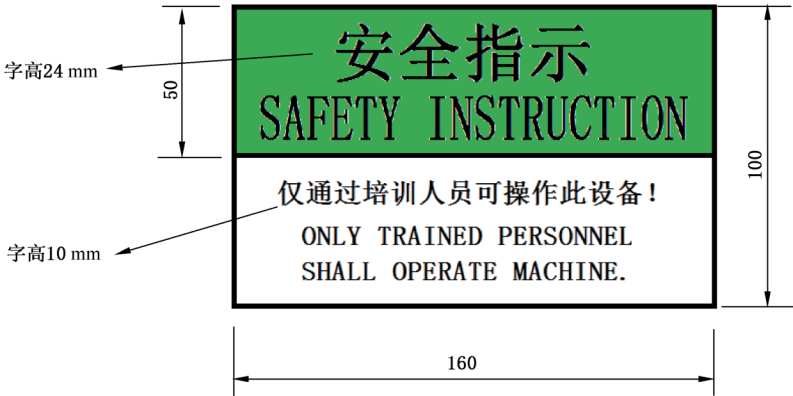


图 D.2 安全指示标语尺寸要求

参 考 文 献

- [1] GB/T 3241 电声学 倍频程和分数倍频程滤波器
 - [2] GB/T 3785.2 电声学 声级计 第2部分:型式评价试验
 - [3] GB/T 14775—1993 操纵器一般人类工效学要求
 - [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 设备用图形符号 已注册的符号(Graphical symbols for use on equipment—Registered symbols)
-