

T/ACCEM

团 体 标 准

T/ACCEM XXXX—XXXX

隧道掘进技术 钻爆法

Tunnel construction and tunneling technology - drilling and blasting method

征求意见稿

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国商业企业管理协会 发 布

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由云南途腾智能装备有限公司提出。

本文件由中国商业企业管理协会归口。

本文件起草单位：云南途腾智能装备有限公司、XXX、XXX。

本文件主要起草人：XXX、XXX、XXX。

隧道掘进技术 钻爆法

1 范围

本文件规定了隧道钻爆法施工掘进的术语和定义、施工准备、钻爆作业流程、出渣与运输、施工质量控制、安全与环境管理、应急管理以及资料管理的要求。

本文件适用于采用钻爆法进行的各类隧道掘进作业，包括但不限于铁路隧道、公路隧道、水利水电隧道、矿山隧道等。

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 6722-2014 爆破安全规程

JTG/T 3660-2020 公路隧道施工技术规范

3 术语和定义

JTG/T 3660-2020界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

钻爆法 *drilling and blasting method*

借助专业钻孔设备在隧道掌子面钻出炮孔，装填适配炸药后实施精准爆破，利用炸药爆炸产生的冲击力破碎岩石，后续跟进出渣、支护等一系列工序，促使隧道持续向前掘进的施工手段。

3.2

掏槽孔 *cut hole*

在掌子面炮孔布局体系里，处于关键起始位置的一组炮孔。它率先起爆，目的在于为周边后续起爆的炮孔创造一个自由面，以此提升爆破效果，常布置在掌子面中心区域。

3.3

周边孔 *peripheral hole*

沿着隧道预定开挖轮廓线精心布设的炮孔，主要功能是精准控制隧道成型后的轮廓平整度，最大程度减少超挖与欠挖现象，保障隧道断面尺寸符合设计蓝图。

4 施工准备

4.1 地质勘察

应采用多种勘察手段，全面获取隧道施工区域的地质信息。

——钻探作业，沿隧道轴线按一定间距布置钻孔，钻孔深度应穿透隧道底板一定深度，以获取不同深度的岩石样本，分析岩石的矿物成分、结构构造、抗压强度、抗拉强度、弹性模量等物理力学性质。

——地球物理勘探，如地震勘探、地质雷达等，探测地下地质构造，确定断层、褶皱、节理裂隙的位置、走向、规模及发育程度。

——水文地质勘察条件，包括地下水位、含水层分布、地下水的补给、径流和排泄条件，以及地下水对岩石力学性质的影响。

4.2 施工方案设计

4.2.1 施工方案应依据地质勘察结果、隧道设计要求以及施工单位的技术水平和设备条件进行设计。

4.2.2 施工方案应明确掘进方式，根据围岩类别、隧道断面大小、埋深等因素，选择全断面掘进、台

阶法掘进或分部开挖法等合适的方式。

4.2.3 钻爆设计应符合 JTG/T 3660-2020 中 7.4.1 条的规定，爆破参数设计，应确定炮眼的直径、深度、间距、排距，以及炸药的种类、单孔装药量、总装药量等参数。

4.2.4 根据施工方案和进度要求，选择合适的施工设备，如凿岩台车的型号、数量，出渣运输设备的载重量、运输能力等。

4.3 施工设备

4.3.1 凿岩台车应具备高效钻孔能力，根据隧道全断面大小和形状选择合适的型号，如单臂或双臂凿岩台车，确保钻孔的精度和速度。凿岩台车参数参照附录 A。

4.3.2 拱架台车应具备快速抓举，精准拼装，三组臂同时协同作业的能力。拱架台车参数参见附录 B。

4.3.3 湿喷台车应具备两级回转、两级伸缩、小臂 360° 回转。湿喷台车参数参见附录 C。

4.3.4 锚杆台车应具备二级伸缩臂架，全方位无死角定位的功能，锚杆台车参数参见附录 D。

5 钻爆作业流程

5.1 施工测量

5.1.1 施工测量应符合 JTG/T 3660-2020 第 5 章的规定。

5.1.2 在隧道洞身，应根据设计图纸，准确测量并标定出隧道开挖的中心线和轮廓线，测量误差应控制在 $\pm 5\text{ mm}$ 以内。

5.1.3 炮孔位置应按照爆破设计方案，在开挖轮廓线上精确确定掏槽眼、辅助眼和周边眼的位置，其位置偏差不得超过 $\pm 10\text{ mm}$ 。

5.1.4 测量过程中，应设置多个控制点，并进行闭合测量，确保测量数据的准确性。每次测量放线后，应进行复核，复核结果需经技术人员签字确认。

5.2 钻孔作业

5.2.1 设备操作规范

5.2.1.1 凿岩设备在使用前，应进行全面检查和调试，检查项目包括钻杆、钻头是否磨损严重，连接是否牢固，若有问题应及时更换或紧固。

5.2.1.2 设备的液压系统、电气系统进行检查，应确保无泄漏、短路等故障，润滑系统应注满润滑油。

5.2.1.3 根据炮孔设计要求，调整好钻孔角度，采用角度测量仪进行实时监测，确保钻孔角度偏差在 $\pm 1^\circ$ 以内。

5.2.1.4 钻孔深度应根据设计的循环进尺确定，通过在钻杆上做好标记或利用设备的深度控制系统，保证钻孔深度误差控制在 $\pm 50\text{ mm}$ 以内。

5.2.1.5 在钻孔过程中，应保持凿岩机的稳定，避免晃动，防止炮孔出现弯曲或偏移。

5.2.2 炮孔质量检查

5.2.2.1 炮孔质量检查应在钻孔完成后立即进行，检查项目如下：

——周边眼间距误差不得超过 $\pm 15\text{ mm}$ ；

——辅助眼间距误差不得超过 $\pm 20\text{ mm}$ 。

5.2.2.2 测量炮孔深度，实际深度与设计深度的偏差应在允许范围内：

——掏槽眼，深度偏差不得超过 $\pm 100\text{ mm}$ ；

——其他炮孔深度偏差不得超过 $\pm 50\text{ mm}$ 。

5.2.2.3 使用吊线锤或专用的垂直度检测工具，检查炮孔的垂直度，炮孔垂直度偏差不得超过 $\pm 2^\circ$ 。若发现炮孔质量不符合要求，应及时进行返工处理，重新钻孔。

5.2.2.4 炮孔布置应符合 JTG/T 3660-2020 中 7.4.5 条的规定。

5.3 装药与堵塞

5.3.1 爆破参数

5.3.1.1 光面爆破参数应符合 JTG/T 3660-2020 中表 7.4.4-1 的规定。

5.3.1.2 预留光面层光面爆破参数应符合 JTG/T 3660-2020 中表 7.4.4-2 的规定。

5.3.2 装药操作要求

5.3.2.1 装药前，应先清理炮孔内的岩粉、积水等杂物，可采用高压风吹洗或掏勺清理。

5.3.2.2 按照设计的装药结构和装药量进行装药，对于连续装药结构，将炸药药卷依次装入炮孔，确保药卷之间紧密接触；对于间隔装药结构，按设计要求在炮孔内设置间隔物，并将炸药药卷放置在规定位置。

5.3.2.3 装药时，应使用木质或竹质炮棍将炸药轻轻推入炮孔，避免用力过猛损坏炸药或雷管。

5.3.2.4 起爆药包应放置在炮孔的规定位置，一般位于炮孔底部或靠近底部，确保起爆的可靠性。在装药过程中，要注意保护好起爆网络，防止雷管脚线或导爆管被损坏。

5.3.2.5 严禁装药与钻孔平行作业。

5.3.2.6 严禁作业人员穿戴化纤类衣服。

5.3.2.7 装药前，无关人员与机具应撤至安全地点。

5.3.3 炮孔堵塞

5.3.3.1 炮孔堵塞材料应选用可塑性好、密实性强的黏土、砂或专门的炮泥。

5.3.3.2 堵塞长度应根据炮孔深度、直径、岩石性质等因素确定，一般情况下，周边眼堵塞长度不宜小于 20 cm，其他炮孔堵塞长度不宜小于 30 cm。

5.3.3.3 堵塞时，应将堵塞材料逐段填入炮孔，并使用炮棍分层捣实，确保堵塞材料紧密填实炮孔，防止炸药爆炸时高压气体过早逸出。

5.3.3.4 已装药的炮孔应及时堵塞密封。除膨胀岩土地段和寒区隧道外，炮泥宜采用水炮泥、粘土炮泥。严禁用块状材料、煤粉或其他可燃材料作炮泥。

5.4 起爆与通风

5.4.1 起爆网络

5.4.1.1 起爆网络应符合 GB 6722-2014 中 6.4 的规定。

5.4.1.2 起爆前，应确认邻近爆破工作面未装炸药及雷管。

5.4.1.3 在连接起爆网络时，应确保导爆管或电雷管的连接牢固，不得有松动、折断等情况。

5.4.1.4 起爆网络宜采用塑料导爆管复式起爆网络或电雷管起爆网络。

5.4.1.5 连接过程中，要注意导爆管的方向，避免出现打结、对折等现象。

5.4.1.6 电雷管起爆网络，严格按照设计的起爆顺序和延期时间进行连接，确保各雷管之间的电雷管电阻差值在允许范围内，防止出现拒爆或早爆现象。

5.4.1.7 起爆网络连接完成后，应进行仔细检查，确保连接正确无误，爆破员应最后离开爆破地点。

5.4.2 起爆操作

5.4.2.1 起爆前，应设置警戒区域，在警戒区域边界设置明显的警戒标志，如警示旗、警戒牌等，并安排专人负责警戒，禁止无关人员进入警戒区域。

5.4.2.2 所有施工人员应撤离到安全地点。起爆人员应在确认警戒工作完成、人员和设备全部撤离到安全区域后，按照起爆指令进行起爆操作。

5.4.2.3 起爆操作应严格按照操作规程进行，先进行起爆前的最后检查，确认起爆网络正常后，使用起爆器进行起爆。

5.4.2.4 在起爆过程中，起爆人员应随时观察起爆情况，如发现异常，应立即停止起爆，并采取相应的措施进行处理。

5.4.2.5 瞎炮、残炮处理应符合 GB 6722-2014 中 6.9 条的规定。

5.4.3 通风散烟

5.4.3.1 通风系统应在隧道施工前进行设计和安装，可采用压入式通风、抽出式通风或混合式通风等方式。

5.4.3.2 爆破后，应立即启动通风设备，进行通风散烟。通风时间应根据隧道长度、断面大小、爆破规模等因素确定，确保爆破后产生的有害气体浓度降低到允许的范围内。

5.4.3.3 在通风过程中，应定时检测洞内有害气体的浓度，当有害气体浓度符合 JTG/T 3660-2020 第 13 章要求后，施工人员方可进入洞内进行后续作业。

6 出渣与运输

6.1 出渣设备选择与操作

6.1.1 出渣设备的选择需综合考虑隧道断面大小、形状、岩石性质、开挖方法以及施工进度要求等因素。

6.1.2 小断面隧道，可选用体积小巧，操作灵活，能在狭窄空间内高效作业的小型装载机。

6.1.3 大断面隧道应采用装载能力强、出渣效率高的大型装载机。在一些特殊地质条件下，如软岩隧道，为避免对围岩造成过大扰动，宜选用挖掘式装载机，其挖掘和装载功能一体化，能较好适应软岩的挖掘和出渣。

6.1.4 操作出渣设备时，操作人员应经过专业培训，熟悉设备的性能、操作方法和安全注意事项。

6.1.5 启动设备前，需对设备进行全面检查，包括轮胎气压、液压系统、电气系统、制动系统等，确保设备处于良好的运行状态。

6.1.6 在装载过程中，应注意控制装载量，避免超载，同时要防止铲斗碰撞隧道壁和支护结构。

6.1.7 设备运行时，操作人员应集中精力，密切关注设备的运行状况，如发现异常应立即停机检查。

6.2 运输线路规划与管理

6.2.1 运输线路的规划应根据隧道的布局、施工场地条件以及弃渣场的位置等进行科学设计。

6.2.2 运输线路应尽量短捷、顺直，减少弯道和起伏，以降低运输阻力，提高运输效率。同时，要考虑线路的承载能力，确保其能够满足运输车辆的通行要求。

6.2.3 在规划线路时，应充分考虑排水问题，设置合理的排水坡度，确保线路不积水，以保证运输安全。

6.2.4 运输线路进行检查和维护，应包括路面的平整、轨道的紧固、排水设施的清理等。

6.2.5 运输线路应设置明显的交通标志和警示标识，规范车辆行驶秩序，防止车辆超速、超车和违规行驶。

7 施工质量控制

7.1 开挖轮廓控制

开挖轮廓线的平面位置允许偏差为 ± 50 mm，高程允许偏差为 ± 30 mm且应严格按照设计文件执行。曲线段隧道，其曲线要素的偏差应控制在设计要求的范围内，确保隧道线形的顺畅。

7.2 超欠挖控制

超欠挖的控制标准应根据隧道的类型、围岩条件和设计要求确定。

——一般石质隧道，平均线性超挖值应 ≤ 150 mm，最大超挖值 ≤ 250 mm，欠挖值应 ≤ 50 mm，且每平方米范围内欠挖面积 $\leq 0.1\text{m}^2$ ；

——在土质隧道中，超挖值应控制在 100mm 以内，严禁出现欠挖现象。

7.3 爆破效果评估

7.3.1 宜建立爆破效果评估指标体系，主要包括岩石破碎程度、飞石距离、炮眼痕迹保存率、超欠挖量等指标。

7.3.2 岩石破碎程度应满足出渣和后续施工的要求，避免出现大块岩石难以装运的情况

7.3.3 应定期对爆破效果进行评估，每次爆破后，技术人员应及时对爆破后的掌子面进行观察和测量，记录各项评估指标的数据。

7.3.4 爆破总结应符合 GB 6722-2014 中 6.11 的规定。

8 安全及环境管理

8.1 安全管理制度

- 8.1.1 应在爆破作业前按 GB 6722-2014 中 5.3 条的规定，进行安全评估。
- 8.1.2 应建立健全安全管理制度，明确各级人员的安全职责。
- 8.1.3 安全管理人员应负责施工现场的日常安全监督检查，对违规行为进行制止和纠正，督促施工人员遵守安全操作规程。
- 8.1.4 实施爆破作业时，应进行安全监理。

8.2 人员安全培训

- 8.2.1 施工人员上岗前必须接受全面的安全培训。培训内容包括隧道施工安全法规、安全操作规程、安全防护知识、应急救援措施等。
- 8.2.2 爆破作业人员、电工、焊工等特种作业人员，应经过专门的安全技术培训，取得相应的特种作业操作资格证书后，方可上岗作业。

8.3 环境管理

爆破作业对环境有害影响控制应符合GB 6722-2014中13.8条的规定。

9 应急管理

应制定爆破事故应急预案，包括爆破哑炮、早爆、迟爆等事故的应急处理程序，明确在发生事故时的人员疏散、现场封锁、事故处理的责任分工；对于坍塌事故，应制定人员救援、抢险和隧道修复的应急方案。

10 资料管理

- 10.1 施工过程应详细记录各种施工数据和信息，包括但不限于施工日志，施工进度、施工人员、设备使用情况、爆破记录，爆破参数、爆破效果、爆破器材使用情况、监测报告等。
- 10.2 资料的归档要按照工程档案管理的要求进行，包括纸质档案和电子档案，确保资料的完整性和可追溯性，保存期限应不少于 16 年。

附 录 A
(资料性)
凿岩台车参数

A.1 单臂凿岩台车参数见表 A.1。

表 A.1 单臂凿岩台车参数

项目名称	参数
作业范围, mm	6050×6400 (宽×高)
顶棚升降行程, mm	600
工作臂伸缩行程, mm	1250
俯仰角度, °	-30~+65
摆动角度, °	±35

A.2 双臂凿岩台车参数见表 A.2。

表 A.2 双臂凿岩台车参数

项目名称	参数
作业范围, m	16×11 (宽×高)
隧道最小高度, m	6
工作臂伸缩行程, mm	2000
俯仰角度, °	-15~+60
回转角度, °	360

附 录 B
(资料性)
拱架台车参数

B.1 拱架台车参数见表 B.1。

表 B.1 拱架台车参数

项目名称	参数
最大作业宽度，m	11
最大承载，kg	3000
最大举升高度，m	12.5
俯仰角度，°	-15~+55
回转角度，°	-37~+37

附 录 C
(资料性)
湿喷台车参数

C.1 湿喷台车参数见表 C.1。

表 C.1 湿喷台车参数

项目名称	参数
混凝土泵送能力, m ³ /h	4~30
喷浆机械臂最大作业高度, m	16
喷浆机械臂最大作业宽度, m	30
喷浆机械臂最远作业距离, m	15
喷浆机械臂最小作业高度, m	4
喷浆机械臂最大作业深度, m	8

附 录 D
(资料性)
锚杆台车参数

D.1 锚杆台车参数见表 D.1。

表 D.1 锚杆台车参数

项目名称	参数
工作臂伸缩行程，mm	2000
工作臂俯仰角度，°	-30~+60
工作臂回转角度，°	±45
工作臂推进梁行程，mm	1800
工作臂最大推进力，kN	15
平台臂伸缩行程，mm	4500
平台臂俯仰角度，°	-30~+60
平台臂回转角度，°	±45
平台臂最大举升高度，mm	12000