

团 体 标 准

T/CGA XX—202X

金矿千米以深超大直径竖井掘进工艺 技术要求

Technical requirements for the process of ultra-large diameter vertical shaft
in gold mines at deeper than 1,000 meters

（征求意见稿）

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中 国 黄 金 协 会 发 布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语与定义	1
4 总则	2
5 超大直径竖井掘进	2
6 辅助工作	5
参考文献	8

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。

本文件由中国黄金协会提出。

本文件由全国黄金标准化技术委员会（SAC/TC 379）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引 言

竖井开拓作为深部矿床开拓的主要方式，担负着人员输送、矿石提升和通风任务，其稳定性直接关系到矿山生产安全。随着黄金矿产资源开采向深部转移，高应力、涌水和高温等地质灾害问题为深部竖井掘进带来了新的挑战。

通过对已经施工完成和正在施工的千米以深超大直径竖井进行现场勘探，剖析其在掘进过程中面临的问题，总结竖井掘进过程中使用的竖井掘进、辅助工作等，编制规范化的千米以深超大直径竖井掘进工艺技术要求，对保证千米以深超大直径竖井的成形质量和速度具有重要的工程价值和现实意义。

金矿千米以深超大直径竖井掘进工艺技术要求

1 范围

本文件规定了金矿千米以深超大直径竖井掘进工艺的技术总则，以及竖井掘进和辅助工作的技术要求。

本文件适用于金矿千米以深超大直径竖井掘进工程。

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 7424（所有部分） 光缆总规范
- GB/T 50010 混凝土结构设计标准
- GB 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范
- GB 50204 混凝土结构施工质量验收规范
- GB/T 50511 煤矿井巷工程施工标准
- GB 50653 有色金属矿山井巷工程施工规范
- GB 50771 有色金属采矿设计规范
- GB 55008 混凝土结构通用规范
- AQ 2062 超深竖井施工安全技术规范
- JGJ 107 钢筋机械连接技术规程
- YS/T 5039 金属矿山深竖井工程技术标准

3 术语与定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

超大直径竖井 ultra-large diameter vertical shaft

直径不小于 10 m 的成井。

4 总则

4.1 工程开工前，应由施工单位编制超大直径竖井施工组织设计文件，报上级单位审核通过后，再报监理单位和建设单位审批通过后，才能开始施工。

4.2 超大直径竖井掘进的工艺技术包括井颈段、基岩段和马头门的掘进，以及相关辅助作业。

5 超大直径竖井掘进

5.1 通则

5.1.1 竖井施工前，应综合考虑井筒的直径、深度、工程地质、水文地质和施工场地条件等多种因素，以便进行技术经济方案的比较，选择合理的施工工艺和机械装备。

5.1.2 施工前应研究工勘地质资料，有突水风险时，应编制专项治水方案。

5.1.3 对于含水量较高、渗透性较好的砂层、砾石层等地层，或者一些断层破碎带、裂隙发育带等地质构造的地层，宜采用注浆法。

5.1.4 井筒穿过多个含水层时宜采用注浆法施工，具体方法如下：

- a) 当含水层比较浅，距离地表100 m以内，且含水层间距不大于100 m内时，宜采用地面注浆；
- b) 当含水层距地表距离，以及含水层间距都大于100 m时，宜采用工作面预注浆；
- c) 井筒深度小于600 m且单小时漏水量不超过6 m³/h，深度大于600 m且单小时漏水量不超过10 m³/h时，应按照GB/T 50511的要求采用壁后注浆。

5.1.5 施工过程中应根据涌水观测结果，及时调整方案。

5.1.6 竖井施工爆破施工过程中，应根据爆破效果及时修正相关参数。

5.1.7 在进行竖井掘进的基础支护时，应根据地质条件、工程要求、支护方式和水文条件选择合适的支护方案。

5.1.8 超大直径竖井掘进作业中，井筒支护应满足以下规定：

- a) 支护结构应按深度分段确定，结合岩体级别、地应力条件等因素进行支护设计，支护结构参数和强度应经数值模拟计算验证；
- b) 井壁应根据岩层坚硬度、软弱程度及岩爆倾向性选用合适的支护方式，具体支护选择应遵循

YS/T 5039的相关规定；

- c) 遇到地层破碎、流变严重时，应预先注浆加固围岩；
- d) 井筒与马头门、硐室等连接处的结构形式应根据实际围岩条件、应力、井壁变形情况、水文地质条件、支护材料力学匹配性等及时动态调整支护。

5.1.9 为确保竖井工程安全，应对井壁进行应力、位移和变形监测。

5.1.10 在临近断层破碎带，应布设应力、位移和微震传感器。

5.1.11 施工机械不应长时间反复行驶在支撑构件上，且临时通过时应有安全措施，施工中应防止重物撞击支撑构件。

5.1.12 井筒开挖过程中应采取措施防止碰撞支护结构排桩或扰动工作面原状土，不应造成桩间土垮塌。

5.1.13 钢筋宜优先选用直螺纹套筒连接，连接强度应不小于等体钢筋强度，连接质量应符合JGJ 107中规定的最高等级；钢筋的搭接长度和锚固长度应符合GB 55008和GB/T 50010的相关规定。

5.1.14 锚杆支护时，安装前应经拉拔试验，验收试验锚杆数量应不少于锚杆总数的5%，每批不得少于3根，锚杆及喷射混凝土施工应符合GB 50086的相关规定。

5.1.15 竖井工勘显示有岩爆倾向时，结合施工方法，制定相应的岩爆防治措施。

5.1.16 井筒周边和地沟临空面应设置不低于1.5m的防护栏杆。

5.2 井颈段掘进

5.2.1 超大直径竖井井颈段施工时，应根据井筒直径、表土层类型、深度、稳定性和含水情况等因素，选择合适的施工方法。具体情况如下：

- a) 表土层稳定、含水量较少时，宜采用井圈背板施工法；
- b) 稳定性较差、含水量较少的表土层，宜采用吊挂井壁施工法；
- c) 松软不稳定的冲积层、裂隙含水层、松软泥岩层以及含水量和水压特大且流速较慢的岩层，宜采用冻结法；
- d) 深厚的表土层和不稳定的含水地层，宜采用钻井法；
- e) 深度30m~50m的井筒，土层较软、地下水位较高的地区，宜采用沉井法；
- g) 深度不超过100m的含水不稳定表土层，宜采用帷幕法。

5.2.2 井颈段外壁施工应根据地质条件、施工方法、支护措施、施工功能、规范标准、环境条件等多种因素，选用合适的开挖段高、支护措施、施工设备和出渣方式。

5.2.3 开挖方式和出渣方式应根据开挖深度采用合适的装备器械，当开挖深度达8m~30m时，可采用捣机配合小挖机进行井筒开挖，并利用已形成的提升系统和吊车吊运吊桶出渣。

5.2.4 井壁钢筋应为双层筋，钢筋的材料、尺寸及连接方式应符合GB 50204的规定。

5.2.5 井颈段遇到不稳定岩土时，宜采用锚网喷、井圈背板支护等临时支护措施。

5.2.6 井颈段施工完成前，应对井壁和井筒周边环境水平位移、竖向位移等进行监测，在锁口表面、井架基础和井口附近地面设置沉降观测点进行定期观测。发现安全隐患时，应及时加设井筒内支撑结构。

5.2.7 在进行永久支护前，每班应派专人观测地面沉降和临时支护后面的井帮变化情况，发现危险预兆时，应立即停止工作，撤出支护作业人员，进行处理。

5.3 基岩段掘进

5.3.1 施工作业方式宜采用掘、砌混合作业。

5.3.2 基岩段的掘进中，采用伞钻钻眼作业时，伞钻尺寸和性能要求应综合考虑岩层类型、含水情况、钻孔直径、深度以及循环方式等因素，以满足超大直径竖井的掘进施工要求。

5.3.3 爆破作业应制定合理组织循环工作。

5.3.4 凿岩爆破应采用光面爆破。

5.3.5 在冻结段采用钻爆法施工时，应符合下面规定：

- a) 使用抗冻炸药，并制定专项措施；
- b) 周边炮眼布置对照冻结孔偏斜图，周边眼和冻结孔的间距不小于设计值。

5.3.6 超大竖井基岩段掘进作业宜采用电动挖机抓岩作业。

5.3.7 井筒支护宜选择锚杆喷射混凝土的临时支护方式，钢筋网混凝土保护层厚度应不小于 20 mm。

5.3.8 应考虑地质条件、岩石性质、施工方法、竖井深度及大断面支护强度要求等因素，以确定模板的材料、尺寸、结构、强度、重量和拆装方式。

5.3.9 遇到以下情况时，应选择停止作业，向上级汇报，更换模板，以确保施工安全和结构质量：

- a) 模板出现严重的变形、扭曲或凹陷，可能无法再承载混凝土的重量；
- b) 模板表面出现裂纹、破损或局部剥离，导致混凝土不能均匀浇筑，影响结构强度；
- c) 模板之间连接的螺栓或焊缝松动、脱落，导致模板在施工时位移或泄漏混凝土；
- d) 模板出现锈蚀、腐烂；
- e) 当施工方法、流程或围岩应力发生变化，原有模板不再适用时。

5.4 马头门掘进

5.4.1 马头门施工应根据地质条件（围岩分级、地下水状况）、施工设备能力（机械化配套水平）及结构设计要求（支护形式、断面尺寸）等综合选定，具体选择如下：

- a) 对于稳定性好的围岩（Ⅰ级～Ⅲ级），宜选择全断面法；
- b) 对于Ⅳ级围岩，宜选择台阶法；

- c) 对于V级围岩或复杂地层，宜选择分层法；
- d) 极软弱地层或高应力区，宜选择环形开挖法。

5.4.2 马头门掘进应采用光面爆破施工，爆破质量应符合GB 50653 的相关规定。

5.4.3 马头门施工作业中，应根据围岩的稳定性采用合适的支护措施。

5.4.4 马头门的支护应根据围岩受力情况，选择合适的支护方法。

6 辅助工作

6.1 凿井井架及悬吊设施

6.1.1 凿井井架的选型应根据井筒的直径和深度，以及施工方案中确定的提升和悬吊设施的重量进行，并应对井架的承载能力和稳定性进行验算。

6.1.2 凿井井架天轮平台的布置符合下列规定：

- a) 出绳方向应与井架中心线方向平行；
- b) 两台以上稳车悬吊同一管路或设备时，应将稳车布置在同一侧。

6.1.3 竖井井筒内布置的悬吊设施符合下列规定：

- a) 吊泵应靠近井帮，同时确保其管路到转水站的弯管长度最短；
- b) 各种管路位置宜布置在出车方向的两侧，以便于马头门的施工；
- c) 吊盘的荷载重心宜接近悬吊中心，防止吊盘偏重。

6.1.4 地面提绞设备符合下列规定：

- a) 提升机和稳车的位置，应满足井筒掘砌、井筒安装和转入平巷施工时改装成临时罐笼的需求；
- b) 钢绳在稳车天轮和卷筒上的偏角应不大于2°；
- c) 稳车集中布置时，基础边缘之间的距离应不少于200 mm。

6.1.5 应定期对钢丝绳在升降人员和物料时的受力进行验算，开展安全性评价和制定合理的维护措施。

6.2 超大直径竖井提升

6.2.1 提升设备应符合下列规定。

- a) 提升设备满足竖井掘砌、巷道开拓、井筒安装、井筒维护、延深施工及设备回收与移除等各个阶段的提升方式和能力要求。
- b) 吊桶的运行速度应满足以下要求：
 - 1) 无稳绳段的最大绳速：升降人员时速度不大于1 m/s，升降物料时速度不得大于2 m/s；

2) 通过井盖门或喇叭口的绳速不大于0.3 m/s;

3) 有稳绳段的加速度不大于0.5 m/s²;

4) 无稳绳段的加速度不大于0.3 m/s²。

6.2.2 提升设备应满足竖井掘砌、巷道开拓、井筒安装、井筒维护、延深施工以及设备回收与移除等各阶段的提升方式和能力要求。

6.2.3 钢丝绳应符合下列规定:

- a) 根据每条钢绳的受力情况选择合适的钢绳。吊盘和吊泵的安全系数不小于6,而压风管、风筒、溜灰管及稳绳的安全系数不低于5;
- b) 提升钢丝绳和悬吊钢丝绳的安全系数符合AQ 2062的规定;
- c) 悬吊天轮轴承座和绳轮的技术性能满足超大直径竖井掘进工艺技术要求,天轮直径和钢丝绳角度设置符合GB 50653和AQ 2062的规定。

6.3 通风降温

6.3.1 应根据竖井的深度、直径、作业人员数量及掘进过程中产生的粉尘和气体,结合地温梯度影响计算所需风量,选择合适的风机类型和规格。

6.3.2 通风方式宜采用混合式,施工中应根据竖井断面及施工阶段动态调整风量,风筒宜选用阻燃玻璃钢材质。

6.3.3 井下作业面的空气质量应符合GB 50771的相关规定。监测到空气质量不符时,应立即增加通风、调整作业时间或撤离人员,确保作业环境安全。

6.3.4 应根据作业面温度制定防高温措施,如加强通风、冷却风机、洒水等,以合理安排作业时间和个人防护。

6.3.5 应定期对作业面进行温度监测,实时记录环境温度变化,必要时向井下输送冰块或使用机械制冷设备,并缩短工人连续作业时间。

6.4 排水系统

6.4.1 超深竖井排水系统宜采用多级接力排水,水泵扬程参数应结合排水段垂直高度、涌水量及设备安全系数综合确定,管路选型应匹配流量参数并满足双回路并行敷设要求。

6.4.2 采用分段排水时,宜采用中间转水站,转水站水仓或水箱容量不应小于0.5 h的涌水量。

6.5 供配电系统

6.5.1 井口工业广场应配备完善的供配电系统,各电缆线路应独立敷设,且电压等级和总容量应满足

超大直径竖井掘进施工的最大需求。

6.5.2 排水与照明线路宜采用双回路供电，以增强系统的冗余性。

6.6 通信系统

6.6.1 超大直径竖井宜采用光缆作为通信方式，光缆选择安装应遵循GB/T 7424（所有部分）的规定。

6.6.2 提升绞车应有独立信号系统，井口与绞车房之间采用数码显示的声光兼备信号装置，并设直通电话，且信号电源独立可靠。

参 考 文 献

- [1] 朱柏石. 井巷掘进：第二分册 竖井掘进[M]. 2 版. 北京：冶金工业出版社, 1986
 - [2] 赵兴东. 井巷工程[M]. 3 版. 北京：冶金工业出版社, 2022
 - [3] 中华人民共和国应急管理部. 煤矿安全规程 [Z/OL]. (第17号令). [2025-07-24]
<http://www.mem.gov.cn/gk/zfxxgkpt/fdzdgknr/202508/W020250804624058995127.pdf>.
-