

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/T 1628—2022

斜井帷幕冻结壁质量验收规范

standard for Quality acceptance acceptance of the freezing Wall of inclined shaft

2022 - 11 - 07 发布

2022 - 12 - 07 实施

陕西省市场监督管理局

发 布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 基本规定..... 4

5 冻结施工..... 4

6 冻结检测与判断..... 5

7 验收..... 7

附录 A（规范性）冻结孔纵向测温记录表..... 9

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。

本文件由陕西中能煤田有限公司提出。

本文件由陕西省能源局归口。

本文件起草单位：陕西中能煤田有限公司、陕西陕煤陕北矿业公司、中国矿业大学、中煤西安设计工程有限责任公司、中煤邯郸特殊凿井有限公司、湖南北斗星空自动化科技有限公司。

本文件主要起草人：吴群英、陆路、刘巍、吕文宏、岳丰田、杜战灵、孙猛、宫守才、郭永富、迟宝锁、宋伟、苏炜、郑天斌、郭光乔、张勇、张美龙。

本文件由陕西省能源局负责解释。

本文件首次发布。

联系信息如下：

单位：陕西省能源局

电话：029-63913624

地址：陕西省西安市新城区新城大院29号楼

邮编：710006

斜井帷幕冻结壁质量验收规范

1 范围

本文件规定了斜井帷幕冻结工程冻结壁的术语和定义、基本规定、冻结施工、冻结检测预判及验收的要求。

本文件适用于斜井帷幕冻结的质量验收工作。

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 8163 流体输送用钢管

GB 50511 煤矿井巷工程施工规范

GB 50213 煤矿井巷工程质量验收规范

GB/T 51288 矿山斜井冻结法施工及质量验收标准

3 术语和定义

GB/T 51288界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

斜井 inclined shaft

服务于地下开采，在地层中开凿的，直通地面的倾斜通道。

[来源：GB/T 51288—2018，2.0.1]

3.2

斜井冻结法凿井 excavation of inclined shaft by freezing method

由地面施工竖直冻结孔、用制冷技术暂时冻结加固斜井井筒掘进轮廓线周围不稳定地层，并隔绝地下水后再凿井的特殊施工方法。

[来源：GB/T 51288—2018，2.0.2]

3.3

斜井帷幕冻结 curtain freezing of inclined shaft

由地面在斜井断面两侧及两端施工竖直冻结孔，冻结形成箱式结构承载帷幕外部水土荷载，帷幕内为原始地层，用制冷技术分段冻结加固斜井井筒周围不稳定地层并隔绝地下水后再凿井的特殊施工方法，此方法的特点，是在需要施工的斜井周围施工若干冻结孔，深入到下部隔水层或稳定基岩中形成冻结帷幕，帷幕冻结壁和下部隔水层或基岩共同作用隔绝斜井施工范围的地下水。

3.4

冻结壁 frozen wall

用制冷技术在井筒掘进轮廓线周围地层形成的,具有一定厚度、强度和深度的连续冻结岩(土)体。

[来源: GB/T 51288—2018, 2.0.3]

3.5

井壁 shaft lining

在井筒开挖围岩的表面,构筑一定厚度、强度的构筑物。

[来源: GB/T 51288—2018, 2.0.4]

3.6

箱式帷幕 box-style curtain

由位于冻结段斜井井筒掘进轮廓线两侧冻结孔及封头孔、封尾孔形成的四面冻结壁侧墙构成的冻结帷幕。

3.7

分段冻结 step freezing

沿斜井井筒轴向,将斜井冻结段划分为数段,依次冻结的方法。

[来源: GB/T 51288—2018, 2.0.18]

3.8

冻结壁交圈 enclosure of freezing wall

在冻结区域范围内,井筒掘进轮廓线周围所有相邻的冻结器单独形成完整的冻结帷幕。

[来源: GB/T 51288—2018, 2.0.5]

3.9

冻结壁形成期 stage of formation of freezing wall

从地层冻结开始至冻结壁形成并达到设计要求的时段,又称积极冻结期。

[来源: GB/T 51288—2018, 2.0.6]

3.10

冻结壁维持期 stage of maintaining of freezing wall

冻结壁形成后,为维持其功能要求,继续向冻结器输送冷媒剂(盐水)的时段,又称维持冻结期。

[来源: GB/T 51288—2018, 2.0.7]

3.11

水文观测孔(或管) water level observation hole

布置在冻结帷幕内侧和外侧,用于观察冻结壁形成期掘进轮廓线内、外主要含水层地下水文变化情况的竖直钻孔。

3.12

温度观测孔 temperature observation hole

布置在冻结壁厚度范围内或及冻结降温区内,用于观察冻结壁形成过程中的不同位置温度变化的竖直钻孔(简称测温孔)。

[来源: GB/T 51288—2018, 2.0.9]

3.13

冻结孔 freezing hole

用于安装冻结器的钻孔。

[来源: GB/T 51288—2018, 2.0.10]

3.14

封头冻结孔 front freezing hole

布置在斜井各冻结段始端的竖直冻结孔(简称封头孔)。

[来源: GB/T 51288—2018, 2.0.11]

3.15

封尾冻结孔 end freezing hole

布置在斜井各冻结段末端的竖直冻结孔(简称封尾孔)。

[来源: GB/T 51288—2018, 2.0.12]

3.16

冻结器 refrigerator

安放在冻结孔内,用作循环冷媒剂与地层进行热交换的装置。冻结器由冻结管、供液管、回液管和底锥等组成。

[来源: GB/T 51288—2018, 2.0.13]

3.17

制冷站 freezing station

为地层冻结提供负温循环盐水而在井筒附近集中设置的制冷设备和设施的总称,其中主要有氨(氟利昂)、盐水、冷却水循环系统及供电系统。

[来源: GB/T 51288—2018, 2.0.15]

3.18

测斜 inclination measurement

测量钻孔在不同深度上的偏斜量和偏斜方位。测斜应在钻进过程中进行并成孔后最终测斜。

[来源: GB/T 51288—2018, 2.0.14]

3.19

纵向测温 longitudinal temperature measurement

冻结过程中,选取部分冻结孔做为测温孔,测量冻结孔内部沿纵向不同位置的温度分布。

3.20

冰点线 freezing point line

冰点线指的是冻结壁内土体结冰温度的相邻各点所连成的曲线。

3.21

冻结壁厚度 thickness of freezing wall

冻结壁内侧壁面上任一点与外侧壁面之间的最短距离。冻结壁厚度设计值一般指斜井井筒掘进轮廓线外侧及端头冻结壁厚度所要达到的最小值。

[来源：GB/T 51288—2018，2.0.19]

3.22

冻结壁平均温度 average temperature of freezing wall

冻结壁任一横截面上温度分布的平均值。冻结壁平均温度设计值一般指拟斜井井筒掘进轮廓线（当在零度以下时）至设计冻结壁外界面的最小距离截面上应达到的温度平均值。

[来源：GB/T 51288—2018，2.0.20]

4 基本规定

4.1 斜井帷幕冻结法施工应符合冻结设计、施工组织设计、作业规程要求，且符合 GB/T 51288 及施工安全技术文件的规定。

4.2 斜井冻结工程施工质量控制应符合以下要求：

- a) 主要原材料、半成品、成品、构配件进场，应进行现场验收，见证取样、复验，经监理单位审查确认；
- b) 施工设备和构件应符合设计要求及有关规范和产品质量标准，并具有合格证明；
- c) 各工序质量控制应符合 GB 50511 和 GB 50213 的规定，每道工序完成后应进行质量检查并形成记录。

4.3 工程施工应建立技术档案，并做好各种检测记录、隐蔽工程记录、质量检查记录和竣工图纸等文件资料的收集、整理工作。工程竣工时应做好施工总结，竣工资料应真实、准确、齐全。

5 冻结施工

5.1 冻结钻孔施工

冻结孔施工前或冻结孔施工期间对设计冻结孔底部土层进行取芯，验证隔水层厚度，当底部不满足 10 m 隔水层厚度时，冻结深度应相应调整。取芯钻孔宜均匀布置，沿斜井纵向布置平面距离约 10 m，两侧冻结孔间隔约 20 m。

5.2 冻结器施工

斜井冻结器供液可采用分组串联方式。每组冻结器应安装头部温差测量装置，每组冻结器的供液系统应设置阀门控制。盐水总管的最高处或终端位置应安装放空装置，区段间应设置阀门，控制不同冻结区域的盐水流量。

5.3 制冷站运转

5.3.1 制冷站正常运转应符合下列要求：

- a) 氨、冷却水、盐水循环系统温度、流量、压力正常，经过 7 d～15 d 盐水温度应逐渐下降并达到设计要求，各冻结器回液温度正常、基本一致，头部、胶管结霜正常，发现不结霜或结霜少，应查明原因处理；

- b) 氨冷凝压力和蒸发压力应与冷却水温度、盐水温度相对应;
 - c) 盐水温度比氨蒸发温度高 $5^{\circ}\text{C}\sim 7^{\circ}\text{C}$, 冷凝温度高于冷却水出水温度 $3^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$;
 - d) 冷却水进出水温差应为 $3^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$;
 - e) 盐水去回路温差: 冻结壁形成期 $3^{\circ}\text{C}\sim 8^{\circ}\text{C}$; 维持冻结期小于 3°C 。
- 5.3.2 氨压缩机正常运转台数应达 90 % 以上; 各容器氨液位应正常, 其中贮液器为 30 %~80 %, 中间冷却器为 50 %, 蒸发器为 70 %~85 %, 氨液分离器不超过 1/3。
- 5.3.3 地层冻结开始日期应符合下列条件:
- a) 制冷站氨、盐水、冷却水系统及供电系统能正常运转, 达到设计要求;
 - b) 制冷站试运转 3 d~5 d 后, 盐水去路温度正常连续下降, 降至 0°C 之日即为本井筒地层冻结开始日期;
 - c) 斜井各段开冻后, 盐水温度波动范围不宜高于设计盐水温度 6°C 。
- 5.3.4 第 1 段盐水降温梯度应符合下列规定:
- a) 在正温阶段, 盐水的降温梯度不宜大于 $5^{\circ}\text{C}/\text{d}$;
 - b) 当温度降至 0°C 后, 盐水的降温梯度宜为 $1.5^{\circ}\text{C}/\text{d}\sim 2.5^{\circ}\text{C}/\text{d}$ 。
- 5.3.5 积极冻结期间, 每段长的冻结器盐水流量和每个冻结器温度, 应符合下列规定:
- a) 应检测每个冻结器回路温度, 每天不少于 1 次;
 - b) 冻结壁形成期应加密检测每个冻结器的盐水流量与温度, 符合设计要求;
 - c) 每个冻结器的回路盐水温度与同段回路盐水温度平均值的差值不宜大于 1°C ;
 - d) 抽检冻结器的流量, 对有疑点的冻结器应进行流量检测。冻结器流量值之和应与盐水干管上检测的盐水总流量值相差不大于 50 m^3 ;
 - e) 每个冻结器的盐水循环量与同段盐水流量平均值的差值不宜大于 $1\text{ m}^3/\text{h}$ 。
- 5.3.6 制冷站应有下列运转日志:
- a) 氨压缩机运转日志, 氨循环系统中的温度、压力、液位的记录, 以及每次充氨量、加油量的记录;
 - b) 每段盐水泵班运转日志, 盐水泵电流、压力、流量、盐水箱水位及盐水温度的记录;
 - c) 每趟盐水干管盐水去回路温度, 冻结器盐水流量及其头部回路盐水温度记录;
 - d) 水源井及循环水泵运转日志, 水源井冷却水的流量及水温, 冷凝器进、出水温度的记录。

6 冻结检测与判断

6.1 测温孔检测

测温孔检测应符合以下要求:

- a) 测温孔宜采用数据自动采集系统;
- b) 测温管内测点布置, 原则上应每隔 5 m 设置 1 个测温水平; 主要含水层、膨胀性黏土层、冲积层与基岩交界面、煤层、地下水流速较大的层位等均应设置测点。主要含水层或控制层距离井筒掘进轮廓线顶、底板距离小于 5 m 时, 应加密测点;
- c) 不同阶段监测频率不同, 冻结站开始运转至冻结壁交圈期间, 每隔 8 h~24 h 监测一次; 井筒正式开挖至套壁结束期间, 24 h 监测一次; 套壁至冻结壁局部融化期间, 宜定时监测冻结壁温度回升解冻状况并注意井壁有无漏水现象, 并做好原始记录;
- d) 测试过程中宜及时描绘出各点的温度-时间变化曲线。

6.2 水文观测孔检测

水文观测孔应符合以下要求：

- a) 冻结站正式运转前，观测水文观测孔内水位，其实测的原始静止水位应基本稳定，且与地质报告、井筒附近水源井的水位相吻合，发现水位有异常情况必须查明原因进行处理；
- b) 冻结站运转开始至冻结壁交圈期间，水文观测孔水位必须每天测 1 次，纵向温度应每周测 1 次。并应掌握井筒附近其它水源井的水位变化。当水位出现明显变化时，测量间隔不应大于 8 h；
- c) 水位变化监测应有原始记录，测量过程中应每日定时绘出各孔的水位变化曲线。

6.3 冻结管内纵向温度检测

6.3.1 冻结管内纵向温度监测孔的选取，根据冻结孔偏斜，地层和水文状况，结合温度场的有限元分析结果，选择温度异常、孔间距大的冻结孔，测孔数目不少于 3 个，方位沿着温度异常方向。

6.3.2 斜井帷幕冻结纵向测温监测点的布置，需反映出温度异常位置冻结帷幕纵向温度分布规律，可按下列方式布置：

- a) 监测点的布置范围以斜井冻结帷幕的范围为测试区，在测试区内监测点沿纵向分层布置；
- b) 测试区内，温度测点的位置与数量可根据斜井冻结帷幕所处的地质条件、冻结时间情况确定，经理论计算基本可以确定冻结帷幕厚度和冻结温度场规律的宜将测点沿最不利位置布置；
- c) 温度测点纵向间距不宜大于 1 m。

6.3.3 冻结管内纵向温度测试应符合以下要求：

- a) 纵向测温测孔根据地质条件、冻结时间和冻结壁厚度确定测试时间，根据冻结时间确定，冻结 30 d~40 d，停冻 3 h~4 h 后开始测试，冻结 70 d~80 d，停冻 6 h~7 h 后开始测试；
- b) 纵向测温温度测试宜在 2 h~4 h 内完成 1 次测试；
- c) 测试元件选择热电偶时，测点不宜超过 5 个，第 1 段测试完成后，缓慢下放至第 2 段测试点位置，静止不小于 10 min 后进行温度测试，剩余段依次进行；
- d) 测试元件选择半导体时，测点不宜超过 10 个，第 1 段测试完成后，缓慢下放至第 2 段测试点位置，静止不小于 3 min 后进行温度测试，剩余段依次进行；
- e) 存在地下水流动且影响冻结效果时，上下游方向加大冻结孔纵向测温数量；存在超规范要求流速的地下水时，全部冻结孔均应纵向测温。

6.3.4 纵向测温数据见附录 A，测试过程中应及时描绘出各点的温度变化曲线、纵向的温度分布曲线和同层位的温度分布曲线。

6.4 温度测试元件及方法

6.4.1 温度测试元件的选择应符合下列要求：

- a) 温度测试元件的测温误差应不大于 0.3 °C（25 °C 环境下）；
- b) 测试范围 -50 °C~50 °C；
- c) 绝缘电阻大于 500 MΩ；
- d) 温度测试元件不能影响测温结果。

6.4.2 温度测试元件的安装及保护应符合下列要求：

- a) 温度测试元件应保证其密封性，应在温度测试最大压力下经过浸泡 24 h 不损坏；当冻结管内盐水压力超过 10 MPa 时，应在温度测量元件上加保护外套；
- b) 应保持温度测试元件保护管外部的清洁，以减小误差；
- c) 组成热电偶的 2 个热电极的焊接应牢固；

- d) 保护套管应能保证热电极与有害介质充分隔离；
- e) 温度测试元件下放位置应准确，静止时应固定牢固。

6.4.3 测试方法应符合下列要求：

- a) 热电偶测量温度时要求其冷端（测量端为热端，通过引线与测量电路连接的端称为冷端）的温度保持不变。采取冷端补偿时，其与测量仪表连接应用专用补偿导线；
- b) 使用热电偶补偿导线时应注意型号相配，极性不能接错。

6.5 冻结壁形成判断

6.5.1 斜井帷幕冻结壁初步形成、交圈情况，应根据温度、水文观测孔和纵向测温资料综合分析确定。根据测点和纵向测温温度发展规律可推算冻结壁“冰点线”的变化情况，结合各层位冻土冰点值，推算各层位的冻土发展半径和扩展速度，绘制交圈图，得到对应的冻结壁厚度，获得冻结壁的形成状况。

6.5.2 施工中根据冻结器回路温度值，结合各水平测点温度值，推算对应水平冻结壁的平均温度值，且结合井筒开挖直径，预测井帮温度值。

6.5.3 根据温度观测孔温度资料，考虑冻结孔偏斜，地层和水文等状况，采用实测、理论计算及数值分析等方法综合分析，判断冻结壁的发展状况，得出冻结壁厚度和平均温度。

6.5.4 盐水去、回路温差逐渐减小，且稳定。

6.5.5 根据初步分析判断冻结壁交圈后，进一步验证冻结壁交圈，下列条件均满足，则可判断冻结壁达到交圈要求。

- a) 根据纵向测温数据，沿纵向温度梯度基本不变，则可判断冻结壁交圈，若沿纵向温度发生明显梯度变化，说明冻结壁存在薄弱部分或没有交圈；若沿纵向温度梯度变化较小，在纵向温度最高测点附近加密补充测量，若产生突变，也说明冻结壁存在薄弱部分或没有交圈。
- b) 对水文观测孔进行分层抽水，每 30 min 监测一次水位变化，并作记录，直至帷幕内水位降至分段冻结井筒底板以下 3 m。根据分段面积、井筒埋深及土层含水量确定每次抽水高度，达到抽水水位后根据内外水位差停留不同的时间观察帷幕内水位变化情况，以此判定冻结壁交圈情况。

6.5.6 如不符合冻结壁交圈条件，应延长冻结时间，通过对薄弱处的监测数据进一步分析确定下次交圈验证时间。

7 验收

7.1 冻结管

- 7.1.1 应逐批检查冻结管及其接箍、底锥、焊条的品种、材质出厂合格证和有关试验检验报告。
- 7.1.2 应逐孔检查下管记录和现场抽查冻结管的直径和壁厚符合设计要求。
- 7.1.3 应逐孔检查冻结管的试压记录、检查报告或现场抽查复试。

7.2 钻孔

- 7.2.1 应逐孔检查取芯钻孔的岩芯和该孔的施工报告和地质报告，验证冻结段的范围和冻结深度。
- 7.2.2 应逐孔检查钻孔成孔测斜记录和成孔总平面偏斜投影图，并抽查原始测斜记录表单，抽查比例不小于 30 %。冻结钻孔的偏斜、最大孔间距应符合 GB/T 51288—2018 中 5.2.1 的规定和设计要求，温度观测孔符合 GB/T 51288—2018 中 5.2.3 的规定和设计要求，水文观测孔符合 GB/T 51288—2018 中 5.2.4 的规定和设计要求。
- 7.2.3 应逐孔检查冻结孔下管记录或现场抽查复测冻结管、供液管的下管深度不小于设计深度。

7.2.4 应逐孔检查观测孔的结构、施工记录和水文管原始记录，水文观测孔（或管）的位置、深度、结构应符合设计规定，并能正常报导水位变化情况。

7.3 冻结器

7.3.1 应按照检验批现场抽查和检查材料出厂合格证、试验报告、焊材的烘干记录等。每个检验批不少于3组。冻结器安装材料的品种、规格、质量应符合 GB/T 8163 以及设计要求。

7.3.2 冻结器的管材和底锥在地面水压试验应符合 GB/T 51288—2018 中 6.2.3 的规定。

7.3.3 冻结器的下放安装深度必须符合 GB/T 51288—2018 中 6.2.1 的规定。

7.3.4 阀门和放空设置位置应逐个检查阀门合格证和施工记录，冻结器安装抽查数量不少于5%。

7.3.5 应采取现场检查和施工记录检查相结合的方法逐孔检查水文观测孔安装质量，其应符合工艺及设计要求。

7.3.6 应从以下方面逐孔检查温度观测孔进行安装验收：

- a) 安装深度、地面高度及防水部件验收；
- b) 材料材质验收；
- c) 测温系统调试及原始地温测试。

7.3.7 冻结器安装完成后，应进行盐水供、回液系统的整体水压试验，试验压力不得小于冻结器正常工作压力的1.5倍，并应采取现场检查和施工记录检查相结合的方法逐一检查供液系统和所有冻结器头部安装部分，持续15 min 压力不下降。

7.3.8 应分系统检查制冷站制冷系统、冷却水系统、盐水系统的设备型号、规格、数量及相应的产品说明书、出厂合格证和安装质量验收报告。

7.3.9 冻结站的制冷系统和地面盐水系统的压力试漏符合 GB/T 51288—2018 中 7.4.2 的规定。

7.3.10 应对照冻结施工组织设计，检查盐水管路、冻结器的安装记录和检验结果，分项检查盐水干管的盐水流量、温度检测装置和安装质量。

7.3.11 应对照设计，检查每天的盐水温度实测记录，每月实测盐水流量不少于1次。冻结壁形成期盐水干管和每个冻结器的盐水温度应不高于设计值2℃，盐水流量应符合施工组织设计要求。

7.4 冻结站

7.4.1 制冷站冷却水系统的补给水源井位置、水量和管路、储水池、排水沟的安装、施工质量应能满足冻结施工组织设计的要求。

7.4.2 应分项检查冻结站制冷系统的低温设备、管路和地面盐水管路的保温质量应符合冻结施工组织设计要求。

7.5 冻结壁

7.5.1 应对照设计检查、分析不同含水层的水位变化和冻结壁交圈时间，冻结壁的交圈时间应符合冻结施工组织设计的要求，不宜超过10 d。

7.5.2 应对照设计检查每个温度观测孔不同深度、不同土层的温度、分析冻结壁的有效厚度、平均温度，冻结壁有效厚度和平均温度应符合冻结施工组织设计的要求。

7.5.3 应检查纵向测温孔不同深度、不同土层的温度、分析冻结壁的有效厚度、平均温度，冻结壁有效厚度和平均温度应符合冻结施工组织设计的要求。

