

ICS 73.100.10

D98

备案号：

MT

# 中华人民共和国煤炭行业标准

MT/T 518—××××  
代替MT/T 518—1995

---

## 钻井井筒永久支护通用技术条件

**General technical condition of drilling shaft permanent supports**

(送审稿)

---

××××-××-×× 发布

××××-××-××实施

**国家安全生产监督管理总局** 发布



## 前 言

本标准是对 MT/518—1995《钻井井筒永久支护通用技术条件》的修订。本标准代替 MT/518—1995。本标准与 MT/T518—1995 相比的主要变化如下：

- 采用 GB50010 混凝土结构设计规范等现行规范，代替相应的旧规范（1995 年版的第 2 章；本版的第 2 章）；
- 采用 GB50119 混凝土外加剂应用技术规范，代替 JGJ56 混凝土减水剂质量标准 and 试验方法（1995 年版的第 2 章；本版的第 2 章）；
- 取消了现已不采用的井壁节连接方法中的“座浆”工艺（1995 年版的 3.8）；
- 增加了必要时井壁设计需进行承受不均匀荷载的强度验算（本版的 4.4.3）；
- 增加了对井壁混凝土保护层防裂要求（本版的 4.5.5）；
- 增加了对泥浆稳定性指标的具体要求（1995 年版的 6.1.3；本版的 6.1.3）；
- 增加了井壁厚度超过 600mm 时采用多层垫铁的规定（1995 年版的 6.3.3；本版的 6.3.3）；
- 增加了分段充填第一充填段高建议取值，并计算第一段高充填前须增加的配重水高度。当计算结果大于采用力矩平衡法计算安装状态井壁产生倾斜的配重水高度时，应修改充填段高或施工工艺以防止井筒倾斜、滑移和结构失稳（1995 年版的 7.2.2；本版的 7.2.2；7.2.3）；
- 增加了深井在第一段高壁后充填过程中，防止井壁竖向失稳的验算（本版的 7.3；7.4）；
- 对井筒施工垂直度提出了统一要求（1995 年版的 8.1；本版的 8.1）。

本标准由中国煤炭工业协会提出。

本标准由煤炭行业煤矿专用设备标准化技术委员会归口。

本标准由煤炭科学研究总院建井研究分院负责起草、中煤特殊凿井(集团)有限责任公司参加起草。

本标准主要起草人：洪伯潜、史基盛、李功洲、张国鑫、刘志强、魏红兵

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：MT518-1995。



## 钻井井筒永久支护通用技术条件

### 1 范围

本标准规定了钻井法凿井井筒永久支护井壁结构设计、井壁制作、井壁悬浮下沉安装、壁后充填以及成井质量的技术条件。

本标准适用于采用钻井法凿井悬浮下沉安装的井筒永久支护。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 175 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥 (GB175-1999, neq ENV197-1:1995)

GB/T 700 碳素结构钢 (GB/T700-1988, neq DIN 630:1987)

GB/T 985.1 气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口 (GB/T 985.1-2008, ISO9692-1:2003, MOD)

GB 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分: 热轧带肋钢筋 (GB1499.2-2007, neq ISO 6935-2:1991)

GB/T 1591 低合金高强度结构钢

GB/T 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相

GB 8076 混凝土外加剂

GB/T 18736 高强高性能混凝土用矿物外加剂

GB 50010—2002 混凝土结构设计规范

GB 50017—2003 钢结构设计规范

GB 50068—2001 建筑结构可靠度设计统一标准

GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范

GB 50164 混凝土质量控制标准

GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范

GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范

GBJ 107 混凝土强度检验评定标准

JB/T 4730.1 承压设备无损检测 第1部分: 通用要求

JB/T 4730.2 承压设备无损检测 第2部分: 射线检测

JGJ 18 钢筋焊接及验收规程

JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准

JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程

JGJ 63 混凝土用水标准

JGJ 107 钢筋机械连接通用技术规程

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1

**井壁底** **the bottom of shaft lining**

井壁最下端封底的部分。

#### 3.2

**复合井壁** **composite shaft lining**

钢板筒与混凝土筒或钢板筒与钢筋混凝土筒组成的井壁。

### 3.3

**隔水圈板 diaphragm steel plate**

焊接在井壁法兰盘上起隔水作用的圈板。

### 3.4

**内模支撑架 inner support of lining sheeting**

井壁制作时支撑内模板的支架。

### 3.5

**井壁悬浮下沉安装 sinking of shaft lining by means of suspension**

利用井壁(含井壁底)在泥浆中的悬浮平衡条件,逐节进行井壁联接安装,并在井筒内加入配重水,使井壁悬浮下沉的工艺过程。

### 3.6

**悬浮高度 the height of a suspension lining**

每节井壁下沉后,顶端面高出泥浆面的高度。

### 3.7

**节间注浆 slip casting between the shaft lining**

两节井壁连接后,其间隙用充填材料灌注密实的工艺。

## 4 井壁结构设计

### 4.1 一般规定

4.1.1 井壁结构按所受荷载和工作条件进行设计,结构强度应符合 GB50010-2002 及 GB50017-2003 的要求。

4.1.2 井壁结构的安全等级应符合 GB50068-2001 中一级的规定。

4.1.3 井壁结构设计应综合考虑地面预制、悬浮下沉安装及壁后充填固井的工艺要求。

### 4.2 井壁结构形式

4.2.1 钻井井壁可采用钢筋混凝土结构、内钢板-钢筋混凝土复合结构和双钢板-混凝土复合结构。

4.2.2 井壁底宜选用半球厚壳、削球厚壳和半椭圆旋转厚壳等钢筋混凝土结构。

4.2.3 采用其它新型井壁结构时,应经过足以证明其结构性能可靠、满足有关规范要求模型试验验证。

### 4.3 井壁材料

4.3.1 钢筋混凝土井壁的混凝土强度等级宜采用 C30~C80,增大混凝土强度等级时,应按 28 天龄期用标准试验方法测得的具有 95%保证率的抗压强度及相关性能要求;受力钢筋宜采用 HRB400 级或 HRB335 级钢筋,也可采用 HPB235 级和 RRB400 级钢筋;

4.3.2 复合井壁的混凝土强度等级不宜低于 C45;钢板筒宜采用 Q235 钢、Q345 钢、Q390 钢、Q420 钢,板厚按强度计算(必要时经结构性能试验后)确定;受力钢筋宜采用 HRB400 和 HRB335 级钢筋,也可采用 RRB400 级钢筋。

4.3.3 井壁法兰盘宜采用 Q235 钢。

4.3.4 井壁吊环采用热轧碳素圆钢制作,严禁冷弯加工。

### 4.4 设计荷载

4.4.1 井壁结构应按所受地层压力及施工荷载沿井筒深度分段进行设计,并应考虑竖向附加力对井壁的影响。

4.4.2 井壁设计时采用的地压值按以下原则确定:

a) 表土段建议采用 1.2 倍静水压强;

b) 基岩段建议采用 1.0 倍静水压强。

4.4.3 井壁结构一般按均匀受压计算,但当地层条件或采掘工艺有特殊要求时,应进行不均匀受压验算。不均匀受压验算按偶然荷载组合进行;不均匀荷载(见图 1)按公式(1)计算。

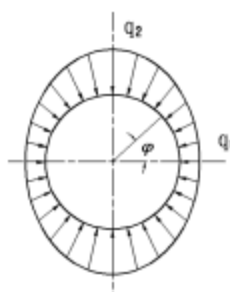


图1 不均匀荷载变化规律图

$$q = q_1[1+(m-1)\sin\varphi] \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中：

$q$  ——任意断面地压值，单位为兆帕（MPa）；

$\varphi$  ——计算点的角度，单位为度（°）；

$q_1$  ——设计地压值，单位为兆帕（MPa）；

$q_2$  ——最大方位地压值，单位为兆帕（MPa）；

$m$  ——不均匀地压系数， $m = \frac{q_2}{q_1}$ ，取 1.15。

4.4.4 井壁底荷载按井壁悬浮下沉时所受内外压力差的最大值进行设计。

#### 4.5 构造要求

4.5.1 钻井井壁采用分节预制，除最上部一节和底部短节因悬浮下沉安装需要外，单节井壁高度不宜小于 3m。

4.5.2 井壁施工时应考虑井壁组装下沉的实际接长，在施工中提前减去相应长度。

4.5.3 钢板复合井壁的钢板筒和法兰盘的分段加工与焊接，应在井壁设计中有明确规定。

4.5.4 钢筋混凝土井壁的环向钢筋间距不宜小于 180mm；竖向钢筋间距不宜小于 220mm。竖向钢筋两端应与井壁法兰盘焊牢。

4.5.5 钢筋混凝土井壁的混凝土保护层厚度：井壁（内外侧）外边缘没有钢板时应不小于 35 mm；有钢板时应不小于 25 mm。当混凝土保护层大于 40 mm 时，应对保护层采取有效的防裂构造措施。

4.5.6 复合井壁的内钢板筒应设置锚固件，并预留泄水孔，孔的直径宜为 15~25 mm，孔的间距不应大于 2.5m。

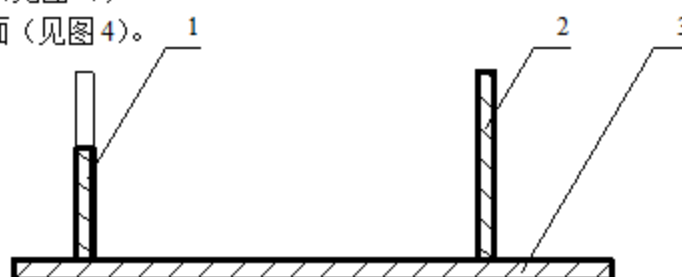
#### 4.6 井壁的连接方法

4.6.1 每节井壁之间采用钢法兰盘进行连接，法兰盘一般采用以下三种基本形式：

a) 单钢板法兰盘截面（见图 2）；

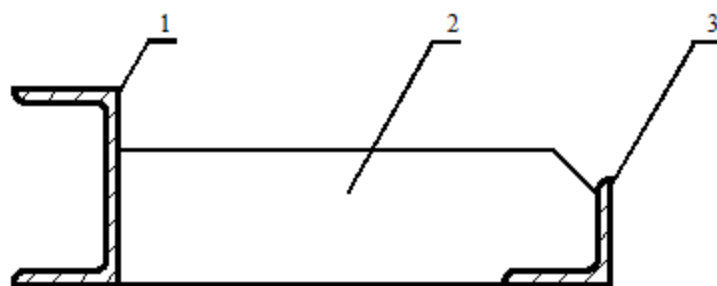
b) 型钢法兰盘截面（见图 3）；

c) 梁板式法兰盘截面（见图 4）。



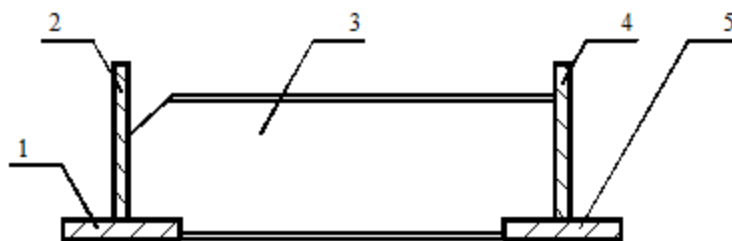
1——焊筋板；2——隔水圈板；3——环形底板。

图2 单钢板法兰盘截面



1—内缘槽钢；2—连接加劲板；3—外缘角钢。

图 3 型钢法兰盘截面



1—内环形底板；2—焊筋板；3—连接工字钢；4—隔水圈板；5—外环形底板。

图 4 梁板式法兰盘截面

4.6.2 上下井壁找正后，法兰盘之间应采用铁楔垫实，内外缘连续焊缝连接，并进行节间注浆。

## 5 井壁制作

### 5.1 井壁制作的模板及内模支撑架

5.1.1 模板及支架的材料可选用钢材或木材。

5.1.2 模板及支架制作要求：

- a) 模板及支架结构各部位尺寸及其配合，应保证浇灌混凝土后井壁的几何尺寸符合质量要求；
- b) 模板及支架应具有足够的强度、刚度和稳定性，能可靠地承受浇灌混凝土时所产生的侧压力，以及施工中的其他荷载；
- c) 支架和其他附属配件应装拆方便；
- d) 模板在浇灌混凝土时不得漏浆。
- e) 木制内外模板单块宽度不宜大于 1.5m，板厚不宜小于 40mm。工作表面应用厚度 1~2mm 的铁皮镶贴。

5.1.3 混凝土浇灌口要求：

- a) 井壁预制的外模板应预留小门浇灌口：浇灌口的宽度和高度一般为 500~600mm；浇灌口的横向水平净间距不宜大于 600mm；竖向垂直净间距不宜大于 1.2m；下端浇灌口下缘距井壁底板不应大于 1.2m；
- b) 上法兰盘浇灌口：每节井壁上法兰盘的浇灌口长度不宜小于 400mm，净间距不宜大于 1.2m。

### 5.2 钢筋

5.2.1 钢筋应具有出厂证明或试验报告单。如对钢筋的质量有疑义时，应进行化学成分检验或其他专项的检验，结果符合 GB1499 的规定方可使用。

5.2.2 钢筋在运输和储存过程，必须保留标牌，按批分别堆放，并采取防锈蚀和污染的措施。

5.2.3 钢筋的级别、数量和直径，应按设计要求采用。

5.2.4 钢筋加工的形状尺寸必须符合设计要求。钢筋表面应洁净无损伤，带有颗粒状和片状老锈的钢筋不得使用，或根据机械性能试验，按实际强度降级使用，使用前必须除锈。

5.2.5 钢筋的连接可采用绑扎搭接；机械连接或焊接。机械连接接头和焊接接头的类型及质量应分别符合国家标准 JGJ107 和 JGJ18 的规定；绑扎搭接应按 GB50010-2002 规范要求执行。



- 5.2.6 钢筋的交叉点必须全部用铁丝扎牢；钢筋绑扎搭接处必须在中间和两端用铁丝扎牢。
- 5.2.7 绑扎或焊接的钢筋骨架，不得有变形、松脱和开焊现象。钢筋位置的允许偏差应符合表 1 的规定。

表 1 钢筋位置的允许偏差 单位为毫米

项 次	项 目	允 许 偏 差
1	环向钢筋间距	± 10
2	竖向钢筋间距	± 10
3	井壁底环向和径向钢筋间距	± 10
4	受力钢筋保护层	± 5

- 5.2.8 环向钢筋的每根长度应不小于 4m。
- 5.3 法兰盘和钢板筒
- 5.3.1 钢材应有质量合格证明书，钢材的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求，如对钢材的质量有疑义时，应抽样检验，结果符合 GB/T700 和 GB/T1591 的规定方可使用。
- 5.3.2 当普通碳素结构钢在环境温度低于-16℃、低合金结构钢在环境温度低于-12℃时，不得冷矫正或冷弯曲。
- 5.3.3 普通碳素结构钢和低合金结构钢加热矫正时，加热温度严禁超过正火温度（900℃）。加热后的低合金结构钢必须缓慢冷却。
- 5.3.4 弧形加工件，弦长大于 1.5m 时，应用弦长不小于 1.5m 的弧形样板检查；弦长小于 1.5m 时，应用与零件弦长相等的弧形样板检查。样板与被检查件的间隙不得大于 2mm。
- 5.3.5 焊接坡口加工尺寸的允许偏差，应符合 GB/T 985.1 的规定。
- 5.3.6 放样和下料，应根据工艺要求预留焊接收缩量 and 切割余量。
- 5.3.7 焊接一般要求：
- 法兰盘和钢板筒制作时，采用多层焊接的每层焊道焊完后应及时清理，外观检查发现砂眼、气孔、裂缝等影响焊接质量的缺陷，必须清理后再焊；
  - 对于施焊引起的局部变形，应及时加以矫正。
- 5.3.8 法兰盘制作平台的刚度应满足制造质量的要求，平台面钢板厚度不宜小于 16mm，平台水平面相对高差不应大于 4mm。
- 5.3.9 法兰盘组焊要求：
- 法兰盘的环形底板组焊时，两板边缘的高差不得大于 1mm；
  - 法兰盘的隔水圈板和焊筋板的焊接必须垂直于法兰盘面，垂直允许偏差 4mm；圈径必须符合设计尺寸，允许偏差 ± 5mm。
- 5.3.10 法兰盘内径和宽度均不得小于设计尺寸，也不得大于设计尺寸 10mm。
- 5.3.11 法兰盘连接螺孔必须成对钻孔和存放，螺孔位置偏差不得大于 2.5mm。
- 5.3.12 法兰盘应冲有十字线标记点，每对法兰盘标记的偏差不得大于 2mm。
- 5.3.13 法兰盘存放时，应保持水平。
- 5.3.14 法兰盘验收：
- 法兰盘加工后应及时由专职人员成对验收；
  - 验收应有验收记录，并进行编号。
- 5.3.15 钢板筒分段运输时应有专用胎架。
- 5.3.16 为避免钢板筒组焊过程中产生裂纹，在工艺方面应采取如下措施：
- 焊前预热：预热条件见表 2，预热温度一般为（100~150）℃；
  - 采用低氢碱性焊条，并必须按照质量证明书的规定进行焙烘；
  - 避免在低温下冷弯和校正；
  - 钢板规格尺寸超出上述范围时可参考相关规程的规定执行。

表 2 钢板筒预热条件

Q235 钢板		Q345 钢、Q390 钢、Q420 钢	
板厚, mm	工作环境温度, °C	板厚, mm	工作环境温度, °C
≤30	< -30	≤10	< -26
		10~15	< -10
		16~24	< -5
		25~40	< 0

## 5.3.17 钢板筒焊缝检验

a) 钢板筒焊缝尺寸和外观质量应符合设计要求和 GB50205 的有关规定。

b) 按 GB50205 和 JB/T4730.1~JB/T4730.2 或 GB3323 规定的二级质量标准进行仪器检验。用超声波检查时,其技术要求和质量标准可按 JB/T4730.1~JB/T4730.2 和 GB50205 的规定;用 X 射线和 γ 射线拍片检查时,其技术要求和质量标准可按 GB/T3323 和 GB50205 的规定。

## 5.3.18 钢板筒几何尺寸的检查,应符合下列要求:

a) 钢板筒直径不得小于设计尺寸,也不得大于设计尺寸 10mm;

b) 垂直偏斜率不得超过 1%;

c) 上下两端的水平面允许偏差均为 ±3mm。

## 5.3.19 内钢板筒的上端应设置水平临时支撑,混凝土浇灌完后拆除。

## 5.4 井壁混凝土

5.4.1 混凝土质量控制标准按 GB50164 执行。

5.4.2 混凝土宜采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥,并应符合 GB175 的规定。

5.4.3 水泥进场时必须有质量证明书,并应对其品种、标号、包装、出厂日期等检查验收。

5.4.4 使用前如对水泥质量有疑问,或出厂超过 3 个月时,应复查试验,并按其试验结果使用。

5.4.5 配制混凝土所用骨料,应符合 JGJ52 的规定。

5.4.6 拌制混凝土所用水,其质量应符合 JGJ63 的规定。

5.4.7 混凝土中所掺用化学外加剂,应符合 GB8076、GB50119 的规定,并经试配符合要求后,方可使用。

5.4.8 混凝土中所掺用矿物外加剂,应符合 GB/T18736 的规定,并经试配符合要求后,方可使用。

5.4.9 混凝土的配合比应通过计算和试配确定。考虑到现场实际施工条件的差异和变化,混凝土的试配强度应按设计强度的等级提高 10%~15%。配合比设计方法应按 JGJ55 执行。

5.4.10 混凝土原材料按重量计的允许偏差不得超过下列规定:

水泥 ±2%; 粗、细骨料 ±3%; 水、外加剂 ±2%。

注:骨料含水率应经常测定,根据含水率的变化增减用水量。

5.4.11 混凝土搅拌的最短时间,即从全部原材料装入搅拌机起到开始卸料止,按表 3 采用。拌制高强混凝土时不得使用自落式搅拌机。

表 3 混凝土搅拌的最短时间

单位为秒

混凝土坍落度 mm	搅拌机机型	搅拌机容积, L	
		<400	400~1000
≤30	自落式	90	120
	强制式	60	90
>30	自落式	90	90
	强制式	60	60

注:掺有外加剂时,搅拌时间应当适当延长。

## 5.5 井壁制作工艺要求

5.5.1 预制井壁的基础面,水平允许偏差 6mm。基础强度应满足井壁制作的要求。

5.5.2 上、下法兰盘找平:盘面水平允许偏差 ±3mm,上下法兰盘边缘相对应的十字线标记点垂直允许偏差 2mm。

- 5.5.3 内模板安装：模板贴紧下法兰盘内缘，模板工作面的垂直偏斜率不得超过 1%。
- 5.5.4 钢筋绑扎应符合表 1 及 GB50204 的有关规定。并应做好隐蔽工程验收记录。
- 5.5.5 外模板安装：模板两端应贴紧法兰盘外缘。木制模板外侧应用有足够强度的环形钢筋箍紧，内外模板之间用与井壁厚度相同长度的钢筋支撑。
- 5.5.6 井壁混凝土的浇灌、养护、拆模和表面缺陷的修整，应按 GB50204 执行。
- 5.5.7 井壁吊运和存放要求：
- 井壁吊运时的混凝土强度不应低于设计强度的 70%；
  - 井壁吊运时，吊索的水平夹角不宜小于 45°；
  - 存放井壁的场地应坚硬平整、能承受井壁自重。

## 5.6 井壁成品外形质量

### 5.6.1 井壁几何尺寸应符合下列要求：

- 单节井壁高允许偏差  $\pm 8\text{mm}$ ；
- 井壁内直径允许偏差  $0\sim 20\text{mm}$ ；
- 井壁厚度允许偏差  $0\sim 20\text{mm}$ ；
- 单节井壁节垂直偏斜率不得超过 1%；
- 单节井壁上下端面水平允许偏差均为  $\pm 5\text{mm}$ 。

上述质量检查应拆模后，在预制井壁基础上进行。

### 5.6.2 井壁混凝土强度等级评定应符合 GBJ107 的规定。

5.6.3 每一类型井壁的混凝土，应同时预留至少能满足 GBJ107 规定的混凝土强度评定和能检验施工阶段井壁混凝土强度所必需的试块组数。每节井壁应制作 1~2 组试块，采用相同环境条件养护。

5.6.4 井壁混凝土强度检验以试块为依据，按 GBJ107 标准进行评定，当不符合要求时，可以采取非破损检验方法进行检查。若仍不符合要求，应按实际条件验算结构的安全度，根据情况调位使用或采取其他措施。

## 6 井壁悬浮下沉安装

### 6.1 井壁下沉安装前的准备

- 6.1.1 对钻井实际深度和井壁实际长度进行核算。
- 6.1.2 测量钻井井孔直径和偏斜，绘制钻井井孔有效断面图，应满足井壁下沉和壁后充填的要求。
- 6.1.3 泥浆处理：

泥浆参数应符合下列要求：

- 含砂量  $\leq 2\%$ ；
- 泥皮厚度  $\leq 1.5\text{mm}$ ；
- 粘度  $18\sim 25\text{S}$ ；
- 30min 失水量  $\leq 16\text{ml}$ （油压试验）；或  $\leq 25\text{ml}$ （气压试验）；
- 泥浆相对密度  $1.15\sim 1.23$ ；
- 稳定性  $\leq 0.003$ 。

### 6.2 井壁悬浮下沉工艺

- 6.2.1 井壁逐节安装，依其自重及配重水悬浮下沉到设计深度。
- 6.2.2 井壁悬浮下沉工艺流程见图 5。

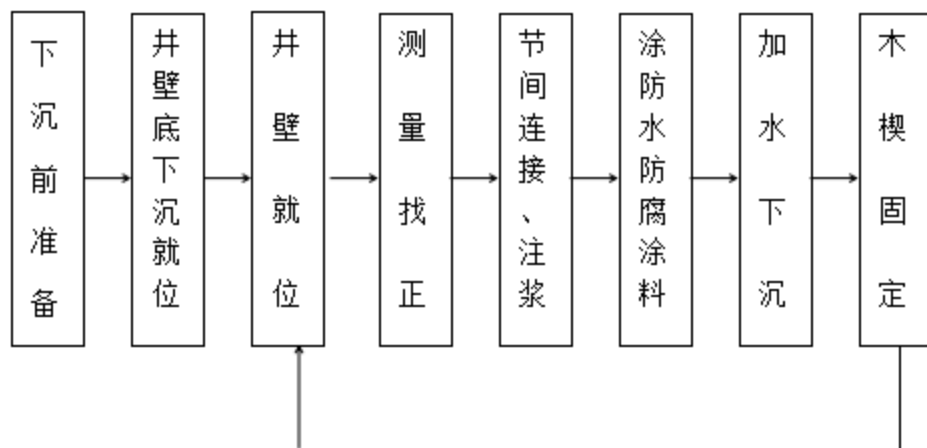


图5 井壁悬浮下沉工艺流程示意图

### 6.3 井壁悬浮下沉安装

6.3.1 井壁下沉时应严格控制泥浆面高度，不宜低于锁口面 500mm。

6.3.2 井壁下沉安装时，组装中的两节井壁中心及井壁底中心，三点应在一直线上，中间一点与该直线允许偏差 2mm。

6.3.3 井壁节间连接要求：

- a) 两节井壁之间的间隙应用铁楔垫实，铁楔净间距不应大于 200mm；井壁厚度大于 600mm 时，沿厚度宜采用多层（3~4 层）垫铁；节间间隙超过 5mm 时，其周围需用圆钢或扁钢垫焊；
- b) 井壁之间法兰盘的连接螺栓直径宜采用 16~22mm，连接螺栓在井壁找正后必须拧紧；
- c) 采用节间注浆时，浆液必须饱满，浆液凝固后单轴抗压强度应不小于 25MPa，浆液的结石率应大于 95%；
- d) 采用节间注浆时，上下法兰盘内外缘采用连接焊缝连接，焊缝高度不应小于 10mm，焊缝表面焊波应均匀，外观检查不得有裂纹，夹渣和针状气孔等缺陷。

6.3.4 法兰盘外缘焊缝经检查合格并冷却后，应在焊缝上下各方不小于 100mm 的宽度内，均匀涂抹防水防腐涂料。

6.3.5 法兰盘接缝进入泥浆 1m 左右时，应停止下沉，经检查接缝处无漏水现象后，方可继续加水下沉。

6.3.6 每节井壁下沉时的悬浮高度应大于 1.2m。否则应采取技术措施，保证上端面的安全操作高度。

6.3.7 井壁下沉到设计深度后，进行方位和垂直度的找正和固定。

## 7 壁后充填

### 7.1 充填材料及充填段

7.1.1 充填材料一般采用胶结材料水泥浆和非胶结材料碎石或卵石，交替进行充填。

7.1.2 根据井筒深度、地层条件、井壁形式和充填工艺，沿井筒深度划分成若干充填段，进行注浆充填、抛石充填和混凝土封顶。

7.1.3 井筒底部第一段高应采用胶结性材料进行充填，充填高度应超过井壁底或马头门顶 40m，基岩与表土交界面上下各 15m 应采用胶结性材料一次充填。

7.1.4 采用有外钢板的复合井壁，该井段应采用胶结性材料进行充填。

7.1.5 井筒表土段可部分采用非胶结性材料充填，每一次充填段高不应超过 100m。

7.1.6 深井筒表土段应分为若干段，用胶结性和非胶结性材料交替进行充填。

7.1.7 井筒顶部充填段应采用胶结性材料，充填高度不得小于 30m。该充填段最上部应采用混凝土充填封顶，一般为（3~5）m。

## 7.2 充填工艺

7.2.1 井筒底部第一段高可采用外管注浆充填或内管注浆充填工艺。超过 300m 的井筒宜采用内管注浆充填。

7.2.2 充填前必须加配重水。应按式 (2)、(3)、(4) 计算加满配重水的临界高度：

$$H_{cr} = \sqrt[3]{\frac{AEI}{q}} \dots\dots\dots (2)$$

$$A = \frac{\pi^2}{4(0.13137 - 0.00766K + 0.00231K^2)} \dots\dots\dots (3)$$

$$K = \frac{F_s \gamma_n}{q} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- $H_{cr}$ ——配重水的临界高度，单位为米 (m)；
- $E$ ——井壁混凝土弹性模量，单位为牛每平方米 (N/m<sup>2</sup>)；
- $I$ ——井壁横截面的加权平均惯性矩，单位为四次方米 (m<sup>4</sup>)；
- $q$ ——每米井壁及配重水重力，单位为牛每米 (N/m)；
- $F_s$ ——井壁筒体排浆面积，单位为平方米 (m<sup>2</sup>)；
- $\gamma_n$ ——泥浆重度，单位为牛每立方米 (N/m<sup>3</sup>)。

计算结果，井壁长度大于该井筒加满配重水的临界高度  $H_{cr}$  时，应采用分段充填的施工工艺。

7.2.3 分段充填第一充填段高宜为 (60~80) m，按式 (5) 计算第一段高充填前须增加的配重水高度。当计算结果大于采用力矩平衡法计算安装状态井壁产生倾斜的配重水高度时，应修改充填段高或施工工艺以防止井筒倾斜、滑移和结构失稳。

$$\Delta H \geq 1.2hD^2(\gamma_s - \gamma_n) / (d^2 \gamma_w) \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- $\Delta H$ ——必须增加的配重水高度，即井壁下沉到底时的配重水面到充填时的配重水面的高度差，单位为米 (m)；
- $h$ ——第一段高充填高度，单位为米 (m)；
- $D$ ——井壁外径，单位为米 (m)；
- $\gamma_s$ ——充填物重度，单位为牛每立方米 (N/m<sup>3</sup>)；
- $\gamma_n$ ——泥浆重度，单位为牛每立方米 (N/m<sup>3</sup>)；
- $d$ ——井壁内径，单位为米 (m)；
- $\gamma_w$ ——配重水重度，单位为牛每立方米 (N/m<sup>3</sup>)。

## 7.3 井筒失稳验算

对于深井为防止第一段高充填增加防浮配重水过程发生井筒失稳，应采用公式 (6) 进行防失稳验算：

$$\sum_{i=1}^n q_{zi} \times a_{zi} \times \sin \alpha + \sum_{i=1}^n q_{wi} \times a_{wi} \times \sin \alpha \leq 0.5 \times P_n \times H^2 \dots\dots\dots (6)$$

$$P_n = \gamma_n \times F \times \sin \alpha \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- $q_{zi}$ ——各类型井壁的重力，单位为牛 (N)；
- $a_{zi}$ ——各类型井壁的重力中心到井壁底支点的长度，单位为米 (m)；
- $q_{wi}$ ——各类型井壁内配重水的重力，单位为牛 (N)；

- $\alpha_{wi}$ ——各类型井壁内配重水的重力中心到井壁底支点的长度，单位为米（m）；  
 $P_n$ ——单位长度井壁的泥浆浮力在垂直于井壁轴线的分力，单位为牛每米（N/m）；  
 $\alpha$ ——井壁的微小倾角，单位为度（°）；  
 $H$ ——井壁总长度，单位为米（m）；  
 $F$ ——井壁浮力截面，单位为平方米（m<sup>2</sup>）。

#### 7.4 极限配重水加量的安全系数

式(6)验算所增加的配重水量应根据配重水增加量的控制水平，考虑 1.2~1.4 的安全系数。

#### 7.5 充填一般要求

7.5.1 井筒第一段高充填，宜在井壁悬浮下沉安装到底后 10 天内进行。

7.5.2 充填用水泥浆，其相对密度不得小于 1.6。

7.5.3 应采用一泵一管注浆充填，并宜采用同型号注浆泵。

7.5.4 第一段高注浆充填后，养护时间不应少于 48h；中间注浆段养护时间不应小于 36h。

7.5.5 在下一段高充填前，应在对称的四个方位探测实际充填深度。

7.5.6 抛石充填应均匀对称进行，石料粒径宜采用（40~60）mm。

7.5.7 抛石充填时，应在相互垂直的方向用两台经纬仪监测井壁形位，随时调整各方位的充填速度，使整个充填顶面大致保持水平。

#### 7.6 外注浆管设置

7.6.1 注浆管道数量不应少于 4 路，均匀布置。

7.6.2 注浆管内径宜采用（50~80）mm，壁厚（4~6）mm。

7.6.3 深度大于 200m 的井筒，下放注浆管宜采取适当措施导向。

7.6.4 注浆管底端下部应焊有 1m 长的 U 形钢筋撑。

7.6.5 第一段高的注浆管下放深度应比末级钻井深度小（1~2）m；其他段高的注浆管下放深度应高出前一充填段实测表面（0.5~1.0）m。

7.6.6 为防止断管，下放注浆管可采用测力计监视。

7.6.7 应随水泥浆充填高度的增加提升充填管，管下口仍应埋入水泥浆内。

#### 7.7 内注浆管设置

7.7.1 内注浆管单根长度应与井壁的节高相匹配，随井壁悬浮下沉同时安装，每隔（12~18）m 应固定在井壁法兰盘内缘上。

7.7.2 井筒净直径大于 5m 的井筒，注浆管道不得少于 4 路，均匀分布。

7.7.3 注浆管内径宜采用（50~80）mm，壁厚（4~6）mm。

7.7.4 井壁底外侧周围预设弧形分流管，分流管入口的间距不应大于 6.0m，分流管入口与各路注浆管相连接。弧形分流管外侧应比直线段井壁外侧小 50mm。

7.7.5 分流管周围向外均匀设置排浆孔，孔径不应小于 20mm，排浆孔总面积应为注浆管净截面积的 1.3~1.5 倍，排浆孔须均布且不少于 6 个。

7.7.6 井壁底内侧注浆弯管上部应设置高压逆止阀，其反向耐压强度不得小于井深的 1.6 倍静水压强。

7.7.7 注浆管的井口部位，应设置关闭阀。

#### 7.8 壁后充填质量

##### 7.8.1 充填量检验

为了保证壁后充填质量，全井实际充填材料用量应不少于测井资料计算值的 70%。

第一段高实际充填量：井筒深度小于 300m，应不少于测井资料计算值的 80%；井筒深度等于或大于 300m，应不少于测井资料计算值的 75%。

##### 7.8.2 钻孔检查

在壁后充填结束，井筒内排完水后，需对井筒相关部位进行钻孔检查充填质量：

- 检查孔位置：开拓马头门的井筒，在马头门上方不少于 15m 范围内；继续掘进的井筒，在井壁底底部及其上方不少于 25m 范围内应设检查孔。检查孔应在制作井壁时预留；
- 检查孔数量：在马头门上方和井壁底底部上方分 3~4 个水平设孔，每个水平应不少于 4 孔，均匀分布，并保证马头门正上方有检查孔，井壁底底部设孔不应少于 3 个；

- c) 检查孔深度和孔径：检查钻孔应进入充填厚度 1/3，孔径不小于 25mm；
- d) 壁后充填经钻孔检查，当单孔出浆总量超过  $0.1\text{m}^3$ ，出水量超过  $0.5\text{m}^3/\text{h}$ ，必须进行井下二次注浆充填，注浆压力不应大于注浆点 1.6 倍静水压强。

## 8 成井质量

8.1 井筒垂直度：主、副井成井偏斜率不应大于 0.4%；无特殊要求的风井偏斜率不应大于 0.8%。安装提升设备的井筒，其有效断面必须符合设计要求。

8.2 成井井筒不得有喷水带砂现象，井筒淋水量不得超过  $0.5\text{m}^3/\text{h}$ 。

---