

第二十篇

帷 幕 法 施 工

第二十篇 帷幕法施工

第一章 概述

第一节 混凝土帷幕凿井法实质及工艺过程

混凝土帷幕凿井法，就是在设计井筒位置的地面上，沿井筒圆周划分为数段圆弧形槽孔；在泥浆维护孔壁的条件下，使用造孔机械钻挖槽孔，待槽孔达到设计深度后，在槽孔两端放入接头管（一般为圆形钢管），采用直升导管法进行泥浆下灌注混凝土，置换槽孔内的泥浆，最后拔出接头管。这样，逐次完成各段槽孔的钻挖和灌注混凝土工作，并使各槽孔灌注的混凝土紧密衔接起来，最终形成一个封闭的圆筒状混凝土帷幕。在封闭的混凝土帷幕保护下开挖井筒，可以安全、顺利地通过含水土冲积层。

混凝土帷幕凿井法施工工艺流程如图20-1-1。

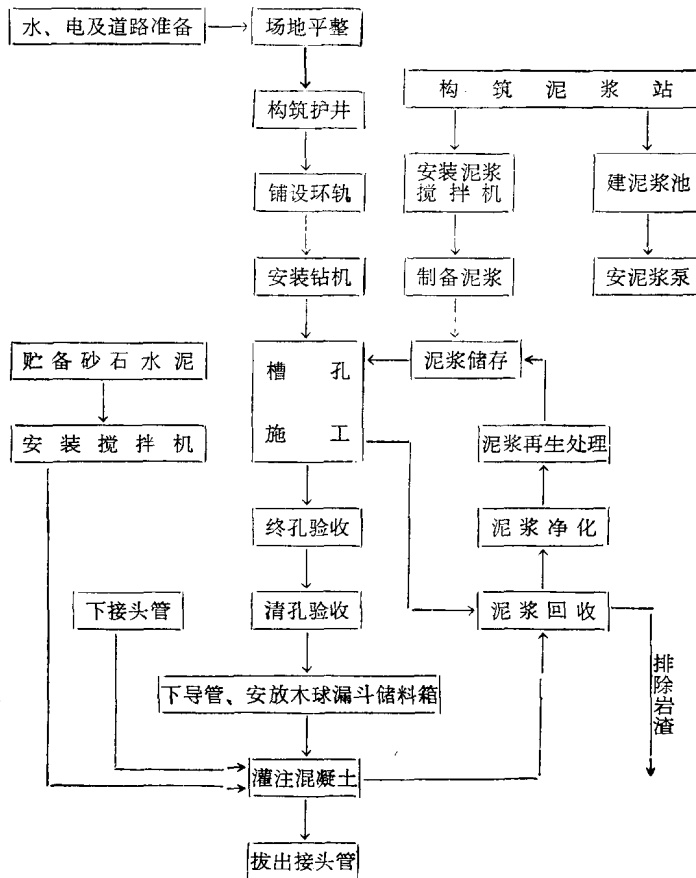


图 20-1-1 混凝土帷幕凿井法施工工艺流程

第二节 混凝土帷幕凿井法特点及适用条件

混凝土帷幕凿井法是一项新的特殊凿井技术。自1974年引入煤矿建井以来，四年多时间，已有二十余个立井井筒应用混凝土帷幕凿井法通过了含水不稳定冲积地层。另有一斜井(辽源矿务局梅河五井)应用混凝土帷幕凿井法通过含水不稳定冲积地层，也取得成功。

国内水电部门应用这项施工技术(称为防渗墙)，解决水库大坝基础的渗漏问题，已有二十年的历史，积累了丰富的技术经验。目前已有五十余座大坝修建起防渗墙。

由于这项新技术比其他施工方法节省土方工程量、降低造价、施工速度快等，因此，国内基础工程和地下工程部门已在船坞码头工程和地下铁道工程上推广应用这项施工技术，并把混凝土帷幕称为地下连续墙。

施工实践表明，混凝土帷幕凿井法具有下列特点。

1. 施工较简单。施工准备工作、施工工艺和技术均较简单，且所需施工机具、设备数量较少。因此，井筒工程上马快，施工速度快，工期较短；
2. 质量较可靠。混凝土帷幕法施工中几个主要工序，如钻挖槽孔、泥浆护壁、泥浆下灌注混凝土等工作，均有较成熟的技术经验。通过加强施工管理、严格执行操作技术规程，钻挖槽孔的垂直度是可以得到控制的。随着更完善的新型造孔机械的研制成功，混凝土帷幕凿井法的施工速度和质量，将会进一步提高；
3. 钢材、木材耗用量小，需要电力较少，所需要的大宗材料——水泥、砂子、石子易就地解决；
4. 可以改善开挖井筒的作业环境；
5. 可以有效的通过含有卵石、砾石复杂地层；
6. 混凝土帷幕能够嵌入稳定基岩内一定深度，开挖时不需要另做封底工作。

混凝土帷幕凿井法适用于任何复杂的含水不稳定表土层。目前混凝土帷幕凿井法的凿井深度已达到60米左右。

混凝土帷幕凿井法在煤矿建井中的应用情况见表20-1-1。

表 20-1-1 混凝土帷幕凿井法在煤矿应用情况

井筒名称	项目	井筒净直径(米)	帷幕中心线直径(米)	套壁厚度(毫米)	帷幕厚度(毫米)	冲积层厚度(米)	帷幕深度(米)	深入不透水深度(米)	帷幕中心线周长(米)	槽孔段数	钻机类型	钻机台数(台)	开工日期(年、月、日)	接头型式
兴安矿南风井		5.5	6.9	200	950	24	29	5	21.67	4	冲击式	2	74.7.20	钻凿圆弧直接
竣德矿北风井		4.5	6.1	300	950	27	27.8	0.8	19.16	2	冲击式	3	74.9.16	钻凿圆弧直接
竣德矿主井		5.5	8.5	750	950	43.6	49.7	6.1	26.69	3	冲击式	4	75.4.20	钻凿圆弧直接
大明二矿主井		5.0	8.0	240	850	19.8	23.6	3.8	25.13	3	冲击式	2	75.7.11	钻凿圆弧直接
小青矿南风井		5.0	7.6	700	770	33.8	41.3	7.5	23.86	3	冲击式	2	75.10.6	钻凿圆弧直接
北皂矿主井		4.5	6.35	400	850	48.3	53.3	5	19.95	2	冲击式	3	76.1.6	钻凿圆弧直接
桑园矿主井		5.0	6.5	275	700	30	36	6	20.42	2	冲击式	2	76.2.25	钻凿圆弧直接
桑园矿风井		3.0	4.2	80	700		29		13.19	1	冲击式	2		无接头
小青矿东风井		5.0	7.0	400	770	27.03	33.5	6.47	21.98	3	冲击式	3	76.5.11	
竣德矿副井		7.0	9.85	1000	950	43.6	50	6.4	31	3	冲击式	4	76.6	预留圆弧直接
隆尧二矿副井		2.5	3.65	250	650	14	24	10	11.5	2	冲击式	2	76.7.1	钻凿圆弧直接
北皂矿副井		6.0	8.25	250	600	48.3	55	6.7	26.0	3	冲击式 回转式	3 1	76.8.15	预留圆弧直接

续表

井筒名称	井筒净直径 (米)	帷幕中心线直径 (米)	套壁厚度 (毫米)	帷幕厚度 (毫米)	冲积层厚度 (米)	帷幕深度 (米)	深入稳定不透水深度 (米)	帷幕中心线周长 (米)	槽孔段数	钻机类型	钻机台数 (台)	开工日期 (年、月、日)	接头型式
北皂矿风井	4.5	6.15	250	550	51	56	5	19.4	2	冲击式 回转式	3	77.7.30	预留圆弧直接
隆尧二矿主井	4.0	5.4	250	700	11	20	9	17.0	3	冲击式	2	77	钻凿圆弧直接
竣德矿南风井	4.5	8.1	500~ 800	950	50	57	7	25.5	2	冲击式	4	77.6.22	预留圆弧直接
梅河矿一井东翼充填井	4.0	5.4	250	600	33.3	34	0.7	17	6	冲击式	1	74.4.8	钻凿圆弧直接
梅河矿二井东翼充填井	4.0	5.4	250	600	33.3	34	0.7	17	5	冲击式	1	76.5.20	钻凿圆弧直接
邢台市煤矿主井	4.5	5.9	250	600	14	20	6	18.6	2	冲击式	2	78.5.9	预制混凝土管
邢台市煤矿副井	3.0	4.4	250	600	14	26	12	13.8	2	冲击式	2	77.10.25	预制混凝土管
梅河五井主斜井	2.8		300	700	20.2	23	2.5	88	6	冲击式 回转式	9	78.9.12	预埋钢管

第二章 混凝土帷幕设计

第一节 设计基本依据

1. 矿井设计提供的井筒横断面图；
2. 准确的井筒地质柱状图。并应有下述地质与水文地质情况的详细描述：
 - 1) 表土冲积层的物理力学性质、埋藏条件；
 - 2) 基岩风化带的风化程度、厚度及透水性；
 - 3) 基岩的物理力学性质、透水性、裂隙情况；
 - 4) 含水层的数量、涌水量、埋藏条件、静水位标高、水压、水质、冲积层与基岩风化带、基岩之间有无水力联系等；
3. 基岩层的施工方法、支护结构与壁座的位置和尺寸；
4. 矿井地面永久、临时建筑物和结构物布置图。

第二节 混凝土帷幕深度的确定

混凝土帷幕的深度须依据井筒地质柱状图来确定。

混凝土帷幕底部必须嵌入稳定的不透水的岩层内。在保证开挖工作安全条件下，应尽量减小嵌入岩层内的深度，以免造孔困难，影响工期。

计算公式：

$$H = h_1 + h_2 \text{ 米} \quad (20-2-1)$$

式中 h_1 —— 含水不稳定的冲积地层（即地表至表土冲积层底板）的厚度，米；

h_2 —— 帷幕嵌入基岩层内的深度，米，此值可参照表20-2-1确定。

表 20-2-1 混凝土帷幕嵌入岩层内深度参考值

地 层 条 件	h_2 值 (米)
基岩层比较稳定	深入基岩层内 ≥ 3
基岩风化带风化程度及透水性较弱	深入弱风化岩层内 ≥ 5
基岩风化带风化程度较强,透水性强,上部又无可靠的隔水层	穿过较强风化带,进入稳定基岩层内 ≥ 3
基岩风化带上部直接覆盖有厚度大于5米的粘土隔水层	可只深入粘土层内 ≥ 3
条件同上。但该粘土层的承载力及其与帷幕侧壁摩阻力之和小于帷幕的自重时	穿过粘土层,进入基岩风化带内 ≥ 2

第三节 混凝土帷幕厚度的确定

一、表土压力计算 (参看第十六篇《冻结法施工》)

二、混凝土帷幕内半径的确定 (只供混凝土帷幕厚度计算用)

$$R = R_0 + E_0 + 2 \cdot i \cdot H \text{ 米} \quad (20-2-2)$$

式中 R —— 混凝土帷幕内半径, 米, (如图20-2-4);

R_0 —— 设计井筒净半径, 米;

E_0 —— 套砌井壁厚度, 米, (参看本章第七节);

i —— 造孔允许最大偏斜率, %, (参看本章第三节);

H —— 混凝土帷幕深度, 米。

三、混凝土标号及其计算强度的确定

泥浆下灌注混凝土的标号及其计算强度, 可参照表20-2-2选取。

表 20-2-2 混凝土标号及其计算强度 (经验数据)

混凝土帷幕作用	帷幕深度 (米)	混凝土标号 (公斤/厘米 ²)	安全系数	计算强度 (公斤/厘米 ²)
作为临时支护	≤50	200	2	100
	>50	300	2	150
作为永久支护	≤50	200	2.5~3.0	67~80
	>50	300	2.5~3.0	100~120

四、不同条件下需要的混凝土帷幕厚度计算

在不同条件下需要的混凝土帷幕厚度可按拉麦公式计算。

计算公式:

$$E = R \cdot \left(\sqrt{\frac{[\sigma_y]}{[\sigma_y] - 2 \cdot P} - 1} \right) \quad (20-2-3)$$

式中 E —— 需要的帷幕厚度, 厘米;

R —— 帷幕内半径, 厘米, (可按公式20-2-2近似计算);

$[\sigma_y]$ —— 混凝土轴向抗压计算强度, 公斤/厘米², (可按表20-2-2选取);

P —— 作用在混凝土帷幕上的最大地压值, 公斤/厘米²。

1. 当帷幕作为临时支护, 深度≤50米, 选用200号混凝土 (计算强度为100公斤/厘米²) 时, 需要的混凝土帷幕厚度, 可查阅表20-2-3或图20-2-1。

表 20-2-3 混凝土帷幕厚度 (厘米) 选择

(计算强度为100公斤/厘米²)

地 压 值 P (公斤/厘米 ²)	混凝土帷幕内直径 (厘米)									
	600	630	660	690	720	750	780	810	840	870
3.9	12.4	13.0	13.7	14.3	14.9	15.5	16.2	16.8	17.4	18.0
4.6	14.8	15.6	16.4	17.2	17.8	18.5	19.3	20.0	20.7	21.5
5.2	16.9	17.8	18.7	19.5	20.3	21.2	22.0	22.8	23.7	24.5
5.9	19.4	20.4	21.4	22.4	23.3	24.3	25.3	26.3	27.3	28.3
6.5	21.6	22.7	23.8	24.8	25.9	27.0	28.1	29.2	30.3	31.4

2. 当帷幕作为永久支护, 深度 ≤ 50 米, 选用 200 号混凝土 (计算强度为 80 公斤/厘米²) 时, 需要的混凝土帷幕厚度, 可查阅表20-2-4或图20-2-2。

表 20-2-4 混凝土帷幕厚度(厘米)选择
(计算强度为80公斤/厘米²)

地 压 值 P (公斤/厘米 ²)	混凝土帷幕内直径 (厘米)									
	600	630	660	690	720	750	780	810	840	870
3.9	15.8	16.6	17.4	18.2	18.9	19.7	20.5	21.3	22.1	22.9
4.6	18.9	19.8	20.7	21.7	22.7	23.6	24.6	25.5	26.5	27.4
5.2	21.6	22.7	23.8	24.8	25.9	27.0	28.1	29.2	30.2	31.3
5.9	24.9	26.1	27.4	28.6	29.9	31.1	32.4	33.6	34.9	36.1
6.5	27.8	29.2	30.6	32.0	33.4	34.8	36.2	37.5	38.9	40.3

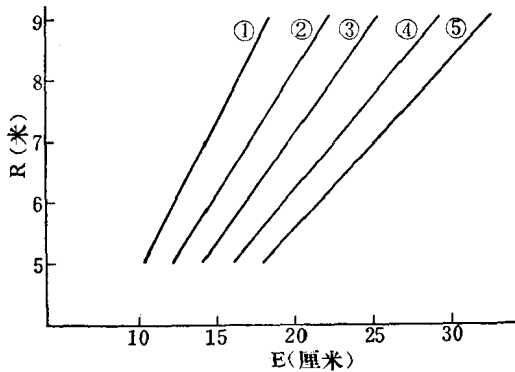


图 20-2-1 混凝土帷幕作为临时支护,
混凝土标号为200号, 深度 ≤ 50 米时,
帷幕计算厚度值

R —帷幕内半径; P —表土地压值; E —帷幕厚度;
①— $P=3.9$ 公斤/厘米²; ②— $P=4.6$ 公斤/厘米²;
③— $P=5.2$ 公斤/厘米²; ④— $P=5.9$ 公斤/厘米²;
⑤— $P=6.5$ 公斤/厘米²

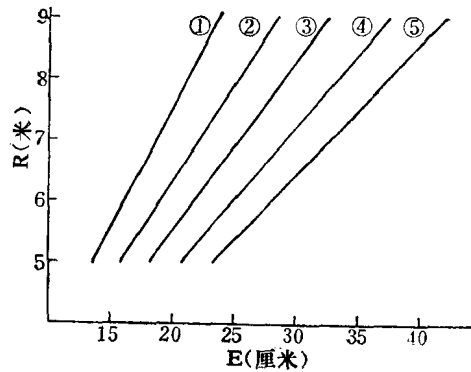


图 20-2-2 混凝土帷幕作为永久支护,
混凝土标号为200号, 深度 ≤ 50 米时,
帷幕厚度计算值

R —帷幕内半径; P —表土地压值; E —帷幕厚度;
①— $P=3.9$ 公斤/厘米²; ②— $P=4.6$ 公斤/厘米²;
③— $P=5.2$ 公斤/厘米²; ④— $P=5.9$ 公斤/厘米²;
⑤— $P=6.5$ 公斤/厘米²

3. 当帷幕作为临时支护, 深度 > 50 米, 选用 300 号混凝土 (计算强度为 150 公斤/厘米²) 时, 需要的混凝土帷幕厚度, 可查阅表20-2-5或图20-2-3。

表 20-2-5 混凝土帷幕厚度(厘米)选择
(计算强度为150公斤/厘米²)

地 压 值 P (公斤/厘米 ²)	混凝土帷幕内直径 (厘米)									
	600	630	660	690	720	750	780	810	840	870
7.2	15.5	16.3	17.1	17.9	18.6	19.4	20.2	21.0	21.7	22.5
7.8	16.9	17.8	18.6	19.5	20.3	21.2	22.0	22.9	23.7	24.6
8.5	18.6	19.5	20.5	21.4	22.3	23.2	24.2	25.1	26.0	26.9
9.1	20.0	21.0	22.1	23.1	24.1	25.1	26.1	27.1	28.1	29.1
9.8	21.8	22.8	23.9	25.0	26.1	27.2	28.3	29.4	30.5	31.6
10.4	23.2	24.4	25.6	26.7	27.9	29.1	30.2	31.4	32.5	33.7

4. 当帷幕深度 >50 米时, 若采用素混凝土, 则需要的混凝土帷幕厚度将较大, 故不宜用作井筒的永久支护。

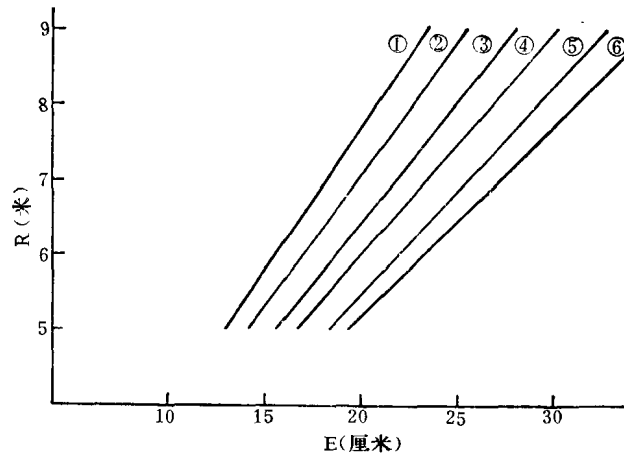


图 20-2-3 混凝土帷幕作为临时支护, 混凝土标号为300号, 深度 >50 米时, 帷幕厚度计算值

R —帷幕内半径; P —表土压力值; E —帷幕厚度; ①— $P=7.2$ 公斤/厘米²; ②— $P=7.8$ 公斤/厘米²;
③— $P=8.5$ 公斤/厘米²; ④— $P=9.1$ 公斤/厘米²; ⑤— $P=9.8$ 公斤/厘米²; ⑥— $P=10.4$ 公斤/厘米²

第四节 造孔时容许的最大偏斜率

为了获得需要的混凝土帷幕厚度, 确保开挖工作的安全; 为了保证井筒需要的内直径, 造孔时每个钻孔的偏斜率须符合表20-2-6规定:

表 20-2-6 钻孔最大偏斜率

混凝土帷幕深度(米)	小于 30	大于 50	大于 80
最大偏斜率(%)	5	3	2

第五节 混凝土帷幕中心线半径的确定

混凝土帷幕中心线的半径, 是确定地面钻场设施(如护井、环形轨道等)布置的依据。它决定于井筒设计内半径、套砌井壁的厚度和钻孔允许最大偏斜率, 以及所选用钻头直径的大小。可按下列公式计算:

$$R_1 = R_0 + E_0 + \frac{1}{2}(\phi + 0.1) + i \cdot H \quad (20-2-4)$$

式中 R_1 ——混凝土帷幕中心线半径, 米, 如图20-2-4;

R_0 ——井筒净半径, 米;

E_0 ——井筒套砌井壁厚度, 米;

ϕ ——钻头直径, 米;

0.1——钻孔扩孔量, 米;

i —— 造孔允许最大偏斜率, ‰;
 H —— 混凝土帷幕深度, 米。

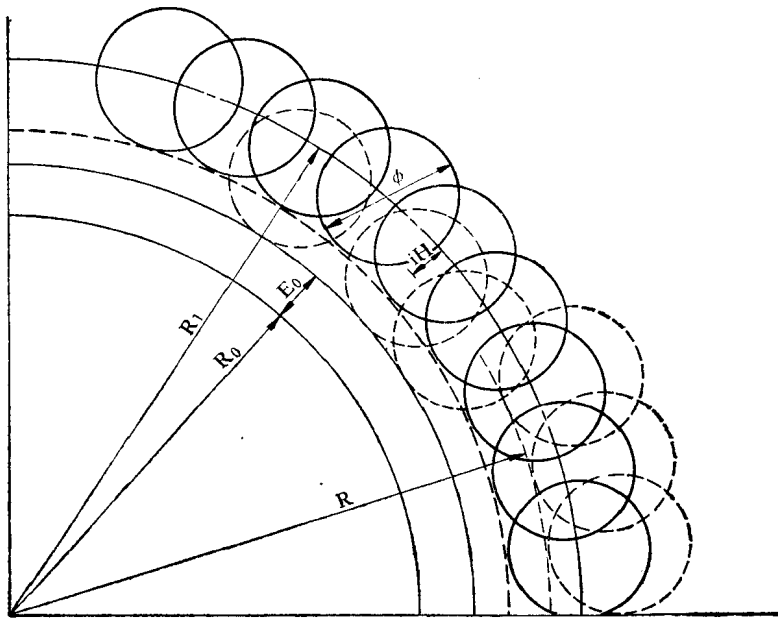


图 20-2-4 混凝土帷幕中心线半径和内半径计算示意
 (虚线为钻孔发生偏斜后在孔底平面上的实际位置)

第六节 钻头直径与帷幕有效厚度之间的关系

对于圆形断面立井井筒, 当相邻两对钻孔向相反方向偏斜, 并达到规定的最大偏斜值时, 则混凝土帷幕的有效厚度最小(如图20-2-5所示)。当钻孔深度、钻孔间距及最大偏斜值均为一定值时, 则帷幕有效厚度决定于钻头直径。所以, 按第三节计算出需要的帷幕厚度后, 即可据以选择需要的钻头直径(周向偏斜可不计算, 因为槽孔完成后, 必须使钻头在槽孔内沿周向运动无阻)。

由图20-2-5可知, 向井内偏斜的 A 、 B 二钻孔的交点 m , 与向井外偏斜的 C 、 D 二钻孔的交点 n 之间所构成的帷幕厚度 d , 就是混凝土帷幕的最小厚度, 即有效厚度。

$$\text{即} \quad d = d_1 + d_2 \text{ 米} \quad (20-2-5)$$

式中 d_1 —— 交点 m 到帷幕中心线的距离;

d_2 —— 交点 n 到帷幕中心线的距离。

为了方便运算, 建议采用下列近似计算方法:

$$d_1 = \sqrt{\left(\frac{\phi}{2}\right)^2 - \left(\frac{L - 0.02}{2}\right)^2} - (i \cdot H + 0.02) \text{ 米} \quad (20-2-6)$$

$$d_2 = \sqrt{\left(\frac{\phi}{2}\right)^2 - \left(\frac{L + 0.02}{2}\right)^2} - (i \cdot H - 0.02) \text{ 米} \quad (20-2-7)$$

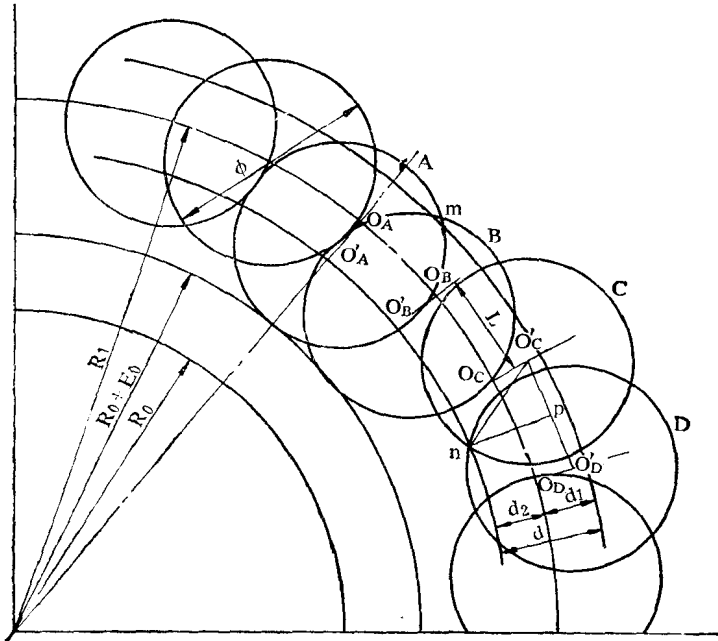


图 20-2-5 混凝土帷幕有效厚度与钻头直径之间关系计算示意

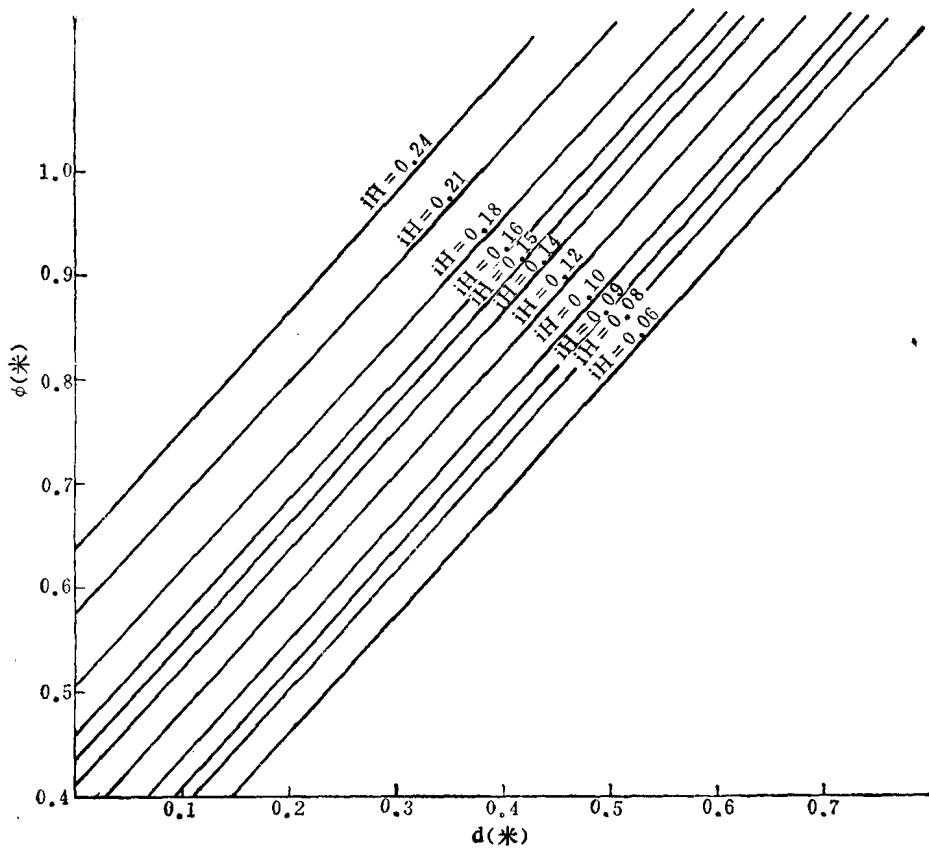


图 20-2-6 钻头直径与帷幕有效厚度之间的关系

以(20-2-6)和(20-2-7)二式代入(20-2-5)式,可得

$$d = \sqrt{\left(\frac{\phi}{2}\right)^2 - \left(\frac{L-0.02}{2}\right)^2} + \sqrt{\left(\frac{\phi}{2}\right)^2 - \left(\frac{L+0.02}{2}\right)^2} - 2 \cdot i \cdot H \text{ 米} \quad (20-2-8)$$

式中 ϕ ——钻头直径,米;

L ——设计的钻孔间距,米;

i ——钻孔最大偏斜率,‰;

H ——钻孔深度,米;

0.02——由于钻孔偏斜造成的钻孔间距差值,以及两钻孔中心连线的弓形高,均近似取为0.02米。

图20-2-6表示钻头直径与帷幕有效厚度之间的关系。计算时取钻孔间距近似等于钻头直径的三分之二。该图可用于根据需要的帷幕厚度选择适宜的钻头直径,或根据钻头直径及钻孔实际偏斜值检验帷幕的有效厚度。

第七节 混凝土帷幕槽孔段数的划分

混凝土帷幕一般是分段进行施工的。在每段长度范围内先钻凿单孔,把所有单孔钻凿贯通而形成的地槽,叫做槽孔。混凝土帷幕划分的槽孔段数越多,接头越多,帷幕的整体性便较差,不利于承受地压。另外,接头多,增加施工困难;若接头施工质量不好时,接头缝处渗漏的可能性增加。

槽孔段数的划分应根据帷幕直径、深度、地质和水文条件以及施工条件来确定。可参考表20-2-7。

表 20-2-7 槽孔段数的划分

帷幕深度(米)	<30				30~50				>50	
地质及水文条件	地层较稳定 地下水位低于地表>5米		地层不稳定 地下水位较高, 距地表<5米		地层较稳定 地下水位低于地表>5米		地层不稳定 地下水位较高, 距地表<5米		不论何种情况	
帷幕中心线直径(米)	5~7	7~10	5~7	7~10	5~7	7~10	5~7	7~10	5~7	7~10
槽孔段数(段)	1	2	2	3	1~2	3	2~3	3	3	3

注:我国已有一深29米、直径6.5米的井筒,成功地采用了全圆环一次造孔,一次灌注混凝土的帷幕凿井实例。今后应积极开展试验研究和推广。

第八节 套砌井壁及壁座设置

一、套砌井壁

1. 若混凝土帷幕只作为施工手段,仅起临时支护作用(一般对主、副井筒而言)时,则套砌井壁的厚度即永久支护的设计厚度;

2. 若混凝土帷幕按永久支护设计(对风井和深度较浅的井筒而言),则套砌井壁的厚度一般可确定为150~250毫米。

二、壁座设置

无论混凝土帷幕作为永久支护或临时支护,为了防止混凝土帷幕发生位移,防止表土

含水层与基岩层水路贯通，均应在混凝土帷幕底部或近处的坚硬稳定岩层内构筑壁座。壁座的设计参见立井井筒施工的有关规定。

第九节 斜井井筒混凝土帷幕的设计

混凝土帷幕凿井法应用在流砂层中施工斜井井筒时，混凝土帷幕的平面形状为矩形（如图20-2-7所示）。并可有两种方案：一种是各斜井井筒分别施工混凝土帷幕；另一种是两个或两个以上斜井井筒共用一个平面封闭的矩形混凝土帷幕。设计时应根据斜井井筒中心线间距、混凝土帷幕工程量、施工工期，以及施工队伍技术力量等因素，综合比较后确定之。

混凝土帷幕的几个参数确定如下：

一、帷幕横向宽度 应依据井筒断面尺寸、掘进临时支护尺寸，以及帷幕厚度和偏斜值等因素确定，如图20-2-8所示。

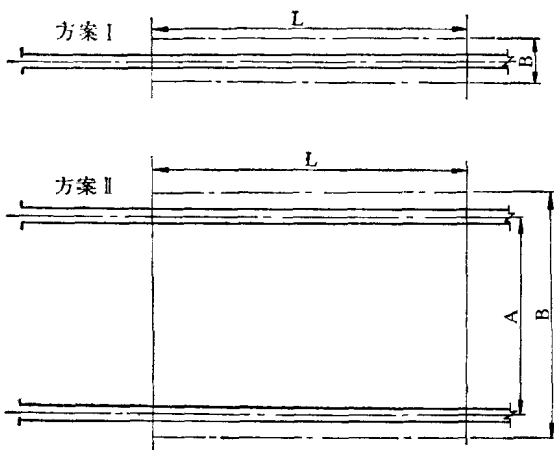


图 20-2-7 斜井混凝土帷幕的两种方案
A—斜井井筒中心线间距；B—帷幕中心线在横向上宽度；L—帷幕纵向长度

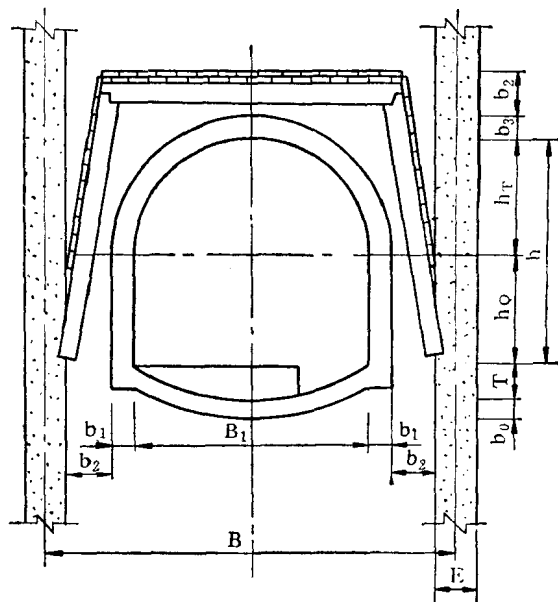


图 20-2-8 斜井混凝土帷幕横剖面图

在各斜井井筒分别施工混凝土帷幕时

$$B = B_1 + 2b_1 + 2b_2 + 2\delta + E$$

在各斜井井筒共用一个混凝土帷幕时

$$B = A + B_1 + 2b_1 + 2b_2 + 2\delta + E$$

式中 B ——混凝土帷幕中心线在横向上宽度，米；
 B_1 ——斜井井筒净宽，米；
 b_1 ——井筒磁墙厚度，米；
 b_2 ——临时支护所需厚度，米；
 δ ——槽孔最大容许偏斜值， $\delta = iH$ ，米；
 i ——槽孔最大容许偏斜率，‰；
 H ——帷幕深度，米；

E ——帷幕厚度，米；

A ——斜井井筒中心线间距，米。

二、帷幕纵向长度 应依据井筒倾斜角、井筒断面高度、地下静水位标高以及帷幕底部下方、井筒碛顶上方之安全岩柱高度等因素确定之，如图20-2-9所示。

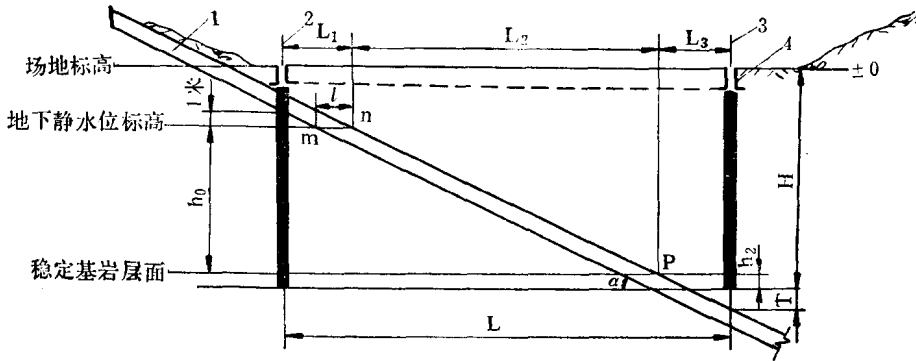


图 20-2-9 斜井混凝土帷幕纵剖面图

1—斜井井筒；2、3—混凝土帷幕上、下端墙中心线；4—导墙

$$L = L_1 + L_2 + L_3$$

式中 L_1 ——按井筒底板高于地下静水位 1 米时，帷幕上端墙中心至井筒顶板与静水位面交点之间的水平距离，米；

$$L_1 = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{l}{\sin \alpha} \text{ 米}$$

α ——斜井井筒倾角，度；

l ——斜井井筒底板和静水位面交点(m)至井筒顶板和静水位面交点(n)之间的水平距离，米；

$$l = h + b_3 + b_2 \text{ 米}$$

h ——井筒道碴面至碛顶之高度，米；

b_3 ——碛顶厚度，米；

b_2 ——临时支护所需厚度，米；

L_2 ——井筒顶板和地下静水位面交点(n)至井筒顶板和稳定基岩面交点(P)之间的水平距离，米；

$$L_2 = \frac{h_0}{\operatorname{tg} \alpha}$$

h_0 ——地下静水位面至稳定基岩面之间高度，米；

L_3 ——井筒顶板和稳定基岩面交点(P)至帷幕底部安全岩柱中心和井筒顶板交点之间的水平距离，米；

$$L_3 = \frac{h_2}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{T}{\operatorname{tg} \alpha}$$

h_2 ——帷幕嵌入基岩内深度，其值参见本章第二节，表20-2-1；

T ——沿帷幕中心线自帷幕底部至井筒顶板之距离，即安全岩柱高度；其值根据岩

石性质确定，一般不得小于2.5米。

三、帷幕厚度 斜井井筒的混凝土帷幕为直墙，其受力条件比立井圆形帷幕差。施工时一般采用短段掘砌，使帷幕仅有部分暴露，且暴露时间缩短，故斜井的混凝土帷幕厚度可以适当减小。根据我国目前技术条件，帷幕厚度宜为0.5~0.6米。在保证灌注混凝土质量情况下，可以适当地降低混凝土标号，采用150号或100号混凝土。

四、帷幕深度 造孔工程量可以按下列公式近似计算。

$$V = 2E(H_1 + b) \cdot (H \cdot \text{ctg} \alpha + B)$$

式中 V —— 造孔工程量，米³；

E —— 帷幕厚度，米；

H_1 —— 地下静水位以下帷幕的深度，米；

b —— 地下静水位以上帷幕的深度，米；

α —— 井筒倾角，度；

B —— 帷幕在横向上宽度，米。

从上式可以看出，帷幕造孔工程量与帷幕深度的平方成正比关系。所以，从总的经济效果来看，在较深厚流砂层中采用混凝土帷幕凿井法施工斜井井筒时，应当进行综合比较，慎重确定。

五、灌注混凝土高程的确定 灌注混凝土的高程，宜超过地下水静水位以上1~2米。但上部剩余槽孔必须回填密实，以防掘进斜井时发生表土下沉和剩余泥浆渗入井筒。

第三章 槽孔的施工

第一节 造孔机械

目前,我国混凝土帷幕施工采用的造孔机械有:1.动力源在地面的冲击式钻机和回转式钻机;2.动力源在地下(泥浆内)的潜水式多钻头回转钻机;3.抓斗机。煤矿建井多采用第一类钻机。各种造孔机械的技术特征分别列于表20-3-1至表20-3-6。各种造孔机械的结构外形或工作原理、适用条件,以及有关情况列于表20-3-7,供选用时参考。

表 20-3-1 国产钢绳冲击式钻机技术特征

指 标	单 位	钻 机 型 号		
		CZ-20型	CZ-22型	CZ-30型
最大钻孔直径	毫米	508 (20英寸)	559 (22英寸)	763 (30英寸)
最大钻孔深度	米	300	300	500
钻具最大重量	公斤	1300	1300	2500
钻具冲程	最大	1000	1000	1000
	最小			
钻具冲击次数	次/分	40、45、50	40、45、50	40、45、50
掏渣筒卷筒起重能力	公斤	2000	2000	3000
滑渣卷筒起重能力	公斤	1300	1500	2000
钻具提升速度	米/秒	0.52 0.58 0.65	1.18 1.32 1.47	1.24 1.47 1.56
掏渣筒提升速度	米/秒	0.06 1.08 1.27	1.26 1.40 1.56	1.38 1.56 1.74
滑车钢绳速度	米/秒		0.81 0.92 1.02	0.88 0.98 1.11
钻具卷筒钢绳直径	毫米	19.5	21.5	26
掏渣筒卷筒钢绳直径	毫米	13	15.5	21.5
滑车卷筒钢绳直径	毫米		15.5	17.5
电 动 机		JO ₂ -72-6 ^{20kW} 220V/380V	JO73-6 ^{22kW} 220V/380V	JO93-8 ^{40kW} 220V/380V
钻 架 高 度	米	12	12.5	16
钻机移动速度	公里/时	20以下	20以下	20以下
重 量	公斤	6180	7400	13000

表 20-3-2 察尔森型回转钻机技术特征

项 目	规 格	单 位	技 术 指 标
钻头直径 钻孔深度		厘米	60
		米	80~120

续表

项 目	规 格	单 位	技 术 指 标
钻杆转速	JO63-4 圆钻杆 主动方钻杆	转/分	32
转盘孔内径		厘米	60
电动机		千瓦	10
钻杆内径		毫米	201
钻杆长度		厘米	400
水接头高		厘米	500
		厘米	100
灌注泵	8B-18型离心水泵		
	流 量	米 ³ /时	285
	扬 程	米	18
功 率	JO27-4	千瓦	22
卷扬机能力	ZWY-550	吨	8
提升速度		米/秒	0.2
功 率	JO26-4	千瓦	13
塔架高度		米	8
砂石泵	流 量	吨/时	360
	扬 程	米	20
	真 空 度	毫米汞柱	720
	转 速	转/分	560
功 率	JO29-4	千瓦	40
钻机重量		吨	8

表 20-3-3 WMZ-100型回转-冲击两用钻机技术特征

项 目	规 格	单 位	技 术 特 征			
钻头直径		毫米	φ800			
钻孔深度		米	100			
转盘最大通孔直径		毫米	φ860			
回 转 钻 进 部 分	钻 杆	方 钻 杆	45号无缝钢管	毫米	220×220×3500 (壁厚10)	
		圆 钻 杆		毫米		φ219×3000 (壁厚8)
		联 接 方 式				
	钻 进 方 式			减压钻进, 自动进给		
	排 碴	方 式			砂石泵反循环 (注水及处理堵管用正循环)	
		砂石泵	吸 程	米	8~8.5	
			流 量	米 ³ /小时	360	
			电 机	千瓦	40	
		清 水 泵		千瓦	20	
	钢 丝 绳		6W(19)+7×7-170右交		φ20毫米 长度150米	
主 电 机		JQO ₂ -91-6	千瓦	55		

续表

项 目	规 格	单 位	技 术 特 征
冲击钻进部分	钻头直径 钻头重量 钢丝绳 6W(19)+7×7-24-170右交	毫米 吨	800 2.5 φ24毫米 长度150米
钻 架	结构型式 高 度	桁架式 米	液压千斤顶起落
液压系统电机		千瓦	5.5
恒钻压系统电机	Z 2-41	千瓦	3
总 重 量		吨	
外 形 尺 寸	长×宽×高	米	工作状态: 8×3×16 运输状态: 8×2.9×4

表 20-3-4 SF₁-60型潜水多钻头回转钻机技术特征

项 目	槽孔宽度	设计挖槽深度	钻头数目	转 速	电 机	反循环泥浆排渣管	输出扭矩	机头重量	外 形 尺 寸 (长×宽×高)
单位	毫米	米	个	转/分	千瓦	毫米	公斤-米	公斤	毫米
数量	600~800	50	5	50	18.5×2	φ150	700	8500	2400×600×4300 (有效挖槽长度: 1992)

表 20-3-5 2-YX型液压抓斗机技术特征(上海隧道建设公司)

项 目	挖槽宽度	抓斗容量	抓斗张开长度	设计挖槽深度	抓斗千斤顶能力	抓斗及提升杆重量	油 泵		油 泵 电 机		设计挖槽垂直度
							压 力	流 量	容 量	转 速	
单位	毫米	米 ³	米	米	吨	吨	公斤/厘米 ²	升/分	千瓦	转/分	%
数量	600	0.3	1.54	20	5	4	65	35	5.5	960	1

表 20-3-6 日本“中央铁工”长导板抓斗技术规格

项 目	最大斗容量	斗齿数目	滑轮数目	钢索直径	抓斗宽度	成槽宽度	抓 斗 高 度		抓 斗 长 度	
							张开时	闭合时	张开时	闭合时
单位	米 ³	个	个	毫米	毫米	毫米	毫米	毫米	毫米	毫米
数量	0.72	3+2	3+2	22	670	700	6270	7000	2500	2240

表 20-3-7 各种造孔机械结构外形及其适用条件

造 孔 机 械	特 点 及 适 用 条 件	备 注
CZ 型钢绳冲击式钻机	适用于各种地层条件, 尤其适应于含卵石地层 按CZ-20型冲击式钻机的能力造孔, 深度不宜超过30米 造孔垂直度高 孔壁质量好 (见图20-3-1)	有定型产品