

赵运兴 李贵财 张家骥 夏国昌编著

怎样打冻结孔

煤炭工业出版社

65.2

怎样打冻结孔

赵运兴 李贵财 张家骥 夏国昌 编著

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书根据我国打冻结孔的现场施工经验，较系统地介绍了打冻结孔的方法，内容包括冻结孔的设计、设备安装、钻进、纠斜、冻结管的降下与起拔以及记录验收等，可供有关部门的工人、技术人员参考。

怎 样 打 冻 结 孔

赵运兴 李贵财 张家骥 夏国昌 编著

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

兰州新华印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092_{1/32}$ 印张 $5_{1/8}$

字数111千字 印数1—4,320

1976年1月第1版 1976年1月第1次印刷

书号15035·2005 定价0.37元

前 言

解放后，特别是无产阶级文化大革命以来，我国煤矿新井建设的发展速度很快，其中，冻结法凿井取得了新的成就，积累了一定的经验。

冻结法凿井的准备工作就是打冻结孔。冻结孔施工质量的好坏直接影响到整个凿井工程的进度。为了总结交流打冻结孔的经验，在原燃化部煤炭开发组的组织下，我们编写了这本小册子。本书内容偏重于现场施工的实际经验，同时也注意收集了一些常用的理论数据。在编写过程中曾得到江苏、辽宁煤田地质勘探公司、河北煤田地质勘探公司第一勘探队的广大工人同志和技术人员的热情帮助。由于我们的政治水平和技术水平不高，书中缺点错误在所难免，我们热诚地期望读者批评指正。

作 者

一九七四年七月

目 录

一、冻结孔的设计	(1)
(一)冻结孔数量的设计依据	(2)
(二)冻结孔数量的设计实例	(8)
(三)冻结孔深度的确定	(11)
(四)检查孔的设计与作用	(13)
二、冻结孔的设备与安装	(18)
(一)冻结孔的场地布局与地面建筑	(18)
(二)冻结孔设备的选择	(19)
(三)冻结孔设备的安装	(24)
(四)冻结孔设备的迁移方法	(44)
三、冻结孔钻进	(48)
(一)冻结孔的施工要求	(49)
(二)冻结孔钻进方法的选择	(49)
(三)冻结孔的钻孔结构	(50)
(四)冻结孔钻具的选择	(52)
(五)冻结孔钻进技术	(61)
(六)冻结孔常见事故的预防及处理	(76)
(七)砂土、岩样的采取方法	(78)
(八)泥浆	(82)
四、冻结孔的测斜、防斜与纠斜	(101)
(一)孔斜的危害	(101)

(二) 产生孔斜的原因	(102)
(三) 预防孔斜的措施	(103)
(四) 测量孔斜的方法	(106)
(五) 常用的纠斜方法	(128)
五、冻结管的降下与起拔	(131)
(一) 对冻结管的技术要求	(131)
(二) 常用的冻结管规格	(133)
(三) 冻结管的连接与降下	(133)
(四) 冻结管的打压试验	(138)
(五) 冻结管堵漏	(142)
(六) 堵漏与打压处理实例	(144)
(七) 冻结管的起拔	(144)
六、冻结孔的劳动组织、钻孔记录与验收	(154)
(一) 冻结孔的劳动组织	(154)
(二) 冻结孔的钻场记录工作	(154)
(三) 冻结孔的验收	(157)

一、冻结孔的设计

开凿竖井或其它地下工程，在施工中如遇有流沙层以及其它松散的冲积层，为防止井壁坍塌，常用“冻结”的方法，使要开凿的井筒周围形成一堵“冻结墙”，以保证竖井开凿中的施工安全。

为了造成冻结墙，在要掘进的井筒周围打若干个钻孔，每个钻孔内并放入直径120~250毫米的冻结管，管的下端是封闭的。再于冻结管内放入直径25~32毫米的供液管，此管的下端是打开的，并且离冻结管底0.5米。这样盐液可由地面上的泵站经供液管下到孔底，再由供液管与冻结管的环状间隙返回地面，进行不断的循环。由于盐液在循环过程中放冷，使冻结管周围的岩石逐渐冷却，并且在每根管的四周生成了冻土圆柱，其直径随着岩石的冷却而逐渐加大，直到各冻土圆柱相互连接造成一堵环状的冻土墙为止，如图1所示。这种供冷冻用的钻孔，称为冻结孔；供冷液循环用的供液管与冻结管称为冻结器。

在井筒掘进中，随着冻结管中冷却盐液的不循环，使井壁冻结，挂上冰霜，开凿井筒的工作就能顺利进行。

“冻结法凿井”是一门新技术，随着我国工业建设突飞猛进的发展，要求煤炭产量一跃再跃，用冻结法开凿竖井，更显得十分重要。

我国的开滦煤田、沈南煤田、北票煤田、平顶山煤田、

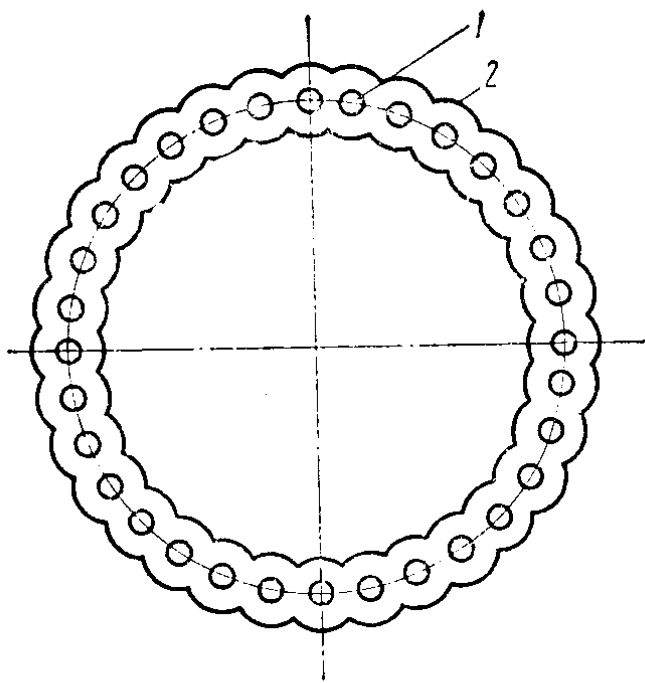


图1 冻土墙示意图

1—冻结钻孔；2—环形冻结圈

苏北、苏南煤田、淮北煤田等，相继用冻结法凿井都取得了突出的成绩。

冻结法凿井的优点是：

1.井筒周围完成冻结后，松散沙和淤泥不流动，既便于凿井又保证井架基础稳定。

2.表土层和基岩层使用统一的凿井设备，能连续施工，中

途不必拆除，可缩短工时。

3. 施工速度快，比旧式的沉箱法提高效率50~70%。

4. 保证施工质量，不致歪斜，同时支护筒简单，节省材料。

（一）冻结孔数量的设计依据

冻结孔一般是按等距离布置在竖井井筒周围的圆周上。冻结孔布置圈的直径，是由冻结深度、井筒直径以及冻土墙的厚度来决定。一般的情况是，冻结孔打的越多，形成的冻土墙越可靠，但相应地成本高，工期长。冻结孔数目的确定，主要是依据井口位置岩层的松散程度，井筒直径的大小，以及冻结孔布置圈直径等条件来决定。

冻结孔布置圈靠近井筒的周边，可减少冻结孔的数目，但相应地减少了冻结墙的厚度，同时要求钻孔离设计方向的偏斜度也愈小。有时偏斜了的钻孔伸向井径内，不仅影响冻结效果，且在掘进中，又得挖出多量因冻结而发硬的岩石，给施工带来不利的条件。因此，根据井筒施工的具体条件，冻结孔布置圈直径和冻结孔的数目必须选择合适。

深度100米以内冻结岩层，冻结孔布置的情况是：

第一，冻结孔布置距井筒周边0.5米，冻结孔间距 $L = 1$ 米，冻结孔所需要的数目为：

$$N_1 = (D + 2 \times 0.5) \pi$$

式中 D ——井筒掘进直径，米。

当钻孔对设计方向的允许偏斜为0.5%时，钻孔在深度100米处将接近井筒的周边（钻孔向井筒中心方向偏斜时），井筒掘进到这一深度时，就会遇到钻孔。如果钻孔向井筒中心方向的偏斜超过0.5%，井筒掘进在深度100米以内的某个地方，就会遇到钻孔。由于钻孔的偏斜，随着冻结孔深度的增加，冻结墙的厚度和强度逐步减少。所以，这就要求钻孔的垂直度与深度比不能超过0.1%，也就是一米深的钻孔在水平方向不能偏出一毫米。

第二，冻结孔布置圈距井筒周边1.5米，冻结孔间距 $L = 1$ 米，冻结孔的数目为：

$$N_2 = (D + 2 \times 1.5) \pi$$

$$\text{两种情况比较} \frac{N_2}{N_1} = \left(\frac{D + 3}{D + 1} \right) \text{倍}$$

如井筒掘进直径 $D = 7$ 米，冻结孔间距 $L = 1$ 米时，冻结孔数目：

$$N_1 = (7 + 2 \times 0.5) \times 3.14 = 25 \text{ 个}$$

$$N_2 = (7 + 2 \times 1.5) \times 3.14 = 31 \text{ 个}$$

也就是，第二种情况比第一种情况多六个钻孔。但它比第一种情况有如下优点：

1. 冻结墙内部的一半也就是冻结孔布置圈半径的内周边将厚1.5米，比第一种情况厚一米，大两倍。

2. 冻结孔按设计方向所允许的偏斜值可增大一些，在孔深100米处只有偏斜的水平距离为1.5米（1.5%）的钻孔才会进到井筒的掘进范围内，其偏斜标准在同一深度的水平位置比第一种情况大两倍。这样，可相应地减少冻结钻孔施工中的技术要求，加快钻进速度。

“矛盾着的双方，依据一定的条件，各向着其相反的方面转化。”第二种情况比第一种情况是有优点，但决不能把冻结孔布置圈的直径取得过大。如取得过大，冻结墙与井壁周边间将留有不冻结的岩石，如果在松软的含水岩层中掘进，会造成井壁坍塌，给工作带来很大的困难。

实践证明，冻结孔布置圈离井筒周边不小于1.5米，也就是冻结孔布置圈直径比井筒掘进直径大3米是比较实用的。

当设计的井筒掘进直径为 D ，计算的冻土墙厚度为 E 时，冻结孔布置圈的直径为：

$$D_1 = D + 2 \frac{E}{2}$$

如，井筒掘进直径 $D = 7$ 米，冻土墙厚度 $E = 3$ 米（应按掘进岩层实际计算），则冻结孔布置圈的直径 D_1 为：

$$D_1 = D + 2 \frac{E}{2} = 7 + 2 \times \frac{3}{2} = 10 \text{ 米}$$

冻土墙厚度E的计算方法是：

$$E = R \left(\sqrt{\frac{K}{K - 2p}} - 1 \right)$$

式中 E——冻土墙所需要的厚度，厘米；
R——井筒的掘进半径，厘米；
K——冻结岩石的允许抗压强度，公斤/厘米²；
P——作用于冻土墙的最大岩石压力，公斤/厘米²。

$$P = r_{1n} \left[\frac{r_1}{r_{1n}} \cdot h_1 + \frac{r_2}{r_{1n}} \cdot h_2 + \dots \right]$$

$$\frac{r_1 (n-1)}{r_{1n}} \cdot h_{n-1} + h_n \right] A_n$$

式中 $r_1 \dots r_{1n}$ ——各层岩层的容重；
 $h_1 \dots h_n$ ——各层岩层的垂直厚度；
 A_n ——侧压系数，流沙层为0.757；砾石、碎石等为0.526；
褐煤、泥页岩、粘土角砾岩为0.164；表土、可塑粘土为0.387。

冻结岩石允许抗压强度的大小，可定为在平均冻结温度下岩石极限抗压强度的1/3~1/5。

所确定的冻土墙厚度E，就是在两个相邻冻结管的周围所形成的两个冻土圆柱联接处的厚度。

冻结井筒周围的岩石时，冻结管冷量一般按如下比例分配：60%向井筒的中心，40%向井筒的外边。由于冷量这样分布，冻土墙便靠近了井筒掘进直径，甚至伸向井筒范围以内，掘进井筒时就要挖掉一部分冻土墙，不但减小了冻土墙的厚度，而且也给施工进度带来了困难。为此，冻结孔的位置要向井筒外移动，适当地加大冻结孔布置圈的直径。冻结孔布置圈至冻土墙内边的距离 $L_1 = 0.6E$ ，而距外边的距离 $L_2 = 0.4E$ （图2）。

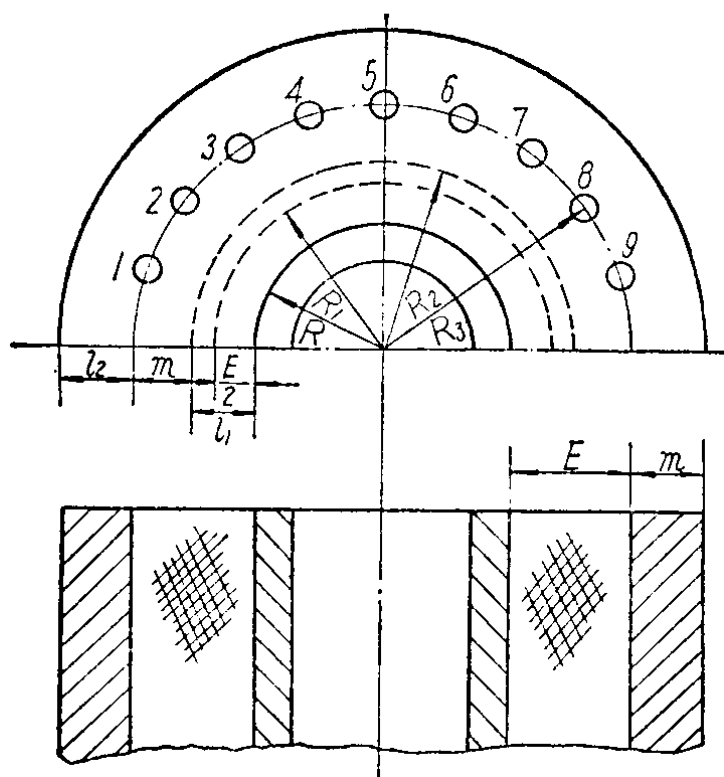


图2 冻结孔布置圈直径位置确定示意图

R —井筒掘进半径； $R_1 = D + \frac{1}{2}E$ ，井筒掘进直径加冻土墙厚度的一半（半径）； R_2 —冻结孔向井筒方向偏斜范围半径； R_3 —冻结孔布置圈半径； E —冻土墙厚度； m —冻结孔允许偏斜水平距离； L_1 —冻结孔布置圈至冻结墙内边的距离； L_2 —冻结孔布置圈至冻土墙外边的距离

这样，则冻结孔布置圈的直径为：

$$D_2 = D + 2L_1$$

如考虑到允许偏斜 m ，则冻结孔布置圈的直径应为：

$$D_3 = D_2 + 2m = D + 2(L_1 + m)$$

式中 m 值只考虑向内边偏斜的水平距离。

冻结孔的布置如图3所示。

在较深的井筒，为增加冻土墙的厚度，有时采用双排冻

结孔。单排冻结孔，只能形成直径 5～6 米的冻结圆柱，也就是冻结壁厚不大于 6 米。所以，为了满足深井筒的施工要求，采用双排冻结孔是合适的。如果地下水位低，岩层松散，为保证掘进施工的安全，有时也布置双排冻结孔。

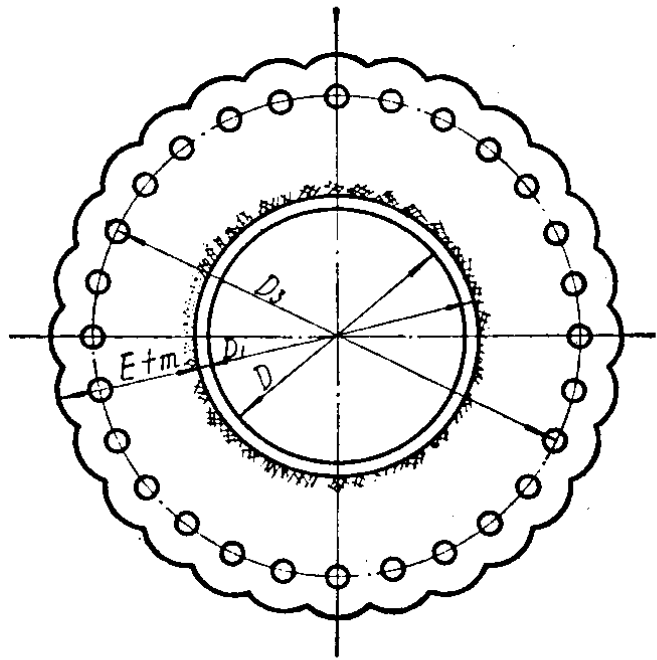


图 3 冻结孔布置示意图

D—井筒直径，D₁—井筒掘进直径，
E—冻土墙厚度，D₃—冻结孔布置圈直径

双排冻结孔两个布置圈是同心的，内圈直径可按上述方法确定，外圈直径比内圈大 3～5 米。

冻结孔的数目还决定于冻结孔的间距。实践证明，冻结孔间距在 $L = 1 \sim 1.1$ 米范围内。在松散的含水岩层中， $L = 0.8 \sim 0.9$ 米。冻结孔的数目也可按下式确定：

$$N = \frac{\pi D_3}{L}$$

大型竖井，根据冻结深度与井筒开凿直径，采用的冻结孔布置圈直径与冻结孔数目，参考表 1。

表 1

井筒深度 (米)	井筒直径(米)		冲积层厚 (米)	冻结深度 (米)	冻结孔布置圈直径 (米)	冻结孔数量 (个)
	净径	掘进径				
500	6.1	7.5	56	59	12.5	28
600	5.1	8.0	149	153	12.5	33
625	5.1	6.7	115	141	11	29
700	6.0	7.8	179	200	11	37
1000	6	9	39.8	42	10	27

(二) 冻结孔数量的设计实例

例 1

某竖井为深井，表土及冲积层均为松散的砂层以及砂质粘土、红土层等，总厚为30~40米。以下为基岩，胶结较好。冻结深度

定为 35~36 米。中心水文观测孔深度为 34 米。测温孔主要观测砂质粘土冻结后硬化程度是否达到破土开工条件，深度定为 15~22 米。钻孔布置如图 4、图 5 所示。钻孔数目及其它

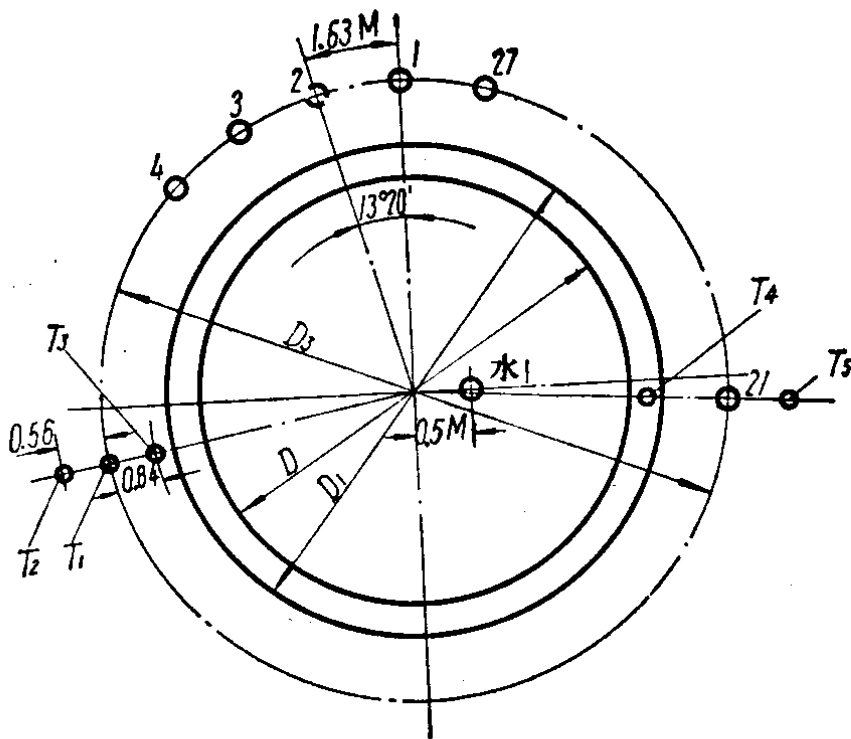


图 4 冻结孔（主井）与其它孔布置平面图
D—井筒净直径 6 米，D₁—掘进直径 7.8 米，D₃—冻结孔布置圈直径 10 米，T₁、T₂、T₃、T₄、T₅—测温孔

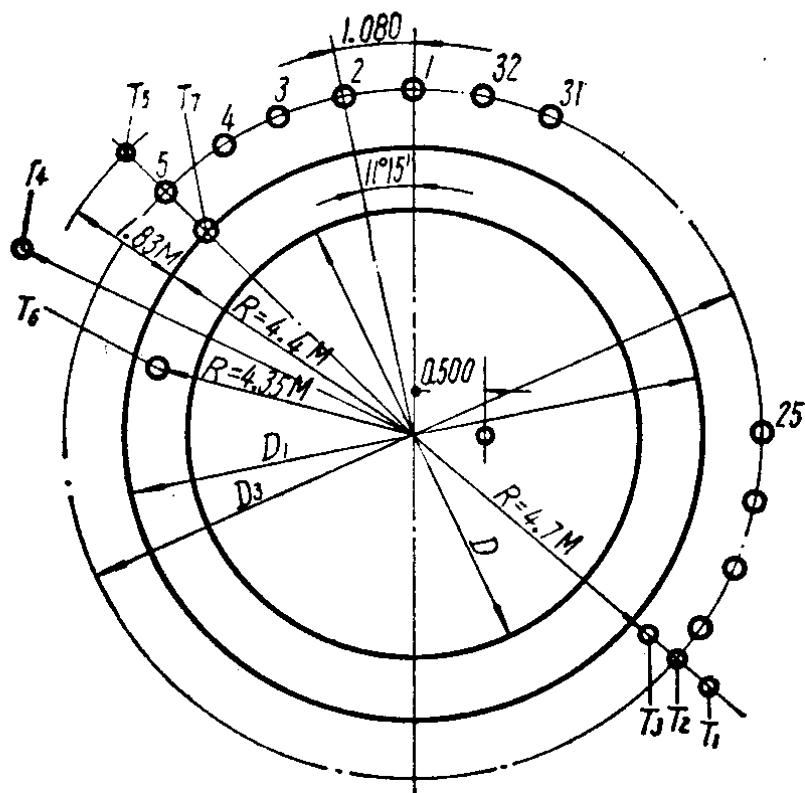


图 5 冻结孔（副井）与其它孔布置平面图

D—井筒净直径 7 米；D₁—井筒掘进直径 8.8 米；D₃—冻结孔布置圈直径 11 米；T₁、T₂、T₃、T₄、T₅、T₆、T₇—测温孔

数据见表 2。

例 2

某井筒的净直径为 7.3 米，掘进直径 9.6 米，计算冻土时的安全系数采用 2.5，深度 250 米，冻结孔布置圈直径为 14 米，比壁座的外直径大 1.6 米。设计 40 个孔，孔距 1.1 米，钻孔及检查孔的布置如图 6 所示。

例 3

某矿井，表土与冲积层为黄粘砂土，厚度 150~250 米，以下为基岩。冻结孔设计深度 200~260 米。测温孔深度取 20~40 米不等，布置在井筒外 1~5 个。水文观测孔在井筒

表 2 冻结孔数目及其它数据表

名 称	主 井	副 井
冻结孔圆周直径 (米)	10	11
冻结孔数目	27	32
冻结孔深度 (米)	36.39~37.47	35.57~41.44
冻结孔间距 (米)	1.163	1.08
两个冻结孔夹角 (度)	13°20′	11°15′
冻结孔直径 (毫米)	184	184
测温孔数目	两组 8 个	两组 7 个
测温孔深度 (米)	15.5~22.3	14.5~26
测温孔直径 (毫米)	89	89
中心水文观测孔个数	1	1
水文观测孔深度 (米)	34.37	33.86
水文孔直径 (毫米)	89	89
冻结管规格 (毫米)	159×5	165×7.1

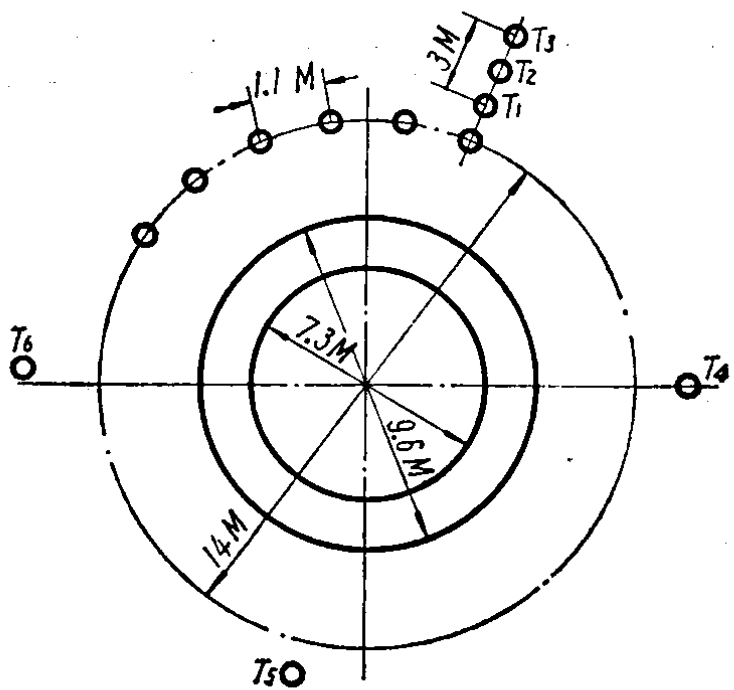


图 6 冻结孔及其它孔布置示意图

T₁、T₂、T₃、T₄、T₅、T₆—测温孔

净径内提前施工，打两个，深度为245米。井筒净径6米，掘进直径7.5米，冻结孔布置圈直径为9米。

(三) 冻结孔深度的确定

确定冻结孔深度，依据下列几个条件：

1. 在通常情况下，冻结孔必须穿透松散的不稳定的含水岩层而进入不透水层内，防止水和流沙绕过冻土墙进入井筒内。

2. 不透水层上部如有裂隙，冻结孔应加深2~10米。

3. 钻进中由于岩粉的沉淀，井壁松散岩层的崩落以及浓泥浆沉入孔底，这些沉积物不易彻底清除，因此，设计钻孔时要考虑这个因素，一般加深1~2米即可。

4. 钻孔深度还应考虑到允许的最大偏斜度。

实践证明，当岩石冻结深度为30~40米时，钻孔进入不透水层中3~5米就可以了。冻结深度增大时，钻孔的加深不得小于5~10米。

某井井筒位置的表土、冲积层的岩层描述如表3。

从表3看出，在井深36米以上的岩层，均为质软、松散的含水层；36米以下为硅质胶结的页岩，质硬不透水。因此，冻结孔的深度定为36~38米，钻孔深入到硅质页岩内2米左右。

如果含水的松散岩层较厚，不透水岩层又深，为使冻结深度不增加，可用打冻土底垫的方法来解决。

冻土底垫，在比较松散的岩层可用冻结法，裂隙的岩层可采用水泥注浆法。在实际施工中，水泥注浆法应用得比较普遍。