

ICS 73.020
CCS D 15



中华人民共和国国家标准

GB/T 39963—2021

立井冻结法凿井井壁应用 C80~C100 混凝土技术规程

Technical specification on C80~C100 concrete shaft lining applied in vertical
freezing shaft

2021-03-09 发布

2021-10-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号 3

5 冻结法凿井井壁结构及设计 6

 5.1 基本原则 6

 5.2 井壁结构 6

 5.3 井壁荷载计算 8

 5.4 井壁结构设计 9

6 冻结方案设计与实施要求 14

 6.1 一般规定 14

 6.2 冻结壁设计 14

 6.3 冻结孔布置 14

 6.4 冻结过程检测、分析与调控 14

7 原材料和配合比 15

 7.1 原材料 15

 7.2 配合比 16

8 井壁施工 16

 8.1 原材料管理 16

 8.2 施工准备 17

 8.3 混凝土生产及浇筑 17

 8.4 混凝土的养护 18

 8.5 试块制作与试验 18

9 质量检验 18

附录 A（规范性） 冻结方案设计 19

附录 B（规范性） 混凝土抗裂性测试方法及评价 23

参考文献 24

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。

本文件由中国煤炭工业协会提出并归口。

本文件起草单位：北京中煤矿山工程有限公司、中国建筑材料科学研究总院有限公司、国投煤炭有限公司、北京煤科联应用技术研究所、江苏苏博特新材料股份有限公司、中煤科工集团武汉设计研究院有限公司、中赞国际工程有限公司、中煤西安设计工程有限公司、中煤新集能源股份有限公司、河南国龙矿业建设有限公司。

本文件主要起草人：李功洲、姚燕、刘加平、高春勇、曾凡伟、刘建忠、王玲、刘庆礼、刘民东、陈章庆、吴浩、张英、高伟、张志帆、贾成刚、王志杰、居宪博、谭杰、崔灏、陈道翀、赵玉明、杨超锋、宋伟、李宁、许舒荣、刘晓敏、郭垒、宁方波、王恒、陈红蕾、张倩倩、光鉴森。

立井冻结法凿井井壁应用 C80~C100 混凝土技术规程

1 范围

本文件规定了立井冻结法凿井井壁应用 C80~C100 混凝土的井壁结构及设计、冻结方案设计与实施、原材料和配合比、井壁施工、质量检验的要求。

本文件适用于煤矿立井冻结法凿井井壁应用 C80~C100 混凝土的设计、施工。

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 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 1499.2 钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋
- 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 混凝土结构设计规范
- GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
- GB/T 50081 混凝土物理力学性能试验方法标准
- GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
- GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准
- 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 50213 煤矿井巷工程质量验收规范
- GB 50384 煤矿立井井筒及硐室设计规范
- GB 50511 煤矿井巷工程施工规范
- 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/T 241 人工砂混凝土应用技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

冻结法凿井 freeze sinking method

在井筒施工之前，用人工制冷的方法，将井筒周围地层进行冻结，形成具有临时承载和隔水作用并满足工程施工安全需要的冻结壁，然后在冻结壁的保护下进行井筒掘砌作业的一种施工方法。

3.2

冻结壁 freezing wall; frozen soil wall

采用人工制冷技术,在井筒周围地层所形成的具有一定厚度和强度的连续冻结岩土体。

[来源:GB/T 15663.2—2008,3.12,有修改]

3.3

井壁 shaft lining

冻结法凿井中,在井筒围岩(土)表面构筑的具有一定厚度和强度的整体构筑物。

注:一般为双层井壁,分为外层井壁和内层井壁。

[来源:GB/T 15663.2—2008,3.17,有修改]

3.4

外层井壁 outer lining

冻结法凿井中,靠近冻结壁一侧的井壁。

3.5

内层井壁 inner lining

冻结法凿井中,靠近井筒中心一侧的井壁。

3.6

井筒掘砌 excavation and lining

冻结壁形成后进行井筒开挖及井壁浇筑的作业。

3.7

掘砌段高 shaft sinking section

井筒开挖过程中,开挖后未支护的井帮高度。

3.8

主冻结孔 main freezing hole

形成和强化冻结壁主体结构的冻结孔。

3.9

辅助冻结孔 auxiliary freezing hole

用于协助主冻结孔扩展(增加)冻结壁有效厚度、增强冻结壁强度和稳定性的冻结孔。

3.10

防片帮冻结孔 spalling-prevention freezing hole

提高冻结壁内侧稳定性,防止冻结壁片帮的冻结孔。

3.11

主冻结孔圈 circle of main freezing holes

沿井筒周围布置主冻结孔的冻结孔圈。

注:也称主孔圈。

3.12

辅助冻结孔圈 circle of auxiliary freezing holes

沿井筒周围布置辅助冻结孔的冻结孔圈。

注:也称辅助孔圈。

3.13

防片帮孔圈 circle of spalling-prevention freezing hole

沿井筒周围布置防片帮冻结孔的冻结孔圈。

注:也称防片孔圈。

3.14

冻结壁交圈 connection of freezing column; closure of freezing wall; closure of ice wall

各相邻冻结孔的冻结圆柱逐渐扩大,形成封闭的冻结壁的现象。

[来源:GB/T 15663.2—2008,3.16,有修改]

3.15

冻结壁厚度 freezing wall thickness

冻结壁壁面上任一点与同一冻结壁体另一侧壁面之间的最短距离。

注:冻结壁厚度设计值一般指在井筒开挖面(井帮)外侧冻结壁厚度所要达到的最小值。

3.16

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。

注:冻结壁平均温度设计值一般指拟建井筒开挖面外围冻结壁界面处所要达到的平均温度。

3.17

冻结壁交圈时间 frozen soil wall closing time

从地层冻结开始至拟建井筒周围主冻结孔布置圈上所有相邻的冻结器所形成的冻结圆柱按设计要求完全相交所需的时间。

3.18

高性能混凝土 high performance concrete

选用优质常规材料,合理掺加外加剂和矿物外加剂,通过绿色工艺以及严格的施工控制措施生产,具有混凝土结构设计所要求各项力学性能,并具有高耐久性、高工作性和高体积稳定性的混凝土。

3.19

胶凝材料 binder

混凝土原材料中具有胶结作用的水泥和矿物外加剂的总称。

3.20

水胶比 water-binder ratio

混凝土中用水量与胶凝材料用量的质量比。

4 符号

下列符号适用于本文件。

A_s	——每米井壁截面配置钢筋面积,单位为平方米每米(m^2/m)。
A_{s1} 、 A_{s2}	——受压区、受拉区环向钢筋的截面面积,单位为平方米(m^2)。
A_z	——竖向钢筋横截面面积,单位为平方米(m^2)。
A_0	——计算截面井壁圆环截面面积,单位为平方米(m^2)。
A'_0	——计算截面井壁横截面面积,单位为平方米(m^2)。
a_s 、 a'_s	——受拉、受压钢筋的合力点至构件截面近边缘的距离,单位为米(m)。
α_1	——系数,为矩形应力图的应力取值与混凝土轴心抗压强度设计值的比值。
b_n	——井壁截面计算宽度,单位为米(m)。
C_m	——构件端截面偏心距调节系数。
D_n 、 D_{np}	——冲积层底部、防片帮冻结孔深度的井筒掘进直径,单位为米(m)。
E	——冻结壁设计厚度,单位为米(m)。

- E_c ——混凝土弹性模量,单位为牛每平方米(N/mm^2)。
- E_s ——钢筋弹性模量,单位为牛每平方米(N/mm^2)。
- E_{dn}, E_{ds} ——黏性土层、砂性土层冻结壁厚度,单位为米(m)。
- E_n ——内圈孔内侧冻结壁有效厚度,单位为米(m)。
- E_w ——外圈孔外侧冻结壁厚度,单位为米(m)。
- E_l ——单圈孔内侧、外侧冻结壁之和的有效厚度,多圈孔冻结时,为 E_n 、 E_w 之和,单位为米(m)。
- e ——轴向力作用点至受拉钢筋合力点之间的距离,单位为米(m)。
- e_a ——附加偏心距,单位为米(m)。
- e_i ——初始偏心距,单位为米(m)。
- e'_s ——轴心压力作用点至受压区钢筋 A_{sl} 合力点的距离,单位为米(m)。
- e_0 ——轴向压力对截面重心的偏心距,单位为米(m),取为 M/N 。
- F_w ——计算截面以上井壁外表面积,单位为平方米(m^2)。
- f_c, f_{ck} ——混凝土轴心抗压强度设计值、标准值,单位为牛每平方米(N/mm^2)。
- f_s ——钢筋混凝土井壁材料强度设计值,单位为牛每平方米(N/mm^2)。
- f_{stk} ——钢筋极限强度标准值,单位为牛每平方米(N/mm^2)。
- f_t, f_{tk} ——混凝土轴心抗拉强度设计值、标准值,单位为牛每平方米(N/mm^2)。
- f_y, f'_y ——钢筋抗拉、抗压强度设计值,单位为牛每平方米(N/mm^2)。
- f_{yk} ——钢筋屈服强度标准值,单位为牛每平方米(N/mm^2)。
- H ——所设计的井壁计算处深度,单位为米(m)。
- H_c ——所设计的井壁或冻结壁计算处冲积层深度,单位为米(m)。
- H_p ——防片帮冻结孔深度,单位为米(m)。
- h ——掘砌段高,单位为米(m)。
- h_d ——井壁吊挂段高,单位为米(m)。
- K_n, K_s ——黏性土层、砂性土层冻土计算强度,单位为牛每平方米(N/mm^2)。
- k_z ——荷载折减系数。
- L ——波长,单位为米(m)。
- L_d ——计算水平的冻结孔最大间距,单位为米(m)。
- L_0 ——计算处井壁圆环计算长度,单位为米(m)。
- L_z ——主冻结孔至井帮的距离,单位为米(m)。
- M ——截面的弯矩设计值,单位为兆牛米($\text{MN} \cdot \text{m}$)。
- M_A, M_B ——A、B截面的弯矩计算值,单位为兆牛米($\text{MN} \cdot \text{m}$)。
- M_{\max} ——交界面处每米井壁最大纵向弯矩计算值,单位为兆牛米($\text{MN} \cdot \text{m}$)。
- M_1, M_2 ——已考虑侧移影响的偏心受压构件两端截面按结构弹性分析确定的对同一主轴的组合弯矩设计值,绝对值较大端为 M_2 ,绝对值较小端为 M_1 ,当构件按单曲率弯曲时, M_1/M_2 取正值,否则取负值。
- m ——安全系数。
- N ——单位高度井壁圆环截面上的轴向力计算值,单位为兆牛每米(MN/m)。
- N_A, N_B ——A、B截面的轴向力计算值,单位为兆牛(MN)。
- N_d ——井壁吊挂力的计算值,单位为兆牛(MN)。
- $N_{d,k}$ ——井壁吊挂力的标准值,单位为兆牛(MN)。

P	——计算处作用在井壁上的径向设计荷载计算值(即为荷载标准值乘以安全系数),单位为牛每平方毫米(N/mm ²)。
$P_A、P_B$	——A、B截面的压力计算值,单位为牛每平方毫米(N/mm ²)。
$P_{A,k}、P_{B,k}$	——井壁所受最小、最大荷载标准值,单位为牛每平方毫米(N/mm ²)。
P_d	——计算层位水平地压,单位为牛每平方毫米(N/mm ²)。
$P_{d,k}$	——冻结压力标准值,单位为牛每平方毫米(N/mm ²)。
$P_{f,k}$	——计算截面以上井壁外表面所受竖向附加力的标准值,单位为牛每平方毫米(N/mm ²)。
P_k	——作用在结构上的径向均匀荷载标准值,单位为牛每平方毫米(N/mm ²)。
$P_{n,k}$	——内层井壁所承受的荷载标准值,单位为牛每平方毫米(N/mm ²)。
P_0	——交界面处井壁受到的均匀荷载计算值,单位为牛每平方毫米(N/mm ²)。
$Q_{f,k}$	——计算截面以上井壁所受竖向附加总力标准值,单位为兆牛(MN)。
$Q_{z,k}$	——井壁所受的竖向荷载标准值,单位为兆牛(MN)。
$Q_{zl,k}$	——计算截面以上井壁自重标准值,单位为兆牛(MN)。
$Q_{1,k}$	——直接支撑在井筒上的井塔重量标准值,单位为兆牛(MN)。
$Q_{2,k}$	——计算截面以上井筒装备重量标准值,单位为兆牛(MN)。
R_a	——井筒掘进半径,单位为米(m)。
$R_{ww}、R_{wn}$	——外层井壁内半径、外半径,单位为米(m)。
r_0	——计算处井壁中心半径,单位为米(m)。
$r_n、r_w$	——计算处井壁内半径、外半径,单位为米(m)。
S	——双圈孔及多圈孔冻结内、外圈之间的距离,单位为米(m)。
$S_{nf}、S_{wf}$	——主冻结孔圈与内、外侧辅助冻结孔圈之间的距离,单位为米(m)。
S_{pf}	——主冻结孔内侧辅助孔圈与防片帮孔圈之间的距离,单位为米(m)。
T_b	——盐水温度,单位为摄氏度(℃)。
$T_{c1}、T_{c2}、T_{c3}$	——单圈孔、双圈孔、多圈孔冻结壁有效厚度的平均温度,单位为摄氏度(℃)。
T_n	——井帮冻土温度,单位为摄氏度(℃)。
T_s	——多孔圈冻结内、外孔圈之间部位的冻土平均温度,单位为摄氏度(℃)。
T_{0c}	——按冻结壁内侧、外侧 0℃边界线计算的冻结壁平均温度,单位为摄氏度(℃)。
t	——井壁厚度,单位为米(m)。
t_0	——截面有效高度(即受拉钢筋的合力点至截面受压区边缘的距离),单位为米(m)。
V_{max}	——交界面处每米井壁最大剪力计算值,单位为兆牛(MN)。
x	——混凝土受压区高度,单位为米(m)。
x_b	——界限受压区高度,单位为米(m)。
β_c	——混凝土强度影响系数。
β_t	——冲积层不均匀荷载系数。
β_z	——不均匀荷载系数。
β_l	——系数,为矩形应力图的受压区取值与中和轴高度的比值。
γ	——双圈孔冻结内、外孔圈之间部位对冻结壁平均温度的影响系数。
γ_h	——混凝土(或钢筋混凝土)的重力密度,单位为兆牛每立方米(MN/m ³)。
γ_0	——结构重要性系数。
Δ	——井帮冻土温度每升降 1℃对单圈孔冻结壁有效厚度平均温度的影响系数。
ϵ_{cu}	——非均匀受压时的混凝土极限压应变。

η	——掘进段井帮上下两端的固定程度系数。
η_{ns}	——弯矩增大系数。
θ	——冻结孔允许偏斜率。
λ	——壳体常数,单位为米的负一次方(m^{-1})。
ν_k	——结构安全系数。
ν_c	——混凝土泊松比。
ξ	——相对受压区高度,取 x/t_0 。
ξ_b	——相对界限受压区高度,取 x_b/t_0 。
ξ_c	——截面曲率修正系数。
ξ_x	——相对受压区高度。
ρ	——井壁圆环截面配筋率(%)。
ρ_{\min}	——井壁圆环截面的最小配筋率(%)。
σ_t	——井壁圆环截面切向应力,单位为牛每平方米(N/mm^2)。
σ_s	——受拉区或受压较小边的钢筋应力,单位为牛每平方米(N/mm^2)。
σ_{td}	——根据荷载作用时间计算的冻土极限抗压强度,单位为牛每平方米(N/mm^2)。
ϕ_{z1} 、 ϕ_{z2} 、 ϕ_{z3}	——单圈孔、主孔内侧增设辅助冻结孔或防片帮冻结孔、主孔圈内外侧均增设辅助冻结孔时的主冻结孔圈直径,单位为米(m)。
ϕ_{nf} 、 ϕ_{wf}	——主孔内、外侧增设的辅助孔圈直径,单位为米(m)。
ϕ_{p1} 、 ϕ_{p2}	——主冻结孔内侧只增设防片帮冻结孔、主冻结孔内侧同时增设辅助冻结孔与防片帮冻结孔时的防片帮冻结孔布置圈直径,单位为米(m)。

5 冻结法凿井井壁结构及设计

5.1 基本原则

5.1.1 冻结法凿井井筒掘砌深度应进入稳定基岩并设置壁基。井筒掘砌的底部应将一定高度的内外层井壁整体浇注作为壁座。壁基和壁座的设计计算应符合 GB 50384 的规定。

5.1.2 冻结法凿井井筒掘砌深度应小于井筒冻结深度,并符合 GB 50511 以及附录 A 的规定。井筒净直径、井筒冻结深度较大时,掘砌深度浅于井筒冻结深度值可适当加大。

5.2 井壁结构

5.2.1 冻结法凿井井筒宜采用双层钢筋混凝土塑料夹层复合井壁支护形式。内外层井壁之间铺设的塑料夹层厚度宜为 1.5 mm~3.0 mm。冻结壁与现浇混凝土外层井壁之间可根据冻结壁的位移量铺设 25 mm~75 mm 厚的聚苯乙烯泡沫塑料板。

5.2.2 冻结法凿井内层井壁采用现浇钢筋混凝土结构时,混凝土应具有防裂密实、高抗裂特征。混凝土绝热温升不宜大于 50 °C。28 d 混凝土的电通量指标不应大于 1 000 C。标准养护条件下,混凝土圆环抗裂试验不应开裂。

5.2.3 冻结法凿井外层井壁采用钢筋混凝土结构时,混凝土应具有低温高早强、低水化热特征。混凝土绝热温升不宜大于 50 °C。混凝土 1 d 强度不应低于设计强度的 30%。

5.2.4 采用双层复合井壁结构时,井筒冻结段施工结束后应进行壁间充填注浆。注浆时壁间夹层周围混凝土温度不应低于 4 °C,且冻结壁仍处于封闭状态,并能承受外部静水压力。

5.2.5 井壁全截面配筋百分率 ρ_{\min} 不应小于表 1 规定的数值。截面单侧配筋率不应小于 0.3%。钢筋

的选用和钢筋强度值、弹性模量等物理力学参数的采用应符合 GB 50010 的规定。HRB 600 钢筋性能应满足 GB/T 1499.2 的要求。HRB 600 屈服强度标准值 f_{yk} 、极限强度标准值 f_{stk} 、抗拉强度设计值 f_y 、抗压强度设计值 f'_y 、弹性模量 E_s 应按表 2 采用。

表 1 井壁钢筋的最小配筋百分率

钢筋类型	最小配筋百分率
	ρ_{\min} %
强度等级 600 MPa	0.65
强度等级 500 MPa	0.70
强度等级 400 MPa	0.75

表 2 HRB 600 普通钢筋强度标准值、设计值

公称直径 D mm	屈服强度标准值 f_{yk} N/mm ²	极限强度标准值 f_{stk} N/mm ²	抗拉强度设计值 f_y N/mm ²	抗压强度设计值 f'_y N/mm ²
6~50	600	730	520	520

5.2.6 钢筋最大间距宜小于或等于 300 mm，最小间距宜大于或等于 100 mm。井壁内外侧钢筋应设计一定数量的径向拉结筋。拉结筋直径不宜小于 12 mm，间距不宜大于 3 倍受力筋间距。

5.2.7 钢筋保护层(钢筋外边缘至混凝土表面的最小距离)厚度，内缘钢筋宜为 50 mm，外缘钢筋宜为 70 mm。内缘钢筋的保护层厚度大于 50 mm 时，保护层防裂措施应符合 GB 50010 的相关规定。

5.2.8 冻结法凿井井壁应用 C80~C100 高性能混凝土轴心抗压强度标准值 f_{ck} 、轴心抗拉强度标准值 f_{tk} 与轴心抗压强度设计值 f_c 、轴心抗拉强度设计值 f_t 应按表 3 采用。

表 3 混凝土强度标准值、设计值

单位为牛每平方米

强度种类	混凝土强度等级				
	C80	C85	C90	C95	C100
轴心抗压强度标准值 f_{ck}	50.2	53.5	56.7	59.9	63.1
轴心抗压强度设计值 f_c	35.9	38.2	40.5	42.8	45.1
轴心抗拉强度标准值 f_{tk}	3.11	3.18	3.22	3.28	3.39
轴心抗拉强度设计值 f_t	2.22	2.27	2.30	2.34	2.36

5.2.9 冻结法凿井井壁应用 C80~C100 高性能混凝土的弹性模量 E_c 可按表 4 采用，也可按试验取得，但不应小于表 4 取值；泊松比 ν_c 可按 0.20 采用。

表 4 混凝土弹性模量

混凝土强度等级	C80	C85	C90	C95	C100
混凝土弹性模量 E_c $\times 10^4 \text{ N/mm}^2$	3.80	3.83	3.87	3.90	3.93

5.3 井壁荷载计算

5.3.1 外层井壁的径向荷载标准值应按所承受的冻结压力标准值 $P_{d,k}$ 计算。 $P_{d,k}$ 宜按冻土(岩)试验、实测等资料选取,也可根据冲积层深度 H_c 按表 5 选取。

表 5 冻结压力标准值

冲积层深度 H_c m	200~400	400~500	>500
冻结压力 $P_{d,k}$ N/mm^2	$0.010H_c$	$(0.010\sim 0.012)H_c$	$(0.010\sim 0.012)H_c$

5.3.2 内层井壁的径向荷载标准值应按公式(1)计算:

$$P_{n,k} = 0.01 k_z H \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

0.01——水的重力密度,单位为兆牛每立方米(MN/m^3);

k_z ——荷载折减系数,一般取 0.95~1.00, k_z 取值与内、外层井壁之间结构和内、外层井壁间注浆效果有关。

5.3.3 冲积层段内、外层井壁整体所受径向荷载标准值计算应遵守下列规则。

a) 冲积层段内、外层井壁整体承受径向均匀荷载标准值应按公式(2)式计算:

$$P_k = 0.013 H \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

0.013——似重力密度,单位为兆牛每立方米(MN/m^3)。

b) 冲积层段内、外层井壁整体承受径向不均匀荷载标准值应按公式(3)、公式(4)计算:

$$P_{A,k} = P_k \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$P_{B,k} = P_{A,k} (1 + \beta_t) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

β_t ——冲积层不均匀系数, $\beta_t = 0.2 \sim 0.3$ 。

5.3.4 井壁承受竖向荷载标准值应按公式(5)、公式(6)计算,如采用特殊井壁结构,使特殊井壁结构段能承受竖向附加力,则正常井壁段设计可不考虑竖向附加力。

$$Q_{z,k} = Q_{z1,k} + Q_{f,k} + Q_{1,k} + Q_{2,k} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$$Q_{f,k} = P_{f,k} \times F_w \quad \dots\dots\dots (6)$$

5.4 井壁结构设计

5.4.1 内层井壁应满足承受水压、竖向荷载等的要求；外层井壁应满足承受冻结压力及井壁吊挂、抗裂、稳定性计算的要求；内、外层井壁应满足整体承受永久水土压力及竖向荷载、稳定性的要求。井塔（架）影响段井壁计算应符合 GB 50384 的规定。

5.4.2 井壁厚度应按公式(7)～公式(9)计算初步拟定。

$$t = r_n \left(\sqrt{\frac{f_s}{f_s - 2\gamma_0 P}} - 1 \right) \dots\dots\dots (7)$$

$$f_s = f_c + \rho_{\min} f'_y \dots\dots\dots (8)$$

$$P = \nu_k P_k \dots\dots\dots (9)$$

式中：

γ_0 ——结构重要性系数,按 GB 50384 的规定取值；

ν_k ——结构安全系数,按 GB 50384 的规定取值。

5.4.3 均匀压力作用下的井壁单位高度圆环截面内力、承载力及钢筋配筋计算应遵守下列规则。

a) 井壁圆环截面轴向力(图 1)应按公式(10)计算：

$$N = r_w P \dots\dots\dots (10)$$

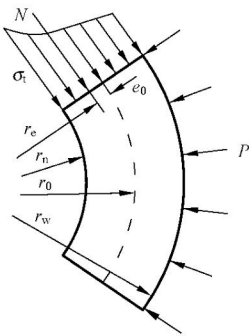


图 1 井壁圆环截面轴向力计算简图

b) 井壁圆环截面切向应力应按公式(11)计算：

$$\sigma_t = \frac{2 r_w^2 P}{r_w^2 - r_n^2} \dots\dots\dots (11)$$

c) 钢筋混凝土井壁圆环截面承载力应按公式(12)计算：

$$\sigma_t \leq f_c + \rho f'_y \dots\dots\dots (12)$$

d) 井壁圆环截面配筋率 ρ 和钢筋截面面积 A_s 计算：

1) 当 $\sigma_t \leq f_c$ 时,应按构造规定配置钢筋；当 $\sigma_t > f_c$ 时,应按公式(13)计算配筋率：

$$\rho = \frac{\sigma_t - f_c}{f'_y} \dots\dots\dots (13)$$

2) 当计算结果 $\rho > \rho_{\min}$ 时, A_s 应按公式(14)计算：

$$A_s = \rho b_n (r_w - r_n) \dots\dots\dots (14)$$

式中：

b_n ——井壁截面计算宽度,单位为米(m),取 1.0 m。

3) 当计算结果 $\rho \leq \rho_{\min}$ 时, A_s 应按公式(15)计算：

$$A_s = \rho_{\min} b_n (r_w - r_n) \dots\dots\dots (15)$$

4) 当计算结果 ρ 值过大时,应加大井壁厚度。

5.4.4 不均匀压力作用下的井壁整体圆环内力、承载力及钢筋配筋计算应遵守下列规则。

a) 井壁圆环截面轴向力和弯矩(图 2)计算。

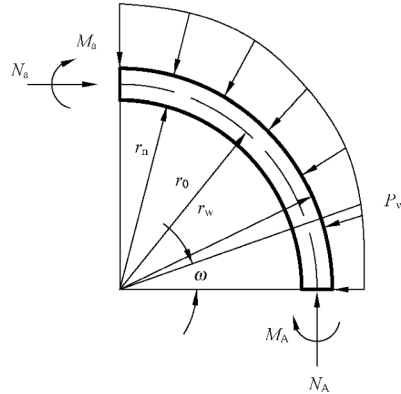


图 2 井壁圆环截面轴向力和弯矩计算简图

1) $\omega=0^\circ$ (A 截面) 时,井壁圆环 A 截面轴向力 N_A 和弯矩 M_A 应按公式(16)、公式(17) 计算:

$$N_A = (1 + 0.785 \beta_z) r_w P_A \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$M_A = -0.149 \beta_z r_w^2 P_A \quad \dots\dots\dots (17)$$

2) $\omega=90^\circ$ (B 截面) 时,井壁圆环 B 截面轴向力 N_B 和弯矩 M_B 应按公式(18)~公式(20) 计算:

$$N_B = (1 + 0.5 \beta_z) r_w P_A \quad \dots\dots\dots (18)$$

$$M_B = -0.137 \beta_z r_w^2 P_A \quad \dots\dots\dots (19)$$

$$P_B = P_A (1 + \beta_z) \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中:

β_z ——不均匀荷载系数,冲积层段, $\beta_z=0.2\sim0.3$;基岩段, β_z 可取 0.2。

3) 按 $\omega=0^\circ$ 及 $\omega=90^\circ$ 两组公式计算后,根据需要进行偏心矩和承载力计算。

b) 钢筋混凝土井壁偏心受压承载力和钢筋配置(图 3)按公式(21)~公式(30)计算。

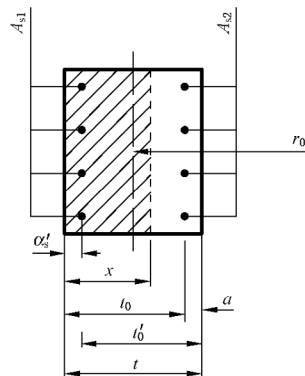


图 3 井壁偏心受压承载力和钢筋配置计算简图

$$N \leq a_1 f_c b_n x + f'_y A_{s1} - \sigma_s A_{s2} \quad \cdots \cdots (21)$$

$$Ne \leq a_1 f_c b_n x \left(t_0 - \frac{x}{2} \right) + f'_y A_{s1} (t_0 - a'_s) \quad \cdots \cdots (22)$$

$$e = e_i + \frac{t}{2} - a_s \quad \cdots \cdots (23)$$

$$e_i = e_0 + e_a \quad \cdots \cdots (24)$$

$$e_0 = \frac{M}{N} \quad \cdots \cdots (25)$$

$$M = C_m \eta_{ns} M_2 \quad \cdots \cdots (26)$$

$$C_m = 0.7 + 0.3 \frac{M_1}{M_2} \quad \cdots \cdots (27)$$

$$\eta_{ns} = 1 + \frac{1}{1300(M_2/N + e_a)/t_0} \left(\frac{L_0}{t} \right)^2 \xi_c \quad \cdots \cdots (28)$$

$$\xi_c = \frac{0.5 f_c A_0}{N} \quad \cdots \cdots (29)$$

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_y}{E_s \epsilon_{cu}}} \quad \cdots \cdots (30)$$

式中:

- a_1 ——系数,为矩形应力图的应力取值与混凝土轴心抗压强度设计值的比值。当混凝土强度等级为 C80 时, a_1 取为 0.94; 当混凝土强度等级为 C100 时, a_1 取为 0.90, 期间按线性内插法确定。
- b_n ——井壁截面计算宽度, 单位为米(m), 取 1.0 m。
- e_a ——附加偏心距, 单位为米(m), 取偏心方向截面最大尺寸的 1/30 和 0.02 m 两者中的较大者。
- C_m ——构件端截面偏心距调节系数, 当小于 0.7 时取 0.7。
- η_{ns} ——弯矩增大系数, 当 $C_m \cdot \eta_{ns}$ 小于 1.0 时, $C_m \cdot \eta_{ns}$ 取 1.0。
- M_1 、 M_2 ——已考虑侧移影响的偏心受压构件两端截面按结构弹性分析确定的对同一主轴的组合弯矩设计值, 绝对值较大端为 M_2 , 绝对值较小端为 M_1 , 当构件按单曲率弯曲时, M_1/M_2 取正值, 否则取负值。
- ξ_c ——截面曲率修正系数, 当计算值大于 1.0 时取 1.0。
- ϵ_{cu} ——非均匀受压时的混凝土极限压应变, 按 GB 50010 的规定计算。
- β_1 ——系数, 当混凝土强度等级为 C80 时, β_1 取为 0.74, 当混凝土强度等级为 C100 时, β_1 取为 0.70, 期间按线性内插法确定。

按公式(21)~公式(30)计算时, 还应符合下列要求。

- 1) 受拉边或受压较小边钢筋 A_{s2} 的应力 σ_s 可按下列方法计算:

当 $\xi \leq \xi_b$ 时, 为大偏心受压构件, 取 $\sigma_s = f_y$, 此处相对受压取高度 $\xi = x/t_0$; 当 $\xi > \xi_b$ 时, 为小偏心受压构件, σ_s 可按公式(31)计算:

$$\sigma_s = \frac{f_y}{\xi_b - \beta_1} \left(\frac{x}{t_0} - \beta_1 \right) \quad \cdots \cdots (31)$$

- 2) 受拉钢筋屈服和受压区混凝土破坏同时发生时的相对界限受压区高度 ξ_b 应按表 6 取值。

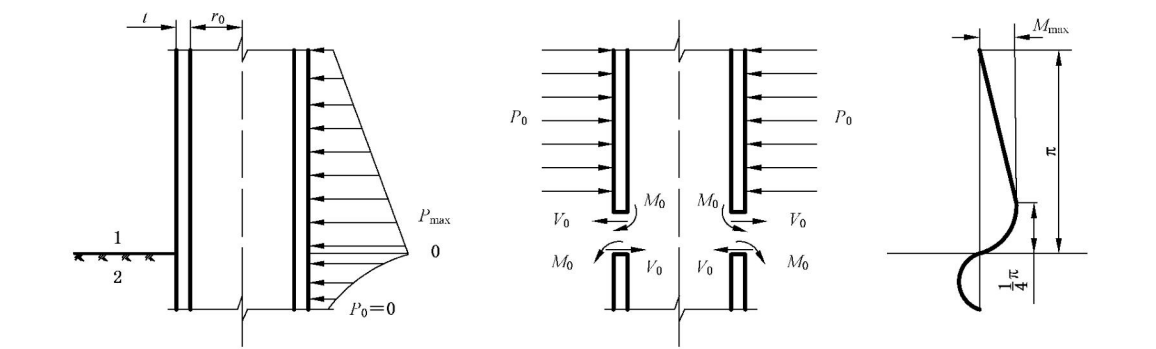
表 6 有屈服点钢筋的相对界限受压区高度 ξ_b 的取值

钢筋强度级别	混凝土强度等级	钢筋强度级别	混凝土强度等级
	C80	C85	C90
400 级	0.463	0.453	0.444
500 级	0.429	0.420	0.411
600 级	0.396	0.386	0.380

- 3) 计算中若计入钢筋 A_{s2} 时,受压区高度应满足 $x \geq 2a'_s$ 的条件。当不满足此条件时,其正截面受压承载力应按公式(32)计算:
- $$Ne'_s \leq f_y A_{s2} (t - a_s - a'_s) \dots\dots\dots (32)$$
- 4) 双侧对称配筋的小偏心受压构件可按公式(33)计算钢筋截面面积:
- $$A_{s1} = A_{s2} = \frac{Ne - \xi (1 - 0.5\xi) a_1 f_c b_n t_0^2}{f'_y (t_0 - a'_s)} \dots\dots\dots (33)$$
- 5) 相对受压高度 ξ 可按公式(34)计算:
- $$\xi = \frac{N - \xi_b a_1 f_c b_n t_0}{Ne - 0.43 a_1 f_c b_n t_0^2 + a_1 f_c b_n t_0} + \xi_b \dots\dots\dots (34)$$

5.4.5 冲积层与基岩交界面上下的井壁承载力计算应遵守下列规则。

- a) 作用在冲积层与基岩交界面处井壁上的剪力(图 4)和纵向弯矩可按公式(35)~公式(37)计算:



标引序号及符号说明:

0 —— 冲积层与基岩交界面;

1 —— 冲积层;

2 —— 基岩;

P_{max} —— 井壁在冲积层段受到的最大水土压力计算值,单位为兆帕(MPa);

V_0 —— 0-0 截面产生的剪力,单位为牛(N);

M_0 —— 剪力 V 使井壁在 0-0 截面产生的弯矩,单位为牛米(N·m)。

图 4 作用在冲积层与基岩交界面处井壁上的剪力和纵向弯矩计算简图

$$V_{max} = \frac{P_0}{4\lambda} \dots\dots\dots (35)$$

$$M_{max} = \frac{0.0806 P_0}{\lambda^2} \dots\dots\dots (36)$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{3(1-\nu_c^2)}{r_0^2 t^2}} \dots\dots\dots (37)$$

- b) 纵向钢筋配置计算应符合下列规定。
- 1) 交界面上下井壁纵向钢筋的截面面积计算,应视为单位宽度井壁(每米)能承受按公式(36)计算处的弯矩 M ,其受弯承载力应按公式(38)确定:

$$M \leqslant a_1 f_c b_n x \left(t_0 - \frac{x}{2} \right) + f'_y A_{s1} (t_0 - a'_s) \dots\dots\dots (38)$$

式中:

a_1 ——系数,为矩形应力图的应力取值与混凝土轴心抗压强度设计值的比值。当混凝土强度等级为 C80 时, a_1 取为 0.94;当混凝土强度等级为 C100 时, a_1 取为 0.90,期间按线性内插法确定。

b_n ——井壁截面计算宽度,单位为米(m),取 1.0 m。

- 2) 混凝土受压区高度应符合下列规定:
- 受压区高度应按公式(39)确定:

$$a_1 f_c b_n x = f_y A_{s2} - f'_y A_{s1} \dots\dots\dots (39)$$

——受压区高度尚应符合公式(40)、公式(41)条件:

$$x \leqslant \xi_b t_0 \dots\dots\dots (40)$$

$$x \geqslant 2 a'_s \dots\dots\dots (41)$$

式中:

ξ_b ——有屈服点钢筋的相对界限受压区高度,应按表 6 取值。

- 3) 斜截面抗剪强度可按公式(42)计算:
- $$V_{\max} \leqslant 0.25 \beta_c f_c b_n t_0 \dots\dots\dots (42)$$

式中:

β_c ——混凝土强度影响系数,应按表 7 取值。

表 7 混凝土强度影响系数 β_c 的取值

混凝土强度等级	C80	C85	C90	C95	C100
β_c	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72

- 4) 钢筋配置应符合下列规定:
- 钢筋配置长度在界面上、下应各不小于一个波长,波长可按公式(43)计算:

$$L = \frac{2\pi}{\lambda} \dots\dots\dots (43)$$

——井壁内外缘宜配置相同规格钢筋。

5.4.6 井壁竖向承载力应按下列规定计算。

- a) 井壁在自重力和竖向附加力等共同作用下的竖向承载力应满足公式(44)要求:
- $$\gamma_0 \nu_k Q_{z,k} \leqslant f_c A'_0 + f'_y A_z \dots\dots\dots (44)$$

式中:

γ_0 ——结构重要性系数,按 GB 50384 的规定取值;

ν_k ——结构安全系数,按 GB 50384 的规定取值。

- b) 外层井壁在吊挂力作用下的承载力应按公式(45)~公式(47)计算:
- $$\gamma_0 N_d \leqslant f_y A_z \dots\dots\dots (45)$$

$$N_{d,k} = \pi \gamma_h h_d (R_{ww}^2 - R_{wn}^2) \dots\dots\dots (46)$$

$$N_d = \nu_k N_{d,k} \dots\dots\dots (47)$$

式中:

γ_0 ——结构重要性系数,按 GB 50384 的规定取值;

h_d ——井壁吊挂段高,单位为米(m),取 $h_d = 15 \text{ m} \sim 20 \text{ m}$;

ν_k ——结构安全系数,按 GB 50384 的规定取值。

5.4.7 按吊挂力计算外层竖向钢筋按公式(45)~公式(47)计算。

5.4.8 井壁环向稳定性计算应符合 GB 50384 的规定。

5.4.9 三向应力作用下井壁承载力计算应符合 GB 50384 的规定。

6 冻结方案设计与实施要求

6.1 一般规定

6.1.1 井筒检查孔布置、施工和井筒检查孔地质报告的内容应符合 GB 50511 的规定,并应提交冻土物理力学试验专项报告。

6.1.2 根据地层埋藏条件,冻结深度设计应符合 GB 50511 规定。

6.1.3 冻结方案设计应当充分体现其安全性、科学性、先进性、经济性。

6.1.4 应根据冻结壁厚度、冲积层厚度和冻结深度等合理选取单孔圈、双孔圈或多孔圈冻结孔布置方式;根据井壁变截面埋深、地质条件和水文地质条件等确定各孔圈冻结孔深度;根据控制层位井帮温度及井帮温度的分布要求等确定冻结孔圈的位置。

6.1.5 冻结壁设计应满足强度条件和变形条件的要求,明确砂性土层和黏性土层的冻结设计控制层位,既要提出砂性土层、黏性土层控制层位的冻结壁厚度,也要提出黏性土层控制层位的安全掘砌段高,防止冻结管断裂,确保施工安全。

6.1.6 宜根据尽早实现冻结壁交圈、浅部少片帮、深部少挖冻土、易于实现冻结调控的基本原则,合理确定冻结孔布置方式。结合计划掘砌速度,通过冻结壁形成预测分析方法,优化选取冻结设计参数,分析控制层位冻结壁厚度、平均温度和井帮温度合理性、安全性。

6.1.7 冻结管、供液管的材质与连接应符合 GB 50511 的规定。

6.2 冻结壁设计

深厚冲积层(大于 200 m)冻结壁及其关键参数设计应遵守附录 A 的规定。

6.3 冻结孔布置

深厚冲积层冻结孔布置圈数、主冻结孔位置、不同冻结孔圈深度的确定应遵守附录 A 的规定。

6.4 冻结过程检测、分析与调控

6.4.1 水位观察孔、温度观测孔设计与施工应符合 GB 50511 相关规定。

6.4.2 应综合分析水位观察孔水位变化规律和冻结壁温度场发展变化规律,确定不同层位冻结壁交圈时间、不同孔圈冻结壁交汇时间,井筒开挖应符合 GB 50511 相关规定。

6.4.3 掘进过程中应实测每一段高不同方向井帮温度,测点不应少于 8 个;应根据井筒穿过地层特点开展多水平黏性土层冻结壁位移实测,掌握冻结壁位移规律,冻结壁径向位移不应大于 50 mm。

6.4.4 应进行不同强度等级外层井壁、内层井壁浇筑后温度实测,掌握外层井壁、内层井壁温度变化对冻结壁温度影响,分析对冻结壁融化、回冻变化对冻结壁整体强度的影响,同时确定套内壁后实施壁间注浆的时机。

6.4.5 建立冻结壁形成特性实测、工程预报与冻结供冷量调控的机制。通过实测,分析冻结壁形成特

性,掌握冻结壁交圈时间、相邻孔圈冻土交汇时间、冻结壁外层扩展范围、冻土扩至井帮时间、冻结壁有效厚度,验算安全掘砌段高;预报冻结壁形成特性参数,为调控冻结盐水温度和冻结器流量提供依据,为高性能混凝土井壁提供良好的养护环境。

7 原材料和配合比

7.1 原材料

7.1.1 水泥应符合下列规定。

- a) 宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,水泥应符合 GB 175 和表 8 的规定。
- b) 水泥 28 d 胶砂抗压强度不应低于 50 MPa。
- c) 不应采用结块的水泥和出厂超过 3 个月的水泥。

表 8 水泥的性能

序号	检验项目	技术要求
1	熟料中的 f-CaO 含量/%	≤1.0
2	熟料中的 C ₃ A 含量/%	≤8
3	密度/(kg/m ³)	≥3.10
4	碱含量/%	≤0.6
5	氯离子含量/%	≤0.03
6	水泥进场温度/℃	≤60

7.1.2 细骨料应符合下列规定。

- a) 细骨料应符合 JGJ 52 和 JGJ/T 241 的规定。
- b) 宜采用细度模数 2.6~3.0 的Ⅱ区中砂。
- c) 砂的含泥量不应大于 1.0%,泥块含量不应大于 0.5%。
- d) 采用人工砂时,石粉亚甲蓝(MB)值应小于 1.4,石粉含量应小于 2%,压碎指标值应小于 20%。
- e) 不应采用海砂。
- f) 不应混入风化砂。

7.1.3 粗骨料应符合下列规定。

- a) 粗骨料应符合 JGJ 52 的规定。
- b) 岩石的抗压强度应比混凝土强度等级标准值高 30%以上。
- c) 粗骨料应采用连续级配,最大公称粒径不宜大于 20 mm。
- d) 粗骨料的含泥量不应大于 0.5%,泥块含量不应大于 0.2%。
- e) 粗骨料的针片状颗粒含量不应大于 5%。
- f) 不得混入风化颗粒。

7.1.4 化学外加剂应符合下列规定。

- a) 化学外加剂应符合 GB 8076 和 GB 50119 的规定。
- b) 应采用高性能减水剂,减水率不宜低于 30%。
- c) 化学外加剂应与水泥和矿物外加剂有良好的适应性,并经试验验证。
- d) 不应采用受潮结块的粉状外加剂,液态外加剂应储存在密闭容器内,并应防晒和防冻,当有沉淀等异常现象时,应经检验合格后再使用。

7.1.5 矿物外加剂应符合下列规定。

- a) 矿物外加剂应符合 GB/T 18736 的规定。
- b) 不应采用磷渣粉、钢渣粉。
- c) 复合矿物外加剂应符合相应企业标准。

7.1.6 水应符合下列规定。

- a) 拌合用水和养护用水应符合 JGJ 63 的规定。
- b) 不应采用混凝土搅拌机与运输设备洗刷水。
- c) 不应采用未经淡化处理的海水。

7.2 配合比

7.2.1 配合比设计应符合 JGJ 55 的规定,并应满足设计和施工要求。

7.2.2 配制强度应按公式(48)确定:

$$f_{cu,0} \geq 1.15f_{cu,k} \quad \dots\dots\dots (48)$$

式中:

$f_{cu,0}$ ——混凝土配制强度,单位为牛每平方毫米(N/mm²);

$f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值,单位为牛每平方毫米(N/mm²)。

7.2.3 配合比应经试验确定,在缺乏试验依据的情况下宜符合下列规定。

- a) 水胶比、胶凝材料用量和砂率可按表 9 选取,并应经试配确定。

表 9 水胶比、胶凝材料用量和砂率

强度等级	水胶比	胶凝材料用量/(kg/m ³)	砂率/%
C80,C85,C90,C95	0.26~0.28	520~580	35~42
C100	0.24~0.26	550~600	

- b) 化学外加剂和矿物外加剂的品种、掺量,应通过试配确定;矿物外加剂掺量宜为 25%~40%,硅灰掺量不宜大于 10%。

7.2.4 配合比试配应采用工程实际使用的原材料,进行混凝土拌合物性能、力学性能和耐久性能试验,试验结果应满足设计和施工要求。

7.2.5 配合比试配和调整时,宜控制混凝土绝热温升不大于 50℃。

7.2.6 设计配合比应在生产和施工前进行适应性调整,应以调整后的配合比作为施工配合比。

7.2.7 生产过程中,应测定粗、细骨料的含水率,并应根据其变化情况及时调整称量。

7.2.8 内层井壁混凝土应根据施工工艺,试验确定混凝土的凝结时间,满足混凝土能快速连续一次性浇筑的要求,内层井壁混凝土浇筑速度不宜高于 12 m/d。内层井壁混凝土圆环抗裂试验、28 d 混凝土的电通量指标应符合 5.2.2 的要求。

7.2.9 外层井壁混凝土标准养护条件下,1 d 强度应符合 5.2.3 的要求。并应根据井帮温度,试验确定混凝土的凝结时间和早期强度,满足混凝土能正常水化凝结、不被压坏的要求。

8 井壁施工

8.1 原材料管理

8.1.1 原材料应按要求采购,并有固定的堆放地点。采购人员和施工人员之间对各种原材料应有交接记录。

8.1.2 原材料存放地点,应有明确的标志,标明材料名称、品种、生产厂家和来料日期。袋装材料堆放

时应有堆放分界标志。

8.1.3 应准确测定因天气变化造成砂、石集料水分变化后的含水量。

8.2 施工准备

- 8.2.1 施工应组织严密、人员职责明确、设备性能可靠,各种保障和应急措施周全。
- 8.2.2 施工现场的供水、供电应满足混凝土连续施工的需要。
- 8.2.3 井壁施工用钢筋已按设计要求加工,并应能满足连续施工的需要。
- 8.2.4 混凝土的供应能力应满足连续施工的需要。
- 8.2.5 混凝土施工用设备性能和数量应满足混凝土连续浇筑的需要。
- 8.2.6 应对施工人员进行专业培训,逐级进行技术交底,并建立岗位责任制和交接班制度。
- 8.2.7 应校核生产用衡器的零点和计量偏差,其计量偏差应符合表 10 的规定。

表 10 原材料计量允许偏差

序号	原材料	每盘计量允许偏差/%	累计计量允许偏差/%
1	水泥、矿物外加剂	±2	±1
2	粗、细骨料	±3	±2
3	外加剂、拌和用水	±1	±1

8.3 混凝土生产及浇筑

- 8.3.1 混凝土搅拌应采用强制式搅拌机拌制。
- 8.3.2 混凝土由井上向井下工作面输送应采用底卸式吊桶下料。
- 8.3.3 混凝土内壁可采用组合钢模板或滑升模板法施工。
- 8.3.4 混凝土生产前,应对骨料和矿物掺合料的含水量进行检测。每班所用的砂、碎石的含水量要检测 2 次。雨后施工时的材料含水量检测频率应加倍,将设计配合比换算成现场施工实际配合比,作为混凝土配合比施工的依据。
- 8.3.5 进入搅拌机的水泥温度不宜高于 60℃。
- 8.3.6 浇筑混凝土前,应清除模板内或垫层上的杂物。
- 8.3.7 混凝土的入模温度不宜高于 30℃。冬期施工时,应制定冬期施工措施,混凝土的入模温度不应低于 15℃。
- 8.3.8 控制搅拌时间不宜低于 4 min,以保证搅拌均匀;不应超过 10 min,防止混凝土长时间搅拌引起离析。
- 8.3.9 混凝土工作性应满足施工工艺要求,坍落度和坍落扩展度应满足要求。混凝土浇筑过程中,应对混凝土拌和物的坍落度进行测定。测定值不得超过理论配合比坍落度的控制范围。
- 8.3.10 混凝土振捣应能使模板内各个部位混凝土密实、均匀,不应漏振、欠振、过振。
- 8.3.11 混凝土振捣应采用插入式振动棒,必要时可采用人工辅助振捣。振动棒振捣混凝土应符合下列规定。
 - a) 混凝土振捣应分层、对称、连续进行,每层厚度不超过 300 mm;振动棒的前端应插入前一层混凝土中,插入深度不应小于 50 mm,井下振捣器不得少于 4 台。实行分区振捣落实责任到人。
 - b) 振动棒应垂直于混凝土表面并快插慢拔均匀振捣;当混凝土表面无明显塌陷、有水泥浆出现、不再冒气泡时,可结束该部位振捣。
 - c) 振动棒与模板的距离不得大于振动棒作用半径的 0.5 倍;振捣插点间距不得大于振动棒的作

用半径的 1.4 倍。

8.4 混凝土的养护

8.4.1 内层井壁混凝土浇筑完毕并在终凝后应洒水养护,保持混凝土表面湿润。

8.4.2 冻结段采用滑升模板浇筑的内层井壁,脱模 2 h 后,应洒水保湿养护,养护用水应与拌制用水温度相同,每隔 30 min 喷水养护一次,保湿期不宜少于 7 d。

8.5 试块制作与试验

8.5.1 C80~C100 高性能混凝土拌合物的坍落度、坍落扩展度和凝结时间的试验方法应符合 GB/T 50080 的规定。

8.5.2 制作 C80~C100 高性能混凝土试块宜采用标准振动台振动。

8.5.3 试块应抹平和编号,并用塑料膜封闭表面。

8.5.4 试块制作好后放置在标准条件下静置 1 d~2 d 后拆模,并继续在标准养护条件下养护至规定龄期。

8.5.5 试块制作数量应根据进行早期、后期的强度试验要求确定。

8.5.6 试块抗压强度试验宜采用 3 000 kN 以上试验机。试块在试验机承台上要仔细对中,试块受压面与上下承台平稳接触,上下承台球形支座要灵活,避免试块不均匀受压破坏。

8.5.7 混凝土力学性能试验方法应符合 GB/T 50081 的规定,混凝土耐久性能试验方法应符合 GB/T 50082 的规定。

8.5.8 混凝土圆环抗裂试验按照附录 B 中规定的试验方法进行试验。

9 质量检验

9.1 冻结井筒井壁应用 C80~C100 高性能混凝土工程质量验收应符合 GB 50213 的规定,其中混凝土强度检验评定应符合 GB/T 50107 的规定。

9.2 原材料质量检验、拌合物性能检验和硬化混凝土性能检验应符合 GB 50164 的规定。

9.3 原材料质量应符合第 7 章的规定。

9.4 混凝土拌合物性能应符合设计要求。

9.5 混凝土力学性能和耐久性能应符合第 5 章和第 7 章的规定。

附 录 A

(规范性)

冻结方案设计

A.1 冻结壁设计

A.1.1 宜按多姆克公式(A.1)计算砂性土层控制层位的冻结壁厚度。

$$E_{ds} = R_a \left[0.29 \left(\frac{P_d}{K_s} \right) + 2.3 \left(\frac{P_d}{K_s} \right)^2 \right] \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

P_d ——计算层位水平地压,单位为兆帕(MPa),取 $0.013H_c$ 。

A.1.2 宜按维亚洛夫-扎列茨基公式(A.2)计算黏性土层控制层位的冻结壁厚度。

$$E_{dn} = \frac{P_d \cdot h}{\sigma_{td}} \cdot \eta \cdot m \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

P_d ——计算层位水平地压,单位为兆帕(MPa),取 $0.013H_c$;

η ——掘进段井帮上下两端的固定程度系数,当上端固定好(井壁发挥作用)而下端(掘进工作面)基本不冻结时取 $\sqrt{3}$,若上下两端均固定好时取 $\sqrt{3}/2$;

m ——安全系数,可取 1.5~1.75,工程设计中可用黏性土层冻土计算强度 K_n 替代公式中的 σ_{td}/m 。

A.1.3 宜按维亚洛夫-扎列茨基公式(A.3)计算黏性土层控制层位的安全掘砌段高。

$$h = \frac{E_{dn} \cdot K_n}{\eta \cdot P_d} \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

η ——掘进段井帮上下两端的固定程度系数,当上端固定好(井壁发挥作用)而下端(掘进工作面)基本不冻结时取 $\sqrt{3}$,若上下两端均固定好时取 $\sqrt{3}/2$;

P_d ——为计算层位水平地压,单位为兆帕(MPa),取 $0.013H_c$ 。

A.1.4 冻结壁有效厚度的平均温度宜按公式(A.4)~公式(A.7)计算。

$$T_{0c} = T_b \left(1.135 - 0.352 \sqrt{L_d} - 0.785 \frac{1}{\sqrt[3]{E_1}} + 0.266 \sqrt{\frac{L_d}{E_1}} \right) - 0.466 \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

$$T_{c1} = T_{0c} + \Delta T_n \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

$$T_{c2} = T_{c1} + \gamma \cdot S \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

$$T_{c3} = \frac{T_{c1}(E_w + E_n) + T_s \cdot S}{E_w + E_n + S} \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

式中:

Δ ——井帮冻土温度每升降 1℃对单圈孔冻结壁有效厚度平均温度的影响系数,可取值 0.25~0.30;在多圈孔冻结应用的中后期, Δ 可取 0.4~0.5;

γ ——双圈孔冻结内、外孔圈之间部位对冻结壁平均温度的影响系数, $S=3\text{ m} \sim 2\text{ m}$ 时可取 $-0.8\text{ }^\circ\text{C/m} \sim -1.0\text{ }^\circ\text{C/m}$, $S=2\text{ m} \sim 1.5\text{ m}$ 时可取 $-1.0\text{ }^\circ\text{C/m} \sim -1.5\text{ }^\circ\text{C/m}$ 。

A.1.5 黏性土层冻土计算强度(K_n)宜根据冻土试验结果考虑安全系数后确定,取 σ_c/m_0 , σ_c 为冻土极限抗压强度, m_0 为安全系数,立方体试件按轴向快速加载($30\text{ s} \pm 5\text{ s}$)方式的实验结果 m_0 取 2.5,圆柱体试件按恒压应变速率($1.0\%/min$)轴向加载方式的实验结果 m_0 取 1.4。

砂性土层冻土计算强度(K_s)宜根据冻结壁平均温度参照图 A.1、图 A.2 的经验曲线确定。

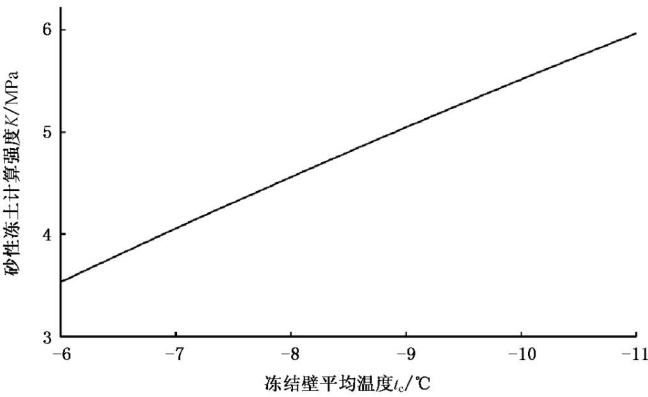


图 A.1 单圈孔冻结砂性冻土计算强度与冻结壁平均温度关系经验曲线

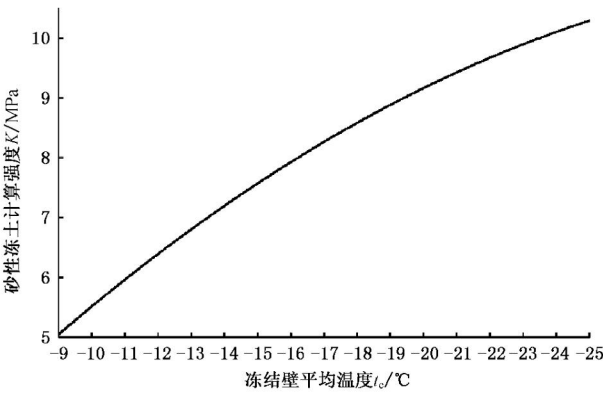


图 A.2 多圈孔冻结砂性冻土计算强度与冻结壁平均温度关系经验曲线

A.1.6 宜按冲积层厚度选取冻结盐水温度,见表 A.1。

表 A.1 冻结盐水温度与冲积层厚度的关系

冲积层厚度 m	200~300	300~400	400~500	500~600	>600
适宜的盐水温度 ℃	-26~-30	-28~-32	-30~-33	-32~-34	-34

A.1.7 冻结孔的偏斜率、靶域半径和成孔间距应符合 GB 50511 规定,且主冻结孔在冲积层段的成孔间距和向井心的径向偏值宜按表 A.2 选取。

表 A.2 主冻结孔在冲积层段的成孔间距及向井心径向偏值

单位为米

冲积层厚度		<200	200~300	300~400	400~500	500~600	>600
主冻结孔	成孔间距	2.0~2.2	2.2~2.4	2.4~2.6	2.6~2.8	2.8~3.0	≤3.0
	向井心径向偏值	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7

A.1.8 当采用以外圈为主冻结孔及中内圈增设适量辅助冻结孔、防片帮冻结孔时,宜按表 A.3 根据冲积层厚度与设计控制层位土性选取井帮温度。

表 A.3 按冲积层厚度与设计控制层位土性选取井帮温度

单位为摄氏度

冲积层厚度	土层性质	控制层位深度						
		<100	100~200	200~300	300~400	400~500	500~600	>600
<200	砂性土层	0~-2.0	-2.0~-4.0					
	黏性土层	1.0~-1.0	-1.0~-3.0					
200~300	砂性土层	0~-1.5	-1.5~-3.5	-3.0~-5.0				
	黏性土层	1.0~-1.0	-0.5~-2.0	-2.0~-4.0				
300~400	砂性土层	0~-1.5	-1.5~-3.0	-3.0~-5.0	-4.5~-7.5			
	黏性土层	1.0~0	0~-2.0	-2.0~-3.5	-3.5~-6.0			
400~500	砂性土层	0~-1.0	-0.5~-3.0	-2.5~-5.0	-4.5~-8.0	-7.0~-10.0		
	黏性土层	1.5~0	0~-2.0	-1.0~-3.5	-3.5~-6.0	-6.0~-8.0		
500~600	砂性土层	0~-1.0	-0.5~-3.0	-2.5~-5.0	-4.5~-8.5	-7.5~-11.0	-10.0~-13.0	
	黏性土层	1.5~0	0~-2.0	-1.5~-3.5	-4.0~-6.0	-6.0~-8.0	-8.0~-10.0	
>600	砂性土层	0~-1.0	-0.5~-3.0	-2.5~-5.0	-4.5~-8.5	-7.5~-11.0	-10.0~-13.0	-12.0~-14.0
	黏性土层	1.5~0	0~2.0	-1.5~-3.5	-4.0~-6.0	-6.0~-8.0	-8.0~-10.0	-9.0~-11.0

A.2 冻结孔布置

A.2.1 主冻结孔圈数、主冻结孔位置的选择

A.2.1.1 冻结孔圈布置方式宜参考表 A.4,综合冲积层厚度、冻结壁设计厚度、外孔圈距井帮距离等因素确定,大于 400 m 的冲积层冻结应采用多圈孔冻结。

A.2.1.2 主冻结孔位置应根据控制层位井帮温度及井帮温度的分布要求,结合冲积层厚度、冻结孔布置圈数、掘进荒径变化、掘砌速度设计、冻结调控预案进行冻结壁形成特性分析和预测,经优化确定。根据深厚冲积层冻结法凿井工程经验,宜采用以外圈为主冻结孔的布孔方式,易于满足冻结壁尽早交圈、浅部少片帮、深部少挖冻土、实现冻结调控的要求,有利于高强高性能混凝土井壁的施工及满足井壁与冻结壁的温度场耦合要求。

表 A.4 不同孔圈冻结的基本应用条件

单位为米

序号	不同孔圈冻结	基本应用条件		
		冲积层厚度	冻结壁设计厚度	外孔圈距井帮距离
1	单孔圈(不变冻结管径)	<200	≤3.0	<2.2
2	单孔圈(异径冻结管)	200~250	3.0~4.0	2.2~3.0
3	主孔圈+防片孔圈	250~350	3.5~6.0	3.0~3.5
4	主孔圈+辅助孔圈	350~400	5.5~7.0	3.5~4.5
5	多孔圈(主孔圈+辅助孔圈+防片孔圈)	>400	>7.0	>4.5

A.2.2 不同冻结孔圈冻结深度的确定

A.2.2.1 应根据井壁变截面埋深、地质条件和水文地质条件等确定各孔圈冻结孔深度。

A.2.2.2 单圈冻结孔、双圈和多圈的主冻结孔深度不应小于冻结深度，深入不透水基岩深度和超过冻结段井筒掘砌深度应符合表 A.5 和 GB 50511 的规定；辅助冻结孔深度应穿过冲积层深入基岩风化带 5 m 以上；防片帮冻结孔深度宜符合井筒连续施工的要求，可取冲积层厚度的 1/3~4/5。

表 A.5 单圈冻结孔、双圈和多圈孔的主冻结孔深入不透水基岩的深度

单位为米

冻结深度	≤300	300~400	400~500	>500
主冻结孔深入不透水基岩的深度	10	10~12	12~14	14~18

A.2.3 不同冻结孔圈布置圈直径的确定

A.2.3.1 单圈孔冻结时主冻结孔圈直径宜按公式(A.8)计算。

$$\phi_{z1} = D_n + 1.1E + 2\theta H_c \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

A.2.3.2 主孔圈内侧只增设防片孔圈时主冻结孔圈直径宜按公式(A.8)计算，防片帮冻结孔圈直径宜按(A.9)计算。

$$\phi_{p1} = D_n + 2(0.3L_z + \theta H_p) \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

A.2.3.3 主孔圈内侧增设辅助孔圈与防片孔圈冻结时主冻结孔圈直径宜按公式(A.10)计算，辅助孔圈直径宜按公式(A.11)计算，防片孔圈直径宜按公式(A.12)计算。

$$\phi_{z2} = D_n + 2[(E - E_w) + \theta H_c] \quad \dots\dots\dots (A.10)$$

$$\phi_{nf} = \phi_{z2} - 2S_{nf} \quad \dots\dots\dots (A.11)$$

$$\phi_{p2} = \phi_{nf} - 2S_{pf} \quad \dots\dots\dots (A.12)$$

A.2.3.4 主孔圈内、外侧均增设辅助孔圈时主冻结孔圈直径宜按公式(A.13)计算，主孔圈内侧、外侧增设的辅助孔圈直径宜分别按公式(A.14)、公式(A.15)计算。

$$\phi_{z3} = D_n + 2[(E - E_w - S_{wf}) + \theta H_c] \quad \dots\dots\dots (A.13)$$

$$\phi_{nf} = \phi_{z3} - 2S_{nf} \quad \dots\dots\dots (A.14)$$

$$\phi_{wf} = \phi_{z3} + 2S_{wf} \quad \dots\dots\dots (A.15)$$

式中：

θ ——冻结孔允许偏斜率，取 0.2%。

A.2.4 冻结孔布置参数和冻结参数优化

应结合井帮温度分布、计划掘砌速度、荒径变化和冻结工艺、技术水平，应用冻结壁形成特性分析方法，优化冻结孔布置参数和冻结参数。

附 录 B
(规范性)
混凝土抗裂性测试方法及评价

B.1 概述

本方法通过考察受约束的混凝土圆环试件在规定养护条件下的开裂趋势来评价混凝土的抗裂性。

B.2 试件制备

试件标准模具见图 B.1,包括内环(钢制)、外环和底座。浇筑成的混凝土圆环试件尺寸为:内径 305 mm,外径 425 mm(即壁厚 60 mm),高度 100 mm。每组圆环试件浇筑不少于 2 个。经振动成型后养护一定时间,拆去外模,将试件连同模具内环一起置于标准养护室中养护 7 d。

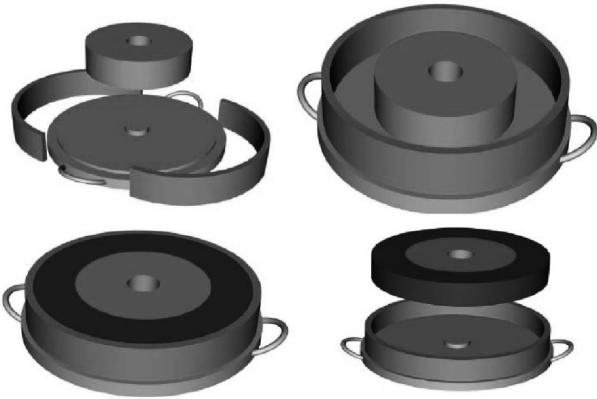


图 B.1 试件模具示意图

B.3 试验

混凝土试件养护 7 d,观察试件侧面是否出现裂缝。

B.4 试件抗裂性能的评价

混凝土抗裂试件养护 7 d,观察试件侧面是否出现裂缝,如果试件侧面没有出现裂缝,则判定抗裂性能合格;试件侧面出现裂缝,则判定抗裂性能不合格。

参 考 文 献

- [1] GB/T 15663.2—2008 煤矿科技术语 第2部分:井巷工程
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
立井冻结法凿井井壁应用 C80~C100
混凝土技术规程
GB/T 39963—2021

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

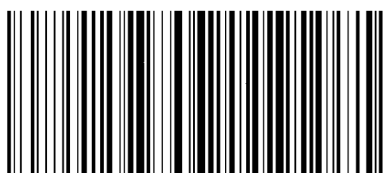
服务热线: 400-168-0010

2021年3月第一版

*

书号: 155066 · 1-67073

版权专有 侵权必究



GB/T 39963—2021



码上扫一扫 正版服务到