



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113279702 A

(43) 申请公布日 2021.08.20

(21) 申请号 202110618928.6

E21D 7/00 (2006.01)

(22) 申请日 2021.06.03

G06F 30/13 (2020.01)

G06F 119/14 (2020.01)

(71) 申请人 北京中煤矿山工程有限公司

地址 100013 北京市朝阳区和平里青年沟
路5号64号楼

申请人 中国水利水电第十四工程局有限公司

(72) 发明人 许峰 胡传安 刘志强 秦政
程守业 董之村 周武 李功子
于见水 李俊峰

(74) 专利代理机构 北京冠榆知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 11666

代理人 王道川

(51) Int.Cl.

E21B 15/00 (2006.01)

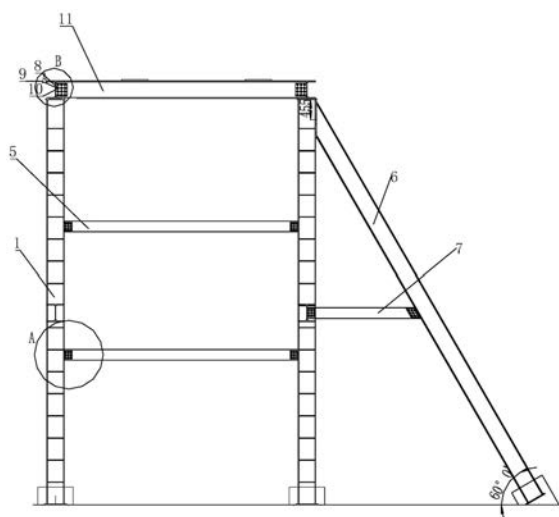
权利要求书6页 说明书14页 附图6页

(54) 发明名称

一种竖井扩挖凿井井架的设计方法

(57) 摘要

本发明公开一种竖井扩挖凿井井架的设计方法, (1) 竖井扩挖凿井井架的结构设计; (2) 竖井扩挖凿井井架的结构材料选择; (3) 竖井扩挖凿井井架的载荷和强度验证。本申请的承重主梁为单根整体高强度型钢设计, 通过计算完全可以完成井架的整体吊装平移工作。本申请的竖井扩挖凿井井架因不需要出矸翻矸作业系统, 悬吊布置简单, 既该类型井筒施工井架不需要进行井筒全断面区域覆盖, 只需要根据井内悬吊设备布置, 设计井架的底座跨度和天轮平台覆盖范围, 进一步减小新型井架的占地面积和占用空间。新型井架可以适用单边提升悬吊布置, 斜支撑采用单根整体高强度型钢, 受力均匀, 作用力与反作用力的释放均匀, 不会影响新型井架的受力状态。



1. 一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,其特征在于,包括如下方法:

- (1) 竖井扩挖凿井井架的结构设计;
- (2) 竖井扩挖凿井井架的结构材料选择;
- (3) 竖井扩挖凿井井架的载荷和强度验证。

2. 根据权利要求1所述的一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,其特征在于,在步骤(1)中,针对下水平出矸类型井筒的竖井扩挖凿井井架,包括天轮架平台、竖向立柱(1)、斜撑组和防滑钢板(13);四根所述竖向立柱(1)顶端与长方形的所述天轮架平台的四个端点固定连接;所述竖向立柱(1)低端与地面井口上预先在混凝土板中预埋钢板固定连接;所述斜撑组为上窄下宽的梯形结构,所述斜撑组的上端抵顶并固定连接在所述竖向立柱(1)顶端;所述斜撑组的下端与地面井口上预先在混凝土板中预埋钢板固定连接;所述斜撑组与地面的夹角为 60° ;所述天轮架平台上表面为防滑钢板(13),所述四根所述竖向立柱(1)通过立柱纵连接杆(5)固定连接。

3. 根据权利要求2所述的一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,其特征在于,所述天轮架平台包括一根承重主梁(19)、两根承重边梁(20)、两根纵梁(11)、两根横跨梁(12)、两根第一联络梁(21)和四根第二联络梁(22);

两根纵梁(11)相对、两根横跨梁(12)相对,且所述纵梁(11)与所述横跨梁(12)首尾固定连接;所述承重主梁(19)的两端分别与两根所述横跨梁(12)的中点固定连接;所述承重边梁(20)分别位于所述承重主梁(19)与所述纵梁(11)之间,且所述承重边梁(20)的两端与两根所述横跨梁(12)固定连接;所述第一联络梁(21)位于所述承重主梁(19)与所述承重边梁(20)之间,且所述第一联络梁(21)两端分别与所述承重主梁(19)与所述承重边梁(20)固定连接;所述第二联络梁(22)位于所述纵梁(11)与所述承重边梁(20)之间,且所述第二联络梁(22)两端分别与所述纵梁(11)与所述承重边梁(20)固定连接。

4. 根据权利要求3所述的一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,其特征在于,所述斜撑组包括两根主撑杆(6)、一根横连接杆(16)、纵连接杆(7)、上斜拉杆(14)、上斜立杆(15)、下斜拉杆(18)和下斜撑杆(17);两根所述主撑杆(6)的上端抵顶在一根所述横跨梁(12)的两端、并分别与所述竖向立柱(1)顶端固定连接;两根所述主撑杆(6)的下端与地面井口上预先在混凝土板中预埋钢板固定连接;所述横连接杆(16)的两端分别与两根所述主撑杆(6)的中点固定连接;所述上斜拉杆(14)上端与所述主撑杆(6)的顶端固定连接;所述上斜立杆(15)的两端分别与所述横跨梁(12)的中点和所述横连接杆(16)中点固定连接;所述上斜拉杆(14)下端与所述横连接杆(16)的中点固定连接,所述上斜拉杆(14)上端与所述主撑杆(6)的顶端固定连接;所述下斜撑杆(17)的上端与所述横连接杆(16)的中点固定连接,所述下斜撑杆(17)的下端与所述主撑杆(6)的底端固定连接;所述下斜拉杆(18)的上端与所述主撑杆(6)的中点固定连接,所述下斜拉杆(18)的下端与所述下斜撑杆(17)的中点固定连接;所述纵连接杆(7)的一端与所述竖向立柱(1)的一端固定连接,所述纵连接杆(7)的另一端与所述主撑杆(6)和所述横连接杆(16)固定连接。

5. 根据权利要求4所述的一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,其特征在于,在步骤(2)中,所述天轮架平台、所述竖向立柱(1)和所述斜撑组为HW-400 $\times$ 400的型钢。

6. 根据权利要求5所述的一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,其特征在于,在步骤(3)中,对所述天轮架平台的承重主梁(19)和承重边梁(20)进行承重验算,对竖向立柱(1)和主

撑杆(6)进行承重验算,对竖井扩挖凿井井架基础进行验算。

7.根据权利要求6所述的一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,其特征在于,承重主梁(19)验证:

承重主梁(19)静力计算:

单跨梁形式:两端固定梁;

计算模型基本参数:长 $L=5.4\text{m}$, $a=0.9\text{m}$;a为承重主梁(19)的端点A和B分别距离受力点C和D的距离;

集中力:标准值 $P_k=P_g+P_q=10+160=170\text{KN}$,其中恒载为竖井扩挖凿井井架及天轮架单根自重按 10KN 计算,活载为提升罐笼和人员设备的重量,按 160KN 计算;其中: P_k 为集中力的标准值; P_g 为恒载、 P_q 为活载;

集中力的设计值 $P_d=P_g\times\gamma_G+P_q\times\gamma_Q=10\times1.2+160\times1.4=236\text{KN}$;其中: γ_G 为恒载应用计算安全系数、 γ_Q 活载应用计算安全系数;

承重主梁(19)受荷截面:

截面类型:H型钢: $400\times400\times13\times21$;

截面特性:截面对x轴的惯性距 $I_x=65361.58\text{cm}^4$;截面对x轴的抵抗矩 $W_x=3268.07\text{cm}^3$;型心对x轴的静距 $S_x=1800.06\text{cm}^3$;截面静载荷 $G=168.41\text{kg/m}$;翼缘厚度 $t_f=21\text{mm}$;腹板厚度 $t_w=13\text{mm}$;

承重主梁(19)材质:Q235,x轴塑性发展系数 $\gamma_x:1.05$;承重主梁(19)的挠度控制 $[v]:L/250$;

承重主梁(19)的内力计算,承重主梁(19)的两个端点分别为A点和B点:

支座反力 $R_A=P_d=236\text{KN}$,支座反力 $R_B=R_A=236\text{KN}$,最大弯矩 $M_{\max}=P_d\times a\times a/L=35.4\text{KN}\cdot\text{M}$;

承重主梁(19)的强度及刚度验算:

弯曲正应力: $\sigma_{\max}=M_{\max}/(\gamma_x\times W_x)=10.32\text{N/mm}^2$;

A处剪应力 $\tau_A=R_A\times S_x/(I_x\times t_w)=50\text{N/mm}^2$

B处剪应力 $\tau_B=R_B\times S_x/(I_x\times t_w)=50\text{N/mm}^2$

最大挠度 $f_{\max}=P_k\times a\times a\times L/24\times(3-4\times a/L)\times1/(E\times I)=0.54\text{mm}$;E代表弹性截面模量,单位 N/mm^2 ;I代表截面惯性距,单位 mm^4 ;

相对挠度 $v=f_{\max}/L=1/10057.5$;

弯曲正应力 $\sigma_{\max}=10.32\text{N/mm}^2<$ 抗弯设计值 $f:205\text{N/mm}^2$;符合要求;

支座最大剪应力 $\tau_{\max}=50\text{N/mm}^2<$ 抗剪设计值 $f_v:125\text{N/mm}^2$;符合要求;

跨中挠度相对值 $v=L/10057.5<$ 挠度控制值 $[v]:L/250$;符合要求;

承重主梁(19)的弯曲正应力、支座最大剪应力和跨中挠度相对值均符合要求,验证通过。

8.根据权利要求6所述的一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,其特征在于,承重边梁(20)验证:

承重边梁(20)的静力计算

单跨梁形式:两端固定梁;

计算模型基本参数:长 $L=5.4\text{m}$, $c=1.35\text{m}$;c为相邻集中力间距;承重边梁(20)被平均

分成5段,每段的距离为c;

集中力:标准值 $P_k = P_g + P_q = 10 + 23 = 33\text{KN}$,其中恒载为竖井扩挖凿井井架及天轮架单根计算自重按10KN计算,活载为中间跨两端支座压力,按23KN计算;其中 P_k 为集中力的标准值; P_g 为恒载、 P_q 为活载;

设计值 $P_d = P_g \times \gamma_G + P_q \times \gamma_Q = 10 \times 1.2 + 23 \times 1.4 = 44.2\text{KN}$;其中: γ_G 为恒载应用计算安全系数、 γ_Q 活载应用计算安全系数;

承重边梁(20)的受荷截面:

截面类型:H型钢:400×400×13×21;

截面特性:截面对x轴的惯性距 $I_x = 65361.58\text{cm}^4$,截面对x轴的抵抗矩 $W_x = 3268.07\text{cm}^3$,型心对x轴的静距 $S_x = 1800.06\text{cm}^3$;截面静载荷 $G = 168.41\text{kg/m}$;翼缘厚度 $t_f = 21\text{mm}$ 腹板厚度 $t_w = 13\text{mm}$;

承重边梁(20)材质:Q235,x轴塑性发展系数 $\gamma_x:1.05$,梁的挠度控制 $[v]:L/250$;

承重边梁(20)的内力计算,承重边梁(20)的两个端点分别为A点和B点:

支座反力 $R_A = (N-1)/2 \times P_d = 66.3\text{KN}$,支座反力 $R_B = R_A = 66.3\text{KN}$;最大弯矩 $M_{\max} = (N \times N+2)/(24 \times N) \times P_d \times L = 44.75\text{KN.M}$,其中力矩比值 $N=L/c$;

承重边梁(20)的强度及刚度验算结果:

弯曲正应力 $\sigma_{\max} = M_{\max}/(\gamma_x \times W_x) = 13.04\text{N/mm}^2$;

B处剪应力 $\tau_B = R_B \times S_x/(I_x \times t_w) = 14.05\text{N/mm}^2$;

最大挠度 $f_{\max} = N \times P_k \times L^3/384 \times 1/(E \times I) = 4\text{mm}$,其中 $N=L/c$;

相对挠度 $v = f_{\max}/L = 1/13432.6$;

弯曲正应力 $\sigma_{\max} = 13.04\text{N/mm}^2 < \text{抗弯设计值} f:205\text{N/mm}^2$;符合要求;

支座最大剪应力 $\tau_{\max} = 14.05\text{N/mm}^2 < \text{抗剪设计值} f_v:125\text{N/mm}^2$;符合要求;

跨中挠度相对值 $v = L/13432.6 < \text{挠度控制值} [v]:L/250$;符合要求;

承重边梁(20)的弯曲正应力、支座最大剪应力和跨中挠度相对值均符合要求,验证通过。

9.根据权利要求6所述的一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,其特征在于,竖向立柱(1)的验证:

构件材料特性:

材料名称:Q235,构件截面的最大厚度:21.00mm,设计强度:205.00N/mm²,屈服强度:235.00N/mm²,截面特性,截面名称:双轴对称焊接工字钢: $b=400\text{mm}$,翼缘板宽度 $[3d \leq b \leq 40t]:400\text{mm}$,腹板厚度 $[(h-2t)/40 \leq d \leq b/3]:13\text{mm}$,翼缘板厚度 $[b/40 \leq t]:21\text{mm}$,截面高度 $[4t \leq h \leq (40d+2t)]:400\text{mm}$,缀件类型:构件高度:9.710m,容许强度安全系数:1.00,容许稳定性安全系数:1.00;

荷载信息:

恒载分项系数:1.20,活载分项系数:1.40,活载调整系数:1.00,考虑自重,轴向恒载标准值:12.500kN,主要为天轮架自重,自重按50KN计算,折算至每个竖向立柱(1)的力为 $50 \div 4 = 12.5\text{KN}$,轴向活载标准值:65.000kN,

偏心距 $E_x:171.0\text{cm}$,偏心距 $E_y:0.0\text{cm}$;

端部约束信息:

X-Z平面内顶部约束类型:固定,

X-Z平面内底部约束类型:固定,

X-Z平面内计算长度系数:0.65,

Y-Z平面内顶部约束类型:固定,

Y-Z平面内底部约束类型:固定,

Y-Z平面内计算长度系数:0.65;

截面几何特性:

抗拉强度:205.00N/mm²,抗压强度:205.00N/mm²,抗弯强度:205.00N/mm²,抗剪强度:120.00N/mm²,屈服强度:235.00N/mm²,密度:785.00kg/m³;

稳定信息:

绕X轴弯曲:长细比: $\lambda_x=36.16$,轴心受压整体稳定系数: $\varphi_x=0.913$,均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数: $\varphi_{by}=1.000$,最小稳定性安全系数:1.38,最大稳定性安全系数:1.38,最小稳定性安全系数对应的截面到构件顶端的距离:9.710m,最大稳定性安全系数对应的截面到构件顶端的距离:0.000m,绕X轴最不利位置稳定应力按《钢结构规范》公式(5.2.5-1):

$$\begin{aligned} & \frac{N}{\varphi_x A} + \frac{\beta_{mx} M_x}{r_x W_x \left(1 - 0.8 \frac{N}{N'_{Ex}} \right)} + \eta \frac{\beta_{ty} M_y}{\varphi_{by} W_y} \\ &= \frac{107962}{0.913 \times 21454} + \frac{1 \times 0}{1.05 \times 3268080 \left(1 - 0.8 \times \frac{107962}{30327164} \right)} + 1.0 \times \frac{1 \times 181260000}{1.000 \times 1120328} \\ &= 167.3008 \text{ N/mm}^2 < 205.00 \text{ N/mm}^2, \text{ 满足要求;} \end{aligned}$$

其中:N为构件承受的轴力标准值; φ_x 为x轴心受压整体稳定系数;A—截面净截面面积; β_{mx} —x轴压弯构件稳定的等效弯矩系数; r_x —x轴塑性发展系数; W_x —x轴弯矩作用平面内较大受压纤维的毛截面抵抗距; β_{tx} —x轴压弯构件稳定的等效弯矩系数; M_x —x轴所计算构件段范围内最大弯矩; N'_{Ex} —欧拉临界力,对截面x轴; η —轴心受力加固构件强度降低系数; β_{ty} —y轴等效弯矩系数; M_y —y轴所计算构件段范围内x轴的最大弯矩; φ_{by} —Y轴均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数; W_y —y轴弯矩作用平面内较大受压纤维的毛截面抵抗距,对截面y轴;

绕Y轴弯曲:

长细比: $\lambda_y=61.76$,轴心受压整体稳定系数: $\varphi_y=0.697$,均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数: $\varphi_{bx}=0.983$,最小稳定性安全系数:1.62,最大稳定性安全系数:1.62,最小稳定性安全系数对应的截面到构件顶端的距离:9.710m,最大稳定性安全系数对应的截面到构件顶端的距离:0.000m,绕Y轴最不利位置稳定应力按《钢结构规范》公式(5.2.5-2)

$$\frac{N}{\varphi_y A} + \eta \frac{\beta_{tx} M_x}{\varphi_{bx} W_x} + \frac{\beta_{my} M_y}{r_y W_y \left(1 - 0.8 \frac{N}{N'_{Ey}} \right)}$$

$$= \frac{107962}{0.697 \times 21454} + 1.0 \times \frac{1 \times 0}{0.983 \times 3268080} + \frac{1 \times 181260000}{1.20 \times 1120328 \left(1 - 0.8 \times \frac{107962}{10396433} \right)}$$

$$= 143.1755 N/mm^2 < 205.00 N/mm^2, \text{ 满足要求;}$$

其中:N为构件承受的轴力标准值; φ_y 为y轴心受压整体稳定系数;A—截面净截面面积;
A—截面净截面面积; β_{tx} —x轴等效弯矩系数; M_x —x轴所计算构件段范围内最大弯矩;
 φ_{bx} —x轴均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数; W_x —x轴弯矩作用平面内较大受压纤维的毛
截面抵抗距; β_{my} —y轴压弯构件稳定的等效弯矩系数; M_y —y轴所计算构件段范围内最大弯
矩; r_y —y轴塑性发展系数; W_y —y轴弯矩作用平面内较大受压纤维的毛截面抵抗距; M_y —所
计算构件段范围内x轴的最大弯矩; N'_{Ey} —欧拉临界力,对截面y轴;

强度信息:

最大强度安全系数:1.65,最小强度安全系数:1.65,最大强度安全系数对应的截面到
构件顶端的距离:0.000m,最小强度安全系数对应的截面到构件顶端的距离:9.710m,计算
荷载:95.96kN,受力状态:绕Y轴单弯;

最不利位置强度应力按《钢结构规范》公式(5.2.1)

$$\frac{N}{A_n} + \frac{M_y}{r_y W_{ny}} = \frac{95962}{21454} + \frac{160740}{1.20 \times 1120328} = 124.0361 N/mm^2 < 205.00 N/mm^2,$$

满足要求;

其中, A_n —计算截面净截面面积;N—构件承受的轴力标准值; M_y —所计算构件段范围内
x轴的最大弯矩; r_y —y轴塑性发展系数; W_{ny} —对y轴的净截面抵抗距。

10. 根据权利要求6所述的一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,其特征在于,竖井扩挖
凿井井架基础验算:

在井口新增加一圈井台C30混凝土,混凝土边缘距离井口3m,预先在混凝土板中预埋钢
板与竖井扩挖凿井井架连接,混凝土基础厚度为0.8m,双向配筋:

受冲切承载力计算:计算是按不配钢筋计算,根据《水工混凝土结构设计规范》,受冲切
承载力计算如下:

$$F_l \leq \frac{1}{\gamma_d} (0.7\eta\beta_h f_t u_m h_0);$$

$$\eta = 0.4 + \frac{1.2}{\beta_s}$$

F_l :局部荷载设计值或集中反力设计值,对板柱结构的节点,取柱所承受的轴向压力设
计值的层间差值减去冲切破坏锥体内板所承受的荷载设计值;

γ_d :钢筋混凝土结构的结构系数;

f_t :混凝土轴心抗拉强度设计值,

h_0 :板的有效高度,取两个配筋方向的界面有效高度的平均值;

u_m :临界截面的周长,距离局部荷载或集中反力作用面积周边 $h_0/2$ 处板垂直截面的最不利周长;

η :局部荷载或集中反力作用面积形状的影响系数;

β_h :截面高度影响系数;

β_s :局部荷载或集中反力作用面为矩形时的长边与短边尺寸的比值, β_s 不宜大于4;当 $\beta_s < 2$ 时,取 $\beta_s = 2$;当作用面为圆形时,取 $\beta_s = 2$;

其中受压面积预埋板的面积,即 $500 \times 500 \text{mm}$,单个点的设计值 F_1 为竖井扩挖凿井井架的自重加荷载,这里取 $(40+26)/4 = 16.5 \text{t} = 165 \text{KN}$, γ_d 取1.2, f_t 取 1.43N/mm^2 , $h_0 = 0.8 \text{m}$, u_m 为 5.2m , β_s 取2, $\eta = 1$, $\beta_h = 1$,可计算 $F_1 = 165 \text{KN} \leq 0.7 \times 1.43 \times 5200 \times 800 / 1.2 = 3470 \text{KN}$,满足要求;

地基承载力计算:

地基承载力按轴心荷载作用考虑,依据《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011第5.2.1条计算公式为, $p_k < f_a$,即可满足要求;

p_k :相应于作用的标准组合时,基础底面处的评价压力值kPa;

f_a :地基承载力特征值(kPa),根据蓝图,本工程回填后的地基承载力不小于 150KPa ;

依据《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011第5.2.1条,基础底面压力计算公式为:

$$p_k = \frac{(F_k + G_k)}{A}$$

p_k :相应于作用的标准组合时,基础底面处的平均压力值kPa;

F_k :相应于作用的标准组合时,上部结构传至基础顶面的竖向力值(KN),为竖井扩挖凿井井架的自重加荷载,取 $1.4 \times (40+26) = 92.4 \text{t} = 924 \text{KN}$;

G_k :基础自重及基础上的土重KN,钢筋混凝土取 2.5t/m^3 , $G_k = 1.2 \times 122.52 \times 0.8 \times 2.5 = 294.048 \text{t} = 2940.5 \text{KN}$;

A :基础底面面积 m^2 ;面积为 122.52m^2 ;

$$p_k = \frac{(F_k + G_k)}{A} = \frac{924 + 2940.5}{122.52} = 31.54 \text{KPa} < f_a = 150 \text{KPa}; \text{满足要求。}$$

一种竖井扩挖凿井井架的设计方法

技术领域

[0001] 本发明涉及矿井井架设计技术领域。具体地说是一种竖井扩挖凿井井架的设计方法。

背景技术

[0002] 井架是在钻井或修井过程中,用于安放天车,悬挂游车、大钩、吊环、吊卡等机具,以及起下、存放钻杆、油管及抽油杆的装置。

[0003] 现有技术中井架均为煤矿永久性的管式井架,永久性井架采用短根钢管法兰螺栓连接,安装精度高,但是不能整体平移作业。如果强行进行平行作业,会使得管式井架扭曲,即便进行了移动,也不能再次使用。

[0004] 因此现有永久性的管式井架完全不适用于井筒扩挖凿井过程中使用,竖井扩挖凿井井架需要在井筒施工完成后,进行移动,因而要求重量轻,移动过程中不变形,可以再次使用。

发明内容

[0005] 为此,本发明所要解决的技术问题在于提供的一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,通过合理设计,得到重量轻,易于移动,且不易变形的竖井扩挖凿井井架。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提供如下技术方案:

[0007] 一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,包括如下方法:

[0008] (1) 竖井扩挖凿井井架的结构设计;

[0009] (2) 竖井扩挖凿井井架的结构材料选择;

[0010] (3) 竖井扩挖凿井井架的载荷和强度验证。

[0011] 上述一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,在步骤(1)中,针对下水平出矸类型井筒的竖井扩挖凿井井架,包括天轮架平台、竖向立柱、斜撑组和防滑钢板;四根所述竖向立柱顶端与长方形的所述天轮架平台的四个端点固定连接;所述竖向立柱低端与地面井口上预先在混凝土板中预埋钢板固定连接;所述斜撑组为上窄下宽的梯形结构,所述斜撑组的上端抵顶并固定连接在所述竖向立柱顶端;所述斜撑组的下端与地面井口上预先在混凝土板中预埋钢板固定连接;所述斜撑组与地面的夹角为 60° ;所述天轮架平台上表面为防滑钢板,所述四根所述竖向立柱通过立柱纵连接杆固定连接。

[0012] 上述一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,所述天轮架平台包括一根承重主梁、两根承重边梁、两根纵梁、两根横跨梁、两根第一联络梁和四根第二联络梁;

[0013] 两根纵梁相对、两根横跨梁相对,且所述纵梁与所述横跨梁首尾固定连接;所述承重主梁的两端分别与两根所述横跨梁的中点固定连接;所述承重边梁分别位于所述承重主梁与所述纵梁之间,且所述承重边梁的两端与两根所述横跨梁固定连接;所述第一联络梁位于所述承重主梁与所述承重边梁之间,且所述第一联络梁两端分别与所述承重主梁与所述承重边梁固定连接;所述第二联络梁位于所述纵梁与所述承重边梁之间,且所述第二联

络梁两端分别与所述纵梁与所述承重边梁固定连接。

[0014] 上述一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,所述斜撑组包括两根主撑杆、一根横连接杆、纵连接杆、上斜拉杆、上斜立杆、下斜拉杆和下斜撑杆;两根所述主撑杆的上端抵顶在一根所述横跨梁的两端、并分别与所述竖向立柱顶端固定连接;两根所述主撑杆的下端与地面井口上预先在混凝土板中预埋钢板固定连接;所述横连接杆的两端分别与两根所述主撑杆的中点固定连接;所述上斜拉杆上端与所述主撑杆的顶端固定连接;所述上斜立杆的两端分别与所述横跨梁的中点和所述横连接杆中点固定连接;所述上斜拉杆下端与所述横连接杆的中点固定连接,所述上斜拉杆上端与所述主撑杆的顶端固定连接;所述下斜撑杆的上端与述横连接杆的中点固定连接,所述下斜撑杆的下端与所述主撑杆的底端固定连接;所述下斜拉杆的上端与所述主撑杆的中点固定连接,所述下斜拉杆的下端与所述下斜撑杆的中点固定连接;所述纵连接杆的一端与所述竖向立柱的一端固定连接,所述纵连接杆的另一端与所述主撑杆和所述横连接杆固定连接。

[0015] 上述一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,在步骤(2)中,所述天轮架平台、所述竖向立柱和所述斜撑组为HW-400×400的型钢。

[0016] 上述一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,在步骤(3)中,对所述天轮架平台的承重主梁和承重边梁进行承重验算,对竖向立柱和主撑杆进行承重验算,对竖井扩挖凿井井架基础进行验算。

[0017] 上述一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,承重主梁验证:

[0018] 承重主梁静力计算:

[0019] 单跨梁形式:两端固定梁;

[0020] 计算模型基本参数:长 $L=5.4\text{m}$, $a=0.9\text{m}$;a为承重主梁的端点A和B分别距离受力点C和D的距离;

[0021] 集中力:标准值 $P_k=P_g+P_q=10+160=170\text{KN}$,其中恒载为竖井扩挖凿井井架及天轮架单根自重按 10KN 计算,活载为提升罐笼和人员设备的重量,按 160KN 计算;其中: P_k 为集中力的标准值; P_g 为恒载、 P_c 为活载;

[0022] 集中力的设计值 $P_d=P_g\times\gamma G+P_q\times\gamma Q=10\times1.2+160\times1.4=236\text{KN}$;其中: γG 为恒载应用计算安全系数、 γQ 活载应用计算安全系数;

[0023] 承重主梁受荷截面:

[0024] 截面类型:H型钢: $400\times400\times13\times21$;

[0025] 截面特性:截面对x轴的惯性距 $I_x=65361.58\text{cm}^4$;截面对x轴的抵抗矩 $W_x=3268.07\text{cm}^3$;型心对x轴的静距 $S_x=1800.06\text{cm}^3$;截面静载荷 $G=168.41\text{kg/m}$;翼缘厚度 $t_f=21\text{mm}$;腹板厚度 $t_w=13\text{mm}$;

[0026] 承重主梁材质:Q235,x轴塑性发展系数 $\gamma_x:1.05$;承重主梁的挠度控制 $[v]:L/250$;

[0027] 承重主梁的内力计算,承重主梁的两个端点分别为A点和B点:

[0028] 支座反力 $R_A=P_d=236\text{KN}$,支座反力 $R_B=R_A=236\text{KN}$,最大弯矩 $M_{\max}=P_d\times a\times a/L=35.4\text{KN}\cdot\text{M}$;

[0029] 承重主梁的强度及刚度验算:

[0030] 弯曲正应力: $\sigma_{\max}=M_{\max}/(\gamma_x\times W_x)=10.32\text{N/mm}^2$;

- [0031] A处剪应力 $\tau_A = RA \times S_x / (I_x \times t_w) = 50 \text{N/mm}^2$
- [0032] B处剪应力 $\tau_B = RB \times S_x / (I_x \times t_w) = 50 \text{N/mm}^2$
- [0033] 最大挠度 $f_{\max} = P_k \times a \times a \times L / 24 \times (3 - 4 \times a / L) \times 1 / (E \times I) = 0.54 \text{mm}$; E代表弹性截面模量, 单位 n/mm^2 ; I代表截面惯性距, 单位 mm^4 ;
- [0034] 相对挠度 $v = f_{\max} / L = 1 / 10057.5$;
- [0035] 弯曲正应力 $\sigma_{\max} = 10.32 \text{N/mm}^2 < \text{抗弯设计值 } f : 205 \text{N/mm}^2$; 符合要求;
- [0036] 支座最大剪应力 $\tau_{\max} = 50 \text{N/mm}^2 < \text{抗剪设计值 } f_v : 125 \text{N/mm}^2$; 符合要求;
- [0037] 跨中挠度相对值 $v = L / 10057.5 < \text{挠度控制值 } [v] : L / 250$; 符合要求;
- [0038] 承重主梁的弯曲正应力、支座最大剪应力和跨中挠度相对值均符合要求, 验证通过。
- [0039] 上述一种竖井扩挖凿井井架的设计方法, 承重边梁验证:
- [0040] 承重边梁的静力计算
- [0041] 单跨梁形式: 两端固定梁;
- [0042] 计算模型基本参数: 长 $L = 5.4 \text{m}$, $c = 1.35 \text{m}$; c为相邻集中力间距; 承重边梁被平均分成5段, 每段的距离为c;
- [0043] 集中力: 标准值 $P_k = P_g + P_q = 10 + 23 = 33 \text{KN}$, 其中恒载为竖井扩挖凿井井架及天轮架单根计算自重按 10KN 计算, 活载为中间跨两端支座压力, 按 23KN 计算; 其中 P_k 为集中力的标准值; P_g 为恒载、 P_c 为活载;
- [0044] 设计值 $P_d = P_g \times \gamma_G + P_q \times \gamma_Q = 10 \times 1.2 + 23 \times 1.4 = 44.2 \text{KN}$; 其中: γ_G 为恒载应用计算安全系数、 γ_Q 活载应用计算安全系数;
- [0045] 承重边梁的受荷截面:
- [0046] 截面类型: H型钢: $400 \times 400 \times 13 \times 21$;
- [0047] 截面特性: 截面对x轴的惯性距 $I_x = 65361.58 \text{cm}^4$, 截面对x轴的抵抗矩 $W_x = 3268.07 \text{cm}^3$, 型心对x轴的静距 $S_x = 1800.06 \text{cm}^3$; 截面静载荷 $G = 168.41 \text{kg/m}$; 翼缘厚度 $t_f = 21 \text{mm}$ 腹板厚度 $t_w = 13 \text{mm}$;
- [0048] 承重边梁材质: Q235, x轴塑性发展系数 $\gamma_x : 1.05$, 梁的挠度控制 $[v] : L / 250$;
- [0049] 承重边梁的内力计算, 承重边梁的两个端点分别为A点和B点:
- [0050] 支座反力 $RA = (N - 1) / 2 \times P_d = 66.3 \text{KN}$, 支座反力 $RB = RA = 66.3 \text{KN}$; 最大弯矩 $M_{\max} = (N \times N + 2) / (24 \times N) \times P_d \times L = 44.75 \text{KN.M}$, 其中力矩比值 $N = L \setminus c$;
- [0051] 承重边梁的强度及刚度验算结果:
- [0052] 弯曲正应力 $\sigma_{\max} = M_{\max} / (\gamma_x \times W_x) = 13.04 \text{N/mm}^2$;
- [0053] B处剪应力 $\tau_B = RB \times S_x / (I_x \times t_w) = 14.05 \text{N/mm}^2$;
- [0054] 最大挠度 $f_{\max} = N \times P_k \times L^3 / 384 \times 1 / (E \times I) = 4 \text{mm}$, 其中 $N = L \setminus c$;
- [0055] 相对挠度 $v = f_{\max} / L = 1 / 13432.6$;
- [0056] 弯曲正应力 $\sigma_{\max} = 13.04 \text{N/mm}^2 < \text{抗弯设计值 } f : 205 \text{N/mm}^2$; 符合要求;
- [0057] 支座最大剪应力 $\tau_{\max} = 14.05 \text{N/mm}^2 < \text{抗剪设计值 } f_v : 125 \text{N/mm}^2$; 符合要求;
- [0058] 跨中挠度相对值 $v = L / 13432.6 < \text{挠度控制值 } [v] : L / 250$; 符合要求;
- [0059] 承重边梁的弯曲正应力、支座最大剪应力和跨中挠度相对值均符合要求, 验证通过。

[0060] 上述一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,竖向立柱的验证:

[0061] 构件材料特性:

[0062] 材料名称:Q235,构件截面的最大厚度:21.00mm,设计强度:205.00N/mm²,屈服强度:235.00N/mm²,截面特性,截面名称:双轴对称焊接工字钢:b=400mm,翼缘板宽度[3d≤b≤40t]:400mm,腹板厚度[(h-2t)/40≤d≤b/3]:13mm,翼缘板厚度[b/40≤t]:21mm,截面高度[4t≤h≤(40d+2t)]:400mm,缀件类型:构件高度:9.710m,容许强度安全系数:1.00,容许稳定性安全系数:1.00;

[0063] 荷载信息:

[0064] 恒载分项系数:1.20,活载分项系数:1.40,活载调整系数:1.00,考虑自重,轴向恒载标准值:12.500kN,主要为天轮架自重,自重按50kN计算,折算至每个竖向立柱的力为50÷4=12.5kN,轴向活载标准值:65.000kN,偏心距Ex:171.0cm,偏心距Ey:0.0cm;

[0065] 端部约束信息:

[0066] X-Z平面内顶部约束类型:固定,

[0067] X-Z平面内底部约束类型:固定,

[0068] X-Z平面内计算长度系数:0.65,

[0069] Y-Z平面内顶部约束类型:固定,

[0070] Y-Z平面内底部约束类型:固定,

[0071] Y-Z平面内计算长度系数:0.65;

[0072] 截面几何特性:

[0073] 抗拉强度:205.00N/mm²,抗压强度:205.00N/mm²,抗弯强度:205.00N/mm²,抗剪强度:120.00N/mm²,屈服强度:235.00N/mm²,密度:785.00kg/m³;

[0074] 稳定信息:

[0075] 绕X轴弯曲:长细比:λ_x=36.16,轴心受压整体稳定系数:φ_x=0.913,均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数:φ_{by}=1.000,最小稳定性安全系数:1.38,最大稳定性安全系数:1.38,最小稳定性安全系数对应的截面到构件顶端的距离:9.710m,最大稳定性安全系数对应的截面到构件顶端的距离:0.000m,绕X轴最不利位置稳定应力按《钢结构规范》公式(5.2.5-1):

$$\begin{aligned}
 [0076] \quad & \frac{N}{\varphi_x A} + \frac{\beta_{mx} M_x}{r_x W_x \left(1 - 0.8 \frac{N}{N'_{Ex}} \right)} + \eta \frac{\beta_{ty} M_y}{\varphi_{by} W_y} \\
 [0077] \quad & = \frac{107962}{0.913 \times 21454} + \frac{1 \times 0}{1.05 \times 3268080 \left(1 - 0.8 \times \frac{107962}{30327164} \right)} + 1.0 \times \frac{1 \times 181260000}{1.000 \times 1120328} \\
 & = 167.3008 \text{ N/mm}^2 < 205.00 \text{ N/mm}^2, \text{ 满足要求;}
 \end{aligned}$$

[0078] 其中:N为构件承受的轴力标准值;φ_x为x轴心受压整体稳定系数;A—截面净截面积;β_{mx}—x轴压弯构件稳定的等效弯矩系数;r_x—x轴塑性发展系数;W_x—x轴弯矩作用平

面内较大受压纤维的毛截面抵抗距; β_{mx} —x轴压弯构件稳定的等效弯矩系数; M_x —x轴所计算构件段范围内最大弯矩; N'_{Ex} —欧拉临界力,对截面x轴; η —轴心受力加固构件强度降低系数; β_{ty} —y轴等效弯矩系数; M_y —y轴所计算构件段范围内x轴的最大弯矩; φ_{by} —y轴均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数; W_y —y轴弯矩作用平面内较大受压纤维的毛截面抵抗距,对截面y轴;

[0079] 绕Y轴弯曲:

[0080] 长细比: $\lambda_y=61.76$,轴心受压整体稳定系数: $\phi_y=0.697$,均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数: $\phi_{bx}=0.983$,最小稳定性安全系数:1.62,最大稳定性安全系数:1.62,最小稳定性安全系数对应的截面到构件顶端的距离:9.710m,最大稳定性安全系数对应的截面到构件顶端的距离:0.000m,绕Y轴最不利位置稳定应力按《钢结构规范》公式(5.2.5-2)

$$\begin{aligned}
 & \frac{N}{\phi_y A} + \eta \frac{\beta_{tx} M_x}{\phi_{bx} W_x} + \frac{\beta_{my} M_y}{r_y W_y \left(1 - 0.8 \frac{N}{N'_{Ey}} \right)} \\
 [0081] \quad & = \frac{107962}{0.697 \times 21454} + 1.0 \times \frac{1 \times 0}{0.983 \times 3268080} + \frac{1 \times 181260000}{1.20 \times 1120328 \left(1 - 0.8 \times \frac{107962}{10396433} \right)} \\
 & = 143.1755 \text{ N/mm}^2 < 205.00 \text{ N/mm}^2, \text{ 满足要求;}
 \end{aligned}$$

[0082] 其中:N为构件承受的轴力标准值, ϕ_y 为y轴心受压整体稳定系数;A—截面净截面面积; β_{tx} —x轴等效弯矩系数; M_x —x轴所计算构件段范围内最大弯矩; ϕ_{bx} —x轴均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数; W_x —x轴弯矩作用平面内较大受压纤维的毛截面抵抗距; β_{my} —y轴压弯构件稳定的等效弯矩系数; M_y —y轴所计算构件段范围内最大弯矩; r_y —y轴塑性发展系数; W_y —y轴弯矩作用平面内较大受压纤维的毛截面抵抗距; M_y —所计算构件段范围内x轴的最大弯矩; N'_{Ey} —欧拉临界力,对截面y轴;

[0083] 强度信息:

[0084] 最大强度安全系数:1.65,最小强度安全系数:1.65,最大强度安全系数对应的截面到构件顶端的距离:0.000m,最小强度安全系数对应的截面到构件顶端的距离:9.710m,计算荷载:95.96kN,受力状态:绕Y轴单弯;

[0085] 最不利位置强度应力按《钢结构规范》公式(5.2.1)

$$[0086] \quad \frac{N}{A_n} + \frac{M_y}{r_y W_{ny}} = \frac{95962}{21454} + \frac{160740}{1.20 \times 1120328} = 124.0361 \text{ N/mm}^2 < 205.00 \text{ N/mm}^2,$$

满足要求;

[0087] 其中, A_n —计算截面净截面面积;N—构件承受的轴力标准值; M_y —所计算构件段范围内x轴的最大弯矩; r_y —y轴塑性发展系数; W_{ny} —对y轴的净截面抵抗距。

[0088] 上述一种竖井扩挖凿井井架的设计方法,竖井扩挖凿井井架基础验算:

[0089] 在井口新增加一圈井台C30混凝土,混凝土边缘距离井口3m,预先在混凝土板中预埋钢板与竖井扩挖凿井井架连接,混凝土基础厚度为0.8m,双向配筋:

[0090] 受冲切承载力计算:计算是按不配钢筋计算,根据《水工混凝土结构设计规范》,受

冲切承载力计算如下:

$$[0091] \quad F_l \leq \frac{1}{\gamma_d} (0.7\eta\beta_h f_t u_m h_0);$$

$$[0092] \quad \eta = 0.4 + \frac{1.2}{\beta_s}$$

[0093] F_l : 局部荷载设计值或集中反力设计值, 对板柱结构的节点, 取柱所承受的轴向压力设计值的层间差值减去冲切破坏锥体内板所承受的荷载设计值;

[0094] γ_d : 钢筋混凝土结构的结构系数;

[0095] f_t : 混凝土轴心抗拉强度设计值,

[0096] h_0 : 板的有效高度, 取两个配筋方向的界面有效高度的平均值;

[0097] u_m : 临界截面的周长, 距离局部荷载或集中反力作用面积周边 $h_0/2$ 处板垂直截面的最不利周长;

[0098] η : 局部荷载或集中反力作用面积形状的影响系数;

[0099] β_h : 截面高度影响系数;

[0100] β_s : 局部荷载或集中反力作用面为矩形时的长边与短边尺寸的比值, β_s 不宜大于 4; 当 $\beta_s < 2$ 时, 取 $\beta_s = 2$; 当作用面为圆形时, 取 $\beta_s = 2$;

[0101] 其中受压面积预埋板的面积, 即 $500 \times 500 \text{mm}$, 单个点的设计值 F_l 为竖井扩挖凿井井架的自重加荷载, 这里取 $(40+26)/4 = 16.5 \text{t} = 165 \text{KN}$, γ_d 取 1.2, f_t 取 1.43N/mm^2 , $h_0 = 0.8 \text{m}$, u_m 为 5.2m , β_s 取 2, $\eta = 1$, $\beta_h = 1$, 可计算 $F_l = 165 \text{KN} \leq 0.7 \times 1.43 \times 5200 \times 800 / 1.2 = 3470 \text{KN}$, 满足要求;

[0102] 地基承载力计算:

[0103] 地基承载力按轴心荷载作用考虑, 依据《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011 第 5.2.1 条计算公式为, $p_k < f_a$, 即可满足要求;

[0104] p_k : 相应于作用的标准组合时, 基础底面处的评价压力值 kPa ;

[0105] f_a : 地基承载力特征值 (kPa), 根据蓝图, 本工程回填后的地基承载力不小于 150KPa ;

[0106] 依据《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011 第 5.2.1 条, 基础底面压力计算公式为:

$$[0107] \quad p_k = \frac{(F_k + G_k)}{A}$$

[0108] p_k : 相应于作用的标准组合时, 基础底面处的平均压力值 kPa ;

[0109] F_k : 相应于作用的标准组合时, 上部结构传至基础顶面的竖向力值 (KN), 为竖井扩挖凿井井架的自重加荷载, 取 $1.4 \times (40+26) = 92.4 \text{t} = 924 \text{KN}$;

[0110] G_k : 基础自重及基础上的土重 KN , 钢筋混凝土取 2.5t/m^3 , $G_k = 1.2 \times 122.52 \times 0.8 \times 2.5 = 294.048 \text{t} = 2940.5 \text{KN}$;

[0111] A : 基础底面面积 m^2 。面积为 122.52m^2 ;

$$[0112] \quad p_k = \frac{(F_k + G_k)}{A} = \frac{924 + 2940.5}{122.52} = 31.54 \text{KPa} < f_a = 150 \text{KPa}; \text{满足要求。}$$

[0113] 本发明的技术方案取得了如下有益的技术效果:

[0114] 1、本申请的承重主梁为单根整体高强度型钢设计,通过计算完全可以完成井架的整体吊装平移工作。

[0115] 由于本申请是下水平出矸作业型井筒施工不需要翻矸平台,现有技术中的管式井架在该类型井筒施工中,存在多余安装空间,增加日常维护检查检修工作。

[0116] 井筒溜矸井设备施工过程中,管式井架是不能进行安装及辅助施工的。管式井架采用短根钢管法兰螺栓连接,安装精度高,不能整体平移作业。新设计竖井扩挖凿井井架可以与溜矸井施工设备同时存在,辅助施工,辅助吊装、辅助维修等作业。拆除溜矸井设备过程中,可以选择性的将新型井架平移至空闲区域。

[0117] 2、根据设计井筒直径与溜井直径合理布置井筒悬吊平面区域。

[0118] 管式井架是根据设计井筒直径选型,采用井筒全断面区域覆盖形式布置,方便满足提升悬吊系统的平面布置。

[0119] 本申请的竖井扩挖凿井井架因不需要出矸翻矸作业系统,悬吊布置简单,既该类型井筒施工井架不需要进行井筒全断面区域覆盖,只需要根据井内悬吊设备布置,设计井架的底座跨度和天轮平台覆盖范围,进一步减小新型井架的占地面积和占用空间。

[0120] 3、下水平出矸作业类型井筒刷大扩挖施工,新型井架可以适用单边提升悬吊布置,斜支撑采用单根整体高强度型钢,受力均匀,作用力与反作用力的释放均匀,不会影响新型井架的受力状态。

[0121] 管式井架设计理念是满足双边均匀受力,避免因受力不均造成井架变型,即管式井架不适用单边设置提升悬吊系统类型井筒施工。新型井架的设计是整体式型钢式理念,在受力边设置斜支撑,释放缓解受力分布,适合单边布置提升悬吊系统。

附图说明

[0122] 图1本发明竖井扩挖凿井井架的结构示意图;

[0123] 图2本发明竖井扩挖凿井井架的天轮架平台的结构示意图;

[0124] 图3本发明竖井扩挖凿井井架的斜撑组的结构示意图;

[0125] 图4本发明竖井扩挖凿井井架的天轮架平台的承重主梁的受力图;M是弯矩,V是剪力,P是受力,C和D分别为受力点;

[0126] 图5本发明竖井扩挖凿井井架的天轮架平台的承重边梁的受力图;;M是弯矩,V是剪力,P是受力,有(n-1)个受力点;

[0127] 图6图1中A的放大图;

[0128] 图7图1中B的放大图。

[0129] 图中附图标记表示为:1-竖向立柱;2-立柱弹簧垫圈;3-立柱六角头螺栓;4-立柱六角螺母;5-立柱纵连接杆;6-主撑杆;7-纵连接杆;8-顶梁弹簧垫圈;9-顶梁六角头螺栓;10-顶梁六角螺母;11-纵梁;12-横跨梁;13-防滑钢板;14-上斜拉杆;15-上斜立杆;16-横连接杆;17-下斜撑杆;18-下斜拉杆;19-承重主梁;20-承重边梁;21-第一联络梁;22-第二联络梁。

具体实施方式

[0130] 新型的竖井扩挖凿井井架为了满足立井刷大-下水平出矸类型井筒施工作业而设

计。采用整体式型钢框架支撑。受力均匀合理,节约平面及立体空间而成。

[0131] 一、施工背景

[0132] 以礼河四级水电站处于下游金沙江白鹤滩水电站库区,电站枢纽由首部枢纽建筑物、引水发电系统建筑物组成。白鹤滩水电站蓄水发电后,其水库回水将淹没以礼河四级电站的尾水系统、地下厂房及部分引水隧洞,本工程需在白鹤滩水电站蓄水前对被淹没的引水发电系统进行复建。

[0133] 地面出线场位于地下厂房东侧的大坪子缓坡地,紧靠现有省道S30。出线竖井顶部高程 $\nabla 1127.5\text{m}$,底部高程 $\nabla 845\text{m}$,井深 282.5m ,井筒净直径A型开挖 $\varnothing=10.2\text{m}$ 。高程 $\nabla 1127.5\text{m}\sim\nabla 1102.5\text{m}$,砂浆锚杆 $\Phi 28$, $L=6\text{m}$,入岩 $5.8\text{m}@0.8\text{m}\times 0.8\text{m}$,矩形布置,喷C30混凝土厚 250mm ,挂网 $\varphi 8@100\text{mm}\times 100\text{mm}$,龙骨筋 $\Phi 16@0.8\text{m}\times 0.8\text{m}$,工16钢拱架 $@0.8\text{m}$,钢筋混凝土锁口高度 25m ,衬砌厚度 75cm ,V类围岩。

[0134] 高程 $\nabla 1102.5\text{m}\sim\nabla 1075.5\text{m}$, $\nabla 1058.00\text{m}\sim\nabla 101.00\text{m}$ 砂浆锚杆 $\Phi 28$, $L=6\text{m}$,入岩 $5.8\text{m}@1.2\text{m}\times 1.2\text{m}$,矩形布置。喷C30混凝土厚 250mm ,挂网 $\varphi 8@150\times 150\text{mm}$ 。龙骨筋 $\Phi 16@1.2\text{m}\times 1.2\text{m}$,工16钢拱架 $@1.2\text{m}$ 高度 54m ,IV2类围岩。

[0135] 高程 $\nabla 1075.5\text{m}\sim\nabla 1056.00\text{m}$ 砂浆锚杆 $\Phi 28$, $L=6\text{m}$,入岩 $5.8\text{m}@0.8\text{m}\times 0.8\text{m}$,矩形布置,喷C30混凝土厚 250mm ,挂网 $\varphi 8@100\text{mm}\times 100\text{mm}$,龙骨筋 $\Phi 16@0.8\text{m}\times 0.8\text{m}$,工16钢拱架 $@0.8\text{m}$,V类围岩。

[0136] 高程 $\nabla 1031.00\text{m}\sim\nabla 855.00\text{m}$ 砂浆锚杆 $\Phi 25$, $L=4.5\text{m}$,入岩 $4.4\text{m}@1.2\text{m}\times 1.2\text{m}$,矩形布置,喷C30混凝土厚 150mm ,挂网 $\varphi 8@150\text{mm}\times 150\text{mm}$,龙骨筋 $\Phi 16@1.2\text{m}\times 1.2\text{m}$,IV1类为主部分III类围岩。

[0137] 该井筒先采用相关设备完成直径 $\varnothing=5.8\text{m}$ 溜矸井,再采用爆破扩挖至设计直径 $\varnothing=10.0\text{m}$,该井架使用于下水平出矸作业的立井施工工程。

[0138] 二、基于现有永久性井架对竖井扩挖凿井井架进行结构设计

[0139] 如图1所示,竖井扩挖凿井井架,包括天轮架平台、竖向立柱1和斜撑组;四根所述竖向立柱1顶端与长方形的所述天轮架平台的四个端点固定连接;所述竖向立柱1低端与地面井口上预先在混凝土板中预埋钢板固定连接;所述斜撑组为上窄下宽的梯形结构,所述斜撑组的上端抵顶并固定连接在所述竖向立柱1顶端;所述斜撑组的下端与地面井口上预先在混凝土板中预埋钢板固定连接;所述斜撑组与地面的夹角为 60° ;所述天轮架平台上表面为防滑钢板13,所述四根所述竖向立柱1通过立柱纵连接杆5固定连接。

[0140] 竖向立柱1的高度为 9.2m ,比永久性管式井架的高度要小;重量轻,采用单根整体高强度型钢,适合井架的整体吊装平移工作,避免管式井架在移动时短管之间应力引起整体结构的扭曲变形。

[0141] 如图2所示,所述天轮架平台包括一根承重主梁19、两根承重边梁20、两根纵梁11、两根横跨梁12、两根第一联络梁21和四根第二联络梁22;

[0142] 两根纵梁11相对、两根横跨梁12相对,且所述纵梁11与所述横跨梁12首尾固定连接;所述承重主梁19的两端与两根所述横跨梁12的中点固定连接;所述承重边梁20位于所述承重主梁19与所述纵梁11之间,且所述承重边梁20的两端与两根所述横跨梁12固定连

接;所述第一联络梁21位于所述承重主梁19与所述承重边梁20之间,且所述第一联络梁21两端分别与所述承重主梁19与所述承重边梁20固定连接;所述第二联络梁22位于所述纵梁11与所述承重边梁20之间,且所述第二联络梁22两端分别与所述纵梁11与所述承重边梁20固定连接。

[0143] 承重主梁和承重边梁的长度为5.3m,为单根整体高强度型钢。

[0144] 承重主梁为单根整体高强度型钢设计,通过计算完全可以完成井架的整体吊装平移工作。而现有的管式井架是不能进行安装及辅助施工。新设计竖井扩挖凿井井架可以与溜矸井施工设备同时存在,辅助施工,辅助吊装、辅助维修等作业。拆除溜矸井设备过程中,可以选择性的将新型井架平移至空闲区域。

[0145] 如图3所示,所述斜撑组包括两根主撑杆6、一根横连接杆16、纵连接杆7、上斜拉杆14、上斜立杆15、下斜拉杆18和下斜撑杆17;两根所述主撑杆6的上端抵顶在一根所述横跨梁12的两端、并分别与所述竖向立柱1顶端固定连接;两根所述主撑杆6的下端与地面井口上预先在混凝土板中预埋钢板固定连接;所述横连接杆16的两端分别与两根所述主撑杆6的中点固定连接;所述上斜拉杆14上端与所述主撑杆6的顶端固定连接;所述上斜立杆15的两端分别与所述横跨梁12的中点和所述横连接杆16中点固定连接;所述上斜拉杆14下端与所述横连接杆16的中点固定连接,所述上斜拉杆14上端与所述主撑杆6的顶端固定连接;所述下斜撑杆17的上端与所述横连接杆16的中点固定连接,所述下斜撑杆17的下端与所述主撑杆6的底端固定连接;所述下斜拉杆18的上端与所述主撑杆6的中点固定连接,所述下斜拉杆18的下端与所述下斜撑杆17的中点固定连接;所述纵连接杆7的一端与所述竖向立柱1的一端固定连接,所述纵连接杆7的另一端与所述主撑杆6和所述横连接杆16固定连接。

[0146] 下水平出矸作业类型井筒刷大扩挖施工,新型井架可以适用单边提升悬吊布置,主撑杆6采用单根整体高强度型钢,受力均匀,作用力与反作用力的释放均匀,不会影响新型井架的受力状态。新型井架的设计是整体式型钢式理念,在受力边设置斜支撑,释放缓解受力分布,适合单边布置提升悬吊系统。

[0147] 三、基于现有永久性井架对竖井扩挖凿井井架进行材料选择。

[0148] 1、承重主梁19验证:

[0149] 承重主梁19静力计算:

[0150] 单跨梁形式:两端固定梁;

[0151] 计算模型基本参数:长 $L=5.4\text{m}$, $a=0.9\text{m}$;a为承重主梁(19)的端点A和B分别距离受力点C和D的距离;

[0152] 集中力:标准值 $P_k=P_g+P_q=10+160=170\text{KN}$,其中恒载为竖井扩挖凿井井架及天轮架单根自重按 10KN 计算,活载为提升罐笼和人员设备的重量,按 160KN 计算;其中: P_k 为集中力的标准值; P_g 为恒载、 P_q 为活载;

[0153] 设计值 $P_d=P_g\times\gamma_G+P_q\times\gamma_Q=10\times1.2+160\times1.4=236\text{KN}$;其中: γ_G 为恒载应用计算安全系数、 γ_Q 活载应用计算安全系数;

[0154] 承重主梁19受荷截面:

[0155] 截面类型:H型钢: $400\times400\times13\times21$;

[0156] 截面特性:截面对x轴的惯性距 $I_x=65361.58\text{cm}^4$;截面对x轴的抵抗矩 $W_x=3268.07\text{cm}^3$;型心对x轴的静距 $S_x=1800.06\text{cm}^3$;截面静载荷 $G=168.41\text{kg/m}$;翼缘厚度 $t_f=$

21mm;腹板厚度 $t_w=13\text{mm}$;

[0157] 承重主梁19材质:Q235,x轴塑性发展系数 $\gamma_x:1.05$;承重主梁19的挠度控制 $[v]:L/250$;

[0158] 承重主梁19的内力计算,承重主梁19的两个端点分别为A点和B点:

[0159] 支座反力 $R_A=P_d=236\text{KN}$,支座反力 $R_B=R_A=236\text{KN}$,最大弯矩 $M_{\max}=P_d \times a \times a/L=35.4\text{KN}\cdot\text{M}$;

[0160] 承重主梁19的强度及刚度验算:

[0161] 弯曲正应力: $\sigma_{\max}=M_{\max}/(\gamma_x \times W_x)=10.32\text{N}/\text{mm}^2$;

[0162] A处剪应力 $\tau_A=R_A \times S_x/(I_x \times t_w)=50\text{N}/\text{mm}^2$

[0163] B处剪应力 $\tau_B=R_B \times S_x/(I_x \times t_w)=50\text{N}/\text{mm}^2$

[0164] 最大挠度 $f_{\max}=P_k \times a \times a \times L/24 \times (3-4 \times a/L) \times 1/(E \times I)=0.54\text{mm}$;E代表弹性截面模量,单位 n/mm^2 ;I代表截面惯性距,单位 mm^4 ;

[0165] 相对挠度 $v=f_{\max}/L=1/10057.5$;

[0166] 弯曲正应力 $\sigma_{\max}=10.32\text{N}/\text{mm}^2 < \text{抗弯设计值 } f:205\text{N}/\text{mm}^2$;符合要求;

[0167] 支座最大剪应力 $\tau_{\max}=50\text{N}/\text{mm}^2 < \text{抗剪设计值 } f_v:125\text{N}/\text{mm}^2$;符合要求;

[0168] 跨中挠度相对值 $v=L/10057.5 < \text{挠度控制值 } [v]:L/250$;符合要求;

[0169] 承重主梁19的弯曲正应力、支座最大剪应力和跨中挠度相对值均符合要求,验证通过。

[0170] 2、承重边梁20验证:

[0171] 承重边梁20的静力计算

[0172] 单跨梁形式:两端固定梁;如图5所示:

[0173] 计算模型基本参数:长 $L=5.4\text{m}$, $c=1.35\text{m}$;c为相邻集中力间距;承重边梁(20)被平均分成5段,每段的距离为c;

[0174] 集中力:标准值 $P_k=P_g+P_q=10+23=33\text{KN}$,其中恒载为竖井扩挖凿井井架及天轮架单根计算自重按 10KN 计算,活载为中间跨两端支座压力,按 23KN 计算;其中 P_k 为集中力的标准值; P_g 为恒载、 P_c 为活载;

[0175] 设计值 $P_d=P_g \times \gamma_G+P_q \times \gamma_Q=10 \times 1.2+23 \times 1.4=44.2\text{KN}$;其中: γ_G 为恒载应用计算安全系数、 γ_Q 活载应用计算安全系数;

[0176] 承重边梁20的受荷截面:

[0177] 截面类型:H型钢:400×400×13×21;

[0178] 截面特性:截面对x轴的惯性距 $I_x=65361.58\text{cm}^4$;截面对x轴的抵抗矩 $W_x=3268.07\text{cm}^3$;型心对x轴的静距 $S_x=1800.06\text{cm}^3$;截面静载荷 $G=168.41\text{kg}/\text{m}$;

[0179] 翼缘厚度 $t_f=21\text{mm}$ 腹板厚度 $t_w=13\text{mm}$;

[0180] 承重边梁20材质:Q235,x轴塑性发展系数 $\gamma_x:1.05$,梁的挠度控制 $[v]:L/250$;

[0181] 承重边梁20的内力计算,承重边梁20的两个端点分别为A点和B点:

[0182] 支座反力 $R_A=(N-1)/2 \times P_d=66.3\text{KN}$,支座反力 $R_B=R_A=66.3\text{KN}$;

[0183] 最大弯矩 $M_{\max}=(N \times N+2)/(24 \times N) \times P_d \times L=44.75\text{KN}\cdot\text{M}$,其中力矩比值 $N=L \setminus c$;

[0184] 承重边梁20的强度及刚度验算结果:

[0185] 弯曲正应力 $\sigma_{\max}=M_{\max}/(\gamma_x \times W_x)=13.04\text{N}/\text{mm}^2$;

- [0186] B处剪应力 $\tau_B = RB \times S_x / (I_x \times t_w) = 14.05 \text{N/mm}^2$;
- [0187] 最大挠度 $f_{\max} = N \times P_k \times L^3 / 384 \times 1 / (E \times I) = 4 \text{mm}$, 其中 $N = L \setminus c$;
- [0188] 相对挠度 $v = f_{\max} / L = 1 / 13432.6$;
- [0189] 弯曲正应力 $\sigma_{\max} = 13.04 \text{N/mm}^2 < \text{抗弯设计值 } f: 205 \text{N/mm}^2$; 符合要求;
- [0190] 支座最大剪应力 $\tau_{\max} = 14.05 \text{N/mm}^2 < \text{抗剪设计值 } f_v: 125 \text{N/mm}^2$; 符合要求;
- [0191] 跨中挠度相对值 $v = L / 13432.6 < \text{挠度控制值 } [v]: L / 250$; 符合要求;
- [0192] 承重边梁20的弯曲正应力、支座最大剪应力和跨中挠度相对值均符合要求, 验证通过。
- [0193] 3、竖向立柱1的验证:
- [0194] 构件材料特性:
- [0195] 材料名称: Q235, 构件截面的最大厚度: 21.00mm, 设计强度: 205.00N/mm², 屈服强度: 235.00N/mm², 截面特性, 截面名称: 双轴对称焊接工字钢: $b = 400 \text{mm}$, 翼缘板宽度 $[3d \leq b \leq 40t]: 400 \text{mm}$, 腹板厚度 $[(h - 2t) / 40 \leq d \leq b / 3]: 13 \text{mm}$, 翼缘板厚度 $[b / 40 \leq t]: 21 \text{mm}$, 截面高度 $[4t \leq h \leq (40d + 2t)]: 400 \text{mm}$, 缀件类型: 构件高度: 9.710m, 容许强度安全系数: 1.00, 容许稳定性安全系数: 1.00;
- [0196] 荷载信息:
- [0197] 恒载分项系数: 1.20, 活载分项系数: 1.40, 活载调整系数: 1.00, 考虑自重, 轴向恒载标准值: 12.500kN, 主要为天轮架自重, 自重按50KN计算, 折算至每个竖向立柱1的力为 $50 \div 4 = 12.5 \text{KN}$, 轴向活载标准值: 65.000kN, 偏心距 $E_x: 171.0 \text{cm}$, 偏心距 $E_y: 0.0 \text{cm}$;
- [0198] 端部约束信息:
- [0199] X-Z平面内顶部约束类型: 固定,
- [0200] X-Z平面内底部约束类型: 固定,
- [0201] X-Z平面内计算长度系数: 0.65,
- [0202] Y-Z平面内顶部约束类型: 固定,
- [0203] Y-Z平面内底部约束类型: 固定,
- [0204] Y-Z平面内计算长度系数: 0.65;
- [0205] 截面几何特性:
- [0206] 抗拉强度: 205.00N/mm², 抗压强度: 205.00N/mm², 抗弯强度: 205.00N/mm², 抗剪强度: 120.00N/mm², 屈服强度: 235.00N/mm², 密度: 785.00kg/m³;
- [0207] 稳定信息:
- [0208] 绕X轴弯曲: 长细比: $\lambda_x = 36.16$, 轴心受压整体稳定系数: $\varphi_x = 0.913$, 均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数: $\varphi_{by} = 1.000$, 最小稳定性安全系数: 1.38, 最大稳定性安全系数: 1.38, 最小稳定性安全系数对应的截面到构件顶端的距离: 9.710m, 最大稳定性安全系数对应的截面到构件顶端的距离: 0.000m, 绕X轴最不利位置稳定应力按《钢结构规范》公式(5.2.5-1):

$$\begin{aligned}
& \frac{N}{\varphi_x A} + \frac{\beta_{mx} M_x}{r_x W_x \left(1 - 0.8 \frac{N}{N'_{Ex}} \right)} + \eta \frac{\beta_{ty} M_y}{\varphi_{by} W_y} \\
[0209] \quad & = \frac{107962}{0.913 \times 21454} + \frac{1 \times 0}{1.05 \times 3268080 \left(1 - 0.8 \times \frac{107962}{30327164} \right)} + 1.0 \times \frac{1 \times 181260000}{1.000 \times 1120328} \\
& = 167.3008 N/mm^2 < 205.00 N/mm^2, \text{ 满足要求;}
\end{aligned}$$

[0210] N为构件承受的轴力标准值; φ_x 为x轴心受压整体稳定系数;A—截面净截面面积; β_{mx} —x轴压弯构件稳定的等效弯矩系数; r_x —x轴塑性发展系数; W_x —x轴弯矩作用平面内较大受压纤维的毛截面抵抗距; β_{tx} —x轴压弯构件稳定的等效弯矩系数; M_x —x轴所计算构件段范围内最大弯矩; N'_{Ex} —欧拉临界力,对截面x轴; η —轴心受力加固构件强度降低系数; β_{ty} —y轴等效弯矩系数; M_y —y轴所计算构件段范围内x轴的最大弯矩; φ_{by} —y轴均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数; W_y —y轴弯矩作用平面内较大受压纤维的毛截面抵抗距,对截面y轴;

[0211] 绕Y轴弯曲:

[0212] 长细比: $\lambda_y=61.76$,轴心受压整体稳定系数: $\varphi_y=0.697$,均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数: $\varphi_{bx}=0.983$,最小稳定性安全系数:1.62,最大稳定性安全系数:1.62,最小稳定性安全系数对应的截面到构件顶端的距离:9.710m,最大稳定性安全系数对应的截面到构件顶端的距离:0.000m,绕Y轴最不利位置稳定应力按《钢结构规范》公式(5.2.5-2)

$$\begin{aligned}
& \frac{N}{\varphi_y A} + \eta \frac{\beta_{tx} M_x}{\varphi_{bx} W_x} + \frac{\beta_{my} M_y}{r_y W_y \left(1 - 0.8 \frac{N}{N'_{Ey}} \right)} \\
[0213] \quad & = \frac{107962}{0.697 \times 21454} + 1.0 \times \frac{1 \times 0}{0.983 \times 3268080} + \frac{1 \times 181260000}{1.20 \times 1120328 \left(1 - 0.8 \times \frac{107962}{10396433} \right)} \\
& = 143.1755 N/mm^2 < 205.00 N/mm^2, \text{ 满足要求;}
\end{aligned}$$

[0214] 其中:N为构件承受的轴力标准值, φ_y 为y轴心受压整体稳定系数;A—截面净截面面积; β_{tx} —x轴等效弯矩系数; M_x —x轴所计算构件段范围内最大弯矩; φ_{bx} —x轴均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数; W_x —x轴弯矩作用平面内较大受压纤维的毛截面抵抗距; β_{my} —y轴压弯构件稳定的等效弯矩系数; M_y —y轴所计算构件段范围内最大弯矩; r_y —y轴塑性发展系数; W_y —y轴弯矩作用平面内较大受压纤维的毛截面抵抗距; M_y —所计算构件段范围内x轴的最大弯矩; N'_{Ey} —欧拉临界力,对截面y轴;

[0215] 强度信息:

[0216] 最大强度安全系数:1.65,最小强度安全系数:1.65,最大强度安全系数对应的截面到构件顶端的距离:0.000m,最小强度安全系数对应的截面到构件顶端的距离:9.710m,计算荷载:95.96kN,受力状态:绕Y轴单弯;

[0217] 最不利位置强度应力按《钢结构规范》公式(5.2.1)

$$[0218] \quad \frac{N}{A_n} + \frac{M_y}{r_y W_{ny}} = \frac{95962}{21454} + \frac{160740}{1.20 \times 1120328} = 124.0361 \text{ N/mm}^2 < 205.00 \text{ N/mm}^2,$$

[0219] 满足要求;

[0220] 其中, A_n —计算截面净截面面积; N —构件承受的轴力标准值; M_y —所计算构件段范围内x轴的最大弯矩; r_y —y轴塑性发展系数; W_{ny} —对y轴的净截面抵抗距。

[0221] 4、竖井扩挖凿井井架基础验算:

[0222] 在井口新增加一圈井台C30混凝土,混凝土边缘距离井口3m,预先在混凝土板中预埋钢板与竖井扩挖凿井井架连接,混凝土基础厚度为0.8m,双向配筋:

[0223] 受冲切承载力计算:计算是按不配钢筋计算,根据《水工混凝土结构设计规范》,受冲切承载力计算如下:

$$[0224] \quad F_l \leq \frac{1}{\gamma_d} (0.7\eta\beta_h f_t u_m h_0);$$

$$[0225] \quad \eta = 0.4 + \frac{1.2}{\beta_s}$$

[0226] F_l :局部荷载设计值或集中反力设计值,对板柱结构的节点,取柱所承受的轴向压力设计值的层间差值减去冲切破坏锥体内板所承受的荷载设计值;

[0227] γ_d :钢筋混凝土结构的结构系数;

[0228] f_t :混凝土轴心抗拉强度设计值,

[0229] h_0 :板的有效高度,取两个配筋方向的界面有效高度的平均值;

[0230] u_m :临界截面的周长,距离局部荷载或集中反力作用面积周边 $h_0/2$ 处板垂直截面的最不利周长;

[0231] η :局部荷载或集中反力作用面积形状的影响系数;

[0232] β_h :截面高度影响系数;

[0233] β_s :局部荷载或集中反力作用面为矩形时的长边与短边尺寸的比值, β_s 不宜大于4;当 $\beta_s < 2$ 时,取 $\beta_s = 2$;当作用面为圆形时,取 $\beta_s = 2$;

[0234] 其中受压面积预埋板的面积,即 $500 \times 500 \text{ mm}$,单个点的设计值 F_l 为竖井扩挖凿井井架的自重加荷载,这里取 $(40+26)/4 = 16.5 \text{ t} = 165 \text{ kN}$, γ_d 取1.2, f_t 取 1.43 N/mm^2 , $h_0 = 0.8 \text{ m}$, u_m 为 5.2 m , β_s 取2, $\eta = 1$, $\beta_h = 1$,可计算 $F_l = 165 \text{ kN} \leq 0.7 \times 1.43 \times 5200 \times 800 / 1.2 = 3470 \text{ kN}$,满足要求;

[0235] 地基承载力计算:

[0236] 地基承载力按轴心荷载作用考虑,依据《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011第5.2.1条计算公式为, $p_k < f_a$,即可满足要求;

[0237] p_k :相应于作用的标准组合时,基础底面处的评价压力值kPa;

[0238] f_a :地基承载力特征值(kPa),根据蓝图,本工程回填后的地基承载力不小于150kPa;

[0239] 依据《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011第5.2.1条,基础底面压力计算公式为:

$$[0240] \quad p_k = \frac{(F_k + G_k)}{A}$$

[0241] p_k :相应于作用的标准组合时,基础底面处的平均压力值kPa;

[0242] F_k :相应于作用的标准组合时,上部结构传至基础顶面的竖向力值(KN),为竖井扩挖凿井井架的自重加荷载,取 $1.4 \times (40+26) = 92.4t = 924KN$;

[0243] G_k :基础自重及基础上的土重KN,钢筋混凝土取 $2.5t/m^3$, $G_k = 1.2 \times 122.52 \times 0.8 \times 2.5 = 294.048t = 2940.5KN$;

[0244] A :基础底面面积 m^2 。面积为 $122.52m^2$;

$$[0245] \quad p_k = \frac{(F_k + G_k)}{A} = \frac{924 + 2940.5}{122.52} = 31.54KPa < f_a = 150KPa; \text{满足要求。}$$

[0246] 显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例,而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本专利申请权利要求的保护范围之内。

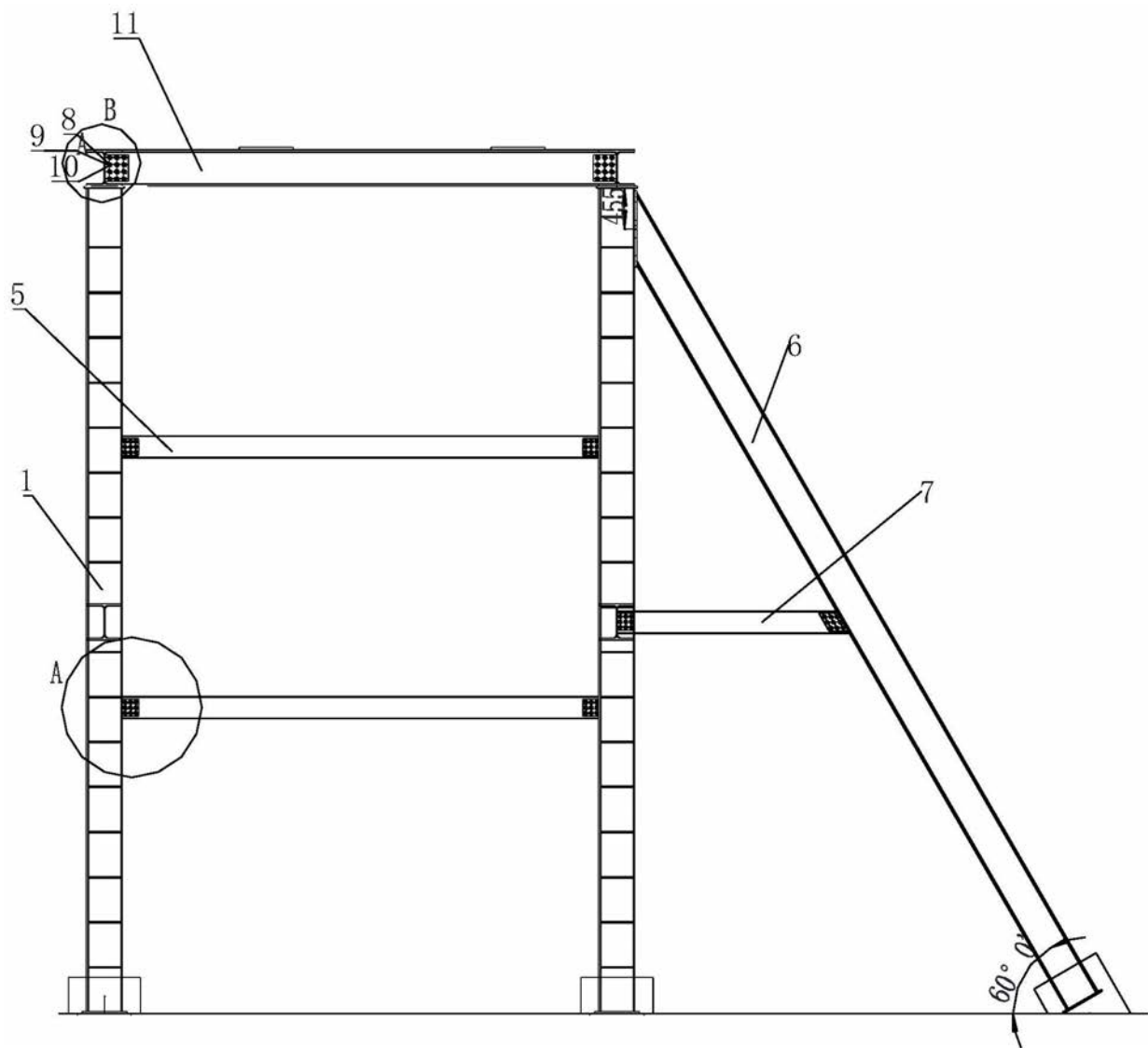


图1

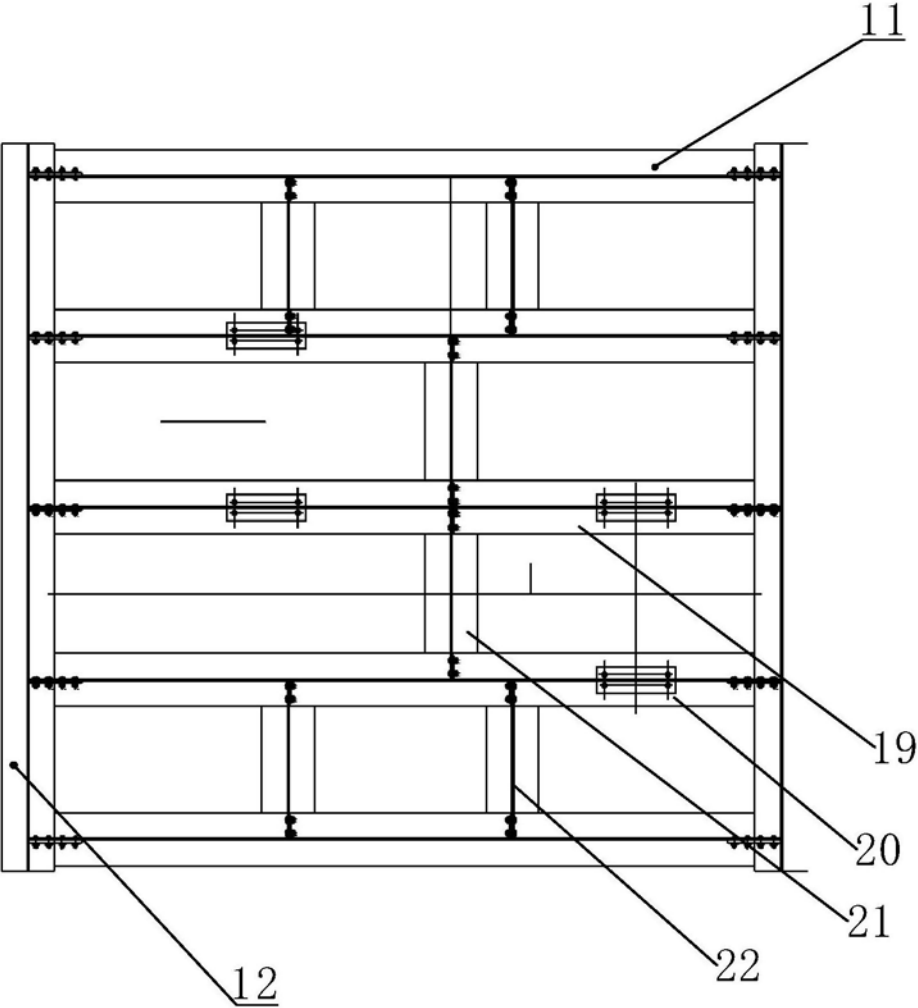


图2

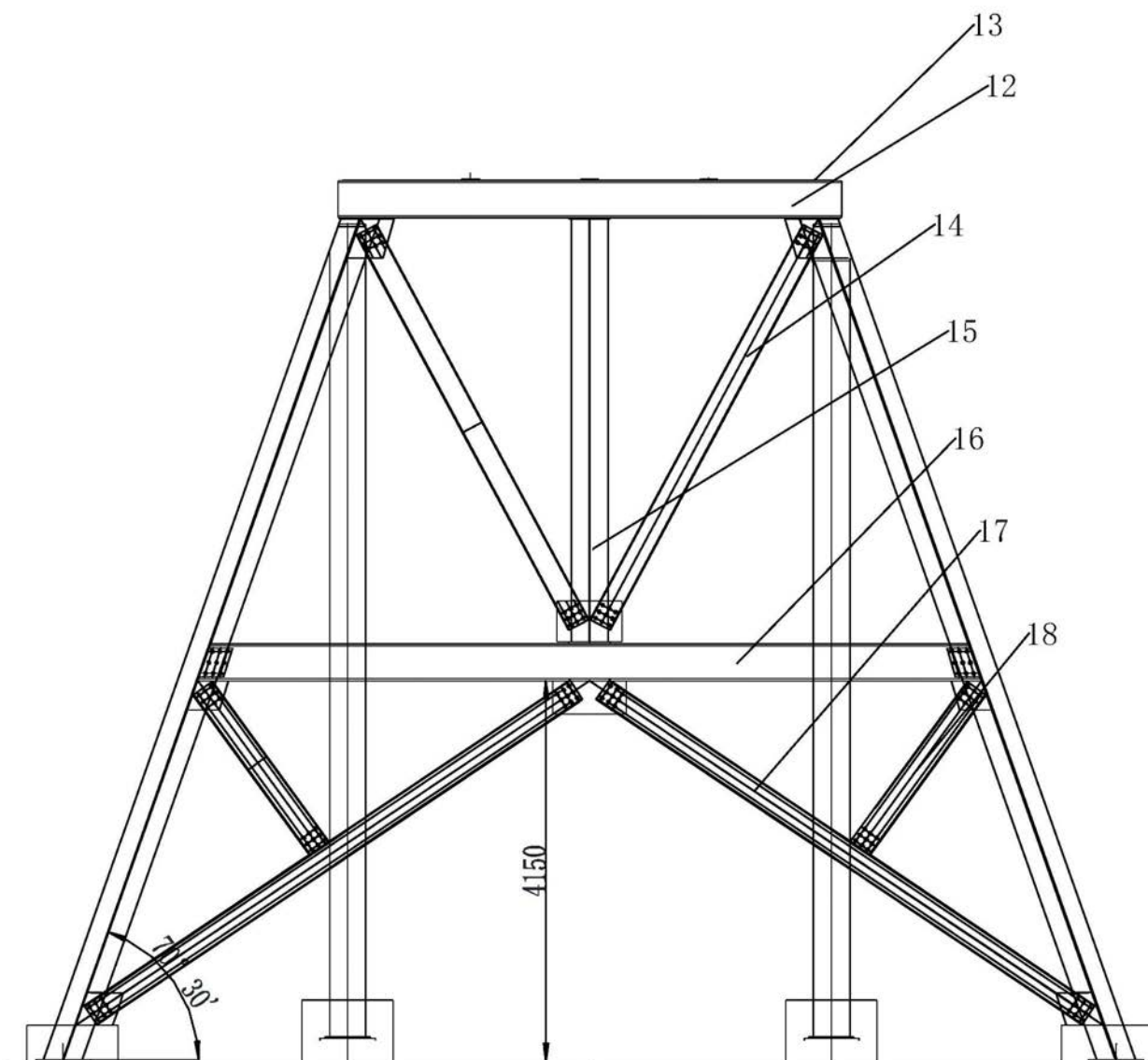


图3

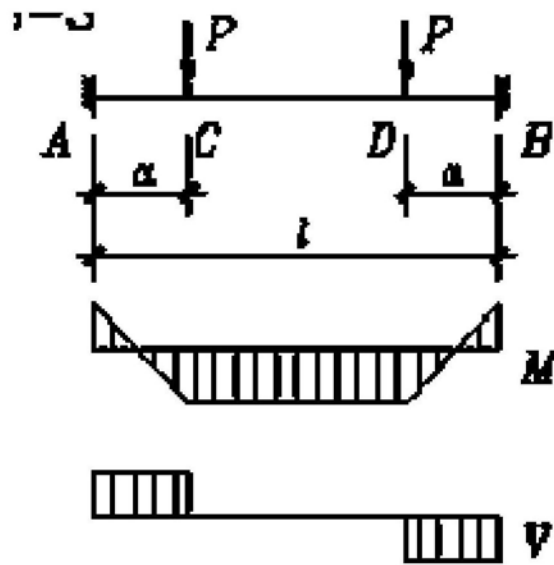


图4

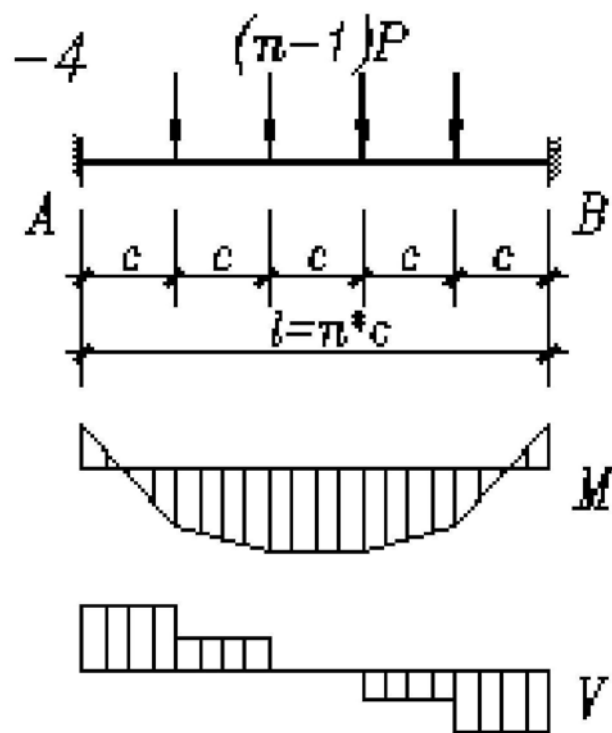


图5

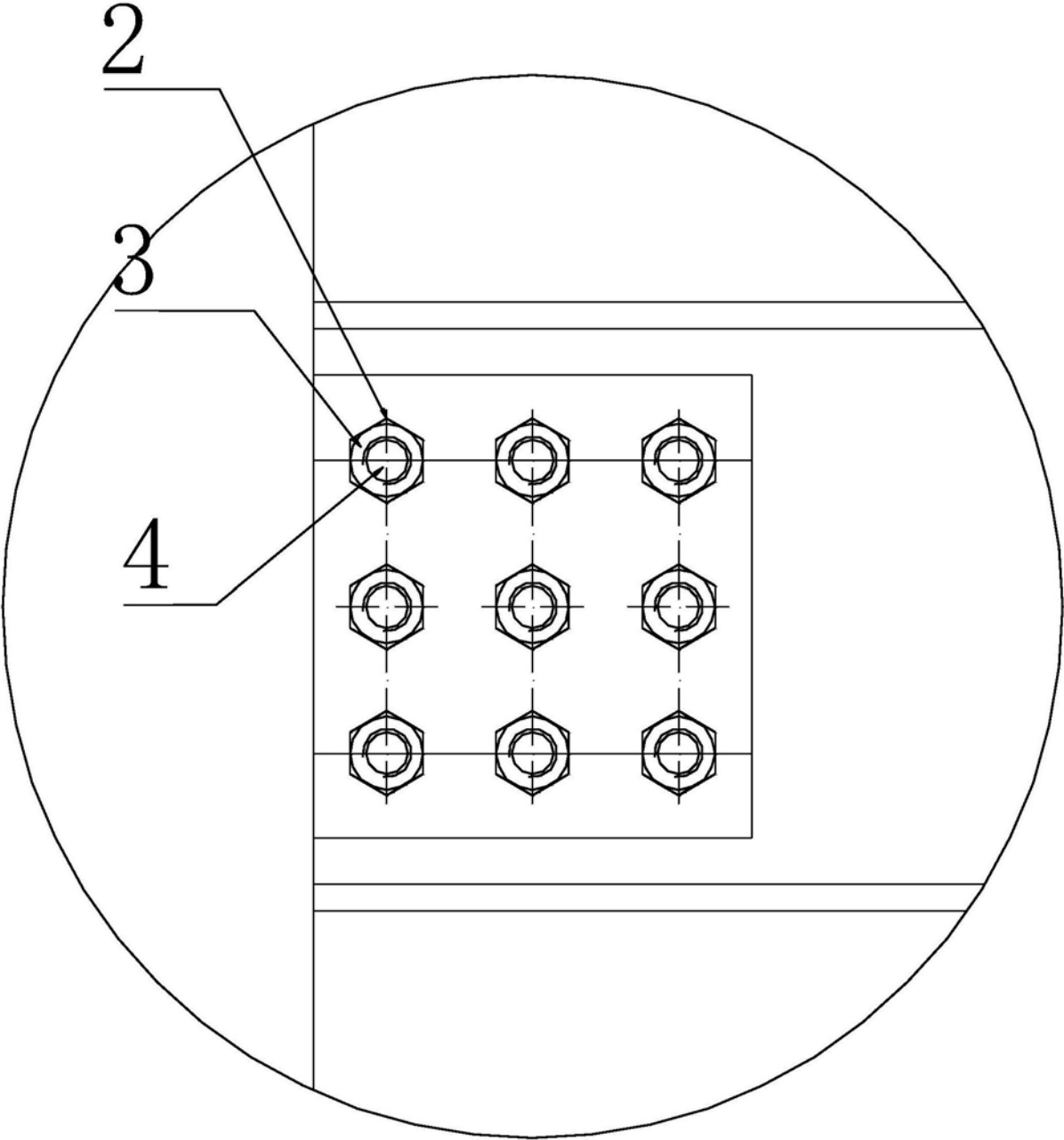


图6

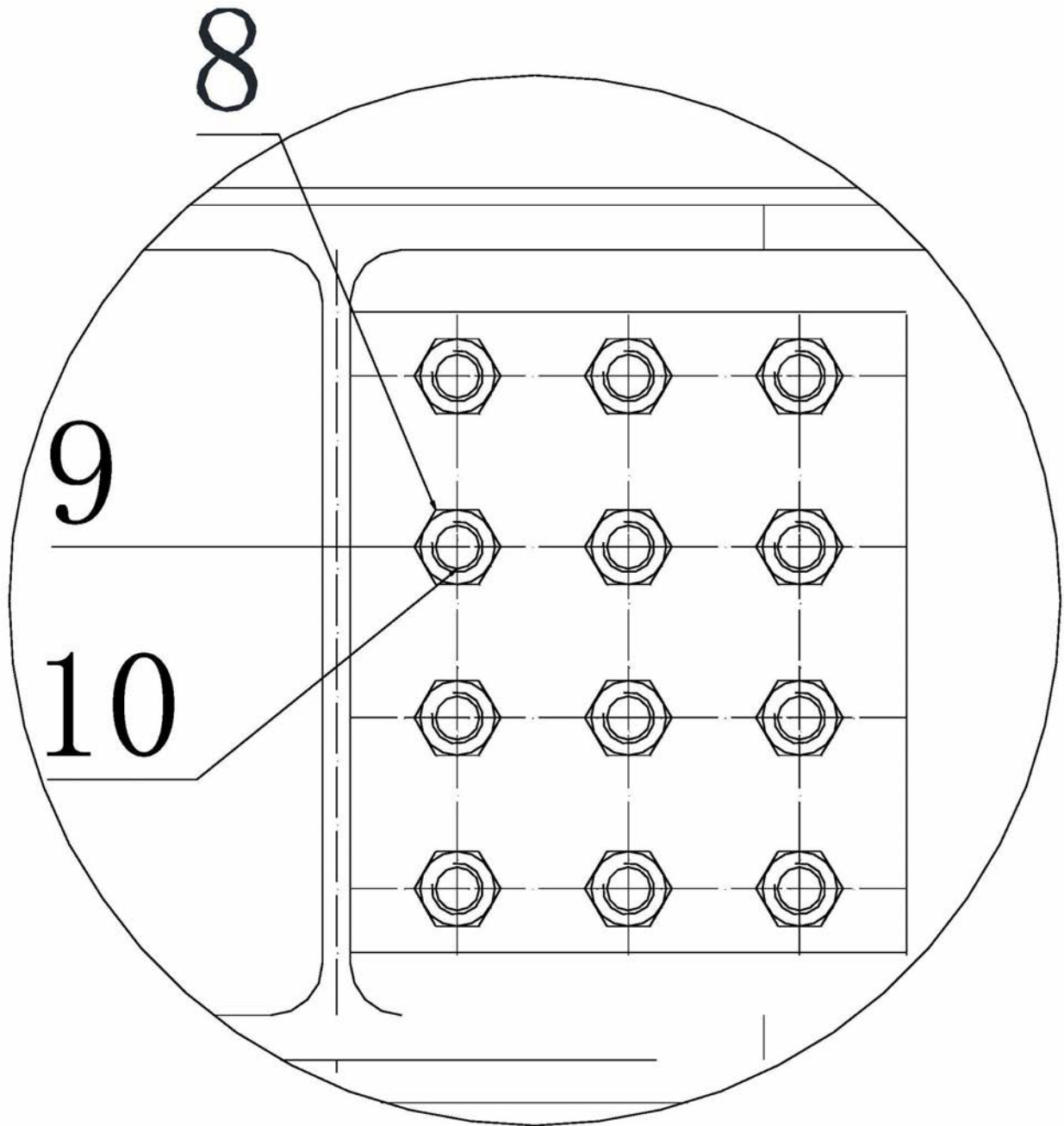


图7