

汽车式起重机地基承载力验算计算书

计算依据:

- 1、《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012
- 2、《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068-2018
- 3、《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011
- 4、三一汽车起重机 STC1300C8-6 型号说明书

一、参数信息

1、汽车式起重机参数

汽车起重机厂家	三一	汽车起重机型号	STC1300C8-6
最大吊重 G_w (吨)	16	吊装工作半径 R (m)	12
支腿纵向距离 L (m)	7.3	支腿横向距离 B (m)	8.1
后支腿距最后一排车轮距离 s (m)	1	后支腿距旋转中心距离 L_h (m)	3
单根支腿受力面积 A_{d1} (m^2)	6.25	荷载动力系数 K	1
汽车起重机自重 G (吨)	54.99	是否有活动配重	是
活动配重 $G_{活}$ (吨)	49	活动配重距旋转中心距离 L_d (m)	4.45

2、汽车起重机轴距及轴荷

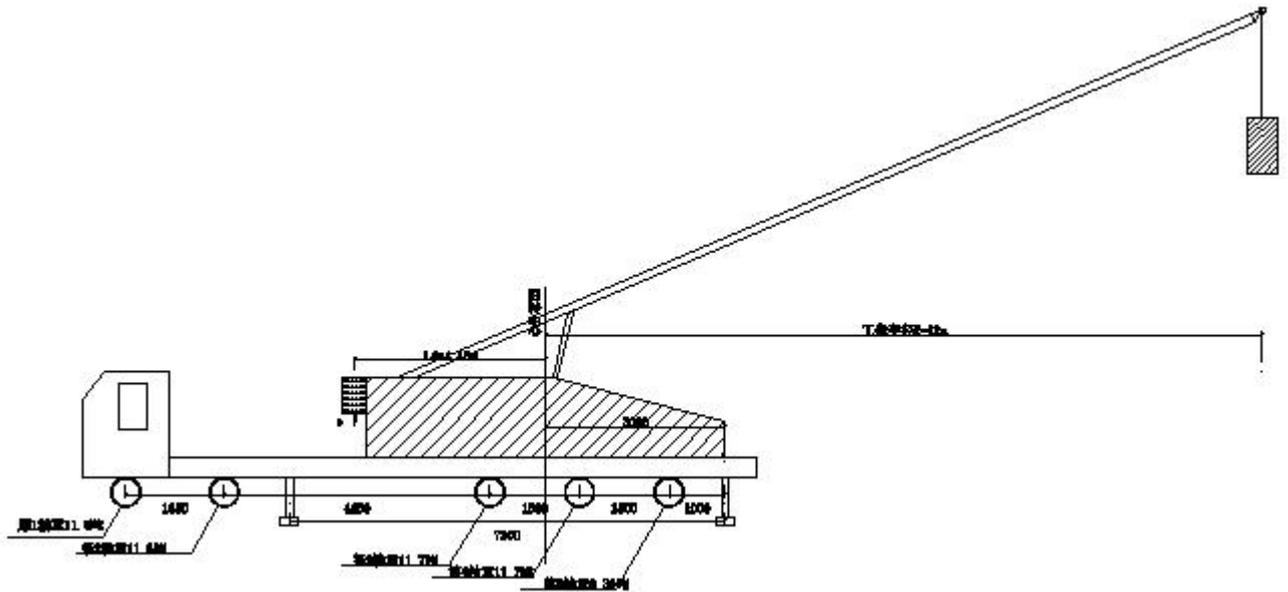
汽车起重机自重 G (吨)	54.99	汽车起重机轴数	5
第 1 排车轮荷载(吨)	11.6		

第 i 排车轮	依次轴距(mm)	轴荷(吨)
2	1650	11.6
3	4450	11.7
4	1500	11.7
5	1500	8.39

3、地基参数

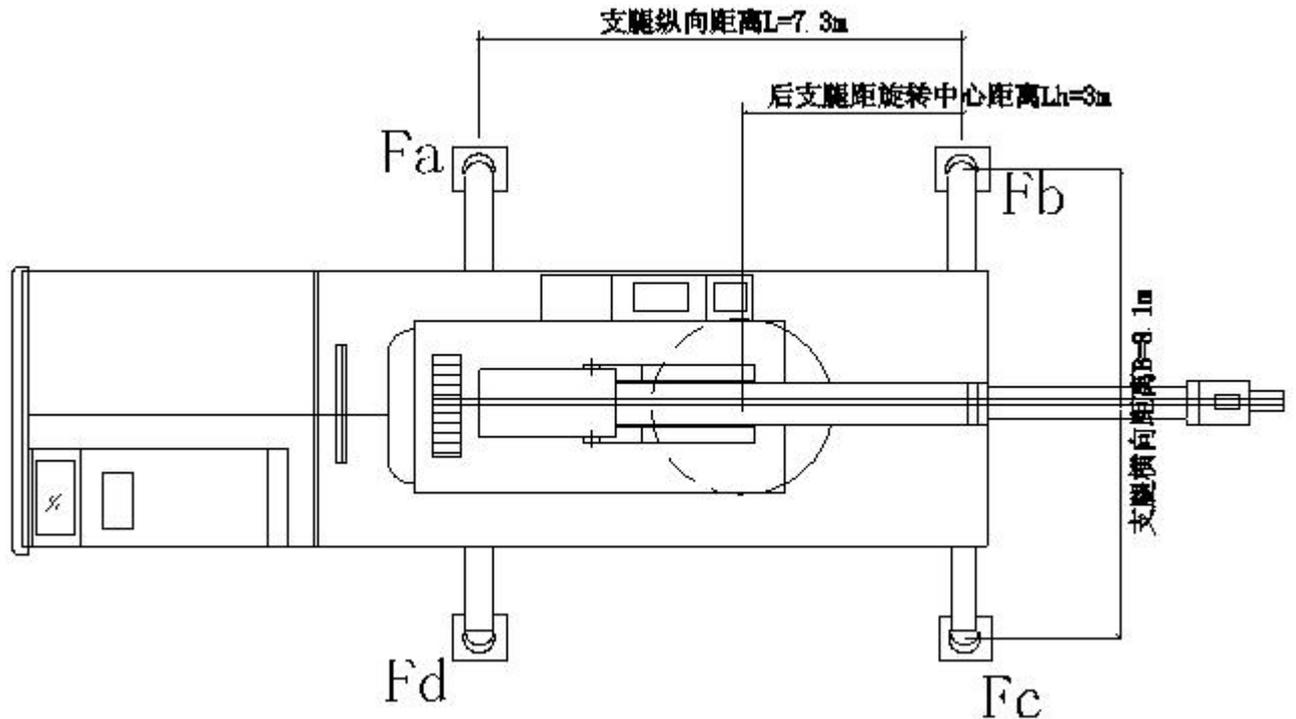
地基土类型	素填土	地基承载力特征值 f_{ak} (kPa)	65
-------	-----	-------------------------	----

二、地基承载力验算



汽车式起重机侧立面图

在吊装过程中，支腿荷载主要有包括以下几部分荷载产生，起重机自重（通过在不同位置的各车轮轴荷代替）对各支腿产生的荷载 F_{a1} 、 F_{b1} 、 F_{c1} 、 F_{d1} ；吊重及活动配重分解到 X 方向对各支腿产生的荷载 F_{ax} 、 F_{bx} 、 F_{cx} 、 F_{dx} ；吊重及活动配重分解到 Y 方向对各支腿产生的荷载 F_{ay} 、 F_{by} 、 F_{cy} 、 F_{dy} ；



(1)、起重机自重各支腿产生的荷载计算

起重机自重 G 等于各轴荷载总和, $G=54.99$ 吨

第 1 轴: 荷载为 $F_1=11.6$ 吨, 距离后支腿距离 $L_1=1.65+4.45+1.5+1.5+1=10.1\text{m}$

第 2 轴: 荷载为 $F_2=11.6$ 吨, 距离后支腿距离 $L_2=4.45+1.5+1.5+1=8.45\text{m}$

第 3 轴: 荷载为 $F_3=11.7$ 吨, 距离后支腿距离 $L_3=1.5+1.5+1=4\text{m}$

第 4 轴: 荷载为 $F_4=11.7$ 吨, 距离后支腿距离 $L_4=1.5+1=2.5\text{m}$

第 5 轴: 荷载为 $F_5=8.39$ 吨, 距离后支腿距离 $L_5=1\text{m}$

通过各轴荷载 F_i 以及前支腿荷载分别对后支腿取矩得到

$$F_1 \times L_1 + F_2 \times L_2 + F_3 \times L_3 + F_4 \times L_4 + F_5 \times L_5 - (F_{a1} + F_{d1}) \times L = 0$$

$$11.6 \times 10.1 + 11.6 \times 8.45 + 11.7 \times 4 + 11.7 \times 2.5 + 8.39 \times 1 - (F_{a1} + F_{d1}) \times 7.3 = 0$$

并且 $F_{a1} = F_{d1}$, 得到:

$$F_{a1} = F_{d1} = 20.522 \text{ 吨}$$

$$F_{b1} = F_{c1} = [G - (F_{a1} + F_{d1})] / 2 = [54.99 - (20.522 + 20.522)] / 2 = 6.973 \text{ 吨}$$

(2)、吊重及活动配重对各支腿产生的荷载计算

当吊臂与 X 轴成 β 角度, 吊重 G_w 、幅度 R 时, 将吊重产生的倾覆力矩以及活动配重产生的抗倾覆力矩分解到 X 、 Y 平面内。

吊重 G_w 分解到 X 方向产生效应的荷载大小:

$$G_w \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta)$$

吊重 G_w 分解到 Y 方向产生效应的荷载大小:

$$G_w \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta)$$

活动配重 $G_{活}$ 分解到 X 方向产生效应的荷载大小:

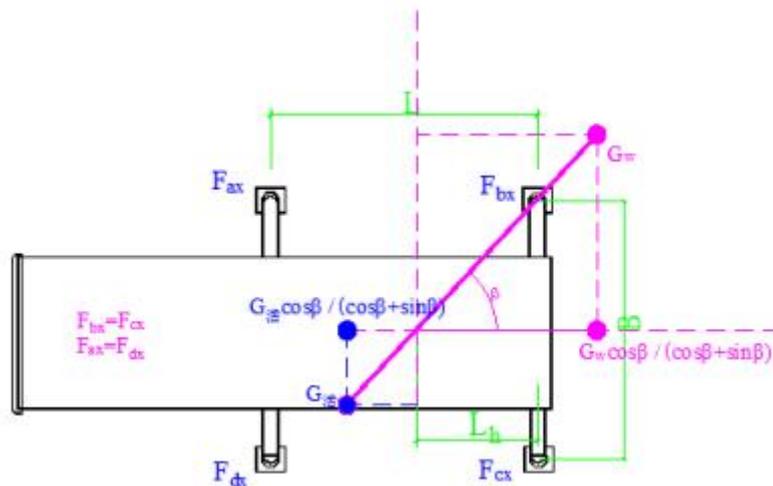
$$G_{活} \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta)$$

活动配重 $G_{活}$ 分解到 Y 方向产生效应的荷载大小:

$$G_{活} \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta)$$

2.1 求 X 方向吊重、X 方向活动配重对各支腿荷载影响计算, 各支腿荷载为

$$F_{ax}=F_{dx}, \quad F_{bx}=F_{cx}$$



对前支腿取矩得到:

$$K \times G_w \times \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (R \times \cos\beta - L_h + L) + G_{活} \times \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (L - L_h - L_d \times \cos\beta) - 2F_{bx} \times L = 0$$

$$F_{bx} = F_{cx} = [K \times G_w \times \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (R \times \cos\beta - L_h + L) + G_{活} \times \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (L - L_h - L_d \times \cos\beta)] / (2L) = [1 \times 16 \times \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (12 \times \cos\beta - 3 + 7.3) + 49 \times \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (7.3 - 3 - 4.45 \times \cos\beta)] / (2 \times 7.3) = \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (-1.784 \cos\beta + 19.144)$$

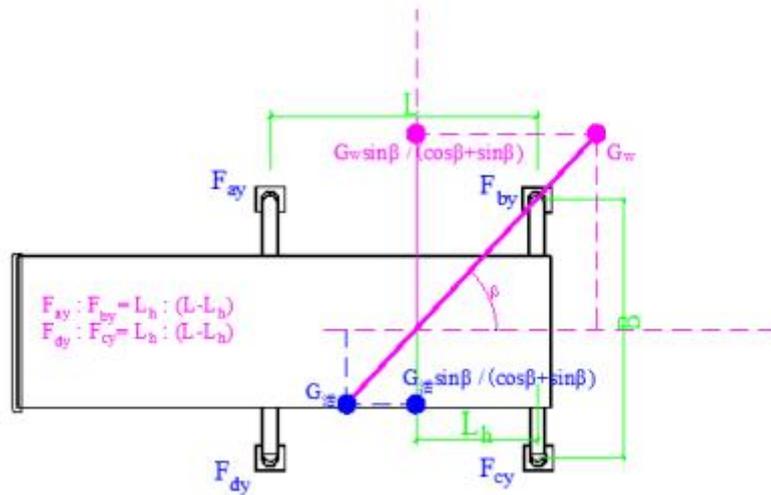
对后支腿取矩得到:

$$K \times G_w \times \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (R \times \cos\beta - L_h) - G_{\text{活}} \times \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (L_h + L_d \times \cos\beta) + 2F_{ax} \times L = 0$$

$$F_{ax} = F_{dx} = -[K \times G_w \times \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (R \times \cos\beta - L_h) - G_{\text{活}} \times \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (L_h + L_d \times \cos\beta)] / (2L) = -[1 \times 16 \times \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (12 \times \cos\beta - 3) - 49 \times \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (3 + 4.45 \times \cos\beta)] / (2 \times 7.3) = \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (1.784 \cos\beta + 13.356)$$

2.2 求 Y 方向吊重、Y 方向活动配重对各支腿荷载影响计算，各支腿荷载

$$F_{ay} / F_{by} = L_h / (L - L_h), \quad F_{dy} / F_{cy} = L_h / (L - L_h)$$



对 c、d 支腿取矩得到：

$$K \times G_w \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (R \times \sin\beta + B/2) + G_{\text{活}} \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (B/2 - L_d \times \sin\beta) - (F_{ay} + F_{by}) \times B = 0$$

$$K \times G_w \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (R \times \sin\beta + B/2) + G_{\text{活}} \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (B/2 - L_d \times \sin\beta) - (F_{ay} + F_{ay} \times (L - L_h) / L_h) \times B = 0$$

$$F_{ay} = [K \times G_w \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (R \times \sin\beta + B/2) + G_{\text{活}} \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (B/2 - L_d \times \sin\beta)] / [(1 + (L - L_h) / L_h) \times B] = [1 \times 16 \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (12 \times \sin\beta + 8.1/2) + 49 \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (8.1/2 - 4.45 \times \sin\beta)] / [(1 + (7.3 - 3) / 3) \times 8.1] = \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (-1.322 \sin\beta + 13.356)$$

$$F_{by} = F_{ay} \times (L - L_h) / L_h = 1.433 \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (-1.322 \sin\beta + 13.356)$$

对 a、b 支腿取矩得到：

$$K \times G_w \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (R \times \sin\beta - B/2) - G_{\text{活}} \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (B/2 + L_d \times \sin\beta) + (F_{cy} + F_{dy}) \times B = 0$$

$$K \times G_w \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (R \times \sin\beta - B/2) - G_{\text{活}} \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (B/2 + L_d \times \sin\beta) + (F_{cy} + F_{cy} \times L_h / (L - L_h)) \times B = 0$$

$$F_{cy} = - [K \times G_w \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (R \times \sin\beta - B/2) - G_{\text{活}} \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (B/2 + L_d \times \sin\beta)] / [(1 + L_h / (L - L_h)) \times B] = -$$

$$[1 \times 16 \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (12 \times \sin\beta - 8.1/2) - 49 \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (8.1/2 + 4.45 \times \sin\beta)] / [(1 + 3 / (7.3 - 3)) \times 8.1] = \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (1.894 \sin\beta + 19.144)$$

$$F_{dy} = F_{cy} \times L_h / (L - L_h) = 0.698 \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (1.894 \sin\beta + 19.144)$$

2.3 将 X、Y 两个方向吊重对支腿产生的荷载叠加，并考虑起重机自重后，各支腿的荷载分别为：

支腿

$$a: F_a = F_{a1} + F_{ax} + F_{ay} = 20.522 + \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (1.784 \cos\beta + 13.356) + \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (-1.322 \sin\beta + 13.356)$$

$$\text{支腿 b: } F_b = F_{b1} + F_{bx} + F_{by} = 6.973 + \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (-1.784 \cos\beta + 19.144) + 1.433 \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (-1.322 \sin\beta + 13.356)$$

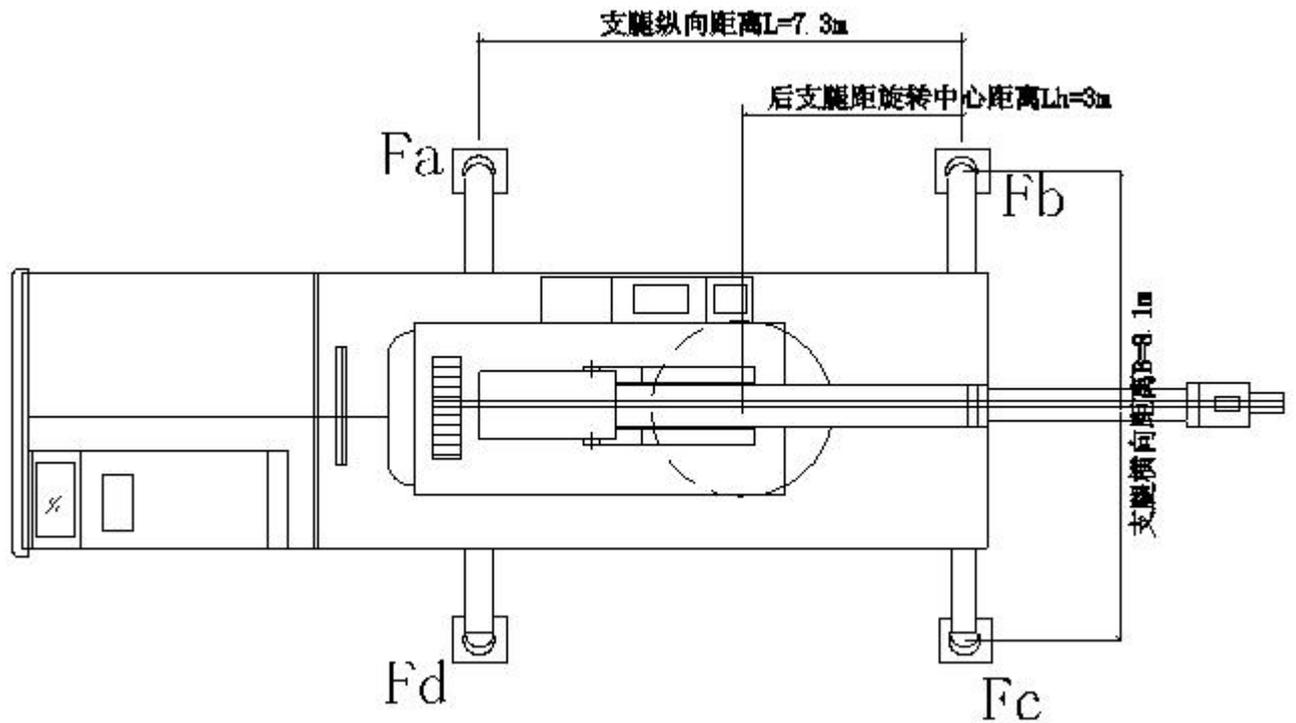
$$\text{支腿 c: } F_c = F_{c1} + F_{cx} + F_{cy} = 6.973 + \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (-1.784 \cos\beta + 19.144) + \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (1.894 \sin\beta + 19.144)$$

支腿

$$d: F_d = F_{d1} + F_{dx} + F_{dy} = 20.522 + \cos\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (1.784 \cos\beta + 13.356) + 0.698 \times \sin\beta / (\cos\beta + \sin\beta) \times (1.894 \sin\beta + 19.144)$$

(3)、各吊装工况及最不利工况支腿荷载计算

3.1 当 $\beta=0^\circ$ 时，此时吊物在起重机后方



将 $\beta=0^\circ$ 代入得到:

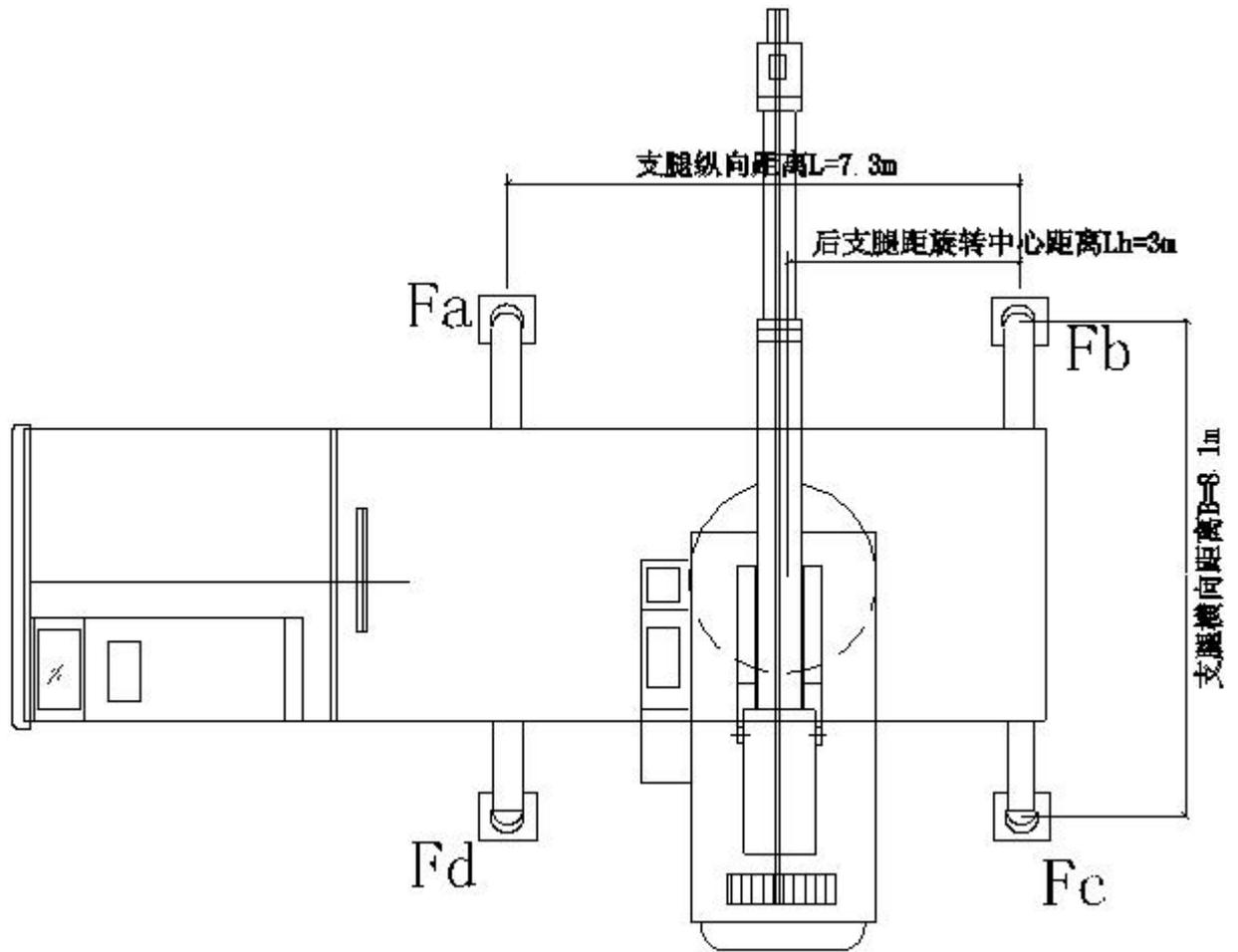
$F_a=35.662$ 吨, $F_b=24.333$ 吨, $F_c=24.333$ 吨, $F_d=35.662$ 吨

各支腿最大荷载 $F_i=\max(F_a、F_b、F_c、F_d)=\max(35.662、24.333、24.333、35.662)=35.662$ 吨

没有出现支腿荷载为负数。

抗倾覆满足要求!

3.2 当 $\beta=90^\circ$ 时, 此时吊物在起重机侧方



将 $\beta=90^\circ$ 代入得到：

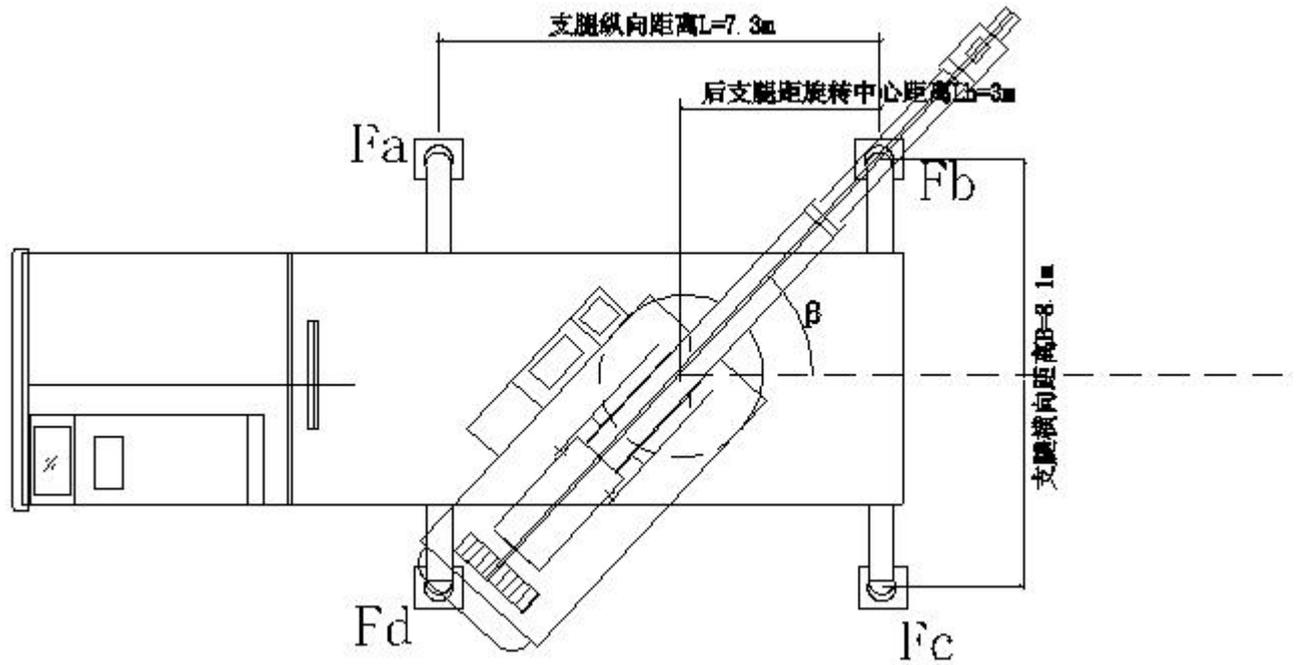
$F_a=32.556$ 吨， $F_b=24.223$ 吨， $F_c=28.011$ 吨， $F_d=35.2$ 吨

各支腿最大荷载 $F_2=\max(F_a、F_b、F_c、F_d)=\max(32.556、24.223、28.011、35.2)=35.2$ 吨

没有出现支腿荷载为负数。

抗倾覆满足要求！

3.3 起重臂位于支腿 b 方向工况



当 $\beta=53.471^\circ$ 时，起重臂在支腿 b 方向，此时

$F_a=33.72$ 吨， $F_b=24.791$ 吨， $F_c=26.539$ 吨， $F_d=34.94$ 吨

各支腿最大荷载 $F_3=\max(F_a、F_b、F_c、F_d)=\max(33.72、24.791、26.539、34.94)=34.94$ 吨

没有出现支腿荷载为负数。

抗倾覆满足要求！

考虑各个工况按最不利原则；支腿最大受力 $N_k=\max(F_1,F_2,F_3)=\max(35.662, 35.2, 34.94)=35.662$ 吨

单个支腿传至基础顶面的轴向力标准值为： $N'=9.8\times N_k=9.8\times 35.662=349.491\text{kN}$

单个支腿垫板的底面平均压力 $p=N'/A_{d1}=349.491/6.25=55.919\text{kPa}\leq f_{ak}=65\text{kPa}$

满足要求！