

# 塔式起重机行走式底架结构总成 的计算机辅助分析和设计

王炳乐 周首光

宋立权 喻志刚

(机电系)

**摘要** 本文是“塔式起重机金属结构计算机辅助设计”科研课题其中的一个成果<sup>[5,6,7]</sup>。文中以井型底架结构为例,首先说明了塔式起重机行走式底架结构总成力学模型的建立方法;随后给出了它们优化设计数学模型和计算机程序的N-S图,并应用离散优化技术作了实例计算;最后就行走式底架结构总成设计中有关的问题作了简要说明。

**关键词** 塔式起重机,底架结构,金属结构,计算机辅助设计

塔式起重机行走式底架结构总成,工程中常见的型式有: #型、十字型、X型和水母式等多种。它们的共同特点是均为高次超静定空间桁梁混合结构,其力学模型的简化和求解,优化设计数学模型的建立和求解方法有许多共同之处。本文试以 #型行走式底架结构总成为例,首先说明了这类结构总成力学模型的建立方法;随后给出了它们统一的优化设计数学模型和计算机程序的N-S图,并应用离散优化技术作了实例计算;最后就行走式底架结构总成设计中有关的问题作了简要说明。

## 1 力学模型<sup>[2]</sup>

塔式起重机行走式底架结构总成包括塔身第一节架、塔身撑杆和底架主梁等组成部分。其 #型行走式底架结构总成的计算简图如图1所示。外载荷包括作用在撑杆上支承面  $A_2B_2$   $C_2D_2$  上的弯矩  $M'_{px}$ 、 $M'_{py}$ ,剪力  $Q'_{px}$ 、 $Q'_{py}$ ,轴向力  $N'$  和扭矩  $M'_R$ ;作用在底架上梁上的压重  $Q_y$  和各部分自重;以及塔机行走时行走轨道作用于车轮的侧向力  $P_s$ 。为了便于利用结构的对称性从而简化计算,特将上述外载荷分为①  $N'$  和  $Q_y$ ; ②  $M'_{py}$  和  $Q'_{px}$ ; ③  $M'_{px}$  和  $Q'_{py}$ ;

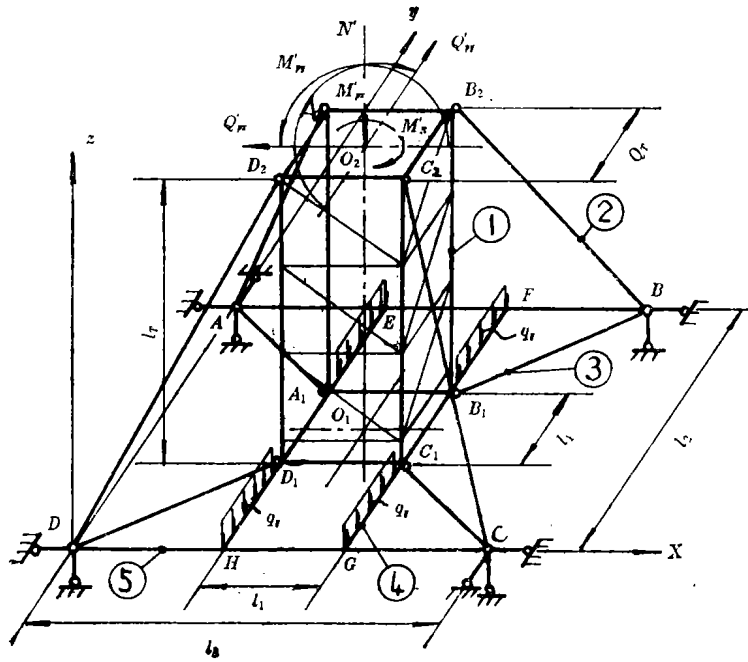


图 1

①第一节架；②塔身撑杆；③斜撑；④上梁；⑤下梁

④ $M'_R$ 和⑤ $P_z$ 五组，先分别求出各组外载引起的撑杆轴力和主梁有关部位的内力，然后叠加即可求得总轴力和总内力。自重单独计入，即自重对结构内力的影响不计撑杆的作用。为节省篇幅，以下以外载 $M'_{py}$ 和 $Q'_{px}$ 组说明其求解过程。

### 1.1 建立力法基本方程

由于只考虑 $M'_{py}$ 和 $Q'_{px}$ ，故由结构的对称性易知，总成的支座反力是静定的，并且塔身的四根撑杆和底架的四根斜撑，它们的轴力，其大小各自相等，方向两两相反，故多余未知力只有二个，切断四撑杆和四斜撑，则得该结构在承受外载 $M'_{py}$ 和 $Q'_{px}$ 时的基本结构(图2)。分别令 $X_{My1} = 1$ 和 $X_{My2} = 1$ ，绘出对应的弯矩图(图3，a，b)，再将 $M'_{py}$ 和 $Q'_{px}$ 单独作用于基本结构，绘出对应的弯矩图(图4，a，b)，

图3，4中

$$\begin{aligned}
 S_2 &= 0.5(l_1 - l_2), P_{oMy} = 0.5M_{oy}/l_2, M'_{py} = 2a_T \cos \gamma, M_{oy} = M'_{oy} + 4l_7 \cos \alpha, \\
 h_1 &= S_2 \cdot \cos \gamma, h_2 = S_2 \cdot \cos \beta, h_3 = S_2 \cdot P_{oMy}, h_4 = S_2 \cdot \cos \alpha, h_5 = S_2 \cdot \sin \varphi, \\
 h_6 &= S_2 \cdot \cos \varphi \\
 P_{My} &= 0.5M'_{py}/l_2, R_{My} = 0.5M'_{py}/l_1, h_7 = S_2 \cdot R_{My}, h_8 = S_2 \cdot P_{My} \\
 M_{Qx} &= l_T \cdot Q'_{px}, P_{Qx} = 0.5M_{Qx}/l_2, R_{QxH} = 0.25Q'_{px}, R_{Qx} = 0.5M_{Qx}/l_1, \\
 h_9 &= S_2 \cdot R_{Qx}, h_{10} = S_2 \cdot R_{QxH}, h_{11} = S_2 \cdot P_{Qx}
 \end{aligned}$$

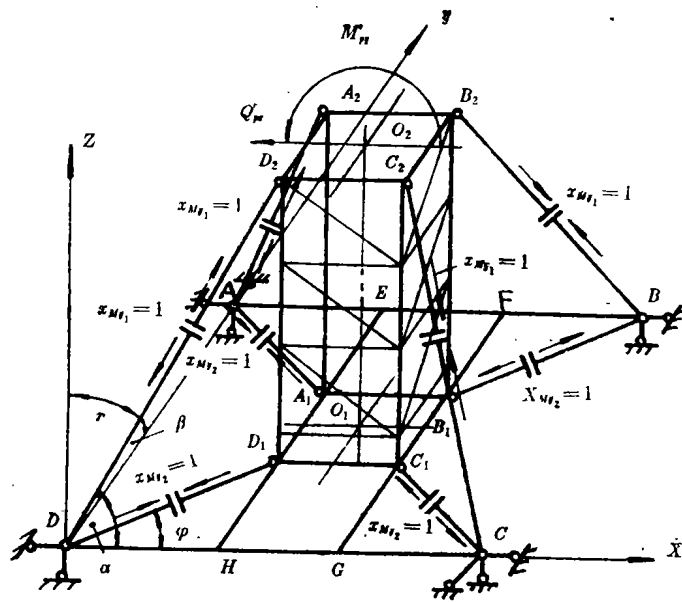


图 2

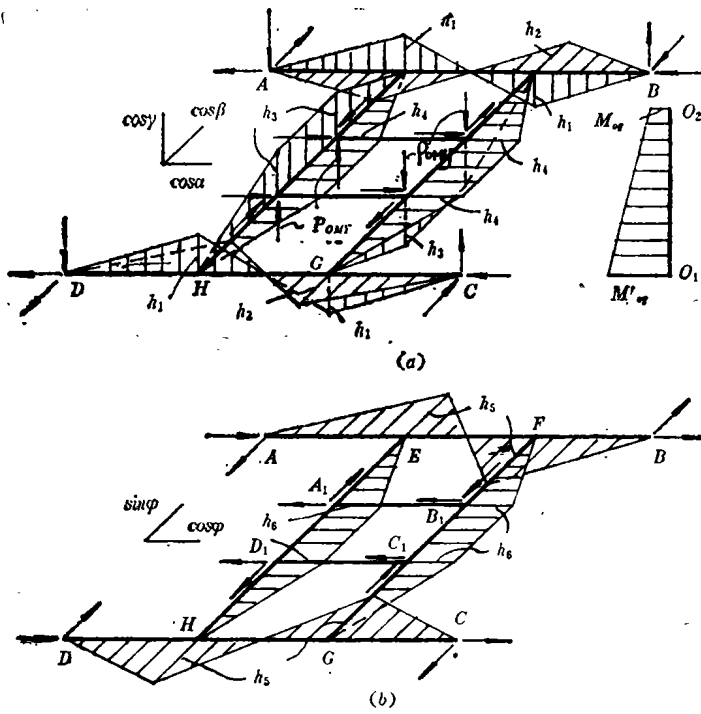


图 3

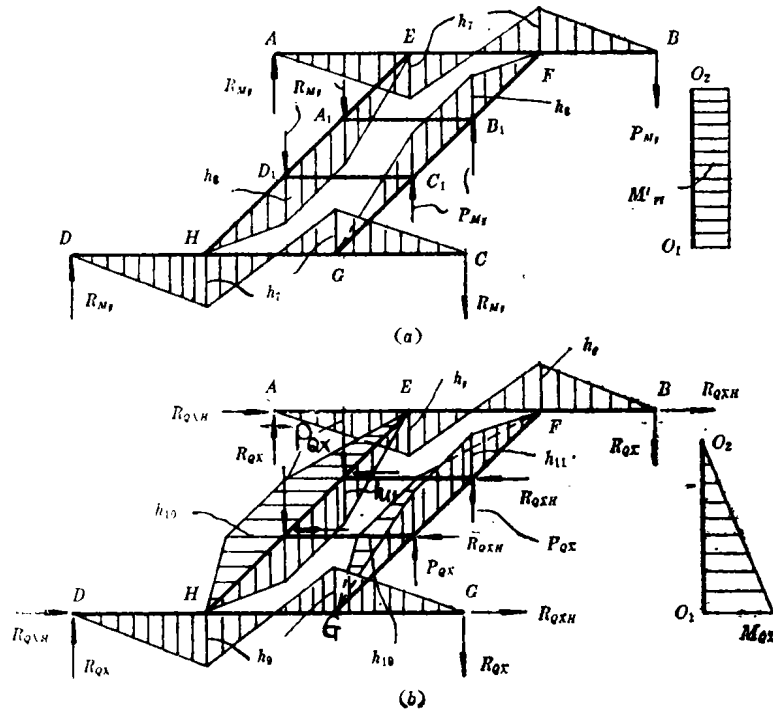


图 4

利用图解积分法，易得该结构在承受外载  $M'_{py}$  和  $Q'_{pz}$  时的力法基本方程为：

$$F_{My} \cdot X_{My} = -D_{My} \tag{1}$$

式中：

$F_{My}$ ——柔度矩阵

$$F_{My} = [f_{ij}]_{2,2}$$

$$\begin{aligned} f_{11} = & \frac{1}{EI_T} \cdot y_3(l_T, M'_{oy}, M_{oy}, M'_{oy}, M_{oy}) \\ & + \frac{4}{EI_{Vx}} \cdot [y_1(S_2, h_1) + y_1(0.5l_2, h_1)] \\ & + \frac{4}{EI_{Hx}} \cdot [y_1(S_2, h_2) + y_1(0.5l_2, h_2)] \\ & + \frac{2}{EI_{Vs}} \cdot [2y_1(S_2, h_3) + l_2 h_3^2] \\ & + \frac{2}{EI_{Hs}} \cdot [2y_1(S_2, h_4) + l_2 h_4^2] \\ & + \frac{l_{g1}}{EA_{G1}} \\ f_{22} = & \frac{4}{EI_{Hx}} \cdot [y_1(S_2, h_5) + y_1(0.5l_2, h_5)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{2}{EI_{Hs}} \cdot [2y_1(S_2, h_6) + l_2 h_6^2] \\
 & + \frac{l_{g2}}{EA_{G2}} \\
 f_{12} = & \frac{4}{EI_{Hx}} \cdot [y_2(S_2, h_2, -h_5) + y_2(0.5l_2, h_2, -h_5)] \\
 & + \frac{2}{EI_{Hs}} \cdot [2y_2(S_2, h_4, h_6) + l_2 h_4 h_6] \\
 = & f_{21}
 \end{aligned}$$

$X_{My}$ ——多余未知力列向量

$$X_{My} = [M_{My1}, X_{My2}]^T$$

$D_{My}$ ——载荷位移列向量

$$D_{My} = [D_{My1}, D_{My2}]^T$$

$$\begin{aligned}
 D_{My1} = & \frac{1}{EI_T} \cdot y_3(l_T, M'_{oy}, M_{oy}, -M'_{py}, -M'_{py} - M_{Qx}) \\
 & + \frac{4}{EI_{Vx}} \cdot [y_2(S_2, h_1, -h_7 - h_9) + y_2(0.5l_2, h_1, -h_7 - h_9)] \\
 & + \frac{2}{EI_{Vs}} \cdot [2y_2(S_2, h_3, -h_8 - h_{11}) - l_2 h_3(h_8 + h_{11})] \\
 & + \frac{2}{EI_{Hs}} \cdot [2y_2(S_2, h_4, -h_{10}) - l_2 h_4 h_{10}] \\
 D_{My2} = & \frac{2}{EI_{Hs}} \cdot [2y_2(S_2, h_6, -h_{10}) - l_2 h_6 h_{10}]
 \end{aligned}$$

以上诸式中,  $I_T$  为塔身截面惯性矩,  $I_{Vx}$ 、 $I_{Hx}$  和  $I_{Vs}$ 、 $I_{Hs}$  分别为下梁和上梁截面对垂直水平轴的惯性矩,  $l_T$ 、 $l_{g1}$ 、 $l_{g2}$  分别为塔身第一节架、撑杆、斜撑的长度,  $A_{G1}$ 、 $A_{G2}$  为撑杆和斜撑的截面积,  $E$  为弹性模量, 其余见图 1 至 6。另外:

$$S_2 = 0.5(l_1 - l_2)$$

$$y_1(S, h) = \frac{1}{3} S h^2$$

$$y_2(S, h_1, h_2) = \frac{1}{3} S h_1 h_2$$

$$y_3(S, h_3, h_4, h_5, h_6) = \frac{1}{6} S [z(h_3 h_5 + h_4 h_6) + h_3 h_6 + h_4 h_5]$$

### 1.2 解力法基本方程, 求 $X_{My}$

$$X_{My} = -F_{My}^{-1} \cdot D_{My} \quad (2)$$

### 1.3 计算有关部位的内力

$$A_{My} = A_{My0} + T_{My} \cdot X_{My} \quad (3)$$

如要计算的内力为: 下梁  $AEFB$  截面  $A$  的垂向剪力  $Q_A$ , 截面  $E$  两侧的垂向剪力  $Q_{ELX}$ 、 $Q_{ERX}$ ; 轴向力  $N_{ELX}$ 、 $N_{ERX}$ , 垂面弯矩  $M_{ELV}$ 、 $M_{ERV}$  和水平弯矩  $M_{ELH}$ 、 $M_{ERH}$ , 以及上梁

$EA_1D_1H$  截面  $E$  的垂向剪力  $Q_E$ , 截面  $A_1$  两侧的垂向剪力  $Q_{AIL}$ 、 $Q_{AIR}$ , 轴向力  $N_{AIL}$ 、 $N_{AIR}$ , 垂面弯矩  $M_{AILV}$ 、 $M_{AIRV}$ , 水平弯矩  $M_{AILH}$ 、 $M_{AIRH}$ , 即

$$A_{My} = [Q_A, Q_{ELX}, Q_{ERX}, N_{ELX}, N_{ERX}, M_{ELV}, M_{ERV}, M_{ELH}, M_{ERH}, Q_E, Q_{AIL}, Q_{AIR}, N_{AIL}, N_{AIR}, M_{AILV}, M_{AIRV}, M_{AILH}, M_{AIRH}]^T$$

则:

$$A_{MyP} = [R_{My}, R_{My}, R_{My} - P_{My}, 0, 0, -h_7, -h_7, 0, 0, -P_{My}, -P_{My}, 0, 0, 0, h_8, h_8, 0, 0]^T$$

$$+ [R_{QX}, R_{QX}, R_{QX} - P_{QX}, -R_{QXH}, 0, -h_9, -h_9, 0, 0, P_{QX}, P_{QX}, 0, 0, 0, -h_{11}, -h_{11}, h_{10}, h_{10}]^T$$

$$T_{My} = \begin{bmatrix} -\cos\gamma & -\cos\gamma & P_{oMy} - \cos\gamma & \cos\alpha & 0 & h_1 & h_1 & -h_2 & -h_2 \\ 0 & 0 & 0 & -\cos\varphi & 0 & 0 & 0 & h_5 & h_5 \\ \hline -P_{oMy} & -P_{oMy} & 0 & \cos\beta & 0 & h_3 & h_3 & -h_4 & -h_4 \\ 0 & 0 & 0 & -\sin\varphi & 0 & 0 & 0 & -h_6 & -h_6 \end{bmatrix}^T$$

在各组外载对应的未知力和内力求到后; 则总未知力和总内力可用下式求出:

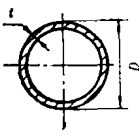
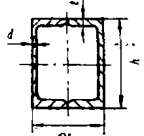
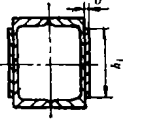
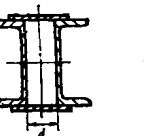
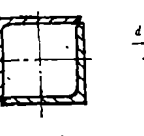
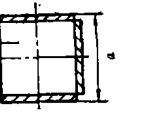
$$X = X_{NQ} + X_{My} + X_{MX} + X_{MR} + X_{PS} \quad (4)$$

$$A = A_{NQ} + A_{My} + A_{MX} + A_{MR} + A_{PS} \quad (5)$$

## 2 优化设计数学模型

由于塔身第一节架的设计参数是由塔身设计确定的, 故 # 型底架结构总成设计尚须确定的参数有: 塔身撑杆的截面型式和有关尺寸, 底架主梁, 包括上梁和下梁的截面型式和有关尺寸, 底架斜撑的截面型式和有关尺寸。这三部分的设计变量名称和个数视其截面型式而异, 设计指标以重量最轻为追求目标, 设计约束主要出自强度条件、刚度条件和稳定性条件<sup>[1]、[3]</sup>。为清晰、简单起见, 以下以列表方式给出这些内容。

### 2.1 塔身撑杆

编号	1	2	3**	4***	5	6
截面型式						
设计变量	$x_{i+1} = D$ $x_{i+2} = t$	$x_{i+1} = NOG1$				$x_{i+1} = a$ $x_{i+2} = d$
设计变量个数	2	1	1	1	1	2
编号 6 约束条件	$g_{j+1} = M_{Ax}( N_{AA2} ,  N_{BB2} ,  N_{CC2} ,  N_{DD2} ) / AG_1 - [\sigma] \leq 0$ $g_{j+2} = lG_{10} / rG_{1min} - [\lambda]G_1 \leq 0$ $g_{j+3} = N_{AA2} / \varphi \cdot AG_1 - [\sigma] \leq 0$ $g_{j+4} = (a - 2d) / d - 50\sqrt{2400/\sigma_s} - 0.1\lambda \leq 0$ $g_{j+5} = a/d - 80\sqrt{2400/\sigma_s} \leq 0$					

续表

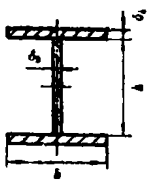
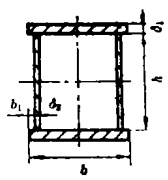
约束条件数	3	3	3	3	3	5
目标函数	$F_1(X) = A_{G1} \cdot l_{G1} \cdot \rho$ , $\rho$ 为比重, 以下同					

\* 程序运行时, 截面编号值由控制变量 IT4 定出;

\*\*  $h_1$ 、 $\delta$  值由条件  $I_x = I_y$  定出;

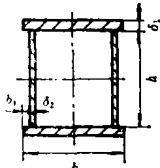
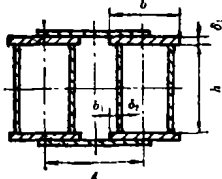
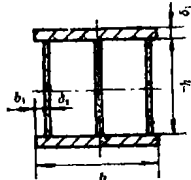
\*\*\*  $d$  由条件  $I_x = I_y$  定出。

## 2.2 底架上梁

编号	1	2
截面型式		
设计变量	$x_{i+1} = \delta_1, x_{i+2} = \delta_2, x_{i+3} = b, x_{i+4} = h$	
设计变量数	4	4
编号 2 约束条件	$g_{1+1} = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} + \sigma_p + \sigma_w + \frac{N}{A_{SL}} - [\sigma]_{II} \leq 0$ $g_{1+2} = \tau_p + \tau_h + \tau_w - [\tau]_{II} \leq 0$ $g_{1+3} = \sigma_1 - 1.4[\sigma]_I \leq 0$ $g_{1+4} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} - \sigma_1 \sigma_2 + 3\tau_1^2 - 1.1[\sigma]_{II} \leq 0$ $g_{1+5} = f_v - [f]_v \leq 0$ $g_{1+6} = f_H - [f]_H \leq 0$ $g_{1+7} = \frac{h + 2\delta_1}{b - 2b_1} - 3 \leq 0$ $g_{1+8} = \frac{l_1}{b - 2b_1} - 50 \leq 0$ $g_{1+9} = \frac{b - \delta_2 - 2b_1}{\delta_1} - m_1 \left( = \sqrt{\frac{2400}{\sigma_s}} \right) \leq 0$ $g_{1+10} = \frac{h}{\delta_2} - m_2 \left( = 80 \sqrt{\frac{2400}{\sigma_s}} \right) \leq 0$	
约束条件数	9	10
目标函数	$F_2(X) = A_{SL} \cdot l \cdot \rho$ , $A_{SL}$ 为截面积, $l$ 梁长	

\* 程序运行时, 其值由控制变量 IT2 定出。

### 2.3 底架下梁

编 号*	1	2**	3
截面型式			
约束条件数	9	9	9

- \* 程序运行时，编号值由 IT3 定出；
- \*\* d 由结构条件定出；
- \*\*\* 下梁未列出内容同上梁。

### 2.4 底架斜撑

底架斜撑和塔身杆均为轴心压杆，其截面型式取为塔身撑杆中的 2，3，4，5，6 五种型式，由控制变量 IT5 确定。其余和塔身撑杆相同，略。

在各组成部分的设计模型确定后，则底架总成完整的优化设计数学模型可表为：

$$\min F(X) = \sum_{i=1}^4 w_i F_i(X)$$

$$D = \{X | g_m(X) \leq 0, m=1, 2, \dots, L\}$$

$$X = [X_D, X_C]^T$$

$$X_D = [X_1, X_2, \dots, X_p]^T \in R^D$$

$$X_C = [X_{p+1}, X_{p+2}, \dots, X_n]^T \in R^C$$

$$R^n = R^D \times R^C = \{(X^D, X^C); X^D \in R^D, X^C \in R^C\} \quad (6)$$

其中  $p$  为离散变量数， $n$  为设计变量个数， $L$  为约束条件个数， $w_i$  为权因子。当某一组件参与优化时， $w_i = 1$ ，否则为零。

## 3 程序的N-S图

塔式起重机行走式底架结构总成计算机辅助分析和设计程序的N-S图如图 5 所示。目前程序已含 # 型和十字型底架结构，水母式和 X 型暂缺，待扩充。整个程序完全采用模块结构且具有较强的人机对话功能。由于优化设计方法——混合离散变量 MDCP 组合型算法模块已有专著讨论<sup>[4]</sup>，且受篇幅的限制，以下仅讨论设计约束函数过程模块的N-S图。

底架总成计算机辅助设计外载  $M'_{px}$ 、 $M'_{py}$ ， $Q'_{px}$ 、 $Q'_{py}$ ， $N'$  和  $M'_R$  由塔身设计定出。根据吊重的大小和幅度，塔身、吊臂、风向、行走轨道的不同方位和取向可有七种组合，其值由程序依控制变量 IT1 的取值从外存数据文件中读入。又 # 型行走式底架结构，从整体布置看，下梁可以和行走轨道平行 (IT6=1)，也可垂直 (IT6=2)；压重  $q$  的支点可设在上梁上 (IT7=1)，也可在下梁上 (IT7=2)；上、下梁的连结方式通常采用搁置式 (IT8=



1)，也可取上梁端面和下梁侧面连结方式 ( $IT_8=2$ )，且两者均可用斜撑加固 ( $IT_5 \geq 0$ )，也可不用 ( $IT_5 < 0$ )；上、下梁翼缘板、腹板之厚度可相等 ( $IT_9=1$ )，也可不同 ( $IT_9=2$ )。综合上述诸情况之后，#型底架总成设计约束函数过程模块的 N-S 图如图 6 所示。

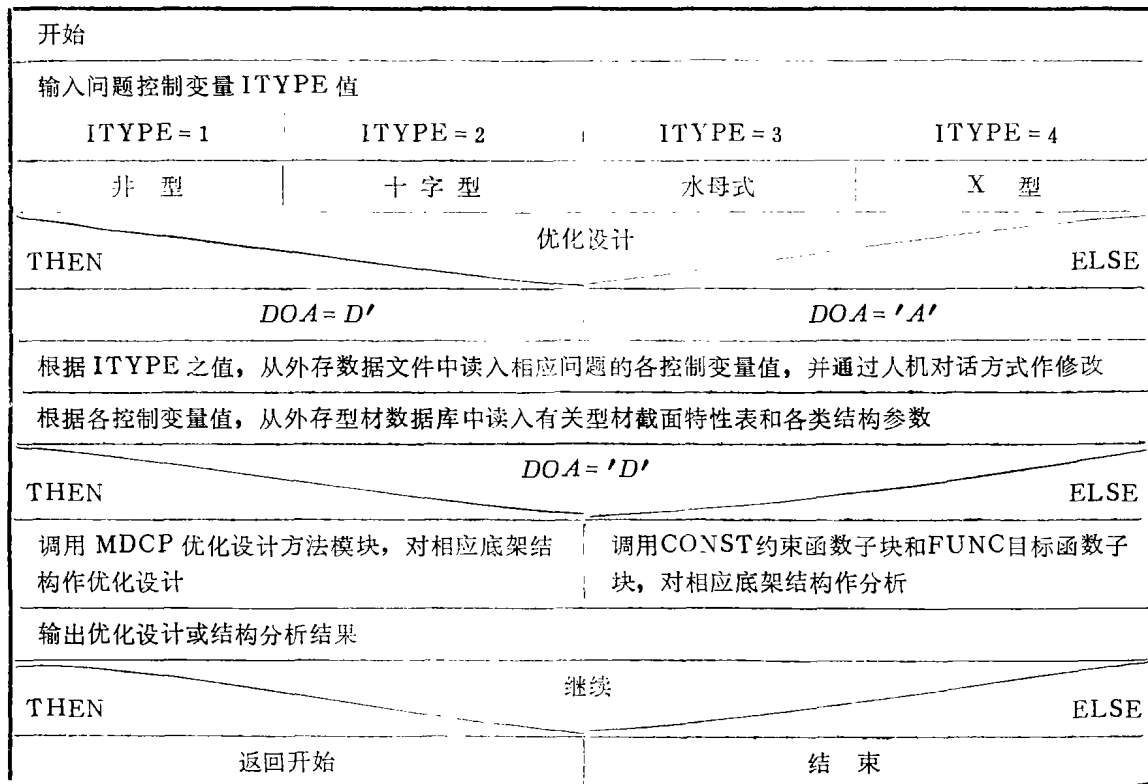
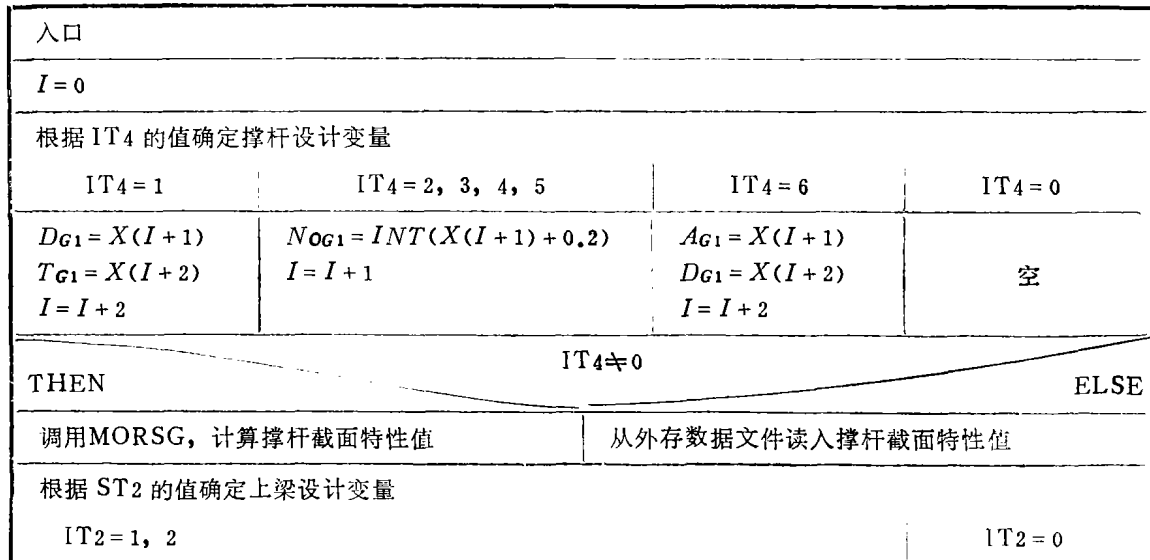


图 5 塔式起重机行走式底架结构总成计算辅助分析和设计程序的 N-S 图



续图

$DT1S = X(I+1), DT2S = X(I+2), BS = X(I+3), HS = X(I+4),$ $I = I+4$		空
$IT2 \neq 0$		
THEN		ELSE
调用MORS1或MORS2, 计算上梁截面特性值		从外存数据文件读入上梁截面特性值
根据 IT2、IT3、IT9 的值确定下梁设计变量		
$IT2 \neq 0, IT3 = 1, 2, 3, IT9 = 1$	$IT3 = 1, 2, 3, IT9 = 2$	$IT3 = 0$
$DT1X = DT1S$ $DT2X = DT2S$ $BX = X(I+1)$ $HX = X(I+2)$ $I = I+2$	$DT1X = X(I+1)$ $DT2X = X(I+2)$ $BX = X(I+3)$ $HX = X(I+4)$ $I = I+4$	空
$IT3 \neq 0$		
THEN		ELSE
调用MORS2或MORS3, 计算下梁截面特性值		从外存数据文件读入下梁截面特性值
根据 IT5 的值确定底架斜撑的设计变量		
$IT5 = 1, 2, 3, 4$	$IT5 = 5$	$IT5 \leq 0$
$NOG2 = INT(X(I+1) + 0.2)$ $I = I+1$	$AG2 = X(I+1), DG2 = X(I+2)$ $I = I+2$	空
$IT5 \leq 0$		
THEN		ELSE
$IT5 < 0$		调用MORSG计算斜撑的截面特性值
空	从外存读入斜撑截面特性值	
调用FORCUT力学模型模块, 根据IT1、IT5、IT6、IT7、IT8的值求解方程(4), (5)		
$J = 0$		
当 $IT4 \neq 0$ 时		
调用CONSG轴心压杆约束函数子块, 计算撑杆约束函数值		
$IT4 = 1 \sim 5$	$IT4 = 6$	
$J = J + 3$	$J = J + 5$	
当 $IT2 \neq 0$		
调用CONSL底架主梁约束函数子块计算上梁约束函数值		
$IT2 = 1$	$IT2 = 2$	
$J = J + 9$	$J = J + 10$	

续图

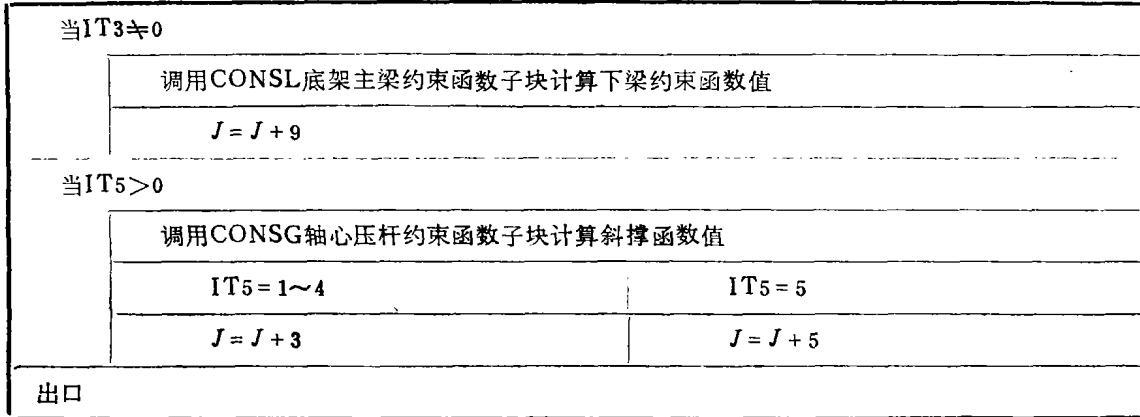


图6 #型行走式底架结构总成约束函数过程子块程序的N-S图

## 4 算例和简单结语

从程序的N-S图看,程序通过一组控制变量的不同取值,几乎可处理底架结构所有可能的情况。这不仅可满足用户的多种要求,且便于设计人员探讨底架结构的设计机理。随着程序的调试和扩充,我们曾为某厂QT-80塔机上梁为单箱形、下梁为双箱形,搁置式无斜撑,压重支点设在上梁上,下梁和轨道平行的#型底架结构总成作了优化设计(表1方案1);后又为该厂QT-80塔机上梁为单箱形或工字形、下梁为单箱形,搁置式有斜撑加固,压重支点在上梁上,下梁和轨道垂直的#型底架结构总成提供了优化设计方案(表1方案2);近期,我们又用此程序为某厂设计了QT-80A塔机十字型底架结构总成(表2)。

表2 十字型底架总成优化设计结果

组件名称		撑杆	十字梁				拉杆	
截面型式编号		2	2				1	
设计 变量	名称	$N_{OG1}(x_1)$	$\delta_1(x_2)$	$\delta_2(x_3)$	$b(x_4)$	$h(x_5)$	$D(x_6)$	$t(x_7)$
	X* 值	7([180×68])	1.8	1.0	28.0	34.4	8.0	1.0
目标函数(t)		0.955	2.556				0.345	

• 总重量3.857t。

通过以上实际设计和一定的计算机模拟实践,我们有以下体会:

1) 国内塔机行走式底架结构总成多数偏大,原因之一是力学模型过于粗草。如前述,行走式底架总成通常都是高次超静定空间桁梁混合结构,且有很多随机和可变因素,精确求解十分困难。因此,工程中为计算方便简单,作了若干假设,而其中的一些是欠妥的。例如在求撑杆轴力时,忽略底架主梁的弹性变形,或者#型底架尽管有斜撑加固,但计算时也不考虑;又如忽略部分外载(如扭矩 $M'_k$ 和车轮侧向力 $P_s$ 等)和主梁内力,只计垂直面弯矩等,均与实际差异较大。

表 1 QT-80塔机井型底架原始方案和优化设计结果

项目	名称	撑	杆	上	梁	下	梁	斜	撑
截面型	原方案	1		2		2		—	—
式编号	方案 1	1		2		2		—	—
	方案 2	4		2		1		1	1
设计变量	名称	$NOG_1(x_{i+1})$		$\delta_1(x_{i+1})$	$\delta_2(x_{i+2})$	$b(x_{i+3})$	$h(x_{i+4})$	$NOG_2(x_{i+1})$	
(cm)	$X^\circ$	•		1.4	1.2	40.0	52.2	••	
	$X_1$	•		1.6	0.8	35.0	56	••	
	$X_2$	6([160×65])		1.8	0.8	26.0	47.0	3([140×58])	
主要约	名称	$g_{i+3}$		$g_{i+1}$	$g_{i+2}$	$g_{i+4}$	$g_{i+5}$	$g_{i+3}$	
束函数	$G(X^\circ)$			-128.9	-756.0	-609.6	-0.313		
	$G(X_1)$			-19.3	-656.4	-553.7	-0.221		
	$G(X_2)$	-37.6		-8.1	-655.4	-531.9	-0.139		
目标函数	$F(X^\circ)$	—		3.129				3.787	—
(t)	$F(X_1)$	—		2.658				3.147	—
	$F(X_2)$	0.935		2.226				2.430	0.268
目标函数	方案 1			15.03				16.90	
下降率(%)	方案 2	-23.16		28.86				35.83	

•塔身撑杆采用原设计,  $D=14\text{cm}$ ,  $t=1\text{cm}$ ; ••原设计, 方案 1 无斜撑; •••底架总成原重 7.675t, 方案 1 重 6.565t, 方案 2 重 5.859t (不包括塔身第一节架, 以下同)。

2) 理论分析和计算实践表明, 对于 # 型底架, 整体布置如无特殊要求, 宜采用下梁垂直行走轨道的方式; 上、下梁取上梁端面和下梁侧面相联结方式重量最轻, 搁置式简单方便, 两种情况均宜用斜撑加固; 上梁宜用工字形或单箱形, 下梁宜用单箱形。

3) 就上述四种底架, # 型和 X 型用得较多, 但从发展趋势看, 由于十字型底架具有构造简单、受力合理, 设计方便, 且重量较轻等优点, 有可能逐步取代其余三种。

4) 理论分析和计算机模拟表明, 无论是何种型式的底架总成, 撑杆轴力对撑杆截面积  $A_{G_1}$  均较敏感。当  $A_{G_1}$  加大时, 撑杆轴力增大, 而撑杆轴力的增大又能较大幅度地使主梁内力减小。这一现象表明, 撑杆重量较小的增加可促成底架主梁重量较多的减小, 从而使底架总成较轻。

5) 通常, 塔身撑杆上支承座是在塔机首次安装时配焊的, 其配焊顺序有两种, 一是先主梁上放上压重, 然后配焊支承座; 另一种是先配焊支承座, 装上撑杆, 然后加压重。两种做法, 力学模型不同, 效果也不同。后者, 由于压重的部分重量可通过塔身第一节架、撑杆、主梁、车轮直接传入轨道, 故可改善底架主梁的受力情况, 从而有利于减小底架总成的重量。

### 参 考 文 献

- 1 起重机设计规范. GB3811-83
- 2 美国 J.M 盖尔. 杆系结构分析. 水利电力出版社, 1983
- 3 同济大学主编. 钢结构. 建工出版社, 1985
- 4 陈立周. 关于约束非线性混合离散变量优化设计方法及软件包 MOD 的研究. 科技研究报告. 北京科技大学, 1987
- 5 QT-80 塔机底架结构优化设计的研究报告. 重庆建院、广西建机厂, 1987, 1988
- 6 QT-80A 塔机整机优化设计研究报告. 重庆建工学院、广西建机厂, 1989
- 7 喻志刚、王炳乐、宋立权、周首光. 塔式起重机金属结构计算机辅助设计系统. 重庆建筑工程学院学报, 1990, 12(2):118

(编辑: 刘家凯)

## COMPUTER-AIDED ANALYSIS AND DESIGN FOR THE BASE STRUCTURE OF A MOVABLE TOWER CRANE

*Wang Bingle      Zhou Shouguang*

*Song Liquan      Yu Zhigang*

(Dept. of Mechanical and Electrical Engineering)

**ABSTRACT** This paper is one of the achievements of the research item for computer-aided design of tower crane's steel structure. In the paper, taking the well-base structure as an example, first the method

establishing the mechanical model is explained for the base structure of a movable tower crane. Then the math model of its optimal design and the N-S figures for the computer program is described and calculated using discrete optimal technology. Finally the problems related to the design for the base structure of a movable tower crane are briefly illustrated.

**KEY WORDS** tower crane, base structure, computer-aided design