

导向钻机液压管路的优化设计

姜惠民¹, 沙永柏²

(1. 长春职业技术学院信息技术分院, 吉林 长春 130033; 2. 吉林大学机械科学与工程学院, 吉林 长春 130022)

摘要: 导向钻机液压管路的尺寸直接影响着能量损失以及管路体积、质量的大小。采用优化设计方法, 综合考虑能量损失及管路体积 2 方面的影响, 建立了导向钻机吸油管路的目標函数, 经编程求解, 确定了管路的合理尺寸。

关键词: 导向钻机; 液压管路; 吸油管路; 目标函数; 优化设计

中图分类号: P634.3⁺1; TH137.8⁺6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2009)03-0029-02

Optimization Design on the Hydraulic Pipeline of Directional Drill/ JIANG Hui-min¹, SHA Yong-bai² (1. Changchun College of Vocation and Technology, Changchun Jilin 130033, China; 2. Jilin University, Changchun Jilin 130022, China)

Abstract: The size of hydraulic pipeline of directional drill directly affects the energy loss and the volume & weight of the pipeline. The paper introduces an optimization design with consideration both in energy loss and pipeline volume to build up the object function of intake pipeline; the rational pipeline size is determined by programming and solution.

Key words: directional drill; hydraulic pipeline; intake pipeline; object function; optimization design

1 概述

在全液压导向钻机中, 液压管路必不可少, 尽管它是液压附件, 但是选择是否恰当却对系统有着重要影响。在流量一定的前提下, 内径小则流速高、能量损失大, 而且可能产生噪声; 内径大时虽然可以避免上述缺点, 但管路体积大、所占空间大, 难于安装, 同时机器的质量增加。对于吸油管路来说, 除了上面所提的影响外, 若吸油阻力大, 甚至会出现空穴现象, 从而使液压装置产生振动, 影响正常工作, 因此要合理选择油管内径及流速。本文针对 FK-150 型非开挖导向钻机的吸油管路进行优化设计。

图 1 为钻机吸油管路原理图, 该钻机采用三联泵为不同执行元件提供压力油。三联泵中的大、中、小泵(从左到右)分别采用 3 根吸油管从油箱中吸油, 本文即针对这 3 条管路进行优化设计。

2 目标函数的建立

吸油管路的优化设计基于 2 方面的考虑, 即管路吸油阻力最小、管路体积最小。钻机液压系统由三联泵构成, 对应采用 3 条吸油管路, 此处把 3 条管路综合在一起建立目标函数。

2.1 以能量损失最小建立目标函数

2.1.1 管路能量损失计算公式

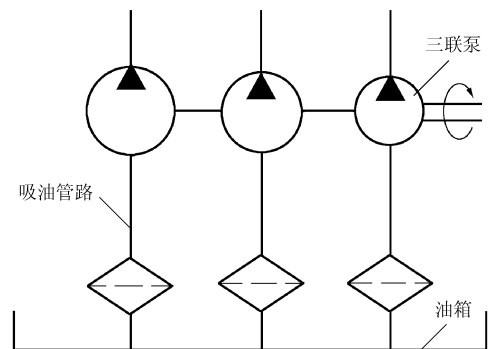


图 1 吸油管路原理图

管路能量损失包括沿程损失与局部损失, 即:

$$\sum h_w = \sum h_f + \sum h_j \quad (1)$$

$$h_f = \lambda \frac{l}{d} \frac{u^2}{2g} \quad (2)$$

$$h_j = \xi \frac{u^2}{2g} \quad (3)$$

式中: h_w ——管路总水头损失, m; h_f ——管路沿程损失, m; λ ——沿程阻力系数, $\lambda = 75/Re$; Re ——雷诺数, $Re = ud/v$; l ——管路长度, m; d ——管路内径, m; u ——管路平均流速, m/s; v ——液压油运动粘度, m^2/s ; h_j ——管路局部损失, m; ξ ——局部阻力系数。

2.1.2 目标函数

由上述公式整理, 可求得 3 条吸油管路总的能

收稿日期: 2008-10-07

基金项目: 吉林省科技厅项目“非开挖导向钻进铺管设备及器具的研究”(编号: 980114)

作者简介: 姜惠民(1964-), 男(汉族), 吉林长春人, 长春职业技术学院副教授, 计算机专业, 从事计算机应用方面的教学及研究工作, 吉林省长春市卫星路 3278 号, chang_mail@126.com; 沙永柏(1971-), 男(汉族), 吉林四平人, 吉林大学副教授, 机械电子专业, 从事教学及岩土工程机械等方面的科研工作, 吉林省长春市人民大街 5988 号, shayb@jlu.edu.cn。

量损失,其表述公式为:

$$\begin{aligned} & \sum h_w \\ &= \sum h_f + \sum h_j \\ &= \frac{75vl_1u_1}{2gd_1^2} + \frac{75vl_2u_2}{2gd_2^2} + \frac{75vl_3u_3}{2gd_3^2} + \xi_1 \frac{u_1^2}{2g} + \xi_2 \frac{u_2^2}{2g} + \xi_3 \frac{u_3^2}{2g} \\ & \quad \text{令 } f_w = \sum h_w = \sum h_f + \sum h_j, \text{ 则有目标函数:} \\ & f_w = \frac{75vl_1u_1}{2gd_1^2} + \frac{75vl_2u_2}{2gd_2^2} + \frac{75vl_3u_3}{2gd_3^2} + \xi_1 \frac{u_1^2}{2g} + \xi_2 \frac{u_2^2}{2g} + \xi_3 \frac{u_3^2}{2g} \end{aligned} \quad (4)$$

式中: l_1, l_2, l_3 ——分别为大、中、小泵吸油管(图1中从左至右)的长度, m; u_1, u_2, u_3 ——分别为吸油管(图1中从左至右)的流速, m/s; d_1, d_2, d_3 ——分别为吸油管(图1中从左至右)的内径, m; ξ_1, ξ_2, ξ_3 ——分别为吸油管(图1中从左至右)的局部阻力系数。

2.2 以管路容积最小建立目标函数

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

式中: V ——吸油管总容积, m^3 ; V_1, V_2, V_3 ——分别为吸油管(图1中从左至右)的容积, m^3 。

显然,有:

$$V = (\pi d_1^2/4)l_1 + (\pi d_2^2/4)l_2 + (\pi d_3^2/4)l_3 \quad (5)$$

2.3 设计变量的确定

在目标函数(4)、(5)中,吸油管长度由油箱、油泵的总体布局确定;液压油的密度、粘度以及液压泵的流量是由采用的液压油类型及选定的液压泵确定的。因此,对于选定的系统,它们应看作常量。而各吸油管的内径及液压油的流速是需要进一步确定的,所以应以这些参数作为设计变量。

2.4 吸油管路目标函数

根据上述分析,可得出同时考虑管路能量损失及体积大小2项参数的目标函数:

$$\begin{aligned} & f(d_1, u_1, d_2, u_2, d_3, u_3) \\ &= W_1 \left(\frac{75vl_1u_1}{2gd_1^2} + \frac{75vl_2u_2}{2gd_2^2} + \frac{75vl_3u_3}{2gd_3^2} + \xi_1 \frac{u_1^2}{2g} + \xi_2 \frac{u_2^2}{2g} + \xi_3 \frac{u_3^2}{2g} \right) + W_2 \left(\frac{\pi d_1^2}{4}l_1 + \frac{\pi d_2^2}{4}l_2 + \frac{\pi d_3^2}{4}l_3 \right) \end{aligned} \quad (6)$$

式中: W_1 ——能量损失权重因子; W_2 ——体积大小权重因子。

3 约束条件

(1) 满足流量方程,即:

$$u_1 \frac{\pi d_1^2}{4} = Q_1; u_2 \frac{\pi d_2^2}{4} = Q_2; u_3 \frac{\pi d_3^2}{4} = Q_3$$

式中: Q_1, Q_2, Q_3 ——大、中、小泵额定流量。

(2) 满足层流条件,即:

$$u_1 d_1/v < Re_c; u_2 d_2/v < Re_c; u_3 d_3/v < Re_c$$

式中: Re_c ——临界雷诺数。

(3) 满足吸油管流速范围要求,即:

$$1 \leq u_1 \leq 2; 1 \leq u_2 \leq 2; 1 \leq u_3 \leq 2$$

(4) 满足管径为正值,即:

$$d_1 > 0; d_2 > 0; d_3 > 0$$

4 优化方法的选择及求解

4.1 方法选择

通过前述分析及数学模型(6)可以看出,这是一个两目标优化问题,属于多目标函数的优化问题。对于此类问题,如果能使几项分目标同时达到最优,即找到绝对最优解是最理想的,但一般来说是难以实现的,实际上往往是一个分目标的极小化会引起另一个或一些分目标的变化,有时各个分目标的优化还互相矛盾,甚至完全对立。因此,就需要在各分目标函数的最优值之间进行协调,以便取得对各分目标函数来说都算是比较好的方案。

对于此处的两目标优化问题来说,一个是追求压力损失最小,一个是追求体积最小,2个目标的优化存在一定的矛盾性,这就需要进行协调。由于二者之间在数量级上存在着差异,为兼顾2个函数,选择了多目标函数的统一目标函数法,把原来的多目标问题转化为具有一个统一目标函数的单目标问题来求解。

在求统一目标函数极小化的过程中,可以按照不同的方法来构成不同的统一目标函数,此处采用目标规划法。这个方法的基本思想是先定出各个分目标函数的最优解,根据多目标优化设计的总体要求对这些最优值作适当调整,定出各个分目标的最合理值 f_j^0 ($j=1, 2, \dots, t$),然后按如下的平方和法来构造统一目标函数:

$$f(x) = \sum_{j=1}^t \left[\frac{f_j(x) - f_j^0}{f_j^0} \right]^2 \quad (7)$$

这意味着当各项分目标函数 $f_j(x)$ 分别达到各自最合理值 f_j^0 时,统一目标函数 $f(x)$ 为最小,式中除以 f_j^0 是使之无量纲化。

4.2 求解

式(6)中相关常量系数如下:

$$l_1 = 2 \text{ m}, l_2 = 1.7 \text{ m}, l_3 = 1.4 \text{ m}$$

$$\xi_1 = 2.45, \xi_2 = 2.40, \xi_3 = 2.29$$

$$Q_1 = 2.12 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}, Q_2 = 1.074 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s},$$

$$Q_3 = 0.663 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \quad (\text{下转第35页})$$

机器设备的性能越高、越完善,对用户知识和熟练技术的要求也越高,要百分之百的发挥机器(系统)性能就越难,特别在与计算机相关联的技术中,有这种感受的倾向更为激烈。因此,从机器(系统)方面来说,应该具有迎合使用者的能力,这就要求构成一种“人类友好系统”。要求这种系统一方面对于人具有高度的“友好性”,另一方面要求对“谁”都是易于使用的。

真正作为“人类友好系统”,必须象人们彼此间相互讨论、相互交流的那样具有理解自然语言的能力。通过对话,觉察问题内在智慧,这就要求系统必须要有非常高的智慧。人类彼此之间所以能进行美好的对话,因为是有共同的语言、知识和思维方法,且具有模糊性,容易推敲对方意图与问题关键,而人与计算机的知识、结构、思维方法互不相同,各有所长,即使彼此间努力去逼近,还不如构成一个具有口译功能的第三子系统,在人(第一子系统)和计算机(第二子系统)之间周旋为好。这个第三子系统应该是人和计算机双方都能明白,具有共识,能够拥有推理意图的高度人工智能系统。国际权威人士认为“模糊控制工程”是未来“人类友好系统”的成功关键。因为,模糊理论是目前能用来表示现代水平自然语言的模糊意识的唯一理论,可以用它来构造定型的逻辑思维模型,而且在某种程度上,有可能表示被称为常识的“宏知识”。因此,模糊逻辑可以把人们的柔性思维模型化,通过严格的逻辑处理,就有可能构成人与计算机之间的第三子系统。

模糊控制技术作为智能控制的重要分支之一,它的最大特点是针对各类具有非线性、强耦合、不确定性、时变多变量复杂系统,在各个控制领域中得到

广泛应用,并取得良好控制效果。从1994年至今,模糊控制技术先后在钻进工艺试验室和坑道钻机性能测试及钻探设备、钻探机具制造专用设备的测控中应用。采用先进的全数字化模糊控制系统其调整、标定、传输、显示、识别、控制调节都为模糊数字智能完成,对钻探参数进行模糊测试控制,提高测控精度,带来更大的方便,受环境温度等影响更小,得到良好的控制效果,为钻探自动化控制系统积累了资料和经验,钻探工程的模糊控制系统应用前景广阔。

参考文献:

- [1] 谢克成,等.自动控制原理[M].北京:电子工业出版社,2004.
- [2] 张碧波,等.设备状态监测与故障诊断[M].北京:化学工业出版社,2004.
- [3] 蔡自兴,等.智能控制[M].北京:电子工业出版社,2004.
- [4] 潘新民,等.微型计算机控制技术[M].北京:电子工业出版社,2003.
- [5] 雷森,等.微机自动检测与系统设计[M].北京:电子工业出版社,2003.
- [6] 方严军,等.检测技术与系统[M].北京:中国电力出版社,2006.
- [7] 刘君华,等.现代测试技术与系统集成[M].北京:电子工业出版社,2005.
- [8] 诸静,等.模糊控制理论与系统原理[M].北京:机械工业出版社,2005.
- [9] 李志全,等.智能仪表设计原理及应用[M].北京:国防工业出版社,1998.
- [10] 孙传友,等.测控系统原理与设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [11] 孟华,等.工业过程检测与控制[M].北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [12] 王仲,等.智能检测与控制技术[M].西安:西北工业大学出版社,2002.

(上接第30页)

$$v = 30 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}, Re_c = 2320; W_1 = 0.3$$

根据上述分析,用C++语言编程求解,求得本问题的最优解为:

$$d_1 = 0.048 \text{ m}, v_1 = 1.172 \text{ m/s}; d_2 = 0.034 \text{ m}, v_2 = 1.183 \text{ m/s}; d_3 = 0.027 \text{ m}, v_3 = 1.158 \text{ m/s}.$$

根据计算结果,参照相关标准,即可选定管路尺寸。

5 结语

通过优化得出的管路参数,有效地保证了管路的应用要求,同时兼顾了能量损失及体积2个因素,

该方法对钻机液压管路的选择设计具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 孙靖民.机械优化设计[M].北京:机械工业出版社,1998.
- [2] 吕凤翥.C++语言基础教程[M].北京:清华大学出版社,2001.
- [3] 吴信丽,曹文钢.电动叉车液压管路局部优化设计[J].机床与液压,2004,(11):102-103,137.
- [4] 刘顺安.液压传动与气压传动[M].长春:吉林科学技术出版社,1999,12.
- [5] 张也影.流体力学[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [6] 成大先,等.机械设计手册(第四版第4卷)[M].北京:化学工业出版社,2002.