

旋挖钻机动力系统功率匹配技术的应用

李来平¹, 薛建民¹, 吴井泉²

(1. 内蒙古北方重型汽车股份有限公司, 内蒙古 包头 014030; 2. 博世力士乐中国, 辽宁 大连 116011)

摘要:旋挖钻机动力系统是发动机和液压传动相结合的统一体, 单纯液压系统的节能控制并不能取得较好的整机节能效果, 发动机的控制也对整机节能性有很大影响。对发动机与液压系统的功率匹配控制进行了研究, 提出了功率极限载荷控制技术, 并在 NR220 旋挖钻机上应用了德国力士乐公司的电子功率极限负荷控制技术, 收到了良好的效果, 保证了旋挖钻机的高效节能和对各种工作环境的适应能力。

关键词:旋挖钻机; 动力系统; 功率匹配; 节能控制; 功率极限调节

中图分类号: P634.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2008)02-0024-03

Application of Power Matching Technology in Power System of Rotary Drilling Rig/LI Lai-ping¹, XUE Jian-min¹, WU Jing-quan² (1. Inner Mongolia North Hauler Joint Stock Co. Ltd., Baotou Inner Mongolia 014030, China; 2. Bosch Rexroth China, Dalian Liaoning 116011, China)

Abstract: Rotary drilling rig power system is a unity, which combined engine with hydraulic transmission. Only energy saving of hydraulic system could not obtain ideal energy saving effects of the whole machine, and engine control had great influences on the whole machine saving. The paper discussed power-matching control of engine and hydraulic system, put forward power-load limit control technology, and introduced the application of electronic power-load limit control technology of Bosch Rexroth Company in NR220 rotary drilling rig.

Key words: rotary drilling rig; power system; power matching; energy saving; power limit control

发动机的控制对整机节能性有很大影响, 主要表现在它与液压系统的功率匹配控制上。如果功率匹配适当, 不但能提高燃油效率, 同时能降低发动机和液压泵的工作强度, 有助于提高动力系统的可靠性。为实现这一点, 国外普遍采用了电子控制技术, 对发动机和液压泵同时控制, 如采用多段功率分挡的模式, 取得了较好的效果。本文主要对这方面的内容进行研究, 并探索自动识别旋挖钻机功率模式的方法, 使液压泵与发动机的匹配控制能随负载大小自动进行, 进一步提高节能效果。

1 旋挖钻机用柴油机特性

旋挖钻机作为一种大功率的工程机械, 负载变化很大, 需要用大功率发动机驱动。为提高经济性, 通常用柴油机作动力, 并配置全制式调速器, 使柴油机能在任何负载状况下保持转速基本不变, 保证旋挖钻机在负荷剧烈变化的情况下也能稳定工作。在旋挖钻机动力系统设计时, 通常只关注柴油机的静

态特性。柴油机生产厂家给用户提供的也只有静态参数和曲线, 设计人员一般根据这些参数和曲线选择柴油机、设计液压系统。柴油机的静态特性包括以下几种。

1.1 速度特性

这种特性表示柴油机的有效指标随转速变化而变化的关系。具体指喷油泵调节杆位置一定时, 扭矩 M_e 、功率 N_e 、每小时燃料消耗量 G_T 和燃料消耗率 g_e 等参数随转速改变而变化的关系。喷油泵调节杆限定在标定功率循环供油量位置时的速度特性称为全负荷速度特性, 通常也称为外特性, 喷油泵调节杆限定在小于标定功率循环供油量位置时的速度特性称为部分负荷速度特性。显然部分负荷速度特性曲线有无数条, 柴油机生产厂一般只给出外特性曲线。

1.2 负荷特性

柴油机的负荷特性是指在转速保持一定的情况下, 逐步改变负荷 N_e 、 G_T 、 g_e 等参数随 N_e 变化而变化的关系。这种特性曲线清楚地显示了在柴油机转

收稿日期: 2007-09-30

作者简介: 李来平(1967-), 男(汉族), 内蒙古卓资人, 内蒙古北方重型汽车股份有限公司副总设计师、高级工程师, 机械设计与理论专业, 工学硕士, 从事矿用汽车和工程机械的开发研究工作, 内蒙古包头市稀土高新区北重路北方股份大厦, llp@chinamhl.com; 薛建民(1961-), 男(汉族), 河北保定人, 内蒙古北方重型汽车股份有限公司副总经理、教授级高级工程师, 车辆工程专业, 工程硕士, 从事矿用汽车和工程机械的开发研究工作, xjm@chinamhl.com; 吴井泉(1973-), 男(汉族), 内蒙古赤峰人, 博世力士乐中国工程师, 机械工程专业, 从事行走机械液压的研究工作, 辽宁省大连市西岗区新开路 99 号, jingquan.wu@boschnexroth.com.cn。

速一定时,负荷变化与燃油消耗的关系。

1.3 万有特性

有关速度特性和负荷特性的各种曲线只能表达 2 个参数之间的关系,不能全面表示发动机性能,而万有特性则能表示 3 个或 3 个以上参数之间的关系。一般以柴油机转速 n 为横坐标、输出扭矩 M_e (或汽缸平均压力 P_e) 为纵坐标,作出若干条等燃料消耗率 g_e 曲线和等功率 N_e 曲线等,构成一系列的曲线族,称为万有特性曲线,如图 1 所示。它可以表示各种转速、各种负荷下的燃料经济性。最内层的等耗油线内部相当于经济工作域,曲线越向外,耗油率越高,经济性越差。从万有特性曲线上还可以看出,柴油机在每一个运行功率值下,都有一个最经济工作点,就是等功率曲线和等耗油率曲线的切点。如果将所有功率下最经济工作点连起来,就形成了一条经济工作曲线,如图 1 中所示,无论柴油机输出功率是多少,只要工作点位于经济工作曲线附近,其燃油在此功率下利用率就高,此即柴油机节能控制的理论依据。

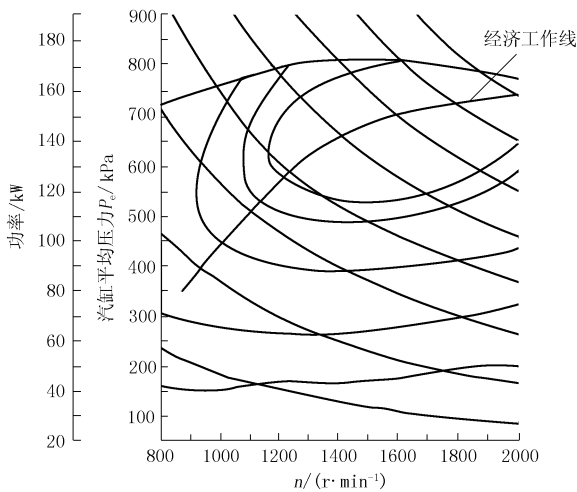


图 1 柴油机万有特性曲线

1.4 调速特性

工程柴油机上通常装全制式调速器,在任何速度工况下,供油量由调速器自动控制,以保持速度的恒定。转速的指令值由调速手柄设置。当调速手柄在不同位置时,柴油机在调速器的控制下稳定运行在不同的速度。目前发动机的电子调速取得了较好的发展,这种调节是用电子控制和伺服机构直接调节喷油量,按一定的控制策略调节发动机转速,从而取消了传统上的机械调速器。

在以上的各种柴油机静态特性中,速度特性、负荷特性和万有特性反映了柴油机的本体特性,与调

速器无关,加装不同类型的调速器后,柴油机便有不同的调速特性。因为万有特性综合了柴油机的速度特性和负荷特性,比较全面地反映了柴油机的性能,因此将它与调速特性配合起来,可以全面反映柴油机的使用和运行特性。根据这两种特性,就能有效地控制柴油机与液压系统间的功率匹配,使柴油机工作在高效节能状态。

2 旋挖钻机动力系统功率匹配

旋挖钻机动力系统的匹配包括:功率匹配和极限负荷控制 2 种控制。

2.1 发动机与液压泵功率匹配原理

在柴油机上,调速拉杆在调节柴油机转速的同时,也决定着柴油机输出功率的能力。如图 2 所示的 Cummis 柴油机输出功率外特性曲线,就表示了每一种转速下,柴油机输出功率的能力。所谓的功率匹配,就是液压系统需要多少功率,柴油机就调整到这一功率挡,避免出现因用“大马拉小车”而引起的功率浪费。例如,当负载功率较低时,如果柴油机设定在转速较高的高功率挡,会在以下几方面增加功率损失:第一,由于柴油机功率过剩,带动液压泵工作在高转速状态,使摩擦功率损失增加;第二,由于柴油机转速较高,使变量泵经常工作在小排量状态,造成容积效率的降低;第三,柴油机工作点处在耗油率较高的区域,增加了燃油的消耗,这一点在万有特性曲线上显示得很清楚。

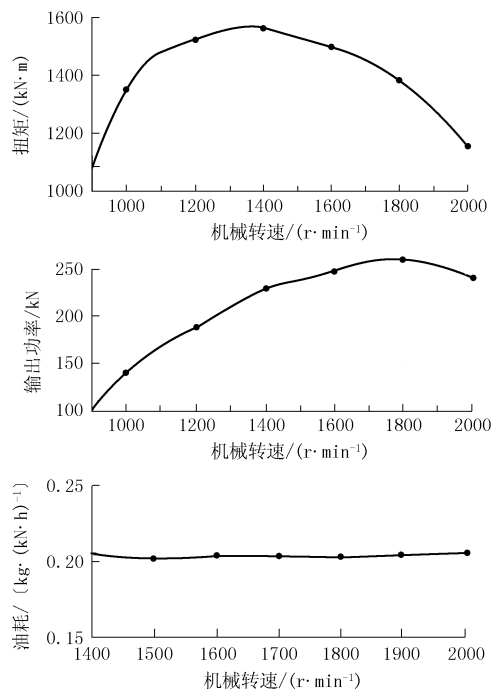


图 2 QSL9 柴油机外特性曲线

要实现功率匹配控制,需要使泵的吸收扭矩随柴油机调速拉杆的位置而变化,控制柴油机工作点位于万有特性曲线上的经济工作区内,如图 3 所示。

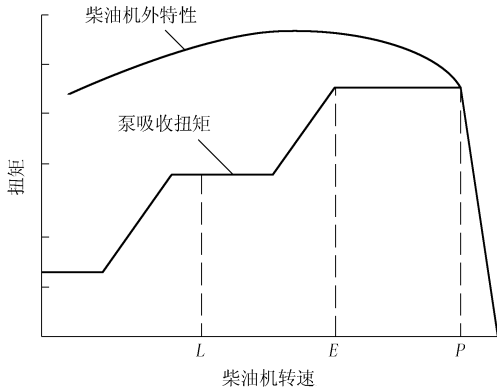


图 3 发动机与液压泵功率匹配曲线

略,两者都是控制泵的吸收扭矩,两者之间需很好的协调。随着机电液一体化的技术应用,出现了新的电子极限负荷控制器,应用该控制器组成的新的电子极限负荷控制系统,除了具有极限负荷控制功能外,还增加了负荷方式选择、工况检测(如温度检测,温度过高时减少泵的使用功率,直到温度到规定值为止)和回路节能(如发动机自动怠速)功能。具体实现如图 4 和 5 所示。

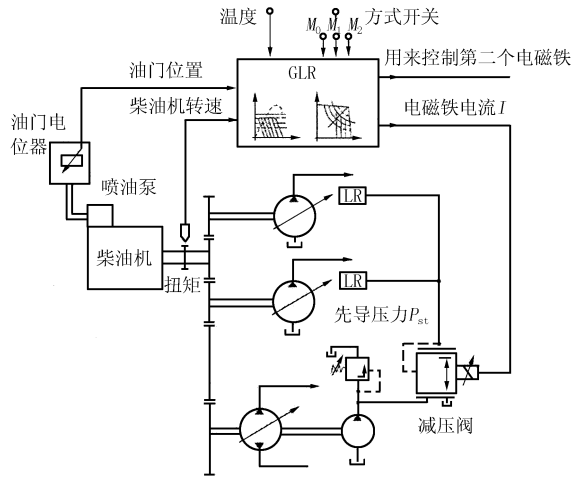


图 4 GLR 控制器的液压回路示意图

2.2 极限负荷控制

柴油机在不同的环境下,特性是不一样的。例如随着气压、环境温度、柴油质量及标号的不同,柴油机的外特性、调速特性等都会有所变化。尤其在最大功率点附近,有时因柴油机特性的变化而使负载扭矩超载,造成转速急剧下降直至熄火。为了避免这种情况,通常在动力系统设计给柴油机预留 10% ~ 15% 的功率储备。即使如此,当外部环境变化较大时(如从平原到高原地区),仍然避免不了发动机的失速停车现象。针对这种情况,提出了极限负荷控制。一旦检测到柴油机失速,就降低液压泵吸收扭矩,以防止在各种工作环境和工作状态下的发动机失速停车。这样,既可以取消功率储备,充分利用柴油机的额定功率,又在较大范围内防止了柴油机过载。

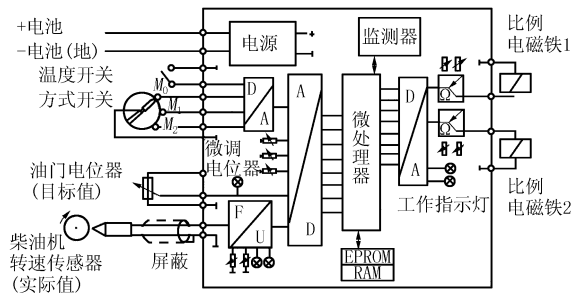


图 5 GLR 控制器的电路示意图

大型旋挖钻机采用双泵双回路系统,施工地层复杂,施工环境差距很大,其装机功率会超过发动机额定功率,为充分有效地利用发动机功率,提高燃油效率,同时能降低发动机和液压泵的工作强度,有助于提高动力系统的可靠性,因此在大型旋挖钻机上采用极限负荷控制非常必要。

主泵由比例减压阀控制,由于柴油机为电控柴油机(Cummis 的 QSL9),油门控制可与控制器通过协议交换数据,都听命于 RC2-2。这样,柴油机的油门开度与转速关系很容易标定,当转速传感器检测出的发动机的实际转速低于目标转速一定值时,表明泵的扭矩过大,控制器即令发动机油门加大些,同时令泵的扭矩减小;如实测转速低不多,加大油门即可;如实测转速偏高,则令泵的扭矩加大些转速就会下降。这种瞬间目标趋近的调整,其结果使泵的工作点经常处在目标转速下,柴油机外特性附近,从而利用了该转速的最大扭矩(功率)。当柴油机在高原工作,或其它原因其性能下降时,泵仍能吸收该

极限负荷控制是利用发动机输出扭矩基本不变的特点,使发动机几乎总是在额定功率附近工作。在发动机功率范围内,它对所有工作系统任何引发发动机负荷变化的扰动均起调节作用,无需考虑发动机的功率储备。极限负载控制方式有液压式和电子式 2 种,它们的共同点是输入极限负荷调解机构的参数都是与负荷有关的发动机转速。

2.3 旋挖钻机动力系统功率匹配的实现

功率匹配控制和极限负荷控制属于 2 种控制策

(下转第 30 页)

长到 20 MPa 时,桩土应力比 n 增幅较大;而当路堤土模量 ≥ 20 MPa 时,桩土应力比 n 随路堤土模量的增大增幅较小。

3 结论与建议

(1) 柔性基础由于其刚度较小,较容易发生变形,使基础、桩体和桩间土变形比较协调,从而可以很好地调整基底压力分布,使得复合地基中桩体和桩间土更好的发挥它们的承载能力。

(2) 通过对柔性基础下 CFG 桩复合地基中桩土应力比 n 的影响因素研究发现,桩长和桩与桩间土模量是影响桩土应力比 n 的最主要参数,改变它们的值可有效调控桩土应力比 n 。如桩长从 5 m 到 25 m 内变化时,桩土应力比的变化范围为 5 增大到 22,桩与桩间土模量比从 25 到 200 时,桩土应力比从 5 增大到 34。

(3) 垫层效应主要体现在垫层厚度对桩土应力比的影响上,不同模量垫层对桩土应力比影响不大,但不同厚度垫层对桩土应力比有不同的影响。当垫层厚度 > 1 m 时,桩土应力比 n 随垫层增厚而增大;

当垫层厚度超过 1 m 时,对桩土应力比影响很小。建议用 CFG 桩复合地基处理路基时,垫层的厚度不要超过 1 m,具体数值可根据设计的实际需要进行确定。

(4) 当路堤土材料与垫层模量接近时,可以不考虑路堤土对桩土应力比的影响,当路堤土材料与垫层相差较大时,需考虑路堤土对桩土应力比的影响。

参考文献:

- [1] 阎明礼,张东刚. CFG 桩复合地基技术及工程实践[M]. 北京:中国水利水电出版社,2001.
- [2] 谢晓华,李万正. CFG 桩在高速公路工程中的应用[J]. 水运工程,2004,(2).
- [3] 吴慧明,龚晓南. 刚性基础与柔性基础下复合地基模型试验对比研究[J]. 土木工程学报,2001,34(5).
- [4] 朱云升,郭忠印,丘作中. 柔性基础复合地基桩土应力比的有限元分析[J]. 武汉理工大学学报,2004,(2).
- [5] 冯瑞玲,谢永华. 路堤荷载作用下复合地基的计算机辅助试验仿真分析[J]. 土木工程学报,2004,(1).
- [6] 庄茁,张帆,岑松,等. ABAQUS 非线性有限元分析与实例[M]. 北京:科学出版社,2005.

(上接第 26 页)

状况下最大扭矩,且不至于超载而迫使发动机转速下降。根据成孔的地质状况和成孔的大小,还可以设置功率模式(重负荷工况 M_0 、中负荷工况 M_1 和重负荷工况 M_2)。RC2-2 控制器通过压力传感器可读取当先导压力,这样当操纵手柄放到中位后,5 s 发动机即可转为自动怠速以节省燃油。

3 结语

本文从柴油机工作原理出发,阐述了对柴油机进行节能控制的必要条件,提出了旋挖钻机动力系统功率匹配的概念。以内蒙古北方重型汽车股份有限公司的 NR2203 型钻机为例,在保证液压系统完全正常工作的情况下,对旋挖钻机动力系统重新进行功率匹配。应用电子极限负荷控制使 NR2203 型钻机实现以下目标:

(1) 极限负荷控制,使发动机由原来的非电控

改为电控方式,节省了部分功率,燃油消耗对比降低了 10%;

(2) 液压泵与发动机的功率匹配得到了优化;

(3) 实现了发动机自动怠速功能。

三者配合使钻机工作在高效节能状态,同时能适应多种标号和质量燃油、多种自然条件,保证了旋挖钻机的高效节能和适应各种工作环境的能力。

参考文献:

- [1] 曹恒,孙宝元,等. 柴油机模糊自校正 PID 控制器[J]. 大连理工大学学报,.
- [2] 王晨,应富强. 液压挖掘机的智能化节能控制策略[J]. 浙江工业大学学报,2000,28(2).
- [3] 郭晓芳,李伟哲,等. 液压挖掘机的发动机-泵的联合控制系统研究[J]. 同济大学学报,1999,(6).
- [4] 郭宽明. CAN 总线原理和应用系统设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1996.
- [5] 张铁. 液压挖掘机结构原理及使用[M]. 山东东营:中国石油大学出版社,2002.