

内燃机车燃油泵自动转换装置的研究与设计

高 瑞

(辽宁铁道职业技术学院, 辽宁 锦州 121000)

摘要: 内燃机车柴油机在工作时需要利用燃油泵从油箱抽取燃油, 然后经高压油泵的加压, 通过高压油管送入喷油器, 最后经喷油器雾化后送入到各气缸参与燃烧, 最终将化学能转换为机械能。由此可见燃油系统工作的可靠性是保障内燃机车稳定高效工作的关键。以东风型内燃机车为例, 为了提高机车工作的可靠性, 在现有两台电子燃油泵的基础上, 通过加装自动转换装置后看, 当一台燃油泵故障时, 可自动切换至另一台燃油泵来保证柴油机的正常工作。从而保证列车的正常运行, 对高速铁路的高效运输有着非常重要的意义。

关键词: 内燃机车; 燃油泵; 自动转换

燃油系统在工作过程中需要燃油泵从油箱抽取燃油, 首先经过滤清器过滤, 然后经高压油泵的加压, 再通过高压油管送入喷油器, 最后经喷油器雾化后送入到各气缸参与燃烧, 最终将化学能转换为机械能。在柴油机的工作过程中需要燃油泵不间断地从燃油箱抽取燃油, 一旦燃油泵故障必然会造成柴油机停机, 列车也会因为失去牵引动力而停车, 不利于铁路的高效运输。如果在现有机车上加装燃油泵自动转换装置, 就能够避免因单个燃油泵故障造成的列车非正常停车, 对提高铁路运输效率将产生积极的影响。

一、东风型内燃机车燃油系统概述

东风型柴油机燃油系统由进油管路、回油管路、限压阀、燃油精滤器、高压油泵、喷油器、燃油预热器和高压油管等组成。其中低压输送油路主要由电子燃油泵、燃油过滤装置、进回油管路以及压力调节阀等组成, 高压输送油路主要包括高压油泵、高压油管和燃油喷射器组成, 它们与机车燃油回路共同来完成内燃机车柴油机对燃油的供油、加压、过滤调压和加热等辅助作用。下面以 DF8B 机车为例进行介绍。

(一) 燃油进、回油管路

柴油机启机后, 电子燃油泵开始工作从机车燃油箱抽取燃油, 燃油经一级滤清装置粗滤后, 进入电子燃油泵进行加压, 加压后的燃油再送入二级滤清装置精滤。经过两级过滤的燃油通过柴油机两侧的进油管路送入各高压油泵。为保证高压油泵的正常工作, 燃油系统进油的压力必须保证在 0.15 ~ 0.35MPa 之间。

为了提高高压油泵的工作性能, 还设置了高压油泵回油管路。高压油泵设置了两路回油通路。一路为主回油通路, 另一路为污油回油通路。高压油泵内部的油腔分别与进、回油管路相连通。进入泵体的燃油大部分经高压油泵加压后送往喷油器, 多余的燃油则通过柴油机两侧的回油管路汇集于输出端右侧, 经调压阀回入机车燃油系统。各个高压油泵下体排出的燃油与机油的混合物, 由穿过机体侧面的回油支管分别接入左、右污油总管, 再分别回机车的污油箱。

(二) 燃油输送泵

燃油输送泵简称为燃油泵, 它是由 1.1kW 的直流电动机驱动的齿轮油泵。电动机和齿轮油泵安装在同一底座上, 由十字形橡胶联轴节连接, 以达到缓冲和减少不同轴度的影响。

通常情况下, 燃油输送泵的总输油量为柴油机全功率运转所消耗油量的 3 ~ 5 倍, 用充足的供油保证一定的余油压力, 以减少燃油中气泡的发生, 即减小燃油系统穴蚀的危害, 同时又可增加燃油过滤和冬季循环加热次数。

燃油输送泵指标为: 当流量 40L/min 时, 电机转速为 3000r/min, 吸入真空度 20KPa, 出口压力 0.5MPa。为了保证柴油机工作的可靠性, 燃油泵必须保证不间断的工作, 允许泵接头有渗漏,

但一般每分钟不多于 4 滴。超过时可拧转主动轴端的圆螺母, 调整对橡胶密封圈的压紧状态来减少漏泄。

(三) 燃油粗滤清器

东风 8B 型内燃机车采用 RC-30W 型网片式粗滤器, 它主要由粗滤器体和滤清元件等组成。在粗滤器体内带孔的芯杆上串联着 19 ~ 20 个盘形铜丝网滤清元件, 滤芯为 200 目 / 英寸的铜丝网片。脏污的燃油在盘的外周, 通过锥面上铜丝网过滤后进入芯杆内孔, 然后向上流动到粗滤器粗滤器盖。粗滤器盖带有进、出油口, 经滤清后的燃油从出油口通往燃油输送泵。

(四) 燃油精滤器

燃油精滤器由两组纸质滤芯、外壳和一个共同的滤清器体等组成, 其滤清精度为 12 μ m。由于燃油滤清器的滤清效果, 使自高压油泵和喷油器的精密偶件不会由于燃油杂质而产生拉伤、咬死等故障, 以确保燃油系统的可靠工作。

燃油从滤清器体中部的接口进入滤芯与外壳之间的空腔, 杂质被阻于滤芯外侧, 纯净的燃油通过滤纸进入滤芯内侧, 经滤清器体下部的两个通孔分别流向柴油机左、右侧的进油总管, 然后由高压油泵加压, 喷油器雾化, 最后进入燃烧室缸进行燃烧。

(五) 高压油泵

柴油机采用单体式高压油泵, 由高压油泵上体和高压油泵下体组成。高压油泵上体主要由泵体、柱塞、柱塞套、出油阀、出油阀座、柱塞弹簧、出油阀弹簧、调节齿杆组装等零部件组成, 高压油泵下体主要由泵下体、滚轮、销、衬套组成。

高压油泵柱塞在供油凸轮的驱动下, 按一定规律上下运动, 当柱塞关闭柱塞套上的进油孔时, 高压燃油顶开出油阀, 向喷油器供油。

柱塞全行程 20mm, 其中有一段预行程。确定预行程时, 要考虑利用供油凸轮的速度特性, 使柱塞的有效行程处于凸轮升程中的高速区段, 以获得较短的喷射持续时间及必要的喷射压力, 避免出现雾化不良现象。还要保证在供油终点时, 供油凸轮与高压油泵的滚轮有较低的接触应力。

柱塞套外圆分为三段圆柱体。其中中段圆柱体上有定位装置。柱塞套有对置的进、回油孔, 其孔径大小影响回油速率, 而回油速率会影响回油穴蚀的产生; 孔径的大小还影响供油持续时间, 为兼顾上述诸因素。孔径由试验最终确定。柱塞套内孔设有回油的集油环槽和回油孔。从柱塞副间隙泄漏来的燃油, 汇至回油的集油环槽, 经回油孔回流泵体的低压油腔, 以防止燃油从柱塞副间隙中过多地泄至机油中。

(六) 喷油器

喷油器属闭式、多孔、非冷却型、低惯性结构型式, 属 U 系列。主要由喷油器体、进油管接头、调压螺钉、弹簧上座、调压弹簧、弹簧下座、支座板、喷嘴偶件、压紧螺帽组成。喷油器体、支座

板、喷嘴偶件通过压紧螺帽连成一体。为了确保高压燃油的密封，支座板的上下平面的加工精度要求很高，分别与喷油器体的下平面、针阀体的上平面密贴。在使用中这几个密封平面不得有损伤，否则会引起燃油回油量大增。喷油器的启喷压力通过调压螺钉改变调压弹簧的压缩量来调整。

燃油经高压油泵加压后最高压力可达 180MPa，高压燃油通过高压油管进入喷油器内部，然后经过内部的油孔流至支座板。再经斜油孔流到喷油器针阀体的顶面凹槽，最后经 3 个斜油孔流入针阀体内部的高压油腔。当油压达 25.5 ~ 26MPa 时，燃油顶开针阀，经压力室再由 8 个 $\varnothing 0.5\text{mm}$ 喷嘴喷射进入燃烧室。由于喷射压力非常高、喷嘴直径非常小，因此经喷油器喷射进入燃烧室的燃油流速非常高，加之燃烧室内部高温高压的环境，燃油便形成很好的雾化效果。当供油凸轮转过顶点后，作用于高压油泵的力逐渐减小，高压油泵停止工作，喷油器内部燃油的压力急速降低，当调压弹簧的作用力大于喷油器体内燃油压力时（15 MPa 左右），将迫使针阀落入底座，从而停止喷油。

二、燃油泵自动转换装置设计

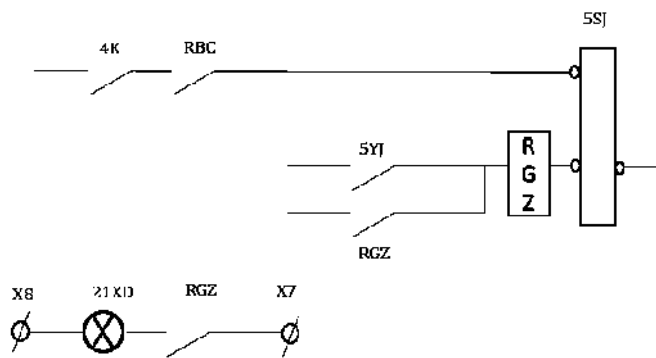


图 1 控制电路

燃油泵自动转换装置主要针对控制电路和辅助电路两部分进行改造。控制电路部分如图 1 所示，在机械间原有的燃油压力管路中并联出一路接至 5YJ，5YJ 为油压继电器，其型号选择动作值为低于 100KPa 时动作；在控制电路中增加 RGZ 线圈、5SJ 延时继电器和辅助触头，当 4K 闭合后 45S~60S 控制电路才介入工作；然后在示灯电路中增加 21XD，保证自动转换装置工作后指示灯亮起，对司机起到报警作用，提示司机自动转换装置已经启动工作，有一个燃油泵处于故障状态，需要司机对燃油泵进行重点检查。

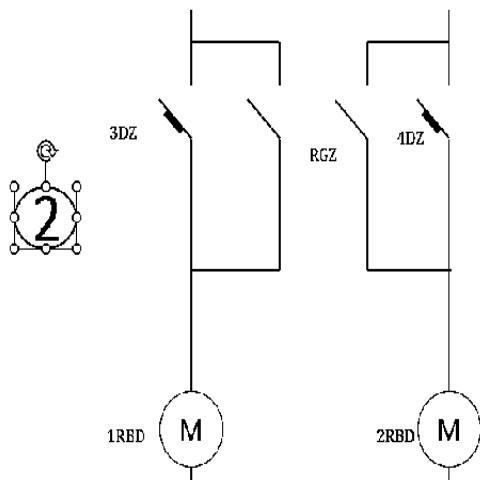


图 2 辅助电路

辅助电路部分如图 2 所示，当 RGC 线圈得电后 RGZ 主触头强制闭合，短接 3DZ 和 4DZ，确保两个燃油泵控制电路同时闭合，来保证燃油系统的压力，保证柴油机的正常工作。但由于一个燃油泵已经故障，所以也不存在燃油压力过高对管路的影响，同时也解决了逻辑判断必要性。综合以上设计，在对机车原有的控制电路和燃油管路不进行大幅改动的前提下，仅通过加装一些新的控制部件就可实现对单个燃油泵故障造成的机车故障问题做到彻底消除。

三、燃油泵自动转换装置工作原理

柴油机启机时，必须先闭合 4K，然后按下 1QA 进行启机操作，闭合 4K 后 20S 内燃油系统油压会达到 150KPa 以上，而自动转换装置的电路中由于 5SJ 的延时作用，也避免了在闭合 4K 后至燃油系统建立稳定油压期间自动转换装置检测到燃油压力低的误动作。正常启机后燃油系统压力始终会维持在 120KPa 以上，当处于工作状态的燃油泵停止工作后，燃油系统压力会马上下降，当燃油压力低至 100KPa 后，5YJ 马上动作，RGZ 线圈得电，RGZ 常开主触头闭合，3DZ 和 4DZ 被短接，两个燃油泵的控制电路同时被接通，但由于已经有一个泵处于故障状态，虽然两个泵的主触头都处于闭合状态，但只有一个泵在正常工作，所以燃油系统压力也不会过高，在自动转换装置的作用下燃油系统管路中重新建立稳定油压；同时 RGZ 常开辅助触头吸合，与 RGZ 线圈形成自锁，保证燃油压力重新建立后自动转换电路一直处于工作状态，不会因为 5YJ 的断开而停止工作。同时司机操纵台指示灯 21XD 亮起，提示司机燃油泵自动转换已经介入工作，有一个燃油泵停止工作，需要司机对燃油泵重点进行检查，待入段整备时对其进行相应的检查维修。

四、结论

本套自动转换装置的设计方案充分利用机车上有两个燃油泵这个数量优势，将它的冗余设置充分利用起来，在不改变机车原有控制电路和燃油管路的基础上，以燃油压力低的故障现象为切入点，利用 5YJ 来开启自动转换装置的控制电路，强制闭合 3DZ 和 4DZ 来保证燃油的供应，避免了因单个燃油泵故障而造成的列车停车事故的发生。

根据沈阳铁路局集团有限公司 2020~2021 年的机故分析报告，沈阳铁路局东风型内燃机车燃油泵故障 11 台，由于司机及时发现并手动启动备用泵 4 件，停车后发现燃油泵故障 7 件，也就是因燃油泵原因造成的影响到运输效率的列车非正常停车就有 7 件，直接影响经济效益百余万。如果本套自动转换装置能够加装到现有的东风型机车上，将为企业节省因单个燃油泵突发故障而造成的损失。

现存的东风型内燃机车基本上都 21 世纪初期制造的，当时由于网络控制技术、人工智能等较为先进的控制技术尚不成熟，所以在控制系统方面都有很大的提升空间。虽然很多设备都有备份设置，但操作过程需要人工手动进行切换，与当前市场经济对铁路运输效率的要求相比已经稍显滞后。希望本套自动转换装置的设计方案可以为机车其他部件的升级改造开启思路，让东风型内燃机车的工作性能更加可靠、高效。

参考文献：

- [1] 周长军. 气控式风泵自动启停装置的设计与研究 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2020 (8): 2.
- [2] 郑桂煜, 薛兴, 姜春宏, 等. 对一种发动机维修用旋转装置的研究与设计 [J]. 轻工科技, 2022 (2): 4.

作者简介：高瑞（1988-），男，讲师、工程师，本科，主要研究方向为内燃机车运用与检修。