

结构与可靠性

20RK270 型柴油机传感器线缆优化布置设计

熊长君, 王 旭, 于成汉

(大连中车柴油机有限公司, 辽宁 大连 116022)

摘 要: 针对 20RK270 型柴油机传感器线缆的布置设计无法满足当今柴油机自动化、智能化需求的问题, 基于该型机的结构特点, 对其传感器线缆的布置进行优化设计。主要设计思路为: 转速信号完全隔离; 排除温度传感器误差; 邻近的、功能相近的传感器或传输信号性质相近的传感器线缆整合在一起。实际应用表明: 优化设计后电气系统装配步骤简化, 装配出错率降低, 生产效率提高; 同时, 柴油机运行稳定性得到提高。

关键词: 柴油机; 传感器; 线缆; 设计

中图分类号: TK424.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2020)02-0042-03

Layout Optimization of Sensors and Cables for 20RK270 Diesel Engine

Xiong Changjun, Wang Xu, Yu Chenghan

(Dalian CRRC Diesel Engine Co., Ltd., Liaoning Dalian 116022)

Abstract: The layout of sensors and cables of 20RK270 diesel engine could not meet the latest demands for automation and intelligence. To deal with this problem, the layout of sensors and cables are optimized to a new design according to the structural and application characteristics of 20RK270. The main design ideas are: complete isolation of speed signals, eliminating the errors of temperature sensors, integration of nearby sensors or sensors with similar functions, integration of sensor cables with similar transmission signals. The application results showed that the assembly procedure was simplified, errors during assembly were decreased and production efficiency was increased. Meanwhile, the operation stability of the diesel engine was improved.

Key words: diesel engine; sensor; cable; design

0 引言

传感器及其线缆相当于一台柴油机的“神经网络”, 对柴油机的正常运行有十分重要的影响, 直接关系到柴油机运行的安全性、稳定性及耐用性^[1]。

RK270 系列柴油机包含 6 缸、8 缸、12 缸、16 缸和 20 缸多种型号。20RK270 型柴油机作为其中气缸数最多、功率最大的柴油机, 设计难度大, 涉及面广。尤其是该机作为面向船用市场的主推进用主机, 传感器测点较多, 且精度要求较高。据统

计, 20RK270 型柴油机相关的传感器及执行机构共有 13 种, 83 个。此外, 270 系列柴油机原设计中的线缆采用单芯或双芯散线设计, 线缆走向比较杂乱, 不利于施工, 且在运行中十分容易遭到破坏, 导致柴油机运行不正常。因此, 对该型机的传感器及线缆进行优化设计十分必要。

本文以该机传感器原始布置设计为基础, 采用目前国际流行的线缆预布置方式, 对该机传感器线缆进行整体优化设计与制造。

所谓预布线方式就是在柴油机实际投产之前, 对须布置的传感器线缆做提前规划和布置; 同时,

收稿日期: 2019-06-13

作者简介: 熊长君(1988—), 工程师, 主要研究方向为柴油机性能与控制, xiongchangjun_dl@crrec.cc。

对线缆的长度、形式、走向和分布做精确估算^[2]。得益于三维造型建模技术的普及, 预布线方式越来越多地应用在船用、机车用大功率发动机和发电机组中, 已成为国际一流发动机制造厂的首选。应用实例如图 1。



图 1 预布线系统线缆实例

1 设计思路

1.1 隔离屏蔽外界对转速信号的干扰

本次项目须采集的转速信号包含两部分: 柴油机转速以及涡轮增压器转速。转速传感器信号为频率量, 对于外界的干扰非常敏感。柴油机转速是柴油机调速器的关键输入参数, 而调速器又是柴油机的关键控制机构, 所以, 线缆是否能保护转速信号不受到外界干扰十分重要。而涡轮增压器作为柴油机的关键部件, 对其运行状态的监控是整个电气系统设计和柴油机控制的重中之重。增压器转速是监控增压器状态的关键参数之一, 一旦增压器转速超过设定值, 轻则增压器轴承受损, 重则导致增压器损毁。

为此, 在设计线缆时, 首先将所有转速信号线缆集中到一根线缆中, 避免和温度、压力等电流信号线缆混编在一起; 其次, 对每一个转速输入频率量采用三线制, 即正负两级外加一个信号屏蔽触点, 如图 2。如此就做到了转速信号的完全隔离, 即所有转速信号与其他信号的隔离、屏蔽, 且转速信号彼此也隔离、屏蔽。

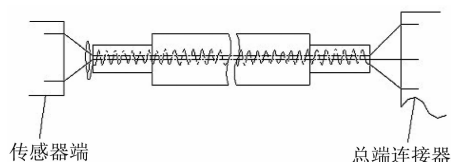


图 2 转速屏蔽线缆内部绕线图

1.2 温度传感器误差排除

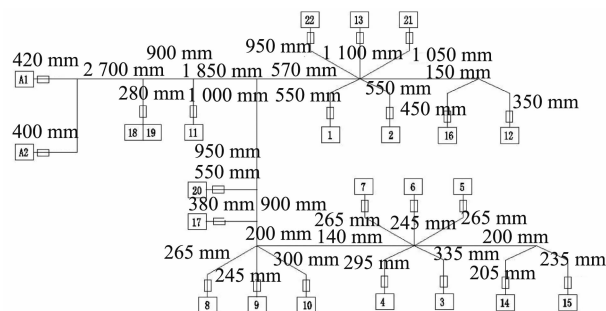
本次项目采用的温度传感器为 PT100 型温度传感器, 即铂热电阻。采用三线制接线方式时, 可以利用电桥电路以及信号采集模块对测量线路线缆的电阻进行补偿, 从而消除导线电阻对测量结果的干扰。

1.3 传感器连接线路缆整合

根据本次项目使用的所有电气元件的分布情况, 将邻近的、功能相近的以及传感器性质和传输信号性质相近的传感器线缆整合到一起, 优化线缆走向。

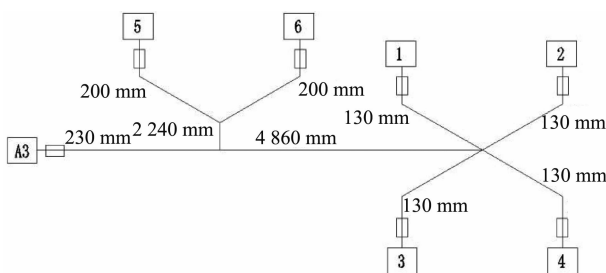
2 具体布置设计

在柴油机的飞轮端多为压力变送器信号, 为此, 将所有的压力变送器线缆整合; 同时将传输信号性质相同的, 均为电流信号的执行器控制信号整合在其中, 形成柴油机主线缆 C1, 如图 3。同理, 形成柴油机和增压器转速信号集合的柴油机主线缆 C2, 如图 4; 以柴油机温度传感器信号集合为主的柴油机主线缆 C3, 如图 5。所有传感器布置的优化设计方案, 如图 6。



A1-总端连接器1; A2-总端连接器2; 1-滑油压力开关(高转速); 2-滑油压力开关(低转速); 3-滑油压力1; 4-滑油压力2; 5-燃油压力; 6-高温水压力; 7-中冷水压力; 8-中冷后空气压力1; 9-中冷后空气压力2; 10-海水压力; 11-启动空气压力; 12-曲轴箱负压; 13-启动马达电磁阀; 14-执行器控制电磁阀; 15-执行器停机电磁阀; 16-增压空气BYPASS阀; 17-紧急停机电磁阀; 18-油底壳高油位线开关; 19-油底壳低油位线开关; 20-燃油泄漏报警器; 21-盘车连锁开关; 22-燃油节流开关

图 3 柴油机传感器主线缆 C1



A3-总端连接器3; 1-曲轴转速1; 2-曲轴转速2; 3-曲轴转速3; 4-曲轴转速4; 5-A侧增压器转速; 6-B侧增压器转速

图 4 柴油机传感器主线缆 C2

在完成线缆原理设计后, 为使线缆能够顺利安装, 并避免其受到尖锐物以及高温零部件的伤害, 还设计了一套电气系统支架, 起到支撑、固定和保护线缆的作用。同时, 对所有传感器线缆经过的柴油机接线盒须做位置选择和固定, 保证接线盒与周围零部件不干涉且美观大方。

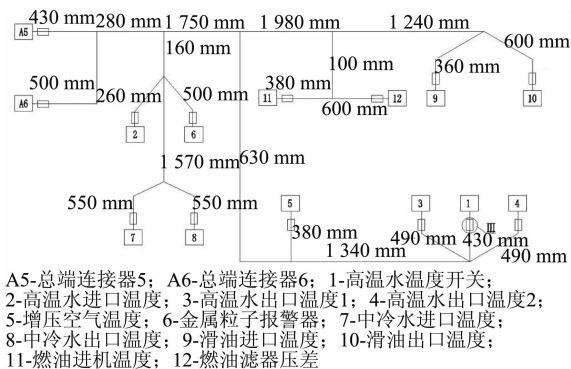
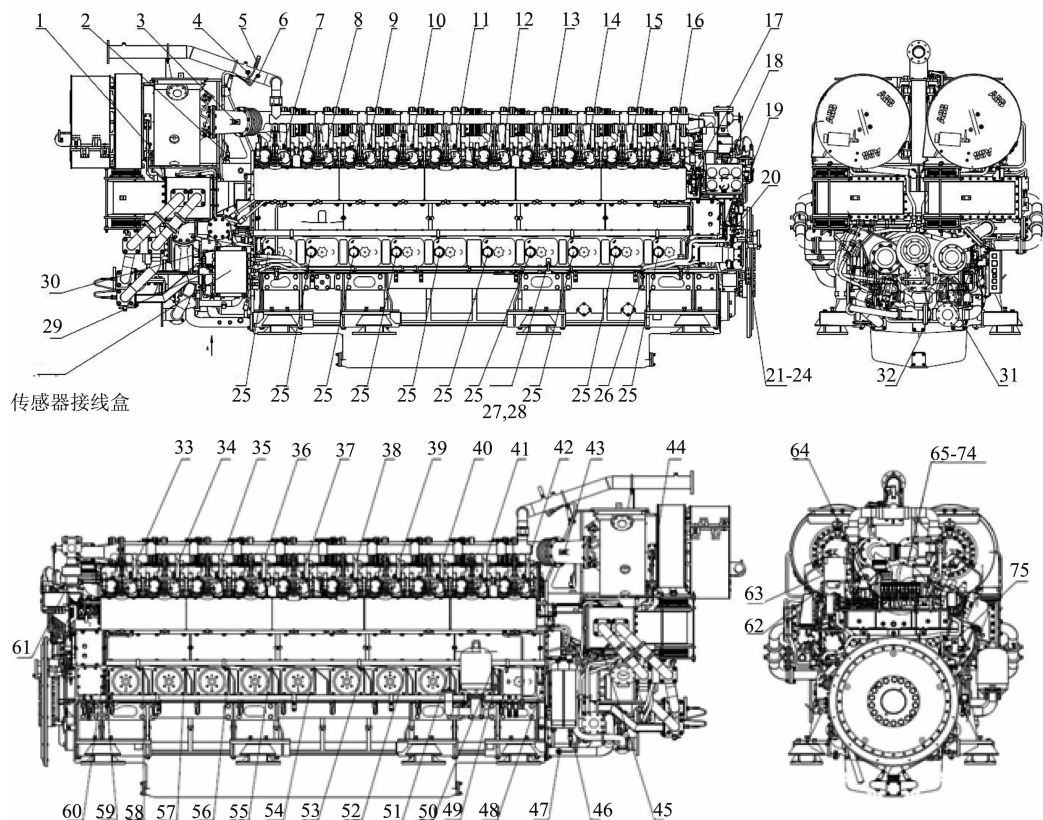


图5 柴油机传感器主线缆 C3

3 完工效果

图7为实际电气系统安装情况。从图7中可以



1-B侧增压器转速; 2-增压空气温度; 3-B侧涡轮进口温度; 4-高温水出口温度1; 5-高温水温度开关; 6-高温水出口温度2;
7-B侧1缸排温; 8-B侧2缸排温; 9-B侧3缸排温; 10-B侧4缸排温; 11-B侧5缸排温; 12-B侧6缸排温; 13-B侧7缸排温;
14-B侧8缸排温; 15-B侧9缸排温; 16-B侧10缸排温; 17-燃油节流开关; 18-增压空气旁通阀; 19-启动电磁阀;
20-盘车连锁开关; 21-曲轴转速1; 22-曲轴转速2; 23-曲轴转速4; 24-曲轴转速5; 25-曲轴箱油雾探测器;
26-启动空气压力; 27-油底壳高液位报警; 28-油底壳低液位报警; 29-金属颗粒报警器; 30-高温水进口温度;
31-中冷水进口温度; 32-中冷水出口温度; 33-A侧10缸排温; 34-A侧9缸排温; 35-A侧8缸排温; 36-A侧7缸排温;
37-A侧6缸排温; 38-A侧5缸排温; 39-A侧4缸排温; 40-A侧3缸排温; 41-A侧2缸排温; 42-A侧1缸排温;
43-A侧涡轮增压器进口温度; 44-A侧增压器转速; 45-燃油进机温度; 46-滑油进口温度; 47-滑油出口温度; 48-燃油滤器压差;
49-主轴承1温度; 50-主轴承2温度; 51-主轴承3温度; 52-主轴承4温度; 53-主轴承5温度; 54-主轴承6温度;
55-主轴承7温度; 56-主轴承8温度; 57-主轴承9温度; 58-主轴承10温度; 59-主轴承11温度; 60-主轴承12温度;
61-紧急停机电磁阀; 62-执行器停机电磁阀; 63-执行器控制电磁阀; 64-曲轴箱压力; 65-滑油压力开关(高转速);
66-滑油压力开关(低转速); 67-滑油压力1; 68-滑油压力2; 69-燃油压力; 70-高温水压力; 71-中冷水压力;
72-中冷后空气压力1; 73-中冷后空气压力2; 74-海水压力; 75-高压油管燃油泄漏报警

图6 传感器优化设计方案

看到: 柴油机的电气系统接线盒与线缆固定良好, 线路长度设计合理, 绕开了柴油机尖锐和高温部分。

传感器信号线缆与接线盒, 以及接线盒与柴油机机旁控制柜之间的连接方式为航空插头方式。此种国际通用的航空插头具有防插反设计, 可以有效防止安装时可能发生的接线错误。同时极大地节省了施工人员反复读取图纸查线、接线的时间。

4台柴油机的出厂测试、CCS型式认证试验以及2台柴油机实际安装后的系泊试验表明: 柴油机电气系统运行稳定, 柴油机、增压器转速没有受到其他信号的干扰; 执行器控制信号可以顺利地驾驶室以及主控室传送至柴油机; 其他柴油机传感器均运行正常、稳定。

(下转第56页)

4 结 论

应用于柴油机主动控制的变步长算法须有较强的应对扰动的能力。而在本文仿真结果中可以得出：在扰动微小或无扰动情况下，基于相对误差的变步长算法和 CFxLMS 算法通过有效选择收敛参数可以提高收敛速度，降低超调量，提高系统自适应性。但在工程实际应用中，由于步长的变化范围受到滤波器阶数设置以及滤波参考信号等因素的限制，容易出现发散情况，鲁棒性差。而柴油机等动力设备可靠性是第一要素。因此，下一步考虑在变步长算法中对步长范围进行限制，避免发散情况发生，以支撑后续柴油机减振设备的研制需求，提高设备的可靠性。

参考文献

- [1] 景国辉, 沈建平. 船用柴油机振动噪声控制技术研究

现状及发展趋势 [J]. 柴油机, 2015, 37 (4): 1-5.

- [2] XIE X L, QIN H, XU Y L, et al. Lateral vibration transmission suppression of a shaft-hull system with active stern support [J]. Ocean Engineering, 2019: 501-510.
- [3] XIE X L, REN M K, JING B, et al. Experiment on an adaptive method for tonal vibration suppression [C]. The 26th International Congress on Sound and Vibration, Montreal, Canada, July 2019.
- [4] 李焱勇, 徐利梅, 李学生. 基于 Sigmoid-LMS 算法的有源噪声控制技术研究 [C]. 2018 年全国声学大会, 2018.
- [5] 孙娟, 王俊, 刘斌. 基于相对误差互相关函数的变步长 LMS 算法 [J]. 系统工程与电子技术, 2018 (12): 2316-2320.
- [6] 马英博, 吴亚锋, 杨鑫博. 变步长 CFxLMS 算法及其在电梯噪声主动控制中的仿真 [J]. 噪声与振动控制, 2018 (5): 57-61.

(上接第 44 页)



a)电气系统安装效果图(一)



b)电气系统安装效果图(二)

图 7 电气系统安装效果图

4 结 论

通过传感器位置及其线缆的优化设计和布置,降低了传感器测试误差,降低了柴油机接线的错误率,节约了柴油机组装时间,提高了线缆使用寿命,为柴油机稳定运行提供了重要保障。

参考文献

- [1] 刘广才. 基于 Creo2.0 + Cabling 的发动机机带线缆布置设计 [J]. 柴油机, 2017, 39 (2): 33-37.
- [2] 张秋芬, 崔晨, 常治. HXD2 系列机车预布线工艺技术应用 [J]. 机车车辆工艺, 2017 (5): 21-23.