

大型抽沙船水泵机组用柴油机的开发及运用

李 昕, 林 霞, 左 峰, 李 化

(南车戚墅堰机车有限公司, 江苏 常州 213011)

摘 要: 介绍了大型抽沙船水泵机组的市场和开发背景;着重阐述了柴油机的主要组成部分以及结构特点、工作原理及设计过程等。实际应用表明:所开发的大型抽沙船用水泵机组结构合理,性能稳定,有较好的应用前景。

关键词: 水泵机组;柴油机;抽沙船;应用

中图分类号:TK423

文献标识码:A

文章编号:1001-4357(2015)06-0019-03

Development and Application of the Diesel Engines for Large Sand Pumping Vessel' Pumping Units

Li Xin, Lin Xia, Zuo Feng, Li hua

(CSR Qishuyan Locomotive Co., Ltd., Jiangsu Changzhou 213011)

Abstract: The market and design background of large sand pumping vessels' pumping units are introduced. The main constructions of the diesel engines, as well as the structure characteristics, working principles and design procedures are expounded in detail. Applications show that the designed pumping unit features reasonable structure, stable performance, and hence enjoys a good application forecast.

Key words: pumping unit; diesel engine; sand pumping vessel; application

0 引 言

目前长江水域以及近海水域 80% 抽沙船的水泵机组选用的是康明斯柴油机,单机功率在 1 000 ~ 2 000 kW,基本已形成了长期的市场垄断。为了打破这种垄断局面,南车戚墅堰机车有限公司针对抽沙船的运行条件,研制了 16V280ZC1 型柴油机,专门为抽沙船水泵机组配套,满足抽沙船的纵倾、横倾要求,以及起动即带载的恶劣工况。该型机具有单机功率大,占地体积小,模块化程度高等特点。

1 水泵机组

水泵机组机械部分主要由柴油机、水泵、辅助系统、辅助设备 etc 几大部分组成。机组安装示意图如图 1 所示。



图 1 水泵机组安装示意图

水泵由湖南湘电长沙水泵有限公司生产,型号为 34SAP-7,是专门为 280 大功率柴油机研发的抽沙船用水泵。

辅助系统帮助柴油机完成起动、冷却水循环、热交换、机油过滤、燃油输送等功能,其可靠性和匹配性对柴油发电机组的运行具有重要的作用。

收稿日期: 2015-04-22

作者简介: 李昕(1984-),男,工程师,主要研究方向为柴油机设计, E-mail: diesel280@163.com。

辅助设备包括联轴节、公共底架等。弹性联轴节连接水泵轴和柴油机曲轴；公共底架采用焊接方式，承载水泵和柴油机，保证船舶在水上摇晃时机组轴系同心。

机组的主要技术参数见表 1。

表 1 机组主要技术参数

机组额定功率/kW	2 700
机组额定转速/(r · min ⁻¹)	950
基础静载荷/kg	49 580
基础动载荷/kg	63 200

2 柴油机

16V280ZC1 型柴油机是抽沙船水泵机组的动力装置，依靠柴油机曲轴带动水泵进行抽水。16V280ZC1 型泵机柴油机是在 16V280ZJA 型原型机的基础上，对油底壳、机体支撑等部件进行了重新设计。采用三级冷却方式，并对整机的燃油、机油和水管路进行了优化设计。为了满足泵机载荷波动大的特点，采用德国海因兹曼电子调速器进行控制。

16V280ZC1 型泵机柴油机基本技术参数见表 2。

表 2 16V280ZC1 型泵机柴油机基本技术参数

柴油机标定功率(在标准大气条件下)/kW	3 860
柴油机常用功率(在标准大气条件下)/kW	3 500
柴油机持续功率(在标准大气条件下)/kW	3 200
缸数及排列	16 缸 V 形夹角 50°
缸径 × 冲程/mm × mm	280 × 285
标定转速/(r · min ⁻¹)	1 000
空车转速/(r · min ⁻¹)	400
最高转速/(r · min ⁻¹)	1 100
柴油机外形尺寸/mm × mm × mm	5 461 × 2 895 × 1 691
柴油机干重/kg	24 500

2.1 油底壳

油底壳重新设计，其特点是油底壳内部呈倒梯形，吸油管的吸油口设于中央最低点，2 个吸油管的吸油口为开口向下的喇叭状，这弥补了吸油口贴近底面后带来的吸油容积减小的问题，扩大了吸油口的面积，确保了吸油速度，以最大限度防止吸空现象的发生，确保在船舶发生前后左右摇摆和倾摆时能正常吸机油。能承受航行时横倾 15°、横摇 22.5° 和纵倾 5°、纵摇 7.5° 的环境。该型油底壳已获得国家实用新型专利证书，专利号 CN200820182794.8。油底壳油位示意图如图 2。

2.2 机体支撑

16V280ZC1 型柴油机采用整体单边支撑，满足船舶在水面受到的横向和纵向冲击。该机体支撑

采用 B 级钢浇铸的整体支承，靠 19 个 M24 × 90 的螺栓固定在公共底架上，保证了柴油机与公共底架的整体性，以减少柴油机与船体之间的冲击。机体支撑安装示意图见图 3。

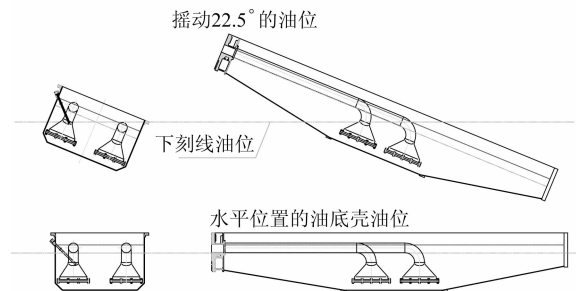


图 2 油底壳油位示意图

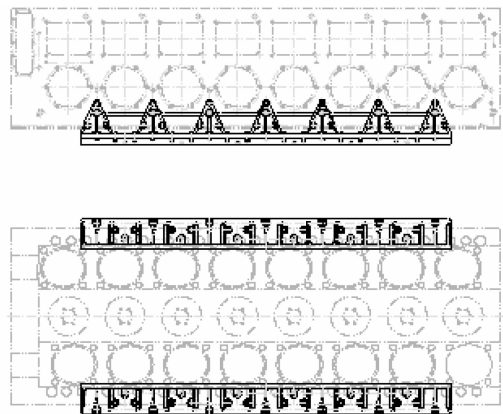


图 3 机体支撑示意图

2.3 弹联连接螺栓安全计算

柴油机曲轴与联轴节法兰的连接螺栓是通过计算确定安全系数后进行设计的。

采用普通螺栓连接，则螺栓的螺纹根部直径 d_n 应不小于按下式计算的值。

$$d_n = 25 \sqrt{\frac{N_e}{n_e D Z R m b}} = 25 \sqrt{\frac{3\,860 \times 10^6}{1\,000 \times 360 \times 10 \times 1\,000}} = 25.88 \text{ mm}$$

式中： N_e 为轴传递的额定功率，3860 kW； n_e 为轴传递时的转速，1 000 (r · min⁻¹)； D 为节圆直径，360 mm； Z 为螺栓数，10； $R m b$ 为螺栓材料的抗拉强度，1 078 MPa，计算时取为 1 000 MPa。

通过以计算，选用螺栓 M30 × 2，根部直径为 27.835 mm，大于 25.88 mm。以下为螺栓强度校核。

2.3.1 拉应力 σ

$$\sigma = \frac{4F}{\pi d^2} = \frac{4 \times 334.35 \times 10^3}{3.14 \times 27^2} = 583.9 \text{ MPa}$$

式中： F 为螺栓预紧力，334.5 × 10³ N； d 为螺纹内径，27 mm。

2.3.2 切应力 τ

$$\tau = \frac{16T_1}{\pi d^3} = \frac{16 \times 662.35}{3.14 \times 27^3} = 171.3 \text{ MPa}$$

式中： T_1 为螺纹阻力矩， $T_1 = 1.98 \times F \times 10^{-3} = 622.35 (\text{N} \cdot \text{m})$ ； d 为螺纹内径，27 mm。

2.3.3 安全系数 S_n

$$S_n = \frac{\sigma_s}{\sigma^2 + 3\tau^2} - 1 = \frac{980.6}{583.9 + 3 \times 171.3} - 1 = 1.497$$

式中： σ_s 为螺栓材料屈服强度，980.6 MPa； σ 为拉应力，583.9 MPa； τ 为切应力，171.3 MPa。

推荐的螺栓连接安全系数： $S_n = 1.2 \sim 1.5$ ，由此，16V280ZC1 型柴油机曲轴与联轴节法兰连接螺栓的连接安全系数符合给定的安全系数，是安全的。

2.4 三级冷却

16V280ZC1 型柴油机采用三级冷却，海水冷却是三级冷却中的第三级，即海水冷却淡水。在海上最容易得到的冷却介质就是海水，成本几乎为零，只须增加海水泵和离心泵，就可以去掉庞大的淡水水箱，提高经济性。第二级冷却是淡水冷却机油，即通过机油板式热交换器使冷却后的淡水进而冷却机油。机油温度过低，黏度增大，摩擦阻力损失增大，同时机油泵耗功增加；机油温度过高，黏度降低，润滑性能变差，零部件磨损增大，同时机油易氧化变质，所以，通过温控阀控制冷却温度，保证机油在正常的温度内工作。第一级冷却是机油冷却柴油机，保证柴油机的可靠运行。三级冷却原理图见图 4。

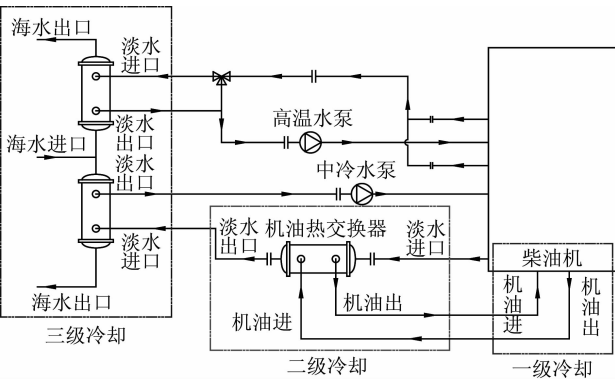


图 4 三级冷却原理

3 运用情况

3.1 起动带载

抽沙船水泵机组柴油机的起动依靠 3 个电马达，并且由于水泵机组的特殊性，柴油机起动即带载，无空载状态，转速与功率的对应关系如表 3。

该柴油机通过电子调速器的控制，可以满足起动即带载的要求。运用至今，每次起机都是一次成功。

表 3 转速与功率对应关系

转速/(r · min ⁻¹)	功率/kW
400	260
480	465
520	580
600	855
680	1 162
720	1 368
800	1 846
880	2 420
920	2 700

3.2 轴系检查

抽沙船在码头陆地上进行机组的安装，船舶下水后船体会在三天之内完成应力释放并发生变形。为了保证机组轴系的安全，须要对机组轴系进行重新对中，以保证同轴度要求，且每 100 h 须要对轴系进行检查，如同轴度超差须进行重新对中，以保证柴油机的运行安全。该抽沙船水泵机组用柴油机运用至今已超过 300 h，轴系检查没有问题。

4 结 论

装用 2 台 16V280ZC1 型柴油机的水泵机组已经在赣九江采-158 号大型抽沙船（图 5）上累计运行超过 300 h，运行情况良好。



图 5 装用 16V280ZC1 型柴油机水泵机组的赣九江采-158 号抽沙船

为了验证设计的可靠性和耐久性，还须要对柴油机进行长期运用考核。可以预计 16V280ZC1 型柴油机在抽沙船行业内将会有更广阔的未来。

参考文献

[1] ISO3046，往复式内燃机 [S].
[2] 戚墅堰机车车辆厂. 16V280 柴油机 [M]. 北京：中国铁道出版社出版，1996.
[3] 中国船级社. 钢质海船入级规范 [M]. 北京：人民交通出版社，2014.
[4] 中国船级社. 材料与焊接规范 [M]. 北京：人民交通出版社，2014.