

Design and Development of the LNG Dispenser*

Hongzhao Yang¹, Shouqin Zhou², Guangzhong Cao¹, Xiaoyong Tang²

¹Shenzhen University, Shenzhen

²China International Marine Containers (Group) LTD, Shenzhen

Email: yang_hongzhao@sina.com

Received: Nov. 22nd, 2012; revised: Nov. 30th, 2012; accepted: Dec. 5th, 2012

Abstract: Be seriously challenged, as the world's energy problems have become increasingly prominent, the traditional energy structure in China, at the same time, global warming, air pollution and other environmental issues also threaten our homes, building a sustainable social atmosphere to become the current trend of the times. Liquefied natural gas (LNG) as a new kind of efficient, clean energy, gradually been widely used in China's urban bus and taxi. According to LNG stations need accurate billing, monitoring and management when the vehicles add LNG, designed a kind of LNG dispenser which used in the LNG station, and developed the overall structure of the LNG dispenser hardware and software, completed the power circuit, control circuit, the loop circuit, display circuit, achieved the 485 communication between the MCU and mass flow meter in the MODBUS protocol, and a brief introduction of the workflow of the entire system in the filling process. After the commissioning, the machine completed all operations, with pre-cooling process is quick, smooth filling, accurate measurement, and showed wide application prospects.

Keywords: New Energy; LNG; LNG Dispenser

液化天然气(LNG)加注机的设计与开发*

杨鸿兆¹, 周受钦², 曹广忠¹, 唐晓勇²

¹深圳大学, 深圳

²中国国际海运集装箱(集团)股份有限公司, 深圳

Email: yang_hongzhao@sina.com

收稿日期: 2012年11月22日; 修回日期: 2012年11月30日; 录用日期: 2012年12月5日

摘要: 液化天然气(LNG)作为一种新兴的高效、清洁能源, 在我国的城市公交和出租车辆上逐渐得到广泛使用。针对当前 LNG 加注站在给车辆加液的过程中, 需要精确的计费、监控和管理, 设计了一种用于 LNG 加注站的加注机, 构思了加注机软硬件的整体结构, 完成了电源电路、主控电路、回路电路、显示电路的设计制作, 实现了基于 MODBUS 协议下 MCU 与质量流量计之间的 485 通信, 并简单介绍了整个系统在加注过程中的工作流程。经现场调试该加注机成功实现了 LNG 加注的所有操作, 预冷过程迅速, 加注平稳, 计量准确, 具有广阔的应用前景。

关键词: 新能源; LNG; 加注机

1. 引言

我国是一个石油资源短缺的国家。从 1993 年起成为石油净进口国。据测算, 2010 年全国原油消耗量

*基金项目: 本论文获得了深圳市国际科技合作项目“危化品特种运输装备智能化监控系统与营运平台开发”项目资助, 项目编号: ZYA201007070103A。

将达到 3 亿吨, 需进口原油 1.4 至 1.6 亿吨; 到 2020 年, 全国汽车保有量将由目前的 4600 多万辆增至 1.5 亿辆左右, 车用能源消耗占石油消耗的 80% 左右。我国对石油进口的依存度将达 50% 以上^[1]。为调整车用能源结构, 国家鼓励开发天然气、液化石油气、醇、

醚、电动汽车等代用燃料汽车。近年来，国家十分重视 LNG 的推广使用，发改委出台规定 LNG 与燃油价格比不能超过 0.75:1，与此同时建设了广东大鹏湾和河南中原等众多 LNG 项目，这些将为 LNG 的使用提供成本和源头的保障，下游 LNG 加注站必将迎来又一次建设高潮。本文设计开发了一种应用在 LNG 加注站，给 LNG 汽车加注 LNG 并进行计量计费的专用设备，本加气机在加满条件判断上采用最新研究的声音探测方法，弥补了传统的流量判断法无法精确判断的缺陷，并且采用 GPS 和 GPRS 技术可实现加气站的数据联网和无线监控。

2. LNG 加注机简介及工作流程

LNG 加注机是给 LNG 汽车加注 LNG 并进行计量收费的专用设备，可应用于各类 LNG 加注站。加注机主要由气路部分和控制电路两部分组成，其中气路部分连接加注站的 LNG 储罐，在加液的过程中，实现 LNG 的传输，气路中的各种阀门能够配合控制器实现管路的通断。而控制电路主要用来与上位机、PLC 通信，压力、流量采集，实现加液的控制和计费的计算。图 1 为 LNG 加注机外观。

加注过程主要分为三步：预冷 - 加注 - 停止。在加注开始前加注机通过 485 总线给 PLC 发送预冷信号，并通过继电器打开相应电磁阀门，加注枪插入加注枪口形成循环通路，此时潜液泵启动，LNG 液体从加注机进液管道流向截止阀、单向阀、液相质量流量



Figure 1. Appearance of the LNG dispenser
图 1. LNG 加注机外观

计、气动阀、液相金属软管、加注枪、插枪口、单向阀，最后经回流管道回到 LNG 储槽，当管道中的温度低于预设值时，预冷结束。预冷结束后便可以开始加液，将加注枪插入车载 LNG 钢瓶进液口并打开气动阀，回气枪插入车载 LNG 钢瓶回气口，LNG 液体经加注机内部管道进入车载 LNG 钢瓶，车载 LNG 钢瓶内的气化 LNG 气体经回气枪头回到加注站的 LNG 储槽，加注量为液相质量流量计与气相质量流量计计量值之差，控制电路根据加注量计算出加注金额并显示。当车载钢瓶内的压力达到预设值时，认为加满，停止加注。在加注过程中，控制电路不断的采集压力和流量数据，当压力达到预设上限，或者流量达到预设下限时，自动停止加注^[2]。

3. 加注机硬件设计

3.1. 气路部分硬件设计

气路部分主要包括：质量流量计、气液分离器、气动阀、电磁阀、加注枪和回气枪等组成。气路部分主要实现 LNG 液体的传输、LNG 质量流量数据的采集^[3]、管道压力的采集、阀门的开启和关闭，配合控制电路便可以实现加注的开关和加注的计量^[4]。其中图 2 是加注机气路结构图，表 1 是加注机气路构件列表。

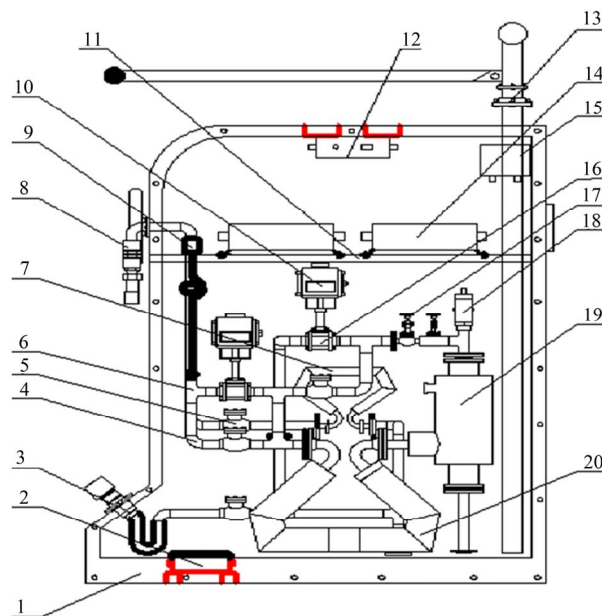


Figure 2. Gas path system structure diagram of the LNG dispenser
图 2. 加注机气路结构图

Table 1. Gas path system component list of the LNG dispenser
表 1. 加注机气路构件列表

序号	名称	序号	名称	序号	名称	序号	名称
1	机架	6	三通	11	电器安装板	16	气动球阀
2	防爆接线箱	7	质量流量计	12	微机控制箱	17	低温短轴截止阀
3	加气枪座	8	拉断阀及软管接头组件	13	旋转提升装置	18	低温全启安全阀
4	90°弯头	9	压力变送器	14	防爆控制箱	19	气液分离器
5	低温止回阀	10	电磁阀	15	流量计核心处理器	20	质量流量计 1

3.2. 控制电路硬件设计

控制电路主要包括四个部分：主控板、回路板、电源板和显示板。电源板为整个电路供电；主控板起整体控制作用，他可以发送信号给 PLC，控制电磁阀的开关，并与回路板实时进行数据交换；回路板连接质量流量计、压力变送器、显示板和打印机等外围设备，并将采集的数据实时传递给主控板；显示板用来显示加气量和加气金额等数据^[5]。图 3 是控制电路整体结构图。

4. 控制电路软件设计

系统上电后，首先进行系统初始化，然后检测通讯、压力、温度和显示屏等是否正常，自检通过后，系统处于待机状态，并循环判断是否进行预冷。

每次加注开始，主控板发送预冷信号给 PLC，整个系统进入预冷环节，此时回路板不断采集温度、流量、压力等参数，并发送给主控板与相关参数的设定值进行比较，当条件达到时，停止预冷。然后主控板再发送加注信号给 PLC，加注开始，回路板仍然采集各种参数与设定值比较，若达到则停止。最终，当车载钢瓶的压力达到预设值或手动按下停止按钮时，加气完成。图 4 所示为主控板软件流程图。

5. 通讯协议

加注机主控板与回路板之间采用 RS485 串口通讯，通讯参数设置：9600,8,N,1，所有数据通讯全部采用 HEX 数据格式，主控板为 485 通讯主机，回路板为从机，所有数据全部由主控板主动查询，回路板回应的方式通讯^[6]。其数据包格式如表 2 所示。

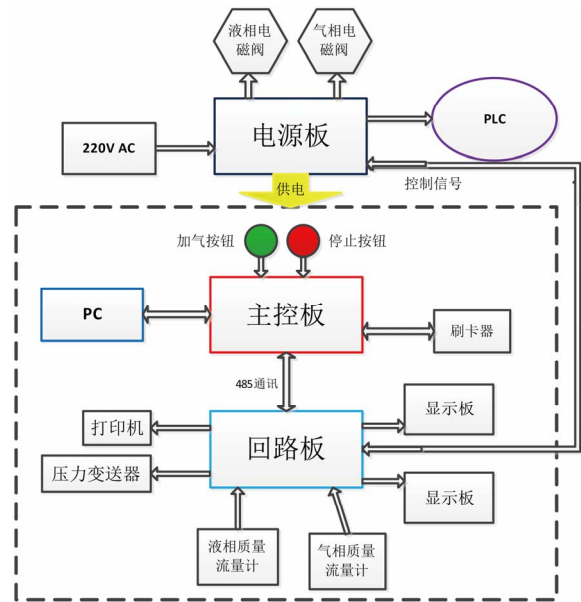


Figure 3. The general design structure of the control circuit
图 3. 控制电路整体结构图

1) 起始符和结束符用于保证数据接收的完整性，软件编程中可通过起始符判断数据接收的开始，通过结束符判断数据接收的完成。

2) 协议包类型号用来区分主回板之间不同的通讯内容。比如：

- a) 主控板查询液相流量计测量值
主控板发送协议包类型号：0x51
回路板回复协议包类型号：0xa1

- b) 主控板查询压力值
主控板发送协议包类型号：0x55
回路板回复协议包类型号：0xa5

3) 数据长度用来定义数据内容的长度，如果数据内容为空，则数据长度为 0。

4) 数据内容是本协议包需要传输的数据内容，数据内容可以为空校验码用来验证。

5) 数据包传送的正确性，从起始符开始到校验码前一个字节结束的所有数据的异或(XOR)值。

6. 结论及展望

本文设计的 LNG 加注机，适用于各种类型 LNG 加注站，经过现场测试，成功实现了 LNG 加注的各种操作，具有预冷速度快、加注平稳和计量准确等特点，对我国 LNG 的广泛使用具有巨大的推动作用。当前国际的能源问题日益尖锐，加上中东地区局势动

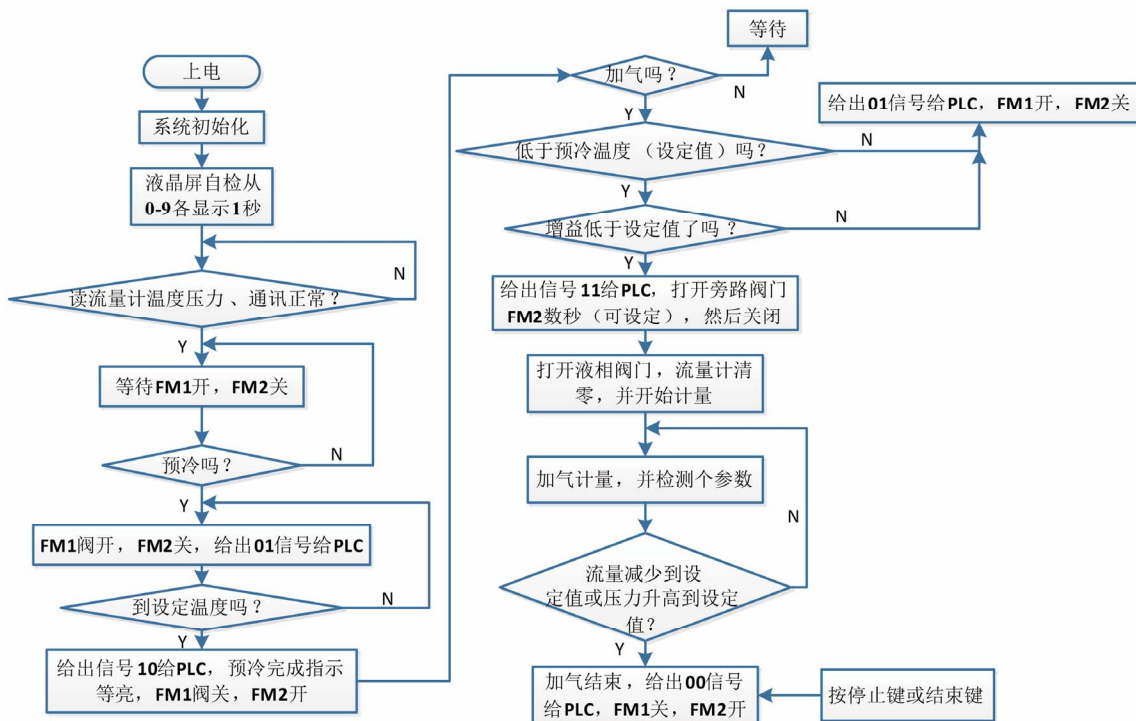


Figure 4. The software flow chart of the master control circuit
图 4. 主控板软件流程图

Table 2. RS485 communication packet format between the master control circuit and the slave control circuit
表 2. 主控板 485 通信数据包格式

组成部分	起始符	协议包 类型号	数据 长度	数据 内容	校验码	结束符
字节长度	1BYTE	1BYTE	1BYTE	不定	1BYTE	1BYTE

荡, 油价不断攀升, 特别是我国这样的能源消耗大国, 对石油进口的严重依赖将会对国家安全造成巨大威胁, 因此寻求新的替代能源, 改变我国的能源结构, 构筑可持续发展的社会氛围将会成为我国未来数年的重大议题。目前, 我国有 80 多个城市在开发天然气汽车、液化石油气汽车、醇类汽车和电动汽车。到今年 6 月, 全国拥有天然气汽车超过 20 万辆; 液化石油气汽车约 21.7 万辆; CNG 加气站 696 座, LNG 加气站也将逐年增加。在未来二十年国家把发展节能环保型汽车纳入国民经济和社会发展“十一五”规划, 将在政策、资金等方面给予扶持, LNG 加气站的建设将会迎来又一个高潮, 天然气产业整体看好, 因此 LNG 加注机具有广阔的应用前景^[7]。随着网络技术的发展, LNG 加注站不仅要实现站内各加注机的 485

组网, 还要求同地区甚至全国各地的加注站的组网, 今后的工作是进一步完善硬件设计和优化程序流程, 在加注机中加入以太网功能, 在加注机内部和对外均采用以太网通讯, 这不仅能提升通讯速率, 而且能实现各区域 LNG 加注站的组网, 这将大幅提升监控、调度、安全等性能。

参考文献 (References)

- [1] J. Yao, L. Li. Analysis on the change tendency of international LNG trade. Jilin: 2010 2nd International Conference on Industrial and Information Systems, 10-11 July 2010: 114-116.
- [2] W. S. Cao. Natural gas liquefaction process for small-scale LNG project. Xiamen: 2012 International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring, 5-6 March 2012: 440-442.
- [3] Emerson Process Management Co., Ltd. Micro Motion Coriolis mass flowmeter.
- [4] 佰焰(天津)燃气科技发展有限公司. LNG 汽车加气站方案[Z], 2010.
- [5] 赵建领. 51 单片机开发与应用技术详解[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009: 11.
- [6] 黄智全. 基于 485 总线的多机网络数据采集系统的实现[J]. 黑龙江科技信息, 2009, 21(4): 58-59.
- [7] 顾安忠. 迎向“十二五”中国 LNG 的新发展[J]. 天然气工业, 2011, 31(6): 1-11.