

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2014.03.010

# PLC 梯形图输出元件网络设计法探讨

聂 辉

(湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007)

**摘 要:** PLC 是当今电气自动化领域中不可替代的中心控制器件, 它的广泛应用在一定程度上取决于应用程序的开发和编制。为简便快速编制 PLC 应用程序, 构思了一种输出元件网络设计法。由于此设计法能简便快捷地完成大多数 PLC 控制程序的编制, 因此在 PLC 应用程序的开发和编制方面具有一定的使用价值。在对这种方法进行简单介绍的基础上, 结合一个实例对其编制的关键步骤进行了探讨。

**关键词:** PLC; 梯形图; 输出元件; 网络设计法

**中图分类号:** TP368.4

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2014)03-0047-05

## The Output Element Network Design Method for PLC Ladder Diagram

Nie Hui

(School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** PLC is the irreplaceable center control device in the field of electrical automation. Its wide application depends to a certain extent on the application program developing. For simply and quickly programming PLC, designs a kind of network output element design method. The method can complete most of the PLC control program compilation and has a certain applicable value in the PLC program development. Makes brief introduction of the method and discusses the key steps of programming with a design instance.

**Keywords:** PLC; ladder diagram; output component; network design method

## 0 引言

可编程序控制器 (programmable logic controller, PLC) 是当今电气自动化控制领域中不可替代的中心控制器件, 它深受广大自动控制工程技术人员的喜爱。目前, PLC 控制技术被应用于人类活动的各个领域<sup>[1]</sup>, 但其广泛应用在一定程度上取决于应用程序的设计。PLC 的应用程序设计一般是凭设计者的经验来完成的, 从事 PLC 程序设计时间越长的技术人员, 其设计程序的速度也越快, 而且设计出的程序质量也越高。有关 PLC 的书籍和文献介绍了 PLC 程序设计的一些方法, 如经验法、状态表法、功能

图法和流程图法等<sup>[2-3]</sup>。这些方法都是靠长时间的探索和经验积累而形成的, 对一般设计人员和工程技术人员有一定的难度。为减小这种难度, 有些学者总结出了一种 PLC 程序的简单设计法, 如王永华<sup>[4]</sup>编著的《现代电气控制及 PLC 应用技术》一书就介绍了这种设计方法。简单设计法虽然在一定程度上减小了设计的难度, 但由于它现在仍停留在经验总结的层面, 还没有上升到一定的理论高度, 因此在广泛应用方面存在一定的局限性。

为了克服 PLC 应用程序传统设计方法的不足, 使其变得更加简便和快速, 特应用 PLC 梯形图网络有关理论构思了一种输出元件网络设计法。本文谨

收稿日期: 2014-01-23

作者简介: 聂 辉 (1978-), 男, 湖南株洲人, 湖南工业大学教师, 主要研究方向为电子技术理论与应用,

E-mail: 184537915@qq.com

对这种设计方法进行简单介绍,并结合一个实例对其梯形图程序设计的有关问题进行初步探讨。

## 1 输出元件网络设计法的特点

PLC 梯形图输出元件网络设计法是基于一般设计法和逻辑设计法的基本思路和基本原则。它虽然类似于简单设计法,但它比简单设计法更突出控制主体概念,设计步骤清晰,设计简便快捷。输出元件网络设计法将梯形图分为3类网络:第一类是直接网络。它以 PLC 输出元件为控制对象,并由这种元件的输出来控制外接输出设备。第二类是间接网络。它控制的是通用继电器、时间继电器等不直接对外输出的元件,为直接网络服务。它是在直接网络群构建后,用自己的触点对直接网络进行影响或作用。第三类是短信号处理网络。它是为提高直接网络元件启动和关断的可靠性而专门设置的辅助网络,它利用 PLC 脉冲指令控制通用继电器来产生控制脉冲。当用梯形图控制对象网络设计法设计应用程序时,首先考虑的应是设计直接网络,只有当直接网络群设计出来以后,才考虑分步解决间接网络和短信号处理网络问题。直接网络的结构可依据输出控制对象的基本逻辑函数来构建,在没有约束条件的情况下,这种函数可表示为

$$F_k = (X_{开} + K) \cdot X_{关}, \quad (1)$$

式中:  $K$  为控制对象的当前状态;  $F_k$  为下一个状态值;  $X_{开}$  为启动条件;  $X_{关}$  为关断条件。对应式(1)的直接网络典型结构如图1所示。

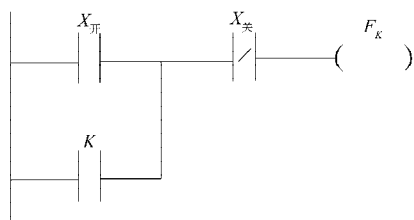


图1 直接网络典型结构图

Fig. 1 Typical direct network structure

图1中所示的是单一输出控制对象 PLC 梯形图直接网络。在多个输出梯形图网络中,每一个输出控制对象都必须对应一个图1所示结构的网络图。间接网络数量可依据直接网络启动和关闭约束条件的多少来设置。如前所述,这些网络所控制的不是 PLC 的输出元件,而是 PLC 内部的通用继电器、时间继电器等。在用 PLC 梯形图控制对象网络设计法编程时,虽然 PLC 具有成批输出的特性,但也要使上述3类网络在梯形图中有一个合理的排列顺序。若按 PLC 对梯形图的扫描顺序排列,则短信号处理网络置前,间接网

络随后,直接网络则放在最后。一个完整的梯形图程序就是上述3类网络在同一母线下的有序排列。

## 2 输出元件网络设计法关键步骤

为实现简便快捷设计 PLC 梯形图程序,应用输出元件网络设计法应遵循如下关键步骤。

### 2.1 确定控制对象

确定控制对象,是应用输出元件网络设计法首先要考虑的问题,也是关系所设计的程序是否实用的问题。为确定控制对象,首先要认真分析控制系统的功能,然后要针对这些功能进行外接设备、PLC 直接控制元件等的分析和认定。在确定控制对象中,要使所编制的梯形图程序达到控制要求,必须将直接网络控制对象找齐核准,并以表格的形式记录其情况。此表至少应包括控制对象名称、控制对象符号以及 PLC 输出元件安排等情况。实践证明,认真完善此表很重要,这不仅有利硬件设计,同时对软件设计也带来很大帮助。必须指出,在使用输出元件网络设计法时,只有当直接网络控制对象完全、正确认定之后,才能实施具体设计。

### 2.2 集中快捷设计直接网络群

集中快捷设计直接网络群是应用输出元件设计法的第二个关键步骤。所谓集中,就是指将直接网络群中的所有网络在同一时段一次性编制出来。所谓快捷,是指设计时只要按图1“依样画葫芦”即可,而网络中具体是什么触点可暂不考虑。显然,只要直接网络的控制元件认定了,那么直接网络群也就容易设计了。设计时,应当注意输出控制元件与直接网络的对应性。也就是说,控制系统若有  $N$  个输出控制元件,则直接网络群中就一定有  $N$  个如图1所示的直接网络,如图2所示。图2直接网络群中的每个输出控制元件  $Q$  都有具体安排,而此网络群中所有的常开触点和常闭触点仅给出图样,而不作任何具体的元件提示和安排。

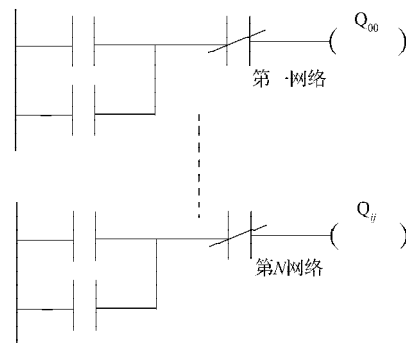


图2 直接网络群示意

Fig. 2 Schematic of direct network group

### 2.3 依次编制间接网络

当直接网络群形成后,输出元件设计法的又一关键步骤是依次设计间接网络。所谓依次设计,就是指同一时段只设计一个单一结构的网络,且各网络的设计可有先后顺序。间接网络控制元件是指那些除输出元件之外的PLC内部的其它元件。间接网络的作用是用自己的触点连接到直接网络而影响直接网络控制元件的启动或关断。显然,设计间接网络要比设计直接网络复杂得多,其原因是设计间接网络除必须考虑上述各网络之间的联系外,还必须考虑本网络的具体元件以及启动与关闭的控制逻辑,同时还要考虑间接网络控制元件触点在直接网络中的影响和作用。

### 2.4 短信号处理

为提高对输出控制元件的控制可靠性,输出元件设计法要求在设计时要对开启与关断信号进行短信号处理。因此在顺序设计了直接网络和间接网络之后,就要认真考虑和具体安排这种处理。这种处理需要用到PLC边沿脉冲指令<sup>[5-6]</sup>。这种指令有上升沿脉冲与下降沿脉冲之分,短信号处理时序图如图3所示。如使用上升沿脉冲指令,便可将启动或关闭的长信号转变成宽度为一个扫描周期的上升沿脉冲信号,并可用这种信号可靠地启动和关闭直接网络中的输出控制元件。

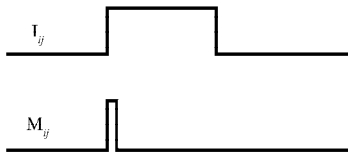


图3 短信号处理时序图

Fig. 3 Short signal processing sequence diagram

### 2.5 集合与贯通“三图”

“三图”是指直接网络图、间接网络图和短信号处理网络图。所谓“三图”集合,就是指将上述3个网络图在梯形图的同一母线下按一定的顺序进行合理排列和可靠连接。由于PLC实行的是集中输出方式,因此直接网络群内的网络排列和连接可不分先

后顺序,而对于间接网络和直接网络来说,由于PLC实行的是串行扫描方式,因此从PLC扫描的时序上考虑宜将间接网络排列在前,而直接网络排列居后。至于短信号处理网络图,可将其安排在直接网络之前的尽量靠前的位置。所谓“三图”贯通,是指将间接网络和短信号处理网络控制元件触点与直接网络进行连接,从而使“三图”建立直接联系并合理排列,组成一个完整的梯形图网络程序。

### 2.6 整体校核与修改网络图

将上述“三图”集合贯通而形成梯形图网络程序后,为使这个程序更加科学和实用,还要将其进行全面校核和修改。其原因主要是这种程序还只是初步程序,尤其是对于那些控制逻辑复杂、常开常闭触点众多的网络部分,更要反复核查,及时发现并解决问题。在梯形图整体校核与修改中,要始终围绕直接网络中输出控制元件,即始终以这类元件为中心,反复对直接网络、间接网络和短信号处理网络的结构布置、触点安排等进行校核与完善。事实上,用输出元件设计法设计的程序如果经过了严格的校核和修改,这个程序一般都会达到科学和实用的要求。

## 3 设计实例

用PLC控制3台电动机 $M_1, M_2, M_3$ 的顺序启动和顺序停车,即按下启动开关后,先启动 $M_1$ ,经 $T_1$ 后启动 $M_2$ ,再经 $T_2$ 后启动 $M_3$ ;按下停车开关后,先停 $M_3$ ,经 $T_3$ 后停 $M_2$ ,再经 $T_4$ 后停 $M_1$ ,现按照以上所述的PLC梯形图输出元件网络设计法的6个步骤来设计控制程序。

第一步是确定控制对象。本例的外接设备是3台电动机,而与PLC直接相连的不是电动机,而是交流接触器 $KM_1, KM_2$ 和 $KM_3$ 。PLC通过输出端子控制的是与3个交流接触器分别直接相连的3个输出元件,并可由这3个元件分别形成3个直接网络。在分析以上情况之后,将直接网络控制对象的情况分别记录于表1。

表1 直接网络控制对象情况表

Table 1 Direct network control object table

序号	控制对象名称	控制对象符号	PLC输出元件	备注
1	控制电动机 $M_1$ 的交流接触器	$KM_1$	$Q_{00}$	$KM_1$ 得电, $M_1$ 启动; $KM_1$ 失电, $M_1$ 停止。
2	控制电动机 $M_2$ 的交流接触器	$KM_2$	$Q_{01}$	$KM_2$ 得电, $M_2$ 启动; $KM_2$ 失电, $M_2$ 停止。
3	控制电动机 $M_3$ 的交流接触器	$KM_3$	$Q_{02}$	$KM_3$ 得电, $M_3$ 启动; $KM_3$ 失电, $M_3$ 停止。

第二步是集中快捷设计直接网络群。由于本例有3个输出控制元件,因此直接网络群就设计了与它

们分别对应的3个直接网络,其输出控制元件分别安排为 $Q_{00}, Q_{01}$ 和 $Q_{02}$ ,而对其中的6个常开触点和3个

常闭触点既未作出元件类型的安排,更未作出元件编号的安排,如图4所示。

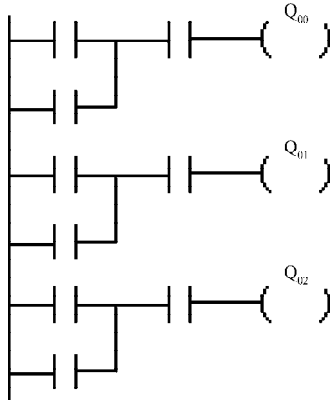


图4 直接网络群

Fig. 4 Direct network group

第三步是依次编制间接网络。本例由于需要用到4个时间继电器,因此可选 $T_{37}$ ,  $T_{38}$ ,  $T_{40}$ 和 $T_{41}$ 分别作为这些间接网络的控制元件,并将它们的触点相应连接于直接网络之中,如图5所示。

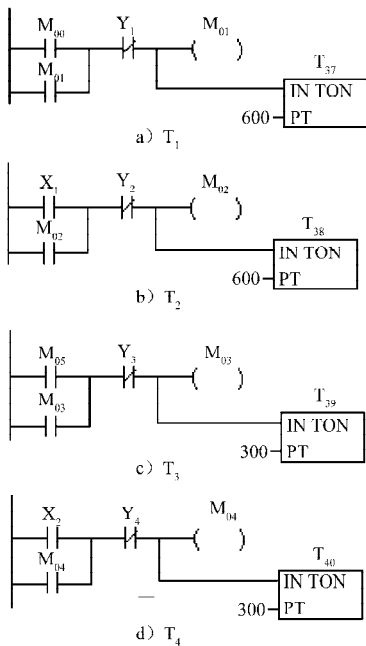


图5 各间接网络

Fig. 5 Indirect networks

图中的 $T_1 \sim T_4$ 是间接网络的控制元件,它们都是100 ms 通电延时型定时器。 $M_{01} \sim M_{04}$ 也是间接网络的控制元件,它们都是通用辅助继电器,其常开触点在图中起自锁作用。图中的触点 $Y_1, X_1, Y_2, Y_3, X_2, Y_4$ ,也可通过分析间接网络与直接网络、各间接网络之间的关系,不难看出,它们依次为 $Q_{01}, T_{37}, Q_{02}, T_{39}, T_{39}$ 和 $T_{40}$ 。

第四步是短信号处理。本例将启动开关连接至PLC输入端子 $I_{00}$ , 停车开关接至PLC输入端子 $I_{01}$ 。由

于按下启动开关或停车开关都是给PLC输入一个长信号,不能保证启动和停止具有很高的可靠性,因此对输入元件 $I_{00}$ 和 $I_{01}$ 信号通过上升沿脉冲指令进行处置,如图6所示,即利用辅助继电器 $M_{00}$ 和 $M_{05}$ 分别获得一个宽度为一个扫描周期的上升沿脉冲信号。

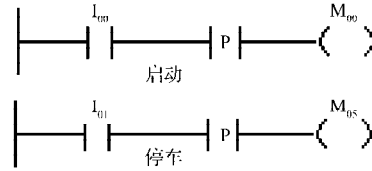


图6 短信号处理网络图

Fig. 6 Short signal processing network diagram

第五步是集合与贯通“三图”。将第二步设计的直接网络群图、第三步设计的间接网络图和第四步设计的短信号处理图的各母线都连接在同一根母线上,以完成“三图”的集合与贯通,如图6所示。

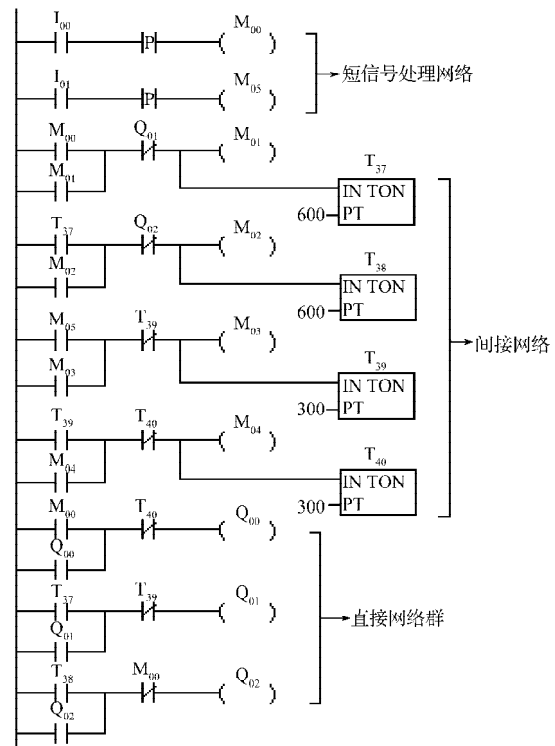


图6 梯形图网络程序结构图

Fig. 6 The network program structure of ladder chart

图6中,第一、二网络为短信号处理网络。前者为直接网络中控制元件启动信号的短信号处理网络,后者为关闭信号的短信号处理网络;第三~六网络为间接网络。每一个网络都有2个控制元件,但这2个元件都不与输出端子直接相联;第七~九网络为直接网络群。这些网络虽排在梯形图的最后,但它们却是梯形图的主体,PLC对外部设备的控制都是它们通过输出端子实现的。

第六步是整体校核与修改网络图。经过对图6仔细校核,其梯形图结构及逻辑关系正确无误,能达

到本例电动机的控制设计要求。图6即为本例设计出来的可用于实际控制的PLC自动控制应用程序。

## 4 结语

PLC输出元件网络设计法虽然来自于经验总结,但构思这种设计法依据了PLC梯形图网络相关理论和启动与关断逻辑函数理论。由于PLC梯形图输出元件网络设计法对传统的设计方法,尤其是对简单设计法的设计思路和步骤进行了规范和优化,因此这种设计法更适宜于进行PLC梯形图程序的设计。由于PLC输出元件网络设计法与传统的设计法相比,尤其是与简单设计法相比,更能突出控制主体概念,设计步骤清晰,设计简便快捷,因此具有较高的实用价值,值得PLC业内人士进行实际应用和更深入的研究。

### 参考文献:

- [1] 严俊,钟燕科.基于PLC的厂区铁路道口报警系统设计[J].湖南工业大学学报,2011,25(4):73-76.  
Zhong Jun, Zhong Yanke. Design of Plant Railway Crossroad Warning System Based on PLC[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2011, 25(4): 73-76.

- [2] 郁汉琪.电气控制与可编程序控制器应用技术[M].南京:东南大学出版社,2009:121-130.  
Yu Hanqi. Application Technology of Electrical Controlling and Programmable Controller[M]. Nanjing: Southeast University Press, 2009: 121-130.
- [3] 王兆义.小型可编程控制器实用技术[M].北京:机械工业出版社,2008:119-132.  
Wang Zhaoyi. Small Programmable Controller Practical Technology[M]. Beijing: Mechanical Industry Publishing House, 2008: 119-132.
- [4] 王永华.现代电气控制及PLC应用技术[M].北京:北京航空航天大学出版社,2008:177-181.  
Wang Yonghua. Modern Electrical Control and PLC Application Technology[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2008: 177-181.
- [5] 西门子公司.SIMATIC S7-200可编程序控制器系统手册[S].[S.1]:Siemens,2011:112-121.  
Siemens. SIMATIC S7-200 Programmable Controller System Manual[S]. [S. 1]: Siemens, 2011: 112-121.
- [6] 西门子公司.MICROMASTER 440用户手册[S].[S.1]:Siemens,2003:98-102.  
Siemens. MICROMASTER 440 User Manual[S]. [S. 1]: Siemens, 2003: 98-102.

(责任编辑:申剑)

## 首届“中国绿色包装与安全设计创意大赛”启动

由中国包装联合会和国家工商总局广告司指导,中国包装联合会包装教育委员会、湖南工业大学等4个单位主办,东莞市美盈森环保科技有限公司、东莞市汇林包装有限公司等4个公司协办,中央电视台科教频道、湖南教育电视台、中国包装联合会网、中国包装报等12家网络媒体合作的,首届“绿色包装与安全设计创意大赛”,随着第一轮征稿通知的下发而正式启动。本次大赛的主题为绿色包装与安全——寻找改变人类生活方式的绿色、环保、安全的包装设计,大赛面向全社会,任何个人或团体都可参加。大赛拟设置特等奖1名、一等奖3名、二等奖10名、三等奖30名、优秀组织奖5名。评审标准包括主题表现、创意表现、实用表现和美观表现4个方面。大赛的相关资料可由中国包装联合会包装教育委员会主页www.zblbjw.com下载。

