

邵阳职业技术学院

毕业设计

产品设计	工艺设计	方案设计
		√

设计题目：基于西门子 S7-400PLC 的远程监控系统开发

学生姓名：谢世杰

学 号：201810300838

系 部：电梯工程学院

专 业：机电一体化技术

班 级：机电 1182

指导老师：叶慧芳

二 〇 二 一 年 六 月 一 日

目 录

一、研究背景.....	3
(一) 远程监控系统的分类.....	3
(二) 远程监控系统存在的技术问题.....	3
二、冷轧背景下的远程监控系统.....	4
(一) 冷轧工作流程简介.....	4
(二) 冷轧现场控制系统结构.....	5
(三) 冷轧远程监控系统的实时性要求.....	5
(四) 远程监控系统整体结构.....	7
(五) 本章小结.....	7
三、上位机监控软件的设计开发.....	8
(一) PLC 上位机软件方案比较.....	8
(二) 监控软件的特点.....	8
(三) 本章小结.....	8
四、结论.....	8
参考文献.....	10
致 谢.....	11

基于西门子 S7-400PLC 的远程监控系统开发

[摘要]

如今，冷轧工业现场的诸多生产设备由 PLC 控制运转，PLC 能否正常工作，直接影响冷轧板带的质量产量。负责调试维护的技术人员需要在 PLC 出现故障的时候迅速对 PLC 程序进行诊断，并对生产中的故障进行分析纠正。然而，有时技术人员并不在企业的生产现场，无法第一时间赶回处理故障。因此，是否能够有效地对 PLC 进行远程监控就显得尤为重要。由于网络环境的多样性与复杂性，使用传统 VPN 协议的一些远程监控系统往往无法通过网络地址转换 (NAT)，代理服务器及防火墙等这些网络设备来进行通信，受网络的局限性影响很大，往往无法正常工作。

[关键词] PLC 远程监控系统 S7-400

一、研究背景

制造业领域的远程监控就是授权用户利用计算机或移动终端设备，通过有线或无线网络传输技术实现对远端现场工作设备及工作环境的监视、控制和管理，并在必要时对其进行诊断、干预和维护修改。从敏捷制造思想及设备维修角度来看，远程监控主要包括两方面内容：远程现场工作状况的信息集成和远程服务诊断技术。飞速发展的计算机硬件和软件技术，网络通信技术以及电子信息技术，为程监控系统的研究与开发奠定了坚实的基础。因此，研究基于 PLC 网络的远程监控对于建立企业远程故障公共服务平台具有非常重要的现实意义。

（一）远程监控系统的分类

早期的工业监控系统，只能采用人工的方式在现场对生产设备和生产环境进行实地监测。网络通信技术及计算机控制技术的迅猛发展使得监控系统开始具备远程功能。最初的远程监控系统采用有线通讯，相较于人工方式，无论在工作效率还是经济效益上都提高显著，而工业监控系统也日益趋于智能化。进入二十一世纪后，无线技术逐渐盛行，鉴于其安装方便、实现简单、适用范围广泛等优点，不少远程监控系统开始使用无线通讯方式，使之更好的应用于工业领域。下面对上几种监控方式的发展状况进行简要介绍。现场人工监控方式：实现该监控方式方便直接，但是需要消耗大量的人力、物力、财力。工作人员需要一直坚守在生产车间，对生产状况进行实地监测。如果要实时诊断或者修改设备的运行参数，工作人员通常需要接近工作状态下的生产设备，存在一定的危险隐患。因此，人工现场监控方式除特定情况以外，现已被大多数企业所淘汰。基于有线通讯技术的远程监控方式：随着信息技术的发展，互联网被广泛应用到各个领域，从而也顺理成章地被远程监控系统所运用。互联网的安全稳定性为数据传输提供了可靠的保证，处在任意地区的工业现场只要接入广域网，就可以使得远程的客户端对现场中的工业设备进行访问。如今，不少工业现场采取的就是有线的监控方式，但因为受物理网线的限制，若是在一些不容易架设网线的工业设备上布设网线，不但难于实施，也增加了维护难度与成本。

（二）远程监控系统存在的技术问题

远程监控系统大致可分为两类，一类是不在生产现场的监控系统，这种远程监控除了采集到的现场数据要传递到远端的监控中心以外，其他功能都与现场监测差别不大；另一类是现场监控和远程监控并存。在这种方式中，现场总线将分布在同区域本来分散的设备连接在一起，然后将每个管理站点的服务通过局域网的形式串联起来，从而形成企业的

内部网。基本网络信息结构的建立将设备监控与维护技术集成为一体，在企业内部实现了资源和信息的共享。远程监控系统可以实现以下功能。

(1)数据采集与处理功能：针对生产现场的各种模拟量或数字量进行监测、采样、数模转换和必要的预处理，并以一定的形式输出，给技术人员提供了丰富的现场数据，以便于他们了解现场的环境和设备的运行状况等，并为下一步的生产和管理提供参考依据；

(2)监督和管理功能：

根据现场的实时数据、历史数据以及工作人员在生产过程中执行相关操作时所发出的指令来进行分析、总结、整理、计算，将处理后的数据分类存储，并利用历史已有的有效数据对现场设备的状况进行分析，若是发现现场设备可能存在风险，则发出预警信号，若是现场设备已经出现了故障，则发出报警信号。

(3)控制功能：在完成对所采集数据的处理后，将得到的信息进行总结分析，然后按照规定的控制方法对设备进行合理的操作。

二、冷轧背景下的远程监控系统

(一) 冷轧工作流程简介

1150mm 六辊可逆冷轧机主要分为六部分：入口传送区域，开卷机区域，轧机机架区域，轧机后台区域(包括换辊设备)，卷取机区域，出口传送区域，图 2-1, 为该六辊可逆冷轧机的结构图。

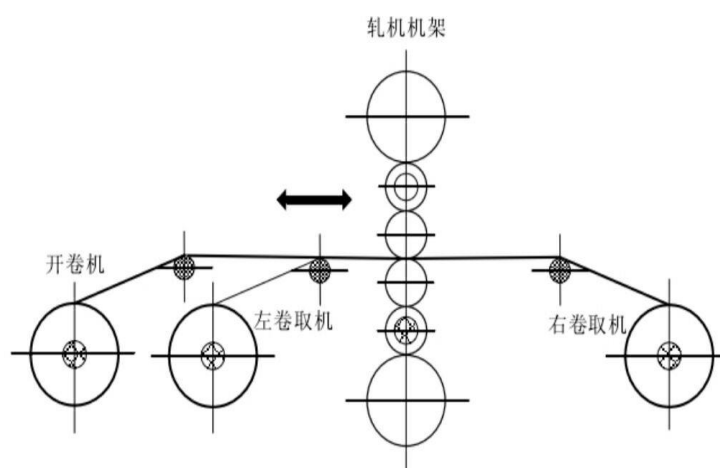


图 2-1 冷轧现场控制系统结构

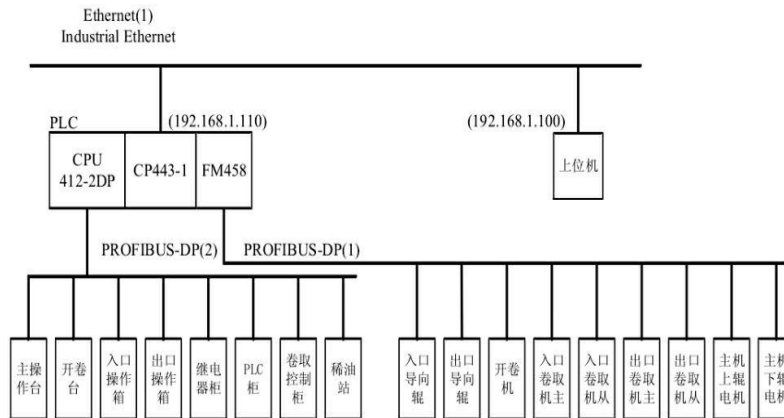


图 2-2 六辊可逆冷轧基础自动化网络结构

基础自动化系统的主要功能由以下控制完成：

(1) PLC 控制，主要完成的功能有：顺序控制、传动控制、轧机前后张力控制、机组速度主令控制、生产辅助设备的运转控制、自动甩尾控制、操作运转连锁、带钢缺陷点跟踪和减速、带钢长度与卷取长度计算、带钢头位与钢卷跟踪、轧制设定值的管理与分配；

(2) 机架控制，主要完成的功能有：AGC 控制、轧机压下控制、弯辊控制、串辊控制；

(3) HMI，主要完成的功能有：原始钢卷资料录入及轧制计划表存储、轧机预设定计算、生产过程监控、设备状态监控、辅助设备操作、生产准备条件、生产统计报表、历史资料存储、故障报警、报警记录与打印等，而在有轧制模型时还能提供自适应和自学习功能。

(二) 冷轧现场控制系统结构

CP 443-1 通讯处理器是专为 S7-400 而设计的，使得 S7-400 能够与工业以太网连接。CP 443-1 具有功能强大的处理器，能够独立处理以太网上的数据拥塞，它使用了专有预置的以太网地址，能够在以太网上直接运行。在多协议模式时，CP 443-1 提供以下的通讯服务：PG/OP 通信、S7 路由选择、S7 通讯、PROFINET 通讯、H 通讯、开放式 IE 和 S5 兼容通讯等。

FM 458 应用模块专为可使用 CFC 和 SFC(可选)自由组态的高性能闭环控制传输网络的通信协议主要包括协议的性能，可靠性等，通常而言，协议的结构与系统的实时性成反比。本课题所采用的 Softether VPN 协议拥有十分强大的性能，将在第 3 章对其做详细地介绍分析。而在上位机软件的编写中，使用 LIBNODEAVE 函数库直接与 PLC 进行通讯连接，也大大提升了实时性，这部分内容将在第 3 章中做详细介绍。

（三）冷轧远程监控系统的实时性要求

网络的传输数据量越大，实时性就越低；网络的带宽越高，对大数据的处理能力就越强，负载就越大，而实时性也就高。课题采用具有高带宽的 3G 作为 PLC 端的传输网络，较大地提升了远程监控系统整体的实时性。

远程监控系统延时在现有的网络条件下，远程监控系统都面临着数据时延的问题。虽然现有的技术并不能完全消除延时，但是合理地选择设备、通讯协议和通讯方式，却能大幅度地减少延时，实现系统最好的实时性。和技术应用(如运动控制)而设计，专为在 S7-400 中使用。如果与两个附加的插入式扩展模块一同使用，FM 458 允许大量的高动态应用程序，特别是要执行的应用程序是与驱动器相关的。而且，该模块还提供了 PROFIBUS-DP 连接。ET200M 是一款高度模块化的分布式 I/O 系统，特别适用于执行复杂繁琐的自动化任务。它同时支持 PROFIBUS 和 PROFINET 两种现场总线，可以最多扩展 8 或 12 个信号模块，可以将标准模块与故障安全型模块配置在同一站点内，而部分信号模块能够在恶劣的条件下工作。

在评定一个远程监控系统的性能是否优异时，实时性是非常重要的一个参考标准。工业远程监控系统中，对实时性的基本要求如下：

数据采集周期小于 500 毫秒；

接入网络时间小于 3 秒；

100kb 以内的较小数据，单次传输时间不超过 2 秒；100kb~500kb 的较大数据，单次传输时间不超过 5 秒。

影响远程监控系统实时性的因素。影响远程监控系统实时性的因素主要有三点：传输网络的系统性能、传输网络的通信协议、传输网络的负载。传输网络的系统性能包括网络设备之间以及网络接口与外设之间的传输速度等，主要是由硬件的性能来决定。

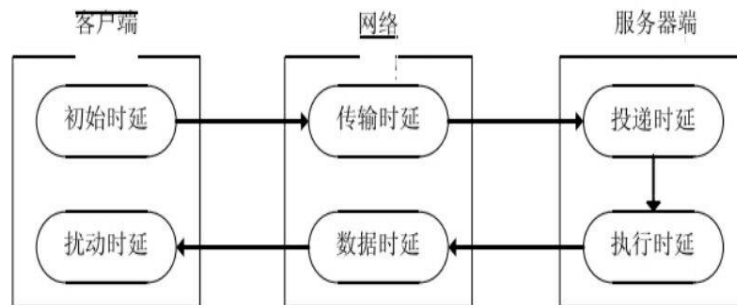


图 2-3 远程监控系统的时延组成

(1) 通信时延 cT ，包括初始时延以及传输时延。在远程监控系统中，不同的传输网络与网关设备导致数据传输的延时不尽相同，是产生通信时延的主要原因。同时，服务器端还会造成一定的投递时延。

(2) 执行时延 pT ，包括工业现场 PLC 等设备的处理时间以及远程监控中心运行、计算、处理的时间，所以上位机软件的设计要求简洁高效，删除冗余部分，减少数据处理时间。

(3) 数据时延 dT ，数据时延=(发送数据总量+回收数据总量)/传输速度，通过公式可以看出，数据时延与传输的数据总量成正比，而与传输速度成反比，因此，想减少数据时延就需要减少数据传输的总量，或者通过增加带宽等方式来提高传输速度。

(4) 扰动时延 vT ，包括各种在传输过程中未知的扰动，如数据包丢失或码片顺序混乱等。

由以上分析可知想要减少系统总时延，需要通过降低通信时延、执行时延、数据时延、扰动时延或提高传输速度的方法来实现，其中传输速度主要是由网络设备的性能与所使用的通信协议决定。

(四) 远程监控系统整体结构

在分析了现场的自动化控制系统结构以及远程监控系统所需要的高实时性这一特点以后，根据实际情况，采用图 2-4 所示的网络拓扑结构来搭建针对冷轧这一平台的远

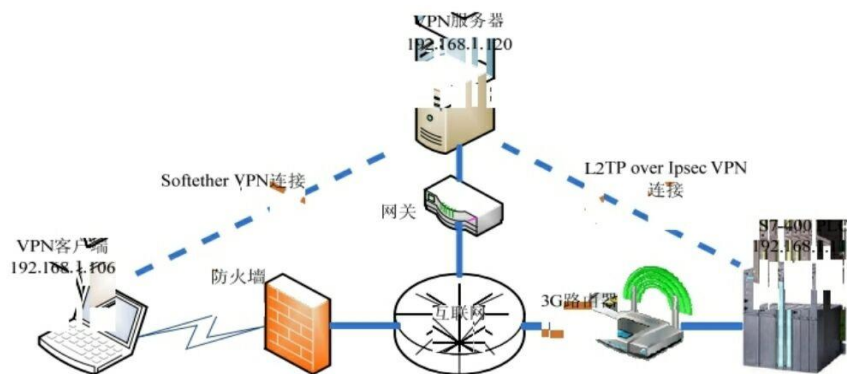


图 2-4 远程监控网络拓扑图

程监控系统中，处在任意地点的 VPN 客户端和工业现场的 PLC 分别与处在现场操作室中的 VPN 服务器进行不同协议的 VPN 连接，三者处于相同网段的局域网中，从而达到远程监控 PLC 的目的。具体的设计实现方法将在后面进行介绍。

(五) 本章小结

本章以需要使用远程监控系统的某冷轧厂为课题研究背景，对冷轧的工作流程以及冷轧现场控制的系统结构做了简要的介绍，具体分析了该厂的基础自动化网络结构，对课题的研究对象有了基本的认识。作为一个远程监控系统的关键问题，实时性是被特别强调的，

本章对影响实时性的因素和系统中产生的时延做了详细分析，确立了把具有高实时性作为设计远程监控系统的一个重要指标。结合课题的实际情况，运用现行主流的 VPN+3G 传输技术，保障了高实时性的技术前提。

三、上位机监控软件的设计开发

（一）PLC 上位机软件方案比较

现代工业控制系统通常以 PC 机作为上位机，通过与现场工控设备的数据交换与处理，实现对生产过程的自动控制。在实际生产中，工程师经常需要对数据进行实时监测与采集，因而上位机监控软件的性能显得尤为重要。课题主要针对冷轧项目的 PLC 远程监控进行研究，而所参与项目中的冷轧厂采用西门子 S7-400 系列 PLC。如何开发出灵活高效的基于西门子 PLC 的上位机监控软件将是本设计的研究。

（二）监控软件的特点

监控软件的特点 通过前面对监控软件各功能的介绍，并经过工程实际运用中的效果反馈，总结出该软件的几大优点：（1）操作直观简单：通过设计合理的交互界面，用户可以直观明了地掌握软件的操作方式，极其简单的 PLC 以太网设置，使得与某一具体地址的 PLC 进行通讯变得非常容易。（2）灵活的数据交换：直接输入想要读取或写入数据的地址，就可以轻松地与 PLC 进行数据的交换。这在工程调试中是十分方便的，例如在采集的数据地址不是很多的情况下，避免了使用复杂的组态软件或者 OPC 方式进行读写操作。

（三）本章小结

西门子 PLC 的上位机软件编写方式有多种，通过对它们的各自特点进行分析比较，LIBNODEAVE 相较于其他方式，可以直接灵活地对 PLC 进行数据操作，具有良好的实时性，并且其开源免费，便于开发，降低了成本。该监控软件是基于以太网通讯开发的，对西门子以太网与普通以太网的不同做了分析比较，并详细介绍了监控软件的具体功能。总结了基于 LIBNODEAVE 编写的上位机软件的几大特点，即操作直观简单、数据交换灵活、实时性高以及独立自主性。

四、结论

随着网络信息化程度的日益发达，网络传输技术与工业现场的控制技术有了更多地融合，企业亟需借助互联网搭建自身的远程故障公共服务平台。虽然针对 PLC 的远程监控系

统开发层出不穷，但大多数实现的效果往往不甚理想。本设计结合山东某冷轧企业的实际课题背景，针对基于 PLC 的远程监控系统容易存在的缺陷和不足，将 Softether VPN、3G 和 LIBNODEAVE 等技术有机融合，主要完成了如下工作：

过往多数远程监控系统采用传统 VPN 协议作为远程数据传输的手段，受特殊网络环境局限性的影响很大。Softether VPN 使用 HTTPS 协议作为隧道技术的基础，保障客户端在任意可以接入广域网的网络环境下，都能够与服务器建立稳定的 VPN 会话，从而达到远程监控的目的。同时，Softether VPN 的加密、解密以及验证这些核心技术均基于 Open SSL 开放库，保障了数据传输的安全可靠性。

基于 LIBNODEAVE 函数库的监控软件直接与 PLC 通过以太网进行通讯，免去了如 OPC 服务器这样的代理通讯，显著提高了数据交换的速率。同时，由于软件是使用 VB 语言自主编写的，可以根据工程项目的实际需求，设计编写相应的功能，自行优化软件的代码结构，不会出现如同使用组态软件编写的上位机程序那样，可能会有不需要的冗余功能，从而提高了软件的运行效率。

Softether VPN 和 LIBNODEAVE 的运用在提升系统整体实时性上效果明显。通过实践证明，Softether VPN 在传输速率方面要明显强于其他 VPN 技术，而 LIBNODEAVE 直接与 PLC 进行通讯连接这一特点，也减少了监控软件的执行时延。此外，3G 通讯的高带宽在减少系统的数据时延方面也功不可没。

相较于其他远程监控系统所使用的昂贵软硬件，Softether VPN 和 LIBNODEAVE 函数库均为开源免费的，大大节约了开发成本，而 LIBNODEAVE 函数库，具有良好的可扩展性和可移植性，适合多种厂商不同型号的 PLC，摆脱了对单一厂商所提供的软硬件的依赖。然而，课题的设计并不完善，仍存在以下不足，以待改进：

(1) 并未考虑冷轧现场干扰信号的因素，其对实时性会产生一定的影响；

(2) 高效的实时性：鉴于 LIBNODEAVE 函数库是直接和 PLC 建立通讯，并且是经过高速的工业以太网进行数据的传递，相较于 OPC 服务器这一代理通讯的方式，大大提高了传输速率，采样周期最快可以达到 100ms 左右，远远好于 OPC 几百 ms 的采样周期；

(3) 独立自主性：该监控软件的使用不需要在电脑中安装任何西门子相关的软件，即使是在没有 STEP7 做 PLC 硬件组态的情况下，依然可以自如地访问 PLC。

参考文献

- [1] 王海. 远程监控与维护系统及其在 PC-PLC 网络上的实现[J]. 上海交通大学学报, 2018, 37(3): 450-453.
- [2] 姚学斌. 计算机通信与网络发展技术探讨[J]. 信息通信, 2017(2): 182.
- [3] 张红梅. 基于 SVM 的胎面生产过程的专家故障诊断系统[D]. 武汉: 武汉理工大学学报, 2018: 2-4.
- [4] 苏宏良. 储能电池组远程监控系统研究与设计[D]. 武汉: 武汉理工大学学报, 2020: 3-5
- [5] 张修建, 靳硕, 赵茜等. 基于 Web 的工业污水处理远程监控系统[J]. 系统仿真学报, 2016, 24(5): 1104-1108.
- [6] 梁秀霞, 张培楠. 1450mm 冷连轧机双活套及轧机入口张力控制系统[J]. 电气传动, 2017, 42(8): 55-58.
- [7] 祝根莲, 杨小勇. 工业以太网在多台六辊可逆冷轧机组中的应用[J]. 工业控制计算机, 2018, 24(8): 26-27.

致 谢

毕业设计是在叶老师的悉心指导下完成的，叶老师严谨的治学态度让我非常敬佩。在这几个月的学习研究中，我受到了老师热心关注和支持。在我即将结束时，整个系统的硬件和软件系统已初步成型，这与支持我的老师和同学的关心是分不开的。衷心的感谢我的导师叶老师，正是因为叶老师的悉心指导，我的设计才得以顺利完成。叶老师渊博的知识、丰富的科研经验、不计名利、兢兢业业的治学精神使我受益匪浅。我要感谢叶老师，我也要向老师看齐，学习老师那种精益求精的精神，这是我人生的一大收获，谢谢老师。