

# 工业测控系统 实时以太网现场总线技术 ——EPA 原理及应用

梁 庚 等 编著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

# 工业测控系统 实时以太网现场总线技术 ——EPA 原理及应用

梁 庚 孙德辉 李志军 齐丽君 梁 彬 编著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书详细、系统、全面地介绍了工业以太网现场总线EPA技术,全书包括EPA技术综述、EPA技术原理、基于EPA的技术开发、EPA在工业控制中的应用四部分内容。全书从基础原理到实际应用,多角度介绍了EPA技术。读者不但可以全面、清晰地掌握EPA技术原理,还可以对EPA技术在新领域内的发展有进一步的了解。

本书可作为从事EPA技术相关工作人员的参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

工业测控系统实时以太网现场总线技术: EPA 原理及应用 / 梁庚等编著. —北京: 中国电力出版社, 2013.12  
ISBN 978-7-5123-5398-5

I. ①工… II. ①梁… III. ①总线—自动控制系统  
②工业测控系统—以太网 IV. ①TP273②TP393.18

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第319234号



中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2013年12月第一版 2013年12月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 17.25印张 388千字

印数0001—3000册 定价45.00元

## 敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

# 前言

工业通信网络是系统集成和信息集成的基础，以现场总线和开放网络技术作为智能设备数字通信连接的纽带，将多个分散的智能变送器、执行机构、智能控制设备、计算机、服务器等具有数字通信能力的设备，采用公开、规范的通信协议，构成一个有机的整体，实现有效的信息集成，实现企业从现场设备层到管理层全面的、透明的信息平台，在这其中工业通信网络技术成为企业信息化的关键技术。

工业以太网是当前工业控制领域的研究热点，以开放网络技术作为智能设备数字通信连接的纽带，同时为控制器和操作站以及各种工作站之间提供快速、高效的数据交互，与上层信息网络构成无缝集成。EPA 实时以太网是一种全新的适用于工业现场设备的开放性实时以太网标准，EPA 将大量成熟的 IT 技术应用于工业控制系统，利用高效、稳定、标准的以太网和 UDP/IP 协议的确定性通信调度策略，为适用于现场设备的实时工作建立了一种全新的标准。这一项目得到了我国“863”高科技研究与发展计划的支持，表明了国家对自主知识产权技术的大力支持。由浙江大学等国内多所著名大学和研究所等共同起草制定的《用于工业测量与控制系统的 EPA 系统结构与通信规范》已经通过了 TC124/SC4 的技术审查，成为我国第一个拥有自主知识产权的现场总线国家标准。同时，该标准成功进入 IEC 标准体系，被 IEC 作为 PAS 标准形式公开发布，也被正在制定的实时以太网国际标准 IEC 61784-2 收录，作为第 14 族实时以太网协议。这是迄今为止中国工业自动化领域第一个被国际认可和接受的标准。与传统的低速现场总线技术相比，EPA 实时以太网现场总线技术具有显著的技术优势，同时拥有完全的自主知识产权，受到国家和国际组织的高度重视，其应用前景十分广阔。目前 EPA 技术在国内外的推广和应用正在逐渐展开，并正在得到国内外工控领域广大用户和学者的积极响应和普遍重视。

本书的编写是基于作者及其课题组成员的实际科研工作，其中部分内容来自作者课题组实际的开发和应用，具有较强的实用性和参考价值。

全书共分 4 章，梁庚编写第 1、2 章和第 3、4 章的部分内容，北方工业大学孙德辉教授、李志军副教授编写了第 3 章的部分内容，保定广播电视大学梁彬、齐丽君参与编写了第 4 章的部分内容。全书由梁庚整理定稿。

本书受北京市优秀人才培养资助(2012E009005000002)、北京市自然科学基金(4122074)、北京高层次人才计划项目(PHR20110504)、国家自然科学基金(61174116)资助。

由于作者水平有限，加之工业以太网技术的不断发展，书中难免有遗漏和不当之处，恳求有关专家、同行和广大读者批评指正。

梁 庚

2013 年 8 月于华北电力大学

# 目 录

## 前言

<b>1 EPA 技术综述</b> .....	1
1.1 EPA 简介 .....	1
1.2 EPA 的发展过程 .....	2
1.3 EPA 的技术特点 .....	2
<b>2 EPA 技术原理</b> .....	6
2.1 引言 .....	6
2.2 EPA 体系结构 .....	6
2.3 EPA 数据链路层 .....	24
2.4 EPA 应用层 .....	34
2.5 基于 XML 的 EPA 设备描述技术 .....	116
2.6 EPA 的网络安全 .....	134
<b>3 基于 EPA 的技术开发</b> .....	139
3.1 概述 .....	139
3.2 EPA 开发平台 .....	139
3.3 基于 EPA 开发平台中间件的产品开发 .....	144
3.4 基于串行接口平台的 EPA 产品开发 .....	153
3.5 基于双口 RAM 接口平台的 EPA 产品开发 .....	160
3.6 基于 EPA 芯片的 EPA 智能设备开发 .....	165
3.7 上位机监控软件开发 .....	167
3.8 EPA 开发平台的上位机组态软件 .....	169
3.9 EPA 开发的测试 .....	180
<b>4 EPA 在工业控制中的应用</b> .....	207
4.1 基于 EPA 的工业控制的特点和网络架构 .....	207
4.2 基于 EPA 的典型工业过程控制 .....	210
4.3 EPA 在工业数控系统中的应用 .....	219
4.4 EPA 在煤矿生产自动化系统中的应用 .....	224

4.5	EPA 在化学工业中的应用 .....	227
4.6	EPA 在制药工业中的应用 .....	230
4.7	EPA 在石化罐区综合管理中的应用 .....	233
附录 A	EPA 应用层协议规范中的结构体定义 .....	236
附录 B	EPA 应用层协议规范中 EPA 系统管理 ASE 类对象定义 .....	244
附录 C	EPA 应用访问实体类对象定义 .....	250
附录 D	EPA 系统管理实体服务报文 .....	253
附录 E	管理实体状态转换所使用的函数 .....	257
附录 F	EPA 应用访问实体服务报文编码 .....	261
参考文献	.....	267

## 1

## EPA 技术综述

## 1.1 EPA 简介

当前,随着计算机、通信、网络等信息技术的发展,信息交换的领域已经覆盖了企业乃至世界各地的市场,而随着自动化控制技术的进一步发展,需要建立包含从工业现场设备层到控制层、管理层等各个层次的综合自动化网络平台,建立以工业网络技术为基础的企业信息化系统。当前,在企业的不同网络层次间传送的数据信息已变得越来越复杂,对工业网络的开放性、互连性、带宽等方面提出了更高的要求。EPA 工厂自动化以太网(ethernet for plant automation, EPA)即是建立在此基础上的工业现场设备开放网络平台,通过该平台,不仅可以使工业现场设备(例如,现场控制器、变送器、执行机构等)实现基于以太网的通信,而且可以使工业现场设备层网络不游离于主流通信技术之外,并与主流通信技术同步发展,同时,用以太网现场设备层到控制层、管理层等所有层次网络的“E网到底”,实现工业/企业综合自动化系统各层次的信息无缝集成,推动工业企业的技术改造和提升、加快信息化改造进程。

EPA 是 Ethernet、TCP/IP 等商用计算机通信领域的主流技术直接应用于工业控制现场设备间的通信,并在此基础上,建立的应用于工业现场设备间通信的开放网络通信平台。EPA 是一种全新的适用于工业现场设备的开放性实时以太网标准,将大量成熟的 IT 技术应用于工业控制系统,利用高效、稳定、标准的以太网和 UDP/IP 协议的确定性通信调度策略,为适用于现场设备的实时工作建立了一种全新的标准。这一项目得到了我国“863”高科技研究与发展计划的支持。在国家标准化管理委员会、全国工业过程测量与控制标准化技术委员会的支持下,由浙大大学、浙大中控技术有限公司(简称浙大中控)、中国科学院沈阳自动化研究所、重庆邮电学院、清华大学、大连理工大学、上海工业自动化仪表研究所、机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、北京华控技术有限责任公司等单位联合成立标准起草工作组,经过3年多的技术攻关,提出了基于工业以太网的实时通信控制系统解决方案。

EPA 实时以太网技术的攻关,以国家“863”计划计算机集成制造系统(computer integration manufacturing system, CIMS)主题系列课题“基于高速以太网技术的现场总线控制设备”、“现场级无线以太网协议研究及设备开发”、“基于‘蓝牙’技术的工业现场设备、监控网络及其关键技术研究”,以及“基于 EPA 的分布式网络控制系统研究和开发”、“基于 EPA 的产品开发仿真系统”等滚动课题为依托,先后解决了以太网用于工业现场设备间通信的确定性和实时性、网络供电、互可操作、网络安全、可靠性与抗干扰等关键性技术难题,开发了基于 EPA 的分布式网络控制系统,首先在化工、制药等生产装置上获得成功应用。

在此基础上,标准起草工作组起草了我国第一个拥有自主知识产权的现场总线国家标

准《用于工业测量与控制系统的 EPA 系统结构与通信规范》（简称《EPA 标准》）。同时，该标准被列入现场总线国际标准 IEC 61158（第四版）中的第十四类型，并列为与 IEC 61158 相配套的实时以太网应用行规国际标准 IEC 61784-2 中的第十四应用行规簇（common profile family 14, CPF14），标志着中国第一个拥有自主知识产权的现场总线国际标准——EPA 得到国际电工委员会的正式承认，并全面进入现场总线国际标准化体系。

## 1.2 EPA 的发展过程

- 2001 年 10 月，由浙江大学牵头，以浙大中控为主，清华大学、大连理工大学、中科院沈阳自动化所、重庆邮电学院、TC124 等单位联合承担国家“863”计划 CIMS 主题重点课题“基于高速以太网技术的现场总线控制设备”，开始制定 EPA 标准。
- 2002 年 10 月，浙大中控“基于以太网的 EPA 网络通信技术及其控制系统”项目通过了浙江省科技厅组织的技术鉴定。
- 2003 年 1 月，EPA 国家标准起草工作组成立。
- 2003 年 1 月，浙江大学、浙大中控主持制定的《用于工业测量与控制系统的 EPA 系统结构与通信标准》通过专家评审。
- 2003 年 4 月，在 EPA 标准的基础上，课题组开发了基于 EPA 的分布式网络控制系统原型验证系统，并在杭州龙山化工厂的联碱碳化装置上成功试用。
- 2004 年 5 月，浙江大学、浙大中控主持制定的《EPA 标准》（征求意见稿）通过国家标委会的审核。
- 2004 年 9 月，浙大中控 EPA 实时以太网震撼 MICONEX2004——第十五届多国仪器仪表展览会 MICONEX2004。
- 2004 年 10 月，EPA 实时以太网在第六届中国国际高新技术成果交易会上广受关注。
- 2004 年 11 月，“EPA 基于高速以太网技术的现场总线控制设备”荣获第六届上海国际工业博览会创新奖。
- 2005 年 1 月，“2004 年度工控及自动化领域十大新闻”评选结果揭晓，“EPA 为 IEC 收录，作为 PAS 国际标准予以发布”荣膺十大新闻之列。
- 2005 年 2 月，我国自主研发的实时以太网 EPA 通信协议 Real time Ethernet EPA 顺利通过 IEC 各国家委员会的投票，正式成为 IEC/PAS 62409 文件。
- 2005 年 12 月，EPA 被正式列入现场总线国际标准 IEC 61158（第四版）中的第十四类型，并列为与 IEC 61158 相配套的实时以太网应用行规国际标准 IEC 61784-2 中的第十四应用行规簇（common profile family 14, CPF14）。

## 1.3 EPA 的技术特点

### 1. 确定性通信

以太网由于采用 CSMA/CD（载波侦听多路访问/冲突检测）介质访问控制机制，因此



具有通信“不确定性”的特点，并成为其应用于工业数据通信网络的主要障碍。虽然以太网交换技术、全双工通信技术以及 IEEE 802.1P&Q 规定的优先级技术在一定程度上避免了碰撞，但也存在着一定的局限性：

(1) 以太网交换机的存储转发机制同样使通信延迟具有不确定性。通信延迟的不确定性主要来自于其排队延迟。无论采用哪种存储转发机制，当同时来自于多个端口的报文需要向同一个端口转发时，交换机就必须将这些报文进行排队缓冲，并依次转发。因此，交换机的缓冲池大小将直接影响了来自于某一端口的报文能否以及何时被转发成功。

(2) 以太网交换机存在的“广播风暴”问题。

工业数据通信网络中广泛采用广播方式发送的实时数据报文，同样会产生碰撞。除了通信实时性要求外，工业数据通信网络的通信还具有以下特点：

(1) 周期与非周期信息同时存在，正常工作状态下，周期性信息（例如，过程测量与控制信息、监控信息等）较多，而非周期信息（例如，突发事件报警、程序上下载等）较少。

(2) 有限的时间响应，一般办公室自动化计算机局域网响应时间可在几秒范围内，而工业控制局域网的响应时间应为 0.01~1s。

(3) 信息流向具有明显的方向性，通信关系比较确定。正常工作情况下，变送器只需将测量信息传送到控制器，而控制器则将控制信息传送给执行机构，来自现场仪表的过程监控与突发事件信息则传向操作站，操作站一般只需将下载的程序或配置数据传送给现场仪表等。

(4) 根据组态方案，信息的传送遵循严格的时序。

(5) 传输的信息量少，信息长度比较小，通常仅为几位或几个、十几、几十个字节；网络吞吐量小。

(6) 网络负荷较为平稳。EPA 系统中，根据通信关系，将控制现场划分为若干个控制区域，每个区域通过一个 EPA 网桥互相分隔，将本区域内设备间的通信流量限制在本区域内；不同控制区域间的通信由 EPA 网桥进行转发；在一个控制区域内，每个 EPA 设备按事先组态的分时发送原则向网络上发送数据，由此避免了碰撞，保证了 EPA 设备间通信的确定性和实时性。

## 2. “E”网到底

EPA 是应用于工业现场设备间通信的开放网络技术，采用分段化系统结构和确定性通信调度控制策略，解决了以太网通信的不确定性问题，使以太网、无线局域网、蓝牙等广泛应用于工业/企业管理层、过程监控层网络的 COTS (commercial off-the-shelf) 技术直接应用于变送器、执行机构、远程 I/O、现场控制器等现场设备间的通信。采用 EPA 网络，可以实现工业/企业综合自动化智能工厂系统中从底层的现场设备层到上层的控制层、管理层的通信网络平台基于以太网技术的统一，即所谓的“‘E (ethernet)’网到底”。采用 EPA，可实现工业/企业智能工厂中垂直和水平两个方向的信息无缝集成：通过 EPA 网络通信平台提供的实时数据通信服务，来自不同厂商的现场智能设备和应用程序可以实现信息透明互访和互可操作。采用 EPA 网络，可以实现智能工厂中从管理层、控制层直至现场设备层

等所有网络层基于以太网的信息无缝集成，用户可以在世界的任何地方通过其访问权限，直接通过常用的工具或软件（而不是专用软件）访问智能工厂中的任何一个设备。利用 EPA 开放网络平台，可以实现传统控制系统（例如，DCS、PLC）与基于 EPA 的现场总线控制系统 FCS 之间的信息无缝集成，使得工业现场设备中的大量控制和非控制信息能够无缝地传递到制造执行层和企业管理层系统，通过信息集成创新技术、数据综合利用技术、数据增值挖掘技术等，对工业/企业生产全过程实现高效智能化管理。基于 EPA 技术的“E 网到底”体系结构如图 1-1 所示。

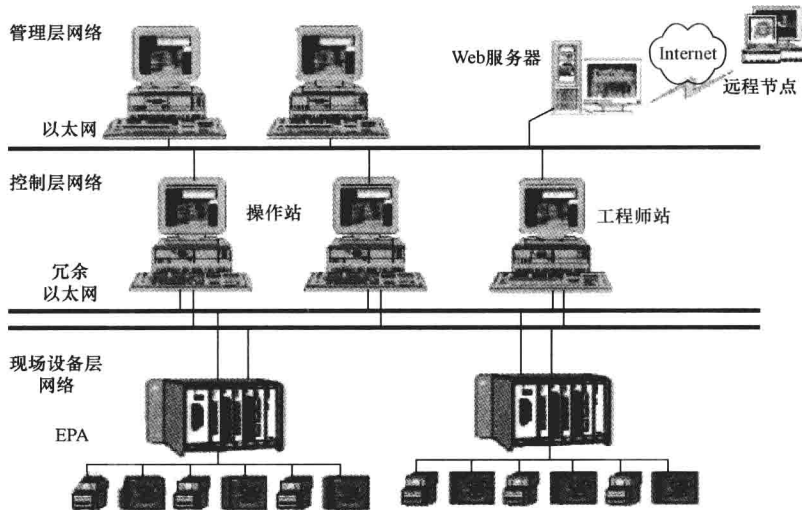


图 1-1 基于 EPA 技术的“E 网到底”体系结构

### 3. 互操作性

与传统的 4~20mA 标准不同，工业数据通信网络不仅要解决信号的互通和互连问题，更需要解决信息的互通问题，即信息的互相识别、互相理解和互可操作。所谓信号的互通，即两个需要互相通信的设备所采用的通信介质、信号类型、信号大小、信号的输入/输出匹配等几方面的参数符合同一标准，即物理层标准。在此基础上，采用统一的数据链路层协议，不同的设备就能连接在同一网络上实现互连。

如今，几乎所有的控制系统都采用了以太网、TCP/IP 协议作为其通信网络，实现了设备的互连。但是，如果仅采用以太网、TCP/IP 协议，而没有统一的高层协议（例如，应用层协议），不同设备之间还不能相互理解、识别彼此所传送的信息含义，就不能实现信息互通，也就不可能实现开放系统之间的互可操作。为此，《EPA 标准》除了解决实时通信问题外，还为用户层应用程序定义了应用层服务与协议规范，包括系统管理服务、域上载/下载服务、变量访问服务、事件管理服务。至于 ISO/OSI 通信模型中的会话层、表示层等中间层次，为降低设备的通信处理负荷，可以省略，而在应用层直接定义与 TCP/IP 协议的接口。

为支持来自不同厂商的 EPA 设备之间的互可操作，《EPA 标准》采用可扩展标记语言

(extensible markup language, XML) 扩展标记语言为 EPA 设备描述语言, 规定了设备资源、功能块及其参数接口的描述方法。用户可采用 Microsoft 提供的通用 DOM 技术对 EPA 设备描述文件进行解释, 而无需专用的设备描述文件编译和解释工具。

#### 4. 开放性

《EPA 标准》完全兼容 IEEE 802.3、IEEE 802.1P&Q、IEEE 802.1D、IEEE 802.11、IEEE 802.15 以及 UDP (TCP) /IP 等协议, 采用 UDP 协议传输 EPA 协议报文, 以减少协议处理时间, 提高报文传输的实时性。为确保 EPA 系统运行的可靠性, 《EPA 标准》中还针对工业现场应用环境, 增加了媒体接口选择规范与线缆安装导则。商用通信线缆 (例如, 五类双绞线、同轴线缆、光纤等) 均可应用于 EPA 系统中, 但必须满足工业现场应用环境的可靠性要求, 例如, 使用屏蔽双绞线代替非屏蔽双绞线。EPA 网络支持其他以太网/无线局域网/蓝牙上的其他协议 (例如, FTP、HTTP、SOAP, 以及 MODBUS、ProfiNet、Ethernet/IP 协议) 报文的并行传输。这样, IT 领域的一切适用技术、资源和优势均可以在 EPA 系统中得以继承。

#### 5. 分层的安全策略

对于采用以太网等技术所带来的网络安全问题, 《EPA 标准》规定了企业信息管理层、过程监控层和现场设备层三个层次, 采用分层化的网络安全管理措施。EPA 现场设备采用特定的网络安全管理功能块, 对其接收到的任何报文进行访问权限、访问密码等的检测, 使只有合法的报文才能得到处理, 其他非法报文将直接予以丢弃, 避免了非法报文的干扰。在过程监控层, 采用 EPA 网络对不同微网段进行逻辑隔离, 以防止非法报文流量干扰 EPA 网络的正常通信, 占用网络带宽资源。对于来自于互联网上的远程访问, 则采用 EPA 代理服务器以及各种可用的信息网络安全管理措施, 以防止远程非法访问。

#### 6. 冗余

EPA 支持网络冗余、链路冗余和设备冗余, 并规定了相应的故障检测和故障恢复措施, 例如, 设备冗余信息的发布、冗余状态的管理、备份的自动切换等。

## 2

## EPA 技术原理

## 2.1 引言

当前，以太网和无线通信技术在工业/企业综合自动化系统中的信息管理层、监控级网络得到了广泛应用，并有直接向下延伸，应用于工业测量与控制系统的现场设备级网络的趋势。

从 ISO/OSI 开放系统互联参考模型来看，以太网和无线通信规范只映射为其中的物理层和数据链路层；而在网络层和传输层，目前以 TCP/IP 协议为主（已成为基于以太网的“事实上的”标准）。而对较高的层次，会话层、表示层、应用层等没有作技术规定。如果只有 Ethernet 的 TCP/IP 这低四层协议规范，只能保证连接到以太网上的设备进行互连，而不能保证它们之间的信息互访，因此有必要定义应用层规范，以实现基于以太网和无线技术的工业测量和控制仪表与系统之间的可互操作。同时，还需要定义相应的机制，实现基于以太网和无线通信的确定性通信。

EPA 是一种可用于工业自动化控制环境分布式系统，它针对工业测量与控制系统网络通信特点，以工业控制为应用对象，以以太网和无线通信、TCP/IP 为基础，在 MAC 层与网络层之间定义了 EPA 通信调度管理实体，利用 GB/T 15629.3—1995、IEEE Std 802.15.1: 2002 等协议定义的网络，将分布在现场的若干个设备、小系统以及控制/监视设备连接起来，使所有设备一起运作；同时还定义了应用层服务与协议规范，实现了工业自动化系统中各网络层次上的信息集成，共同完成工业生产过程和操作中的测量和控制。

## 2.2 EPA 体系结构

EPA 系统结构提供了一个系统框架，用于描述若干个设备如何连接起来，他们之间如何进行通信，如何交换数据和如何组态。

## 2.2.1 EPA 通信模型结构

参考 ISO/OSI 开放系统互联模型（GB/T 9387），EPA 采用了其中的第一、二、三、四层和第七层，并在第七层之上增加了第八层（即用户层），共构成 6 层结构的通信模型。EPA 对 ISO/OSI 模型的映射关系见表 2-1。

表 2-1

EPA 对 ISO/OSI 模型的映射

ISO 各层	EPA 各层
	((用户层) 用户应用进程)
应用层	HTTP、FTP、DHCP、SNTP、SNMP 等 EPA 应用层

续表

ISO 各层	EPA 各层
表示层	未使用
会话层	
传输层	TCP/UDP
网络层	IP
数据链路层	EPA 通信调度管理实体 GB/T 15629.3/IEEE 802.11/IEEE 802.15
物理层	

(1) 物理层和数据链路层。EPA 的物理层和数据链路层采用以下一种或几种协议：

- 1) GB/T 15629.3—1995。
- 2) IEEE Std 802.11a:1999。
- 3) IEEE Std 802.11b:1999。
- 4) IEEE Std 802.11g:2003。
- 5) IEEE Std 802.15.1:2002。

此外，本标准在数据链路层与其用户之间扩展定义了一个 EPA 通信调度管理实体，用于确定性通信调度管理。

(2) 网络层与传输层。EPA 通信模型的网络层和传输层采用以下协议：

- 1) RFC 791 Internet 协议 (IP)。
- 2) RFC 826 以太网地址解析协议 (ARP)。
- 3) RFC 792 Internet 控制报文协议 (ICMP)。
- 4) RFC 1112 Internet 组管理协议 (IGMP)。
- 5) RFC 768 用户数据报协议 (UI7P)。
- 6) RFC 793 传输控制协议 (TGP)。

(3) 应用层。EPA 应用层采用以下协议：

- 1) RFC 1157 简单网络管理协议 (SNMP)。
- 2) RFC 959 文件传输协议 (FTP)。
- 3) RFC 1541 动态主机组态协议 (DHCP)。
- 4) RFC 3533 DHCP 选项和 BOOTP 制造商扩展协议。
- 5) RFC 203D 简单网络时间协议 (SNTP)。
- 6) IEEE 1588 精确时间同步协议。
- 7) 本标准规定的 EPA 应用层。

(4) 用户层。EPA 用户层采用 IEC 61499-1, IEC 61499-2, IEC 61499-4 协议定义的“工业过程测量和控制系统用功能模块”和 IEC 61804-1, IEC 61804-2 协议定义的“过程控制用功能块”。EPA 用户层还支持基于 HTTP、FTP、DHCP、SNTP、SNMP 等协议的应用。

## 2.2.2 EPA 系统组成

EPA 系统结构的主要组成如图 2-1 所示。除了 GB/T 15629.3—1995、IEEE Std 802.11、

IEEE Std 802.15、TCP (UDP) /IP 以及信息技术 (IT) 应用协议等组件外，它还包括以下几个部分：

- (1) 应用进程，包括 EPA 功能块应用进程与非实时应用进程。
- (2) EPA 应用实体。
- (3) EPA 通信调度管理实体。

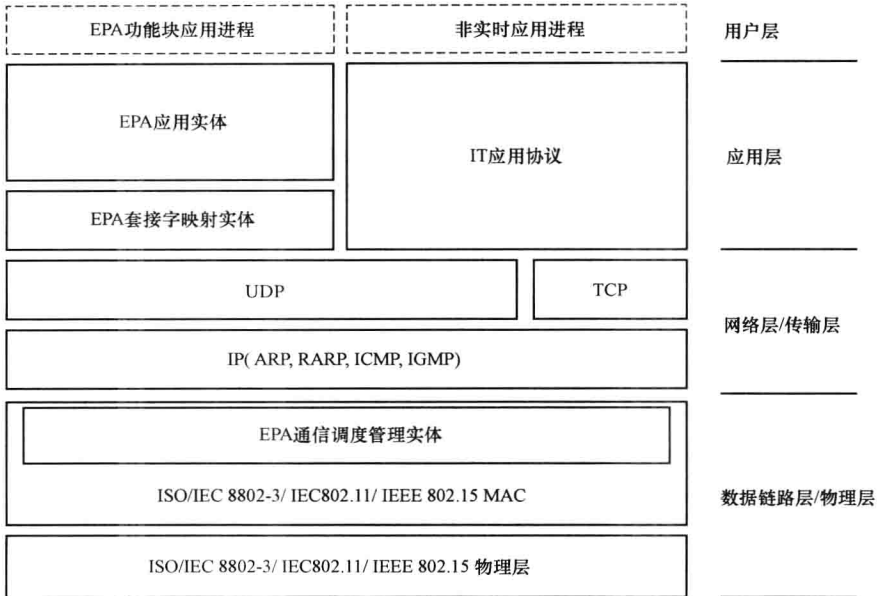


图 2-1 EPA 系统结构的主要组成

### 1. 应用进程

根据 ISO/OSI 参考模型定义，应用进程 (AP) 是在网络上为具体应用执行信息处理的元素，它是驻留在 EPA 设备中的分布式应用的组成部分。

EPA 系统中，有两类应用进程，即 EPA 功能块应用进程和非实时应用进程，它们可以在一个 EPA 系统中并行运行。

(1) 非实时应用进程。非实时应用进程是指基于 HTTP, FTP 以及其他 IT 应用协议的应用进程。例如，HTTP 服务应用进程、电子邮件应用进程、FTP 应用进程等。

(2) EPA 功能块应用进程。EPA 功能块应用进程是指根据 IEC 61499-1, IEC 61499-2, IEC 61499-4 协议定义的“工业过程测量和控制系统用功能模块”和 IEC 61804 协议定义的“过程控制用功能模块”所构成的应用进程。

在功能块之间的互操作被模型化为将一个功能模块的输入连接到另一个功能模块的输出。功能模块间的连接存在于功能块 AP 之内及之间。位于同一个设备中的功能模块之间的接口由本地定义，不同设备之间的功能块使用 EPA 应用层服务。

一个应用进程有两种可能的实现方式，EPA 测量与控制系统模型如图 2-2 所示。

方式 1：组成一个功能块应用进程的功能块全部驻留在一个设备里。

方式 2: 组成一个应用进程的功能块分布驻留在 EPA 系统中的多个设备里。如图 2-2 所示的应用进程 AP1 和 AP2 所示。

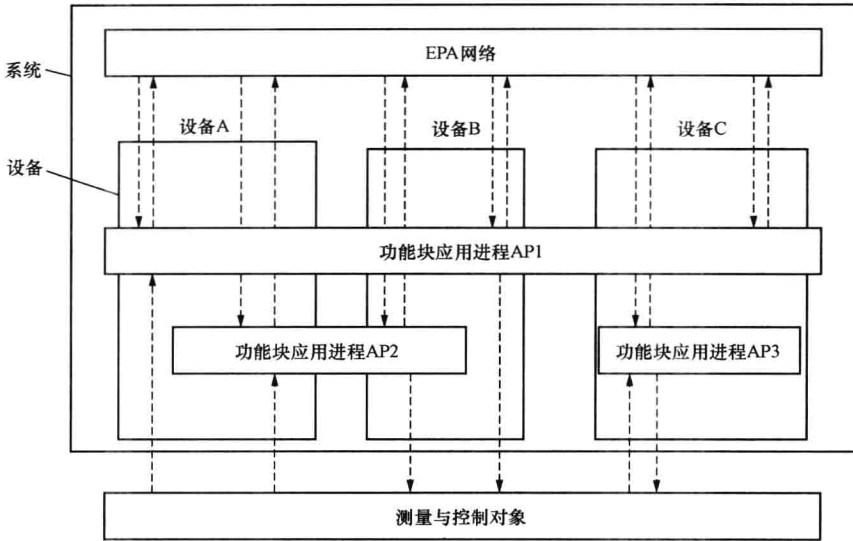


图 2-2 EPA 测量与控制系统模型

是否将组成一个功能块应用进程的功能块载入到一个或多个设备里，取决于一个物理设备的能力，以及 AP 如何实现。一些物理设备，例如，个人计算机（PC）或可编程逻辑控制器（PLC），可以被实现为把它们的 AP 作为软件下载来接收其他设备，如单一发送器或执行器，可让它们的 AP 以专用集成电路（ASIC）来实现。

## 2. EPA 应用访问实体

EPA 应用实体描述通信对象、服务以及与上下层接口模型。

EPA 应用实体为组成一个功能块应用进程的所有功能块实例间的通信提供通信服务，这些服务包括域上载/下载服务、变量访问服务、时间管理服务、设备管理服务、系统管理信息库等。通过这些服务，组成功能块应用进程的功能块实例之间就可以实现测量、控制值传输，下载/上载程序，发出事件通知、处理事件等功能。

## 3. EPA 套接字映射实体

EPA 套接字映射实体提供 EPA 应用访问实体以及 EPA 系统管理实体与 UDP/IP 软件实体之间的映射接口，同时具有报文优先发送管理、报文封装、响应信息返回、链路状况监视等功能。

## 4. UDP/IP 协议

UDP/IP 协议软件用于传输 EPA 应用访问实体与 EPA 系统管理实体的服务报文。EPA 应用访问实体与 EPA 系统管理实体的服务报文均采用 UDP 协议传送。

## 5. EPA 通信调度管理实体

EPA 通信调度管理实体用于对 EPA 设备向网络发送报文的调度管理。EPA 通信调度管理实体采用分时发送机制，按预先组态的调度方案，对 EPA 设备向网络上发送的周期报文

与非周期报文发送时间进行控制，以避免碰撞：

(1) EPA 周期报文按预先组态的时刻发送。

(2) EPA 非周期报文按时间有效以及报文优先级和 EPA 设备的 IP 地址大小顺序发送。

所谓时间有效，是指在一个通信宏周期内的剩余时间足以将该非周期报文完整发送出去。在时间有效的情况下，优先级高的报文先发送；如果两个设备的非周期报文优先级相同，则 IP 地址小的 EPA 设备先发送非周期报文。

## 6. EPA 管理信息库

EPA 管理信息库 SMI13 存放了系统管理实体、EPA 通信调度管理实体和应用访问实体操作所需的信息，在 SMI B 中，这些信息被组织为对象，例如，设备描述对象描述了设备位号、通信宏周期等信息。连接对象则描述了 FPA 应用访问实体服务所需要的访问路径信息等。

### 2.2.3 EPA 网络拓扑结构

目前以太网比较常用的数据网络拓扑结构有三种：星形网、总线形网和环形网。

(1) 星形网络拓扑结构。星形网络是通过中心设备将许多节点设备进行点到点的连接而构成的。在数据网络中，这种设备是主机或集线器。在星形网络中，可以在不影响系统其他设备工作的情况下，非常容易地增加和减少设备。主干布线使用常用的分层星形拓扑，在每一管理区里都有到一主跳接或内跳接再到主跳接的布线。由集线器或者交换机构建的网络是一个典型的星形网络，星形网络拓扑结构如图 2-3 所示。

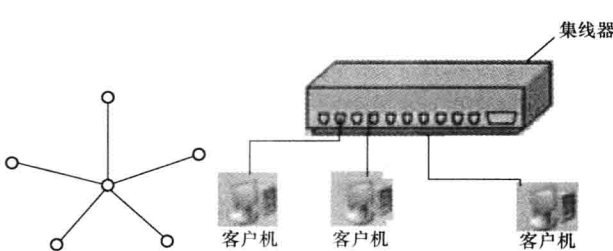


图 2-3 星形网络拓扑结构

网络是一个典型的星形网络，星形网络拓扑结构如图 2-3 所示。

(2) 总线形网络拓扑结构。总线形网络是一种比较简单的计算机网络结构，它采用一条称为公共总线的传输介质，将各设备直接与总线连接，信息沿总线介质逐个节点广播传送。总线形网络拓扑结构如图 2-4 所示。

(3) 环形网络拓扑结构。环形网络将设备连成一个环。在环形网络中，每个设备按位置不同有一个顺序编号。在环形网络中信号按顺序以“接力”方式传输。若设备 A 欲将数据传输给设备 D 时，必须先传送给设备 B，设备 B 收到信号后发现不是给自己的，于是再传给设备 C，这样直到传送到设备 D。环形网络拓扑结构如图 2-5 所示。

EPA 网络拓扑结构如图 2-6 所示，它由两个网段组成：监控级 L2 网段和现场设备级 L1 网段。现场设备级 L1 网段用于工业生产现场的各种现场设备（例如，变送器、执行机构、分析仪器等）之间以及现场设备与 L2 网段的连接；监控级 L2 网段主要用于控制室仪表、装置以及人机接口之间的连接。注意，L1 网段和 L2 网段仅仅是按它们在控制系统中所处的网络层次关系不同而划分的，它们本质上都遵循同样的 EPA 通信协议。对于处于现场设备级的 L1 网段在物理接口和线缆特性上必须满足工业现场应用的要求。

无论是监控级 L2 网段还是现场设备级 L1 网段，均可分为一个或几个微网段。



## 1. 微网段

一个微网段即为一个控制区域，用于连接几个 EPA 设备。在一个控制区域内，EPA 设备之间互相通信，实现特定的测量与控制功能。

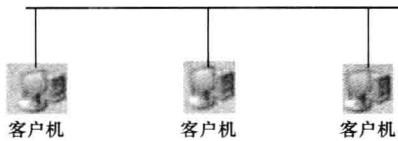


图 2-4 总线形网络拓扑结构

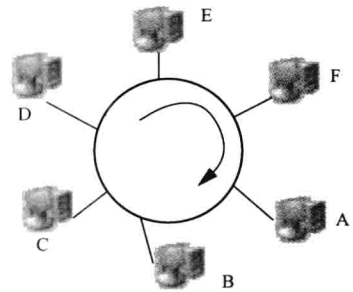


图 2-5 环形网络拓扑结构

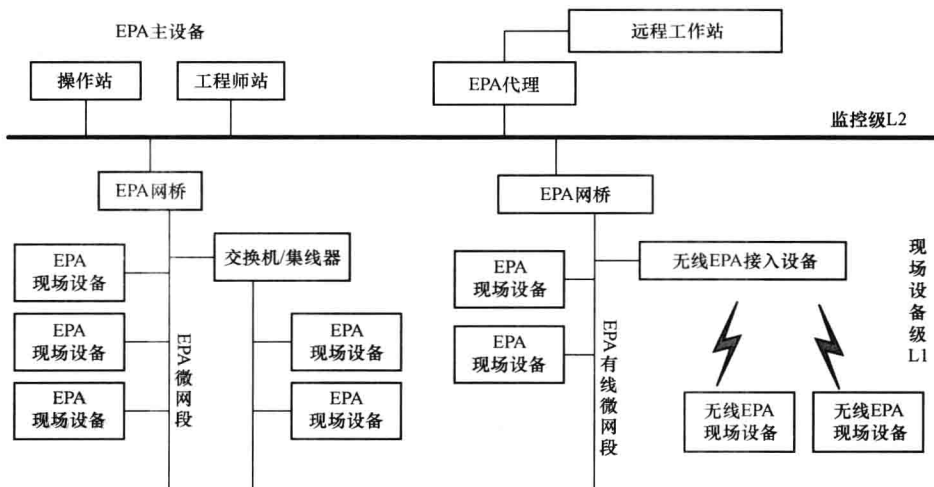


图 2-6 EPA 网络拓扑结构

一个微网段通过一个 EPA 网桥与其他微网段相连。

**【示例 1】** 组成一个控制回路或功能块应用进程的 EPA 设备，如内置有输入采样功能块单元的变送器、内置有输出执行功能块单元的执行器、内置有控制算法功能块单元的现场控制器等，他们之前需要直接相互通信，必须连接在同一个微网段上，但需根据具体的应用情况而定。

**【示例 2】** 组成功能块应用进程 API 的变送器 A、执行器 A、控制器 A 等设备，与组成功能块应用进程 AP2 的变送器 B、执行器 B、控制器 B 等设备之间没有通信关系，即它们之间不需要相互通信，但在实际工程安装中，由于它们的物理安装位置较为接近，也可将它们连接到同一个微网段。EPA 测量与控制系统模型如图 2-2 所示。

## 2. 网络组成、设计与安装及设备接入

在 EPA 网络中，星形结构是最常用的一种网络拓扑结构，在一个 EPA 微网段中，考虑到现场设备对整个通信宏周期的影响，一般情况下，设备数限制在 254 个。在由交换机构成的网络中，通过将所有现场交换机都级联到一个或者两个级联交换机上，在 EPA 网络中