



邮箱: ds@c-profibus.com.cn

地址: 北京市西城区新风街2号天成科技大厦
B座6001-6004

电话: 010-82066355/77

网址: <https://www.c-profibus.com.cn>

PROFIBUS PA 网络规则与安装指南(上)

北京鼎实创新科技股份有限公司

目 录

CONTENTS

前言	2
一、PA网络总负载电流要求	3
二、PA设备供电电压要求	3
三、PA电缆总长度要求	5
四、PA网络分支数量及长度要求	6
五、PA网络终端安装要求	7
六、现场接地要求	9
七、名词解释	10

PREFACE

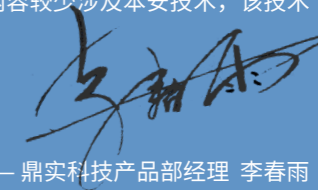
前言

工业自动化通常可以分为工厂自动化FA (Factory Automation) 与流程自动化PA (Process Automation) 两个领域。现场总线PROFIBUS DP曾经在中国自动化行业有着广泛的应用, 近些年随着工业以太网(如PROFINET) 的快速发展, 特别是在FA领域的新建项目中, PROFIBUS DP基本已被工业以太网取代。而在PA领域, 如火电、核电、石化等, 现场设备(仪表) 通常需要总线供电, 如果用在危险区, 还需要满足本质安全的技术要求, 这些技术在现有工业以太网上还不能实现。将来, 可以在基于两线制以太网物理层的APL (Advanced Physical layer) 技术上完成, 但该技术目前还处在推广阶段, 短时间内难以大规模应用。而PA领域涉及到电力、能源等关系到国民经济基础的重要行业, 新建项目在逐年增长。同时行业技术应用也处在由传统的4-20mA技术到现场总线的过度阶段, 在此过程中, PROFIBUS PA技术被广泛采用。因此, PROFIBUS PA在流程行业还会有较大的发展空间。

与工业以太网和现场总线PROFIBUS DP不同, 用户在规划和安装PROFIBUS PA网络时, 除了考虑通信协议、数据传输、应用层行规等因素外, 还需要关注PA总线电源参数指标、电源及信号在线路中的传输、设备的能量消耗、最终设备的供电情况以及分支和终端的情况。本人在鼎实技术支持部已从事多年PROFIBUS PA相关的技术服务工作, 针对用户咨询及普遍关注的PROFIBUS PA网络规划及安装相关问题进行了总结归纳并整理成册, 在此分享出来, 希望能为从事该行业的相关人员提供帮助, 如有不足或错误之处, 也欢迎批评指正。

北京鼎实创新科技股份有限公司是一家专业从事工业现场总线产品研发生产的企业, 公司成立至今已有二十多年的历史, 产品覆盖工业以太网到工业现场总线PROFIBUS DP及PA的全套解决方案。其中PROFIBUS PA相关产品包括协议转换网关、DPPA链路器、PA网络部件、诊断工具及板卡等。本手册的推出离不开鼎实公司的大力支持, 在此特别感谢开发部经理李文娟, 李文娟作为一名PROFIBUS现场总线技术专家, 在手册编制过程中, 提供了大量的指导和帮助。也非常感谢市场宣传部经理纪海滨, 手册编辑、排版等工作, 都是由纪经理亲自完成的, 手册的发布离不开他的鼎力支持。

本手册作为PROFIBUS PA网络规划与安装指南的第一版, 内容较少涉及本安技术, 该技术文档将在第二版中发表, 该版目前还在筹划中, 敬请读者期待。



—— 鼎实科技产品部经理 李春雨

一、PA网络总负载电流要求

用户首先应统计连接到PA链路器的所有设备（device）的电流值，包括PA从站、网络部件（如分线器）、诊断工具等，也要注意设备的故障电流指标。应确保这些设备的消耗电流的综合不超过PA链路器所能提供的最大电流值，同时根据现场要求，留有一定余量。

电流计算公式为：
$$\sum_{d=1}^n I_d < I_{max}$$

公式中 I_d 指的是单个设备（device）的电流值， n 表示设备个数（包括PA从站、分线器及其它消耗电流的设备）， I_{max} 表示PA链路器输出最大电流值。

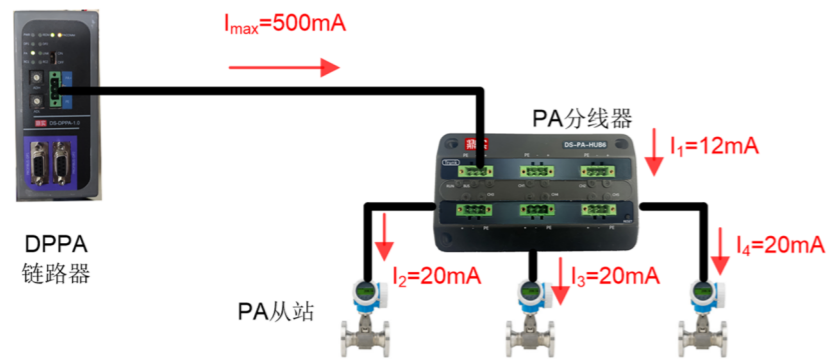


图 1-1、电流计算示意图

例如：鼎实的DPPA链路器PA口通过鼎实PA分线器引出3个分支，分别连接3个PA从站，如上图1-1所示。DPPA链路器输出最大电流 $I_{max}=500mA$ ，分线器消耗电流 $I_1=12mA$ ，假设三个PA从站消耗电流 $I_2 \sim I_4=20mA$ ，故障电流为0，则 $\sum_{d=1}^4 I_d = 12+20+20+20=72mA < I_{max} (500mA)$ ，符合设计要求。

二、PA设备供电电压要求

用户在PA网络设计中，应保证距离链路器最远端的PA设备供电电压应不低于设备的允许工作电压（一般为9V）。PA耦合器输出电压传送到PA设备后，幅值降低的主要因素是传输线路的分压。线路分压大小与以下几个因素成正比：

- ①、所用电缆回路电阻
- ②、电缆长度
- ③、流经电缆的电流值

用户需根据现场链路器的输出电压、电缆的回路电阻、线缆的长度、各个分支（PA从站、网络部件等）的电流值等信息，计算出PA从站的输入电压，保证最远端的PA设备供电不能设备的允许工作电压（9V）。

最远端PA设备输入电压计算公式：
$$U_d = U_o - \sum_{d=1}^n I_d * R_c * L_n$$

公式中 U_d 指的是最远端设备的输入电压， n 表示设备个数（包括PA从站、分线器及其它消耗电流的设备）， I_d 表示该设备所消耗的电流值， R_c 表示设备所用PA电缆的回路电阻（常用的A类电缆为 $44\Omega/Km$ ）， L_n 表示设备所在主干节点距离PA链路器的长度。

下面举例进行说明。

某PA网络系统：链路器输出电压28V，现场使用的PA网络专用的A类电缆（回路阻抗 $44\Omega/Km$ ），主干距离分线器1000米，分线器连接5个PA分支，分线器到最远端设备200米。分线器功耗12mA，分线器每个分支所连的设备消耗电流20mA，最远端仪表消耗20mA电流。如下图2-1所示：

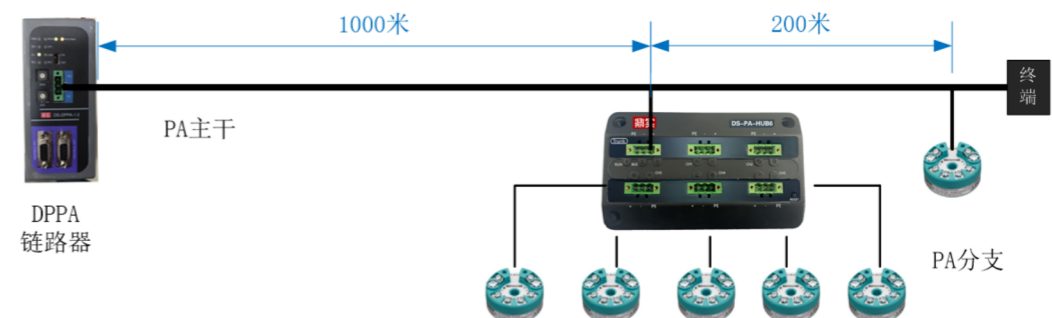


图 2-1、某 PA 系统示意图

在计算设备供电电压时，上图2-1的系统可等效成如下2-2所示的电路。

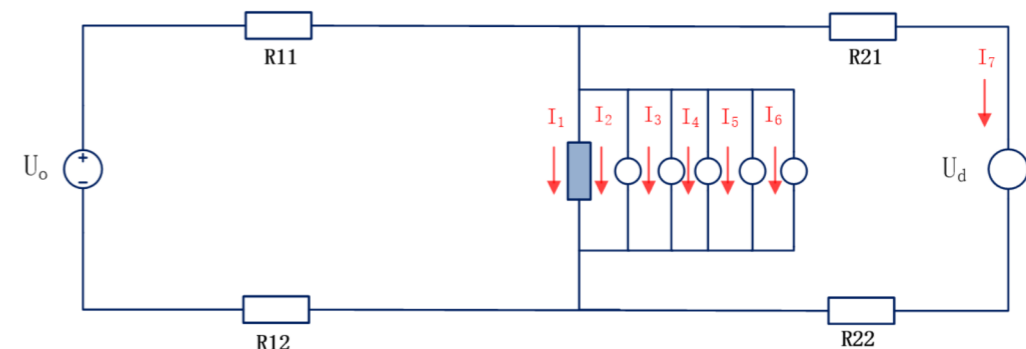


图 2-2、上图 2-1 中的等效电路图

上图2-2中:

$U_0=28V$ (链路器输出电压值), PA网络中消耗电流的设备一共有7个, I_1 为分线器消耗电流值12mA, $I_2\sim I_6$ 为PA仪表消耗电流值20mA, I_7 为最远端仪表消耗的电流值20mA, $L_1\sim L_6$ 为分线器所在主干节点距离PA链路器的长度1000米, L_7 为最远端PA设备所在主干节点距离PA链路器的长度1200米 (1000+200米), R_c 回路阻抗44Ω/Km。

将上述变量代入公式

$$U_d = U_0 - \sum_{d=1}^n I_d * R_c * L_n$$

$$U_d = 28 - [(0.012 + 0.02 * 5) * 44 * 1 + 0.02 * 44 * 1.2] = 28 - 5.984 = 22.016 (V)$$

通过以上计算, 得出最远端设备供电电压大约22V, 符合设备供电要求。

三、PA电缆总长度要求

在非本安系统中, 现场在使用标准的A类电缆条件下, 总长度不应超过1900米。其中包括主干长度加上所有的分支长度总和, 见下表3-1。

关于A类电缆的技术指标, 可以查看PROFIBUS PA安装规范中的要求, 见下表3-2。

电缆类型	电缆总长度
A	1900 m
B	1200 m
C	400 m
D	200 m

表3-1、建议的最大电缆长度 (包括短截线)

	类型 A (基准)	类型 B	类型 C	类型 D
电缆描述	双绞线对, 屏蔽	一根或多根双绞线对, 全部屏蔽	若干双绞线对, 不屏蔽	若干非双绞线对, 不屏蔽
标称导体横截面积	0.8 mm ² (AWG 18)	0.32 mm ² (AWG 22)	0.13 mm ² (AWG 26)	1.25 mm ² (AWG 16)
最大 DC 电阻 (回路)	44 Ω/km	112 Ω/km	264 Ω/km	40 Ω/km
在 31.25 kHz 时的特性阻抗	100 Ω ± 20%	100 Ω ± 30%	**	**
在 39 kHz 时的最大衰减	3 dB/km	5 dB/km	8 dB/km	8 dB/km
最大电容性不平衡	2 nF/km	2nF/km	**	**
组 (Group) 延迟 (7.9 ~ 39 kHz)	1.7 μsec/km	**	**	**
屏蔽覆盖表面	90%	**	-	-
建议的网络范围 (包括短截线电缆)	1900 m	1200 m	400 m	200 m

(** 未规定)

表3-2、符合IEC 61158-2 (11.7.2) 标准的电缆类型

四、PA网络分支数量及长度要求

分支数量与长度呈负相关的关系, 即分支越多, 单个分支的最大长度越短。下表4-1列出了分支数量与最大分支长度的关系。

短截线电缆个数	一根分支长度 (本质安全)	一根分支长度 (非本质安全)
25~32	-	-
19~24	30 m	30 m
15~18	60 m*)	60 m
13~14	60 m*)	90 m
1~12	60 m*)	120 m

表4-1、建议的分支线最大长度

*) 符合FISCO的预备值 (短截线 < 1 m 可以认为是接头)

电缆总长度	接头总长度
> 400 m	8 m
< 400 m	2 %

表4-2、接头的最大长度

注意: 现场使用分线器的情况下, 分支长度为分线器到主干的长度加上设备到分线器的长度。举例: 某PA网络有16个分支, 按标准, 最长分支为60米, 如果分线器到主干线路距离为10米, 则设备到分线器之间的最大长度不能超过50米。

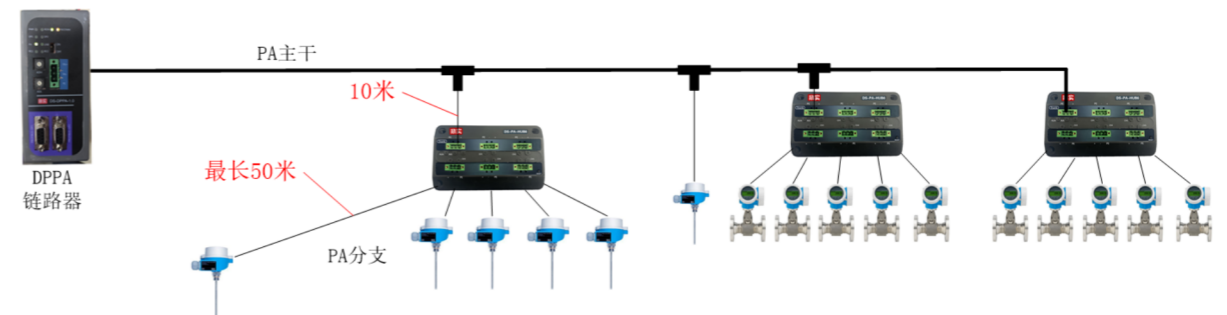


图4-1、分支长度举例

五、PA网络终端安装要求

PROFIBUS PA网络终端由1个100Ω电阻串联一个1μF电容构成。

其中，电容起到耦合PA网络信号和滤波的作用，电阻起到稳定信号电压和减少反射波的作用。一个PA网络需要在总线的两侧各安装一个终端。终端的规格和安装位置，对PA信号传输起着非常关键的作用。

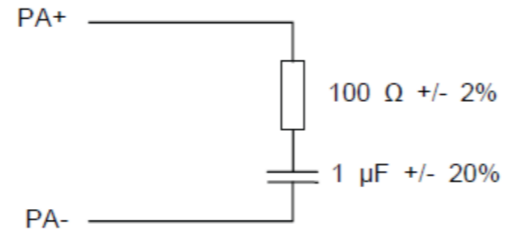


图 5-1、PA 网络终端规格

通过鼎实PA设备可以组建线型、树型或混合型拓扑。针对这些拓扑结构，终端的安装投入大致有以下几种情况：

线型拓扑：链路器的终端拨到on，总线的末端需额外配置终端模块。

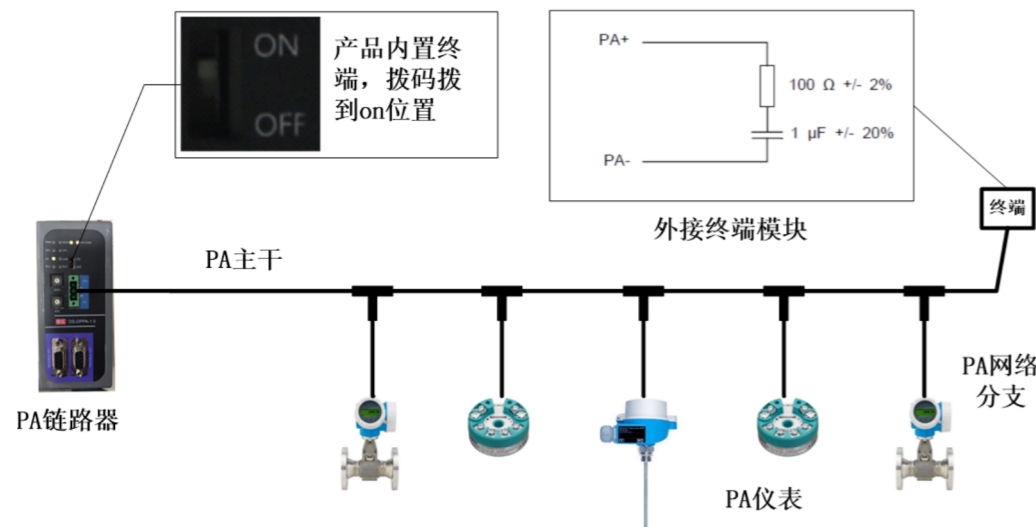


图 5-2、线型拓扑的终端安装

树形拓扑：链路器和分线器的终端拨到on。

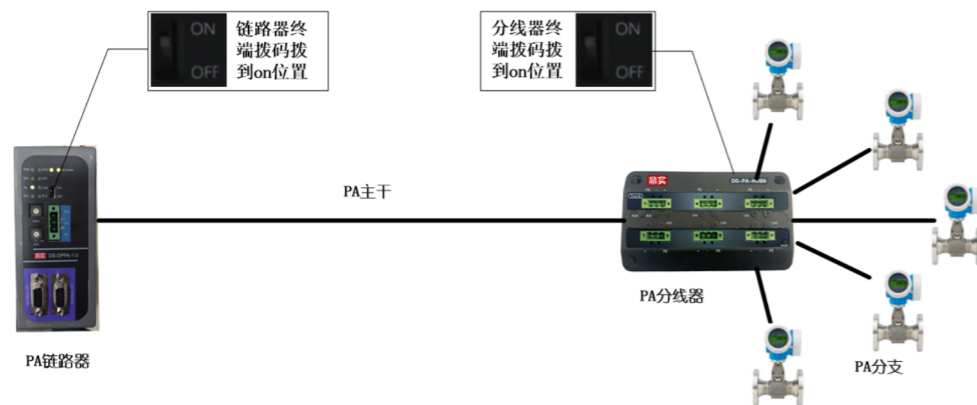


图 5-3、树型拓扑的终端安装

混合型拓扑：系统如如果既有线性又有树型的拓扑结构称为混合型拓扑。终端需要安装在总线的末端，如果末端是分线器则安装在分线器上，如果是仪表则安装在仪表旁边，现场可能有以下几种情况。

①、分线器位于终端位置

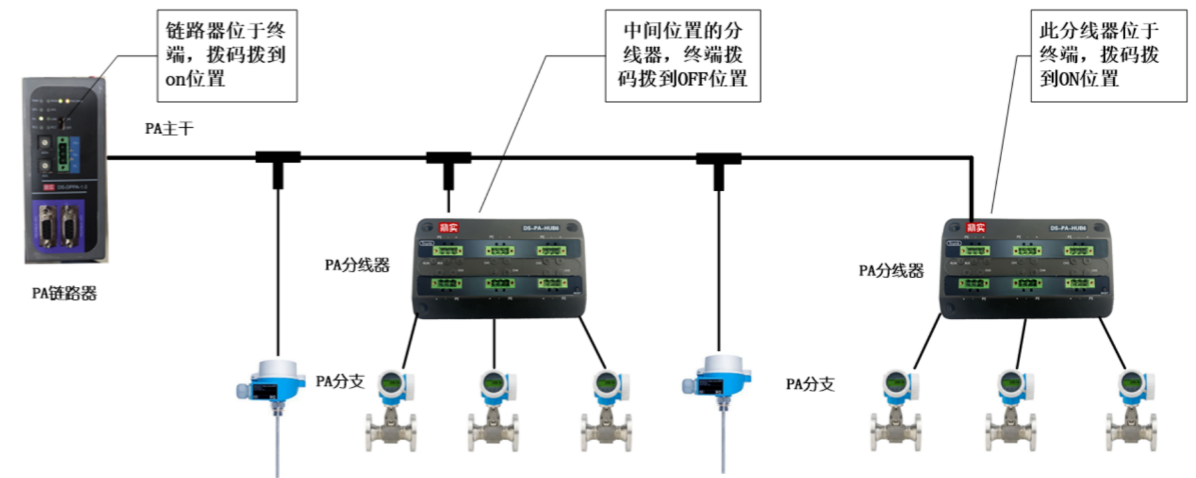


图 5-4、混合型拓扑-分线器位于终端

②、PA仪表位于终端位置

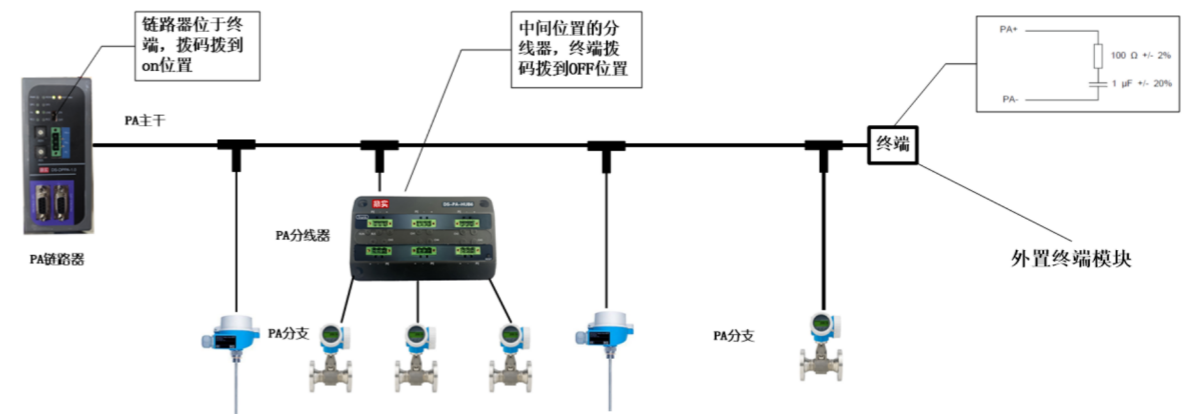


图 5-5、混合型拓扑-仪表位于终端

六、现场接地要求

为保证通信的可靠性和安全性，PROFIBUS PA安装规范中要求多点接地，即现场所有的PA节点（包括网络部件）屏蔽层的都应接到一个等电位上。

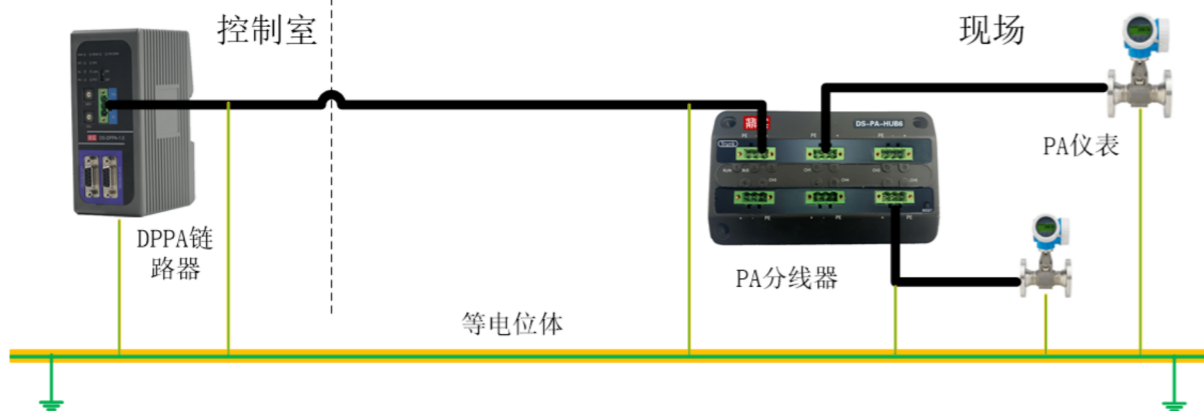


图 6-1、理想的接地方式

有些用户由于现场环境的特殊性（如距离远、跨建筑物等），不能做到多点接地，而是采用了单点接地的方案。在这种情况下，应该注意，所有符合IEC 801标准的EMC测试，都是在实验室内完成的，实验室中电缆屏蔽、被测设备与辅助测试设备的接地端都是直接连到大地上的，这种测试环境相当于现场的多点接地。因此，在单点接地的情况下，与测试环境相比EMC水平可能会降低。

七、名词解释

曼彻斯特编码

一种双相编码，它通过电平的高低跳变来表示“0”和“1”。曼彻斯特编码的每一位中间有一跳变，此跳变即作为时钟信号，也作为数据信号。此种编码方式能使串行通信的接收器清晰地确定每个比特位的开始、结束或中间，同时不需要外部时钟（同步）。

总线供电

设备供电类型的一种，现场设备通过现场总线通信电缆获得它们所需要的工作电源。

DPPA链路器 (Link)

DPPA链路器是用于链接PROFIBUS DP网段和PA网段的设备。在DP网段上，DPPA链路器可以作为DP从站存在；在PA网段上，DPPA链路器有能力通过网络监听自识别、配置下载等手段获取PA网的总线配置，自身作为PA主站维护一个PA网段，自动与网段中所有PA从站进行通信。

使用DPPA链路器后，DP网段与PA网段之间的链接不依赖于报文的透明传输，而是由DPPA链路器实现PA网段的通信，以及PA网段各设备通信功能、通信数据在DP网段中的映射。因此，DP网段的通信波特率也就不再受两个网络通信速率不一致的限制，DP侧波特率可以根据工程需要自由设置。

DPPA链路器通常有一体式和扩展式两个类型，其中：

★一体式DPPA链路器有安装便捷，布线自由的特点。通常适用于PA设备量较少，或大量PA设备点位分散的应用现场，且有一定的价格优势。

★扩展式DPPA链路器有可自由扩展PA总线电流负载，支持PA网络分段等特点。通常适用于PA设备量较多，点位集中的应用现场，为中大型项目提供合理的PA网络解决方案。

鼎实可提供一体式和扩展式DPPA链路器，本文中提到的作为示例的鼎实DPPA链路器是一体式DPPA链路器成熟产品。

PROFIBUS PA 分线器

PROFIBUS PA网络部件，用在树型拓扑中，起到连接主干网络与多个分支的作用，为用户提供更合理的现场布线方式。本文中提到的PA分线器还具有诊断和分支保护功能，方便用户排查故障且避免因个别分支的故障导致整个PA网络瘫痪。

PROFIBUS PA 设备

通常指带有PROFIBUS PA通信接口的设备仪表，如：压力、温湿度、物位仪表等。一个PA仪表设备应支持以下标准：

- ★IEC 61158 类型3的PROFIBUS DP协议（必须支持DPV1与IM功能）；
- ★PROFIBUS PA 物理层；
- ★PROFIBUS PA 行规3.0x规范（最新PROFIBUS PA行规版本V3.02）。

PA终端

RC 元件，带有：R=90 100，C=02.2μF，在主干总线的两端各需接有一个电缆终端器。电阻必须确实无误的符合EN 50020的要求。

参考文献：

《PAUser & Installation - 2.092_v22》——Developed by the PROFIBUS working group” Intrinsic Safety” (WG7) in the Technical Committee for “communication Profiles” (TC2)

《现场总线PROFIBUS基础知识及用户安装、投运导则》——中国现场总线专业委员会（CPO）秘书处