

研华工控机基础教程（完整版）

第一部分 引言

工业控制计算机，中文简称工控机，英文简称 IPC（Industry Personal Computer），在工业自动化背景下应运而生。伴随着 PC 产业的发展，得到了长足的发展。尽管 IPC 在架构上也是基于 X86 为主，在用户使用端和 PC 电脑产业相同，但与个人 PC 电脑产业的发展却完全是不同的道路。个人 PC 通常分为家用电脑和商用电脑两大类。对于家用电脑，是以时尚的外形、较高的显卡性能、多媒体显示性能、丰富的扩展性能、多声道声卡等方面作为吸引消费者的卖点，有些高档家用电脑甚至配备遥控器，时尚的音响，俨然一个家庭多媒体中心。对于商用客户，则是通过稳重的外观、完备的售后服务、有限的扩展性能、高速度的运算速度等来吸引商用客户采购。工控电脑是完全不同的设计理念，工控电脑更多的是在恶劣的环境下使用，对产品的易维护性、散热、防尘、产品周期、甚至尺寸方面都有着严格的要求。因此在设计和选择工控机平台的时候，考虑的更多的是机构的设计，然后才是对性能等的考虑。

第二部分 正文

一、工控机的设计分析与选择。

1、工控机的尺寸设计

工控机在很多情况下使用是应用于某个系统之中，因此常常被放置在某个设备之中或上架。因此对尺寸有较严格的要求。根据用户的使用情况，分为上架式和壁挂式两种设计。

上架式：现在市场上最为常见的研华工控机 IPC-610 就是标准的 4U 高度 19 英寸上架式机箱。可以应用在标准的机柜之中。如图 1 所示：



〈图 1〉 IPC-610H

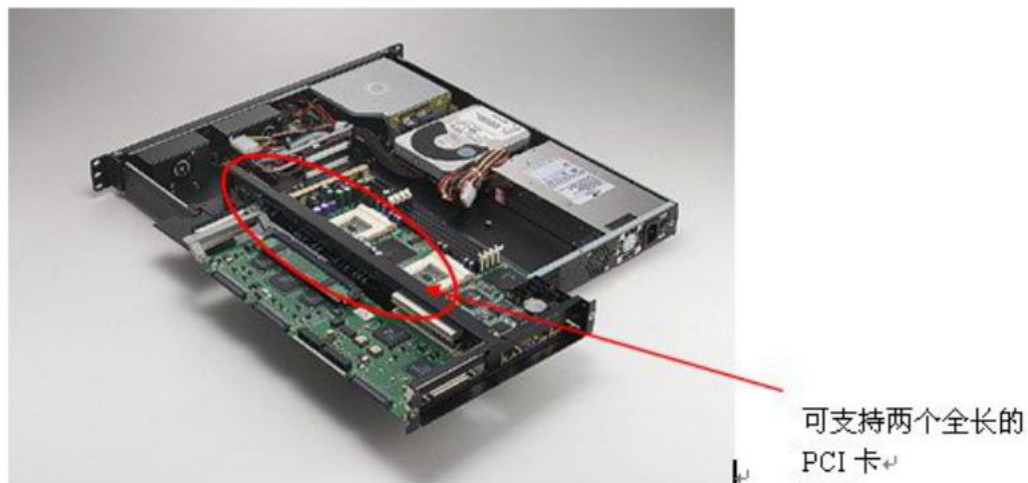
针对客户的不同需求，我们会提供 1U、2U、3U、4U、5U 和 7U 高度的机箱。

一般来说，在 1U 或 2U 的机构设计上面。由于机箱体积有限，但 CPU 的功耗日益加大（最新的 P4CPU 功耗已超过 100W），因此内部散热风流设计变成了厂商面临的最大问题。而机构散热设计的功力在很大程度上反映了一个厂商的技术实力。（关于机构散热的设计我们会在后期的文章中讨论）。

对于 1U 工控机，多用于对体积要求较高的电信领域，大多配合上架使用，工控机厂商通过 PICMG1.0 架构的 CPU 卡的体积优势，配合 1U 高度的蝶型底板，可支持最高 2 个 PCI 全长卡。从而满足某些要在 1U 机箱中集成某些特殊规格卡的用户需求。

对于 4U、7U 的机构设计，由于机箱的体积变大，在狭小机箱中面临散热因素已不是主要考

虑因素。因此如何合理的利用机箱空间在有限的空间内提供更多的驱动器托架、如何提供多个扩展卡槽位、如何支持双 CPU 卡、如何抗振动、如何易于维护等因素变成机构设计的主要考虑因素了（这些我们也会在后继的文章中同读者一起来探讨）



<图 2> ACP-1000

壁挂式：

此外，由于某些设备制造商需要把控制中心（IPC）放置在其设备之中。因此对工控机的体积有较为严格的要求。传统的上架式 19 英寸机箱体积基本很难满足要求，因此针对此种客户需求，推出了壁挂式的机箱。例如研华的 IPC-6606/6608 壁挂机箱系列。这类机箱由于体积小，并且应用环境在某设备内部，因此设计理念也重在散热和扩展性能上。下图是 IPC-6806 应用在某测试平台的机柜内部状态。



<图 3> IPC-6806 应用在某设备内部

这次我们简单讨论了工控机的尺寸上面的设计，工控机根据应用需求整体上可以分为两大类上架式工控机和壁挂式工控机，后面我们将会从机构设计的散热、抗振、防尘、易于维护、防 EMC 等角度慢慢来和大家一起探讨工控机的独特特性。

二、工控机的架构分析。

早期的工控机就是一个质量更好的 PC。但是随着时间的推移，工控机架构有了本质上的变

化，根据用户使用环境的变化，演变成了现在流行的底板加插卡的架构。这种架构主要有如下的优点：

维护时间减少：

随着工控机被大量用于工业现场，基于母板的系统是不灵活的，为了修复或更新系统需要更换整个母板。更换母板需要在母板拿走之前把所有的插卡和电缆都拔掉。这就导致修复或更新时系统停机时间增加，这在工控现场是不可接受的。

因此工程师们想到另外一个方法，取消母板架构，而把核心的 CPU 处理单元做在一张插卡上，其它的扩展界面则做在底板上，底板是由一些连接器和无源器件组成的。这种结构使得系统更新和修复简单而且停机时间最少。这种设计理念影响了整个工控机的发展。现在我们 ECG 事业群的 PC104 总线技术的嵌入式小板也和这种理念有异曲同工之妙。

研华第一款 BP 架构的产品出现在 1991 年，早期由于没有 PCI 总线，该款产品是基于 ISA 总线的。后来 PCI 总线技术成为 PC 技术的主流时，1994 年，PICMG 组织及时在无源底板结构中导入了 PCI 技术，制定了基于 ISA/PCI 技术的 PICMG1.0 标准。



PICMG1.0 标准

极佳的扩展性

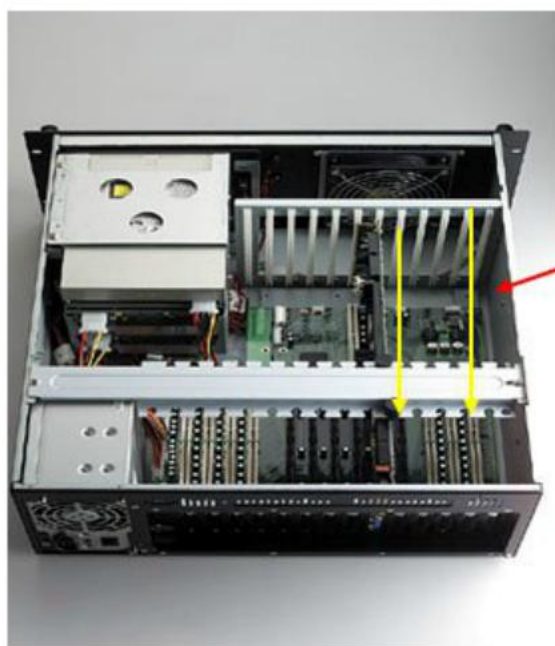
PICMG1.0 标准除了上文所阐述的系统更新和修复时间短的主要优点外，还存在另外一个主要优点：具有极佳的扩展性。

工业现场使用工控机做控制核心，会接上多种扩展卡，扩展卡以早期的 ISA 卡、主流 PCI 卡为主，比如我们研华 IAG 部门的多种采集卡和测量卡。而视用户需求，所使用的 ISA、PCI 槽也不同。举例来说，某些传统的数控机床厂家，为保障其早期在 ISA 技术上的投资，会采用传统的 ISA 控制卡为主。而一些从事视频监控的厂家，由于 ISA 带宽根本无法满足苛刻的视频带宽需要，必然要采用 PCI 视频捕捉卡，但是也许会同时选择几个 ISA 界面的 IO 卡配合摄像头云台使用。因此用户对 ISA 和 PCI 插槽的需求多种多样。

传统的商用母板上 PCI、ISA 数量固定，早期主板由于面积所显，一般仅提供 3 个 PCI，3 个 ISA 槽，后来 ISA 在民用市场面临淘汰，因此诸多商用主板厂商基于成本考量，取消 ISA 槽，或仅提供一个 ISA 槽。因此对于工控用户的多样性，商规主板提供的槽数难免捉襟见肘。PICMG1.0 无源底板标准最高可提供 20 槽，所提供的 ISA、PCI 数量也可根据用户需求随意调整。

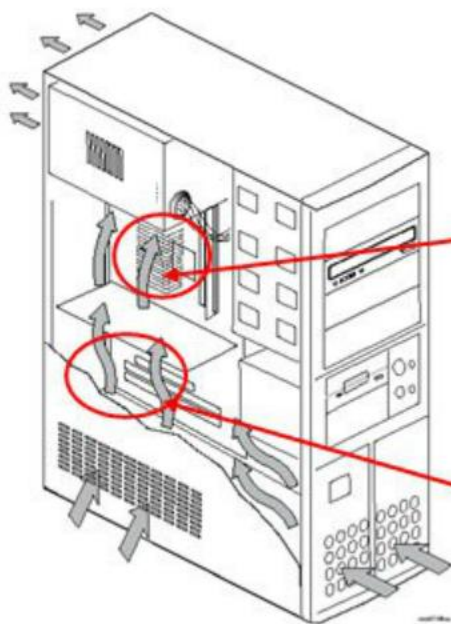
优秀的散热特性

此外采用 PICMG1.0 架构也有助于整体系统的散热，系统的风流图如下：



机箱风扇靠近 CPU 位置，辅助 CPU 周围空间散热，并且顺着风流的插卡结构，便于多个卡片的散热

4U 上架机箱的散热设计



机箱风扇远离 CPU 核心，仅靠电源风扇辅助散热，效能差

加装多个 PCI 卡后，风道受阻，CPU 周围形成一个风流回环。不利于散热，机箱空间有限，不利用加装全长 PCI 卡。

商用 PC 的散热风道设计

当然，底板加插卡的物理架构还有一些缺陷，例如，金手指处容易氧化，槽部位容易在振动的情况下松动，因此不太适应那些具有腐蚀性和振动性的环境下。对于这些情况，业界推出了基于 PICMG2.0 规范的 CompactPCI 技术，但由于价格、开发难度等因素，CompactPCI 在一段时期内较难进入主流市场。因此研华针对这种情况推出的工业主板系列作为补充（后文会来探讨工业

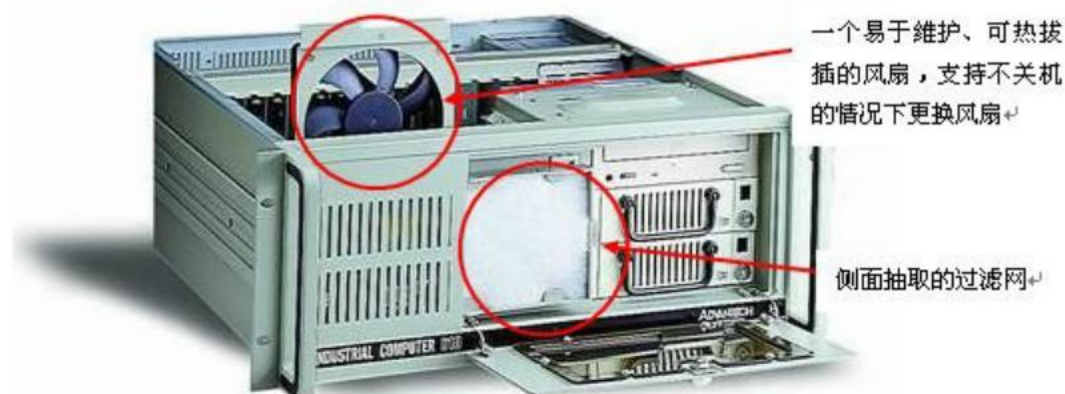
母板的市场)。

三、工控机的散热分析。

据统计，灰尘、散热、静电是造成计算机不稳定的三大主要因素。但商用 PC 机由于使用环境的不同，仅在散热方面遵守 AT、ATX、乃至最新的 BTX 架构，而灰尘和静电问题在普通使用环境下并不突出，因此商用 PC 对此考虑很少。

但工控机使用环境比较特殊，经常在高温、粉尘、供电条件不好的环境下运行，并大多是在 7X24 小时环境下运行。而由于架构的不同，商用 PC 的机箱设计理念也不能直接照搬到工控机。因此在散热、防尘方面工控机必须有自己的设计理念，散热的好坏直接影响到工控机的稳定性，下面我们重点来介绍一下工控机在散热和防尘的特性。

早期的 CPU 由于功耗问题并不突出，因此工控机的散热不是设计的主要考虑因素。但随着人们对 CPU 性能需求的增加，处理器的功耗也日益增加。最新的 Intel LGA775 架构的 P4 处理器最大功耗居然在 100W 以上。工控机内部的散热问题也变得日益严峻起来。研华公司针对此问题，不断的在自身的产品上做出改进。下面我们拿研华的最经典 4U 上架式机箱 610 系列来具体分析：



第一代 IPC-610 系列，F 版机箱

这是第一代的 IPC610 系列机箱中的高端产品 IPC-610BP-F，由于这款机箱设计时 CPU 的功耗问题并不突出，因此其仅采用了单风扇辅助散热设计。而且我们可以看出，为了考虑工控机应用环境的复杂多样性，风扇的前面是有过滤网设计的。由于在某些恶劣环境下，过滤网和风扇必须经常清洗才能保证正常工作，因此在这款机箱上的风扇和过滤网都设计为易于更换的，易于维护的设计理念一直体现在工控机箱的设计中。尤其在高端工控机产品中，系统的易于维护性是高端市场工控机的设计理念之一。

当 P4 处理器进入工控机市场后，其高发热量使得各个工控厂商不得不重视工控机的散热问题。研华推出了第二代 IPC-610 系列的工控机便加强了散热方面的考虑。例如热卖的面对中高端市场的 IPC-610H，为了提升散热效果，加大机箱内部风流，采用双风扇的设计。并基于维护考虑，将双风扇采用模块式的设计理念，固定在一个抽取板上，从而容易更换。由于采用双风扇后，过滤网的面积加大，因此原有的侧面抽取式过滤网更换方式无法适用，因此工程师们采用了滤网前置前开口的方式便于抽取滤网。



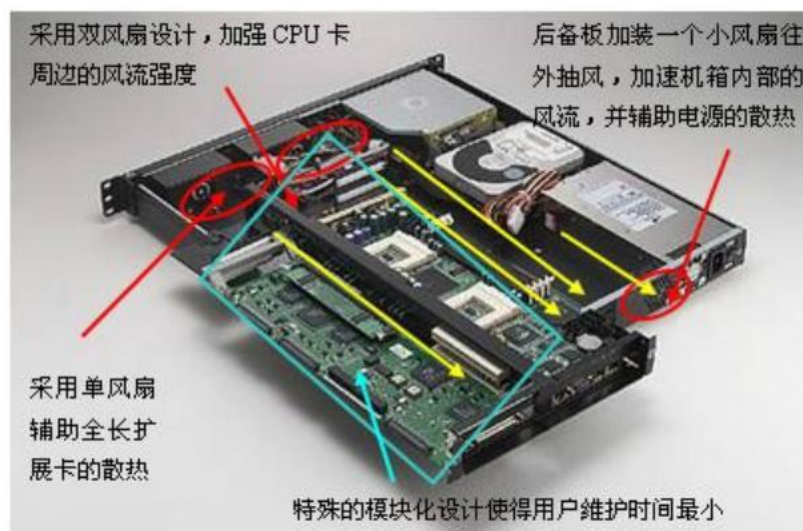
第二代 610 系列机箱 IPC-610H

即使面对中低端市场的 IPC-610L，也在散热风扇和过滤网的设计上有独特的设计理念。采用前开口的单风扇设计，风扇可前置打开，滤网也易于抽取。



第二代 610 系列机箱 IPC-610L

看过 4U 的大机身散热设计，再来考虑 1U 和 2U 的机箱内部散热设计。这类机器由于机箱体积限制，都采用蝶型背板的设计，并提供模块化的设计便于用户维护，但由于小风扇的 CFM 都比较小，因此只能多采用多风扇来增大风流。下面我们来看看 1U 的机箱散热设计：

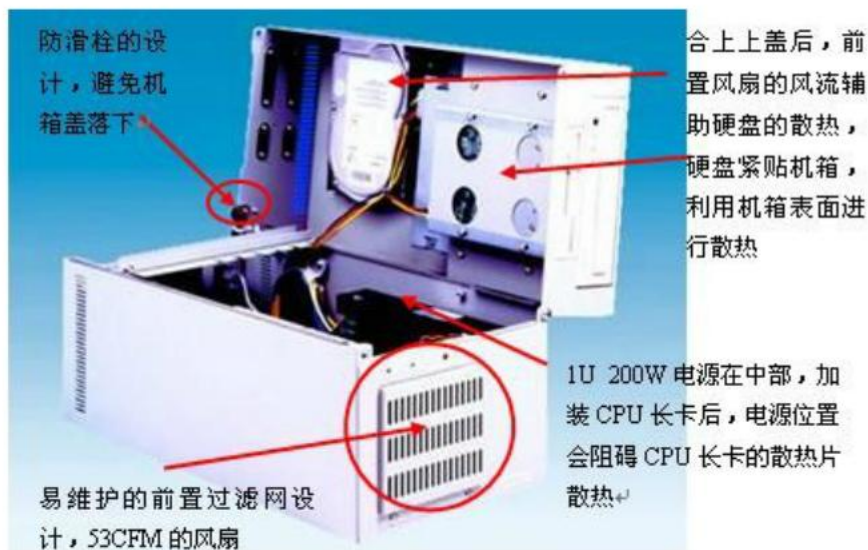


ACP-1000 机箱内部架构图

研华的 2U 机箱和 ACP1000 设计理念基本相同，在此不再赘述。

再来了解一下壁挂式机箱的散热设计考虑：

壁挂式机箱要求机构设计紧凑以便满足各种不同场合下的应用，机箱内部寸土寸金，每一个空间都需要合理的应用。但小机箱内部由于体积所限，采用的风扇功率也不能太大，因此小机箱的散热更考察一个公司的设计功底。总体来说，小机箱里面有两个最重要的散热对象：CPU 和硬盘。下面我们来看看壁挂式机箱 IPC-6806 的在散热方面的设计及其后继版本的改进：



IPC-6806WH



改进版本 IPC-6806W

在这种小机箱内部，采用不同的无源底板、内部的插卡数量也会对散热造成不同的影响。总体来说，所插入的扩展卡尽量远离电源模块和 CPU 长卡。以便留出足够的空隙给机箱内部的板卡。

今年研华推出了一款紧凑型的采用 ATX 母板的壁挂式/桌上式机箱 IPC-7120，这款机箱以所有接口前置为主要卖点，便于用户集成在设备内部并易于维护使用，所以一经推出就吸引了众多用户的眼球。但由于机身体积较小并可能会被用户集成在散热条件不好的设备内部，且要求支持 Intel 最新的高性能处理器，因此对散热的要求更高。

多说无益，上图说话。



IPC-7120

以上我们分析了研华在上架式和壁挂式机箱的散热设计理念。

四、工控机的 EMC 设计。

当我们使用电子设备的时候，就会形成电磁干扰。EMC (Electromagnetic compatibility 电磁兼容性) 现象在我们生活中随处可见。例如我们在看电视的时候，如果手机放在电视机旁边，在来电时手机信号会干扰电视信号形成雪花片。而随着日常电子设备的广泛使用，电子设备的 EMC 设计正变得日益重要起来。

世界大多数发达国家都制定了 EMC 标准，销往该国家或地区的电子产品必须要符合相应的 EMC 标准，并通过其认证才可以。其中比较知名的认证有美国的 FCC 认证、日本的 VCCI 认证、欧盟的 CE 认证，以及我们中国大陆的 3C 认证等。

工控机作为电子产品，自然也要通过苛刻的认证。研华的产品行销全球，也通过了上述各国的认证标准，具体的通过认证标准可以在我们的产品型录上找到。



下面我们来解释一个优秀的工控机如何进行 EMC 设计的。

无论工控机还是商用机，EMC 设计中的最首先考虑的是板卡本身的 EMI (电磁干扰) 设计，研华具有十几年的板卡设计经验，所有工控板都采用 6 层板设计，并在 PCB 走线时严格遵循了时钟线等长的概念，采用减少电磁辐射 (EMI) 阻抗设计与串音控制，走线拓扑的决定都充分遵守了 Intel 的规范标准。因此在板卡设计方面就大幅减少了电磁辐射，但由于处理器的频率的提升，单纯依靠板卡本身在 EMI 方面的设计无法满足 EMC 认证的要求。因此工控机机箱的 EMC 设计变得更为重要了。这篇文章也以机箱的 EMC 设计为主。

在解释工控机机箱的 EMC 设计之前，我们先来看看商用 PC 机箱的 EMC 设计，商用 PC 机由于应用在家庭环境中，与人体接触的时间更长，因此对 EMC 设计的要求也十分严格。

虽大多数著名 PC 品牌由于行销全球，也通过了各国的电磁兼容认证。但由于用途的不同，商用 PC 通过的 EMC 认证和工控机的 EMC 认证侧重点是不同的。商用 PC 的 EMC 认证更偏向 PC 机本身对人体的辐射量的考虑，所以在用料和机箱设计上都基于这个方面考虑的。而工控机的应用环境较为复杂，EMC 认证涉及的范围也更为广泛，除了考虑工控机的电磁辐射干扰外，防止外界的各种因素对工控机内部设备造成的干扰也是一个 EMC 设计要点。

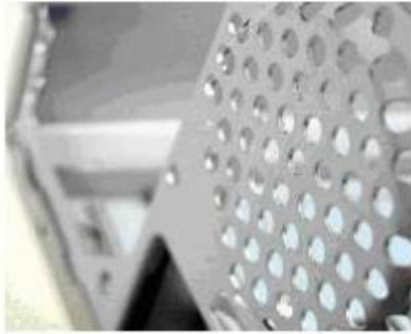
简而言之，商用 PC 的 EMC 设计是对内的，而工控机的 EMC 设计则是双向的。

下面我们通过和商用 PC 的对比，来阐述对内和双向的区别：

1、散热口的 EMC 设计

首先我们明确一个概念，无论对内还是对外，对付电磁辐射最好的方法就是用一个全密封的

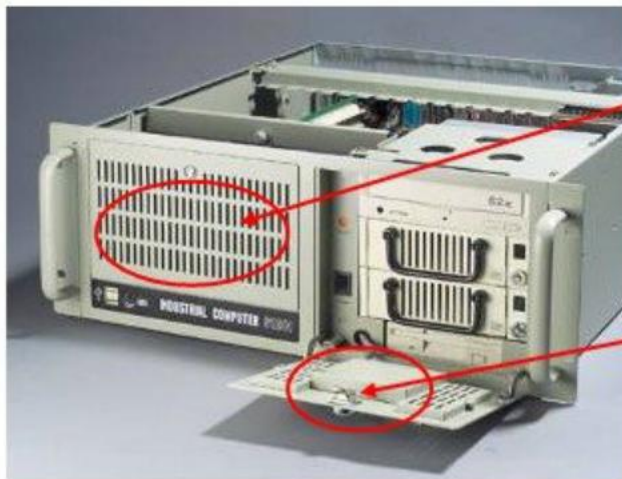
金属盒子把电磁辐射体遮蔽起来，而且屏蔽用的金属层越厚越好。这样无论对内还是对外，电磁屏蔽的效果都最好。但是由于散热、外接扩展设备的因素。无论商用 PC 还是工控机，都无法做到严格密封的状态。机箱关于防止电磁泄漏设计很重要的一点就是关于散热和电磁泄漏之间的良好平衡性设计，既要充分散热，也需要兼顾到电磁兼容方面的设计，我们通常在商用 PC 上所见到的，是上面这样的散热孔径，圆形而多孔。



商用 PC 的散热孔设计

但实际上防止电磁泄漏的设计标准对散热孔径的大小，以及形状是有诸多限制的，研究实验表明，方形孔径要比圆形孔径具有更出色的防止电磁泄漏效果。商用 PC 为何多采用圆形孔径，恐怕只有商用 PC 厂商明白吧。

下面我们再来看看工控机的散热孔的设计。还是以经典机型 IPC-610H 为例：



方形散热孔径，
更有效的进行
电磁屏蔽

报警模块用钢板
严密包围，兼有
抗腐蚀和电磁屏
蔽双重作用。



双层散热
板，之间
除加载过
滤网外，
还可双层
衰减电磁
辐射

2、机箱接缝处的 EMC 设计

根据理论，当机箱上两个接触点之间的距离大于 $0.25 \times \lambda$ （波长符号）时，两点之间就会很容易泄漏出有害的电磁辐射。因此在机箱接缝处的设计，也是考察 EMC 设计功底的一个重要指标。

现在商用 PC 机的机箱钢板厚度仅为 0.6mm，钢板的强度有限，难以保证机箱本身受力后不产生形变，并且由于现在商用 PC 基本多是立式机箱，因此侧开口的面板也难以保证接缝处的紧密结合，为了克服这些现象，一些高档商用 PC 在机箱的接缝处留有 EMI 弹片设计。



EMI 弹片，保证机箱表面紧密接触

机箱外表有烤漆处理，内壁则没有烤漆处理，是导体

机箱和扩展卡的接缝处容易有电磁泄漏

但工控机的使用环境复杂多变，某些环境是具有较强的振动性的，采用 EMI 弹片设计容易在振动的环境下失去弹片的弹性。工控机采用的机箱材料为 1.2mm 的优质钢板，本身具有优秀的抗形变特性，由于工控机机箱多为卧式的，顶部钢板自身的重量和钢材特性已经能够保证机箱壁之间的严密接触。优秀的工控机机箱在不采用 EMI 弹片的时候也完全可以通过 CE, FCC 等 EMC 认证。如果某些对电磁兼容极为严格的环境，例如军工行业，我们会推荐客户在机箱接缝处使用更为可靠的金属导电布。

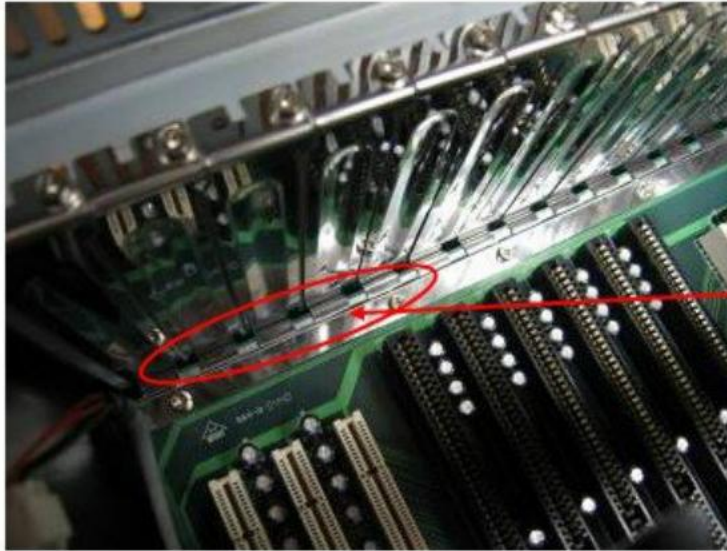


金属导电布

在板卡和机箱的接缝处，这个地方也是极其容易引起电磁泄漏的地方，商用 PC 由于扩展卡较少，很少有品牌在这个地方采用 EMI 弹片设计。而工控机内部会插入多块板卡，板卡和机箱的接触严密与否是电磁兼容是否优秀的一个重要指标，因此做工优良的工控机会采用 EMI 弹片确保板卡和机箱之间的接缝紧密可靠。



确保机箱和板卡紧密接触的 EMI 弹片



在无源底板上提供的 EMI 压条，可以确保机箱和扩展卡紧密接触，大幅度的减少 EMI

3、机箱表面的特殊设计

商用 PC 机箱材料多采用镀锌钢板，并考虑吸收机箱内辐射的有效性，在机箱内部没有进行喷漆处理，因此机箱内壁的镀锌钢板是可以导电的，也更容易吸收电磁辐射，这也使得商用 PC 机在静电防护、电磁屏蔽方面有着先天的优势。商用 PC 的这种机箱在普通使用下没有问题，但是如果用于工控环境则是十分不合适的。

首先、工控机在某些时候要用在有强烈腐蚀性的环境下，例如海上的海盐、高速公路上排出的汽车尾气、化工厂的气体都具有强烈的腐蚀性。因此机箱内外表面都必须要做抗腐蚀处理。下图为研华工控机在机箱外表面和机箱内壁进行防腐蚀烤漆处理后的机箱。

其次、有时计算机会在振动的环境下工作，在某些特殊的情况下，振动会导致机箱内的某些电器元件接触到机箱内部表面，由于机箱内壁导电，所以很容易造成短路，烧毁设备。

而工控机在内部的喷漆处理使得机箱内壁不导电，可以杜绝这类现象的发生。但是正所谓成也萧何、败也萧何，正是因为这些不导电的机箱内壁对工控机的 EMC 设计有着更高的挑战。工控机由于内壁也进行了烤漆处理，因此机箱表面不导电，无法象商用 PC 一样形成等电位体，因此只得在部分位置处留出没有喷漆的接触面，形成导体，在整个机箱表面形成等势体，处理工艺较为复杂。

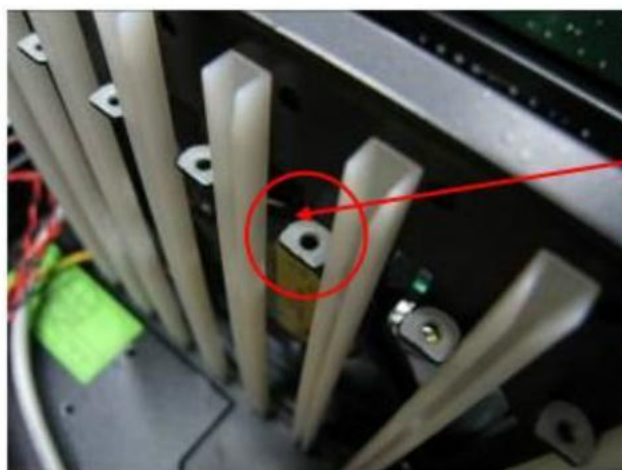
还是让我们来看看工控机箱内部喷漆的设计把，以今年 INCG 新推出的新 ACP-4320 为例把黑色机箱看的更清楚。



ACP-4320
内部全部用烤漆处理，
抗腐蚀性强

ACP-4320 上盖
机箱的接缝部位没有烤漆处
理，形成导体

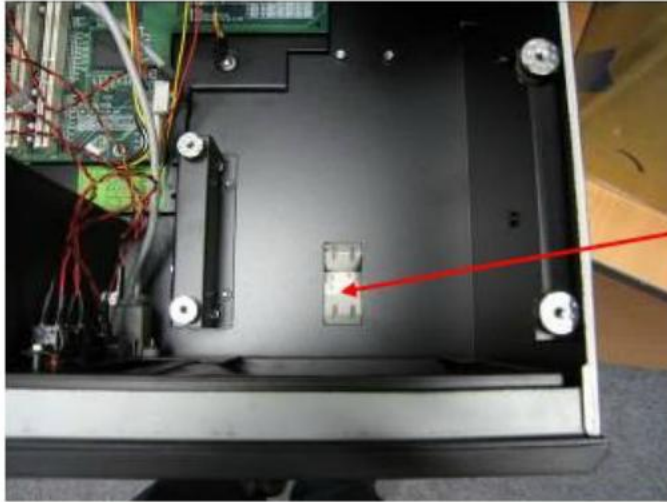
再来看看磁盘托架的接地处理。还是拿这款 ACP-4320 为例：



增强的抗
振动的机
构设计，这
上面也特
别把烤漆
层留出来，
提供板卡
的接地处
理



硬盘托
架底部
特别留
出金属
层，与底
板弹片
接触，使
得托架
和机箱
接地。



在机箱底部
通过金属弹
片与机箱相
连，再通过
机箱侧壁的
固定螺丝。
使得光驱和
硬盘设备同
机箱表面接
地。

说了这么多，您是不是对商用 PC 和工控机的 EMC 设计有一个初步的了解了呢？其实作为普通用户，检测您购买产品 EMC 设计是否合格的一个重要指标是仔细查看您购买的该款产品是否通过了相关 EMC 认证，FCC，CCC，CE，UL 等，当然认证越多，也证明该款产品的 EMC 设计越严谨。