

放射科医生的重要工具：医疗显示器

Albert Xthona

巴可公司

医疗图像部

albert.xthona@barco.com

摘要

医疗显示器已被证明有助于改善癌症检测的诊断准确度，特别是与商用显示器相比时。医疗显示器通过扩大视角、延长使用寿命、提高屏幕亮度和降低噪声，带来了出众的准确度和效果。

1. 序言

商用显示器使用在医疗图像的检查 and 诊断时，它们所缺乏的参数，正是对放射科医生相当重要的特点：“进行正式诊断的医师必须保证图像检查的质量，并了解数字图像管理系统的质量控制要素。”[ACR 2007]本文讨论了医疗显示器获得最佳鉴定能力所需要的一些技术特性，例如全方位稳定的对比度、始终维持高亮度、降噪和查找表准确度。并介绍 Krupinski[2008] 的一项最新研究结果，它证明了这些特性会对放射科医生的诊断绩效造成重要的、明显的差别。

2. 全方位稳定的对比度

商用显示器的数据表可以显示极高的对比度，有时甚至高出一些医疗显示器。但商用显示器的响应主要取决于视角[Badano 2003]，就这一方面而言，其性能还不稳定。下面的胸片图像（下左）即说明这一问题，图中包括肺部细节在有窗宽窗位设置下的图像。第二幅图像中，因偏心视角造成的失真虽然突出了骨骼细节，却是以牺牲肺部细节为代价的。



正中视角



偏心视角

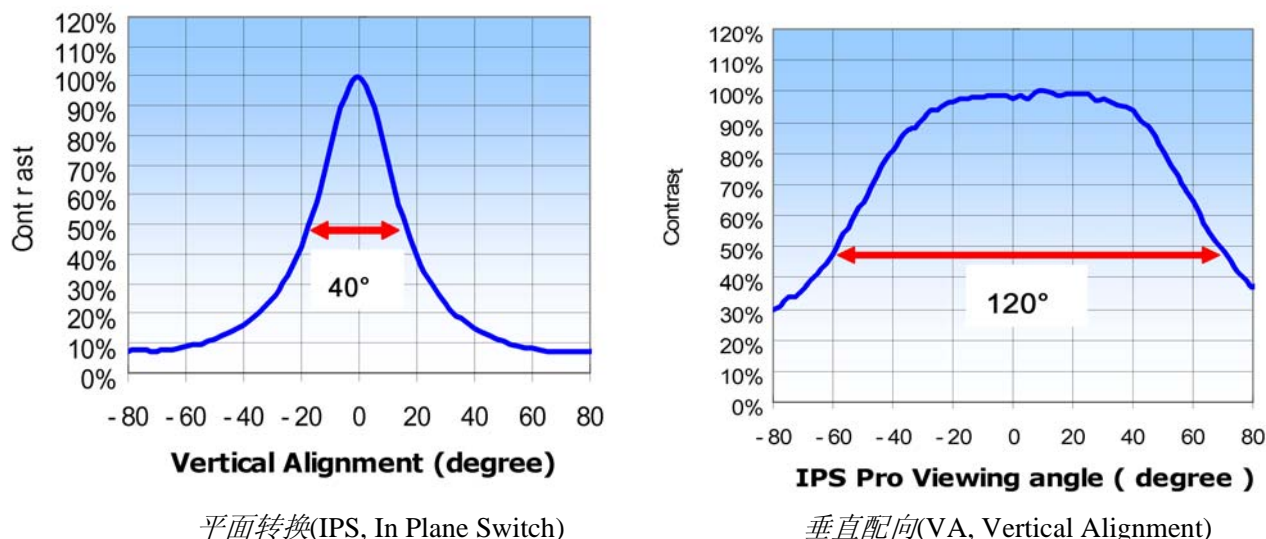
Barco
Pres. Kennedypark 35
B-8500 Kortrijk, Belgium
www.barco.com

BARCO

Visibly yours

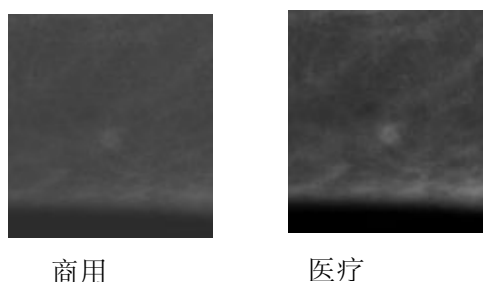
当对比度随视角变化时，观察者的检测能力也随之改变[Krupinski 2005]。医疗显示器采用的是一种特殊液晶工艺：*平面转换(IPS, In Plane Switch)*。商用显示器则采用了成本较低的液晶工艺：*垂直配向(VA, Vertical Alignment)*，这是一种适合轴上观察（并在资料表上表现出高资料）的技术。当正面观察商用显示器中心时，它具有极高对比度，而随着视角偏向显示器边角或者旁边的另一台显示器，对比度会急剧下降。医疗显示器却能在更宽角度上维持高对比度。下图便显示出该效果：

从 2007 年起，商用显示器逐渐向更不适用的扭曲向列(TN)型 LCD 技术发展。这种技术更老旧，曾被大面积淘汰。但近期由于商用显示器的成本压力加大，该技术又开始被投入使用。



3. 始终维持高亮度

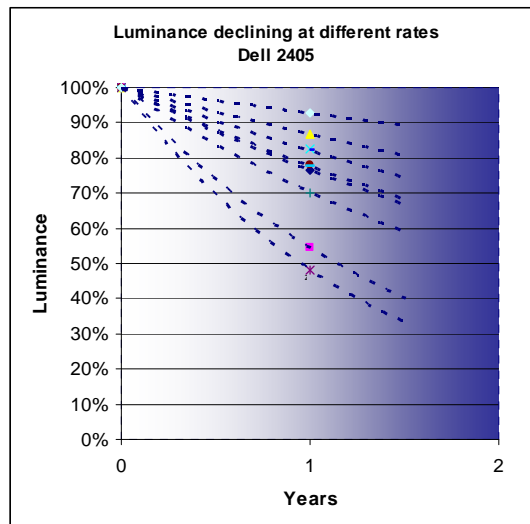
医疗显示器的亮度极高。ACR 准则要求亮度至少达到 250 cd/m^2 [ACR 2007]，显示器亮度越高，越容易分辨细微目标。即使在特定对比度下使用同一 LCD 面板组，感知对比度也会随亮度增加而提高。这是因为光越多，人眼越有效率。下图显示的便是细微差别在商用显示器和医疗显示器上的图像差异。尽管两幅图片的图像数据信息相同，但医疗显示器上能呈现出更高的对比度。亮度增加对图像表现的改善通过搜寻时间缩短显现出来：“相比病灶区域，低亮度水平会延长正常无病灶区域的搜寻和识别时间”。[Krupinski 1999]



稳定性是另一重要因素。巴可医疗显示器的亮度变化是通过内置的硬件回馈机制来控制的，包括背光输出稳定系统(BLOS)和/或 I-Guard 前屏传感器。亮度出厂设定为 500 cd/m^2 ，并且保证能维持该设定至少五年。

与医疗显示器不同，商用显示的亮度会因为缺少回馈调节机制而随时间变化。结果，它们不得不面临以下两种选择：显示器可短期使用，然后被回收；或由技师或 IT 人员定期校准显示器。

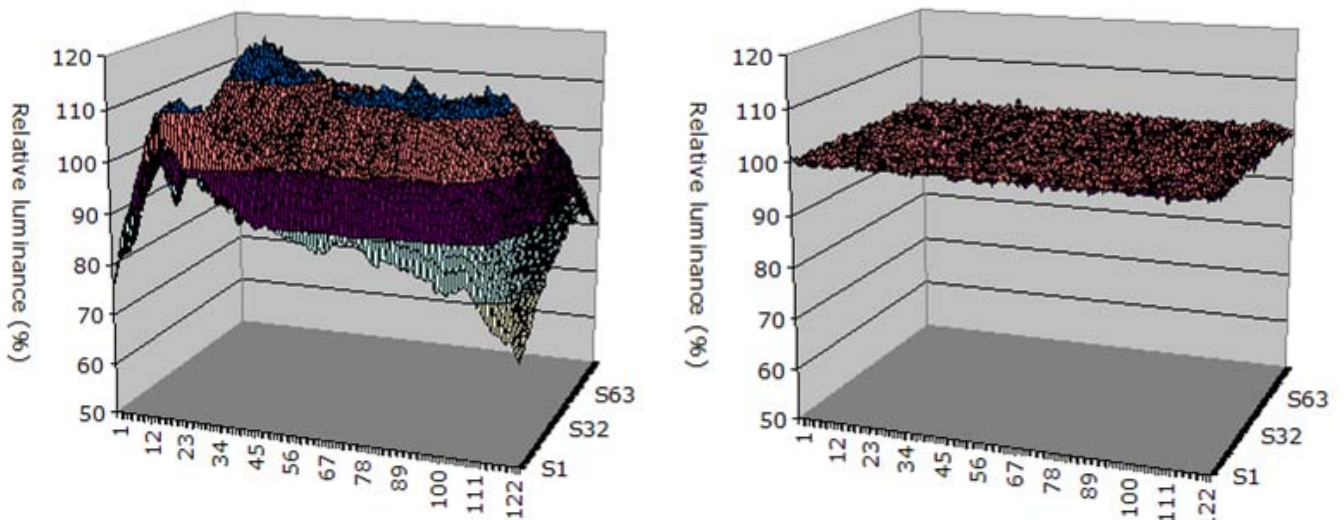
下图显示乔治亚州一所医院使用的一组 10 台商用显示器的老化。使用一年后，这些机器的变化非常明显。没有放射科医生能容忍这一情况：部分极少使用的显示器仍能维持原始亮度的 80-90%，而其它机器却只有原来的 40-50%。放射科使用商用显示器还会带来额外负担，所有显示器必须经常检查，它们或被淘汰或需要重新调整。



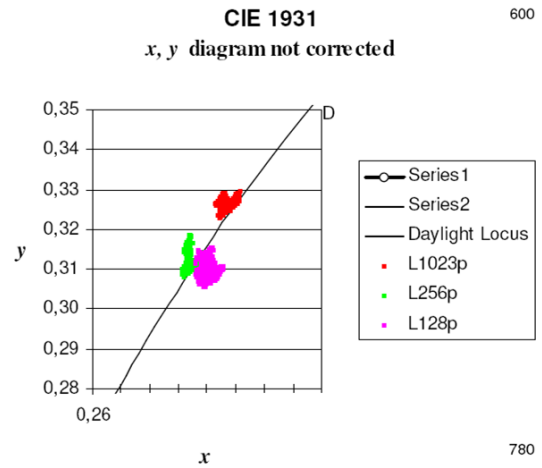
4. 降噪

降噪是医疗显示器不同于商用显示器的另一方面。所有显示器的表面都会呈现某种变化。LCD 会传输和调变背光发出的光线，而每个子像素之间形态都略有差别，因此会表现出不同的传输特性。这些差异便表现为干扰或噪点。

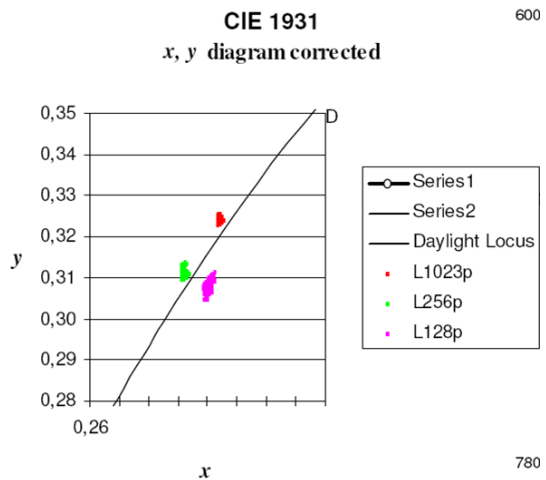
如果可以减少噪点，图像就可以显示得更好。如下图所示，原始图像的不均匀是由多种类型的噪点形成的。在特征频率上，既有低频成分又有高频成分。低频成分使得两个屏幕区域间的对比很困难，一个区域总是比另一区域暗。高频成分会给检测工作（即辨认边缘和纹理）增加噪点。但这一空间噪点超出了 x 光图像中的量子斑点；图案类似于解剖噪点。这种噪点对诊断过程的破坏比量子斑点更严重 [Samei 1999]。采用均匀亮度技术的医疗显示器通过校正空间噪点，能消除绝大部分噪点，使剩余噪点近似于低水平的量子斑点。[Kimpe 2004]



在左下方的放大灰阶图像中，除了亮度变化外，还有颜色变化。由于显示器是由红、绿、蓝子像素构成，有时屏幕中一区域与另一区域的色温会不同。亮度和颜色变化都属于误差，会给图像显示带来干扰。在标准商用显示器上，亮度变化可高至 30%，造成图像质量的降低。



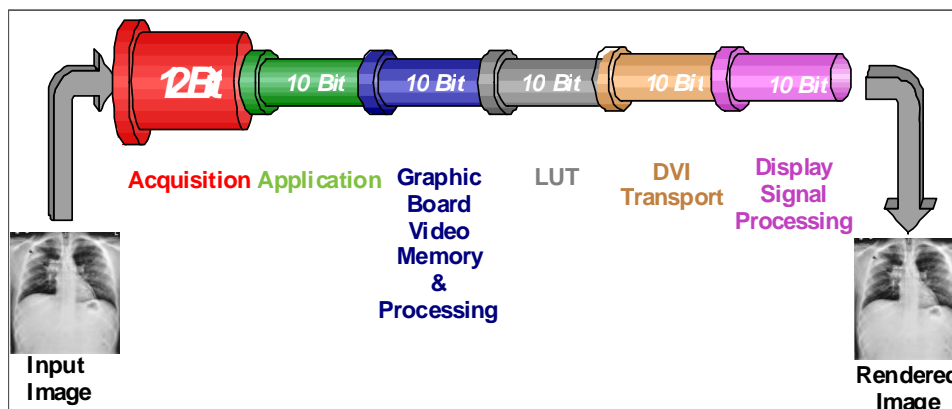
参考下图所示的采用医疗显示器后图像的改善。整个屏幕表面上的颜色误差和亮度误差均大幅减小。



查找表准确度:

医疗显示器系统中的查找表(LUT)的作用是根据图像要求分配不同的亮度级。理想情况下，这一分配是均匀的，以使所有医学相关细节的清晰度达到最佳。在彩色显示器上，LUT 也可用于色度范围的分配，通常是突出某一方面或映像额外的数据维度，例如机能活动。亮度范围和色度范围的映像都应具备足够的精度和一致性。不精确映像会导致目标边缘、轮廓线的模糊，使图像出现颗粒状。与商用显示器不同，医疗显示器能在整个图像范围上均匀地分配亮度水平。

任何显示系统中，数据的传递都分几个阶段，每一阶段的处理精度或高或低。如果某一阶段的处理精度比所要求高，无甚影响。但如果有一或多个阶段将数据压缩，则在图像传递时就会造成部分精度下降。如下图所示，医疗显示系统中，数据通过各阶段时的精度基本一致。各阶段中至少保持 10 位 (10-bit) 精度，这样可保持医疗图像的逼真度。而商用显示器中标准 DVI 传输的每一颜色通道的精度仅为 8 位(8-bit)，故传递精度也仅限于 8 位。



所有部件精度至少为 10 位的医疗显示器

5. 医疗显示器提高放射科医生的准确度

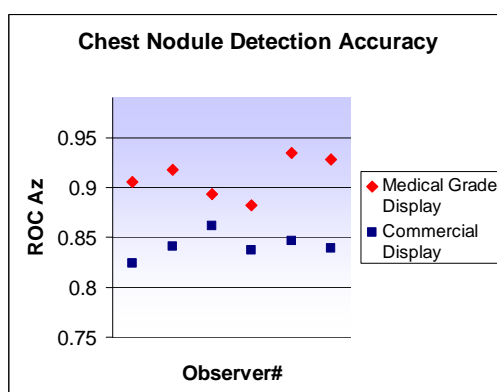
医疗显示器的设计是使医疗图像呈现最佳效果。但是否有证据表明这些特征会提高图像效果？过去数年中，许多人尝试将商用显示器用于放射医学。David Hirschorn 博士的研究结果支持这一方案。以下便是一种此类看法：

在 121 例中有 117 例使用医用显示器和 Dell 消费型显示器可得出相同结果。两例骨折和一例肾结石可在灰阶显示器上显示，但无法在 Dell 2405 上显示。11 例中，在 Dell 2405 上可以显示灰阶显示器无法呈现的地方。但差异并无任何临床统计学意义。“这些结果不能证明确实可以使用此种显示器，但可能令人相信其合理性，” Hirschorn 说，“实际上，许多放射科医生在使用这一设备，并且用该系统顺利地进行了 X 光片的初步鉴定。”[Hirschorn 2006]

该研究中存在几个问题：无法在统计学上找到差异并不能证明确实无差异。相反有可能是因为变异明显或样本数太少，换句话说，该研究设计不具备测量差异的能力。显示器是崭新的，因此不存在老化问题。另外从真阳性比率很高这点看，提供的目标可能易于发现而不够细微。商用显示器用来发现明显病例可能足矣；人们相信医疗显示器主要是在疑难病例中胜出。

抛却这些问题，还有一个疑问：商用显示器将来还会好用吗？

许多严谨的研究证实，具体参数如分辨率和亮度上的差异对放射科医生的工作确有影响[Bacher 2003, Krupinski 2007]。Krupinski 博士最近的一项严谨的研究[2008]比较了两组放射科医生进行肺结节检测的结果，其中一组使用 3MP 巴可彩色医用显示器，另一组使用的是 Hirschorn 博士的研究中所使用的商用显示器。该研究中包括疑难病例，结节细微，若条件不适合便难以看见。总体准确度以受试者工作特征曲线下面积(ROC A_z)来表示，其中的失误包括癌症检测的假阴性和假阳性结果。从以下曲线图可见，放射科医生观察者均发现医疗显示器提供的结果更准确。这些结果证实了显示器越好，放射科医生诊断绩效越出色。



6. 加快阅片节省成本

尽管医疗显示器的购买成本高于商用显示器，但其专业解决方案却较便宜，甚至仅在使用一年后便见效益。研究显示，放射科医生使用医疗显示器能更快作出正确鉴定[Bacher 2003, Krupinski 2008]。两项研究均指出效果较佳的显示器的确定性更高，具体表现为假阳性数量更低，阅片时间更短。下表举例说明了由此带来的经济效益：

设备数据：

新购显示器数量：(商用或医疗显示器)	1
每年研究样本的数量：	15,000
周期：	5 年
放射科医生每小时成本：	\$295

ROI 投资效益模型数据：

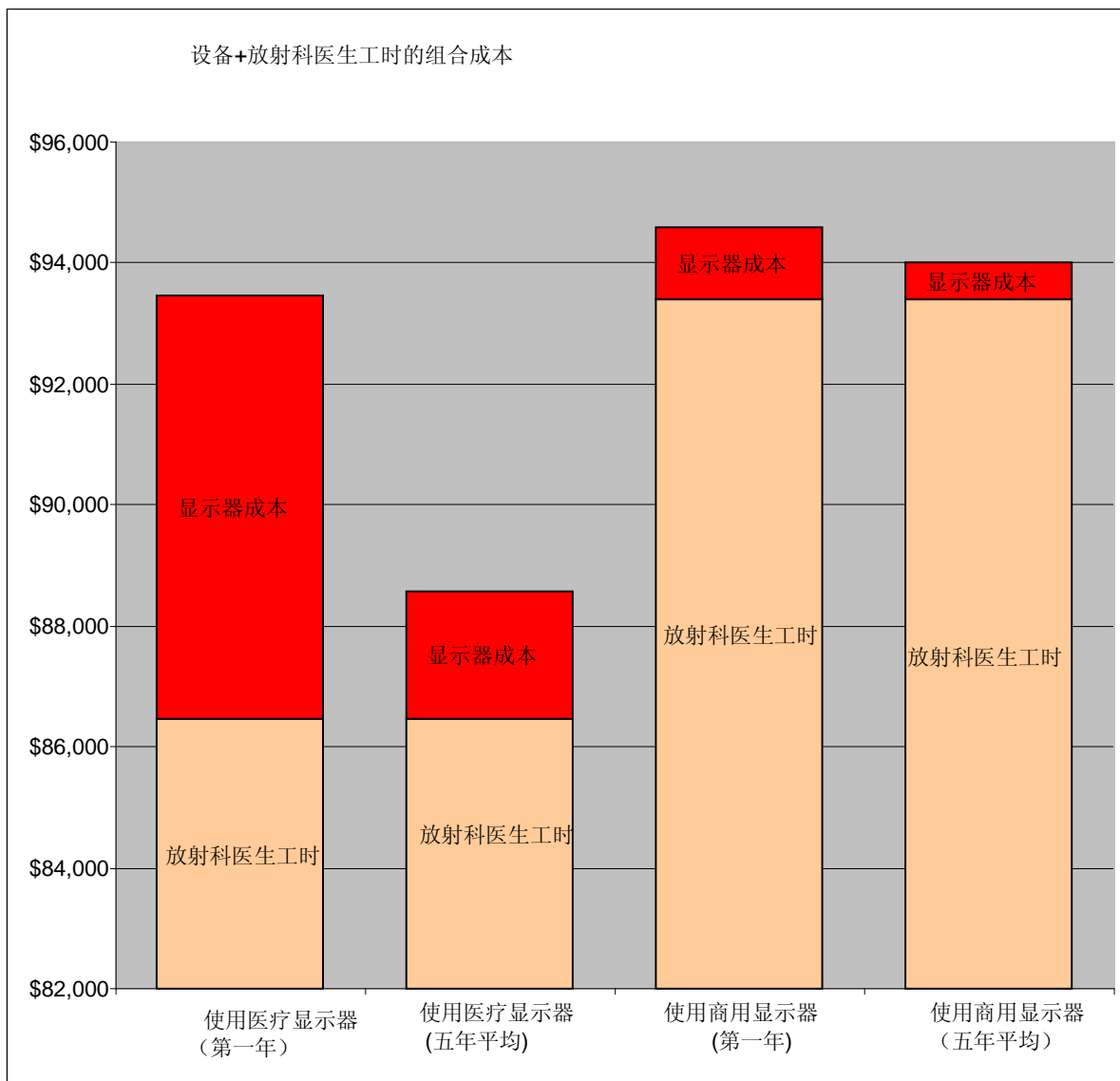
商用显示器成本：	\$1,200
医疗显示器成本：	\$7,000
医疗显示器的阅片时间：	35.17
商用显示器的阅片时间：	37.99
使用医疗显示器与商用显示器进行阅片多节省的时间：	2.82
使用医疗显示器与商用显示器进行诊断多节省的时间：	5.64

计算放射科医生所节省的成本并抵消购买设备的支出，说明它带来很高的净现值和可观的投资回报。

商用显示器投资：	\$1,200
医疗显示器投资：	\$7,000
购买医疗显示器后放射科医生每年所降成本：	\$6,933
五年总周期降低成本：	\$34,663

NPV:	\$23,009
ROI 投资效益	4.98

该结果在下图中得到体现。谨慎者可能会有疑问，为何结果对放射科医生成本、商用显示器成本等如此敏感。由于放射科医生工时价格较高，因此模型对商用显示器的成本相对较不敏感。事实上，即使不计商用显示器成本，下图仍不会有太多改变。



7. 结论

可检测性降低的后果有很多：例如，对于利用致电离辐射的任何检验，为克服噪点增加的辐射剂量会提高患者风险。检测能力、噪点和剂量间的关系已被广泛研究，并且仍将受到诸多关注。[Bacher 2006] [Samei 2007]

专用医疗显示器与商用显示器在对放射科医生绩效的影响和特征设置上存在巨大差异。下表对这种差异进行了总结。

	医疗显示器	商用显示器
可用视角下的对比度稳定	是，使用 IPS LCD	否，使用 VA 或 TN LCD
1 年后的亮度	500 cd/m ²	<250 cd/m ²
出厂设置的有效期	5 年	可能 1
降噪	均匀亮度技术	无
LUT 精度	最小 10 位	8 位
准确度	91%	84%
快速鉴定	是，确定性提高	否

医疗显示器对放射科的价值不仅仅体现在细微病例诊断准确度的提高上。

医疗显示器从一开始就是为满足放射医学实践所需而设计：

- 彩色显示器的灰阶：方便所有成像研究
- 控制启动条件：节省时间，降低功耗
- 内置校准：尽量减少人员调试时间
- 整体质量与流程监控：极其重要，无价