

Indoor GPS 的功能及其应用

(1) Indoor GPS 简介

在上世纪九十年代，美国Arcsecond公司在GPS启发下开发了Indoor GPS。该系统使用红外脉冲激光发射器代替卫星的作用，接收器根据发射器投射来的光线时间特征参数，计算接收器所在点的角度和位置，并将模拟信号转换成数字脉冲信号，通过无线网络发送给中央控制室的服务器，最后通过Indoor GPS自行开发的软件或第三方测量软件（如SA、Metrolog II、MAYA等等）处理数据获得高精度的信息，并供远端的多用户共享。

Indoor GPS主要应用于飞机制造、卫星制造等航空航天领域，汽车、造船以及工业测量等领域。它的主要功能体现在：**实时监控、移动导航、在线检测、大部件的空间尺寸三维测量以及逆向工程**等等。即实时监控被测物体在生产、安装和维修过程中的位置和状态；跟踪和导航工作区域内的起重机、机器人或其它移动设备及工具；实时在线检测生产装配线或实验室研究的质量控制。

以航空器制造业为例介绍局域GPS的实际应用：

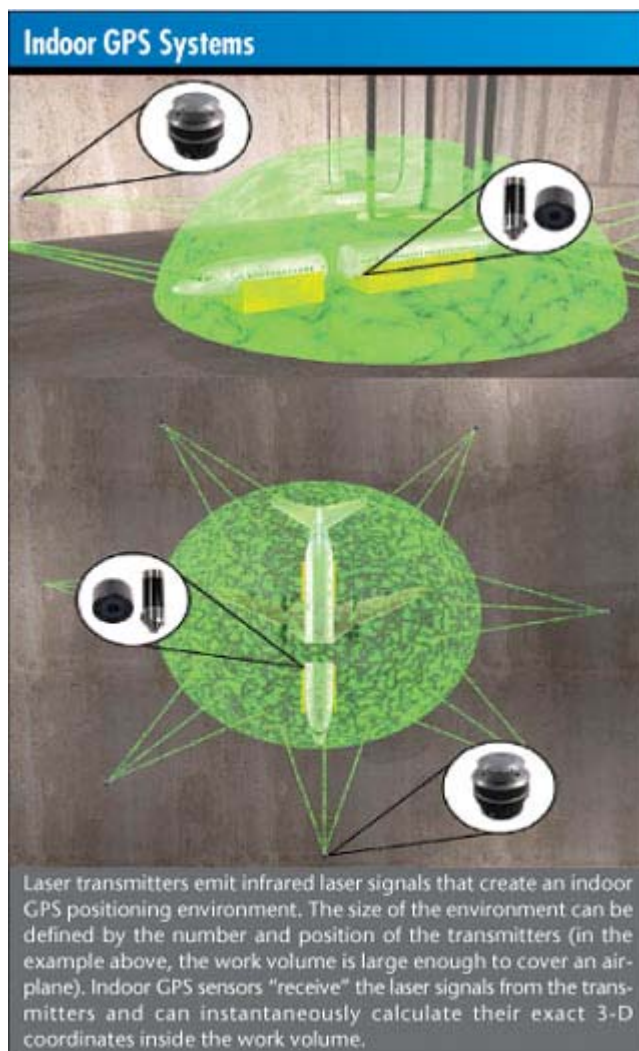
如右图所示，在整个工作区域内每一个角落都被来自激光发射器发出的脉冲激光所覆盖，因而工作区域内任何一个位置或点都能够被实时监控。

Indoor GPS 能够帮助生产商摆脱工装束缚，在有Indoor GPS 系统辅助的装配工程中，车间内的工件可以在连续状态下，得到精确的位置测量和实时监控，从而为生产企业节省大量资金。例如，通过置于机翼上的传感器，机翼的移动就可以被精确的跟踪，根据机身的位置状态，就可以慢慢地移动机翼，直至对准成功装配。

如同通过全球卫星定位系统来跟踪你的汽车，现在你可以在工厂内精确地、实时地跟踪机翼的移动”，Barrientos 说，“当然，你也可以在同一时刻，精确地跟踪机身其他部件的情况”。总之，indoor GPS 系统可以进行加工车间内的任何工件的测量、定位和装配过程。

下一步就是利用 CAD 实时显示两个移动物体的情况。通过计算机屏幕，我们可以监控两个部件对接装配过程，在装配过程中通过不断的调整，从而保证了装配精度和成功率。生产商通常还是需要一个工作台来执行装配或铆接。但是通过 indoor GPS 系统，用户可以在出现零件装配超差之前得到警示。这是装配工艺具有革命性的变化，它可以帮助制造商大幅度降低工装投资，并可以提高产品质量。

其他 3-D 测量设备如激光跟踪仪、机械臂，或基于光学照相法的测量系统，当配备有 indoor GPS 系统时会更得力。通过提供系统坐标给这些设备，indoor GPS 能使由于转站造成的误差最小化。Indoor GPS 也同样能提供坐标系统给生产设备，如：机器人、激光器、工具等，从而，Indoor GPS 能够实时监控到坐标系统内的工件的位置。同时，用户也能进行多



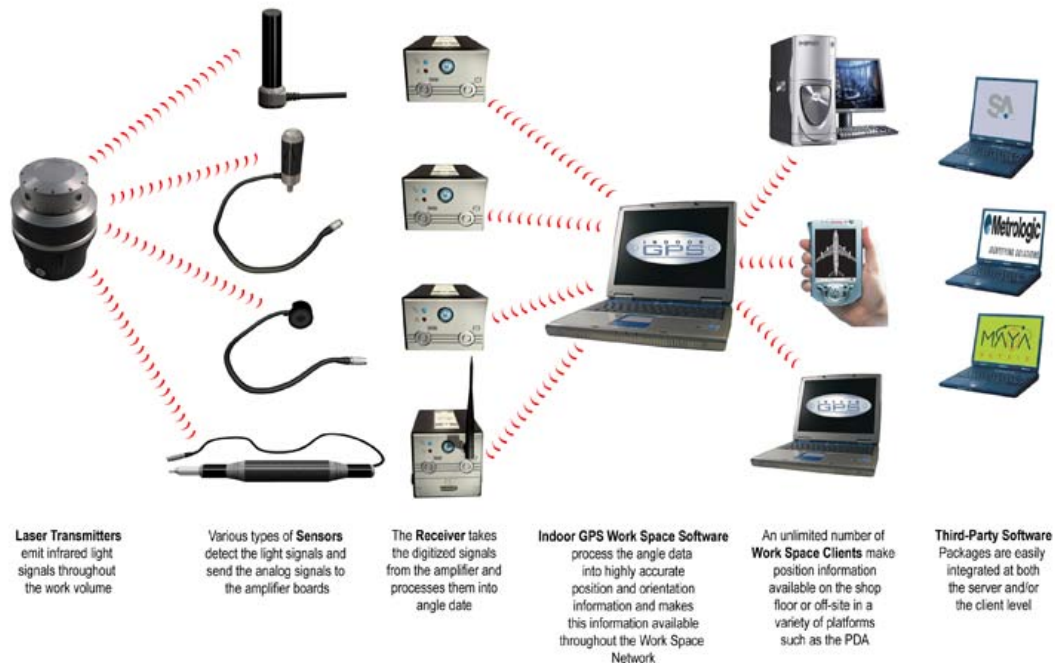
参考点测量，也就是说，通过测量工件的关键点，可以得知工件的形位公差，从而判断某一零件的尺寸是否在误差内。

与其他 3-D 测量技术相比，Indoor GPS 拥有相当多的优势。例如：在加工环境里，使用 Indoor GPS 成本低廉而且耐用，在保持 70-100 μ m 的精度下，Indoor GPS 可以在更大的空间里使用。Barrientos 说“在大于 10 米的空间里，我们认为 Indoor GPS 是精度最高的测量系统。Indoor GPS 另一个优点是可以围绕着被测物进行 360 度空间测量，而不需要转换坐标系，从而降低或消除转站造成的误差。这一点是激光跟踪仪或者其他照相测量系统无法达到的。

该系统与激光跟踪仪对比其优越性在于：

- a. 在局域 GPS 精密测量系统中进行测量不会由于掉光而影响工作进程，这是由于局域 GPS 精密测量系统的原理决定的。它是由发射器以水平 270 度、水平 60 度的覆盖范围从三个方向发射有用信号，传感器和接收器只要在这个信号的覆盖范围内，就能接收到光信号，并无线信号传播到中央控制电脑。在这个过程中，传感器只要能同时接收到两个发射器发射出的信号就能将测点的三维坐标已知。如果能同时接收到 3 个到 4 个发射器发射出的信号就是增加了自由度和精度。由此可见，在测量时如果有人走过，挡住了一个发射器发射的信号，不会影响这一点的坐标。（因为其它的发射器的信号可以接收到，只要有二个发射器的信号就可以测量）。即使所有的发射器信号被遮挡也没有关系。只要增加测量杆的长度就可以正常测量。
- b. 局域 GPS 系统能够满足多用户同时使用。在一个车间内，我们需要同时监控几个机床的关键点和面的位置关系，这种情况下，我们只需要在车间的墙壁上和天花板上固定一定数量的发射器。比如我们建议在 30 米 \times 30 米的空间内放置 6 个发射器，信号全部覆盖在了这个范围，机床的关键点和面的位置都会被监控。这样我们可以在不同的机床上放置不同的传感器和接收器，那样它们的位置会被实时监控。也可以用几个测量杆组件，由不同的工作人员同时测量各个机床上的关键点和面的位置关系，互不干扰。也就是说，系统建立起来后，只要增加传感器和接收器就可以增加用户了。中央电脑可以同时处理这些数据并传递给不同的终端用户。（比如：掌上电脑等）
- c. 整个系统进行一次固定装配标定后，就可以无限次数的使用。所有进入这个区域的待测物都可以马上测量，无需建立坐标系。您所做的工作就是打开发射器的电源开关。它的预热时间是 5 分钟。之后就可以马上开始测量工作。
- d. 局域 GPS 系统最为突出的特点是可以进行大尺寸的测量。在与 10ppm 的激光跟踪仪的精度比对中，我们在 100 \times 100 米的测量空间中精度能达到 0.1mm。这大大高于激光跟踪仪。而且我们的测量范围可以无限增加。（只要增加发射器）。
- e. 局域 GPS 可以实现自动装配测量，实时监控移动的物体的运动曲线。比如飞机的机翼与机身的自动对接过程。
- f. 局域 GPS 可以对系统自身进行监控，如果有发射器出现位移或出现问题的情况，系统会自动报警。这样就可以使您在最短的时间内发现系统的问题。
- g. 局域 GPS 精密测量系统不受温度影响。它的工作范围从零下 10 摄氏度至零上 50 摄氏度。

(2) 在装配现场能够解决的关键点问题



如图可知 **Indoor GPS** 的工作原理是：

- (1) 激光发射器发射出对人体和眼睛没有任何伤害的激光信号；
- (2) 传感器接收来自激光发生器发出的激光模拟信号，并将其传送给放大器；
- (3) 接受器接收来自放大器的数字信号，并将其转变成角度数据信息；
- (4) 角度信息通过调制解调器无线网络传输到中央控制室的计算机中，然后利用 Arcsecond 开发的软件将角度信息处理成为准确的位置和方位信息，并在整个工作区域和网络中共享，以便于工作区域内无穷多个用户可以使用；
- (5) 用户可以使用第三方软件来处理这些位置和方位信息。比如：SA、MAYA、Metrolog II 和 Rhino。

根据该系统的功能在装配现场可以解决的以下问题：

- a) 对关键点进行实时监控，从而为工装实现在线导航。在美国 boeing 公司装配车间内的墙面和屋顶上装有多激光发射器，在机身，机翼等装配部件上放置多个传感器。在机身与机翼对接装配过程中，这些传感器实时接收来自多个激光发射器的信号，并将信号处理得到的坐标信息实时发送给中央控制室。中央控制室根据原有的图纸设计及其传感器传回的位置信息来控制机身和机翼的相对位置，直至机身和机翼上的传感器坐标重合，到此就完成一个对接过程。
- b) 关键点的钻孔。钻孔、打铆钉是波音公司飞机装配中非常重要的一个环节。在使用 Indoor GPS 的之前，波音的工程师一是通过在需要打铆钉或钻孔的位置做上标记，或通过测量设备来定位。自从使用 Indoor GPS 后，整个过程大大简化。即在铆钉枪或电钻上装上传感器，工程师可以通过手中的掌上电脑实时看到铆钉枪或电钻的位置，再接合图纸上设计的铆钉或钻工的位置，将铆钉打入到设计位置。
- c) 支持多用户的同时工作。与其它测量工具相比，Indoor GPS 的最大优势也在

于它支持多用户使用。在工作区域内，不同的工作人员可以根据自己的需要来获取不同的信息，互不干扰，与此同时 Indoor GPS 也能帮助多名工作人员在同一时刻完成同一项工作任务。比如在 Boeing 公司装配车间内检测飞机某部件的两点或几点水平度或同轴度，或者同时钻孔时，并且这些点之间是不可见时，该测量系统能够很好的帮助多名操作员在同一时间完成这些测量任务，即不同的操作工人在不同的测量点上，在手中的 PDA 上看到可以清楚的看到自己的关键点位置与其它操作工人的关键点位置，从而可以判断这些点的水平度、同轴度等等。除此之外，Indoor GPS 还能帮助不同的用户完成不同的工作任务，即在工作区域内，操作人员可以互不影响地完成自己的测量任务，而其它测量工具则不具备该项功能，如激光跟踪仪在同一时间内是无法完成以上工作任务，除非有多部激光跟踪仪。

- d) 质量控制。在众多的用户中，Indoor GPS 还应用于产品的质量控制。在美国 Boeing 公司，操作人员使用该测量系统来检查飞机成品整体的外形结构、机翼的水平度、飞重要部件尺寸大小与原始设计的图纸是否相符，以及机试飞前后的关键点的变形情况，从而达到对飞机成品的质量检测。



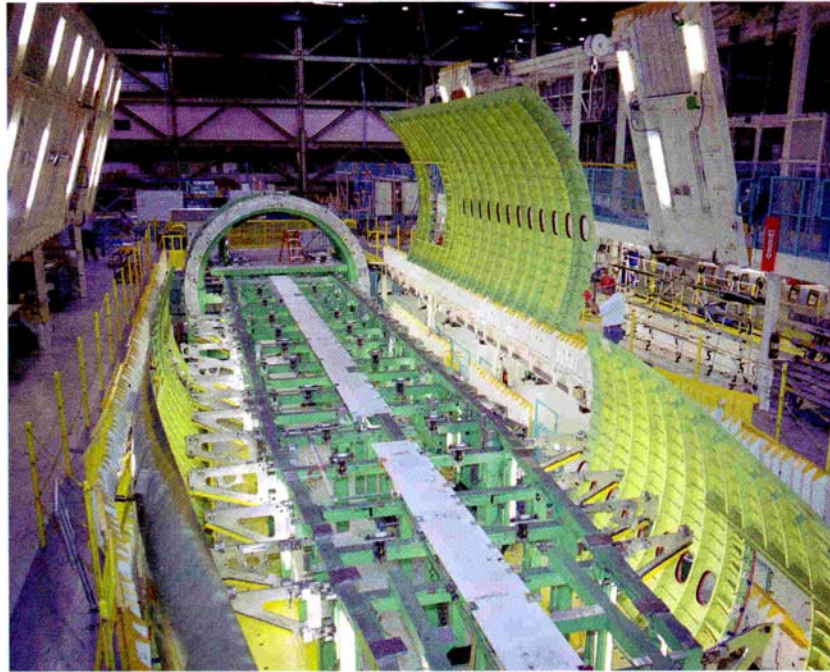
Figure 1.美国波音公司装配车间



Figure 2. 工作人员在检测某圆孔的位置

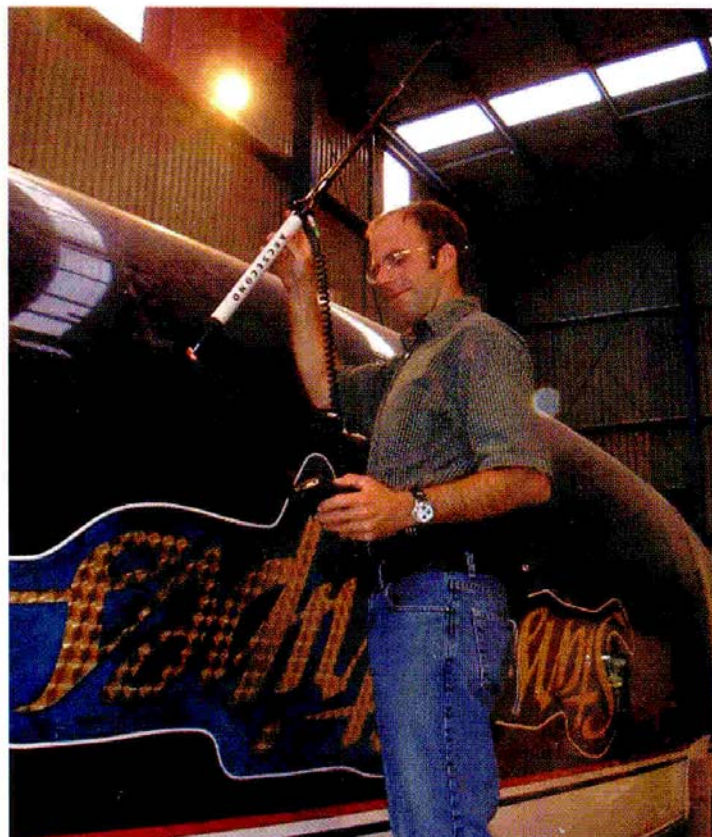


Figure 3. 美国波音公司装配车间模拟图



A large assembly, such as the fuselage of this Boeing 777-300ER, relies on heavy tools to keep panels aligned until they're joined. Eventually, indoor GPS may relieve such tools of that responsibility.

Figure4. Indoor GPS 应用于美国波音 777 装配生产线



Above the waterline of an America's Cup hull, a probe and receiver records the coordinates of a measuring point from signals beamed off transmitters.

Figure 5. Indoor GPS 应用于核潜艇生产流水线

(3) 使用 Indoor GPS 后能够达到的效果

- a. 较高的可视化。无论是在装配现场还是中央控制中心，操作人员都可以通过 PDA 或计算机屏幕上实时看到传感器的动态或静态的三维坐标，同时在 Arcsecond 自行研发的软件上能看到实时模拟出来的传感器运动曲线。
- b. Indoor GPS 不会因为遮挡而掉光，从而影响测量工作的进行。这是由局域 GPS 精密测量系统的原理决定的。因为激光发射器以水平 270 度、水平 60 度的覆盖范围从三个方向发射有用信号，传感器和接收器只要在这个信号的覆盖范围内，就能接收到光信号，并无线信号传播到中央控制电脑。在这个过程中，传感器只要能同时接收到两个发射器发射出的信号就能将测点的三维坐标已知。如果能同时接收到 3 个到 4 个发射器发射出的信号就可以增加测量自由度和精度。由此可见，在测量时如果有人走过，挡住了一个发射器发射的信号，不会影响这一点的坐标。（因为其它的发射器的信号可以接收到，只要有二个发射器的信号就可以测量）。即使所有的发射器信号被遮挡也没有关系。只要增加测量杆的长度就可以正常测量。
- c. 实时指导装配。在工作区域内，Indoor GPS 可以实时指导部件的装配。在波音公司装配车间，工程师们将传感器放置起重机、柔性支架以及机器人上来实时指导它们的移动，从而指导飞机的装配。
- d. 使用局域 GPS 可以大大提高生产效率，据波音公司的不完全数据统计表明：局域 GPS 和柔性工具联合使用后，生产效率提高了 400%~800%。如果仅使用局域 GPS 生产效率也能成倍的增长。