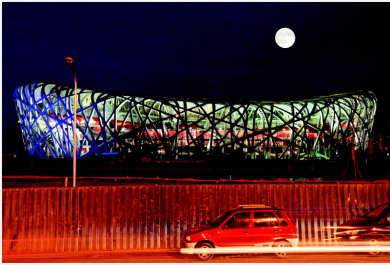


2008年北京奥运 使用NI LabVIEW与 CompactRIO 监控建筑物结构安全



LabVIEW与 CompactRIO 为架构的SHM 系统，将监控并确保 2008 北京奥运国家体育馆（鸟巢）的稳定性、可靠性，与使用寿命。

"使用 NI LabVIEW 图形化编程程式设计环境，与 NI CompactRIO 硬件硬件平台，以设计高精确度的 SHM 系统，并通过透过时脉架构的 GPS实现同步数据采集与分析同步化作业，在建筑物的关键部分实施在线以监控建筑物的关键接点。"

- Chris McDonald, [CGM Engineering, Inc.](#)

The Challenge:

针对中国大陆大型建筑物的稳定性、可靠性，与使用寿命，执行进行多项建筑物结构健康安全监测监控 (Structural health monitoring, SHM)；其中包含 2008 北京奥运所使用的新建筑物。

The Solution:

使用 NI LabVIEW 图形化编程程式设计环境，与 NI CompactRIO 硬件硬件平台，以设计高精确度的 SHM 系统，并通过透过时脉架构的 GPS实现同步数据采集与分析同步化作业，在建筑物的关键部分实施在线以监控建筑物的关键接点。

Author (s):

Chris McDonald - [CGM Engineering, Inc.](#)

在地震、飓风，或火灾的生命财产损失中，因为建筑物倒塌所造成的伤亡最为严重。因此，全世界的工程师均在不断尝试并检验建筑物模型，变更结构设计，以期降低此类事件所造成的悲剧。

在 2004 年，负责全中国防震与防火的官方机构：中国地震局 (China Earthquake Administration, CEA)，即针对结构健康监测 (SHM) 技术，选择 7 项新架构的超结构体 (Megastructure) 做为测试平台。这些地标建筑物包含 2008 年北京奥运会的国家体育馆（鸟巢）、国家游泳中心 (水立方)、104 层的上海世界贸易中心 (World Trade Center)、66 层楼高的北京凯悦酒店、四川省二滩 (Ertan) 高达 240 公尺的混凝土拱坝、广东省汕头 (Shantou) 长达 8266 公尺的斜张桥 (Cable-stayed bridge)，还有北京的地基隔离震 (Base-isolated) CEA 资料中心。

此项目的主要目的是利用计算机技术、传感器与通讯系统来开发并实现包含最新技术的结构健康监测解决方案，实现在线结构监测，以保证建筑物的稳定性、可靠性与抗震性。

位于加州的 CGM Engineering Inc. 公司属于 NI 联盟伙伴之一，通过现场远程系统的演示，赢得此解决方案的国际竞标。演示表明，即使是一个回形针落在桌上产生的振动，也能够被精确的检测出来。经过仔细评估，我们的 SeismoCast 建筑监测方案被甄选为上述建筑物的监测管理系统。此方案提供简单即用的安装、多种 I/O 选择，工程师可快速简便地重新配置系统以满足系统的变化要求，它的远程网络监测功能可以使得专家在不同地点进行观察研究，加上其高性能及低成本等优势使得 SeismoCast 最终获选成为鸟巢和水立方的守护者。

执行实时且连续的建筑结构监控作业

通过 LabVIEW 与 CompactRIO，我们的系统可撷取建筑物的振动讯号，并侦测到结构特性所发生的任何突发转变。从自然的地质作用，到举行赛事时的激动的观众，有太多类型的刺激可能造成建筑物振动。如同心脏病医师透过脉搏与血压诊断病患的心脏疾病一样，结构工程师也可以通过连续监控特征频率与阻尼比 (Damping ratio)，记录加速计测量到的加速度与时间数据，以迟滞图 (Hysteresis diagram) 来诊断整体结构的情形。举例来说，若地震造成了办公大楼关键结构处 (如横梁或圆柱) 的永久性损坏，就有如特征频率 (大量建材所造成的作用) 染上慢性疾病一般。

系统的两项主要需求为连续与实时的结构监控。由于大部分灾难的发生均在意料之外，因此如需针对灾难进行紧急管理并有效反应，就必须以实时信息为基础，了解建筑物在灾难发生期间与之后的反应情形。此外，由于结构安全性能会随着时间而逐渐下降，因此必须通过持续监控以尽早发现结构衰退的征兆，并让工程师对关键的结构安全记录进行比较。

以 LabVIEW 与 CompactRIO 开发结构健康监测 (SHM) 系统

通过 NI 平台，我们开发出 2 款不同的定制化系统，以满足 CEA 的 SHM 系统需求。

鸟巢采用了 9 套 64 通道的 CompactRIO 系统，水立方则是 2 套 36 通道的系统。每套系统分别与嵌入式平板电脑相连并安置在坚固的 NEMA 4 机箱中，各个机箱再以客户端-服务器的构架与主服务器连接后分布在各结构关键点上进行监测与预警。系统可在温度范围在 -40 to +70 °C 的恶劣环境下正常工作。

系统的主要任务在于测量结构振动和加速度，因此保证各通道之间的同步是非常重要的，这使得研究人员可以同步监测多个位置的振动，从而更好地理解和描述整个建筑结构所受的影响。传统基于线缆的同步方法限制每个系统间最多相隔 100 米，考虑到鸟巢和水立方的场地规模，至少需要分布上百套这样的系统，因而基于线缆的方案并不适用于这种场地。为此，我们采用了全球定位系统 (GPS) 来构建同步解决方案。通过 NI LabVIEW FPGA 模块，多个机箱间使用 GPS 所提供的精确时钟来完成远程同步，LabVIEW 实时模块则提供了可配置的滤波功能以消除噪声，从而避免对系统进行低频测量造成干扰。

使用 GPS 卫星的精确时钟，我们的建筑监测方案不受距离限制，而且能够达到 +/- 10 微秒内的同步精度，符合系统的同步需求。CompactRIO 系统将采集得到的大量数据和分析结果传送到同机箱的嵌入式平板电脑并临时储存，借助 LabVIEW 对于分布在不同地点数据的管理能力将数据通过以太网发送到主服务器，以进行进一步的分析。此外，系统允许研究人员通过客户端软件远程连接并实时监测建筑物的健康状况。当事件发生时，系统也可以电子邮件通知离线的用户。

NI 软硬件架构的系统优势

CEA 之所以选择以 LabVIEW 为架构的解决方案有多个原因。其中高精确度的实时 GPS 同步数据采集功能，和远程数据访问与分析是其中最主要的两个原因。我们的系统也通过最低成本达到最高通道数。利用 CompactRIO 与模块化的 NI C 系列 I/O 硬件为架构，我们可达最多 128 个通道，而 16 位系统的每通道平均 \$500 美金；24 位系统的每通道平均 \$800 美金 (不含传感器)，更可使用 GPS 同步化功能扩充更高的信道数。此外，该系统还具有配置简单、可迅速重设与多种 I/O 选项等优势，可随时应系统需要而进行变更。

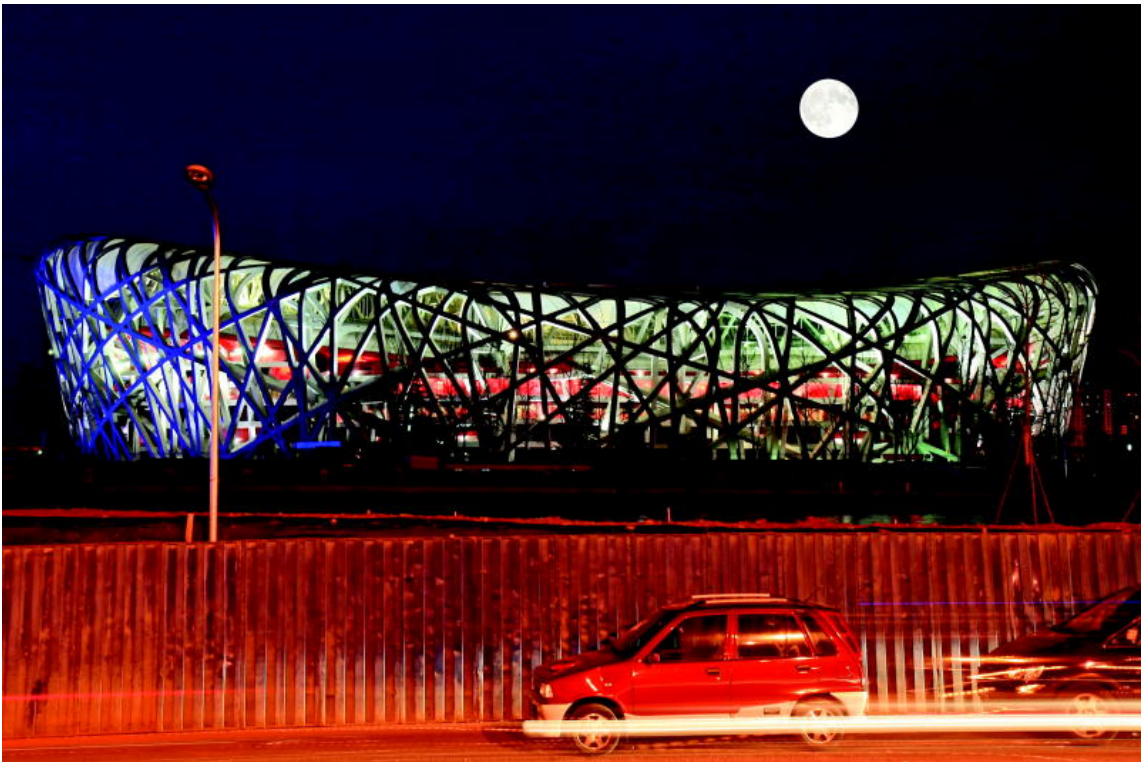
使用 NI 硬件与软件，我们在一年之内就完成从设计到原型制作，部署的高通道数 SHM 系统，也同时包含 GPS 同步功能。我们使用 LabVIEW 与 CompactRIO 做为系统平台，以极高的成本效益达到绝佳的精确度与灵活性，实现了嵌入式监控系统。通过此解决方案，我们所提供的系统精确度可达 CEA 初始系统的 10 倍，且所需的成本更低。

中国大陆建筑物安全监控的未来趋势

两座标志性建筑在 2009年8月的奥 运期间成为世界瞩目的焦点。根据世界银行统计，到2015 年，全球半数以上新 建楼宇会在中国拔地 而起；中国将继续保 持强劲经济增长势 头。诚然，只有在世 界市场中不断提升竞 争力，中国才能脱颖 而出。值得指出的是，中国的独特机遇 在于没有很多传统系 统的负担，可以直接 采用最新的科技。比 如前文所讲的建筑物 监测，在诸如美国等 西方国家中，先进的 监控系统研发诞生之 前就已高楼林立，引 入最新技术遇到了较 高的门槛。而在中国，新的楼宇建筑可 以利用革新的监控科 技，在设计构建的过 程中考虑到健康监测 功能，最终确保人员 与建筑物的安全性。

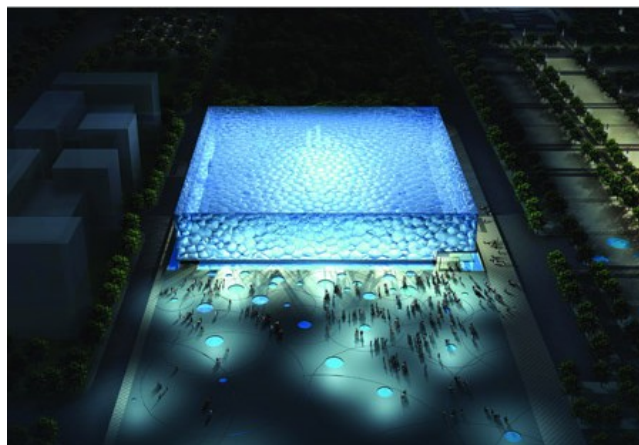
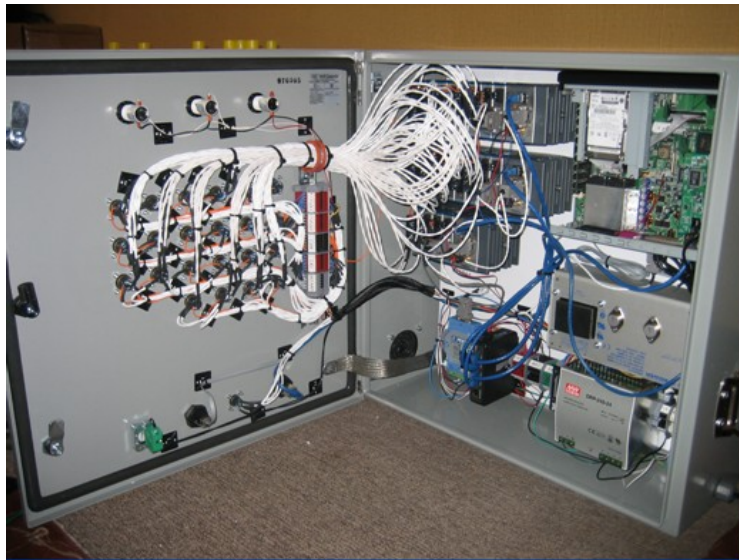
国家仪器联盟是一个 独立于NI的企业实 体,与NI没有任何 代理，合作或合资关 系。

Author Information:
Chris McDonald
[CGM Engineering, Inc.](#)
882 N. Fair Oaks Ave
Pasadena, CA 91103
United States
Tel: 626- 441-3884
cmdonald@cgmeng.com



LabVIEW与 CompactRIO 为架构的SHM 系统，将监控并确保 2008 北京奥运 国家体育馆（鸟巢）的稳定性、可靠性，与使用寿命。







Legal

This case study (this "case study") was developed by a National Instruments ("NI") customer. THIS CASE STUDY IS PROVIDED "AS IS" WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND AND SUBJECT TO CERTAIN RESTRICTIONS AS MORE SPECIFICALLY SET FORTH IN NI.COM'S TERMS OF USE (<http://ni.com/legal/termsofuse/unitedstates/us/>).