

国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

Y.4214

(02/2022)

Y系列：全球信息基础设施、互联网协议问题、
下一代网络、物联网和智慧城市

物联网以及智慧城市与社区 – 要求和应用案例

**基于物联网的土木工程基础设施
健康监测系统的要求**

ITU-T Y.4214 建议书

ITU-T



ITU-T Y系列建议书

全球信息基础设施、互联网的协议问题、下一代网络、物联网和智慧城市

全球信息基础设施	
概要	Y.100–Y.199
业务、应用和中间件	Y.200–Y.299
网络方面	Y.300–Y.399
接口和协议	Y.400–Y.499
编号、寻址和命名	Y.500–Y.599
运营、管理和维护	Y.600–Y.699
安全	Y.700–Y.799
性能	Y.800–Y.899
互联网的协议问题	
概要	Y.1000–Y.1099
业务和应用	Y.1100–Y.1199
体系、接入、网络能力和资源管理	Y.1200–Y.1299
传输	Y.1300–Y.1399
互通	Y.1400–Y.1499
服务质量和网络性能	Y.1500–Y.1599
信令	Y.1600–Y.1699
运营、管理和维护	Y.1700–Y.1799
计费	Y.1800–Y.1899
下一代网络上的IPTV	Y.1900–Y.1999
下一代网络	
框架和功能性架构模型	Y.2000–Y.2099
服务质量和性能	Y.2100–Y.2199
服务方面：业务能力和业务架构	Y.2200–Y.2249
服务方面：NGN中服务和网络的互操作性	Y.2250–Y.2299
NGN的增强	Y.2300–Y.2399
网络管理	Y.2400–Y.2499
计算能力网络	Y.2500–Y.2599
基于分组的网络	Y.2600–Y.2699
安全	Y.2700–Y.2799
通用移动性	Y.2800–Y.2899
运营商水平的开放环境	Y.2900–Y.2999
未来网络	Y.3000–Y.3499
云计算	Y.3500–Y.3599
大数据	Y.3600–Y.3799
量子密钥分发网络	Y.3800–Y.3999
物联网、智慧城市和社区	
综述	Y.4000–Y.4049
定义和术语	Y.4050–Y.4099
要求和应用案例	Y.4100–Y.4249
基础设施、连接和网络	Y.4250–Y.4399
框架、构架和协议	Y.4400–Y.4549
业务、应用、计算和数据处理	Y.4550–Y.4699
管理、控制和性能	Y.4700–Y.4799
识别与安全	Y.4800–Y.4899
评估与评价	Y.4900–Y.4999

如果需要进一步了解细目，请查阅ITU-T建议书清单。

基于物联网的土木工程基础设施 健康监测系统的要求

摘要

利用具有物联网（IoT）能力的基础设施本身收集的客观数据监测土木工程基础设施的安全性和完整性，是对土木工程基础设施先进、高效维护工作进行补充检查和诊断的一种有效手段。在本建议书中，出于此目的，基于物联网的系统被称为土木工程基础设施健康监测系统。

ITU-T Y.4214建议书描述了基于物联网的土木工程基础设施健康监测系统的特定要求，目的在于维护土木工程基础设施。

历史沿革

版本	建议书	批准	研究组	唯一识别码*
1.0	ITU-T Y.4214	2022-02-03	20	11.1002/1000/14824

关键词

土木工程基础设施；基础设施健康监测；物联网；IoT。

* 欲查阅建议书，请在您的网络浏览器地址域键入URL <http://handle.itu.int/>，随后输入建议书的唯一识别码，例如，<http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>。

前言

国际电信联盟（ITU）是从事电信、信息和通信技术（ICT）领域工作的联合国专门机构。国际电信联盟电信标准化部门（ITU-T）是国际电信联盟的常设机构，负责研究技术、操作和资费问题，并且为在世界范围内实现电信标准化，发表有关上述研究项目的建议书。

每四年一届的世界电信标准化全会（WTSA）确定ITU-T各研究组的研究课题，再由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA第1号决议规定了批准建议书须遵循的程序。

属ITU-T研究范围的某些信息技术领域的必要标准，是与国际标准化组织（ISO）和国际电工技术委员会（IEC）合作制定的。

注

本建议书为简明扼要起见而使用的“主管部门”一词，既指电信主管部门，又指经认可的运营机构。

遵守本建议书的规定是以自愿为基础的，但建议书可能包含某些强制性条款（以确保例如互操作性或适用性等），只有满足所有强制性条款的规定，才能达到遵守建议书的目的。“应该”或“必须”等其他一些强制性用语及其否定形式被用于表达特定要求。使用此类用语不表示要求任何一方遵守本建议书。

知识产权

国际电联提请注意：本建议书的应用或实施可能涉及使用已申报的知识产权。国际电联对无论是其成员还是建议书制定程序之外的其他机构提出的有关已申报的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见。

至本建议书批准之日止，国际电联未收到实施本建议书可能需要的受专利/软件版权保护的知识产权的通知。但需要提醒实施者注意的是，这可能并非最新信息，因此大力提倡他们通过下列ITU-T网站查询适当的ITU-T数据库：<http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>。

© 国际电联 2022

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

目录

页码

1	范围	1
2	参考文献	1
3	定义	1
3.1	他处定义的术语	1
3.2	本建议书中定义的术语	2
4	缩写词和首字母缩略语	2
5	惯例	2
6	基于物联网的土木工程基础设施健康监测系统的概述	2
6.1	基于物联网的土木工程基础设施健康监测的必要性	2
6.2	基于物联网的土木工程基础设施健康监测系统的参考模型及相关站点	3
7	基于物联网的土木工程基础设施健康监测系统的要求	6
7.1	一般要求	6
7.2	传感器设备要求	7
7.3	网关设备要求	7
7.4	监测平台要求	8
7.5	网络要求	8
	附录I – 基于物联网的土木工程基础设施健康监测的使用案例	9
	参考资料	14

基于物联网的土木工程基础设施 健康监测系统的要求

1 范围

“土木基础设施”一词是指为支持城市和社区中的人类活动而人工建造的结构。在本建议书中使用的术语“土木工程基础设施”特指构成道路、桥梁和隧道的大型结构。

土木工程基础设施的维护主要基于专家的定期目视检查和诊断，以维护基础设施的安全性和完整性。这些专家需要丰富的经验和知识，因为维护需要相关的人力资源配置以及特定的教育和资质。依托物联网（IoT）能力，利用自土木工程基础设施处收集的客观数据可实现更先进、更高效的维护，同时可增强和进一步合理化人工检查与诊断工作。在本建议书中，出于此目的，基于物联网的系统被称为土木工程基础设施健康监测系统。

本建议书针对基于物联网的土木工程基础设施健康监测系统，具体规定了以下内容：

- 基于物联网的土木工程基础设施健康监测系统的参考模型。
- 基于物联网的土木工程基础设施健康监测系统的特定要求。

2 参考文献

下列ITU-T建议书及其它参考文献含有通过本文的引用构成本建议书条款的条款。所注明版本在出版时有效。所有建议书及其它参考文献均可能进行修订；因此鼓励建议书的所有使用方了解使用最新版本的下列建议书和其它参考文献的可能性。ITU-T建议书的现行有效版本清单定期出版。本建议书在引用某一独立文件时，并未给予该文件建议书的地位。

[ITU-T Y.4000] ITU-T Y.4000/Y.2060建议书（2012年），物联网概述。

[ITU-T Y.4110] ITU-T Y.4100/Y.2066建议书（2014年），物联网的共同要求。

[ITU-T Y.4113] ITU-T Y.4113建议书（2016年），物联网的网络要求。

3 定义

3.1 他处定义的术语

本建议书使用了下列他处定义的术语：

3.1.1 物联（Internet of Things）（IoT） [ITU-T Y.4000]：信息社会的一种全球基础设施，基于现有的和正在出现的、可互操作的信息通信技术，实现（物理和虚拟）之物的相互连接，以提供先进的服务。

注1 – 通过使用标识、数据捕获、处理和通信能力，物联网充分利用物体向各项应用提供服务，同时确保满足安全和隐私要求。

注2 – 从广义而言，物联网可被视为技术和社会影响方面的一个愿景。

3.1.2 物联网区域网络 (IoT area network) [ITU-T Y.4113]: 通过本地连接而实现互连的物联网设备和网关组成的网络。

注 – 本定义基于“物联网概述” [ITU-T Y.4000], 其中第6.2节规定“设备可以通过本地网络（即在设备与设备之间以及设备与网关之间提供本地连接的网络, 例如, 自组织网络）使用直接通信来与其他设备进行通信”。

3.2 本建议书中定义的术语

无。

4 缩写词和首字母缩略语

本建议书使用了下列缩写词和首字母缩略语:

3D	三维
IAN	物联网区域网络
IoT	物联网
SC&C	智慧城市和社区
WAN	广域网

5 惯例

在本建议书中:

关键词“须” (is required to) 指必须严格遵守的要求, 如果宣称符合本文件, 就不得违反。

关键词“建议” (is recommended) 指建议但并非需要绝对遵守的要求。因此, 宣称符合本文件不需要说明已满足此要求。

关键词“可选择性地” (can optionally) 和“可” (may) 指允许的选择性的要求但并非建议遵守。该术语并非意在要求供应商必须实施该选项, 网络运营商/服务提供商可选择性地提供该功能。供应商可选择性地提供该功能, 同时仍宣称符合规范。

6 基于物联网的土木工程基础设施健康监测系统概述

6.1 基于物联网的土木工程基础设施健康监测的必要性

土木工程基础设施的维护主要基于专家的定期视觉检查和诊断。如果在检查期间发现有任何劣化或损坏, 那么将采取适当的诊断和适当的措施来保持基础设施的良好状态, 并最大限度地减少维护成本。这需要丰富的经验和知识, 并需要分配和培训人力资源。

土木工程基础设施健康监测指的是测量这些基础设施状态、获取和比较数据以了解劣化发生和随时间进展情况的行为。基于物联网的土木工程基础设施健康监测是一种获得检查和诊断基础设施所需之信息的有效手段, 精简基础设施维护和管理工作的方法。预计将作为一种用于补充检查和调查工作的方法。

6.2 基于物联网的土木工程基础设施健康监测系统的参考模型及相关站点

基于物联网的土木工程基础设施健康监测系统（以下简称“系统”）收集、积累和处理处于健康监测下的土木工程基础设施的客观数据，并为用于支持基础设施维护和运行工作的应用程序提供数据。相比其他物联网系统，本系统有两个特别的特性。

第一个特性是单由一个传感器测得的数据是没有意义的，除非所监测结构的信息与测得的数据相关联。第二个特性是土木工程基础设施是长期运行的，通常高达几十年。在此长期运行期间，需要系统持续地积累数据。

基于物联网的土木工程基础设施健康监测系统的参考模型和相关站点如图1所示。

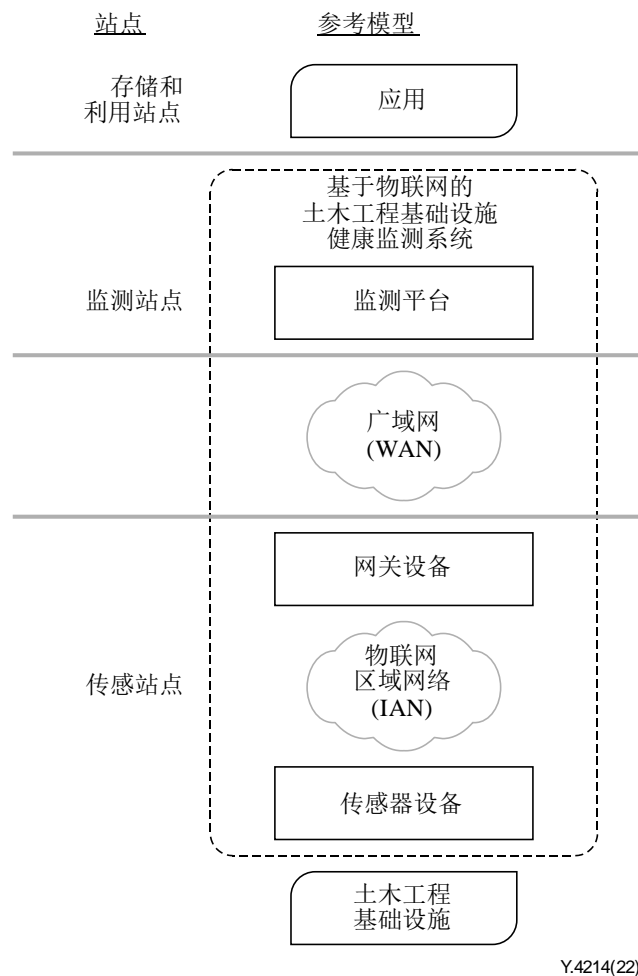


图 1 - 基于物联网的土木工程基础设施健康监测系统的参考模型及相关站点

6.2.1 参考模型

基于物联网的土木工程基础设施健康监测系统的参考模型由五部分组成：传感器设备、网关设备、监测平台以及连接这些组件的网络，即物联网区域网络（IAN）和广域网（WAN）。图1所示的虚线标定基于物联网的土木工程基础设施健康监测系统的参考模型。土木工程基础设施和应用程序在系统之外。

- 土木工程基础设施：表示需接受健康监测的大规模结构，例如，道路、桥梁和隧道。
- 传感器设备：表示用于测量健康监测指标（包括可转换为指标的原始数据）的设备。传感器设备不仅指“传感器”，还包括用于通信、临时存储数据、数据处理和位置测量（例如，用于从图像数据中的相对位置计算绝对位置的物理标记或激光照射设备）的辅助设备。
- 网关设备：表示用于集总一个或多个传感器设备测得之数据并发送给监测平台的通信设备。网关设备并不总是永久地在传感站点上。有些情况下，带有网关设备的车辆会巡查传感站点，还有一些情况下，检查员会手工携带临时存储于离线传感器设备中的数据。
- 监测平台：表示用于累积在传感站点上测得之数据、搜索和显示累积之数据、执行简单警报检测（例如，阈值交叉）并将其转换为可供应用程序进行分析之数据的服务器。
- 应用程序：表示基于可用参考数据（例如，在类似条件下的其他传感站点上收集的数据）对在传感站点上按时间顺序收集的数据进行比较/分析的服务器，以预测劣化和/或评估修理方法。
注 – 数字孪生技术可用于支持这些目标。
- 物联网区域网络（IAN）：表示由一个网关设备和多个传感器设备组成的网络。关于用何种技术来在IAN内传输则超出了本建议书的讨论范围。
- 广域网（WAN）：表示用于将在传感站点测得的数据传输到监测站点的网络。关于用何种技术来在广域网内传输则超出了本建议书的讨论范围。

本参考模型符合[ITU-T Y.4113]中规定的物联网基本模型。本建议书中的传感器设备、网关设备、监测平台、应用程序和广域网可以映射到设备、网关、物联网平台、物联网应用服务器以及[ITU-T Y.4113]中核心网和接入网的组合。

6.2.2 与参考模型相关的站点

系统某一部分的运行责任位置称为“站点”，站点可分为以下三种类型：传感站点、监测站点以及存储和利用站点。

- 传感站点：它管理土木工程基础设施中的一个或多个部分，并通过传感器设备测量基础设施健康监测的客观数据。它视情将测得的数据传送给一个相应的监测站点。在其控制下一个传感站点有一个或多个土木工程基础设施。图2显示了传感站点与土木工程基础设施之间的聚合关系。

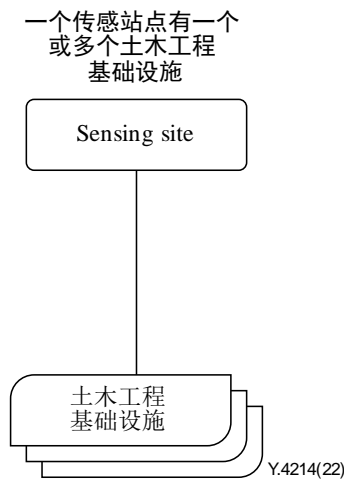


图 2 – 传感站点与土木工程基础设施之间的聚合关系

- 监测站点：它管理一个或多个传感站点，并维护接受监测的基础设施的部分。在其监视下一个监测站点有一个或多个传感站点。图3显示了监测站点与传感站点之间的聚合关系。

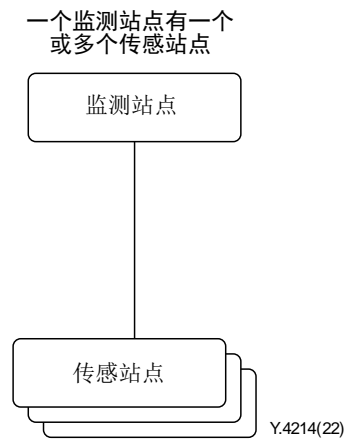


图 3 – 监测站点与传感站点之间的聚合关系

- 存储和利用站点：它为应用程序提供数据，并确保视情长期存储数据。在其控制下一个存储和利用站点收集来自一个或多个监测站点的数据。一个监测站点可能不需要连接到任何存储和利用站点（例如，当监测站点上实现的功能足以满足用户需求时），或者可以从一个或多个存储和利用站点引用。图4显示了存储和利用站点与监视站点之间的聚合关系。

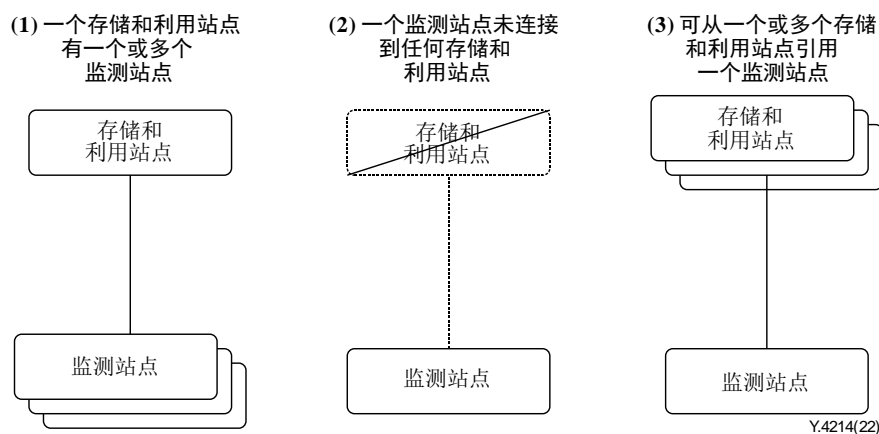


图 4 – 存储和利用站点与监测站点之间的聚合关系

7 基于物联网的土木工程基础设施健康监测系统的要求

物联网的高级要求在[ITU-T Y.4000]中予以明确。物联网的共同要求在[ITU-T Y.4100]中予以明确。物联网的网络要求在[ITU-T Y.4113]中予以明确。

在本建议书中，明确了基于物联网的土木工程基础设施健康监测系统的特定要求。

7.1 一般要求

7.1.1 长期运行

- 建议系统专为长期使用而设计。
注 – 土木工程基础设施（例如，道路、桥梁和隧道）已使用50年以上，建议监测系统的运行寿命也应比一般物联网系统的长得多。
- 建议数据语义不依赖于某特定技术、平台架构、制造商等。
- 在运行期间替换传感器设备或改变传感器设备型号的情况下，需要保持数据的连贯性。

7.1.2 测得的数据

- 需要系统具有收集和存储用于基础设施健康监测的数据的功能，例如，长度、频率、倾斜角、亮度、红外线、辐射、图像、语音、天气数据等。
- 不仅需要系统收集和存储传感器设备收集的原始数据，而且需要系统收集和存储经处理的数据（来自对传感器设备、网关设备或监测平台的原始数据进行计算或转换）。
- 即使测量方法不同，也需要以相同的方式来处置为相同目的而测得的数据。在健康监测中有各种各样的方法可用于测量数据，但通过任何方法测得的数据都应作为（或转换为）相同数据来处置。例如，可以使用位移计来测量位移，或者自激光、图像、加速度计等计算得到。该设备应使用相同的测量单元和以相同的精度生成相同类型的数据。
- 即使传输技术或平台技术不同，也需要以相同的方式来处理测得的数据。无论是安装于传感站点上的传感器设备通过网络将数据传送给监测平台，还是手工携带包含数据的存储介质，都应以相同的方式来处置数据。

- 如果目标数据由通过多个设备测得的数据元素组成，那么需要系统将同一事件相关的各数据集关联起来。例如，当安装传感器设备时，在使用辅助设备指定相对位置信息的情况下，应存储设备与位置之间的关系信息。

7.1.3 信息模型

- 建议遵循用于处理和存储数据的信息模型的规范，以便保证数据连贯性以及与应用程序或不同系统共享数据。

注 – 在本建议书中未指定使用的信息模型，数据格式和通信协议留待每个系统的实施方案来决定。

7.1.4 位置和安装

- 需要系统记录传感器设备的安装信息，例如，位置、方向和安装方法。
- 需要系统记录传感器设备与土木工程基础设施元素之间的关联关系。
- 建议系统使用在建造土木工程基础设施期间创建的3D模型表示来记录传感器设备与土木工程基础设施元素之间的关联关系。

7.2 传感器设备要求

- 需要传感器设备测量用于健康监测的数据。例如，用于基础架构监测的数据通常分为以下类型：
 - 物理量：长度、频率、倾斜角等
 - 电磁量：亮度、图像、红外线、辐射等
 - 电量：电流、电压等
 - 媒体数据：语音、图像、视频等
- 传感器设备可选择性地具有用于通信、临时存储数据、处理数据和诸如传感器数据转换等初步分析的功能。

注 – 传感器设备可以在一个或多个物理设备中实现所有上述功能。

7.3 网关设备要求

- 需要网关设备经物联网区域网络通过安装在传感器站点上的传感器设备来聚合传感器设备收集的数据，并需要它经广域网将这些数据传送给监测平台。

注1 – 如果传感器设备直接与广域网通信，或者如果手工收集临时存储于传感器设备中的数据，那么可以不使用网关设备。

- 需要网关设备从监测平台接收指令，并需要对物联网区域网络和传感器设备进行管理。
- 网关设备可选择性地具有移动功能。

注2 – 网关设备通常安装在传感站点的固定位置上。不过，在某些场景下可移动到其他位置，例如，当它通过用于巡查传感站点的车辆移动穿过传感站点时。

- 网关设备可选择性地具有临时存储数据、处理数据和初步分析的功能，例如，转换传感器数据。

7.4 监测平台要求

- 需要监测平台具有按规定格式存储数据的功能。
- 需要监测平台具有通过任何关键词搜索数据的功能。
- 监测平台可选择性地具有按人可读格式（例如，图或表）在显示器或纸面上查看数据的功能。
- 需要监测平台管理传感站点中的传感器设备、网关设备和物联网区域网络，并根据需要向网关设备发送指令和/或通知管理员。
- 监测平台可选择性地具有执行简单警报检测的功能，例如，超出特定阈值并通知管理员。
- 监测平台可选择性地具有将在传感站点上收集之数据转换为可供应用程序进行分析之特定格式的功能。

7.5 网络要求

- 需要物联网区域网络和广域网提供系统所需的功能，并以可靠的方式运行。
注 – 物联网区域网络和广域网可以是专用网络、公共网络或二者的组合。

附录I

基于物联网的土木工程基础设施 健康监测的使用案例

(此附录非本建议书不可分割的组成部分)

[b-ITU-T Y-Sup.56]第8.9节介绍了以下四个土木工程基础设施健康监测的示例，作为智慧城市和社区（SC&C）使用案例。

- 1) 利用相机图像监测裂纹
- 2) 利用位移计监测裂纹
- 3) 利用光纤监测裂纹或应变
- 4) 利用加速度计监测变形

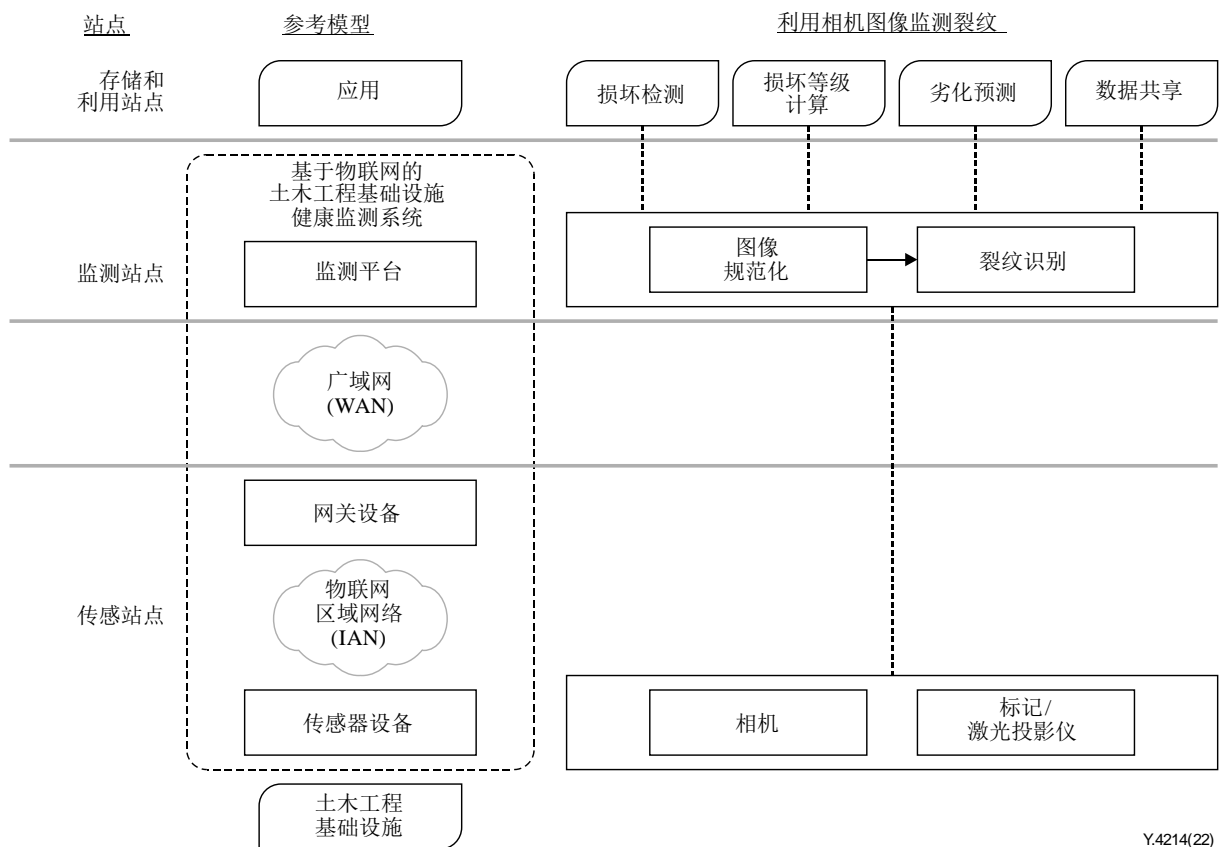
本附录显示了将本建议书中的参考模型应用于这些使用案例时的系统配置示例。

- 1) 利用相机图像监测裂纹

在使用相机图像进行裂纹监测中，利用相机从桥下的地面捕获道路的底板底面，并记录底板底面上的裂纹状态。系统可以通过对以一定间隔拍摄的多个镜头来监测裂纹的进展情况并评估损坏状态。

- 数码相机用作传感器设备，以从桥下的地面捕获道路底板底面的图像。
- 由于与土木工程基础设施相比，裂纹的尺寸非常小，因此对一个基础设施元件要拍摄数十或数百张图像。
- 每张捕获的图像包含失真，因此必须将之转换为正交投影图像以进行定量监测。诸如物理标记、结构特征点和激光照射器的辅助设备用作该转换的参考点。这些辅助设备作为传感器设备来处置。
- 如上所述，监测平台继续对捕获的每张图像进行正交投影转换，并将这些重叠的图像合并为一张单张的图像。
- 监测平台从底板底面的合并图像中读取和存储裂纹的形状和宽度。
- 应用程序可以利用和分析存储在监测平台中的裂纹信息，来检测损坏、计算损坏程度、预测未来的损坏进度，并与其他系统共享数据。

图I.1描述利用相机图像监测裂纹。



Y.4214(22)

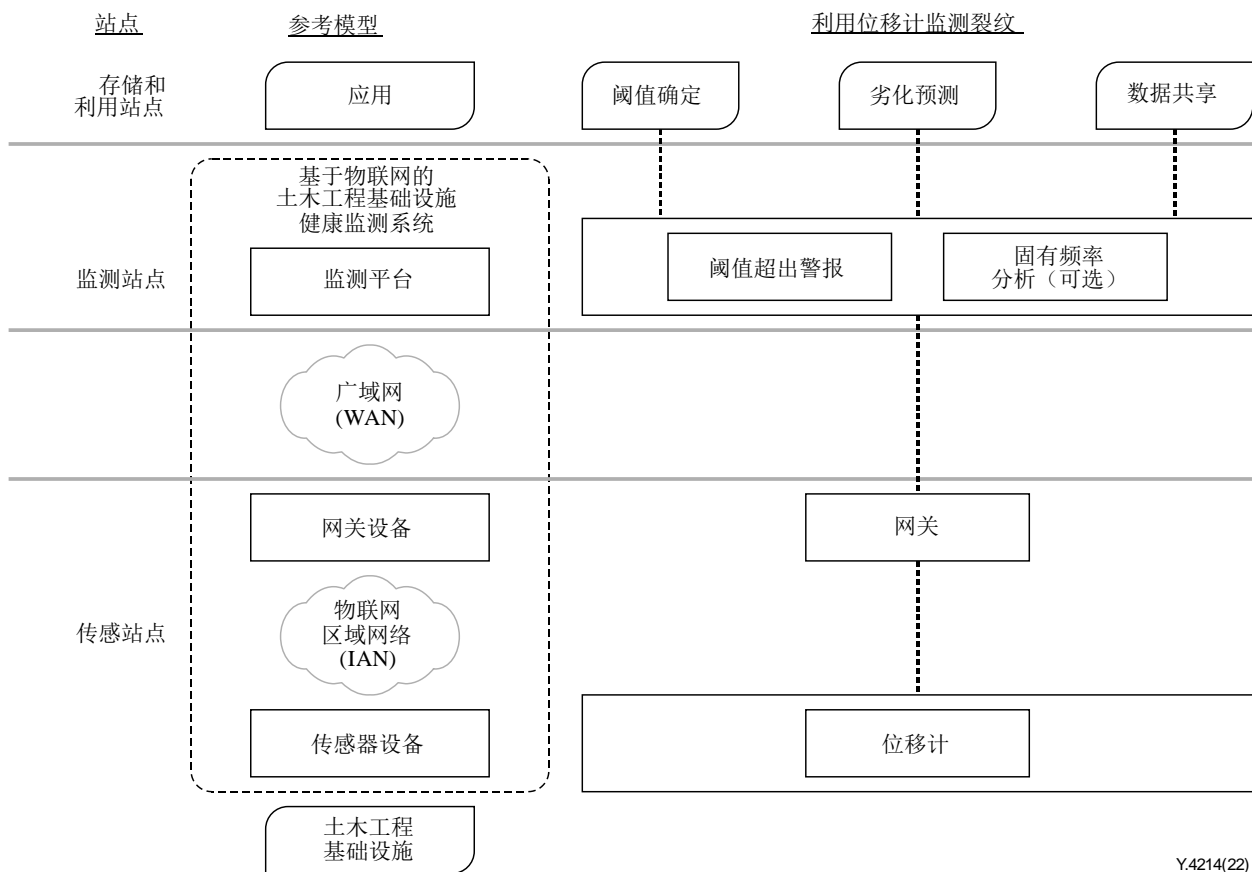
图 I.1 – 利用相机图像监测裂纹

2) 利用位移计监测裂纹

利用位移计监测裂纹将对已发现损坏的楼板底面与安装于桥下的不动梁之间的位移进行监测。本监测通过确定旨在防止事故的阈值来指明楼面底板的损坏状态。

- 位移计用作传感器设备，以测量底板与不可移动光束之间的位移。
- 监测平台可以存储时间序列位移数据并在位移超出某个阈值时发出警报。为了检测结构性能方面的变化，监测平台可以从位移数据执行固有频率分析。
- 应用程序可以利用和分析存储在监测平台中的位移数据，来预测未来的损坏进度、确定警报阈值，并与其他系统共享数据。

图I.2描述利用位移计监测裂纹。



Y.4214(22)

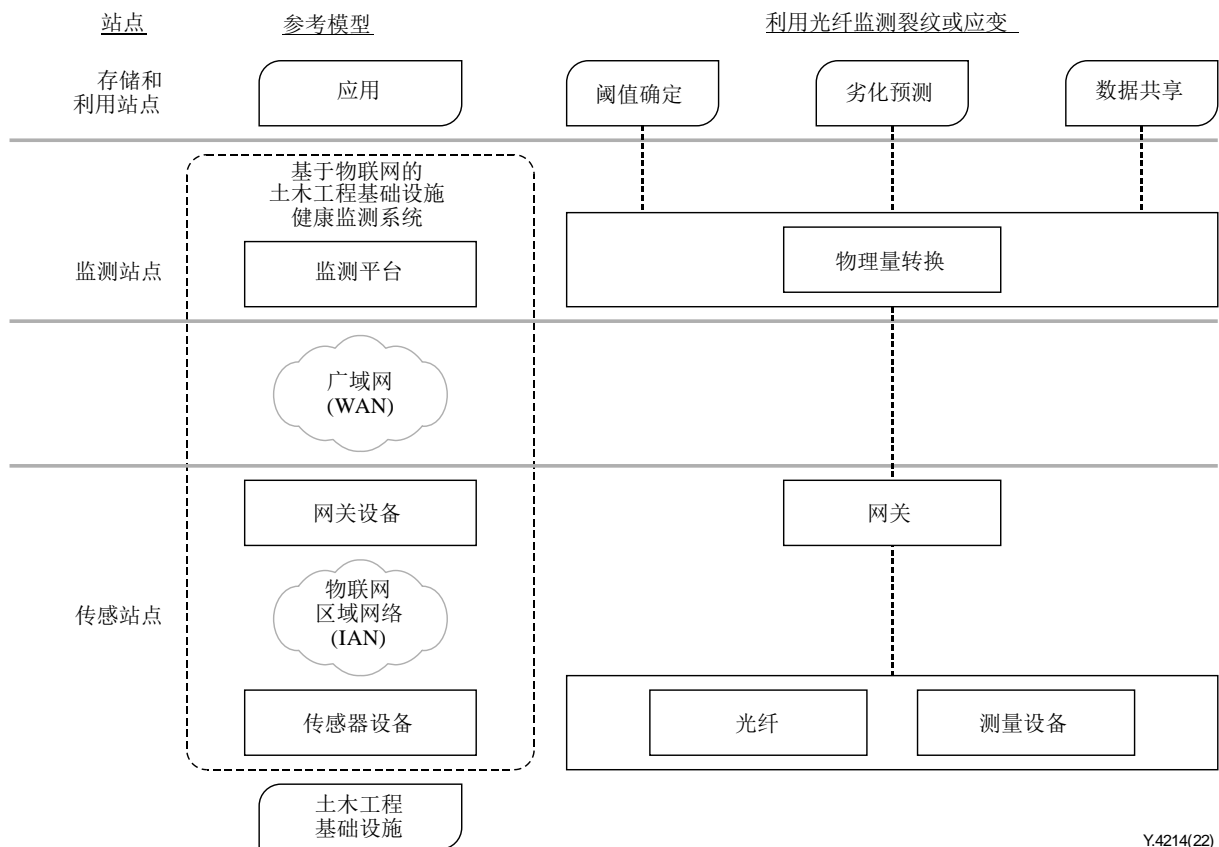
图 I.2 – 利用位移计监测裂纹

3) 利用光纤监测裂纹或应变

利用光纤监测裂纹或应变将从光纤（安装于底板下面）综合测得的传输光量的变化中检测劣化和变形。

- 传感器设备是一种光学测量设备，它以规则的间隔在光纤上传输光脉冲，来测量漫反射返回时间。
- 监测平台将测量结果转换为物理量（位移、应变等），并对数据进行存储。
- 应用程序可以利用和分析存储在监测平台中的数据，来预测未来的损坏进度、确定警报阈值，并与其他系统共享数据。

图I.3描述利用光纤监测裂纹或应变。



Y.4214(22)

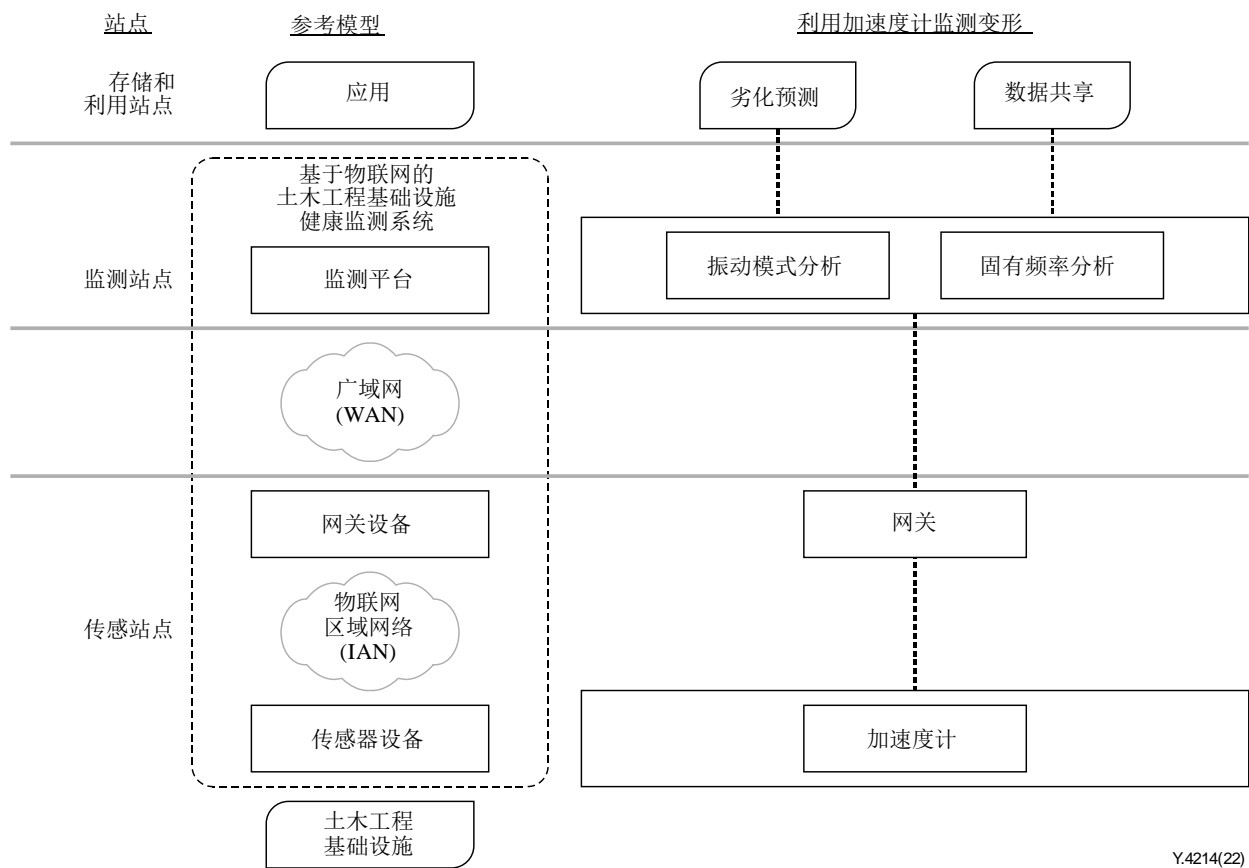
图 I.3 – 利用光纤监测裂纹或应变

4) 利用加速度计监测变形

利用加速度计监测变形将通过安装在结构中的加速度计测得的结构固有频率或振动模式，来监测结构性能方面的变化。

- 一个或多个加速度计用作传感器设备。
- 监测平台分析加速度计测得的加速度数据，并执行固有频率分析或振动模式分析。
- 应用程序可以利用和分析存储在监测平台中的数据，来预测未来的损坏进度，并与其他系统共享数据。

图I.4描述利用加速度计监测变形。



Y.4214(22)

图 I.4 – 利用加速度计监测变形

参考资料

- [b-ITU-T Y.4213] ITU-T Y.4213建议书，监测城市实体资产的物联网要求和能力框架。
- [b-ITU-T Y-Sup.56] ITU-T Y系列建议书 - 增补56（2019年），智慧城市与社区应用案例

ITU-T建议书系列

A系列	ITU-T工作的组织
D系列	资费及结算原则和国际电信/ICT的经济和政策问题
E系列	综合网络运行、电话业务、业务运行和人为因素
F系列	非话电信业务
G系列	传输系统和媒介、数字系统和网络
H系列	视听及多媒体系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网络和电视、声音节目及其他多媒体信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	环境与ICT、气候变化、电子废物、节能；线缆和外部设备的其他组件的建设、安装和保护
M系列	电信管理，包括TMN和网络维护
N系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O系列	测量设备的技术规范
P系列	电话传输质量、电话设施及本地线路网络
Q系列	交换和信令，以及相关的测量和测试
R系列	电报传输
S系列	电报业务终端设备
T系列	远程信息处理业务的终端设备
U系列	电报交换
V系列	电话网上的数据通信
X系列	数据网、开放系统通信和安全性
Y系列	全球信息基础设施、互联网的协议问题、下一代网络、物联网和智慧城市
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题