**附件1**



CECS ×××:××××

中国工程建设标准化协会标准

模板工程自动化监测技术规程

Technical specification for automation monitoring of formwork engineering

**（征求意见稿）**

**前言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2016年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2016] 038号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 监测方法及测点布置；5 监测系统；6 现场监测；7监测数据处理。

本规程由中国工程建设标准化协会负责管理，由广州市建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送广州市建筑科学研究院有限公司（地址：广东省广州市白云大道北833号，邮编：510440）。

**主编单位：**广州市建筑科学研究院有限公司

**参编单位：**

**主要起草人员：**

**主要审查人员：**

目次

[1总则 1](#_Toc491243730)

[2 术语和符号 2](#_Toc491243731)

[2.1 术语 2](#_Toc491243732)

[2.2符号 4](#_Toc491243733)

[3 基本规定 5](#_Toc491243734)

[4监测方法及测点布置 9](#_Toc491243735)

[4.1一般规定 9](#_Toc491243736)

[4.2面板沉降监测 9](#_Toc491243737)

[4.3立杆轴力监测 11](#_Toc491243738)

[4.4支架整体失稳监测 12](#_Toc491243739)

[4.5支架局部失稳监测 13](#_Toc491243740)

[5 监测系统 15](#_Toc491243741)

[5.1 一般规定 15](#_Toc491243742)

[5.2监测设备 15](#_Toc491243743)

[6 现场监测 17](#_Toc491243744)

[6.1 一般规定 17](#_Toc491243745)

[6.2报警值 17](#_Toc491243746)

[6.3监测中的信息反馈 18](#_Toc491243747)

[7 监测数据处理 19](#_Toc491243748)

[本规程用词说明 20](#_Toc491243749)

[条文说明 21](#_Toc491243750)

# **1**总则

**l.0.1**为了在模板工程自动化监测中做到安全适用、技术先进、数据可靠、经济合理、保证质量，制定本规程。

**1.0.2**本规程适用于建设工程混凝土施工模板的自动化监测。

**1.0.3**模板工程自动化监测应综合考虑建设现场环境、模板支撑系统施工方案，制定科学的监测方案，精心组织和实施监测。

**1.0.4**模板工程自动化监测除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# **2** 术语和符号

**2.1 术语**

**2.1.1** 面板surface slab

直接接触浇筑混凝土的受力板，包括拼装板和加肋楞带板。面板的种类有钢、木、胶合板、塑料板等。

**2.1.2** 支架support

支撑面板用的楞梁、立柱、连接件、斜撑、剪刀撑和水平拉条等构件的总称。

**2.1.3** 连接件pitman

面板与楞梁的连接、面板自身的拼接、支架结构自身的连接和其中二者相互连接所用的零配件，包括卡销、螺栓、扣件、卡具、拉杆等。

**2.1.4** 模板支撑系统shuttering

由面板、支架和连接件三部分系统组成的构件体系，简称为“模板”。

**2.1.5** 模板工程formwork engineering

建设工程中模板支撑系统的设计、施工。

**2.1.6** 单元框架 frame unit

由纵向和横向竖向剪刀撑围成的矩形单元结构。

**2.1.7** 连墙件 tie member

将模板支架与既有结构连接，能够传递拉力和压力的构件。

**2.1.8** 沉降settlement

模板支撑面在荷载作用下产生的竖向移动。其下沉的数值称为沉降量。

**2.1.9** 立杆轴力 axial force of upright tube

与立杆轴线相重合的内力。

**2.1.10** 整体失稳overall buckling

在荷载作用下，整个支架或单元框架发生较大变形或屈曲。

**2.1.11** 局部失稳 local buckling

在荷载作用下，立杆发生较大变形或屈曲。

**2.1.12** 位移displacement

模板产生的非竖向变形。

**2.1.13** 基准点benchmark

为进行变形监测而布设的稳定的、需长期保存的测量控制点。

**2.1.14** 监测点monitoringpoint

布设在模板支撑系统上并能反映其变化特征的观测点。

**2.1.15** 模板自动化监测automation monitoring of formworks

采用自动控制技术、通信技术、计算机网络技术、物联网技术、数据库技术等对模板支撑系统的受力、变形进行持续的数据采集、处理、分析和报警的过程。

**2.1.16** 数据无线传输transfer data by wireless

以无线媒介为载体，进行数据信息传输的方式。

**2.1.17** 数据采集装置 data acquisition unit

按某种数据采集方式进行数据采集的设备。

**2.1.18** 采集系统 acquisition system

对监测仪器信号进行数据采集的硬软件系统。

**2.1.19** 监测系统 monitoring system

由布置在模板支撑系统上的监测仪器及采集系统组成的系统。

**2.1.20** 监测频率 frequency of monitoring

单位时间内的监测次数。

**2.1.21** 监测报警值 alarming value on monitoring

对表征监测对象可能发生异常或危险状态的监测量的设计允许值的0.8倍。

**2.2符号**

*H*——支架高度

*l*——长度、跨度

*θ*——立杆倾角报警值

*d*——水平位移报警值

# **3** 基本规定

**3.0.1**模板工程自动化监测项目应包括施工过程中的面板变形、支撑变形和支撑内力等。

**3.0.2**模板工程施工前，应委托具备相应资质的第三方监测单位对模板工程实施现场监测。

**3.0.3**模板工程监测单位应根据模板施工方案编制监测方案，监测方案应包括以下内容：

**1**工程概况；

**2**监测目的和依据；

**3**监测项目、监测方法和监测仪器的选择；

**4**采样频率和监测报警值；

**5**监测点的布设和保护；

**6**监测人员组织；

**7**监测过程中的信息反馈；

**8**监测报警及异常情况下的监测应急处理预案；

**9**监测工作需其他单位配合的事项。

**3.0.4** 模板支撑系统可根据搭设高度、跨度和承受荷载，按表3.0.4-1分为三类。模板工程监测的项目应根据模板支撑系统的类别按表3.0.4-2进行选择。

**表3.0.4-1模板支撑系统类别**

|  |  |
| --- | --- |
| 类别 | 分类标准 |
| 一类 | 搭设高度8m以上；  或搭设跨度18m以上；  或施工总荷载15kN/m2以上；  或集中线荷载20kN/m以上。 |
| 二类 | 一类，三类之外。 |
| 三类 | 搭设高度5m以下；  或搭设跨度10m以下；  或施工总荷载10kN/m2以下；  或集中线荷载15kN/m以下。 |

**表3.0.4-2模板工程监测项目**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 模板支撑类别  监测项目 | 一类 | 二类 | 三类 |
| 面板沉降 | √ | √ | √ |
| 立杆轴力 | √ | △ | ○ |
| 支架整体失稳 | √ | √ | △ |
| 支架局部失稳 | √ | √ | △ |

注：√—应测项目；△—宜测项目；○—选测项目

**3.0.5**模板工程监测可按图3.0.5规定的流程实施。



图3.0.5监测流程

**3.0.6**监测单位在资料搜集、现场踏勘阶段主要工作应包括：

**1**了解建设单位和相关单位的具体要求；

**2**收集模板支撑系统的设计图纸、计算书、施工方案和专项专家评审意见书；

**3**通过现场踏勘，复核模板现场搭设与模板施工方案是否一致，制定现场监测方案。

**3.0.7**监测单位应严格实施监测方案，监测过程中监测数据达到监测报警值时必须立即启动监测应急处理预案。

**3.0.8**当模板施工方案有重大变更时，监测单位应及时调整监测方案。

**3.0.9**监测开始前，监测单位应对现场施工安全管理人员宣贯监测应急处理预案。监测应急处理预案应包括下列内容：

**1**安全技术措施；

**2**突发事故的应急处理方法；

**3**事故应急救援及上报程序；

**4**监测数据保护措施。

**3.0.10**监测值超报警值，应在分析原因、排除险情后方可继续施工。

**4**监测方法及测点布置

**4.1一般规定**

**4.1.1**监测点应根据工程现场情况和反映模板支撑系统安全状态原则进行布置。监测点应具有代表性，对模板支撑系统的重要部位应进行重点监测。

**4.1.2**监测点应稳固、明显，且应采取保护措施。

**4.2面板沉降监测**

**4.2.1**面板沉降可采用位移传感器，对面板的竖向位移量进行监测，如图4.2.1所示。



图4.2.1面板沉降监测方法

**4.2.2**考虑支架底座支承面沉降影响时，可采用基准桩提供沉降监测基准点，基准点应与面板沉降监测点在垂直方向上对应，如图4.2.2所示。



图4.2.2采用基准桩的面板沉降监测方法

**4.2.3**面板沉降监测点的布置应综合考虑模板支撑系统类别、构件种类等确定，可参考表4.2.3布置。

**表4.2.3面板沉降监测点布置**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 结构 | 构件种类 | 一类 | 二类 | 三类 |
| 肋梁楼盖 | 主梁 | 不小于2个测点，相邻测点间距不大于10m | 不小于1个测点，相邻测点间距不大于10m | 不小于1个测点 |
| 次梁 | 不小于1个测点 | 根据需要设定 | 根据需要设定 |
| 板 | 板中央布置1个测点 | 板中央布置1个测点 | 根据需要设定 |
| 无梁楼盖 | 板 | 每个柱网格内不少于5个测点，相邻测点间距不大于10m | 每个柱网格内不少于4个测点，相邻测点间距不大于10m | 每个柱网格内不小于1个测点 |

**续表4.2.3**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 结构 | 构件种类 | 一类 | 二类 | 三类 |
| 桥 | 梁 | 顺桥向不小于3个监测剖面，每剖面不小于3个测点 | 顺桥向不小于2个监测剖面，每剖面不小于3个测点 | 顺桥向不小于1个监测剖面，每剖面不小于3个测点 |

注：其它特殊结构根据需要设定。

**4.2.4**模板支架人行通道横梁跨中正上方面板处应设置面板沉降监测点，沿通道走向相邻测点不宜大于5m。

**4.3立杆轴力监测**

**4.3.1**立杆轴力监测可采用压力传感器，对面板施加在立杆上的压力进行测量。

**4.3.2**压力传感器可安装在立杆可调托撑与面板或楞梁之间，压力传感器与立杆、面板或楞梁间应保持紧密接触，接触面应平整、坚固，如图4.3.2所示。



图4.3.2 压力传感器安装方式

**4.3.3**立杆轴力测点应设置在荷载较大的区域，宜根据计算的最不利受力位置，选取有代表性的立杆布置轴力监测点，可按表4.3.3布置。

**表4.3.3立杆轴力监测点布置**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 结构 | 构件 | 一类 | 二类 | 三类 |
| 肋梁楼盖 | 主梁 | 不小于2个测点，相邻测点间距不大于10m | 不小于1个测点，相邻测点间距不大于10m | 根据需要设定 |
| 次梁 | 根据需要设定 | 根据需要设定 | 根据需要设定 |
| 板 | 根据需要设定 | 根据需要设定 | 根据需要设定 |
| 无梁楼盖 | 板 | 每个柱网格不少于1个测点，相邻测点间距不大于10m | 每个柱网格不少于1个测点，相邻测点间距不大于10m | 根据需要设定 |
| 桥 | 梁 | 顺桥向应设置不小于3个监测剖面，每个剖面不小于3个测点 | 顺桥向应设置不小于2个监测剖面，每个剖面不小于3个测点 | 根据需要设定 |

注：其它特殊结构根据需要设定。

**4.4支架整体失稳监测**

**4.4.1**支架整体失稳应监测支架的整体水平位移，可采用位移传感器进行监测，且应符合下列规定：

**1**无剪刀撑的支架，监测支架顶部沿支架刚度较差方向的水平位移；

**2**有剪刀撑的支架，监测单元框架上部沿支架刚度较差方向的水平位移。

**4.4.2**支架整体失稳监测点的设置应符合下列规定：

**1**无剪刀撑的支架，设置在支架顶层；

**2**有剪刀撑的支架，设置在单元框架上部1/2高度处。

**4.4.3**支架整体失稳水平位移监测点宜布置在支架外侧，相邻测点水平间距应不大于10m。

**4.5支架局部失稳监测**

**4.5.1**支架局部失稳应监测立杆顶部和中部局部变形，应符合下列规定：

**1**支架顶部变形的监测，可采用位移传感器监测水平变形或倾角传感器监测顶部立杆变形；

**2**支架中部局部变形可采用倾角传感器监测，当支架等步距时，可监测代表性步间立杆变形；支架不等步距时，可监测最大步距立杆段变形。

**4.5.2**支架局部失稳监测点的设置应符合下列规定：

**1**监测支架顶部变形的位移传感器设置在可调托座下方，监测支架顶部变形的倾角传感器应安装在可调托撑调节螺母下方，如图4.5.2所示；

**2**监测支架中部局部变形的倾角传感器应设置在立杆段1/4步距处。



图4.5.2监测支架顶部变形的倾角传感器安装方式

**4.5.3**支架局部失稳监测点应布置在轴力监测的立杆上。

# **5** 监测系统

**5.1 一般规定**

**5.1.1**自动化监测系统设计应遵循“实用、可靠、先进、经济”的原则。

**5.1.2**自动化监测系统由传感器、监测仪、现场声光报警器、数据采集和管理软件组成。自动化监测系统的功能应符合以下要求：

**1**系统应具有掉电保护功能。电源突然中断时，系统应保证数据和参数不丢失，并能使用后备电源持续工作，交流掉电运行时间不应小于2h；

**2**具有现场和远程通信功能。

**5.2监测设备**

**5.2.1**传感器基本功能应符合以下要求：

**1**具有良好的稳定性和可靠性；

**2**满足量程和精度要求。监测仪器量程应介于估计值的2倍~3倍；采用机械式测试仪器时，精度应为估计值的1/10；分辨率应为估计值的1/100；

**3**具有与监测仪或采集仪进行通信的功能。采用有线传输的传感器具有掉电保护功能。数据无线传输的传感器自带电池模块，电池工作时长大于72h；

**4**具备防潮、防水溅、防尘等性能。

**5.2.2**监测仪的功能应符合以下要求：

**1**具有可视化用户界面，能方便地修改系统设置、设备参数及运行方式；可根据实测数据反映的状态进行修改监测的频次和选择监测点等；

**2**具有自动触发声光报警器报警功能；

**3**具有运行日志功能。

**5.2.3**传感器及监测仪应经过校准或检定，并应在规定的校准有效期内使用。

**5.2.4**数据采集装置和管理软件，应具有以下基本功能：

**1**基于通用的操作环境，具有可视化、图文并茂的用户界面，可方便地修改系统设置、设备参数及运行方式；

**2**能显示监测主体的总体布置、监测各测点过程曲线、报警状态显示窗口等；

**3**具有报表制作及编辑功能；

**4**远程管理软件具有在线监测、离线数据分析、数据库管理、数据备份、图形报表制作和信息查询、系统管理、安全保密、运行日志等功能。

# **6** 现场监测

**6.1 一般规定**

**6.1.1** 监测开始前，监测人员应提前进场，做好监测准备工作。准备工作包括：场地踏勘，电源供应，监测传感器布设，监测应急处理预案交底等。

**6.1.2**监测设备应选择安全、干燥、开阔场地放置，与模板距离不宜小于1倍支架高度。监测设备应有可靠的防水及防晒措施，并设置短路和漏电保护装置。

**6.1.3**当采用有线方式传输数据时，现场线路布置不得影响现场施工正常进行。当采用无线传输方式传输数据时，应避免现场强电磁场对无线通讯的干扰。

**6.1.4**监测现场应具备声光报警装置或其他方式报警功能。

**6.1.5**监测过程中所有原始实测数据应全部存入数据库。

**6.1.6**监测频率应根据支撑结构规模、周边环境、自然条件、施工阶段等因素确定。为保证监测过程的连续性，宜采用实时不间断监测，采样频率不宜低于0.2Hz。监测时间应从开始浇筑混凝土至混凝土达到初凝，且监测参数稳定为止。

**6.1.7**监测单位应定期对监测人员进行安全培训，现场监测人员应遵守相关安全操作规章制度。

**6.2报警值**

**6.2.1**监测开始前必须确定监测报警值，监测报警值应按照模板工程施工方案确定。

**6.2.2**面板沉降的监测报警值为模板构件竖向变形容许值的0.8倍。模板构件竖向变形容许值为：

**1**对结构表面外露的模板，为模板构件计算跨度的1/400；

**2**对结构表面隐蔽的模板，为模板构件计算跨度的1/250。

**6.2.3**立杆轴力的监测报警值为单根立杆最大允许荷载的0.8倍。

**6.2.4**水平位移的监测报警值可取为*H*/300，其中*H*为支撑结构高度。

**6.2.5**立杆倾角监测报警值可根据水平位移监测报警值与被监测立杆段长度计算确定。计算公式为：

*θ=d/l* (6.2.5-1)

式中 *θ*——立杆倾角监测报警值

*d* ——水平位移报警值

*l*——被监测立杆段长度

**6.3监测中的信息反馈**

**6.3.1**监测过程中，监测单位应以不低于每60min一次的频率将监测状态提交给委托方。

**6.3.2**当出现下列情况之一时，应立即开启声光报警装置、启动监测应急处理预案并通报委托方：

**1**监测值达到报警值；

**2**模板破裂混凝土泻漏；

**3** 支撑地基出现突然较大沉降或严重开裂的异常变化。

# **7** 监测数据处理

**7.0.1**现场监测工作完成后，监测人员应对监测数据进行分析，及时提供监测报告。

**7.0.2**现场监测人员应对监测数据的真实性负责，监测报告编写人员应对监测报告的可靠性负责，监测单位应对整个项目监测质量负责。监测记录和监测技术成果均应有责任人签字，监测技术成果应加盖监测单位监测报告章或公章。

**7.0.3**监测报告应真实、准确、可靠、完整，并应应包括下列内容：

**1**工程概况；

**2**监测依据；

**3**监测项目；

**4**监测点布置；

**5**监测设备和监测方法；

**6**监测频率；

**7**监测报警值；

**8**监测参数时程图；

**9**各监测项目全过程的发展变化分析及整体评述；

**10**监测过程中报警及处理；

**11**监测结论及建议。

# 本规程用词说明

**1**为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1. 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

1. 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

1. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

1. 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

**2**条文中指明应按其他标准执行的写法为：“应符符合……的规定”或“应按……执行”。

中国工程建设标准化协会标准

模板工程自动化监测技术规程

**CECS**×××:××××

# 条文说明

目次

[1总则 23](#_Toc491243857)

[2术语和定义条文说明 25](#_Toc491243858)

[3基本规定 26](#_Toc491243859)

[4 监测方法及测点布置 29](#_Toc491243860)

[4.1 一般规定 29](#_Toc491243861)

[4.2面板沉降监测 29](#_Toc491243862)

[4.3立杆轴力监测 33](#_Toc491243863)

[4.4支架整体失稳监测 34](#_Toc491243864)

[4.5支架局部失稳监测 37](#_Toc491243865)

[5 监测系统 39](#_Toc491243866)

[5.1 一般规定 39](#_Toc491243867)

[5.2监测设备 39](#_Toc491243868)

[6 现场监测 41](#_Toc491243869)

[6.1 一般规定 41](#_Toc491243870)

[6.2报警值 41](#_Toc491243871)

[6.3监测中的信息反馈 42](#_Toc491243872)

[7 监测数据处理 43](#_Toc491243873)

# **1**总则

**1.0.1**模板支撑系统是用于混凝土施工的模板及其支撑结构。模板支撑系统是一种临时结构，根据构件的规格尺寸在现场进行模板拼装和支撑的搭设，在混凝土达到预定强度后拆除。混凝土的结构形式的多样性，决定了模板支撑系统的复杂性。在施工过程中模板工程发生坍塌是工程建设的主要事故类型之一，往往带来严重的后果。我国对建设工程模板支撑系统的设计和施工有相应的规范标准和法律法规，但缺少针对施工过程中的监测技术规程。近年来，高层与高耸、大跨度空间、异型结构在我国的不断发展，施工安全自动化监测技术也取得了长足的进步。随着我国工程建设规模的快速增长和监测技术的进步，除了传统的光学仪器监测外，自动化监测方法也应用到实际工程中，起到很好的效果，一定程度上解决了原有光学仪器或人工巡检存在的一些监测盲区。但是目前我国没有针对模板工程自动化监测的技术规范，具体实施监测时，监测方法、监测参数、布点、监测报警值等随机性较大，使得监测环节不能很好地起到应有的作用，亟需制定相应的监测技术规程，确保模板支撑施工安全。为达到有效的监测目的，满足当前模板支撑系统施工安全应用的需要，编制本规程。

**1.0.2**本条是对本规程适用范围的界定。模板工程监测目的是通过对模板支撑系统的变形和受力情况进行实时监测，发现模板支撑系统的安全隐患，预防事故。

**1.0.3**本条规定了模板工程自动化监测开始前应编制相应的监测方案。监测方案应结合具体施工方案和现场情况制定，做到安全可靠、经济合理。影响模板工程施工安全的因素很多，主要有：模板设计方案、现场搭设情况、混凝土浇注过程中对架体的影响等。模板工程监测要求综合考虑以上因素的影响，制订合理的监测方案，方案经审批后，由监测单位组织和实施监测。

**1.0.4**与本规程有关的现行国家规范、标准主要有：

《建筑施工模板安全技术规范》JGJ162

《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB50982

《建筑基坑工程监测技术规范》GB50497

《建筑扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130

《建筑施工碗扣式脚手架安全技术规范》JGJ166

《建筑施工门式钢管脚手架安全技术规范》JGJ128

《建筑施工承插型盘扣件钢管支架安全技术规程》JGJ231

《建筑施工临时支撑结构技术规范》JGJ300

《钢管满堂支架预压技术规程》JGJT194

《建筑施工木脚手架安全技术规范》JGJ164

《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ202

《建筑施工竹脚手架安全技术规范》JGJ254

《工程测量规范》GB50026

# **2**术语和定义条文说明

本节术语的条文仅列出容易混淆、误解的术语。

本规程给出了21个有关模板工程监测的专用术语，并在我国惯用的工程监测术语的基础上赋予特定的涵义。所给出的英文译名市参考国外资料和专业词典拟定的。

# **3**基本规定

**3.0.1**本条规定了自动化监测的内容。模板支撑系统主要包括模板和支撑结构。建设工程施工搭设的支撑结构，一般由钢管及配件等组成，包括钢管扣件式支撑结构、碗扣式支撑结构、承插式支撑结构和门式支撑结构等。主要作用是用于支撑模板，由于其构配件节点简单、安装方便等特点，在建设工程施工中广泛应用。支撑结构的变形将会导致面板变形发生混凝土漏浆、骨料掉落，甚至发生坍塌破坏。因此，分别对模板支撑系统的面板变形、支撑变形和支撑内力进行监测，可以直接发现施工过程中的安全隐患，防止事故发生。传统的监测使用肉眼观察或光学仪器观测，受工程现场条件制约，不能很好地反映模板支撑系统的安全状态。使用传感器进行自动化监测，可以实现对模板支撑系统变形和架体内力的监测。

**3.0.2**模板工程现场监测对技术人员的专业水平要求较高，要求监测数据分析人员要有结构工程、工程测量等方面的综合知识和较为丰富的工程实践经验。为了保证监测质量，国内外在监测管理方面开始走专业化道路，实践证明，专业化有力地促进了监测工作和监测技术的健康发展。此外，实施第三方监测有利于保证监测的客观性和公正性，一旦发生重大安全事故或社会纠纷时，监测结果是责任判定的重要依据。因此本规程规定模板施工前，由建设方委托具备相应资质的第三方对模板支撑系统实施现场监测。

第三方监测并不取代施工单位自己开展必要的施工监测，施工单位在施工过程中仍应进行必要的施工监测。

监测单位应具备承担模板工程监测任务的相应设备、仪器，有经过专门培训的监测人员以及经验丰富的数据分析人员，有必要的监测程序和审核制度等工作制度及其他管理制度。

**3.0.3**监测方案是监测单位实施监测的重要技术依据和文件，监测方案经委托方组织相关单位审定确认后执行。为了规范监测方案、保证质量，本条概括出了监测方案所包含的9个主要方面。

**3.0.4**模板工程现场监测项目的选择与模板支撑系统的搭设高度、跨度和承受荷载有关。本规程对模板支撑工程等级的划分方法根据住房和城乡建设部2009年发文《建设工程高大模板支撑系统施工安全监督管理导则》和《危险性较大的分部分项工程安全和监理办法》的相关内容进行划分。

面板沉降监测主要用于了解面板在垂直方向的变形发展趋势，模板支撑系统能安全地完成既定的工作目标，在施工过程中不发生模板破裂、坍塌，面板作为混凝土的承载面的垂直方向的变形是重要的监测要素。立杆轴力监测主要用于了解局部立杆承受的荷载发展趋势，防止局部堆载过大导致立杆轴压破坏或受压屈曲。整体失稳监测主要用于了解模板支架水平向的变形发展趋势，目的是防止架体整体失稳。局部失稳监测主要用于了解立杆局部变形发展趋势，目的是防止支架局部失稳。施工过程中的监测重点在于可实施性和直观性，对杆件进行应变或应力监测，在工程中不容易实施，且监测点和报警值不好确定，有必要时才对杆件进行应力应变监测，本规程不作详细规定。

**3.0.5**本条提供了监测单位开展监测工作宜遵循的一般工作程序。

**3.0.6**本条对现场踏勘、资料搜集阶段工作提出来具体要求。为正确地对模板支撑系统进行监测和评价，提高模板工程监测工作的效果，做到有的放矢，应尽可能详细地了解和搜集有关的技术资料。另外，有时委托方的介绍和提出的要求是笼统的、非技术性的，也需要通过调查来进一步明确委托方的具体要求和现场实施的可行性。

本条第二款要求监测单位搜集模板支撑系统的设计图纸和施工方案，只有在这些资料搜集齐全的基础上，才能把握好监测点的布设位置，才能进一步编制监测方案。

本条第三款要求监测单位通过现场踏勘掌握相关资料与现场状况是否属实。监测对象的布设和性状由于时间、工程变更等各种因素的影响有时会出现与原始资料不相符的情况，如果监测单位只是依据原始资料确定监测方案，可能会影响拟监测项目现场实施的可行性。

**3.0.7**监测单位应严格按照监测方案开展工作，不得随意减少测点、降低监测频率和缩短监测时长。当监测数据达到报警值时，必须立即发出危险报警，停止现场施工，撤离作业面上施工人员，并通知建设、设计、施工、监理及其他相关单位及时采取措施，待修复或排除险情后方可恢复施工。

**3.0.8**当在监测实施过程中，由于客观原因需要对监测方案作调整时，应按照工程变更的程序和要求，向建设单位提出书面申请，新的监测方案经审定后方可实施。

# **4** 监测方法及测点布置

## 4.1 一般规定

**4.1.1**监测点的布置以掌握建筑施工过程中模板支撑系统的整体工作性能为确定原则。

**4.1.2**测点的安全防护是对安装传感器做好防护措施，在测点周围设置必要的挡护，以防止上部掉落的混凝土、细石、水对测点的影响。

## 4.2面板沉降监测

**4.2.1**当支架底座支承面承载力不足时，在荷载的作用下，支承面将发生沉降，当这种沉降不均匀时，在沉降较大区域的立杆将在面板上的荷载的作用下产生向下的位移，拉动相连的水平杆发生偏转或弯曲，在荷载的作用下面板也随之产生倾斜或弯曲，产生向下的位移量，如图E4.2.1-1(a)所示；当荷载过大或立杆强度不足时，在面板上的荷载的作用下，立杆失稳屈曲，失稳立杆上方的面板由于失去了支撑，在荷载和自重的作用下产生向下的位移，如图E4.2.1-1(b)所示；当连接立杆和水平杆、剪刀撑的扣件失效时，立杆失去了水平约束，使得立杆在稳定性计算中的计算长度增加，临界承载力大幅度降低，在荷载作用下立杆极易发生失稳，导致面板失去支撑发生沉降，如图E4.2.1-1(c)所示。面板发生沉降后，面板上方的现浇混凝土在重力作用下将向面板沉降区域流动，增加面板沉降区域的荷载，进一步加剧面板的沉降。

上述几种模板支撑系统的破坏方式都导致了面板的沉降，因此，面板的竖向位移是模板支撑系统稳定性最直观的反映，是模板工程自动化监测中重要的监测参数。



(a)支承面沉降(b)顶部立杆失稳



(c)扣件失效

图E4.2.1-1面板沉降

支承面板的楞梁容易在支架、荷载等作用下发生翘曲，因此，面板沉降监测点应直接设置在面板上，不得设置在楞梁、支架或连接件上。面板沉降监测的基准点应选择在不受模板支撑系统影响的稳固可靠的位置，如当采用拉线式位移传感器监测面板沉降时，可选择监测点下方坚固的支承面或基准桩作为基准点，同时拉线应保持垂直、紧绷，如图E4.2.1-2所示。



图E4.2.1-2拉线式位移传感器监测面板沉降

**4.2.2**模板支撑架体支承的地基土的设计承载力已进行过验算，但考虑支承面的沉降影响时，可采用基准桩对支承面进行沉降辅助观测。用于监测底座支承面沉降基准点的基准桩桩深不小于1m。

**4.2.3**模板工程形式繁多，无法一一罗列，表4.2.3仅列出常见模板工程的测点布置方法，其它特殊形式的模板工程可参考表4.2.3的测点数量和密度，结合实际需求布置测点。

无梁楼盖面板沉降监测点布置可参考图E4.2.3-1。



(a)一类模板工程(b)二类模板工程



(c)三类模板工程

图E4.2.3-1无梁楼盖面板沉降监测点水平布置

桥梁面板沉降监测剖面布置可参考图E4.2.3-2。



(a)一类模板工程(b)二类模板工程



(c)三类模板工程

图E4.2.3-2桥梁面板沉降监测剖面布置

**4.2.4**如图E4.2.4所示，人行通道横梁往往是模板支架薄弱环节，其变形极易引起架体的内力重分布。



图E4.2.4模板支架人行通道设置

## 4.3立杆轴力监测

**4.3.1**一般情况下，经强度和稳定性验算的立杆能满足上部材料和施工作业设计荷载的要求。但在实际施工中，往往会发生混凝土超量堆载，造成局部立杆失效，造成不良连锁反应。对荷载较大的重点区域的立杆轴力进行监测是防止局部区域超载，保证支架正常工作的措施。

立杆荷载监测的方法有很多种，如在立杆上贴应变片，通过监测立杆应变变化来监测立杆内力，或在立杆底座下安装压力传感器监测支座反力等。对于监测应变的方法，由于立杆会受到众多水平杆和剪刀撑的偏心荷载的作用，使每段立杆都可能因弯曲、扭转而产生额外的应变，因此监测应变并不能准确地反映立杆的内力。对于在底座监测支座反力的方法，由于立杆实际上并非处于单轴受压状态，荷载会通过水平杆和剪刀撑在立杆间重新分布，最终传递至地面的压力与施加在立杆上的荷载可能相差较大，因此监测支座的反力也不能准确地反映立杆的内力。因此，建议在立杆顶部与面板之间设置压力传感器，监测面板直接施加在立杆上的外力。

**4.3.2**安装压力传感器时应通过调节可调托撑对压力传感器施加一定压力，以固定压力传感器，并确保接触紧密。

**4.3.3**模板工程形式繁多，无法一一罗列，表4.3.3仅列出常见模板工程的测点布置方法，其它特殊形式的模板工程可参考表4.2.3的测点数量和密度，结合实际需求布置测点。无梁楼盖立杆轴力监测点布置可参考图E4.2.3-1，桥梁立杆轴力监测剖面布置可参考图E4.2.3-2。

## 4.4支架整体失稳监测

**4.4.1**根据《建筑扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130，满堂支架有两种可能的失稳形式：整体失稳和局部失稳。当满堂支架以相等步距、立杆间距搭设，在均布荷载作用下，满堂支架破坏形式为整体失稳，当满堂支架以不等步距、立杆间距搭设，或立杆负荷不均匀时，两种形式的失稳破坏均有可能。一般情况下，整体失稳是满堂支架的主要破坏形式。

整体失稳破坏时，满堂支架呈现出纵横立杆与纵横水平杆组成的空间框架，沿刚度较弱方向大波鼓曲现象，因此，支架整体失稳监测可选择支架整体水平位移作为监测参数。

无剪刀撑支架，支架达到整体失稳临界荷载时，整架大波鼓曲，如图E4.4.1-1(a)所示，故应监测立杆顶部沿支架刚度较差方向的水平位移，如图E4.4.1-1(b)、(c)所示；有剪刀撑支架，支架达到临界荷载时，以上下竖向剪刀撑交点（或剪刀撑与水平杆有较多交点）水平面为分界面，上部发生大波鼓曲，下部变形小于上部变形，如图E4.4.1-2(a)所示，因此可监测单元框架上部沿支架刚度较差方向的水平位移，如图E4.4.1-2(b)、(c)所示。

位移监测的基准点应选择在不受模板支撑系统影响的稳固可靠的位置。





(b)侧视图

(a)轴测图

(c)俯视图

图E4.4.1-1无剪刀撑支架整体失稳





(b)侧视图

(a)轴测图

(c)俯视图

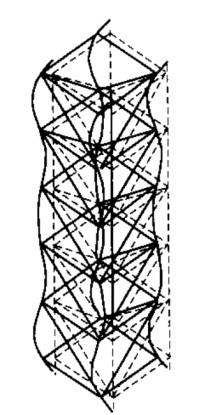
图E4.4.1-2有剪刀撑支架整体失稳

**4.4.2**无剪刀撑的支架整体失稳破坏时，支架整体大波鼓曲，支架顶层的水平位移最大（图E4.4.1-1(b)），因此应将整体失稳水平位移监测点设置在支架顶层。

有剪刀撑的支架整体失稳破坏时，单元框架以上下竖向剪刀撑交点（或剪刀撑与水平杆有较多交点）水平面为分界面，分界面上部发生大波鼓曲，最大位移发生在上部1/2高度处（图E4.4.1-2(b)），因此应将整体失稳水平位移监测点设置在单元框架上部1/2高度处。

## 4.5支架局部失稳监测

**4.5.1**根据《建筑扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130，支架局部失稳破坏时，立杆在步距之间发生小波鼓曲，波长与步距相近，变形方向与支架整体可能一致，也可能不一致，如图E4.5.1所示。因此，支架局部失稳监测应选择立杆的局部变形作为监测参数。



图E4.5.1支架局部失稳

在支架顶部，由于立杆顶端为自由端，临界承载力较低，同时顶部立杆包含可调托撑，刚度较差，因此应对其局部变形进行监测。

在支架中部，当支架以不等步距搭设时，最大步距立杆段在稳定性计算中的计算长度较大，临界承载力较低，因此应对其局部变形进行监测。

**4.5.2**支架顶部局部失稳时，立杆顶端为自由端，变形后水平位移最大，因此可以通过监测立杆顶端的水平位移反映支架顶部的局部变形大小。有稳固可靠的基准点时，可采用位移传感器监测立杆顶端的水平位移，水平位移监测点需靠近立杆顶端，可安装在可调托座下方；无稳固可靠的基准点时，由于立杆变形较小时仍可近似认为是直杆，因此可以通过监测顶部立杆的倾斜角度，通过三角函数近似计算出立杆顶端的水平位移，倾角传感器可安装在可调托撑调节螺母下方。

支架中部局部失稳时，立杆发生小波鼓曲，因此可以通过监测中部立杆的倾斜角度反应支架中部的局部变形大小。立杆鼓曲的波长与步距相近，1/2步距处为拐点，倾角为零，因此应将倾角传感器安装在1/4步距处。

**4.5.3**监测轴力的立杆，往往荷载较大，也是容易发生局部失稳的立杆。

# **5** 监测系统

**5.1 一般规定**

**5.1.1**自动化监测系统设计原则，本规程本着“实用、可靠、先进、经济”的设计原则，在确保监测系统实用、可靠的基础上，力求简单、稳定、维护方便，易于布设和安装，对模板工程自动化监测的需求给予积极的支持。

**5.1.2**本条对自动化监测系统的各项功能需求作了一般性规定。根据工程的规模和特点，监测系统的构成各有差异。本标准仅规定了基本的功能要求，对于一些特殊需求的工程，可以提出本规程未包含的其他合理化功能要求。

**5.2监测设备**

**5.2.1**监测仪器和设备是监测工作顺利进行的保障，根据仪器和设备适应的环境条件和自身的特点等要求，在一定周期内进行维护、校准、检查，确保正常使用。模板支撑系统监测的目的是观测架体的发展趋势，及时发现安全隐患，基于模板支撑系统的结构特点和应用环境，在实际监测过程中，传感器的测量方法、安装方式和测点位置对监测结果的影响远远大于传感器的精度要求，大量工程经验表明过高追求传感器的精度并不经济合理。

按国家标准《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB50982条文4.3.7规定，量程应介于监测参数估计值的2倍~3倍，精度应为估计值的1/10。

**5.2.2**本系统对自动化监测仪的各项性能指标作了一般性规定。对于模板工程监测中大部分监测项目，这些性能指标规定能满足工程的应用要求。

# **6** 现场监测

**6.1 一般规定**

**6.1.3**当施工现场存在大型变压器、发电机组等强电磁干扰源时，将对监测设备的无线通讯产生干扰，监测过程中应采取相应措施。

**6.1.6**混凝土是否达到初凝根据施工气候、混凝土等级、有无掺外加剂、工地现场具体情况等因素判断。一般情况下，混凝土初凝时间可取1-2小时。对有特殊要求的模板工程监测应根据需要延续至监测参数趋于稳定后结束。监测频率的确定应满足能系统反应监测对象所测项目的重要变化过程而不遗漏其变化时刻的要求。模板支撑系统安全事故的发生有一定的过程，但其时间较短，自动化监测技术的使用，通过高频次的监测数据读取有效避免了监测盲区，一般情况下，现有采样频率0.2Hz的自动化采集设备符合监测性能要求。

**6.2报警值**

**6.2.1**监测报警是模板支撑系统监测的目的之一，是预防工程事故发生，确保作业人员安全的重要措施。监测报警值是监测工作的实施前提，是监测期间对模板支撑系统正常、异常和危险三种状态进行判断的重要依据，因此监测必须确定监测报警值。监测报警值，应综合考虑不同类型支架的支撑方式、立杆纵距和立杆横距、模板上部的荷载及模板支架重量等因素，根据模板专项施工方案设计计算书确定。监测单位仅负责数据准确性，不负责监测数据阈值的制定。

**6.2.2**本条参考《建筑施工模板安全技术规范》JGJ162第4.4.1条规定，取容许值的0.8倍作为面板沉降监测报警值。在实际操作过程中，可以根据实际情况在设置一个预警值进行提前警示，建议预警值为报警值的0.8倍。在经充分论证，监测的报警值可根据实际模板支撑情况作调整。

**6.2.3**立杆最大允许荷载为立杆允许承载力扣除模板、钢筋自重和施工荷载等可变荷载后的承载力。

**6.2.4**水平位移量的报警值是按标准《建筑施工临时支撑结构技术规范》JGJ300第8.0.9条的规定的0.8倍取值。

**6.2.5**支架局部失稳立杆倾角监测报警值计算公式适用条件：

**1**立杆顶部变形以一阶振型为主；

**2**立杆顶部倾斜角度较小，建议不大于10º。

**6.3监测中的信息反馈**

**6.3.1**监测单位应科学组织、合理安排工作流程并建立高效的信息处理和信息反馈系统，及时准确的将阶段性监测结果反馈至委托方。反馈频率不应低于每60min一次，也可以是实时反馈，反馈方式包括但不限于电话、短信、手机软件通讯或网络平台发布等形式。

**6.3.2**监测数据达到监测报警值必须立即通报建设方及相关单位，以便各方及时采取应对措施。建设、施工及监理各方应该认真对待监测单位的报警数据，以避免事故的发生。

# **7** 监测数据处理

**7.0.1**监测报告是监测工作全部完成后监测单位提交给委托单位的竣工报告。监测报告一是要提供完整的监测资料；二是要总结工程的经验和教训，为以后的模板支撑系统设计、施工和监理提供参考。

**7.0.2**监测报告作为最终技术成果，需要有项目负责人和单位技术负责人签字并加盖监测单位报告专用章。

**7.0.3**工程概况中应给出工程地点、工程名称、建设单位、设计单位、施工单位、监理单位、监测单位名称及监测起止日期等信息，对完成的工作量进行必要的交代。监测依据需要提供执行的主要技术规范、规程和标准。监测项目主要是面板沉降、立杆轴力、支架整体失稳和支架局部失稳等监测项目。监测点的布设包括各监测项目监测点的布设。监测设备和监测方法主要是自动化监测使用的主要设备仪器。