

  **T/CECS XXX-202X**

**中国工程建设标准化协会标准**

**大跨桥梁结构健康监测系统技术规程**

Standard for structural health monitoring system of large-span bridges

（征求意见稿）

**中国计划出版社**

**中国工程建设标准化协会标准**

**大跨桥梁结构健康监测系统技术规程**

Standard for structural health monitoring system of large-span bridges

**T/CECS XXX-202X**

主编单位：\*\*\*

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年X月X日

中国计划出版社

**202X 北 京**

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2020年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2020〕14号）的要求，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内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分为10章和4个附表，主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、需求分析、概要设计、详细设计、软件实现、软件测试、试运行与验收、服务与维修等。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑振动分会负责归口管理，由重庆大学负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请函告本规程日常管理组，中国工程建设标准化协会建筑振动分会（地址：北京市海淀区西土城路8号，邮编：100088，电话：010-62079839，传真：010-62079983）或刘纲（地址：重庆市沙坪坝区沙正街174号，重庆大学土木工程学院，邮编：400045，电子邮箱：gliu@cqu.edu.cn），以便修订时研用。

**主编单位：**

**参编单位：**

**主要起草人：**

**主要审查人：**

目 次

[1 总 则 1](#_Toc107990960)

[2 术语 2](#_Toc107990961)

[3 基本规定 4](#_Toc107990962)

[4 需求分析 5](#_Toc107990963)

[4.1 一般规定 5](#_Toc107990964)

[4.2 软件功能需求 5](#_Toc107990965)

[4.3 软件非功能需求 6](#_Toc107990966)

[5 概要设计 8](#_Toc107990967)

[5.1 一般规定 8](#_Toc107990968)

[5.2 系统架构设计 8](#_Toc107990969)

[5.3 数据结构设计 9](#_Toc107990970)

[5.4 界面接口设计 9](#_Toc107990971)

[5.5 概要设计文档撰写 9](#_Toc107990972)

[6 详细设计 11](#_Toc107990973)

[6.1 一般规定 11](#_Toc107990974)

[6.2 模块设计 11](#_Toc107990975)

[6.3 界面接口设计 12](#_Toc107990976)

[6.4 数据库设计 13](#_Toc107990977)

[6.5 详细设计文档撰写 13](#_Toc107990978)

[7 软件实现 14](#_Toc107990979)

[7.1 一般规定 14](#_Toc107990980)

[7.2 编码实现 14](#_Toc107990981)

[7.3 代码走查 15](#_Toc107990982)

[7.4 单元测试 16](#_Toc107990983)

[8 软件测试 17](#_Toc107990984)

[8.1 一般规定 17](#_Toc107990985)

[8.2 测试用例 17](#_Toc107990986)

[8.3 测试分析 18](#_Toc107990987)

[9 试运行与验收 19](#_Toc107990988)

[9.1 一般规定 19](#_Toc107990989)

[9.2 软件试运行 19](#_Toc107990990)

[9.3 软件验收 20](#_Toc107990991)

[10 服务与维护 21](#_Toc107990992)

[10.1 一般规定 21](#_Toc107990993)

[10.2 监测系统软件服务 21](#_Toc107990994)

[10.3 监测系统软件维护 22](#_Toc107990995)

Contents

[1 GENERAL PROVISIONS 1](#_Toc107990960)

[2 TERMS 2](#_Toc107990961)

[3 BASIC REQUIREMENTS 4](#_Toc107990962)

[4 REQUIREMENTS ANALYSIS需求分析 5](#_Toc107990963)

[4.1 General Rquirements 5](#_Toc107990964)

[4.2 Softeware Functional Rquirements 5](#_Toc107990965)

[4.3 Softeware Non-functional Rquirements 6](#_Toc107990966)

[5 PRELIMINARY DESIGN 8](#_Toc107990967)

[5.1 General Rquirements 8](#_Toc107990968)

[5.2 System Architecture Design 8](#_Toc107990969)

[5.3 Data Structure Design 9](#_Toc107990970)

[5.4 Inferface Design 9](#_Toc107990971)

[5.5 Document Writing for Preliminary Design 9](#_Toc107990972)

[6 DETAILED DESIGN 11](#_Toc107990973)

[6.1 General Rquirements 11](#_Toc107990974)

[6.2 Module Design 11](#_Toc107990975)

[6.3 User Inferface Design 12](#_Toc107990976)

[6.4 Database Design 13](#_Toc107990977)

[6.5 Document Writing for Detailed Design 13](#_Toc107990978)

[7 SOFTWARE IMPLEMENTATION 14](#_Toc107990979)

[7.1 General Rquirements 14](#_Toc107990980)

[7.2 Coding Implementation 14](#_Toc107990981)

[7.3 Code Review 15](#_Toc107990982)

[7.4 Unit Testing 16](#_Toc107990983)

[8 SOFTWARE TEST 17](#_Toc107990984)

[8.1 General Rquirements 17](#_Toc107990985)

[8.2 Testing Case 17](#_Toc107990986)

[8.3 Testing Analysis 18](#_Toc107990987)

[9 TRIAL OPERATION AND ACCEPTANCE 19](#_Toc107990988)

[9.1 General Rquirements 19](#_Toc107990989)

[9.2 Software Trial Operation 19](#_Toc107990990)

[9.3 Software Acceptance 20](#_Toc107990991)

[10 SERVICE AND MAINTENANCE 21](#_Toc107990992)

[10.1 General Rquirements 21](#_Toc107990993)

[10.2 Monitoring System Software Service 21](#_Toc107990994)

[10.3 Monitoring System Software Maintenance 22](#_Toc107990995)

1 总 则

**1.0.1** 为规范大跨桥梁结构健康监测系统的软件开发，做到功能合理、质量可靠、操作简便、维护方便，保障软件稳定、持续和高效运行，制定本技术规程。

**1.0.2** 本规程适用于大跨桥梁结构健康监测系统建设期的软件开发、验收以及运营期的软件维护与异常处置，其他结构类型健康监测系统的软件开发、后期维护升级可参照执行。

**1.0.3** 大跨桥梁结构健康监测系统软件开发除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语

**2.0.1** 桥梁结构健康监测 structural health monitoring for bridges

利用现场的、无损的、实时的方式采集环境与桥梁结构信息，分析结构性能的波动、劣化和损伤特征，并为桥梁管理和养护提供决策支持的技术。

**2.0.2** 桥梁结构健康监测系统硬件 hardware for structural health monitoring system of bridges

桥梁结构健康监测系统中传感器、数据采集设备、数据传输设备、计算机、线缆和附属设施等各种物理装置的总称。

**2.0.3** 桥梁结构健康监测系统软件 software for structural health monitoring system of bridges

为实现桥梁环境、荷载及结构状态的数据采集、传输、存储、处理以及结构安全评估、可视化应用等功能，按照特定顺序组织的计算机程序、数据、指令和相关文档的集合。

**2.0.4** 软件开发 software development

根据用户和桥梁结构健康监测要求，进行需求分析、概要设计、详细设计、编码实现、测试调试、试运行及维护等形成桥梁结构健康监测系统软件的全过程。

**2.0.5** 需求分析 requirement analysis

确定桥梁结构健康监测系统软件开发的运行环境、功能、性能和约束的过程。

**2.0.6** 概要设计 preliminary design

根据软件需求分析确定软件系统架构、数据结构和界面接口的过程。

**2.0.7** 详细设计 detailed design

根据软件概要设计划分模块、确定各模块实现算法及局部数据结构的过程。

**2.0.8** 软件实现 software implementation

根据软件详细设计进行编码并形成可执行软件的过程，包含代码编写、代码走查和单元测试等步骤。

**2.0.9** 试运行 trial operation

对软件设计、实现和维护工作的综合性检验，以确保软件运行质量，及时发现并解决软件问题。

3 基本规定

**3.0.1** 监测系统软件开发流程宜按需求分析、概要设计、详细设计、软件实现、测试调试、试运行与验收、服务与维护环节依次进行。

**3.0.2** 监测系统软件开发的原则应符合下列规定：

**1** 监测系统软件应具有可靠性、可扩展性和可移植性，并兼顾先进性和实用性；

**2** 软件架构应采用模块化设计，各模块应高内聚、低耦合且数据格式标准、内外部接口一致；

**3** 监测数据应进行可视化展示，人机交互界面应简洁美观、便于操作。

**3.0.3** 监测系统软件应与硬件的功能相匹配，不得妨碍硬件的正常使用。

**3.0.4** 监测系统软件宜为桥梁施工监控、人工检测、养护维护提供数据接口。

**3.0.5** 监测系统软件开发应满足用户需求，计算机语言的选用应满足安全、可控要求。

**3.0.6** 监测系统软件的程序安全与环境安全应符合现行国家标准《信息安全技术 应用软件安全编程指南》（GB/T 38674）的规定。

**3.0.7** 监测系统软件开发过程中的文档编制应符合现行国家标准《计算机软件文档编制规范》（GB/T 8567）的规定。

# 4 需求分析

4.1 一般规定

**4.1.1** 需求分析宜包括需求调研、需求评审与确认、需求文件撰写和需求管理。

**4.1.2** 软件功能需求与非功能需求分析应明确软件开发的运行环境、功能和性能要求。

**4.1.3** 需求分析应通过仿真、演示和评审等技术手段，确认软件需求规格说明书中所描述需求的正确性、完整性、可行性和可测试性。

**4.1.4** 软件需求规格说明书的撰写应符合附录A的要求。

4.2 软件功能需求

**4.2.1** 监测系统软件宜包含数据采集、传输、存储、处理、预警报警、安全评估及用户界面交互功能。

**4.2.2** 数据采集功能应符合下列规定：

**1** 应能与监测系统传感器的接口匹配，可实现对传感器输出数据的采样与模数转换；

**2** 宜具备实时、定时、触发和手工采集方式的设置功能。

**4.2.3** 数据传输功能应符合下列规定：

**1** 应具有数据接收、处理、交换的能力；

**2** 应具备对数据进行分包处理和解包复原能力，宜以包为单位进行数据传输。

**3** 应具有断点续传功能。

**4.2.4** 数据存储应具备掉电保护、原始监测数据定期自动备份存档功能。

**4.2.5** 数据处理功能应符合下列规定：

**1** 应具备滤波、去噪、异常值诊断与修复等数据预处理功能；

**2** 应具备基本统计分析功能；

**3** 宜具备在线模态参数分析功能。

**4.2.6** 预警报警功能应符合下列规定：

**1** 应具备实时预警发布、动态调整和人工解除预警功能；

**2**  应具备预警报警条件、等级、阈值设置与更改功能；

**3** 应具备自动生成预警报告功能，宜给出预警时间、原因、预警传感器所在物理位置及相应处置建议。

**4.2.7** 安全评估功能应符合下列规定：

**1** 应同时支持在线、离线安全状态评估；

**2** 应具备自动或人工调整安全评估阈值的功能；

**3** 宜具备自动生成安全评估报告功能，宜给出评估方法、结论以及桥梁结构可能出现的潜在危险及处置建议。

**4.2.8** 用户交互界面功能应符合下列规定：

**1** 应具备可视化交互功能，交互界面友好、操作简便；

**2** 应具有设置、录入、查询及导出交互形式；

**3** 应具备实时显示桥梁基本信息、监测系统信息、监测原始数据、处理后数据，预警报警及安全评估信息的功能；

**4** 应具备监测数据报表自动生成及导出功能。

4.3 软件非功能需求

**4.3.1** 接口需求应符合下列规定：

**1** 应具备标准化数据读取及存储接口，并提供相应说明文档；

**2** 应提供符合Web Service方式的服务访问开发接口；

**3** 宜提供面向移动终端平台的开发接口。

**4.3.2** 数据采集需求应符合下列要求：

**1** 静态数据的采集及传输应对支持的终端数、并发数以及数据处理量、表和文件大小限制进行规定；

**2** 动态数据的采集及传输应对支持的终端数、并发数以及处理量、峰值承压、准确率、成功率进行规定。

**4.3.3** 用户交互界面需求应符合下列规定：

**1** 应遵循Htm15标准，支持响应式布局，自动适配不同分辨率终端；

**2** 应图文并茂，图表与文字配置比例合理。

**4.3.4** 监测系统软件应提供完整的开发、测试与维护帮助文档。

# 5 概要设计

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 概要设计应根据大跨桥梁结构特点与结构健康监测系统需求，实现监测数据显示、数据处理与分析、预警报警与安全评估功能。

**5.1.2** 概要设计宜包括系统架构设计、数据结构设计、界面接口设计与概要设计文档撰写。

**5.1.3** 开发环境规定应明确软件开发所需计算机最低配置要求，以及操作系统、测试软件的软件环境。

**5.1.4** 概要设计应符合下列规定：

**1** 应明确实际桥梁结构特点与健康监测系统目标，对每个桥梁进行独立的概要设计；

**2** 应依据传感器系统、采集与传输系统的硬件布置；

**3** 应考虑传感器安装、数据采集传输、监测系统试运行、监测系统运行、监测系统维护在内的健康监测全过程；

**4** 应符合可维护性、可扩展性、安全性、稳定性原则；

**5** 应明确影响软件的约束因素。

## 5.2 系统架构设计

**5.2.1** 系统架构设计宜采用图表形式给出监测系统软件的分层结构和模块划分，宜按照用例视图体现软件核心功能及实际工作方式。

**5.2.2** 监测系统软件的模块划分应符合下列规定：

**1** 应完成桥梁结构健康监测系统要求以及与用户约定的所有功能；

**2** 宜包括数据采集、数据传输、数据存储、数据处理、预警报警、结构安全评估和用户界面交互模块；

**3** 应模块功能单一化，且模块应具有复用性和扩展性。

**5.2.3** 宜按照流程图方式确定各模块内部、模块间的数据流、控制流，应统一数据文件格式、数据命名方式**。**

**5.2.4** 系统架构设计应根据监测系统硬件拓扑进行软件部署拓扑设计，给出各软件模块部位的物理位置。

## 5.3 数据结构设计

**5.3.1** 数据结构设计应包括结构化数据和非结构化数据设计。

**5.3.2** 桥梁信息、静态监测数据、动态监测数据、预警报警及安全评估信息宜采用结构化数据设计，并通过数据库进行存储，数据结构设计应满足所采用数据库的要求。

**5.3.3** 安全评估报表、车辆图片宜采用非结构化数据设计。

**5.3.4** 各模块间的数据交换方式、格式和传输速率应统一。

## 5.4 界面接口设计

**5.4.1** 界面接口设计宜满足传感器数据显示、数据分析与处理、预警报警与结构安全评估流程需求。

**5.4.2** 显示界面设计应符合下列规定：

**1** 应根据传感器数据类型、数据规模设计传感器数据显示界面；

**2** 宜依据监测数据异常处理、滤波、统计分析流程设计数据分析与处理界面；

**3** 宜以构件、部件、结构层次设计桥梁预警报警与安全评估界面。

**5.4.3** 界面接口应减少数据交互量。

## 5.5 概要设计文档撰写

**5.5.1** 概要设计文档应包括桥梁结构信息、桥梁监测软件功能，以及系统架构设计、数据结构设计、界面接口设计的基本规定。

**5.5.2** 概要设计文档应明确监测系统软件代码体系、结构规约、命名规则，并符合附录B的要求。

**5.5.3** 桥梁结构信息文档撰写应符合下列规定：

**1** 应包含桥梁设计、施工与运维的基本信息；

**2** 应包含桥梁监测传感器、采集与传输系统的信息；

**3** 应给出每类信息的名称、标识符；

**4** 应明确桥梁结构信息文档的存储位置。

**5.5.4** 桥梁监测软件功能文档撰写应符合下列规定：

**1** 应包含桥梁结构监测系统基本功能和用户制定的特殊功能；

**2** 应给出每类信息的存储位置。

**5.5.5** 系统架构设计文档撰写应符合下列规定：

**1** 应明确系统架构设计的分层结构和模块划分形式；

**2** 应说明各模块功能和内部数据流传递方式；

**3** 应说明模块间的数据流、控制流传递方式。

**5.5.6** 数据结构设计撰写应符合下列规定：

**1** 应给出每个数据结构的名称、标识符；

**2** 宜采用矩阵图表示数据结构与各模块之间的对应关系；

**3**  应给出每个数据项、记录、文卷的标识、定义、长度及其层次关系；

**4**  应给出每个数据项的存储要求、访问方法。

**5.5.7** 界面接口设计撰写应符合下列规定：

**1** 应列出监测系统向用户提供的相关操作口令与说明。

**2** 应列出监测系统与外界的接口，包括软硬件接口、软件与其他软件之间的接口，并应对实现功能做出说明。

**3** 应说明监测系统软件中各模块之间接口的功能、调用与被调用关系、标识符等。

# 6 详细设计

6.1 一般规定

**6.1.1** 详细设计应实现概要设计规定的全部内容，并宜包括模块设计、界面接口设计、数据库设计及详细设计文档撰写。

**6.1.2** 监测系统各模块应与数据库无缝链接，保证数据高效交互。

6.2 模块设计

**6.2.1** 系统模块划分宜按本规程第5.2.2条执行，各模块设计宜按主要函数与属性设计、数据结构与算法设计、类之间的关系设计、数据存取与显示设计的步骤展开。

**6.2.2** 数据采集模块设计应符合下列要求：

**1**  应根据采集硬件接口规定和数据采集要求，合理设置传感器电源开闭、采集启动及结束之间的逻辑关系；

**2** 应厘清定时、连续、触发、手动采集的功能要求，并宜采用不同函数分别进行设计；

**3** 宜设计记录采集硬件工作状态的记录函数。

**6.2.3** 数据传输模块设计应符合下列要求：

**1** 宜采用指令控制器进行数据传输的控制设计；（什么叫指令控制器？能否说的通俗易懂，或在条文说明中进行说明）

**2** 宜通过报文处理器接收传感器数据。（什么叫报文处理器？能否说的通俗易懂，或在条文说明中进行说明）

**6.2.4** 数据存储模块应采用成熟关系型数据库进行数据存储设计。

**6.2.5** 数据处理模块设计应符合下列要求：

**1** 应设置传感器异常数据处理函数，并宜选用合适算法对数据缺失、粗大值、飘移、增益进行判断；

**2**  应具有数据特征值统计分析功能；

**3** 处理后数据结构、有效位数应与原始采集数据保持一致。

**6.2.6** 预警报警模块设计应符合下列要求：

**1** 预警报警的阈值设置应符合现行协会标准《大跨度桥梁结构健康监测系统预警阈值标准》（T/CECS529）的规定；

**2** 预警报警的声、光提示应设计\*\*\*函数，宜通过短信、微信、邮件方式通知桥梁管养人员。

**6.2.7** 结构安全评估模块设计应符合下列要求：

**1** 宜选利用成熟的结构安全评估算法；

**2** 应设置结构安全评估报告函数，给出评估方法、评估项目、评估结论以及桥梁结构可能出现的危险状态及建议。

**6.2.8** 用户界面交互模块设计应符合下列规定：

**1** 宜嵌入桥梁三维模型，并能显示传感器在桥梁中的物理安装位置；

**2** 应设计历史数据、实时数据查询函数，并能通过图、表形式进行展示；

**3** 应设计预警和报警显示界面，并宜根据预警等级按不同颜色显示桥梁安全状态；

**4** 宜设计报表下载功能，提供评估报表、特殊事件报表下载。

6.3 界面接口设计

**6.3.1** 接口设计宜遵循安全可靠、可扩展性、可管理性和统一性原则。

**6.3.2** 外部接口设计应符合下列规定：

**1** 应明确说明监测系统软件与其他系统的数据库、应用服务、界面等部分之间的接口；

**2** 应明确说明每个外部接口的参数、返回值，参数与返回值应明确定义，不能有二义性。

**3** 软件模块不得通过~~已设计的~~外部接口以外的方式进行外部通信；

**4** 接口参数是复杂对象、字符串、文件时，应对参数内部结构进行详细说明；

**5** 外部接口不应使用复杂类型，宜采用数字型、字符串型。

**6.3.3** 内部接口设计应符合下列规定：

**1** 监测系统软件内部各模块之间可通过\*\*\*~~独立的~~接口进行通信，但应明确模块之间的关联关系；

**2** 应明确说明每个内部接口参数、返回值，参数与返回值应明确定义，不得有二义性；

**3** 模块和层级间不得通过已设计的接口以外的方式进行通信；

**4** 与传感器/采集设备的接口应明确说明通信的方式以及使用的协议，如不是通用协议，应详细说明协议格式。

6.4 数据库设计

**6.4.1** 数据库设计应遵循可靠性、先进性、可扩展性和标准性原则，并应考虑数据结构的整体性、数据库系统与应用系统的统一性。

**6.4.2** 数据库宜包括原始数据、处理分析数据、系统参数、结构状态、系统参数、系统维护、桥梁信息、施工监控数据库。

**6.4.3** 数据库设计应符合下列规定：

**1** 应采用成熟的关系型数据库（前面已经写了），表中每列应是不可拆分的原子项，表中每列应仅与主键相关；

**2** 应具有用户权限控制功能，并具有监控数据库运行状态、自动调整数据缓冲区大小的功能；

**3** 应能定义数据存储的有效区间，具备快速提交、成组提交、多块读出与写入技术，减少输入输出量；

**4** 当数据库的状态出现异常时应自动给出提示，并自动给出相应的操作建议。

6.5 详细设计文档撰写

**6.5.1** 详细设计文档应包含引言、模块设计、界面接口设计、数据库设计及文档附录，并应符合附录C的要求。

**6.5.2** 引言撰写应符合下列规定：

1 应详细描述文档编写目的；

2 应描述所开发软件针对桥梁结构的背景资料；

3 应给出所引用名词及参考资料。

**6.5.3** 模块设计应包含模块或类的名称、功能描述及程序设计。

**6.5.4** 界面接口设计应包含外部接口设计及内部接口设计。

**6.5.5** 数据库设计应包含表结构详细表述及视图设计描述。

# 7 软件实现

7.1 一般规定

**7.1.1** 监测系统软件实现包括编码实现、代码走查和单元测试。

**7.1.2** 软件实现宜符合下列规定：

1. 宜采用版本管理工具管理软件代码；
2. 宜将常用代码放入到公共库，以供其他模块调用。

**7.1.3** 软件单元测试完成后应及时编制用户手册和操作手册。

7.2 编码实现

**7.2.1** 软件实现前应对软件命名进行约定，并符合下列要求：

1. 软件模块及函数命名应能区分模块、函数、程序单元和数据，并标明其功能和所在逻辑结构的相对位置；
2. 变量及数值的名称应简短且有明确含义，宜采用桥梁结构及计算机领域的专业术语。

**7.2.2** 编码实现应完成软件详细设计文档的所有功能；当代码需修改时，应修订对应的详细设计文档。

**7.2.3** 软件编码应符合下列要求：

1. 应在各模块、函数、程序单元的首部对其功能、输入、输出及调用的其他程序成分作注释说明；
2. 注释应标明对象的完整名称及用途。

**7.2.4** 编码实现应对数据进行验证，并符合下列规定：

1. 应对输入数据的类型、长度和值进行验证；
2. 宜验证业务操作输入数据发送方的数字签名。

**7.2.5** 面向对象的软件编码应符合下列规定：

1. 子类对基类的扩展应保持基类的不变性，对于关键基类仅允许受信任的子类进行扩展；
2. 修改基类时，应保证基类中的修改不触动其子类所依赖的程序不变性；
3. 不得混用泛型和非泛型的数据类型；
4. 不得返回类私有可变成员的引用。

**7.2.6** 软件编码应建立完善的异常和错误处理机制，确保异常与错误可被及时识别并处理。

7.3 代码走查

**7.3.1** 软件代码走查应符合下列规定：

1. 根据模块、函数/单元/进程的复杂度、规模和在软件系统中的重要程度，选择重要的代码进行正规检视；
2. 正规检视代码比例应达到40%；
3. 应从命名、注释、声明、语句、可靠性和可维护性方面进行代码走查。

**7.3.2** 代码命名的走查应符合下列规定：

1. 命令规则应与所采用的规范保持一致；
2. 应遵循最小长度最多信息原则；
3. 类名不得重名。

**7.3.3** 代码注释的走查应符合下列规定：

1. 注释应清晰且必要；
2. 复杂的分支流程应注释；
3. 函数宜采用文档方式进行注释；
4. 特殊用法应注释。

**7.3.4** 程序语句的走查应符合下列规定：

1. 循环、条件语句应清晰、易读；
2. 单个变量宜用于单个用途；
3. 单个函数宜执行单个功能并与其命名相符。

**7.3.5** 代码可靠性的走查应符合下列规定：

1. 宜消除所有警告；
2. 常数变量应声明为不变类型；
3. 对象使用前宜进行检查；
4. 成员变量、局部变量在使用前应赋值；

7.4 单元测试

**~~7.4.1~~** ~~宜对软件详细设计文档规定的功能、性能、接口逐项进行测试。~~

**7.4.1** 单元测试宜包括模块接口、局部数据结构、重要执行通路、出错处理通路、边界条件测试。

**7.4.3** 单元测试应符合下列规定：

1. 每个软件特性应至少被一个正常测试用例和一个被认可的异常测试用例覆盖；
2. 测试用例的输入应至少包括有效等价类值、无效等价类值和边界数值；
3. 语句和分支覆盖率宜达100%。

# 8 软件测试

8.1 一般规定

**8.1.1** 系统软件测试应包括测试用例的编写与执行、测试分析与测试评审。

**8.1.2** 系统软件测试前应提供符合软件测试所需的硬件、网络环境和语言环境。

**8.1.3** 系统软件测试应符合下列规定：

**1** 应对软件的数据采集、传输、处理、安全评估和界面显示功能进行现场即时测试；

**2** 应对软件的数据采集和存储功能进行不少于7d的连续测试。

8.2 测试用例

**8.2.1** 测试用例准备应符合下列规定：

**1** 应内容完整，并具有可操作性和可再现性；

**2** 应有唯一的名称和标识符。

**8.2.2**测试用例输入说明应符合下列规定：

**1** 应提供测试输入的来源及具体内容；

**2** 应明确测试输入的最大和最小间隔时间。

**8.2.3**测试用例操作过程应符合下列规定：

**1** 应提供所需测试操作动作、测试程序的输入和设备操作；

**2** 应提供每一步期望的测试结果和评价准则；

**3** 应提供程序终止伴随的动作或差错指示；

**4** 应提供获取和分析实际测试结果的过程。

**8.2.4** 测试用例结论应符合下列规定：

**1** 应及时记录测试过程中出现的异常情况；

**2** 应提供测试结论是否合理的判断依据。

8.3 测试分析

**8.3.1** 软件测试分析包括测试分析过程中缺陷管理、跟踪以及测试分析结果的准确性、可靠性评价。

**8.3.2** 软件测试分析过程中缺陷管理、跟踪应符合下列规定：

**1** 应提供详细的缺陷失效报告；

**2** 应提供软件缺陷解决方法，并实时跟踪缺陷处理情况。

**8.3.3** 测试分析结果应符合下列规定：

**1** 应提供实际测试结果所需的精度；

**2** 应提供实际测试结果与期望结果之间差异允许的上、下限；

**3** 应提供与产生测试结果有关的出错处理情况。

# 9 试运行与验收

9.1 一般规定

**9.1.1** 监测系统软件试运行时间不应少于90d。

**9.1.2** 监测系统软件试运行合格后方可进行软件验收。

9.2 软件试运行

**9.2.1** 监测系统软件试运行宜包括试运行准备、功能试运行、容错试运行、试运行故障管理。

**9.2.2** 监测系统软件试运行准备应符合下列规定：

**1** 应准备试运行所需软件环境、支撑条件及所需文件清单，并安装版本正确的软件；

**2** 应确认传感器、数据采集、数据传输、数据存储及计算等硬件的驱动接口与软件相匹配。

**9.2.3** 监测系统软件功能试运行应符合下列规定：

**1** 应在大跨桥梁结构真实监测环境下进行软件试运行；

**2** 应测试数据通信系统、网络连接等软件运行外部硬件设备的可靠性；

**3** 应测试软件所有功能模块，记录并跟踪故障；

**4** 应测试大跨桥梁在昼间和夜间软件采集各监测量变化的合理性；

**5** 应测试软件参数设置更改后监测功能的有效性；

**6** 宜在监测点附近加设临时人工测试点，测试软件自动采集数据的准确性；

**7** 应测试软件的大跨桥梁结构安全分级预警功能、数据异常报警功能及其响应速度；

**8** 应测试在局部故障或个别设备故障时的软件功能可靠性与稳定性。

**9.2.4** 监测系统软件容错试运行应符合下列规定：

**1** 应测试软件运行界面错误提示的准确性；

**2** 应测试常见错误操作或误操作时软件提示的正确性；

**3** 应测试软件重要数据删除时警告与提示的清晰性。

**9.2.5** 监测系统软件试运行的故障管理应符合下列规定：

**1** 试运行期间无故障工作时间应不小于试运行总时长的95%；

**2** 一般故障解决时间不宜超过12h；

**3** 系统崩溃、数据丢失等重大故障解决时间不宜超过48h；

**4** 功能故障解决时间不宜超过1周。

**9.2.6** 监测系统软件试运行记录应符合下列规定：

**1** 试运行期间应不定期进行特别操作或特殊环境测试记录；

**2** 出现系统崩溃、数据丢失等重大问题时应立即生成问题及处理记录；

**3** 每周宜生成一份日常问题记录，每月应生成一份问题汇总；

**4** 试运行结束后应对问题进行汇总分析，并出具试运行总结报告。

9.3 软件验收

**9.3.1** 监测系统软件验收宜包含软件验收准备、功能完整性和一致性检查、整体请求响应速度检查、系统整体安全性检查。

**9.3.2** 监测系统软件验收准备应符合下列规定：

1. 应提交软件试运行总结报告；
2. 应完成用户培训，应移交软件程序、操作手册、使用权限等；
3. 应准备监测系统软件开发合同、设计文档等验收依据。

**9.3.3** 监测系统软件的功能完整性和一致性检查应符合下列规定：

1. 应检查软件大跨桥梁结构信息、传感器和采集设备等监测硬件信息、监测数据等信息查询基本功能的完整性；
2. 应检查软件监测数据采集、数据预处理、数据存储与备份、结构安全异常预警等核心功能的完整性；
3. 宜检查软件监测数据可视化、监测报告在线预览及打印等附加功能的完整性；
4. 应检查软件功能与软件开发合同、设计文档的一致性。

**9.3.4** 监测系统软件的整体请求响应速度检查应符合下列规定：

1. 应检查软件基本功能的响应速度，宜在功能指令发出后10s内有响应；
2. 应检查软件核心功能的响应速度，宜在功能指令发出后30s内有响应；
3. 宜检查软件附加功能的响应速度，宜在功能指令发出后60s内有响应。

**9.3.5** 监测系统软件的系统整体安全性检查应符合下列规定：

1. 应检查软件的安全风险性，应不出现非授权访问、信息泄露或丢失、数据完整性破坏、网络攻击响应减速、网络病毒传播；

应检查软件的安全措施，应满足数据通信的保密性与可靠性、操作系统与数据库的权限控制、系统备份与恢复的灵活性、病毒防治有效性。

# 10 服务与维护

10.1 一般规定

**10.1.1** 系统软件服务对象应涵盖工程管理、监测技术和软件操作三类人员。

**10.1.2** 系统软件服务内容应包括安装、调试、操作、维护、升级、卸载、应急处置和安全管理的技术支持。

**10.1.3** 系统软件维护类型宜包括纠正性维护、适应性维护、完善性维护、预防性维护。

**10.1.4** 系统软件服务和维护时间不应短于双方合同约定期限。

10.2 监测系统软件服务

**10.2.1** 系统软件服务时间应符合下列规定：

**1** 系统软件开发方在监测系统通过验收后，宜7 d内对项目的工程管理人员、监测技术人员和软件操作人员进行技术培训；

**2** 系统软件开发方在监测系统试运行期间和缺陷责任期内，应根据双方合同约定提供热线、在线或现场技术支持，其中：热线和在线技术支持响应时间宜为8 h×7 d，现场技术支持宜在确定技术方案后48 h内到达现场。

**3** 系统软件开发方在缺陷责任期后，宜继续提供软件技术咨询服务。

**10.2.2** 系统软件服务内容应符合下列规定：

**1** 系统软件培训方案可参照表10.2.2-1执行。

表10.2.2-1 系统软件培训方案

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 培训方式 | 培训对象 | 培训内容 |
| 视频播放口头讲解上机演示 | 工程管理人员 | * 软件功能介绍
 |
| 监测技术人员 | * 软件功能介绍
* 软件安装、调试、操作、维护、升级和卸载
* 软件常见故障和应急处理措施
* 软件安全管理
 |
| 软件操作人员 | * 软件功能介绍
* 软件操作
* 软件报警和故障应对措施
 |

**2** 系统软件故障应急处置宜按图10.2.2-2中的流程进行。



图10.2.2-2 系统软件故障应急处置流程

10.3 监测系统软件维护

**10.3.1** 系统软件应根据需求开展适时维护，维护完成后应形成日志并存档。

**10.3.2** 系统软件维护类型应按下列规定进行确定：

**1** 当系统软件在运行中发生异常或故障时，应进行纠正性维护；

**2** 当系统软件需要适应信息技术的变化或工程项目管理者的需求时，应进行适应性维护；

**3** 当系统软件需要扩充功能和改善性能时，应进行完善性维护；

**4** 当系统软件需要主动适应未来软硬件环境的变化时，应进行预防性维护。

**10.3.3** 系统软件完成维护后，应满足易分析性、易改变性、稳定性、易测试性、维护性的依存性。

本标准用词说明

**1**  为便于在执行本标准条文时区别对待，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”；

**2**）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”；

**3**）表示允许稍有选择，在条件许可时应首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

**4**）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有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中国工程建设协会标准

大跨桥梁结构健康监测系统软件开发

技术规程

T/CECS XXX-202X

条文说明

目 次

[1 总 则 1](#_Toc107990918)

[3 基本规定 2](#_Toc107990919)

[4 软件需求分析 1](#_Toc107990920)

[4.1 一般规定 1](#_Toc107990921)

[4.2 软件功能需求 1](#_Toc107990922)

[5 概要设计 3](#_Toc107990923)

[5.1 一般规定 3](#_Toc107990924)

[6 详细设计 4](#_Toc107990925)

[6.2 模块设计 4](#_Toc107990926)

[6.3 界面接口设计 4](#_Toc107990927)

[6.4 数据库设计 5](#_Toc107990928)

[7 软件实现 6](#_Toc107990929)

[7.1 一般规定 6](#_Toc107990930)

[7.4 单元测试 6](#_Toc107990931)

[9 试运行与验收 7](#_Toc107990932)

[9.1 一般规定 7](#_Toc107990933)

[9.2 软件试运行 7](#_Toc107990934)

[9.3 软件验收 7](#_Toc107990935)

1 总 则

**1.0.1** 大跨桥梁结构健康监测系统的硬件和软件相互依存，缺一不可。监测系统软件开发过程应阶段清晰、要求明确、任务具体，才能在软件开发过程中做到快速、高效和实用。本技术规程的主要目的是为大跨桥梁结构健康监测系统软件开发人员提供行之有效的方法、准则，以提供软件系统质量、缩短开发时间、减少开发费用。

3 基本规定

**3.0.1** 软件生存周期包括5个基本过程，即获取、供应、实现、运行和维护过程，本标准主要针对实现、运行和维护进行规定；软件生存周期包括7个支持过程，即文档编制、配置管理、质量保证、认证、确认、评审、审核、问题解决和易用性过程；软件生存周期包括7个组织过程，即管理、基础设施、改进、人力资源、资产管理、重用大纲管理和领域工程过程。

**3.0.4** 软件开发方法包括生命周期法、原型法等方法。生命周期法是指将软件系统的生命周期分为若干个相互区别、又有联系的阶段，每个阶段的工作均以前一阶段工作的结果为依据，并作为下一阶段工作的前提，是软件系统的传统开发方法。原型法是根据用户的基本需求，快速建造或者选用已存在的软件系统或商品软件作为系统原型，经过反复分析、评价、修改和重新定义，最终建立满足用户需求的目标系统的一种开发方法，是动态的软件系统开发方法。

4 软件需求分析

4.1 一般规定

**4.1.2** 软件功能需求包括数据采集、传输、存储、处理以及结构状态评估、预警报警等；软件非功能需求是指用户需求中除功能需求以外的需求，如可靠性、效率、易用性等。非功能需求包括界面需求、接口需求和性能需求等。

**4.1.3** 开发者在需求获取时，应与用户充分交流，通过对类似系统调研及开发任务分析捕获、修订软件需求；在需求建模与验证时，应为用户最终所见系统建立概念模型，以文字、图表等形式对模型进行精确描述，并分析、验证模型的可行性；在进行需求文件撰写时，应与用户经反复商讨后最终形成软件需求文件，作为用户和开发者之间的协约；在需求管理等环节，应在开发全过程中对软件需求进行跟踪记录。需求变更应以书面形式经用户同意后方可执行。

4.2 软件功能需求

**4.2.1** 软件功能需求分析时，应符合下列要求：

**1** 安全性需求：应具备密码设置功能，提供用户权限划分、角色定义与维护功能，数据加密、备份及恢复功能以及日志管理功能；

**2** 可靠性需求：应满足软件长期稳定运行要求，不得出现内存溢出现象，不应存在导致软件无法运行、崩溃或导致数据破坏、缺损问题；

**3** 易用性需求：软件操作简单，界面应采用简体中文，简洁、美观、实用；用户手册内容应全面详细、易于理解，宜具有联机帮助功能；

**4** 效率需求：数据处理、查询、分析占用时间等主要功能的执行速度应满足用户需求；CPU、内存、网络带宽的使用应合理；宜支持大规模、多用户并发访问；

**5** 可维护性需求：可对软件进行修改，且局部修改不应影响软件的整体运行；软件在分布式网络应用时，宜具有远程部署维护能力；

**6** 可移植性需求：应具有可适应不同运行环境的能力和支持物联网终端、移动互联终端的多终端适应能力，在移动互联终端宜采用APP方式。

# 5 概要设计

## 5.1 一般规定

**5.1.1**  软件概要设计的约束因素包括：标准或规范约束、软件与硬件环境约束、接口/协议约束、用户界面约束、软件质量约束、隐含约束、安全性约束等。

6 详细设计

6.2 模块设计

**6.2.1** 模块数据结构与算法应满足桥梁结构健康监测系统有关要求的规定；类之间关系设计包括泛化、依赖、关联、聚合和组合关系。

6.2.3 桥梁各类参量的数据分析统计宜符合下列要求：

**1** 风速、风向应按日统计出平均风速和平均阵风风速；

**2** 车辆荷载应分别按日、月、年为统计周期给出荷载最大值，并按年给出车辆荷载极值分布；

**3** 温湿度应分别以日、月、年为统计周期给出最大值、最小值、平均值和累计值；

**4** 应变、位移、裂缝宽度等静态监测参数应分别以日、月、年为统计周期给出最大值、最小值、平均值、均方根和累计值；

**5** 地震动应分别以日、月、年为统计周期给出最大加速度值；

**6** 振动应分别以日、月、年为统计周期给出最大加速度值、加速度极值的均方根以及频率等模态参数。

6.2.4 结构安全评估宜采用以下方法：

**1** 可采用层次分析法、模糊理论法、专家系统法、灰色理论法、神经网络法~~等~~方法进行安全评估；

**2** 结构安全评估采用的理论阈值可根据修正后的有限元模型进行计算。

6.3 界面接口设计

**6.3.1** 接口设计应遵循原则的具体表述为：

**1** 安全可靠原则：系统应提供良好的安全性和可靠性策略，支持多种安全而可靠的技术手段，制定严格的安全可靠的管理措施；

**2** 开放性原则：提供开放式标准接口，提供与其他系统的互联互通；

**3** 灵活性原则：提供灵活的接口设计，便于接口的变动；

**4** 可扩展性原则：支持新系统的扩展以及接口容量与接口性能的提高；

**5** 可管理性原则：提供良好的管理机制，保证在运行过程中提供给管理员方便的管理方式以处理各种情况；

**6** 统一性原则：应当保证系统的接口方式、接口形式、使用的协议等规范、统一。

6.4 数据库设计

**6.4.2** 数据库设计宜按照以下库或表进行分类：

表6.4.2 数据库分类

| 序号 | 数据库名称 | 数据库功能描述 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 原始数据数据库 | 存储传感器监测的原始数据 |
| 2 | 处理分析数据数据库 | 存储原始监测数据经处理分析后的数据 |
| 3 | 结构状态数据库 | 存储结构安全预警子系统分析的中间数据和最终结论 |
| 4 | 系统参数数据库 | 存储运营状态系统中的各类参数，包括设备编号、监测参数、采样参数、设备状态参数 |
| 5 | 系统维护数据库 | 传感器自诊断信息、存储系统运行期间所有设备和系统的历史工作状态 |
| 6 | 桥梁信息数据库 | 桥梁的基本信息及病害信息 |
| 7 | 施工监控数据库 | 施工监测测试数据和报告；历次养护维修施工控制数据和报告 |

7 软件实现

7.1 一般规定

**7.1.1** 通常将软件编码和测试统称为软件实现。软件编码就是把软件设计结果翻译成用某种程序设计语言书写的程序。作为软件工程过程的一个阶段，编码是对设计的进一步具体化，因此，程序的质量主要取决于软件设计的质量。但是，所选用的程序设计语言的特点及编码风格也将对程序的可靠性、可读性、可测试性和可维护性产生深远的影响。

**7.1.2** 在软件实现过程中，宜采用软件代码版本管理工具来管理代码。常用的版本管理工具包括git、svn等。版本管理软件有详细的日志，能记住每一次提交、每一次改动，并且能够比较查看不同版本之间的异同，同时可以恢复到之前的任一版本。

7.4 单元测试

**7.4.1** 软件单元测试的对象是可独立编译或汇编的模块；单元测试的目的是检查每个软件单元能否正确地实现设计说明中的功能、性能、接口和其他设计约束等要求，发现单元内可能存在的各种差错；单元测试的技术依据是软件详细设计文档。

**7.4.2** 软件单元测试在对模块接口进行测试时主要检查几个方面：参数的数目、次序、属性或单位系统与变元是否一致；是否修改了只作输入用的变元；全局变量的定义和用法在各个模块中是否一致。评价出错处理通路时，应着重检查：错误描述难以理解；记录的错误与实际错误不同；对错误处理之前，错误条件已经引起系统干预；对错误处理不正确；描述错误的信息不足以帮助确定错误的位置。

**7.4.3** 软件单元测试应采用白盒测试技术。

# 9 试运行与验收

9.1 一般规定

**9.1.1** 软件试运行目的是验证软件是否满足软件开发合同或任务书、系统/子系统设计文档、软件需求规格说明和软件设计说明所规定的软件质量特性要求，并为软件产品质量评价及验收提供依据。

9.2 软件试运行

**9.2.1** 软件试运行时，监测系统软件试运行使用环境、实施条件均应与实际生产环境保持一致，并应根据条件人为制造满负荷、极端工作环境等条件，以期考核软件系统整体性能。除此之外，还应考查系统主要硬件设备、辅助设备、网络的长期稳定性和可靠性。

**9.2.2** 软件试运行的系统实际应用和系统功能完善性及安全性能应包含：系统监测数据的应用；系统运行监测数据的应用；系统实时监测、警报能力的应用；系统远程控制能力的应用及在实际操作中的安全性能；各类报表的应用等。

9.3 软件验收

**9.3.3** 软件验收合格的标准应符合如下规定：被验收软件功能试运行测试文档，验收标准为所有功能项均通过测试；被验收软件试运行时存在的故障不合格项的更改记录，验收标准为所有不合格项均已得到更正并得到充分验证；被验收软件运行交付文档，验收标准为文档内容正确且充分、能够支持后续软件维护工作。

评审程序的流程应为：验收组织审查试运行报告、验收审查报告；根据评审通过准则，验收组织就被验收软件是否通过验收进行表决；根据表决情况，做出评审结论。

验收结论分为两种：建议通过和建议不通过。建议通过应需由三分之二以上参加验收评审的成员同意；建议不通过应需同意验收通过的参加验收评审成员数达不到通过的要求。

# 附表1 软件需求规格说明书

**1 前言**

**1.1 编写目的**

简要说明编写目的；简单阐述该文档的受众；对前置文档进行说明。

**1.2 范围**

阐述本项目将要做什么，以及不做什么。如果有招标要求和合同，则需要与其相关内容保持一致。

**1.3 术语表**

定义系统或产品中涉及的重要术语，为读者在阅读文档时提供必要的参考信息。

**2** **系统需求**

**2.1 功能需求**

**2.1.1 Xxxx功能**

**（1）功能描述**

文字描述当前功能具体作用。

**（2）输入**

如果是人机交互功能，通过图表表述这个功能的输入参数。如果是服务接口，通过表格表述这个功能的输入参数，以及这些参数是通过何种手段采集的。

**（3）处理**

描述该功能需要处理哪些数据，完成何种动作

**（4）输出**

描述功能处理结束后将输出哪些数据。

**2.2 非功能需求**

**3 附录**

# 附表2 概要设计说明书

**1 引言**

**1.1 编写目的**

说明编写概要设计说明书的目的，指出预期的读者。

**1.2 背景**

说明待开发软件系统的名称；列出此项目的任务提出者、开发者、用户以及将运行该软件的计算站（中心）。

**1.3 术语表**

定义系统或产品中涉及的重要术语，为读者在阅读文档时提供必要的参考信息。

**1.4 参考资料**

列出有关的参考文件，如本项目的经核准的计划任务书或合同，上级机关的批文；属于本项目的其他已发表文件；本文件中各处引用的文件、资料，包括所要用到的软件开发标准。列出这些文件的标题、文件编号、发表日期和出版单位，说明能够得到这些文件资料的来源。

**2 架构设计**

**2.1 软件部署拓扑设计**

简要地说明对本系统的运行环境（包括硬件环境和支持环境）的规定。根据环境，对硬件设备与软件所在服务器的拓扑结构设计。

**2.2 基本设计概念和处理流程**

说明本系统的基本设计概念和处理流程，尽量使用图表的形式。

**2.3 结构**

用一览表及框图的形式说明系统元素（各层模块、子程序、公用程序等）的划分，扼要说明每个系统元素的标识符和功能，分层次给出各元素之间的控制与被控制关系。

**3 数据结构设计**

**3.1 逻辑结构设计**

给出软件内所使用的每个数据结构的名称、标识符以及它们之中每个数据项、记录、文卷和系的标识、定义、长度及它们之间的层次的或表格的相互关系。

**3.2 物理结构设计**

给出软件所使用的每个数据结构中的每个数据项的存储要求，访问方法、存取单位、存取的物理关系（索引、设备、存储区域）、设计考虑和保密条件。

**3.3 数据结构与程序的关系**

说明各个数据结构与访问这些数据结构的形式:

**4 界面接口设计**

**4.1 用户接口**

说明将向用户提供的命令和它们的语法结构，以及软件的回答信息。

**4.2 外部接口**

说明本系统同外界的所有接口的安排包括软件与硬件之间的接口、本系统与各支持软件之间的接口关系。

**4.3 内部接口**

说明本系统之内的各个系统元素之间的接口的安排。

**5 运行设计**

**5.1 运行模块组合**

说明对系统施加不同的外界运行控制时所引起的各种不同的运行模块组合，说明每种运行所历经的内部模块和支持软件。

**5.2 运行控制**

说明每一种外界的运行控制的方式方法和操作步骤。

**5.3 运行时间**

说明每种运行模块组合将占用各种资源的时间。

**6 系统出错处理设计**

**6.1 出错信息**

用一览表方式说朗每种可能出错或故障情况出现时，系统输出信息的形式、含意及处理方法。

**6.2 补救措施**

说明故障出现后可能采取的变通措施。

**6.3 系统维护设计**

说明为了系统维护的方便而在程序内部设计中作出的安排，包括在程序中专门安排用于系统检查与维护的检测点和专用模块。

# 附表3 详细设计说明书

**1 引言**

**1.1 背景**

**1.2 编写目的和范围**

**1.3 术语表**

定义系统或产品中涉及的重要术语，为读者在阅读文档时提供必要的参考信息。

**1.4 参考资料**

**1.5 使用的文字处理和绘图工具**

**2 设计概述**

**2.1 系统详细需求分析**

主要对软件系统级的需求进行分析。应根据工程需求和软件使用方要求对需求进一步确认，并对可能变化带来的需求变化进行较为详细分析。

**2.2 总体方案确认**

着重描述系统总体结构确认及界面划分问题。

**2.3 系统总体结构确认**

对系统组成、逻辑结构及层次进行确认，对应用系统、支撑系统及各自实现的功能进行确认，细化集成设计及系统工作流程。

**2.4 系统组成、逻辑结构及层次确认**

**3 全局数据结构说明**

**3.1 常量**

包括数据文件名称及其所在目录、功能说明、具体常量说明等。

**3.2 变量**

对软件系统中变量进行数据说明

**3.3 数据结构**

对具体数据结构（定义、注释、取值）进行说明。

**4 系统详细设计**

**4.1 功能结构图**

**4.2 软件模块划分**

对系统的组成及逻辑结构进行设计前确认，划分软件的模块。可用层次图描述系统的总体结构、功能分解及各个模块之间的相互调用关系和信息交互。

每个模块描述说明可参照以下格式：

模块编号：

模块名称：

输入：

处理：

算法描述：

输出：

其中处理和算法描述部分可采用伪码进行描述。

**4.3 界面接口设计**

说明软件模块的各种接口，与系统硬件接口、通讯等的接口也应在本节进行说明。

**5 模块设计**

**5.1 用例图**

**5.2 功能设计说明**

**5.2.1 模块1**

（1）子模块1

1）设计图

2）功能描述

简要描述子模块1的业务功能。

3）输入数据

详细描述用户输入数据(包括任何输入设备)及这些数据的有效性检验规则。详细描述从物理模型中的哪些表获取数据及获取这些数据的条件。

4）输出数据

详细描述子功能1所产生的数据以及这些数据的表现形式。

5）业务算法和流程

从业务角度详细描述根据输入数据产生输出数据的业务算法和流程。

6）数据设计

给出模块中局部数据结构说明，包括数据结构名称、功能说明及具体数据结构说明（定义、注释设计、取值）等。相关数据库表、数据存储设计说明，具体包括数据文件名、数据存储格式、数据项及属性等。

7）源程序文件说明

给出模块中各源程序文件的说明，包括源程序文件名称及其所在目录，功能说明，包含的前导文件及函数名称等。

8）函数说明

具体说明模块中的各个函数，包括函数名称及其所在文件，功能，格式，参数，全局变量，局部变量，返回值，算法说明，使用约束等。

9）限制条件

10）其他说明

（2）子模块2

1）设计图

2）功能描述

3）输入数据

…

**5.2.2 模块2**

**…**

**6 接口设计**

**6.1 内部接口**

**6.2 外部接口**

**6.2.1接口说明**

**6.2.2 调用方式**

**7 数据库设计**

**8 系统安全保密设计**

**9 系统出错处理设计**

# 附表4 软件测试报告

**1 简介**

**1.1 目的**

简要阐述软件测试分析的目的。

**1.2 范围**

简要说明此测试分析报告的范围，以及受到此文档影响的其他软件或硬件。

**1.3 术语表**

定义系统或产品中涉及的重要术语，为读者在阅读文档时提供必要的参考信息。

**2 测试结果摘要**

**2.1 测试总结**

简要地总结测试的结果。

**2.2 测试机构和人员**

简要说明测试部门和人员，以及各人员的对应职责。

**3 基于需求的测试覆盖**

对各种评测指出结果，可与以前结果进行比较，并讨论变化趋势。宜采用下表方式进行表达。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **测试对象** | **严重****问题** | **一般****问题** | **次要****问题** | **建议性****问题** | **问题****总数** | **已解决****问题** | **未解决****问题** | **是否通****过测试** |
| 模块名称 | 子模块1 |  |  |  |  |  |  |  | P |
| 子模块2 |  |  |  |  |  |  |  | P&B |

注：P——测试通过；F——测试失败；P&B——通过测试但有缺陷

**4 评价**

**4.1 软件能力**

说明软件经过测试是否可用，达到了哪种水平，并描述软件当前版本的各种问题，最后给出结论。

**4.2 建议措施**

对测试问题进行评估，给出可行建议或应对措施。