

**T/ CECS 138：2020**

**中国工程建设标准化协会标准**

**工业设备基础可靠性鉴定标准**

Standard for appraisal of reliability of

industrial equipment foundation

2021年 北京

**中国工程建设标准化协会标准**

工业设备基础可靠性鉴定标准

Standard for appraisal of reliability of

industrial equipment foundation

**(征求意见稿)**

**CECS —**

主编单位：

批准单位：

施行日期：

中国建筑工业出版社

**2021 北 京**

**前言**

根据中国工程建设标准化协会“关于印发《2018年第二批工程建设标准制定、修订计划》的通知”（建标协字【2018】030号）的要求，编制组经广泛的调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，制订本标准。

本标准共分10章和4个附录，主要技术内容包括：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.调查；5.检测；6.结构分析和校核；7.构件的鉴定评级；8.系统的鉴定评级；9.鉴定单元的鉴定评级；10.鉴定报告。

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

本标准由中国工程建设标准化协会冶金分会归口管理，由中冶建筑研究总院有限公司负责具体技术内容的解释。本标准在执行过程中如有意见或建议，请寄送至中冶建筑研究总院有限公司（地址：北京市海淀区西土城路33号，邮编：100088）。

主编单位：

参编单位：

主编：

主要起草人：

主要审查人：

**目 录**

[1 总则 5](#_Toc82693937)

[2 术语和符号 6](#_Toc82693938)

[2.1 术语 6](#_Toc82693939)

[2.2 符号 7](#_Toc82693940)

[3 基本规定 8](#_Toc82693941)

[3.1 一般规定 8](#_Toc82693942)

[3.2 鉴定程序 8](#_Toc82693943)

[3.3 鉴定评级标准 11](#_Toc82693944)

[4 调查 14](#_Toc82693945)

[4.1 一般规定 14](#_Toc82693946)

[4.2 使用历史和状况调查 14](#_Toc82693947)

[4.3 使用环境的调查 15](#_Toc82693948)

[4.4 基础上作用的调查 16](#_Toc82693949)

[5 检测 18](#_Toc82693950)

[5.1 一般规定 18](#_Toc82693951)

[5.2 地基检测 18](#_Toc82693952)

[5.3 基础检测 18](#_Toc82693953)

[5.4 连接件检测 19](#_Toc82693954)

[5.5 振动检测 19](#_Toc82693955)

[6 结构分析和校核 21](#_Toc82693956)

[7 构件的鉴定评级 23](#_Toc82693957)

[7.1 一般规定 23](#_Toc82693958)

[7.2 混凝土构件 23](#_Toc82693959)

[7.3 钢构件 26](#_Toc82693960)

[8 系统的鉴定评级 29](#_Toc82693961)

[8.1 一般规定 29](#_Toc82693962)

[8.2 地基 29](#_Toc82693963)

[8.3 基础 31](#_Toc82693964)

[8.4 连接件 32](#_Toc82693965)

[9 鉴定单元的鉴定评级 34](#_Toc82693966)

[10 鉴定报告 35](#_Toc82693967)

[附录A 设备基础初步调查表 36](#_Toc82693968)

[附录B 设备基础环境类别和作用等级的确定 37](#_Toc82693969)

[附录C 振动对设备基础影响的鉴定 39](#_Toc82693970)

[附录D 工业设备基础变形监测 42](#_Toc82693971)

[引用标准名录 47](#_Toc82693972)

Contents

1 General provisions 5

2 Terms and Symbols 6

2.1 Terms 6

2.2 Symbols 7

3 Basic Regulations 8

3.1 General requirements 8

3.2 Identification Procedure and Work Content 8

3.3 Accreditation Criteria 11

4 Investigation 14

4.1 General requirements 14

4.2 Conditions of Use Investigation 14

4.3 Equipment Basic Investigation 15

4.4 Foundation Load Investigation 16

5 Inspection 18

5.1 General Provisions 18

5.2 Foundation Soil Inspection 18

5.3 Foundation Inspection 18

5.4 Anchor Bolt Inspection 19

5.5 Dynamic Inspection 19

6 Structral Analysis and Checking 21

7 Appraisal Rating for Structure Members 23

7.1 General Provisions 23

7.2 Concrete Structure Members 23

7.3 Steel Structure Members 26

8 Appraisal Rating for Structure System 29

8.1 General Provisions 29

8.2 Foundation Soil 29

8.3 Foundation 31

8.4 Anchor Bolt 32

9 Comprehensive Appraisal Rating 34

10 Identification Report 35

Appendix A Preliminary Investigation Table of Industrial Equipment Foundation 36

Appendix B Using Environmental category and grade 37

Appendix C Appraisal of Vibration Impact on Industrial Equipment Foundation 39

Appendix D Deformation monitor of Industrial Equipment Foundation 42

Explanation of Wording in This Standard 46

List of Quoted Standards 47

Addition: Explanation of Provisions 48

# 1 总则

1.0.1 为规范工业设备基础的可靠性鉴定工作，加强技术管理，确保设备基础安全，保证鉴定质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于工业领域既有设备基础的可靠性鉴定。

**条文说明：**

本标准所涉及工业领域包含冶金、电力、石油、机械、化工、纺织、煤炭、航天、航空、港工等，也可用于交通、水利等专业领域的既有设备基础的可靠性鉴定。

设备基础类型根据不同车间、不同设备类型、工艺设备布置和生产操作对空间的需求及基础受荷特点，包括大块式、墙式、墩式、框架式、筏板式、坑式、箱体式或两种或多种相组合的形式，本标准主要针对大块式、墙式、墩式混凝土基础，也可用于筏板式、坑式、箱体式基础，框架式设备基础可参照《工业建筑可靠性鉴定标准》（GB 50144）。

1.0.3 工业设备基础的可靠性鉴定，除应执行本标准外，尚应符合国家、行业现行标准或规范的有关规定。

**条文说明：**

工业设备基础位于抗震设防区、特殊地基土地区、特殊环境中或灾害后的工业设备基础的可靠性鉴定应按相关标准规定执行。

# 2 术语和符号

## 2.1 术语

2.1.1 既有工业设备基础 existing industrial equipment foundation

已建成并投入使用的，为工业生产服务的设备的基础。

**条文说明：**

既有工业设备基础需要检测的内容包括地基、基础、基础与设备间的连接件，同时需检查其上附属设施的服役情况。附属设施包括设备周边的安全护栏、围栏、检修钢梯、爬梯、过桥、走道等。

2.1.2 连接件connectionm

~~是~~连接设备与基础的锚固螺栓、预埋件、连接焊缝等。

2.1.3 可靠性鉴定 appraisal of reliability

针对可靠性开展的调查、检测、验算、分析和评定等技术活动。可靠性包括安全性和使用性，安全性包括承载能力和整体稳定性等，使用性包括适用性和耐久性。

2.1.4 专项鉴定 special appraisal

针对专项问题或按特定要求所进行的鉴定。

2.1.5 目标使用年限target working life

鉴定时所期望的后续使用年限。

2.1.6 鉴定单元 appraisal unit

根据被鉴定对象的结构体系、构造特点、工艺布置等不同所划分的可以独立进行可靠性鉴定的区段，每一区段为一鉴定单元。

2.1.7 系统 member assemblage

同种构件的集合，分为地基、基础、连接件。

## 2.2 符号

2.2.1 结构性能及作用效应structral performance and action effect

*R*——结构或构件的抗力；

*S*——结构或构件的作用效应；

*γ*0——结构重要性系数。

2.2.2 鉴定评级appraisal rating

a、b、c、d——构件的可靠性评定等级；

A、B、C、D——系统的可靠性评定等级；

一、二、三、四——鉴定单元的可靠性评定等级。

# 3 基本规定

## 3.1 一般规定

3.1.1 工业设备基础在下列情况下，应进行可靠性鉴定：

1 生产工艺改造、设备更新时；

2 由于振动、基础沉降等影响设备正常运行时；

3 达到设计使用年限拟继续使用时；

4 使用条件或环境改变、遭受灾害或事故后，影响使用时；

5 存在较严重的质量缺陷或者出现较严重的腐蚀、损伤、变形时；

6 其它需要掌握设备基础可靠性水平时。

3.1.2 工业设备基础存在明显振动，可按附录C开展振动专项鉴定。

3.1.3 工业设备基础存在明显变形，可按附录D开展变形专项监测。

3.1.4 鉴定对象可以是整条生产线设备基础、多个或单个设备基础。

【条文说明】

鉴定单元的划分应以是否能独立发挥基础功能为基本原则，对于整条生产线可按变形缝进行划分。

3.1.5 鉴定的目标使用年限，应根据工业设备基础的使用历史、当前的技术状况和今后的维修、改造升级计划等与业主协商确定。对不同的鉴定单元，可确定不同的目标使用年限。

## 3.2 鉴定程序

3.2.1 工业设备基础可靠性鉴定，宜按规定的程序（图3.2.1）进行。



图3.2.1 可靠性鉴定程序

3.2.2 工业设备基础可靠性鉴定前应明确鉴定的目的、范围、内容和目标使用年限。

【条文说明】

工业设备基础的鉴定目的、范围、内容和目标使用年限一般由委托方提出，鉴定方应提出专业化建议。

3.2.3 初步调查宜包括下列工作内容：

1 考察现场，应了解工业设备基础现状及存在的问题。

2 调查设备基本运行情况。

3 调阅原始资料等。

4 调查工业设备基础的历史情况。

【条文说明】

现场考察时应重点关注设备基础服役现状、使用条件、内外部环境等。

调阅原始资料应包括工程地质勘察报告、设计计算书、设计施工图、设计变更记录、施工及施工洽商记录、竣工资料、设备运行维护情况等。

工业设备基础历史情况调查应包括原始资料，历次检查观测记录、历次维修加固或改造资料，设备变更、工艺变更、使用条件改变、事故处理以及遭受灾害等情况。

3.2.4 鉴定方案应包括工程概况、鉴定目的、鉴定范围、鉴定依据、调查与检测、鉴定内容等，尚宜包括工作进度计划、需委托方配合的工作及安全环保要求等。

3.2.5 详细调查和检测宜包括下列工作内容：

1 荷载和作用调查；

2 环境调查；

3 检查工业设备基础布置和构造、结构构件及连接情况；

4 检测基础结构材料的实际性能和构件的几何参数；

5 检测基础结构、连接件的安全状况和使用功能，如存在的缺陷和损伤、裂缝、变形或偏差、腐蚀、老化等；

6 调查或测量地基的变形，检查地基变形对设备运行的影响，还可对基础进行开挖检查、检测，对地基补充勘察或进行现场地基承载能力试验；

7 工业设备基础有明显振动时，应测试结构的动力特性和动力响应。

【条文说明】

工业设备基础上的作用应包括工业设备的型号、参数等与设备相关的信息。

详细调查内容尚宜包括设备基础防火、耐高温、防腐等情况，检查其上附属设施的安全状况和使用功能是否完好，检查隔振设施（如有）的使用功能和工作性能是否良好等。

3.2.6 当调查检测结果不满足可靠性鉴定需要时，应及时进行补充调查、检测。

3.2.7 工业设备基础可靠性鉴定评级包括安全性、使用性和可靠性，也可根据需要仅评定其安全性或使用性，并应符合下列规定：

1 可靠性鉴定评级宜划分为构件、系统、鉴定单元三个层次；

2 可靠性鉴定应按表3.2.7的规定进行评级，安全性分为四级，使用性分为三级，可靠性分为四级。

表3.2.7 工业设备基础可靠性鉴定评级的层次、等级划分及项目内容

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 层次 | Ⅰ | Ⅱ | | | Ⅲ |
| 层名 | 鉴定单元 | 系统 | | | 构件 |
| 可  靠  性  鉴  定 | 一、二、三、四 | 安全性评定 | A、B、C、D | | a、b、c、d |
| 设备基础整体  或某一区段 | 地基 | 地基变形  稳定性 |  |
| 承载功能 |
| 基础本体 | 整体性 | 承载能力  构造和连接 |
| 承载功能 |
| 连接件 | 承载功能  构造连接 |
| 使用性评定 | A、B、C | | a、b、c |
| 地基 | 影响基础与设备正常使用的地基变形 |  |
| 基础本体 | 使用状况  使用功能 | 变形或偏差  振动  裂缝  缺陷和损伤  腐蚀  老化 |
| 位移或变形 |
| 连接件 | 使用状况  使用功能 |

3.2.8 鉴定报告的编写应符合本标准第10章的要求。

## 3.3 鉴定评级标准

3.3.1 工业设备基础构件的鉴定评级应按下列规定评定：

1 构件的安全性评级标准应符合表3.3.1-1的规定：

表3.3.1-1 构件的安全性评级标准

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 级别 | 分级标准 | 是否采取措施 |
| a级 | 符合国家现行标准的安全性要求，安全 | 不必采取措施 |
| b级 | 略低于国家现行标准的安全性要求，不影响安全 | 可不采取措施 |
| c级 | 不符合国家现行标准的安全性要求，影响安全 | 应采取措施 |
| d级 | 极不符合国家现行标准的安全性要求，已严重影响安全 | 必须立即采取措施 |

2 构件的使用性评级标准应符合表3.3.1-2的规定：

表3.3.1-2 构件的使用性评级标准

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 级别 | 分级标准 | 是否采取措施 |
| a级 | 符合国家现行标准的正常使用要求，在目标使用年限内能正常使用 | 不必采取措施 |
| b级 | 略低于国家现行标准的正常使用要求，在目标使用年限内尚不明显影响正常使用 | 可不采取措施 |
| c级 | 不符合国家现行标准的正常使用要求，在目标使用年限内明显影响正常使用 | 应采取措施 |

3 构件的可靠性评级标准应符合表3.3.1-3的规定：

表3.3.1-3 构件的可靠性评级标准

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 级别 | 分级标准 | 是否采取措施 |
| a级 | 符合国家现行标准的可靠性要求，困扰安全使用 | 不必采取措施 |
| b级 | 略低于国家现行标准的可靠性要求，不影响安全使用 | 可不采取措施 |
| c级 | 不符合国家现行标准的可靠性要求，影响安全，或影响正常使用 | 应采取措施 |
| d级 | 极不符合国家现行标准的可靠性要求，已严重影响安全 | 必须立即采取措施 |

3.3.2 工业设备基础系统的鉴定评级应按下列规定评定：

1 系统的安全性评级标准应符合表3.3.2-1的规定：

表3.3.2-1 系统的安全性评级标准

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 级别 | 分级标准 | 是否采取措施 |
| A级 | 符合国家现行标准的安全性要求，不影响整体安全 | 不必采取措施或有个别次要构件宜采取适当措施 |
| B级 | 略低于国家现行标准的安全性要求，尚不明显影响整体安全 | 可不采取措施或有极少数构件应采取措施 |
| C级 | 不符合国家现行标准的安全性要求，影响整体安全 | 应采取措施或有极少数构件应立即采取措施 |
| D级 | 极不符合国家现行标准的安全性要求，已严重影响整体安全 | 必须立即采取措施 |

2 系统的使用性评级标准宜符合表3.3.2-2的规定：

表3.3.2-2 系统使用性评级标准

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 级别 | 分级标准 | 是否采取措施 |
| A级 | 符合国家现行标准的正常使用要求，在目标使用年限内不影响整体正常使用或设备运行 | 不必采取措施或有个别构件宜采取适当措施 |
| B级 | 略低于国家现行标准的正常使用要求，在目标使用年限内尚不明显影响整体正常使用或设备运行 | 可有少数构件  应采取措施 |
| C级 | 不符合国家现行标准的正常使用要求，在目标使用年限内明显影响整体正常使用或设备运行 | 应采取措施 |

3 系统的可靠性评级标准应符合表3.3.2-3的规定：

表3.3.2-3 系统的可靠性评级标准

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 级别 | 分级标准 | 是否采取措施 |
| A级 | 符合国家现行标准的可靠性要求，不影响整体安全，可正常使用 | 不必采取措施或有个别次要构件宜采取适当措施 |
| B级 | 略低于国家现行标准的可靠性要求，尚不明显影响整体安全，不影响正常使用 | 可不采取措施或有极少数构件应采取措施 |
| C级 | 不符合国家现行标准的可靠性要求，或影响整体安全，或影响正常使用 | 应采取措施，或有极少数构件应立即采取措施 |
| D级 | 极不符合国家现行标准的可靠性要求，已严重影响整体安全，不能正常使用 | 必须立即采取措施 |

3.3.3 工业设备基础鉴定单元的鉴定评级应按下列规定评定：

1 鉴定单元的安全性评级标准应符合表3.3.3-1的规定：

表3.3.3-1 鉴定单元的安全性评级标准

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 级别 | 分级标准 | 是否采取措施 |
| A | 符合国家现行标准的安全性要求，不影响整体安全 | 可不采取措施或有极少数构件宜采取适当措施 |
| B | 略低于国家现行标准的安全性要求，尚不明显影响整体安全 | 可有极少数构件应采取措施 |
| C | 不符合国家现行标准的安全性要求，影响整体安全 | 应采取措施，可能有极少数构件应立即采取措施 |
| D | 极不符合国家现行标准的安全性要求，已严重影响整体安全 | 必须立即采取措施 |

2 鉴定单元的使用性评级标准应符合表3.3.3-2的规定：

表3.3.3-2 鉴定单元使用性评级标准

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 级别 | 分级标准 | 是否采取措施 |
| A | 符合国家现行标准的正常使用要求，在目标使用年限内不影响整体正常使用 | 不必采取措施或有极少数构件宜采取适当措施 |
| B | 略低于国家现行标准的正常使用要求，在目标使用年限内尚不明显影响整体正常使用 | 可有少数构件应采取措施 |
| C | 不符合国家现行标准的正常使用要求，在目标使用年限内明显影响整体正常使用 | 应采取措施 |

3 鉴定单元的可靠性评级标准应符合表3.3.3-3的规定：

表3.3.3-3 鉴定单元可靠性评级标准

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 级别 | 分级标准 | 是否采取措施 |
| 一级 | 符合国家现行标准的可靠性要求，不影响整体安全，可正常使用 | 可不采取措施或有极少数构件宜采取适当措施 |
| 二级 | 略低于国家现行标准的可靠性要求，尚不明显影响整体安全，不影响正常使用 | 可有极少数构件应采取措施 |
| 三级 | 不符合国家现行标准的可靠性要求，影响整体安全，影响正常使用 | 应采取措施，可能有极少数构件应立即采取措施 |
| 四级 | 极不符合国家现行标准的可靠性要求，已严重影响整体安全，不能正常使用 | 必须立即采取措施 |

# 4 调查

## 4.1 一般规定

4.1.1工业设备基础的调查主要包括使用历史和状况调查、使用环境调查、基础上作用调查。

4.1.2工业设备基础的调查可按附录A进行记录。

## 4.2 使用历史和状况调查

4.2.1工业设备基础使用历史的调查主要包括：

1 工业设备基础的设计、施工和验收情况；

2 使用情况、用途变更情况；

3 超载、动荷载作用情况；

4 维修、加固、改扩建情况；

5 灾害、事故及其他特殊使用情况。

**【条文说明】：**

工业设备基础使用历史应重点调查历史上受到设计中未考虑的作用，主要包括地基基础沉降情况、设备荷载的变化情况及曾经受到的超载作用造成的结构损伤等。工业设备基础使用情况、用途变更、超载、动荷载作用情况的调查应包含基础历次检查观测记录。

4.2.2 工业设备基础的设计、施工和验收情况的历史调查，包括工程地质勘察报告、设计计算书、设计施工图、设计变更记录、施工及施工洽商记录、竣工资料、沉降观测资料等。

4.2.3 工业设备基础维修、加固、改扩建等历史情况调查，包括设备基础历次维修加固或改造情况、事故处理情况，并应重点调查可能影响设备基础正常使用以及设备运行的的其它情况。

**【条文说明】：**

可能影响设备基础正常使用的其它情况，包括基础邻近区域基坑开挖或打桩施工等相关历史情况，并应收集设备基础在上述施工过程中相关的监测资料。

4.2.4 工业设备基础使用情况的调查应符合下列规定：

1 当设备运行正常、基础无损坏时，可判定设备基础使用情况正常。

2 当设备运行不正常且基础有损坏时，需重点调查设备基础引起设备运行不正常的原因。

**【条文说明】：**

当设备运行不正常且基础有损坏时，需调查分析设备运行不正常的原因与设备基础的哪些子系统有关。

## 4.3 使用环境的调查

4.3.1 使用环境的调查应包括气象条件、地理环境、工作环境，调查中应考虑使用条件在目标使用年限内可能发生的变化。

表4.3.1 工业设备基础使用环境调查

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项次 | 使用环境 | 调查项目 |
| 1 | 气象条件 | 大气温湿度及降水量（室外设备基础）、霜冻期、风向风速（室外高出地坪设备基础）、土壤冻结等 |
| 2 | 地理环境 | 地形、地貌、工程地质 |
| 3 | 工作环境 | 基础结构与构件所处局部环境、温度、湿度、构件表面温度、侵蚀介质种类与浓度、干湿交替、冻融交替情况等 |

注：1.当设备基础在厂房内，可以忽略气象条件调查；

2.设备基础所处的环境类别和作用等级，可依据附录B的规定进行调查。

4.3.2 有高温热源的工业设备基础，应检测受高温热源影响区域基础结构表面温度，记录最高温度、高温持续时间和高温分布范围。

**【条文说明】：**

在工业设备基础可靠性鉴定中，业主（委托方）最关心的是设备基础是否安全、是否影响设备正常使用、后续使用寿命等。如果设备基础结构出现病态（局部破坏、严重变形、裂缝等），业主委托鉴定单位查找原因、分析危害程度并提出处理方法。

为检测鉴定中掌握结构使用环境、环境类别和作用等级，解决上述问题提供调查纲要和技术依据特制定这两条。

有些工业设备基础经常处于高温环境或温差大的环境，应考虑温度对工业设备基础的影响，因此需要检测基础结构或构件的表面温度、最高温度及温度场分布。

## 4.4 基础上作用的调查

4.4.1 基础上作用的调查可选择表4.4.1中的相应项目。

表4.4.1 基础上作用的调查

|  |  |
| --- | --- |
| **作用类别** | **调查项目** |
| 1 永久作用 | 1.设备及附属件自重，附属设施（设备安装维修通道、安全通道及走道、支承在基础上管道、电缆、盖板等）自重；基础上的填土和地坪自重；  2.生产期间其变化可以忽略的物料重及管道内的介质重；  3.土的侧压力；  4.水位不变的地下水压力。 |
| 2 可变作用 | 1.可移动的设备重量；  2. 生产期间其变化不可忽略的设备上的物料重；  3.生产期间正常操作工况和特殊工况时设备运转产生的动荷载；生产期间正常操作工况和特殊工况时物料运动的冲击、振动产生的动荷载；  4.堆载，根据不同阶段分为生产活荷载和安装、检修活荷载，包括操作、检修人员、工具、可拆卸设备或部件及零星原料和成品的重量及其搁置时的冲击荷载；  5.水位变化的地下水压力。地下水设计最高、最低水位的确定，应参照历史记录、考虑季节影响、工程活动和投产后的变化以及可预见的发展因素；  6.温度作用；  7. 其他。 |
| 3 偶然作用 | 1. 地震作用；紧急事故冲击作用；  2. 火灾、爆炸、撞击；  3. 其他 |

**【条文说明】：**

本条结构上的作用主要是根据现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068进行分类的。可变作用调查还包括设备基础物相邻地下工程（如深基坑等）的开挖、施工等情况。部分基础的可变荷载宜由设备及工艺专业提供。

4.4.2 工业设备基础上的作用标准值应按下列规定取值：

1 经调查符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009规定取值者，应按标准选用；

2 结构上的作用与现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009规定取值偏差较大

者，应按实际情况确定。

3 现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009未作规定或按实际情况难以直接选用时，可根据现场实际情况，结合现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153、《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068的有关规定确定。

**【条文说明】：**

本条为既有工业设备基础结构鉴定验算，在无特殊情况下，结构的作用标准值尽量采用现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009的规定值。但是，有些情况下结构验算荷载，例如特殊工况时设备运转产生的动荷载、生产工艺荷载等难以选用现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009的规定值时，则需要根据现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068的原则采用实测统计的方法确定。

4.4.3 设备作用调查应符合下列规定：

1了解工艺和实际使用情况时，除正常使用情况的荷载，尚应考虑设备检修和紧急情况时，物料和设备的堆积荷载；

2 设备正常运行、检修、紧急事故等的工艺荷载和偶然荷载、振动荷载可按工艺专业资料、设备专业的荷载资料直接采用；

3 当无设备资料，设备资料不全，或对已有资料有疑问时，应根据实际状况和鉴定要求对设备荷载进行专项调查和测试；

4 当基础上设备高温热源对基础构件有明显影响时，尚应考虑温度作用；

5 设备振动对基础结构影响较大时，应了解设备的扰力特性及其他相关影响因素，必要时应进行测试。

**【条文说明】：**

本条为设备作用调查，基础上作用的调查主要指作用于设备基础之上设备荷载的调查，应查阅设备和物料运输荷载资料，包括设备基础顶面长期堆载，操作荷载及检修荷载，工艺设备荷载调查应注意各行业工艺特点。

# 5 检测

## 5.1 一般规定

5.1.1 工业设备基础的检测内容应包括地基检测、基础本体检测、连接件检测。

5.1.2 对工业设备基础的检测过程、抽检数量、抽检方法应满足《建筑结构检测技术标准》（GB/T50344）等国家规范标准要求。

**【条文说明】：**

抽检数量宜满足《建筑结构检测技术标准》（GB/T50344）的计数要求和《工业建筑可靠性鉴定标准》（GB/T50144）相关鉴定规范的鉴定要求，检测过程、检测方法应参照《钢结构现场检测技术标准》（GB/T 50621）和《混凝土结构现场检测技术标准》（GB/T 50784）等标准规范。

5.1.3 检测过程及检测方法应尽可能不影响设备的运行安全，且振动测试应能反映设备运行的实际工况。

**【条文说明】：**

工业设备基础是为设备的正常运行服务的，对工业设备基础检测时应尽量避免对设备运行的影响，同时振动测试时的工况应能反应设备运行的实际情况。

## 5.2 地基检测

5.2.1 地基检测包括地基外观检测、地基的岩土性能沉降观测。

5.2.2 地基外观检查内容宜包括基础底面与地基是否脱开、设备周边场地是否有沉降变形现象等。

5.2.3 当地基外观质量完好，且设备无因基础沉降问题引起故障，后续使用荷载无明显变化时，可不再进行其它地基检测。

5.2.4 当不满足5.2.3时，宜对设备基础进行沉降观测，沉降观测方法见附录D。

5.2.5 当需要地基的岩土性能标准值和地基承载能力特征值时，应根据调查和补充勘察结果按《既有建筑地基基础检测技术标准》（JGJ/T 422）等现行国家标准的规定取值。

## 5.3 基础检测

5.3.1 工业设备基础本体检测应主要包括结构体系与布置、构件尺寸、材料性能、外观损伤和缺陷、钢筋配置、构件变形等；

**【条文说明】：**

材料性能包括材料力学性能、有害物质含量检测；外观损伤和缺陷包括构件蜂窝、麻面、掉皮、起砂、疏松、露筋和开裂、钢筋锈蚀、混凝土缺失、保护层脱落等；钢筋配置检测包括钢筋数量、间距、直径等。

5.3.2 对工业设备基础本体的检测，每种类型构件均应进行抽样检测，抽样数量满足最小样本；当需要开挖时，宜选择有代表性的位置开挖后进行检测。

5.3.3 基础本体检测中构件布置、几何尺寸及材料性能的检测，当图纸资料完整齐全时，可按鉴定工作需要进行现场抽样复核；当资料不全或可信度不高时，应按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344的规定进行现场检测。

5.3.4 对基础本体的缺陷、损伤和腐蚀，应进行全面检测，并应详细记录缺陷、损伤和腐蚀部位、范围、程度、形态，并拍照留存。

**【条文说明】：**

当必要时尚应绘制缺陷、损伤和腐蚀部位、范围、程度和形态分布图。

## 5.4 连接件检测

5.4.1 连接件的检测应主要包括连接件布置、外观质量、变形、材料性能、尺寸与偏差等，必要时需对连接件内部缺陷进行检测。

5.4.2 连接件外观质量检查的内容应包括连接件断裂、松动、脱落、弯曲变形、配件是否齐全和锈蚀程度、二次灌浆层是否完好等；外观质量宜采用观察、锤击等方法进行。

5.4.3 连接件的布置、外观质量、变形等的检测宜全数检查，材料性能、尺寸与偏差的检测抽样数量宜复合《建筑结构检测技术标准》计数抽样的规定。

## 5.5 振动检测

5.5.1 设备运行产生振动，并对设备基础、临近的人员、仪器设备、工厂生产等产生有害影响时，应进行设备引起的振动检测。

**【条文说明】**

多数情况下，振动检测由业主提出，检测人员也可以根据现场情况要求进行振动检测。设备运行产生的振动导致基础主体结构损伤、围护结构破坏，设备工作时噪音大，密封系统泄露导致粉尘大，人体感觉不适，附近设备工作受到影响等情况下，应该进行振动检测。

5.5.2 振动检测内容包括设备基础的动力特性和动力反应。设备基础的动力特性参数包括振型、周期和频率以及阻尼比。

**【条文说明】**

动力特性参数是设备基础结构进行振动计算和分析时的主要参数，根据实测的设备基础的动力特性参数可以校核计算模型的准确性。测试设备基础的动力反应一方面是为了分析设备基础结构的动力特性，另一方面是为了判断设备基础结构的振动是否超限。

5.5.3 振动检测的物理量根据设备运行特征确定，包括位移、速度和加速度。

**【条文说明】**

按照各行业设备基础设计的要求，设备基础振动控制的物理量包括位移、速度和加速度，振动检测时对应进行测试。

5.5.4设备采用隔振减振措施时，除了和常规设备基础相同的检测内容外，还要测试隔振减振装置的减隔振效率。

**【条文说明】**

测试条件允许时，检测隔振减振装置的减隔振效率可以判断隔振减振装置的工作情况，从而对隔振减振装置的性能做出判断。

# 6 结构分析和校核

6.0.1 工业建筑设备基础的分析和校核应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行。

6.0.2若设备基础使用时间已超过10年且经检测地基变形小于现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007规定的允许值，沉降速率小0.01mm/d，基础及上部设备使用状况良好，无沉降裂缝、变形或位移且设备无改造历史，可不对地基进行分析校核。

**【条文说明】：**

根据《工业建筑可靠性鉴定标准》的规定，对地基分析与校核的条件进行了细化，酌情减少部分地基分析与校核的工作。

6.0.3 工业建筑设备基础分析与校核应符合下列规定：

1 结构分析与结构、构件的校核方法，应符合国家现行设计标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计标准》GB 50017、《建筑地基基础设计规范》GB 50007等的规定。

2 结构分析计算模型，应符合结构的实际状况。

3 材料强度的标准值，应根据结构构件的实际状况和已获得的检测数据按下列原则取值：

1）当材料的强度符合原设计文件要求时，可按原设计标准值取值；

2）当材料的强度与原设计不符或材料性能已显著退化时，应根据实测数据按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB /T 50344的规定确定。

4作用效应的分项系数和组合系数，应按生产工艺资料、现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068、《建筑结构荷载规范》GB 50009的规定确定，两者之中取大值。

5 当结构受到不可忽略的温度、地基变形、差异沉降等作用时，应考虑它们产生的附加作用效应。

6 当混凝土结构表面温度高于100℃或有生产热源且结构表面温度长期高于60℃，钢结构表面温度长期高于150℃时，应进行强度和刚度的折减。高强度螺栓连接处温度高于100℃或者曾经历过高于100℃的高温时，应考虑其抗滑移承载能力的降低。

7 工业建筑设备基础构件的几何参数应取实测值，并考虑结构和构件变形、施工偏差以及裂缝、缺陷、损伤、腐蚀等影响。

**【条文说明】：**

结构上的作用效应除应满足现行《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068、《建筑结构荷载规范》GB 50009外，还应满足相关工业设备基础设计标准，包括《动力机器基础设计规范》GB50040、《石油化工设备抗震鉴定标准》SH/T 3001、《石油化工企业钢储罐地基和基础设计规范》SH 68-195309、《石油化工塔型设备基础设计规范》SH3030、《石油化工钢制设备抗震设计规范》GB 50761、《石油化工冷换设备和容器基础设计规范》SH T3058、《石油化工压缩机基础设计规范》SH3091、《石油化工球罐基础设计规范》SH T3062、《化工设备基础设计规定》 HG/T 20643、《工业企业电气设备抗震鉴定标准》 GB50994、《钢铁企业治金设备基础设计规范》GB50696等。

# 7 构件的鉴定评级

## 7.1 一般规定

7.1.1 构件的安全性和使用性等级应按下列规定评定：

1 构件的安全性等级应按照承载能力项目、构造和连接项目进行分析评定；构件的使用性等级应按照裂缝、变形或偏差、缺陷和损伤、腐蚀、老化等项目进行分析评定。

2 当构件的状态或条件符合下列规定时，可直接评定其安全性等级或使用性等级：

1）已确定构件处于危险状态时，构件的安全性等级应评定为d级；

2）已确定构件符合本标准第7.1.3条规定的条件时，构件的使用性等级可按本标准第7.1.3条的规定评定。

3 当构件的变形过大、裂缝过宽、腐蚀以及缺陷和损伤严重时，应考虑其对构件安全性评级的影响，其使用性等级应评为c级。

7.1.2 单个构件的鉴定评级，应对其安全性等级和使用性等级进行评定。需要评定其可靠性等级时，应根据安全性等级和使用性等级评定结果按下列原则确定：

1 当构件的使用性等级为a级或b级时，应按安全性等级确定；

2 当构件的使用性等级为c级、安全性等级不低于b级时，宜定为c级；

3 位于生产工艺流程关键部位的构件，可按安全性等级和使用性等级中的较低等级确定。

7.1.3 当同时符合下列条件时，构件的使用性等级可根据实际使用状况评定为a级或b级：

1 经详细检查未发现构件有明显的变形、缺陷、损伤、腐蚀、裂缝、老化，也没有累积损伤问题，构件状态良好或基本良好；

2 在目标使用年限内，构件上的作用和使用环境与过去相比不会发生明显变化，构件有足够的耐久性，能够满足正常使用要求。

## 7.2 混凝土构件

7.2.1 混凝土构件的安全性等级应按承载能力、构造两个项目评定，并取其中较低等级作为构件的安全性等级。

7.2.2 混凝土构件的安全性等级按承载能力项目评定时，应按表7.2.2的规定评定。

表7.2.2 混凝土构件安全性按承载能力评定等级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 构件 | 评定标准 | | | |
| a | b | c | d |
| *R/γ0S* | ≥1.0 | <1.0  ≥0.90 | <0.90  ≥0.83 | <0.83 |

注：当构件出现受压及斜压裂缝时，视其严重程度，承载能力项目直接评为c级或d级；当出现过宽的受拉裂缝、变形过大、严重的缺陷损伤及腐蚀情况时，尚应考虑其不利情况对承载能力评级的影响，且承载能力项目评定等级不应高于b级。

7.2.3 混凝土构件的安全性等级按构造项目评定时，应按表7.2.3的规定执行。

表7.2.3 混凝土构件安全性按构造评定等级

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 检查项目 | a级或b级 | c级或d级 |
| 构件构造 | 结构构件的构造合理，符合或基本符合国家现行标准规定；无缺陷或仅有局部表面缺陷；工作无异常 | 结构构件的构造不合理，不符合国家现行标准规定；存在明显缺陷，已影响或显著影响正常工作 |

注：评定结果取a级或b级，可根据其实际完好程度确定；评定结果取c级或d级，可根据其实际严重程度确定。

7.2.4 混凝土构件的使用性等级应按裂缝、倾斜、缺陷和损伤、腐蚀四个项目评定，并取其中的最低等级作为构件的使用性等级。

7.2.5 按裂缝项目评定混凝土构件使用性等级时，应按下列规定进行：

1 混凝土构件的使用性等级按受力裂缝宽度评定时，应按表7.2.5-1、表7.2.5-2的规定评定；

2 混凝土构件因钢筋锈蚀产生的沿筋裂缝在腐蚀项目中评定，其他非受力裂缝应查明原因，并应根据裂缝对结构的影响进行评定。

表7.2.5-1 混凝土构件按受力裂缝宽度评定使用性等级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 环境类别与作用等级 | 工作条件 | 裂缝宽度(mm) | | |
| a | b | c |
| I-A | 室内正常环境 | ≤0.3 | >0.3，≤0.4 | >0.4 |
| I-B，I-C，Ⅱ-C | 露天或室内高湿度环境，干湿交替环境 | ≤0.2 | >0.2，≤0.3 | >0.3 |
| Ⅱ-D，Ⅱ-E，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴ | 使用除冰盐环境，滨海室外环境 | ≤0.1 | >0.1，≤0.2 | >0.2 |

表7.2.5-2 预应力混凝土构件按受力裂缝宽度评定使用性等级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 环境类别与  作用等级 | 工作条件 | 裂缝宽度(mm) | | |
| a | b | c |
| I-A | 室内正常环境 | ≤0.20 | >0.20，≤0.35 | >0.35 |
| I-B，I-C，Ⅱ-C | 露天或室内高湿度环境，干湿交替环境 | 无裂缝 | ≤0.05 | >0.05 |
| Ⅱ-D，Ⅱ-E，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴ | 使用除冰盐环境，滨海室外环境 | 无裂缝 | ≤0.02 | >0.02 |

7.2.6 按变形项目评定混凝土构件的使用性等级时，应按表7.2.6的规定评定。

表7.2.6 混凝土构件按变形评定使用性评级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评级标准 |
| a | 满足国家现行相关标准规定和设计要求 |
| b | 超过a级要求，尚不影响正常使用 |
| c | 超过a级要求，对正常使用有明显影响 |

7.2.7 混凝土构件的使用性等级按缺陷和损伤项目评定时，应按表7.2.7规定进行。

表7.2.7 混凝土构件按缺陷和损伤评定使用性等级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评级标准 |
| a | 完好 |
| b | 局部有缺陷和损伤，缺损深度小于保护层厚度 |
| c | 有较大范围的缺陷和损伤，或者局部有严重的缺陷和损伤，缺损深度大于保护层厚度 |

注：1 表中缺陷一般指构件外观存在的缺陷，当施工质量较差或有特殊要求时，尚应包括构件内部可能存在的缺陷；

2 表中的损伤主要指机械磨损或碰撞等引起的损伤。

7.2.8 混凝土构件的使用性等级按腐蚀项目评定时，应按表7.2.8的规定评定，其等级应取钢筋锈蚀和混凝土腐蚀评定结果中的较低等级。

表7.2.8 混凝土构件按腐蚀评定使用性等级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 评定等级 | a | b | c |
| 钢筋锈蚀 | 无锈蚀现象 | 有锈蚀可能和轻微锈蚀现象 | 外观有沿筋裂缝或明显锈迹 |
| 混凝土腐蚀 | 无腐蚀损伤 | 表面有轻度腐蚀损伤 | 表面有明显腐蚀损伤 |

注：对于墙板类和梁柱构件中的钢筋，当钢筋锈蚀状况符合表中b级标准时，钢筋截面锈蚀损伤不应大于5%，否则应评为c级。

## 7.3 钢构件

7.3.1 钢构件的安全性等级应按承载能力、构造两个项目评定，并应取其中较低等级作为构件的安全性等级。

7.3.2 钢构件安全性等级按承载能力项目评定时，应按表7.3.2的规定评定。在确定构件抗力时，应考虑实际的材料性能、缺陷损伤、腐蚀、过大变形和偏差对承载能力的影响。

表7.3.2 钢构件按承载能力评定安全性等级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 构件、连接 | 评定标准 | | | |
| a | b | c | d |
| *R/γ0S* | ≥1.0 | <1.0  ≥0.95 | <0.95  ≥0.88 | <0.88 |

注：动力设备基础的疲劳性能评定不受表中数值限制，应按附录C规定的方法进行评定。

7.3.3 承重构件的钢材应符合原设计标准的规定，构件的使用条件发生改变时，则宜符合国家现行标准的规定；仅材料强度不满足要求时，可按拉伸试验结果确定的设计强度计算承载能力；其他性能指标不满足要求时，不得评为a级；材料性能特别恶劣时，应评为d级。

7.3.4 钢构件构造项目包括构件构造和节点、连接构造，钢构件安全性等级按构造项目评定时，应根按表7.3.4的规定评定，并取其中评定结果的较低等级作为钢构件按构造项目评定的安全性等级。

表7.3.4 钢构件按构造项目评定安全性评级

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 检查项目 | a级或b级 | c级或d级 |
| 构件构造 | 构件组成形式、长细比或高跨比、宽厚比或高厚比等符合或基本符合国家现行标准规定；无缺陷或仅有局部表面缺陷；工作无异常 | 构件组成形式、长细比或高跨比、宽厚比或高厚比等不符合国家现行设计标准要求；存在明显缺陷，已影响或显著影响正常工作 |
| 节点、连接构造 | 节点、连接方式正确，符合或基本符合国家现行标准规定；无缺陷或仅有局部的表面缺陷，如焊缝表面质量稍差、焊缝尺寸稍有不足、连接板位置稍有偏差等；但工作无异常 | 节点、连接方式不当，不符合国家现行标准规定，构造有明显缺陷；如焊接部位有裂纹；部分螺栓或铆钉有松动、变形、断裂、脱落或节点板、连接板、铸件有裂纹或显著变形；已影响或显著影响正常工作 |

注：1 评定结果取a级或b级，可根据其实际完好程度确定；评定结果取c级或d级，可根据其实际严重程度确定；

2 构造缺陷还包括施工遗留的缺陷：对焊缝系指夹渣、气泡、咬边、烧穿、漏焊、少焊、未焊透以及焊脚尺寸不足等；对铆钉或螺栓系指漏铆、漏栓、错位、错排及掉头等；其他施工遗留的缺陷应根据实际情况确定；

3 当国家有关标准有构造连接的承载能力计算方法时，应按表7.3.2进行承载能力评级。

7.3.5 钢结构构件及其连接存在明显的缺陷损伤时，其安全性等级应评为c级或d级。

7.3.6 腐蚀钢构件按本标准第7.3.2条评定其承载能力安全等级时，应按下列规定考虑腐蚀对钢材性能和截面损失的影响：

1 对于普通钢结构，当腐蚀损伤量不超过初始厚度的10%且剩余厚度大于5mm时，可不考虑腐蚀对钢材强度的影响；当腐蚀损伤量超过初始厚度的10%或剩余厚度不大于5mm时，钢材强度应乘以0.8的折减系数。对于冷弯薄壁钢结构，当截面腐蚀大于5%时，钢材强度应乘以0.8的折减系数。

2 强度和整体稳定性验算时，钢构件截面积和截面模量的取值应考虑腐蚀对截面的削弱。

7.3.7 钢构件的使用性等级应按变形、偏差、一般构造和腐蚀等项目进行评定，并应取其中最低等级作为构件的使用性等级。

7.3.8 钢构件使用性等级按变形评定时，应按表7.3.8的规定评定。

表7.3.8 钢构件按变形评定使用性评级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评级标准 |
| a | 满足国家现行相关标准规定和设计要求 |
| b | 超过a级要求，尚不影响正常使用 |
| c | 超过a级要求，对正常使用有明显影响 |

7.3.9 钢构件使用性等级按偏差评定时，应按表7.3.9的规定评定。

表7.3.9 钢构件按偏差评定使用性评级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评级标准 |
| a | 满足国家现行相关标准的规定 |
| b | 超过a级要求，尚不明显影响正常使用 |
| c | 超过a级要求，对正常使用有明显影响 |

7.3.10 钢构件的腐蚀和防腐项目应按表7.3.10规定评定等级。

表7.3.10 钢构件按腐蚀和防腐评定使用性评级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评级标准 |
| a | 防腐措施完备且无腐蚀 |
| b | 轻微腐蚀，或防腐措施不完备 |
| c | 大面积腐蚀，或防腐措施已失效 |

7.3.11 与钢构件正常使用性有关的一般构造要求，符合现行标准规定应评为a级，不符合现行标准规定时应根据对正常使用的影响程度评为b或c级。

# 8 系统的鉴定评级

## 8.1 一般规定

8.1.1 工业设备基础系统的安全性鉴定，应对地基、基础和连接件的安全性等级分别进行评定。工业设备基础系统的使用性鉴定，应对地基、基础和连接件的的使用性等级分别进行评定。

8.1.2 系统的可靠性等级，应根据其安全性等级和使用性等级评定结果，按下列原则确定：

1 当系统的使用性等级为A级或B级时，应按安全性等级确定；

2 当系统的使用性等级为C级、安全性等级不低于B级时，宜评为C级；

3 位于生产工艺流程重要区域的系统，可按安全性等级和使用性等级中的较低等级确定。

8.1.3 当振动对设备基础整体或局部的安全、正常使用有明显影响时，可按本标准附录C规定的方法进行评定。

## 8.2 地基

8.2.1 地基宜根据地基变形观测资料和工业设备基础现状进行评定，需要时也可按地基基础的承载能力进行评定。

【条文说明】

建在斜坡场地环境下的工业设备基础，应检测评定边坡场地的稳定性及其对工业设备基础安全性的影响； 建在回填土、特殊土等场地上的工业设备基础，应根据特殊土力学性能、特点按相应标准进行评定；对有大面积地面荷载或软弱地基上的工业设备基础，应评价地面荷载、相邻建筑以及循环工作荷载引起的附加变形或桩基侧移对工业设备基础安全使用的影响；当工业设备基础附近新建施工、开挖、堆填载荷，地下工程侧穿、下穿、场地地下水、土压力等与设计工况有较大改变时，应考虑其改变产生的不利影响。

8.2.2 当地基的安全性按地基变形观测资料和工业设备基础现状的检测结果评定时，应按表8.2.2的规定评定等级。

【条文说明】

有相关行业标准的按行业标准评定，没有行业标准的遵照本标准评定。

表8.2.2 按地基变形评定地基基础的安全性等级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评级标准 |
| A | 地基沉降速率小于0.01mm/d（对地基变形有特殊要求的设备按设备参数控制），工业设备基础使用状况良好，无沉降裂缝、变形或位移，机械设备运行正常 |
| B | 地基沉降速率不大于0.05mm/d，半年内的沉降量小于5mm（对地基变形有特殊要求的设备按设备参数控制），工业设备基础有轻微沉降裂缝出现，但无进一步发展趋势，沉降对机械设备的正常运行基本没有影响 |
| C | 地基沉降速率大于0.05mm/d（对地基变形有特殊要求的设备按设备参数控制），工业设备基础的沉降裂缝有进一步发展趋势，沉降已影响到机械设备的正常运行，但尚有调整余地 |
| D | 地基沉降速率大于0.05mm/d（对地基变形有特殊要求的设备按设备参数控制），工业设备基础的沉降裂缝发展显著，沉降已导致机械设备不能正常运行 |

8.2.3 当地基的安全性按承载能力项目评定时，应按表8.2.3的规定评定等级。

表8.2.3 按承载能力项目评定地基的安全性等级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评级标准 |
| A | 地基的承载能力满足现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007规定的要求（对地基承载能力有特殊要求的设备按设备参数控制），基础完好无损且不影响设备运行 |
| B | 地基的承载能力略低于现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007规定的要求，基础局部有与地基相关的轻微损伤但不影响设备运行 |
| C | 地基的承载能力不满足现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007规定的要求，基础有与地基相关的开裂损伤，影响设备运行 |
| D | 地基的承载能力不满足现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007规定的要求，基础有与地基相关的严重开裂损伤，严重影响设备运行 |

8.2.4 地基的安全性等级，应根据本标准第8.2.2条和8.2.3条的评定结果按较低等级确定。

8.2.5 地基的使用性等级，宜根据设备基础和连接件的使用状况按表8.2.5的规定评定。

表8.2.5 地基的使用性评定等级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评级标准 |
| A | 基础和连接件的使用状况良好，或所出现的问题与地基基础无关 |
| B | 基础和连接件的使用状况基本正常，结构或连接因地基基础变形有个别损伤 |
| C | 基础和连接件的使用状况不完全正常，结构或连接因地基变形有局部或大面积损伤 |

## 8.3 基础

8.3.1 基础的安全性等级，应按承载功能评定，必要时应考虑过大倾斜、沉降或明显振动对该系统或其中部分结构安全性的影响。

8.3.2 基础本体承载功能的评定等级，当有条件采用较精确的方法评定时，应在详细调查的基础上，根据结构体系的类型及空间作用，按国家现行标准规范的规定确定合理的计算模型，通过结构作用效应分析和结构抗力分析，并结合该体系以往的承载状况和工程经验确定。结构抗力分析时尚应考虑结构及构件的变形、损伤和材料劣化对结构承载能力的影响。

8.3.3 基础安全性等级按表8.3.3进行评定。

表8.3.3 基础安全性评定等级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评级标准 |
| A级 | 不含c级构件，含b级构件且不多于30% |
| B级 | 含b级构件且多于30%或含c级构件且不多于20%，不含d级 |
| C级 | 含c级构件且多于20%，或含d级构件且少于10% |
| D级 | 含d级构件且不少于10％ |

8.3.4 基础的使用性等级应按基础本体使用状况和对设备运行的影响两个项目评定，并取其中较低的评定等级作为基础的使用性等级，尚应考虑振动对该系统或其中部分结构正常使用性的影响。

8.3.5 当基础本体的使用性等级按使用状况评定时，按表8.3.5进行评定。

表8.3.5 基础本体使用状况的使用性评定等级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评级标准 |
| A级 | 基础使用状况良好 |
| B级 | 基础使用状况基本正常，结构构件有个别损伤 |
| C级 | 基础使用状况不完全正常，结构构件有局部或大面积损伤 |

8.3.6 当基础本体的使用性等级按对设备运行的影响评定时，按表8.3.6进行评定。

表8.3.6 基础本体对设备运行影响的使用性评定等级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评级标准 |
| A级 | 基础不影响设备运行 |
| B级 | 基础轻微影响设备运行 |
| C级 | 基础严重影响设备运行 |

8.3.7 当鉴定评级中需要考虑明显振动对承重结构整体或局部的影响时，可按本标准附录C的规定进行评定。评定结果对结构的安全性有影响时，应在承重结构承载功能的评定等级中予以考虑；评定结果对结构的正常使用性有影响时，则应在承重结构使用状况的评定等级中予以考虑。

## 8.4 连接件

8.4.1 连接件安全性等级按表8.4.1进行评定。

表8.4.1 连接件安全性评定等级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评级标准 |
| A级 | 不含c级构件，含b级构件且不多于30% |
| B级 | 含b级构件且多于30%或含c级构件且不多于20% |
| C级 | 含c级构件且多于20%，或含d级构件且少于10% |
| D级 | 含d级构件且不少于10％ |

8.4.2 连接件使用性等级按表8.4.2进行评定。

表8.4.2 连接件使用性评定等级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评级标准 |
| A级 | 不含c级构件，含b级构件且不多于30%，且不影响设备运行 |
| B级 | 含b级构件且多于30%或含c级构件且不多于20%，或轻微影响设备运行 |
| C级 | 含c级构件且多于20%，或严重影响设备运行 |

# 9 鉴定单元的鉴定评级

9.0.1 工业设备基础可按所划分的鉴定单元进行可靠性等级评定。鉴定单元的可靠性等级应根据地基、基础和连接件的可靠性等级进行评定，按地基、基础和连接件中的最低等级作为该鉴定单元的可靠性等级。

9.0.2 工业设备基础可按所划分的鉴定单元进行安全性等级评定。鉴定单元的安全性等级应根据地基、基础和连接件的安全性等级进行评定，按地基、基础和连接件中的最低等级作为该鉴定单元的安全性等级。

9.0.3 工业设备基础可按所划分的鉴定单元进行使用性等级评定。鉴定单元的使用性等级应根据地基、基础和连接件的使用性等级进行评定，按地基、基础和连接件中的最低等级作为该鉴定单元的使用性等级。

【条文说明】

工业设备基础按划分的鉴定单元进行使用性鉴定评级时，尚应考虑其上附属设施的服役情况。

# 10 鉴定报告

10.0.1 工业设备基础可靠性鉴定报告应包括下列内容：

1 工程概况；

2 鉴定的目的、内容、范围及依据；

3 调查、检测、分析结果；

4 评定等级或评定结果；

5 结论与建议。

10.0.2 鉴定报告编写应符合下列规定：

1 鉴定报告中宜根据需要明确目标使用年限，指出被鉴定工业设备基础各鉴定单元所存在的问题并分析其产生的原因。

2 鉴定报告中应明确总体鉴定结论，指明被鉴定工业设备基础各鉴定单元的最终评定等级或评定结果。

3 鉴定报告中应对各鉴定单元安全性评为c级或d级构件和C级或D级结构系统、正常使用性评为c级构件和C级结构系统的数量和所处位置作出详细说明，并应提出处理措施建议。

# 附录A 设备基础初步调查表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 概况 | 设备基础名称 |  | 原设计单位 | |  |
| 地点 |  | 原施工单位 | |  |
| 用途 |  | 原监理单位 | |  |
| 竣工日期 |  | 设防烈度/场地类别 | |  |
| 图纸资料 | 设备布置图 | 有/无 | 地勘资料 | | 有/无 |
| 土建基本设计图 | 有/无 | 土建施工图及变更 | | 有/无 |
| 施工记录 | 有/无 | 支架及管道图 | | 有/无 |
| 标准、规范、指南、标准图 | 有/无 | 设计计算书 | | 有/无 |
| 地基 | 地基土 |  | 地基处理 |  | |
| 冻胀类别 |  | 地下水 |  | |
| 基础本体 | 基础本体形式 |  | 基础埋深（m） | |  |
| 平面形式 |  | 地上高度 | |  |
| 总长x宽(m) |  | 是否有隔振措施（隔振沟、隔震垫等） | |  |
| 环境 | 振动 |  | 设施 | 管道 |  |
| 腐蚀性介质 |  | 支架 |  |
| 其它环境影响 |  | 通道 |  |
| 改扩建、用途变更 |  | 修缮 |  | |
| 使用条件改变 |  | 灾害 |  | |
| 连接件 | 间距 |  | 外观质量 |  | |
| 螺栓紧固 |  |  |  | |
| 其它 | 基础顶面是否长期堆载 |  | 设备名称 |  | |
| 设备是否运行  正常 |  | 设备运行时是否对基础有振动影响 |  | |

# 附录B 设备基础环境类别和作用等级的确定

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 环境类别 | | 作用  等级 | 环境条件 | 说明和结构构件示例 |
| Ⅰ | 一般  环境 | A | 室内正常干燥环境 | 室内正常环境，低湿度环境中的室内构件 |
| B | 露天环境、室内潮湿环境 | 一般露天环境、室内潮湿环境 |
| C | 干湿交替环境 | 频繁与水或冷凝水接触的室内、外构件 |
| Ⅱ | 冻融  环境 | C | 轻度 | 微冻地区混凝土高度饱水；严寒和寒冷地区混凝土中度饱水、无盐环境 |
| D | 中度 | 微冻地区盐冻；严寒和寒冷地区混凝土高度饱水，无盐；混凝土中度饱水，有盐环境 |
| E | 重度 | 严寒和寒冷地区的盐冻环境：混凝土高度饱水、有盐环境 |
| Ⅲ | 海洋  氯化物  环境 | C | 水下区和土中区 | 直接接触海洋的设备基础 |
| D | 大气区（轻度盐雾） | 涨潮岸线100～300m陆上室外靠海陆上室外设备基础 |
| E | 大气区（重度盐雾）；非热带潮汐区、浪溅区 | 涨潮岸线100m以内陆上室外靠海陆上室外设备基础 |
| F | 炎热地区潮汐区、浪溅区 | 直接接触海洋的海洋设备基础 |
| Ⅳ | 其他  氯化物环境 | C | 轻度 | 受除冰盐雾轻度作用混凝土构件 |
| D | 中度 | 受除冰盐水溶液轻度溅射作用混凝土构件 |
| E | 重度 | 直接处在含氯离子的生产环境中或先天掺有超标氯盐的混凝土构件 |
| Ⅴ | 化学  腐蚀  环境 | C | 轻度（气体、液体、固体） | 一般大气污染环境；汽车或机车废气；弱腐蚀液体、固体 |
| D | 中度（气体、液体、固体） | 酸雨pH＞4.5；中等腐蚀气体、液体、固体 |
| E | 重度（气体、液体、固体） | 酸雨pH≤4.5；强腐蚀气体、液体、固体 |

注：1 当需要评估混凝土构件的耐久年限时，对大气环境普通混凝土结构可按本标准附录B的规定确定环境类别、环境作用等级和计算参数。其他环境可按现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476的规定确定环境类别、环境作用等级和计算参数。

2 本表中化学腐蚀环境，可根据工业设备基础鉴定的需要按现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046或《岩土工程勘察规范》GB 50021对地基基础和地下结构，进一步详细确定环境类别和环境作用等级。

# 附录C 振动对设备基础影响的鉴定

C.0.1 当设备基础的振动对设备基础以及上部设备运行产生不利影响时，应进行振动对设备基础影响的鉴定。

【条文说明】

对设备基础产生振动的振动源可以是上部设备的振动，也可以是其他振动源，检测鉴定时应首先分析振动源组成，并对设备基础在最不利工况下进行检测。当振动源多于1时，应考虑共同作用下的工况。

C.0.2 当进行振动对设备基础影响的鉴定时，应按下列要求进行现场调查和检测：

1 调查振动对人员活动、设备基础、附属设施以及装饰层等的影响情况。

2 调查设备基础振动对上部设备正常运行的影响范围及影响程度。

3 需要时进行设备基础动力响应和动力特性测试。

C.0.3 振动测试仪器包含拾振器、放大器、滤波器、数模转换器，以及信号分析系统，或者这些仪器的集成系统。

【条文说明】

本条文限定了振动测试系统的基本组成，杜绝在实际工程振动测试中用静态测试代替动态测试。

C.0.4 设备基础的振动测试应满足以下要求：

1 拾振器布置在设备基础和设备的典型部位，所测试振动信号能够准确反映设备基础的动力特性和动力反应。

2 振动测试的采样频率应不小于机器运行频率的2倍。

3 振动采集信号样本的数量应能体现设备振动的稳态反应特征。

4 振动测试应考虑设备的工作条件和工作状况，测试其最不利状况；单台设备考虑空载和满载，多台设备考虑不同组合。

【条文说明】

设备振动测试时拾振器的布置位置很关键，除了考虑可测性以外，动力特性测试的测点应布置在理论计算模型的质量集中位置处，振动反应测试的测点应布置在规范指定部位或振动反应最大处。

按照香农采样定律，采样频率应大于时间信号中所含有的或允许含有的最高频率的2倍。

一般来说，振动信号采集的样本数量不能太少，其原则是多次测试，使得振动信号能够反映设备振动的稳态反应特征。

振动反应测试时要考虑设备运行的最不利工况，此时测试得到的振动量值是最大的。

C.0.5 设备基础振动安全性评定通过共振和振动物理量大小来判断。

1 当设备运行频率或振动源主要频率与设备基础接近，并显著增大基础振动反应时，即判断为共振。

2 当设备基础的振动反应物理量超过振动容许值，判断为振动超限。

【条文说明】

一般而言，设备运行时的工作频率并不是一个定值，而且除了设备引起的振动，还有其它振动源，因此共振的判断主要通过测试数据来分析，如果设备基础的振动反应显著增大，应考虑共振的可能。关于设备基础的振动限值参考《动力机器基础设计规范》和其他国内外相关研究成果。

C.0.6 进行振动对设备基础的安全性等级评定时，应按国家现行有关标准的规定，确定由于振动产生的动力荷载进行结构分析和验算，根据检测和验算分析结果按本标准第3．3节的规定评定等级，并应符合下列规定 ：

1 当仅进行振动对设备基础结构安全影响评定而未做常规可靠性鉴定时，振动影响涉及整个结构体系或其中某种构件，其评定结果即为振动对上部承重结构影响的安全性等级；

2 当考虑振动对设备基础结构安全的影响且参与设备基础承重结构的常规鉴定评级时，可将其影响评定结果参与本标准第8章安全性等级的相应规定评定等级。

C.0.7 当进行振动对设备基础的使用性等级评定时，应按国家现行有关标准的规定，进行必要的振动影响分析，根据检测和分析结果按本标准第3.3节的规定评定等级，并应符合下列规定 ：

1 设备基础振动的使用性等级可按表C.0.6的规定进行评定，并取其中最低等级作为结构振动的使用性等级；

2 当仅进行振动对设备基础正常使用影响评定而未做常规可靠性鉴定时，振动影响涉及整个设备基础体系，其评定结果即为振动对设备基础影响的使用性等级；

3 当考虑振动影响设备基础正常使用且参与设备基础的常规鉴定评级时，可将其影响评定结果参与本标准第7．3节有关设备基础使用性等级的相关规定评定等级。

表C.0.6 设备基础振动使用性等级评定放到构件评级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 评定项目 | 评定标准 | | |
| A级 | B级 | C级 |
| 对设备基础的影响 | 振动对设备仪器的正常运行无影响；振动响应不超过设备仪器的容许振动值；设备基础和装饰层无振动导致的表面损伤、裂缝等 | 振动对设备仪器的正常运行有影响；振动响应超过设备仪器的容许振动值，但采取适当措施后可正常运行；设备基础和装饰层存在由于振动产生的表面损伤、裂缝等，但不影响结构的正常使用 | 振动使设备仪器无法正常工作或直接损害设备仪器；设备基础及装饰层由于振动产生严重损伤，影响设备基础的正常使用 |

# 附录D 工业设备基础变形监测

D.0.1 工业设备基础变形监测主要包括倾斜监测、沉降监测等；应监测基础变形量、变形差以及变形速率。

【条文说明】

工业设备基础变形监测的主体可以是基础本体，也可以是周边地基，监测内容中沉降监测包括均匀沉降和不均匀沉降，所以倾斜监测也可以用沉降监测进行换算。

D.0.2 当工业设备基础本体存在下列情况之一时，应进行工业设备基础的变形监测：

1 基础沉降或结构变形不稳定且变化趋势不明确时；

2 为保证设备正常使用，需要根据监控数据对设备基础进行定期维护、处理时。

D.0.3 对工业设备基础的变形检测可采用人工监测和自动化监测；

【条文说明】

人工监测是指使用全站仪、水准仪等设备定期人工采集的方法；自动化监测时指使用自动化监测系统和传感器进行自动化采集数据的方法，自动化监测应实现远程数据读数和预警功能。

D.0.4 对基础变形的监测项目，应根据委托方要求、基础类型、地基勘查报告、监测目的、设备资料以及测区条件等编制监测方案，监测方案宜包括下列内容：

1 项目概况。

2 监测目的及要求。

3 依据的技术标准。

4 采用的仪器设备、测量的类型和精度等级。

5 监测点布设方案。

6. 观测频率及观测周期。

7 变形预警值及预警方式。

8 数据处理方法要求。

9 提交成果的内容、形式和时间要求。

【条文说明】

项目概况主要包括基础类型、初步调查情况、岩土工程条件、所在位置、所处工程阶段、已有变形测量成果资料等。监测点布设方案应包括标石与标志型式、埋设方式、点位分布及数量等。

D.0.5 监测选用仪器精度等级以中误差作为衡量精度的指标，同时应符合以下规定：

1 应取基础变形允许值的1／10～1／20作为变形差测定的中误差，并以二倍中误差作为极限误差。

2 当给定多个同类型变形允许值时，应分别估算精度，按其中最高精度选择满足要求的精度等级。

3 当观测精度小于0.5mm时，应按0.5mm选用。

【条文说明】

中误差是最常用的衡量测量精度的指标，可由观测数据按相应的公式来计算，也称均方根差。极限误差指的是在一定观测条件下测量误差的绝对值不应超过的最大值。

《钢铁企业冶金设备基础设计规范》GB 50696对部分设备基础的变形允许值进行规定：

1.高炉基础平均沉降量计算值不应大于200mm，基础倾斜计算值不应大于0.001。当出铁场的部分厂房柱或平台柱直接支承在高炉基础上时，高炉基础的沉降及与相邻厂房柱基、平台柱基的沉降差尚应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的有关规定。

2. 热风炉本体基础平均沉降量计算值不应大于200mm，基础倾斜计算值不应大于0.001。邻近热风炉本体基础的热风炉框架及管道支架的单独基础与热风炉本体基础的沉降差不宜大于两者距离的0.002倍。

3. 转炉基础平均沉降量不应大于150mm，除工艺、设备有特殊要求外，基础倾斜不宜大于0．0005，当转炉基础与厂房柱基、平台柱基采用联合基础时，地基变形尚应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的有关规定。

4. 电炉基础平均沉降量不应大于150mm。除工艺、设备有特殊要求外，基础倾斜不宜大于0．0005。当电炉基础与厂房柱基、平台柱基采用联合基础时，地基变形尚应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的有关规定。

5. 连铸机设备基础的平均沉降量计算值不应大于150mm。基础在垂直连铸线方向的倾斜计算值不宜大于0.0005。基础沿连铸线方向的局部倾斜计算值不宜大于0.0005。

6. 加热炉及热处理炉基础的平均沉降量计算值不应大于100mm，基础倾斜计算值不宜大于0.0005。当加热炉或热处理炉基础与厂房柱基采用联合整体基础时，此联合基础的沉降及与相邻柱基的沉降差尚应满足现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的相关要求。

7. 轧钢设备除工艺、设备专业有特殊要求外，轧钢设备基础的平均沉降量计算值不应大于100mm；基础倾斜计算值不宜大于0．0005；连续轧线的局部倾斜计算值不宜大于0．0005。设备基础与厂房柱基采用联合整体基础时，联合基础的沉降及与相邻柱基的沉降差尚应满足现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的有关要求。

D.0.6 基础变形监测测点布置应根据结构类型、地基基础形式、周边环境等因素确定，监测测点宜布置在基础角部、转角位置等，且还应在下列部位设置监测点：

1.变形较大的部位；

2.荷载突变的部位；

3.受加固改造影响的部位；

4.地基土性质及分布复杂的部位；

5.环境影响显著的部位；

6.初步判断为变形会引起事故的部位；

D.0.7 监测频率和观测周期的确定应以能系统地反映基础变形的过程且不遗漏其变化时刻为原则，并综合考虑基础的变形情况、施工进度及外界因素影响等。

D.0.8 监测预警值应参照设备对基础的变形允许值要求进行确定，当出现下列情况时，应立即实施安全预案，同时提高监测频率或增加监测内容；

1 变形量或变形速率出现异常变化。

2 变形量或变形速率达到或超出变形预警值。

3 基础本身或其周边环境出现异常。

4 由于地震、暴雨、冻融等自然灾害引起的其他变形异常情况。

【条文说明】

变形预警值有两种确定方式 ：一是取对应变形允许值的60％、2／3或3／4；二是在工程设计时直接给定。且应根据各种预警情况设计安全预案。安全预案内容可分为复核性测量、分析原因、停止进一步施工采取技术措施、停工抢险等。

D.0.9 基础变形监测初始值的确定、监测数据的储存、整理和分析等应符合现行标准《建筑变形测量规范》JGJ 8的规定。

D.0.10 变形监测的成果资料应包括以下内容：

1.工程平面位置图及基准点分布图

2 沉降监测点位置图；

3.变形监测数据表，以及时间-沉降量曲线图

4.沉降监测技术分析报告

D.0.11 基础变形监测除应满足上述内容外，还用满足《建筑变形测量规范》JGJ 8、《既有建筑地基基础检测技术标准》JGJ/T 422规定的相关内容。

**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”。

# 引用标准名录

1. 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
2. 《建筑变形测量规范》JGJ 8
3. 《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144
4. 《建筑结构荷载规范》GB 50009
5. 《混凝土结构设计规范》GB 50010
6. 《钢结构设计标准》GB 50017
7. 《岩土工程勘察规范》GB 50021
8. 《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046
9. 《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068
10. 《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153
11. 《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344
12. 《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476
13. 《建筑工程容许振动标准》GB 50868
14. 《建筑与桥梁结构监测技术规范》 GB 50982
15. 《结构健康监测系统设计标准》CECS 333
16. 《既有混凝土结构耐久性评定标准》GBT 51355
17. 《构筑物抗震鉴定标准》GB 50117
18. 《构筑物抗震设计规范》GB 50191
19. 《动力机器基础设计规范》GB50040
20. 《石油化工设备抗震鉴定标准》SH/T 3001
21. 《石油化工企业钢储罐地基和基础设计规范》SH 68-195309
22. 《石油化工塔型设备基础设计规范》SH3030
23. 《石油化工钢制设备抗震设计规范》GB 50761
24. 《石油化工冷换设备和容器基础设计规范》SH T3058
25. 《石油化工压缩机基础设计规范》SH3091
26. 《石油化工球罐基础设计规范》SH T3062
27. 《化工设备基础设计规定》 HG/T 20643
28. 《工业企业电气设备抗震鉴定标准》 GB50994
29. 《钢铁企业治金设备基础设计规范》GB50696