

ICS
CCS

T/GLYH

中关村中科公路养护产业技术创新联盟团体标准

T/GLYH xxx-202x

感应板测力支座

Inductive Plate Type Force Measuring Bearing

(征求意见稿)

202x-xx-xx发布

202x-xx-xx实施

中关村中科公路养护产业技术创新联盟团体 发布

目 次

前言.....	II
引言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语、定义和符号.....	2
4 分类、结构型式及型号.....	2
5 技术要求.....	7
6 试验方法.....	11
7 检验规则.....	13
8 标志、包装、运输和储存.....	14
附录 A（规范性附录）感应底板的零漂 Z_d 、直线度 L 、重复性 R 和蠕变 C_p 检测方法.....	16
附录 B（规范性附录）感应衬板的零漂 Z_d 、直线度 L 、重复性 R 和蠕变 C_p 检测方法.....	17
附录 C（规范性附录）感应板测力支座的零漂 Z_d 、直线度 L 、重复性 R 和蠕变 C_p 检测方法.....	18
附录 D（规范性附录）数据采集器性能检测方法.....	19
附录 E（资料性附录）感应板测力支座安装说明.....	20

前言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件的编制主要参考了GB/T 17955《桥梁球型支座》和JT/T 391《公路桥梁盆式支座》，在不改变参考标准支座原功能的前提下采用结构简单的感应板实现支座的竖向测力功能。

为便于测力支座的应用，本文件还包括数据采集器，并对其性能做出规定。

请注意本文件的某些内容可能涉及到专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由……归口。

本文件起草单位：交通运输部公路科学研究院、衡通华创（北京）科技有限公司、中裕铁信交通科技股份有限公司、衡水通途工程制品有限公司、中路高科交通检测检验认证有限公司、中交公路长大桥建设国家工程研究中心有限公司。

本文件主要起草人：…黄茂忠、任芳、胡骐、李明、徐源庆、李明乐、和海芳、李鑫、李英娣、柳建利、赵璐、严腊文、周雨龙、肖春、赵雷

标准起草组

2022年1月

引言

随着我国交通工程建设的快速发展，各种超大跨度桥梁如斜拉桥、悬索桥、系杆拱桥的桥梁数量急速增加。为保证这些跨海、跨大江河和高山峡谷桥梁建设和运营安全，避免桥梁恶性事故发生，利用先进的传感器技术、通讯技术和计算机技术对这些重要桥梁实施全生命周期安全监测将极为重要。近年来提出了建造智能桥梁的概念，目的是实现桥梁建造和管养的智能化。实现桥梁的智能化建造关键是实现桥梁的智能检测，基础是传感器技术突破。

桥梁支座是支承桥梁上部结构荷载的关键承载部件，其支承反力的大小和分布状态反映了桥梁上部结构内力以及墩台基础的支承状态。如果支座反力发生异常变化，将引起桥梁上部结构内力的异常变化。因此，支座反力及其分布情况是桥梁上部结构整体受力状态和墩台基础支承状态的反映，通过对支座反力的监测并利用其对桥梁上部结构的受力及基础状态的评估，是了解桥梁安全的一种方便而有效的方法。

感应板测力支座是在现有桥梁球型支座和盆式支座的基础上进行改造，采用先进的感应板测试技术赋予传统支座以负荷传感器功能，并融入现代的数据采集技术实现支座荷载数据输出的数字化。

感应板测力支座技术上具有较高的测试精度和长期使用的耐久性，可实现在线数据采集，结合现代的 5G 通信技术和计算机技术，将进一步推动桥梁建设与养护向更智能化、信息化方向发展。

感应板测力支座

1 范围

本文件规定了感应板测力支座的分类、结构形式、型号、技术要求、试验方法、检验规则、以及标志、包装、运输和储存等要求。

本文件适用于设计竖向承载力不大于100MN的感应板测力球型支座和设计竖向承载力不大于80MN的感应板测力盆式支座的生产和使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的规范性引用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 1040.3 塑料 拉伸性能的测定 第3部分：薄膜和薄片的试验条件
- GB/T 1184 形状和位置公差 未注公差值
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 1632.3 塑料 使用毛细管黏度计测定聚合物稀溶液黏度 第三部分：聚乙烯和聚苯烯
- GB/T 1682 硫化橡胶 低温脆性的测定 单试验法
- GB/T 1804 一般公差 未标注公差的线性和角度尺寸的公差
- GB/T 2040 铜及铜合金板材
- GB/T 2423.22 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带
- GB/T 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相
- GB/T 3398.1 塑料 硬度测定 第1部分：球压痕法
- GB/T 3512 硫化橡胶或热塑性橡胶 硬度的测定（10 IRHD~100IRHD）
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）（IEC 60529:2013, IDT）
- GB/T 7233.1 铸钢件 超声检测 第1部分：一般用途铸钢件
- GB/T 7759.1 硫化橡胶或热塑性橡胶 压缩永久变形的测定 第一部分 在常温及高温条件下
- GB/T 7762 硫化橡胶或热塑性橡胶 耐臭氧龟裂 静态拉伸试验
- GB/T 11345 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级评定
- GB/T 11352 一般工程用铸造碳钢件
- GB/T 12361 钢质模锻件 通用技术条件
- GB/T 12362 钢质模锻件 公差及机械加工余量
- GB/T 17955 桥梁球型支座
- GB/T 33010 力传感器的检验
- HG/T 2502 5201 硅脂
- JB/T 5936 工程机械 机械加工件通用技术条件
- JB/T 5943 工程机械 焊接件通用技术条件
- JB/T 6402 大型低合金钢铸件 技术条件
- JT/T 391 公路桥梁盆式支座
- JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件
- JT/T 873 公路桥梁多级水平力球型支座
- JT/T 901 桥梁支座用高分子滑板材料
- TB/T 3274 铁路混凝土梁配件多元合金共渗防腐技术条件

3 术语、定义和符号

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

感应板 **inductive plate**

感受荷载作用并转换为相应电压信号的支座组成部件，包括感应底板和感应衬板。

3.1.2

感应板测力球型支座 **inductive plate type force measuring spherical bearing**

以感应板为传感器测试竖向荷载的球型支座。

3.1.3

感应板测力盆式支座 **inductive plate type force measuring pot bearing**

以感应板为传感器测试竖向荷载的盆式支座。

3.1.4

数据采集器 **data collector**

用以采集测力支座输出电压信号并转换为数字信号输出的装置。

3.2 符号

下列符号适用于本文件。

C_p — 蠕变，单位为满量程的百分数（%FS）；

FS — 满量程；

L — 直线度误差，单位为满量程的百分数（%FS）；

P — 支座设计竖向承载力，单位为兆牛（MN）；

R — 重复性误差，单位为满量程的百分数（%FS）；

Z_d — 零点漂移，单位为满量程的百分数（%FS）。

4 分类、结构型式及型号

4.1 分类

4.1.1 按结构型式分为：

- a) 感应板测力球型支座；
- b) 感应板测力盆式支座。

4.1.2 按水平方向活动功能分为：

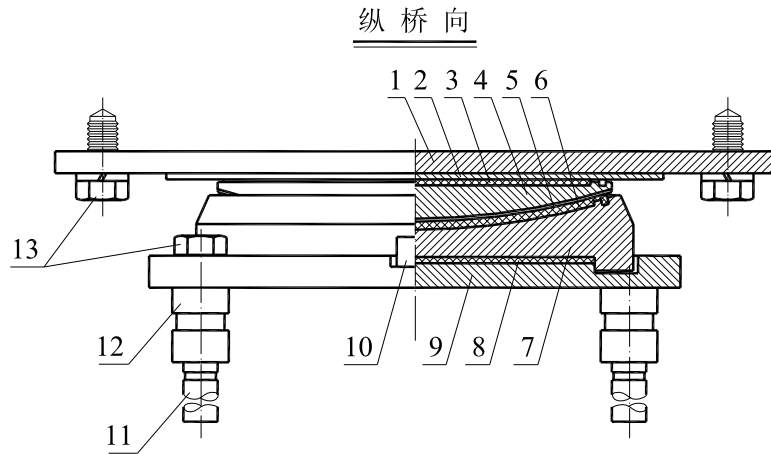
- a) 感应板测力双向活动支座：具有纵向活动、横向活动和竖向转动功能，可测竖向荷载，代号SX；
- b) 感应板测力纵向活动支座：具有纵向活动和竖向转动功能，可测竖向荷载，代号ZX；
- c) 感应板测力横向活动支座：具有横向活动和竖向转动功能，可测竖向荷载，代号HX；
- d) 感应板测力固定支座：具有竖向转动功能，无纵向活动和横向活动功能，可测竖向荷载，代号GD。

4.1.3 按水平承载力分为：

- a) I型感应板测力支座：设计水平承载力为设计竖向承载力的15%；
- b) II型感应板测力支座：设计水平承载力为设计竖向承载力的20%。

4.2 结构型式

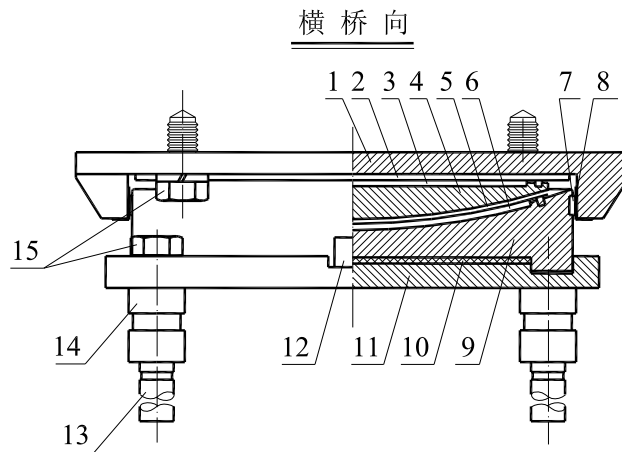
4.2.1 感应板测力球型支座结构



说明：

- | | | | | |
|--------|----------|--------|---------|----------|
| 1—顶板 | 2—平面不锈钢板 | 3—平面滑板 | 4—上球冠衬板 | 5—球型不锈钢板 |
| 6—球型滑板 | 7—下球冠衬板 | 8—均荷层 | 9—感应底板 | 10—数据采集器 |
| 11—螺杆 | 12—套筒螺母 | 13—螺栓 | | |

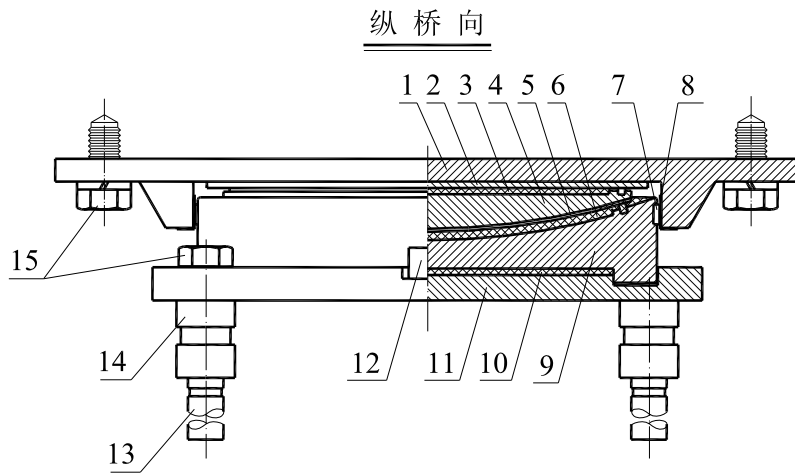
图1 感应板测力球型支座（双向活动支座）结构示意图



说明：

- | | | | | |
|---------|----------|-----------|---------|----------|
| 1—顶板 | 2—平面不锈钢板 | 3—平面滑板 | 4—上球冠衬板 | 5—球型不锈钢板 |
| 6—球型滑板 | 7—侧滑板 | 8—侧滑面不锈钢板 | 9—下球冠衬板 | 10—均荷层 |
| 11—感应底板 | 12—数据采集器 | 13—螺杆 | 14—套筒螺母 | 15—螺栓 |

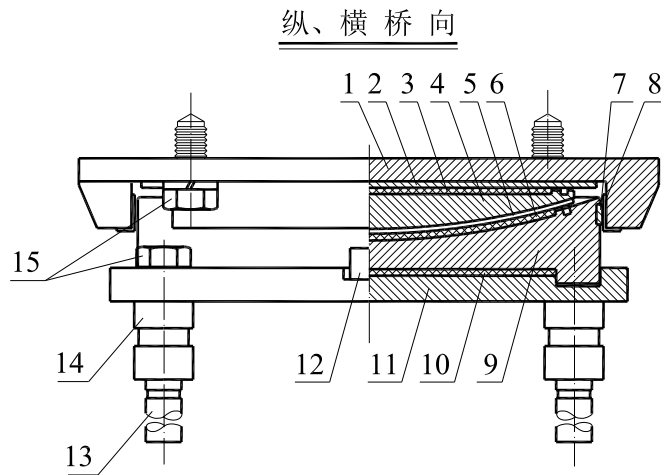
图 2 感应板测力球型支座（纵向活动支座）结构示意图



说明:

- | | | | | |
|---------|----------|-----------|---------|----------|
| 1—顶板 | 2—平面不锈钢板 | 3—平面滑板 | 4—上球冠衬板 | 5—球型不锈钢板 |
| 6—球型滑板 | 7—侧滑板 | 8—侧滑面不锈钢板 | 9—下球冠衬板 | 10—均荷层 |
| 11—感应底板 | 12—数据采集器 | 13—螺杆 | 14—套筒螺母 | 15—螺栓 |

图 3 感应板测力球型支座（横向活动支座）结构示意图

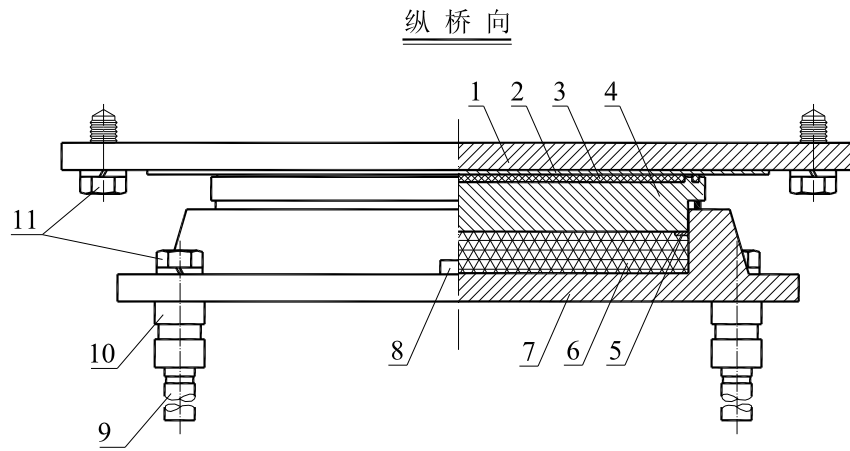


说明:

- | | | | | |
|---------|----------|-----------|---------|----------|
| 1—顶板 | 2—平面不锈钢板 | 3—平面滑板 | 4—上球冠衬板 | 5—球型不锈钢板 |
| 6—球型滑板 | 7—侧滑板 | 8—侧滑面不锈钢板 | 9—下球冠衬板 | 10—均荷层 |
| 11—感应底板 | 12—数据采集器 | 13—螺杆 | 14—套筒螺母 | 15—螺栓 |

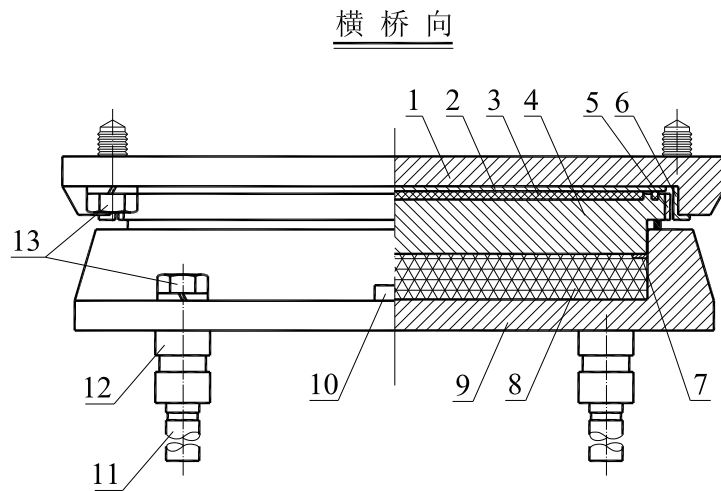
图 4 感应板测力球型支座（固定支座）结构示意图

4.2.2 感应板测力盆式支座结构



- 说明：
- | | | | | |
|-------|----------|---------|--------|---------|
| 1—顶板 | 2—平面不锈钢板 | 3—平面滑板 | 4—感应衬板 | 5—黄铜密封圈 |
| 6—橡胶板 | 7—钢盆 | 8—数据采集器 | 9—螺杆 | 10—套筒螺母 |
| 11—螺栓 | | | | |

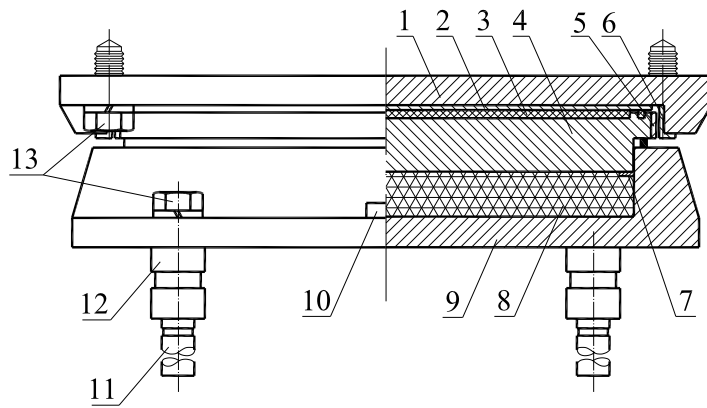
图 5 感应板测力盆式支座（双向活动支座）结构示意图



- 说明：
- | | | | | |
|-----------|----------|--------|--------|-------------|
| 1—顶板 | 2—平面不锈钢板 | 3—平面滑板 | 4—感应衬板 | 5—SF-1三层复合板 |
| 6—侧滑面不锈钢板 | 7—黄铜密封圈 | 8—橡胶板 | 9—钢盆 | 10—数据采集器 |
| 11—螺杆 | 12—套筒螺母 | 13—螺栓 | | |

图 6 感应板测力盆式支座（纵向活动支座）结构示意图

纵桥向

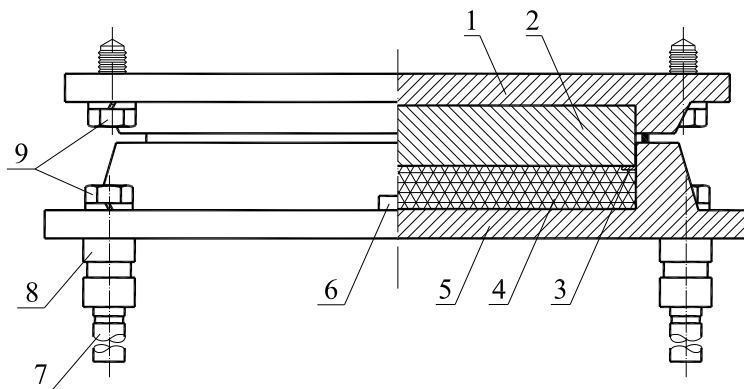


说明：

- | | | | | |
|-----------|----------|--------|--------|-------------|
| 1—顶板 | 2—平面不锈钢板 | 3—平面滑板 | 4—感应衬板 | 5—SF-1三层复合板 |
| 6—侧滑面不锈钢板 | 7—黄铜密封圈 | 8—橡胶板 | 9—钢盆 | 10—数据采集器 |
| 11—螺杆 | 12—套筒螺母 | 13—螺栓 | | |

图 7 感应板测力盆式支座（横向活动支座）结构示意图

纵、横桥向



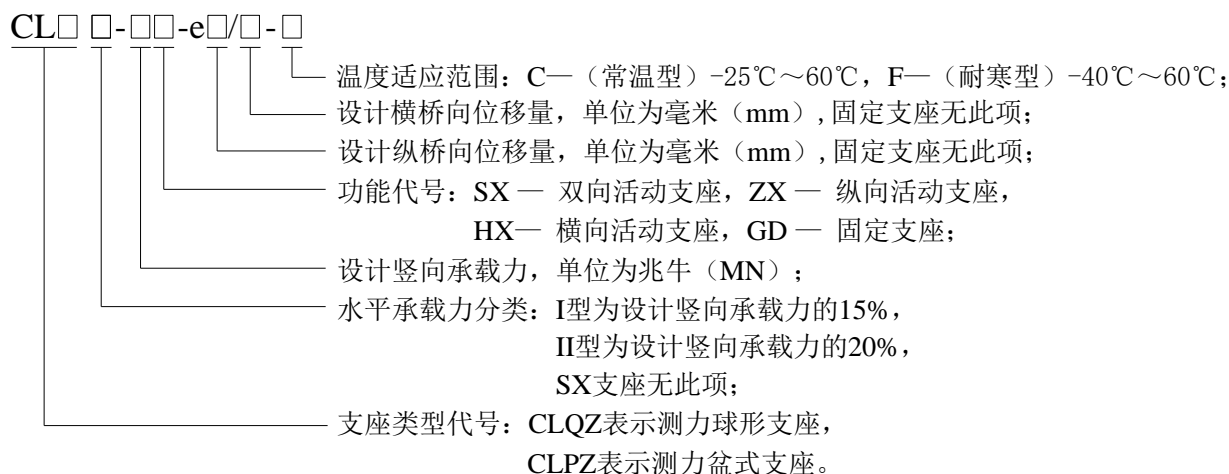
说明：

- | | | | | |
|---------|--------|---------|-------|------|
| 1—顶板 | 2—感应衬板 | 3—黄铜密封圈 | 4—橡胶板 | 5—钢盆 |
| 6—数据采集器 | 7—螺杆 | 8—套筒螺母 | 9—螺栓 | |

图 8 感应板测力盆式支座（固定支座）结构示意图

4.3 型号

感应板测力支座型号表示方法如下：



示例1：

CLQZ I -5ZX-e100/0-F表示设计竖向承载力5MN、设计纵桥向位移量±100mm、设计横向水平承载力为设计竖向承载力的15%的纵向活动耐寒型感应板测力球型支座。

示例2：

CLPZ II -5HX-e0/50表示设计竖向承载力5MN、设计横桥向位移量±50mm、设计纵向水平承载力为设计竖向承载力的20%的横向活动常温型感应板测力盆式支座。

示例3：

CLQZ II -5GD表示设计竖向承载力5MN、各向设计水平承载力为设计竖向承载力的20%的固定常温型感应板测力球型支座。

示例4：

CLPZ -5SX-e100/50-F表示设计竖向承载力5MN、设计纵桥向位移量±100mm、设计横桥向位移量±50mm的双向活动耐寒型感应板测力盆式支座。

5 技术要求

5.1 支座性能

5.1.1 使用年限

在正常设计、生产、安装、运营和养护条件下，支座使用年限不应低于30年。

5.1.2 竖向承载力

5.1.2.1 感应板测力球型支座

感应板测力球型支座设计竖向承载力 P 分 28 级：1MN、2 MN、3 MN、4 MN、5 MN、6 MN、7 MN、8 MN、9 MN、10 MN、12.5 MN、15 MN、17.5 MN、20 MN、25 MN、30 MN、35 MN、40 MN、45 MN、50 MN、55 MN、60 MN、65 MN、70 MN、75 MN、80 MN、90 MN、100 MN。

在竖向荷载 $0.05P$ 至 P 作用下，感应板测力球型支座竖向压缩变形不应大于支座总高度的1.5%。

5.1.2.2 感应板测力盆式支座

感应板测力盆式支座设计竖向承载力 P 分 30 级：1MN、2 MN、2.5MN、3 MN、3.5MN、4 MN、4.5 MN、5 MN、5.5 MN、6 MN、7 MN、8MN、9MN、10 MN、12.5 MN、15 MN、17.5

MN、20MN、25 MN、30 MN、35 MN、40 MN、45 MN、50 MN、55 MN、60 MN、65 MN、70 MN、75 MN、80 MN。

在竖向荷载0.05P至P作用下，感应板测力盆式支座压缩变形不应大于支座总高度的2%，钢盆盆环上口径向变形不应大于盆环外径的 0.05% 。

5.1.3 设计水平承载力

感应板测力支座的固定支座、纵向活动支座和横向活动支座非活动方向设计水平承载力分2级，即支座设计竖向承载力的15% 和20% 。

5.1.4 活动支座摩擦系数

在 5201-2硅脂润滑条件下，活动支座摩擦系数 (μ) 应满足下列要求：

a) C常温型： $\mu \leq 0.03$ ；

b) F耐寒型： $\mu \leq 0.05$ 。

5.1.5 位移

感应板测力双向活动支座和纵向活动支座设计纵桥向位移量分5级： $\pm 50\text{mm}$ 、 $\pm 100\text{mm}$ 、 $\pm 150\text{mm}$ 、 $\pm 200\text{mm}$ 、 $\pm 250\text{mm}$ ；双向活动支座和横向活动支座的设计横桥向位移量为 $\pm 50\text{mm}$ 。当有特殊需要时，可调整设计位移量。

5.1.6 转角

感应板测力支座设计竖向转动角度不小于0.02rad。

5.1.7 感应板技术指标

感应底板和感应衬板在竖向荷载 0.15P~1.2P 作用下，技术指标应符合表 1 的规定。

表 1 感应底板和感应衬板技术指标

序号	技术指标	技术指标单位	技术要求
1	蠕变 (C_p)	%FS	± 1
2	直线度 (L)	%FS	± 2
3	重复性 (R)	%FS	± 2
4	零点漂移 (Z_d)	%FS	± 1

5.1.8 感应板测力支座竖向荷载测试技术指标

感应板测力支座在竖向荷载 0.15P~1.2P 作用下，技术指标应符合表 2 的规定。

表 2 感应板测力支座竖向荷载测试技术指标

序号	技术指标	技术指标单位	技术要求
1	蠕变 (C_p)	%FS	± 1
2	直线度 (L)	%FS	± 2
3	重复性 (R)	%FS	± 2
4	零点漂移 (Z_d)	%FS	± 1

5.1.9 数据采集器技术要求

数据采集器的技术指标应符合表 3 的要求。

表3 采集器的技术指标

序号	技术指标	技术指标单位	技术要求
1	采集误差	%FS	≤0.5
2	工作温度	℃	-20~+60
3	防护等级		IP66

5.2 外观

5.2.1 支座外露表面应平整、美观，焊缝均匀，涂装表面应光滑，不应有脱落、流痕、褶皱等现象。

5.2.2 成品支座组装后高度偏差应满足表4的要求。量测时，应对支座加载50kN~100kN的竖向荷载，以消除支座装配间隙。

表 4 成品支座组装后高度偏差

支座设计竖向承载力 (MN)	组装后高度偏差 (mm)	
	测力球型支座	测力盆式支座
1~9	±2	±3
10~25	±3	±3
27.5~60	±4	±4
65~80	±5	±5
90~100	±5	-----

5.2.3 支座用不锈钢冷轧板、橡胶板、滑板、黄铜密封圈和SF-1三层复合板应符合 JT/T 391 标准的相关规定。

5.2.4 感应底板和感应衬板的外形尺寸、平面度及粗糙度应符合设计图要求。

5.3 材料

5.3.1 钢件

5.3.1.1 支座部件采用钢板时，其材质应符合 GB/T 699、GB/T 1591 或 GB/T 700 的规定。

5.3.1.2 支座部件采用 ZG270-500 铸钢件时，其化学成分、力学性能应符合 GB/T 11352；采用 ZG20Mn 铸钢件时，其化学成分、力学性能应符合 JB/T 6402 的相关规定。

5.3.1.3 支座部件采用锻钢时，采用 III 类锻件。锻件材质应符合设计要求，其化学成分和力学性能应符合 GB/T 699、GB/T 700、GB/T 1591、GB/T 3077 或 GB/T 12361 的相关规定。

5.3.1.4 支座螺栓应采用牌号为 40Cr 的合金结构钢，其化学成分、力学性能应符合 GB/T 3077 的规定。套筒及螺杆应采用 45 号钢，其化学成分、力学性能应符合 GB/T 699 的规定。

5.3.1.5 支座摩擦副用不锈钢板宜采用 06Cr17Ni12Mo2、06Cr19Ni13Mo3 或 06Cr18Ni11Ti 牌号不锈钢板，处于严重腐蚀环境的支座应采用 022Cr17Ni12Mo2 或 022Cr19Ni13Mo3 牌号不锈钢板。其化学成分及力学性能应符合 GB/T 3280 的相关规定。

5.3.1.6 耐寒型支座的承载部件应采用耐寒钢铸件、锻件或板材，材料的化学成分和力学性能应满足相关标准或设计要求。

5.3.2 其他材料

其他材料性能应符合表5相应标准的要求。

表 5 其他材料技术要求

序号	项目	技术要求
1	橡胶	JT/T 391
2	滑板	JT/T 391
3	5201-2硅脂	HG/T 2502
4	黄铜密封圈	JT/T 391
5	SF-1三层复合板	JT/T 391

5.4 工艺

5.4.1 铸钢件及锻钢件

5.4.1.1 铸钢件应逐件进行超声探伤。

- a) 顶板、上球冠衬板、下球冠衬板铸钢件质量等级应不低于 GB/T 7233.1 规定的2级；
- b) 钢盆体型缺陷质量等级应为 GB/T 7233.1 规定的1级。

5.4.1.2 铸钢件应按照下列规定进行缺陷焊补：

- a) 铸钢件经机械加工后，允许存在的表面铸造缺陷见表6。
- b) 若表面铸造缺陷超过表6的规定，且经修补后不影响铸钢件使用寿命和性能，则允许修补，但应满足表7的要求。表7中的检测部位面积如果小于评定框面积，则按检测部位实际面积计算。
- c) 对有裂纹或蜂窝状孔眼的铸钢件，不允许修补后再使用。

表6 铸钢件加工后允许存在的表面缺陷

部 位	气孔、缩孔、砂眼、渣孔			
	缺陷大小 (mm)	缺陷深度	缺陷个数	缺陷间距 (mm)
顶板、上球冠衬板、下球冠衬板、钢盆外径以外底板	≤ 3	不大于所在部位厚度的 1/10	在 100mm ×100mm 范围内不应多于 2 个	≥ 80
钢盆盆环、钢盆外径以内底板	≤ 2			

表7 铸钢件缺陷修补

部 位	气孔、缩孔、砂眼、渣孔			裂纹蜂窝状孔眼
	缺陷在 390mm × 390mm 评定框内总面积的占比	缺陷深度	整件上缺陷处数	
钢盆盆环	5%	不大于盆环厚度的 1/15	1	不允许存在
顶板、上球冠衬板、下球冠衬板、钢盆外径以外底板、	10%	不大于所在部位厚度的 1/3	1	不允许存在
钢盆外径以外底板	15%	不大于底板厚度的 1/3	≤ 2	不允许存在

d) 铸钢件焊补前，应将缺陷处清铲至呈现良好金属为止，并将距坡口边沿 30mm 范围内及坡口表面清理干净。

e) 焊补后应修磨至符合铸件表面质量要求, 且不应有未焊透、裂纹、夹渣、气孔等缺陷, 不应影响机械性能, 焊补处表面颜色允许与母体稍有差异。

5.4.1.3 锻钢件的表面缺陷不应超过GB/T 12362的规定。非加工面存在折叠、裂纹时应打磨清除, 清除的表面应圆滑过渡, 打磨的宽度不小于深度的6倍, 长度应在两端超出缺陷长度3mm以上, 打磨允许深度不应大于GB/T 12362所规定的数值。锻件不允许过烧。

5.4.2 机加工件

支座机加工件应符合 JT/T 391 标准的相关规定。

5.4.3 焊接

感应板测力支座不锈钢板焊接应符合 JT/T 391 标准的相关规定。

5.4.4 粘接

滑板及SF-1三层复合板的粘接和固定应符合 JT/T 391标准的相关规定。

5.4.5 防腐与防尘

支座的防腐与防尘应符合 JT/T 391 标准的相关规定。

5.4.6 装配

5.4.6.1 待装的零部件应有质量检验部门合格标记, 外购和协作件应有合格证明。

5.4.6.2 已喷涂的零部件在涂装未干透前不应进行装配。

5.4.6.3 零部件装配时表面应洁净, 配合面及摩擦表面不应有锈蚀、碰伤和影响使用性能的划痕。

5.4.6.4 滑板需经活化后与相应工件粘接, 粘接时涂胶应均匀, 粘接后施加一定的压力。

5.4.6.5 装配橡胶板和均荷层时, 其上、下面应均匀涂抹一层5201-2硅脂进行润滑。为密贴上、下接合面需敲击时, 应使用橡胶锤, 避免损伤橡胶板或均荷层表面。装配后橡胶板和均荷层上、下接触面不应有空气夹层。

5.4.6.6 装配黄铜密封圈时, 各层铜环开口应沿钢盆周边均匀布置。

5.4.6.7 支座组装时应调平且上下对中, 组装后的支座高度符合5.2.2的要求; 若支座高度超过5.2.2的要求, 应对支座施加50kN~100kN的压力, 以消除组装间隙及空气夹层。

5.4.6.8 支座组装完毕后, 应用临时连接件将支座连为整体。

6 检验方法

6.1 性能

6.1.1 检验内容

检验内容包括: 竖向承载力、水平承载力、摩擦系数、转动性能、测试精度。

6.1.2 感应板测力球型支座的检验

感应板测力球型支座性能按下列方法进行检验:

a) 成品支座竖向承载力、水平承载力、摩擦系数和转动性能检验方法按 GB/T 17955 的规定进行。

b) 感应底板测试精度检验方法按附录 A 的规定进行。

c) 成品支座测试精度检验方法按附录 C 的规定进行。

6.1.3 感应板测力盆式支座的检验

感应板测力盆式支座性能按下列方法进行检验:

a) 成品支座竖向承载力、水平承载力、摩擦系数和转动性能检验方法按 JT/T 391 的规定进行。

b) 感应衬板测试精度检验方法按附录 B 的规定进行。

c) 成品支座测试精度检验方法按附录 C 的规定进行。

6.2 外观与尺寸

a) 部件及成品支座外观采用目测方法进行检测。

b) 尺寸偏差采用经标定的钢直尺、游标卡尺、刀口尺、塞尺等进行量测，取3个以上断面量测后，按平均值取用。

6.3 材料

感应板测力支座用材料性能检验应按表8的规定进行。

表8 感应板测力支座用材料性能检验

序号	检验项目	检验方法
1	钢板、套筒、螺杆	GB/T 699、GB/T 700或GB/T 1591
2	铸钢件	GB/T 11352或JB/T 6402
3	锻钢件	GB/T 699、GB/T 700、GB/T 1591或GB/T 3077
4	不锈钢冷轧板	GB/T 3280
5	支座锚固螺栓	GB/T 3077
6	感应板	GB/T 699或GB/T 700
7	橡胶	JT/T 391
8	滑板	JT/T 391
9	5201-2硅脂	HG/T 2502
10	黄铜密封圈	HG/T 2040
11	SF-1三层复合板	JT/T 901

6.4 工艺

感应板测力支座部件制造工艺检验应按表9的规定进行。

表9 感应板测力支座部件制造工艺检验

序号	检验项目	检验方法
1	铸钢件超声探伤	GB/T 7233.1
2	铸钢件或锻钢件缺陷焊补后	6.2
3	机加工件	JB/T 5936
4	不锈钢冷轧钢板焊接	GB/T 3323或GB/T 11345
5	表面涂装	JT/T 722

6.5 数据采集器

数据采集器的检验按表10的规定进行。

表10 数据采集器检验

序号	检验项目	检验方法
1	采集误差	附录D
2	防护等级	GB/T 4208
3	工作温度	GB/T2423.22 暴露持续时间2小时，循环次数1次，再按附录D进行检验

7 检验规则

7.1 检验分类

感应板测力支座的检验分原材料及外加工件进厂检验、产品出厂检验和型式检验三类。

7.2 原材料及外加工件进厂检验

7.2.1 感应板进厂检验

感应板进厂检验项目和检验频次应符合表 11 的规定。

表 11 感应板进厂检验

检验项目	检验内容	检验频次
感应底板 或 感应衬板	蠕变 (C_p)	每批（同一型号，同一生产厂，同一交货状态，同一进厂时间，不大于 100 件）抽 5%且不小于 5 件
	直线度 (L)	
	重复性 (R)	
	零点漂移 (Z_d)	
	材料	每批
	尺寸	每件

7.2.2 其他原材料进厂检验

其他原材料进厂检验应符合表 12 的规定。

表 12 感应板测力支座原材料进厂检验

检验项目	检验方法	检验频次
钢板、锻件和不锈钢板	6.3	每批
铸钢件		每炉
橡胶		每批
滑板		每批（不大于 200kg）一次
5201-2 硅脂		每批（不大于 150kg）一次
黄铜密封圈		每批（不大于 300kg）一次
SF-1 三层复合板		每批（不大于 150kg）一次

7.3 支座出厂检验

支座出厂检验应符合表 13 的规定

表 13 感应板测力支座出厂检验

检验项目	检验方法	检验频次
蠕变 (C_p)	附录 C	每批 5%
直线度 (L)		每个支座
重复性 (R)		
零点漂移 (Z_d)		抽 5%
外观与尺寸	6.2	每批
工艺	6.4	每批

7.4 型式检验

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 新产品投产时的试制定型检验；
- 当结构形式、材料、工艺有较大改变，可能对产品性能有影响时；
- 产品停产两年后，恢复生产时；
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- 重要桥梁工程或用量较大的桥梁工程用户提出要求时；
- 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。

感应板测力支座的型式检验项目应符合表 14 的规定。

表 14 感应板测力支座型式检验

检验项目	技术要求	检验方法
支座性能	5.1	6.1
外观与尺寸	5.2	6.2
材料	5.3	6.3
工艺	5.4	6.4

7.5 组批与抽样

组批与抽样按 JT/T 391 的相关规定进行。

7.6 检验结果的判定

7.6.1 原材料进厂检验

检验项目全部合格则该批次原材料为合格，否则为不合格。

7.6.2 产品出厂检验

出厂检验项目全部合格，则该批次产品为合格。当检验项目有不合格项时，应取双倍试样进行复检，复检全部合格，则该批产品为合格。复检后仍有不合格项，则该批次产品为不合格。

7.6.3 型式检验

型式检验项目全部合格，则该次检验为合格，否则该次检验为不合格。

8 标志、包装、运输和储存

8.1 标志

8.1.1 支座应有永久性标志牌，标明产品名称、规格型号、主要技术指标（设计承载力、支座分类号、位移量、滑动方向）、生产厂名、出厂编号和生产日期。

8.1.2 支座顶、底板侧面应有中线标志。

8.2 包装

8.2.1 每个支座应有牢固可靠的包装，并注明产品名称、规格、外形尺寸和重量。包装内应附有产品合格证、测力支座竖向力检验合格证书、使用说明书和装箱单。

8.2.2 使用说明书应有支座结构外形尺寸、支座安装说明（参见资料性附录E）及与支座顶、底板相接触的梁底和墩台顶部混凝土等级要求及施工注意事项。

8.2.3 包装内技术文件需装入封口的塑料袋中，以防受潮。

8.3 运输

支座应单独运输，避免阳光直接暴晒及雨雪浸淋，保持清洁。

8.4 储存

8.4.1 支座储存应避免阳光直接暴晒及雨雪浸淋，并保持清洁。

8.4.2 严禁与酸、碱、油类、有机溶剂等可影响支座质量的物质相接触，距热源应在5m以外。

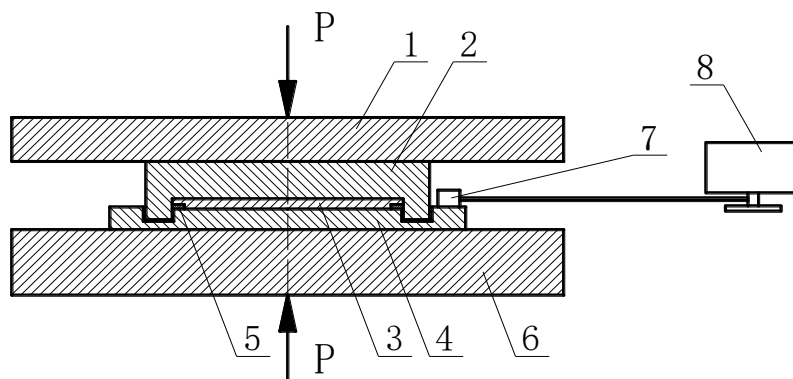
附录 A
(规范性附录)
感应底板的零漂 Z_d 、直线度 L 、重复性 R 和蠕变 C_p 检测方法

A.1 试样

感应底板的试样检测前应在 $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 环境下停放 24 小时以上。

A.2 检测方法

感应底板的直线度 L 、重复性 R 、零漂 Z_d 检测应在叠加式力标准机或计算机控制的材料力学性能试验机上进行，试样、加载装置及采集设备的布置如图 a.1 所示。



说明：

- 1—试验机上承载板； 2—盆型压板； 3—均荷层； 4—感应底板；
5—密封圈； 6—试验机下承载板； 7—数据采集器； 8—计算机。

图 a.1 感应底板测试精度检测装置示意图

按图 a.1 放置试样后，检测应按以下步骤进行：

- 1) 零点漂移检测按 GB/T 33010 的规定进行。
- 2) 重复性、直线度检测
 - a) 对中安装好试样后，将数据采集器与计算机连接，检查输出读数是否正常。
 - b) 加载试验前，应对感应底板进行预压，预压荷载为感应底板相应感应板测力支座的设计荷载，预压次数为 3 次。
 - c) 正式加载时，试验荷载由初始荷载 $0.15P$ 至 $1.2P$ 均分为 7 级，每级荷载稳压 2min 后读取输出值。达到最大荷载并读完输出值后卸载至初始荷载，完成一个加载循环。以上加载循环连续进行 3 次。

感应底板的直线度 L 、重复性 R 计算方法应按 GB/T 33010 的相关规定进行。

- 3) 蠕变 C_p 检测按 GB/T 33010 的规定进行。

A.3 检测报告

检测报告应包括下列内容：

- a) 试验概况：试验设备、试验温度及受检感应底板规格、检验荷载等；
- b) 试验过程描述，试验中如有异常情况发生，应详细描述异常情况的发生过程；
- c) 给出测力支座的零漂 Z_d 、直线度 L 、重复性 R 和蠕变 C_p 实测结果并进行评定；
- d) 试验现场照片。

附录 B
(规范性附录)

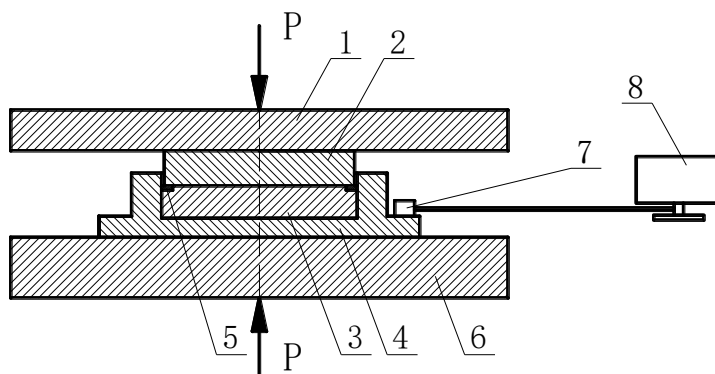
感应衬板的零漂 Z_d 、直线度 L 、重复性 R 和蠕变 C_p 检测方法

B.1 试样

感应衬板的试样检测前应在 $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 环境下停放 24 小时以上。

B.2 检测方法

感应衬板的直线度 L 、重复性 R 、零漂 Z_d 检测应在叠加式力标准机或计算机控制的材料力学性能试验机上进行，试样、加载装置及采集设备的布置如图 b.1 所示。



说明：

- 1—试验机上承载板； 2—感应衬板； 3—橡胶板； 4—底盆；
5—密封圈； 6—试验机下承载板； 7—数据采集器； 8—计算机。

图 b.1 感应衬板测试精度检测装置示意图

按图 b.1 放置试样后，检测应按以下步骤进行：

- 1) 零点漂移检测按 GB/T 33010 的规定进行。
- 2) 重复性、直线度检测
 - a) 对中安装好试样后，将数据采集器与计算机连接，检查输出读数是否正常。
 - b) 加载试验前，应对感应衬板进行预压，预压荷载为感应衬板相应感应板测力支座的设计荷载，预压次数为 3 次。
 - c) 正式加载时，试验荷载由初始荷载 $0.15P$ 至 $1.2P$ 均分为 7 级，每级荷载稳压 2min 后读取输出值。达到最大荷载并读完输出值后卸载至初始荷载，完成一个加载循环。以上加载循环连续进行 3 次。

感应衬板的重复性 R 、直线度 L 计算方法应按 GB/T 33010 的相关规定进行。

- 3) 蠕变 C_p 检测按 GB/T 33010 的规定进行。

B.3 检测报告

检测报告应包括下列内容：

- a) 试验概况：试验设备、试验温度及感应衬板规格、检验荷载等；
- b) 试验过程描述，试验中如有异常情况发生，应详细描述异常情况的发生过程；
- c) 给出测力支座的零漂 Z_d 、直线度 L 、重复性 R 和蠕变 C_p 实测结果并进行评定；
- d) 试验现场照片。

附录 C
(规范性附录)

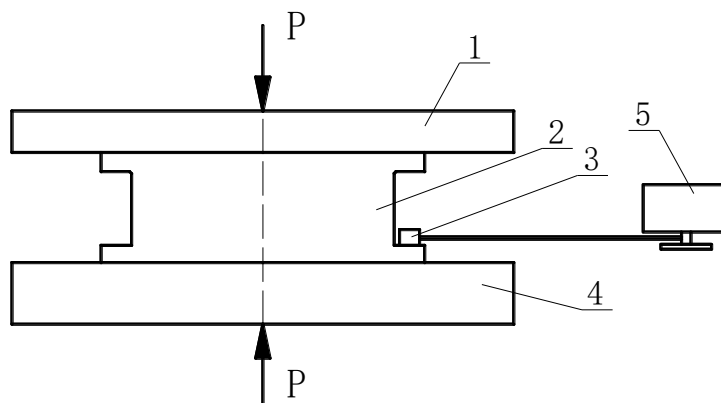
感应板测力支座的零漂 Z_d 、直线度 L 、重复性 R 和蠕变 C_p 检测方法

C.1 试样

感应板测力支座试样检测前应在 $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 环境下停放 24 小时以上。

C.2 检测方法

感应板测力支座的直线度 L 、重复性 R 、零漂 Z_d 检测应在叠加式力标准机或计算机控制的材料力学性能试验机上进行，试样、加载装置及采集设备的布置如图 c.1 所示。



说明：

- 1—试验机上承载板； 2—受检支座； 3—数据采集器；
4—试验机下承载板； 5—计算机。

图 c.1 感应板测力支座测试精度检测装置示意图

按图 c.1 放置试样后，检测应按以下步骤进行：

- 1) 零点漂移检测按 GB/T 33010 的规定进行。
- 2) 重复性、直线度检测
 - a) 对中安装好试样后，将数据采集器与计算机连接，检查输出读数是否正常。
 - b) 加载试验前，应对测力支座进行预压，预压荷载为测力支座的设计荷载，预压次数为 3 次。
 - c) 正式加载时，试验荷载由初始荷载 $0.15P$ 至 $1.2P$ 均分为 7 级，每级荷载稳压 2min 后读取输出值。达到最大荷载并读完输出值后卸载至初始荷载，完成一个加载循环。以上加载循环连续进行 3 次。

感应板测力支座的直线度 L 、重复性 R 计算方法应按 GB/T 33010 的相关规定进行。

- 3) 蠕变 C_p 检测按 GB/T 33010 的规定进行。

C.3 检测报告

检测报告应包括下列内容：

- a) 试验概况：试验设备、试验温度及受检支座规格、检验荷载等；
- b) 试验过程描述，试验中如有异常情况发生，应详细描述异常情况的发生过程；
- c) 给出测力支座的零漂 Z_d 、直线度 L 、重复性 R 和蠕变 C_p 实测结果并进行评定；
- d) 试验现场照片。

附录 D
(规范性附录)
数据采集器采集误差检测方法

D.1 试样

采集器试样检测前应在 23℃±10℃环境下停放 1 小时以上。

D.2 检测装备

- a) 电阻桥：输出电压范围 0mV~24mV，具有 8 档可调。
- b) 数字万用表：不低于 5 位半分辨力。
- c) PC 机，USB-RS485 转换器，串口调试助手软件。

D.3 检测方法

待检测的采集器与数字万用表、电阻桥和 PC 机的连接如图 d.1。

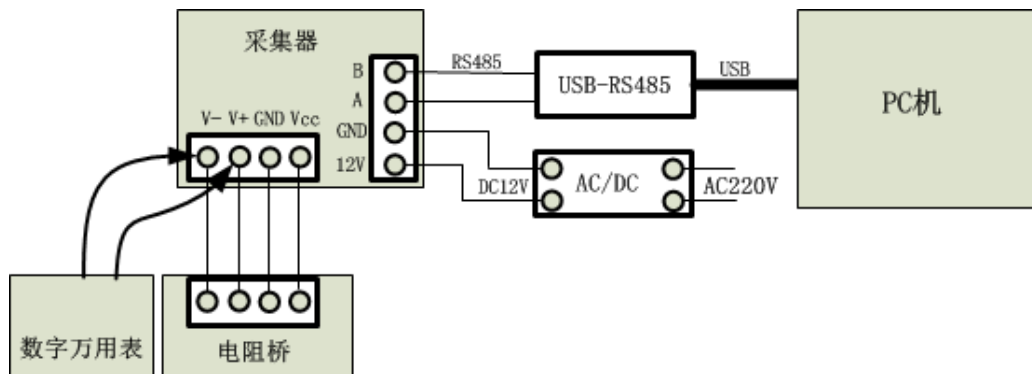


图 d.1 数据采集器采集误差检测示意图

D.4 检测方法

- a) 电阻桥输出电压 0mV~24mV 分为 8 档，每档的输出电压增量约 3mV。
- b) 将电阻桥档位调至第一档，PC 机发送采集命令，数字万用表测量电阻桥 V+和 V-电压值，查看 PC 机采集值，采集值稳定后记录电压值和采集值，完成第一档的数据采集。重复以上作业，将电阻桥档位逐档加至第 8 档约 24mV，记录相应的电压值和采集值。
- c) 以上过程共进行 2 次，每次数据采集器第 i 档的采集误差计算及误差要求为：

$$\Delta V_i = \frac{k \cdot V_i^c - V_i^b}{V_i^b} \leq 5\%$$

上式中： ΔV_i —采集器第 i 档采集误差。

k —采集器数字量转换为电压量的比例常数。

V_i^c —采集器第 i 档数字量读数。

V_i^b —数字万用表第 i 档电压测量值 (mV)。

D.5 检测报告

检测结束后应提交检测报告，并评定检测结果。

附录 E
(资料性附录)
感应板测力支座安装说明

E.1 感应板测力支座所在的墩台顶面应设置支承垫石，支承垫石混凝土强度等级不宜低于C40。垫石高度应考虑支座安装、养护和更换的方便。支承垫石及墩顶混凝土应按JTG 3362 局部承压构件要求并配置相应的钢筋网。墩台顶面需按锚固螺栓规格、长度和数量预留锚栓孔。预留锚栓孔直径应大于锚固螺栓直径60 mm~80mm，深度应大于锚固螺栓长度60 mm~80mm，锚栓孔中心位置偏差不应超过10mm。

E.2 有纵坡的桥梁，在支座顶板长度范围内的梁底，设计时应将该部位梁底用预埋钢板调成水平。支座顶板范围内的梁体混凝土也应按JTG 3362局部承压构件要求计算并配置相应的钢筋网。

E.3 感应板测力支座运达现场后，开箱检查装箱单、支座外观以及临时链接是否完好，但不得拆开支座临时连接。检查若发现问题，应由支座生产厂家及时进行处理。检查合格后再将支座装入包装箱内，支座安装时方可再开箱。

E.4 支座安装

E.4.1 现浇梁感应板测力支座采用重力灌浆法安装

1) 先检查支承垫石混凝土灌注是否密实，检查合格后凿毛支承垫石安装部位表面，清除预留锚栓孔内的杂物并将垫石表面清扫干净，然后将垫石表面润湿，清除预留锚栓孔内的积水。

2) 安装活动支座时，要特别注意支座的滑移方向；根据设计要求考虑安装温度对位移的影响，需要设置预偏量时，由支座生产厂家设置。

3) 安装支座：用楔块楔入支座四角，调平支座，并将支座顶面调整到设计标高，注意楔形块的顶部应略高于灌浆模板，便于灌浆后拆除。支座就位后，支座中心线与主梁中心线应重合或平行；纵向活动支座和横向活动支座的顶板导向槽与中间钢板的SF-1 三层复合板应保持平行；支座底面与垫石顶面之间应预留20mm~30mm空隙，用以灌注浆料，见图e.1所示。

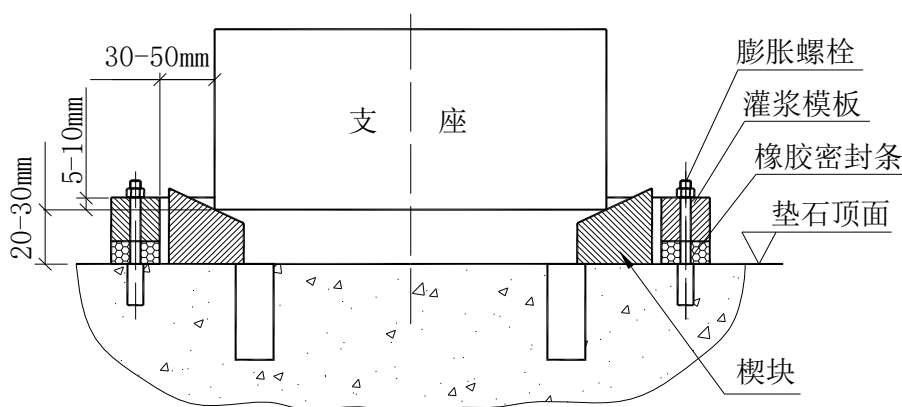


图 e.1 灌浆模板布置图

4) 安装灌浆模板。灌浆模板可采用预制钢模，底层设一层橡胶防漏条，通过膨胀螺栓将模板固定在支承垫石顶面。

5) 灌浆料性能应满足相关标准的要求。灌浆前计算所需浆体体积并与实际灌浆用浆体数量比较，以判断灌浆是否密实，防止中间部位缺浆。

6) 灌浆时，垫石表面应处于润湿状态，灌浆料应从支座中心部位向四周灌注，见图 e.2 所示，直至从模板与支座底板周边缝隙观察到灌浆料为止，灌浆完成后，楔块顶面应高出浆面。

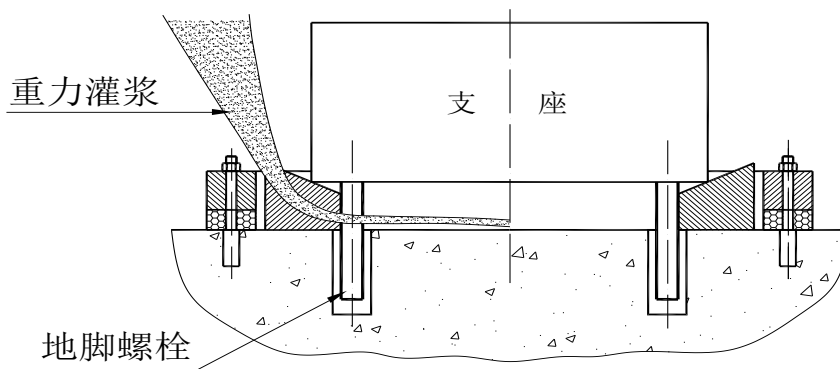


图 e.2 现浇梁支座安装重力灌浆示意图

- 7) 灌浆料强度达到 20MPa 后拆除模板，同时注意必需拆除四角楔形垫块，然后对楔形垫块位置及缺浆处进行补浆，补浆完成后方可进行梁的模板安装。
- 8) 灌注梁体混凝土后，张拉预应力钢筋前拆除支座的临时连接钢板。
- 9) 梁体施工完成后，检查支座各部件的位置状态及支承状态是否正确、垫石是否开裂等。
- 10) 确认支座处于正常工作状态后，对支座漆膜受损部位进行补漆处理，然后安装支座防尘装置。
- 11) 测力支座的数据采集和供电设备在支座安装完成后由专业人员进行安装调试。
- 12) 当桥梁实行体系转换要切割临时锚固装置时，应采取隔热措施，以避免对支座造成损坏。

E. 4.2 预制梁感应板测力支座采用重力灌浆法安装

- 1) 先凿毛支承垫石安装部位表面，清除预留锚栓孔内的杂物并将垫石表面清扫干净，然后将垫石表面润湿，清除预留锚栓孔内的积水。
- 2) 安装灌浆模板。灌浆模板可采用预制钢模，底部设一层橡胶防漏条，通过膨胀螺栓将模板固定在支承垫石顶面。灌浆模板布置如图 e.3 所示。

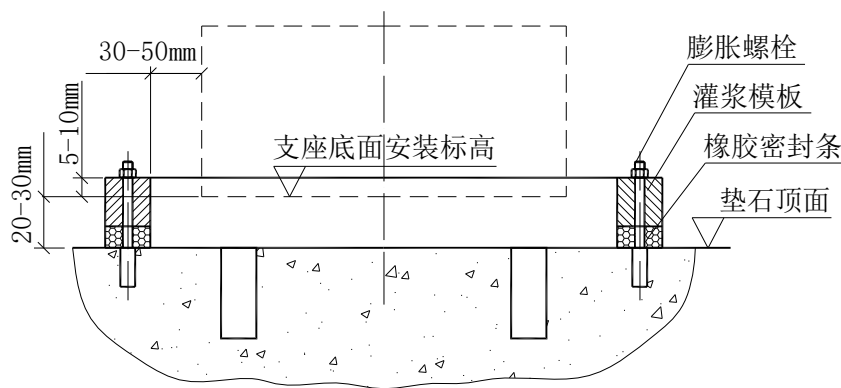


图 e.3 灌浆模板布置图

- 3) 梁体吊装前应先 将支座安装在梁体底部，支座顶板与梁体预埋钢板间应密贴，注意梁底螺栓都应处于紧固状态。
- 4) 吊装预制梁，将梁落在临时千斤顶上，并通过千斤顶调整梁体位置和标高，调整时，应注意确保梁的稳定性。调整就位后在支座底面与垫石顶面之间应留有 20mm~30mm 空隙，用以灌注浆料。
- 5) 灌浆料性能应满足相关标准要求。灌浆前应初步计算所需浆体体积并与实际灌浆用浆体数量

比较，以判断灌浆是否密实，防止中间部位缺浆。

6) 灌浆时，垫石表面应处于润湿状态，浆料应从支座中心部位向四周灌注，如图 e.4 所示，直至从模板与支座底板周边缝隙观察到灌浆料为止，灌浆口位置不宜低于梁体顶面。

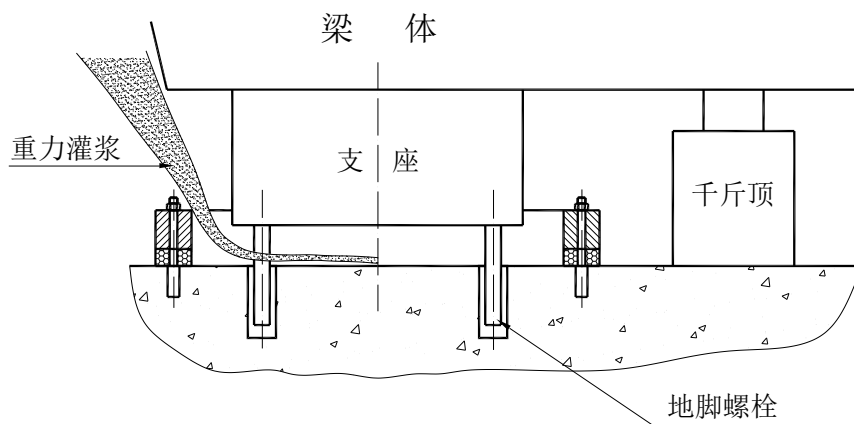


图 e.4 重力灌浆示意图

7) 灌浆料强度达到 20MPa 后拆除模板，并对缺浆处进行补浆。

8) 及时拆除支座的临时连接钢板，确认各支座处于正常状态后，对支座漆膜受损部位进行补漆处理，以防生锈，然后安装支座防尘装置。

E.5 测力支座的数据采集和供电设备在支座安装完成后由专业人员进行安装调试，调试完成后记录支座反力数据。

编制说明

桥梁建设与管养智能化是现代桥梁建设的发展目标，实现此目标的关键之一是与桥梁建设与管养有关传感器技术的突破。桥梁支座作为支承桥梁上部结构荷载的关键承载部件，其支承反力的大小和分布状态反映了桥梁上部结构内力以及墩台基础的支承状态。因此，以桥梁支座作为负荷传感器并通过其对桥梁上部结构的受力及基础状态的监测与评估，是了解桥梁安全的一种方便而有效的方法。

感应板测力支座是在现有桥梁球型支座和盆式支座的基础上进行改造，采用先进的感应板测试技术赋予传统支座以负荷传感器功能，并融入现代的数据采集技术实现支座荷载数据输出的数字化。

在感应板测力支座的研制及文件的编制过程中，为验证感应板测力支座具有足够的承载能力、有符合使用要求的技术指标、长期使用的可靠性等进行了大量的试验研究工作。试验选取设计承载力为4500kN的测力球型支座2个和设计承载力分别1000 kN和3000 kN的测力盆式支座各2个共6个支座进行试验。试验支座的测试性能试验在研究单位进行，试验支座的支座功能试验作为第三方验证试验由中路高科交通检测检验认证有限公司进行，并由该公司对测力支座的测试性能进行检验试验。大量的试验数据和第三方验证试验证明了感应板式测力支座具有优良的线性和测试精度，测试性能达到设计技术指标要求；支座承载、位移和转动等功能也完全符合设计指标要求。同时，感应板测力支座已在北京市长安街延长线永定河大桥等桥梁工程建设中得到应用，并取得良好的应用效果。

本文件的编写工作还邀请国内与桥梁及相关领域的专家进行技术审查，确保本文件的规范性和权威性。

下图为感应板式测力支座试验装备情况。

