



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 43511—2023

## 轨道交通 电力牵引架空刚性接触网



Railway application—Electric traction overhead conductor rail

2023-12-28 发布

2024-04-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布



## 目 次

前言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 符号 .....	3
5 应用条件 .....	3
6 系统构成及技术要求 .....	5
7 设备及零部件要求 .....	7
8 试验方法 .....	8
9 检验规则 .....	11
附录 A (资料性) 电气化铁路隧道内刚性接触网环境温度取值 .....	14
附录 B (资料性) 支持装置荷载计算示例 .....	15
参考文献 .....	18

## 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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由国家铁路局提出。

本文件由全国轨道交通电气设备与系统标准化技术委员会(SAC/TC 278)归口。

本文件起草单位：中铁第一勘察设计院集团有限公司、广州地铁集团有限公司、中铁电气化局集团有限公司、中国铁道科学研究院集团有限公司。

本文件主要起草人：赵玮、宫衍圣、靳守杰、黄德亮、罗兵、郭凤平、韩通新。





# 轨道交通 电力牵引架空刚性接触网

## 1 范围

本文件规定了轨道交通电力牵引架空刚性接触网的应用条件、系统构成及技术要求、设备及零部件要求、检验规则,描述了轨道交通电力牵引架空刚性接触网的试验方法。

本文件适用于运行速度 160 km/h 及以下的轨道交通电力牵引架空刚性接触网(以下简称“刚性接触网”)的设计、建造、测试验收及运营工作。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 19443—2017 标称电压高于 1 500 V 的架空线路用绝缘子 直流系统用瓷或玻璃绝缘子串元件 定义、试验方法及接收准则

GB/T 22707 直流系统用高压绝缘子的人工污秽试验

GB/T 26869—2011 标称电压高于 1 000 V 低于 300 kV 系统用户内有机材料支柱绝缘子的试验

GB/T 28026.3—2018 轨道交通 地面装置 电气安全、接地和回流 第 3 部分:交流和直流牵引供电系统的相互作用

GB/T 32347.2 轨道交通 设备环境条件 第 2 部分:地面电气设备

GB/T 32350.1—2015 轨道交通 绝缘配合 第 1 部分:基本要求 电工电子设备的电气间隙和爬电距离

GB/T 32578—2016 轨道交通 地面装置 电力牵引架空接触网

GB/T 32586—2016 轨道交通 地面装置 电力牵引架空接触网系统用复合绝缘子的特定要求

GB 50009 建筑结构荷载规范

GB 50010 混凝土结构设计规范

GB 50017 钢结构设计标准

GB 50157—2013 地铁设计规范

CJJ/T 288—2018 城市轨道交通架空接触网技术标准

TB/T 2073—2020 电气化铁路接触网零部件技术条件

TB/T 2074—2020 电气化铁路接触网零部件试验方法

TB/T 2809—2017 电气化铁路用铜及铜合金接触线

TB/T 3036—2016 电气化铁路接触网用分段绝缘器

TB/T 3199.1—2018 电气化铁路接触网用绝缘子 第 1 部分:棒形瓷绝缘子

TB/T 3199.2—2018 电气化铁路接触网用绝缘子 第 2 部分:棒形复合绝缘子

TB/T 3252—2022 电气化铁路刚性悬挂接触网汇流排及零部件

TB 10009—2016 铁路电力牵引供电设计规范

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### 架空刚性接触网 **overhead conductor rail**

刚性接触网

悬挂于机车车辆上方,依靠汇流排固定接触线,通过与电力牵引机车车辆顶部安装的受电弓接触,向机车车辆提供电能的悬挂系统。

注:主要由汇流排及零部件、接触线、支持装置、中心锚结、电分段等组成。

#### 3.2

##### 汇流排 **conductor rail; CR**

刚性接触网中夹持固定接触线并承载电流的部件。

[来源:TB/T 3252—2022,3.1,有修改]

#### 3.3

##### 汇流排终端 **end section**

刚性接触网锚段末端,使受电弓平滑过渡,末端翘起的部件。

[来源:TB/T 3252—2022,3.2,有修改]

#### 3.4

##### 中间接头 **interlocking joint**

两根汇流排之间机械和电气连接的部件。

[来源:TB/T 3252—2022,3.3]

#### 3.5

##### 锚段 **long conductor rail section**

由中间接头连接而成的具有一定长度、可伸缩的汇流排区段。

#### 3.6

##### 锚段关节 **parallel overlap**

相邻锚段相互重叠、平行布置的汇流排区段。

#### 3.7

##### 膨胀接头 **expansion joint**

补偿锚段之间因热胀冷缩而产生的长度变化,并使电流良好接续的部件。

[来源:TB/T 3252—2022,3.5]

#### 3.8

##### 支持装置 **support assembly**

支撑、定位汇流排,使汇流排沿线路方向伸缩的装置。

注:一般有垂直悬吊方式、水平支撑方式,包括与隧道固定的吊柱或吊架结构。

#### 3.9

##### 接触线 **contact wire**

刚性接触网中与机车车辆受电弓滑板相接触并传输电流的导线。

#### 3.10

##### 中心锚结 **midpoint anchor**

设在刚性接触网锚段中部,能承受锚段内汇流排上各种附加力和防止汇流排窜动的装置。

## 3.11

**刚柔过渡段 transition section**

刚性接触网与柔性的架空接触网的衔接区段。

## 3.12

**锚固汇流排 anchor bar**

刚柔过渡处对接触线实现夹紧力的部件。

[来源:TB/T 3252—2022,3.7,有修改]

## 3.13

**电分段 electric section**

在纵向或横向将刚性接触网从电气上互相分开、但不中断弓网间受流过程的区段。

## 3.14

**分段绝缘器 section insulator**

用于相邻两段刚性接触网悬挂实现电气分段,并允许受电弓通过和不中断取流的接触网设备。

[来源:TB/T 3036—2016,3.1]

## 3.15

**硬点 vertical acceleration at pantograph base frame**

受电弓与接触网动态接触受流时,受电弓弓头处测得的垂直方向加速度。

## 4 符号

下列符号适用于本文件。

A:偶然荷载。

G:偏心垂直力或永久荷载。

Q:可变荷载。

$Q_{PK}$ :施工和维修荷载。

## 5 应用条件

## 5.1 环境条件

刚性接触网应在以下环境条件下正常应用:

——海拔不超过 4 000 m;

——大气环境温度  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

——相对湿度不大于 95%。

其他使用环境条件应符合 GB/T 32347.2 的规定。

## 5.2 外部影响条件

## 5.2.1 通用要求

刚性接触网应统筹计算温度、线路条件、机车车辆等因素,控制刚性接触网平顺性,优化受电弓配置,提高弓网受流质量。

## 5.2.2 计算温度

电气化铁路隧道内刚性接触网环境温度应根据隧道长度确定,隧道以内 4.5 km 以上环境温度温差



为 10 K,具体见附录 A。

城市轨道交通隧道口至隧道内 0.5 km 处按户外温度取值,0.5 km 以上应按 GB 50157—2013 中第 13 章规定的控制温度取值。

### 5.2.3 线路条件

刚性接触网应根据线路条件的以下参数和要求确定:

- 线路的设计速度、运行速度;
- 线路的平断面、纵断面,包括道岔、渡线和联络线等;
- 列车运行交路;
- 隧道等的结构类型及断面形式;
- 轨道的道床类型及轨道结构高度、道岔的类型及布置图。

### 5.2.4 机车车辆



刚性接触网应根据机车车辆的以下参数和要求确定:

- 机车车辆(含受电弓)的限界、设备限界和基本建筑限界的要求;
- 同时取流受电弓的数量及其在机车车辆上的相互间距和平面布置情况,以及受电弓在电气上是否采用高压母线相互连接;
- 牵引功率。

### 5.2.5 受电弓

刚性接触网应根据以下受电弓的特性确定:

- 受电弓弓头的外形轮廓,包括弓头的工作宽度;
- 受电弓的工作高度和范围;
- 滑板材料、类型;
- 运行时弓头横向位移的详细资料;
- 受电弓的静态接触力;
- 列车上可能同时使用受电弓的数量及位置。

受电弓的其他特性应符合 GB/T 32578—2016 中 4.5 规定的内容。

### 5.2.6 电气特性

刚性接触网电气特性应根据 GB/T 32578—2016 中 4.3 的规定进行确定。

## 5.3 结构稳定性

### 5.3.1 刚性接触网结构限值要求

刚性接触网应按承载力极限状态和正常使用极限状态的要求进行设计,应满足系统可靠性、安全性及人身安全等基本要求。

### 5.3.2 刚性接触网结构作用荷载分类

荷载分类如下:

- 永久荷载( $G$ ),支持装置的自重,包括吊柱/吊架、绝缘子、相关配件等的自重,汇流排、导线的自重荷载;
- 可变荷载( $Q$ ),包括风荷载、温度变化引起的荷载,采用概率论统计方法或定性基础理论,取基

本荷载作用的标称值,或在结构使用期间出现的最大或最小概率的限值;

——偶然荷载(A),与预防故障等有关的荷载;

——施工和维修荷载( $Q_{PK}$ ),与工艺流程、临时锚固、起重设施等相关的荷载。

### 5.3.3 刚性接触网结构强度

采用分项系数法检算设计作用的强度不应超过承载力极限状态的设计抗力,同时应满足有关正常使用极限状态的抗力要求。按照 GB 50009 的规定计算。

### 5.3.4 刚性接触网系统的荷载分项系数和材料分项系数

刚性接触网系统按材料分项系数和荷载分项系数进行结构设计。钢结构相关系数应按 GB 50017 选用,混凝土结构相关系数按 GB 50010 选用。

## 6 系统构成及技术要求

### 6.1 系统构成

刚性接触网一般由支持装置、汇流排及中间接头、接触线、锚段关节或膨胀接头、中心锚结、电分段和刚柔过渡段构成。

### 6.2 电气技术要求

#### 6.2.1 空气绝缘间隙

直流系统刚性接触网的空气绝缘间隙应符合 GB 50157—2013 中表 15.3.3 的规定,交流系统刚性接触网的空气绝缘间隙应符合 TB 10009—2016 中表 5.3.2 的规定。

#### 6.2.2 电分段

刚性接触网应通过电分段和开关等的合理设置,实现电气分段或电气隔离,满足运行、维护和抢修等需要。直流系统刚性接触网电分段应符合 GB 50157—2013 中 15.3.4~15.3.11 的规定,交流系统刚性接触网电分段应符合 TB 10009—2016 中 3.2.8 的规定。

#### 6.2.3 电气绝缘及接地

直流系统刚性接触网电气绝缘及接地应符合 GB/T 32350.1—2015 中第 4 章、GB/T 28026.3—2018 中第 8 章的规定;交流系统刚性接触网电气绝缘及接地应符合 TB 10009—2016 中 5.3.2、5.3.3 以及表 5.6.4 的规定。

### 6.3 弓网受流技术要求

#### 6.3.1 一般要求

弓网受流的动态性能取决于刚性接触网的几何参数与运行状况、轨道几何状态和受电弓性能,运行速度 160 km/h 以上时应采用无砟轨道。运行速度 120 km/h 及以上的刚性接触网弓网受流的动态特性应在前期设计阶段通过计算机仿真进行评估。

#### 6.3.2 硬点

硬点应小于  $490 \text{ m/s}^2$ 。

6.3.3 接触力

接触线和滑板之间接触力的仿真值或测量值应符合表 1 的规定。所处隧道断面不大于 55 m<sup>2</sup> 时,表中行车速度  $v$  可乘 1.25 系数进行修正。

表 1 弓网接触力要求

单位为牛顿

线路类别	平均接触力 $F_m$	最大接触力 $F_{max}$	最小接触力 $F_{min}$	接触力最大标准偏差 $\sigma_{max}$
交流	$0.000\ 47v^2 + 60 < F_m \leq 0.000\ 47v^2 + 90$	300	$> 0$	$0.3F_m$
直流	$0.001\ 12v^2 + 70 < F_m \leq 0.000\ 97v^2 + 140$	300	$> 0$	$0.3F_m$

6.3.4 弓网燃弧

1 次燃弧时间不大于 100 ms,燃弧率不大于 5%。

6.4 空间几何状态

6.4.1 接触线高度

悬挂点处接触线距轨面的高度应根据车辆限界、车载装载高度、空气绝缘间隙、运营维修、施工误差及受电弓有效工作范围等因素综合确定。

6.4.2 接触线坡度

接触线坡度应符合表 2 的规定,锚段关节或膨胀接头、分段绝缘器等特殊部位应小于表 2 中数值的 1/2。

表 2 接触线最大坡度及坡度变化

设计速度 km/h	接触线最大坡度 ‰	接触线最大坡度变化 ‰
$v \leq 120$	2	1
$120 < v \leq 160$	1	0.5

6.4.3 拉出值

最大拉出值应结合受电弓有效工作范围、受电弓的横向摆动量、安装空间及设备安装要求等综合确定,在悬挂点处汇流排不应出现损伤性折弯。

6.4.4 平面布置形式

刚性接触网的平面布置应使受电弓磨耗均匀,宜采用“之”字形布置方式。

6.4.5 跨距

跨距应根据运行速度、汇流排结构、支持装置、车辆受电弓及其间距等因素经过计算后确定。运行速度 120 km/h 及以上的线路,标准跨距不宜大于 8 m。

#### 6.4.6 锚段

锚段长度应根据汇流排的悬挂安装方式、运行环境温度变化范围、导体载流温升、导体的温度膨胀系数、机械分段形式等因素确定。

锚段的机械分段有采用膨胀接头式和采用锚段关节式两种方式。

锚段中间位置应设置中心锚结。

#### 6.4.7 刚柔过渡段

刚柔过渡段宜设置在直线区段,且应采用弹性均匀措施。

#### 6.4.8 道岔布置

道岔处两支汇流排应采用受电弓同侧过渡布置,水平间距宜为 200 mm。直股线路的汇流排拉出值不宜大于 100 mm。

#### 6.4.9 特殊区段方案

在人防门、防淹门处刚性接触网方案应根据人防密闭性要求、运营调试和检修的便利性、防灾防淹要求等因素确定。

### 6.5 误差要求和允许偏差

受施工影响的刚性接触网参数和运营中发生变化而影响系统性能的参数,应规定误差要求和允许偏差控制。

## 7 设备及零部件要求

### 7.1 总体要求

接触线、其他导线和电缆、隔离开关、操作机构和电连接应符合 GB/T 32578—2016 的规定,汇流排及零部件应符合 TB/T 3252—2022 的规定,支持装置及其他零部件应符合 TB/T 2073—2020 的规定。

### 7.2 汇流排及其零部件

汇流排及其零部件包括:汇流排、汇流排终端及其中间接头、刚柔过渡汇流排、贯通器件式膨胀接头、锚固汇流排、汇流排定位线夹、汇流排中心锚结线夹、汇流排电连接线夹和汇流排接地线夹,应符合 TB/T 3252—2022 的规定。

### 7.3 支持装置

7.3.1 运行速度大于 120 km/h 时支持装置宜采用水平支撑方式。

7.3.2 各组成部件不应侵入设备限界,非带电体距离受电弓动态包络线应满足瞬时空气间隙的要求。

7.3.3 在轨道最大超高条件下,应满足汇流排水平、垂直方向的连续调整和沿线路方向伸缩的要求。

7.3.4 支持装置作用于构筑物水平方向最大工作载荷和垂直方向最大工作载荷的计算见附录 B。

7.3.5 应在受电弓作用下结构稳定、无明显弯曲变形、调整及伸缩灵活。

### 7.4 绝缘子

7.4.1 交流 25 kV 刚性接触网棒形绝缘子的抗弯破坏负荷不应小于 12 kN,绝缘爬电距离不宜小于 1 600 mm。

7.4.2 直流 1 500 V 刚性接触网绝缘子的抗弯破坏负荷不应小于 9 kN,绝缘爬电距离不宜小于 250 mm。

7.4.3 交流 25 kV 刚性接触网棒形绝缘子应符合 TB/T 3199.1—2018 或 TB/T 3199.2—2018 的规定,直流 1 500 V 刚性接触网绝缘子应符合 GB/T 32578—2016 中 7.10 的规定。

## 7.5 分段绝缘器

7.5.1 分段绝缘器与汇流排连接部分的材质、截面结构应与汇流排相同,并应满足使用寿命周期内通过的弓架次要求;金属连接件及各种附件、紧固件等均为轻型耐腐蚀材料,紧固力矩应符合 TB/T 2073—2020 的规定。

7.5.2 分段绝缘器的绝缘件应符合 7.4 的规定,并宜考虑受电弓运行产生的碳或金属沉积物的影响。

7.5.3 分段绝缘器应能承受受电弓通过时产生的电弧,整体机械性能不应降低。分段绝缘器拉伸破坏荷载不应小于 30 kN。

7.5.4 与分段绝缘器零部件相关的其他要求应符合 TB/T 2073—2020、TB/T 3252—2022 的规定。

## 8 试验方法

### 8.1 接触线、设备及零部件试验

#### 8.1.1 总则

汇流排及零部件的试验方法按 TB/T 3252—2022 的规定进行,接触线按 TB/T 2809—2017 的规定进行,支持装置及其他零部件按 TB/T 2074—2020 的规定进行。

#### 8.1.2 外观与标志检查

接触线按 TB/T 2809—2017 中 9.2 的规定进行,其他按 TB/T 2074—2020 中 5.1 的规定进行。

#### 8.1.3 尺寸与角度检查

按 TB/T 2074—2020 中 5.2 的规定进行,汇流排、汇流排终端及中间接头相关的角度检查按 TB/T 3252—2022 中 6.6 的规定进行。

#### 8.1.4 组装检查

按 TB/T 2074—2020 中 5.3 的规定进行。

#### 8.1.5 机械性能试验

##### 8.1.5.1 耐拉伸(压缩)荷载试验

分段绝缘器机械拉伸(压缩)荷载试验应固定在一个张力试验机中,以加载机械荷载。试验时可调整分段绝缘器,使其导向板处于运行状态,荷载以 1 kN/s 的速度增加到最大工作荷载的 1.33 倍,并保持 1 min。然后荷载以同样的速度减小到最大工作荷载。试验中应记录是否出现降低使用功能的永久变形。

其他按 TB/T 2074—2020 中 5.5 的规定进行。

##### 8.1.5.2 破坏荷载试验

按 TB/T 2074—2020 中 5.4 的规定进行。

### 8.1.5.3 振动试验

8.1.5.3.1 除刚柔过渡汇流排按 TB/T 3252—2022 中 6.21 规定的方法进行振动试验以外,运行速度 160 km/h 刚性接触网的支持装置、中间接头、贯通器件式膨胀接头、汇流排定位线夹、汇流排中心锚结线夹和分段绝缘器应进行振动试验。

8.1.5.3.2 振动试验在专用的振动试验场进行,包括链形悬挂接触网、刚性接触网在内的振动场长度不宜低于 70 m。试验场中链形悬挂一侧可采用全补偿或半补偿方式,接触导线上采用的张力不应低于 13 kN。被试零件均按刚性接触网实际组成安装到位,并宜与实际的刚性接触网布置形式一致。

8.1.5.3.3 为保证振幅,宜采用多台振动机同步振动;如采用单台振动机,振动机宜设于刚性接触网一侧且位于刚性接触网全长  $1/3 \sim 2/3$  的位置。振动源的振动波形应为等幅正弦波,振动频率 3 Hz~6 Hz,垂直振幅 8 mm,振幅误差不超过规定值  $\pm 25\%$ 。循环次数不少于  $2 \times 10^6$  次。

8.1.5.3.4 振动试验场应具有完善的监控及测量系统,可监测振动试验中的汇流排振幅、频率、振动波形等参数。

8.1.5.3.5 振动试验过程允许中断,振动次数按实际记录振动次数累加。

### 8.1.5.4 疲劳试验

8.1.5.4.1 运行速度 160 km/h 以下刚性接触网的零部件按 TB/T 3252—2022 的规定进行疲劳试验,运行速度 160 km/h 刚性接触网的汇流排定位线夹按 8.1.5.4.2~8.1.5.4.6 的规定进行疲劳试验。

8.1.5.4.2 疲劳试验装置的选用按 TB/T 2074—2020 中 4.4.4 的规定进行。

8.1.5.4.3 应先完成振动试验并通过后再进行疲劳试验。用于疲劳试验的零部件按照实际使用状态组合安装,连结螺栓紧固力矩符合 TB/T 2073—2022 中 5.3.10 的规定。

8.1.5.4.4 疲劳试验的荷载波形按 TB/T 2074—2020 中 5.9.3 的规定进行,荷载按 TB/T 3252—2022 中表 8 的规定取值。

8.1.5.4.5 试验频率为 3 Hz~6 Hz,试验循环次数不应少于  $5 \times 10^5$  次。

8.1.5.4.6 疲劳试验过程允许中断,疲劳次数按实际记录疲劳次数累加。

### 8.1.5.5 紧固力矩试验

按 TB/T 2074—2020 中 5.6 的规定进行。

### 8.1.6 绝缘子电气性能试验

交流 25 kV 刚性接触网棒形绝缘子的试验按 TB/T 3199.1—2018 中 7.2 或 TB/T 3199.2—2018 中 7.4 的规定进行;直流 1 500 V 刚性接触网绝缘子的试验按 GB/T 19443—2017 中第 14 章、15.1、15.2、第 17 章、第 21 章的规定进行;复合绝缘子按 GB/T 32586—2016 中 4.10、第 5 章的规定进行。

### 8.1.7 分段绝缘器电气性能试验

分段绝缘器电气性能试验除按 GB/T 32578—2016 中 8.11.1.3 的规定进行外,表层材质耐电痕化和电蚀损性能试验按 TB/T 3036—2016 中 7.2.6 的规定进行,表层材质耐弧性按 TB/T 3036—2016 中 7.2.7 的规定进行。交流 25 kV 刚性接触网分段绝缘器人工污秽耐受电压试验按 TB/T 3036—2016 中 7.2.5 的规定进行,直流 1 500 V 刚性接触网分段绝缘器人工污秽耐受电压试验按 GB/T 22707 的规定进行。

## 8.2 系统试验

### 8.2.1 通用要求

系统试验应在回流系统核验、刚性接触网接地电阻测试之后进行。

### 8.2.2 静态检测

#### 8.2.2.1 空气绝缘间隙

宜采用标准尺或激光测量仪对带电体与接地体之间各类空气绝缘间隙进行测量。

#### 8.2.2.2 电气安全距离

宜采用测量工具(如标准尺、激光测量仪等)对安装后的接触悬挂、附加导线上网引线电气安全距离进行测量。

#### 8.2.2.3 静态几何参数

测量悬挂点、跨中处的接触线高度、拉出值,锚段关节和线岔处的两根导线的水平和垂直距离。形成测量记录,检验接触线高度、拉出值、平面布置形式、道岔布置和接触线坡度是否符合设计规定。

测量悬挂点间距(跨距)、锚段长度、中心锚结位置、锚段关节和膨胀接头的伸缩量、水平支撑的安装偏移和刚柔过渡段设置是否符合设计规定。

#### 8.2.2.4 接触网绝缘试验及导通测试

宜使用测量绝缘电阻方法进行检测,仪表宜选用 2 500 V 绝缘电阻表(兆欧表),进行各供电臂的绝缘电阻测试及导通测试。

### 8.2.3 动态检测

#### 8.2.3.1 通则

宜采用综合检测车、接触网检测车或安装检测设备试验车辆按逐级提速的方法进行检测,动态检测参数满足线路设计速度要求。在动态检测前应采用带受电弓的专用检测设备对刚性悬挂系统进行双向不带电模拟行车测试,按 CJJ/T 288—2018 中 5.19.1 的规定进行。

#### 8.2.3.2 接触线高度

宜采用非接触测量方法测量接触线的静态高度,测量接触线高度的设备应远离运行受电弓,减少受电弓的影响,接触线高度测量结果应逐一给出每个定位点或悬挂点的高度数值、测试区段的接触线坡度等。



#### 8.2.3.3 拉出值

采用视频图像处理、激光、雷达等方法检测接触线的拉出值,测量结果应逐一给出每个定位点的拉出值数值。

#### 8.2.3.4 硬点

在系统检验时,在试验受电弓上安装硬点测量装置,测试受电弓运行时所受的垂向加速度,以此可反应接触线的平顺性。



### 8.2.3.5 受电弓接触力

在检测受电弓弓头上安装弓网测力传感器,测试受电弓运行时的弓网动态接触力,对于带有独立滑板的受电弓,应测量每一个滑板。测量结果应给出规定距离(如1跨)间隔弓网接触力的最大值、最小值、平均值、标准差。

### 8.2.3.6 弓网燃弧

在检测车受电弓附近的车顶上安装弓网燃弧传感器,测量弓网间发生的燃弧,检测每次发生燃弧的燃弧时间、统计每跨的最大燃弧时间和燃弧率。

## 9 检验规则

### 9.1 检验分类

设备及零部件检验分为:

- 出厂检验;
- 型式检验。

系统检验分为:

- 静态检测;
- 动态检测。

### 9.2 出厂检验

9.2.1 对每件出厂的产品,制造商都应进行出厂检验。

9.2.2 在出厂检验过程中,若任意一项不合格,则判该产品不合格。

### 9.3 型式检验

9.3.1 试验项目全部合格时,该产品合格;若发现任意一项不合格时,则该产品不合格。

9.3.2 凡具有下列情况之一者,应进行型式检验:

- a) 新产品试制完成时;
- b) 产品的结构、工艺或材料的变更影响到产品的性能或特性变化时;
- c) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时;
- d) 连续生产满5年时;
- e) 转场生产时或停产2年以上重新生产时。

### 9.4 系统检验

刚性接触网动态检测应在静态检测合格后进行。

### 9.5 检验项目

接触线、其他线材、绝缘子、隔离开关应符合 GB/T 32578—2016 的规定。

汇流排及零部件应符合 TB/T 3252—2022 的规定。

交流 25 kV 刚性接触网棒形绝缘子应符合 TB/T 3199.1—2018 或 TB/T 3199.2—2018 的规定,直流 1 500 V 刚性接触网绝缘子的检验应符合 GB/T 19443—2017 或 GB/T 26869—2011 的规定。

支持装置的检验项目应符合表 3 的规定。

运行速度 160 km/h 刚性接触网中间接头、贯通器件式膨胀接头、汇流排中心锚结线夹的检验项目



除了符合 TB/T 3252—2022 的规定,振动试验还应符合表 4 的规定。

运行速度 160 km/h 刚性接触网汇流排定位线夹的检验项目除了符合 TB/T 3252—2022 的规定,振动试验、疲劳试验还应符合表 5 的规定。

分段绝缘器的检验项目应符合表 6 的规定。

系统检验项目应符合表 7 的规定。

表 3 支持装置检验项目

序号	检验项目	检验分类		技术要求对应条款	检验方法对应条款
		型式检验	出厂检验		
1	外观与标志检查	√	√	7.1、7.3.1	8.1.2
2	尺寸与角度检查	√	√	7.3.2、7.3.5	8.1.3
3	组装检查	√	√	7.3.2、7.3.3	8.1.4
4	耐拉伸(压缩)荷载试验	√	—	7.3.4	8.1.5.1
5	破坏荷载试验	√	—	7.3.4	8.1.5.2
6	振动试验	√	—	7.3.5	8.1.5.3
7	电气性能试验 <sup>a</sup>	√	—	7.4.3	8.1.6

注：“√”表示做的项目，“—”表示不做的项目。

<sup>a</sup> 绝缘子的电气性能试验。

表 4 运行速度 160 km/h 刚性接触网中间接头、贯通器件式膨胀接头、汇流排中心锚结线夹附加检验项目

序号	检验项目	检验分类		技术要求对应条款	检验方法对应条款
		型式检验	出厂检验		
1	振动试验	√	—	7.1	8.1.5.3

注：“√”表示做的项目，“—”表示不做的项目。

表 5 运行速度 160 km/h 刚性接触网汇流排定位线夹附加检验项目

序号	检验项目	检验分类		技术要求对应条款	检验方法对应条款
		型式检验	出厂检验		
1	振动试验	√	—	7.1	8.1.5.3
2	疲劳试验	√	—	7.1	8.1.5.4

注：“√”表示做的项目，“—”表示不做的项目。

表6 分段绝缘器检验项目

序号	检验项目		检验分类		技术要求对应条款	检验方法对应条款
			型式检验	出厂检验		
1	外观与标志检查		√	√	7.5.4	8.1.2
2	尺寸与角度检查		√	√	7.5.4	8.1.3
3	组装检查		√	√	7.5.1、7.5.4	8.1.4
4	机械特性	耐拉伸(压缩)荷载试验	√	—	7.5.3	8.1.5.1
5		破坏荷载试验	√	—	7.5.3	8.1.5.2
6		振动试验	√	—	7.5.1、7.5.4	8.1.5.3
7		紧固力矩试验	√	—	7.5.1	8.1.5.5
8	电气性能试验		√	√	7.5.2、7.5.3、7.5.4	8.1.7

注：“√”表示做的项目，“—”表示不做的项目。

表7 系统检验项目

序号	检验项目		检验分类		技术要求对应条款	检验方法对应条款
			静态检测	动态检测		
1	空气绝缘间隙		√	—	6.2.1	8.2.2.1
2	电气安全距离		√	—	6.2.2、6.2.3	8.2.2.2
3	接触网绝缘试验及导通测试		√	—	6.2.3	8.2.2.4
4	静、动态几何参数	接触线高度	√	√	6.4.1	8.2.2.3、8.2.3.2
5		接触线坡度	√	√	6.4.2	8.2.2.3、8.2.3.2
6		拉出值	√	√	6.4.3	8.2.2.3、8.2.3.3
7	静态几何参数	平面布置形式	√	—	6.4.4	8.2.2.3
8		跨距	√	—	6.4.5	8.2.2.3
9		锚段长度	√	—	6.4.6	8.2.2.3
10		中心锚结位置	√	—	6.4.6	8.2.2.3
11		锚段关节	√	—	6.4.6	8.2.2.3
12		刚柔过渡段	√	—	6.4.7	8.2.2.3
13		道岔布置	√	—	6.4.8	8.2.2.3
14	硬点		—	√	6.3.2	8.2.3.4
15	受电弓接触力		—	√	6.3.3	8.2.3.5
16	弓网燃弧		—	√	6.3.4	8.2.3.6

注：“√”表示做的项目，“—”表示不做的项目。

## 附录 A

(资料性)

## 电气化铁路隧道内刚性接触网环境温度取值

电气化铁路隧道内刚性接触网设计选用环境温度取值见表 A.1。

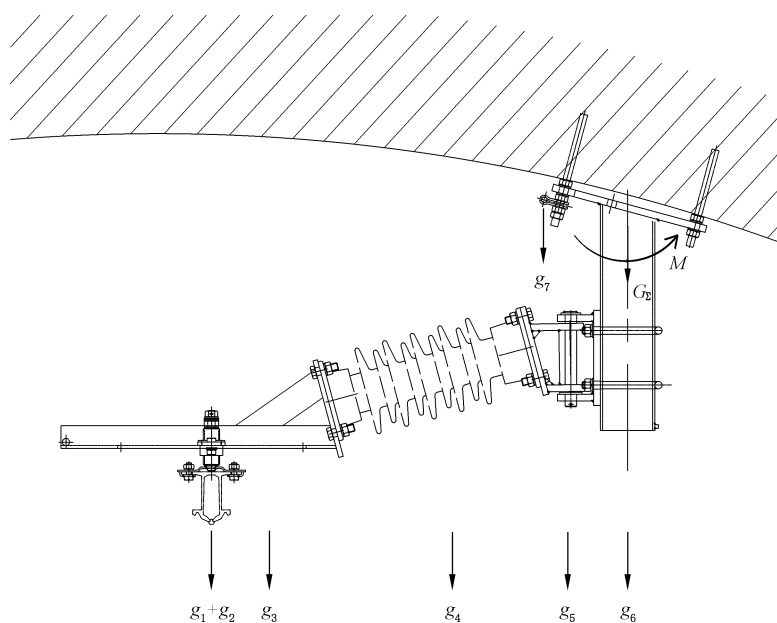
表 A.1 设计选用环境温度取值表

序号	距隧道口距离 km	最低计算温度 ℃	最高计算温度 ℃
1	$L \leq 0.2$	$t_{\min}$	$t_{\max}$
2	$0.2 < L \leq 0.5$	$t_{\min} + 5$	$t_{\max} - 10$
3	$0.5 < L \leq 2.0$	$t_{\min} + 10$	$t_{\max} - 10$
4	$2.0 < L \leq 4.5$	$t_{\min} + 15$	$t_{\max} - 10$
5	$L > 4.5$	计算采用环境温度温差为 10 K	
<b>注：</b> $L$ ——距隧道口距离,单位为千米(km); $t_{\min}$ ——工程项目隧道口处的实际环境温度的最低值,单位为摄氏度(℃); $t_{\max}$ ——工程项目隧道口处的实际环境温度的最高值,单位为摄氏度(℃)。			

附录 B  
(资料性)  
支持装置荷载计算示例

B.1 支持装置作用于构筑物的垂直荷载

支持装置作用于构筑物的垂直荷载示例见图 B.1。



标引序号说明：

- $G_{\Sigma}$  —— 支持装置垂直荷载；
- $M$  —— 支持装置底部弯矩；
- $g_1$  —— 汇流排自重；
- $g_2$  —— 定位线夹自重；
- $g_3$  —— 调整框架自重；
- $g_4$  —— 绝缘子自重；
- $g_5$  —— 铰接底座自重；
- $g_6$  —— 吊柱自重；
- $g_7$  —— 接地线缆自重。

图 B.1 垂直荷载受力示例图

图 B.1 所示  $G_{\Sigma}$  为支持装置垂直荷载，用于校验与土建接口结构的安全性，见公式(B.1)。

$$G_{\Sigma} = (G + Q) \times K + A + Q_{PK} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- $G$  —— 永久荷载，正常工况下支持装置垂直荷载，单位为千牛(kN)；
- $Q$  —— 可变荷载，活塞风荷载下支持装置增加的附加荷载，单位为千牛(kN)；
- $K$  —— 强度安全系数；
- $A$  —— 偶然荷载，故障工况下支持装置增加的附加荷载，单位为千牛(kN)；
- $Q_{PK}$  —— 施工和维修荷载，单位为千牛(kN)。

示例：

以下为典型支持装置的零部件自重：

——汇流排自重  $g_1 = 8 \times 0.07 = 0.56$  kN (悬挂间距 8.0 m, 含接触导线)；

——定位线夹自重  $g_2 = 0.03$  kN；

——调整框架自重  $g_3 = 0.1$  kN；

——绝缘子自重  $g_4 = 0.43$  kN (1 600 mm 爬距, 16 kN 瓷绝缘子)；

——铰接底座自重  $g_5 = 0.07$  kN(含连接板)；

——吊柱自重  $g_6 = 0.5$  kN(含底板)；

——接地线缆自重  $g_7 = 0.08$  kN (按 TJ-95 型铜绞线 0.01 kN/m, 8.0 m 间距)。

$G$  的计算：

$$G = g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5 + g_6 + g_7 = 0.56 + 0.03 + 0.1 + 0.43 + 0.07 + 0.5 + 0.08 = 1.77 \text{ kN}$$

$A$  的计算：

$$A = g_1 + g_2 + g_3 + g_4 = 0.56 + 0.03 + 0.1 + 0.43 = 1.12 \text{ kN}$$

注 1：考虑两边相邻悬挂装置棒瓷根部断裂的事故状态，附加的垂直方向荷载。

$Q$  的计算：

$$Q = 0.04 \times 8 = 0.32 \text{ kN}$$

注 2：根据相关结论，行车速度大于或等于 140 km/h 的隧道中，机车通过时产生的气动力影响不可忽略。刚性接触网一般应用于单线隧道当中，且隧道净空面积狭小，受此影响隧道内行车条件下活塞风引起的垂直方向单位长度荷载(按最不利方向)取 0.04 kN/m。

$Q_{PK}$  的取值：考虑施工和维修时临时固定、悬挂于吊柱的人员及工器具重量，按 0.7 kN 取值。

$G_{\Sigma}$  的计算：

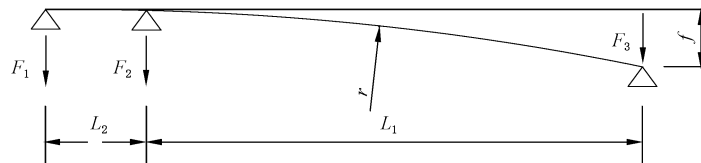
$$G_{\Sigma} = (G + Q) \times K + A + Q_{PK} = (1.77 + 0.32) \times 3 + 1.12 + 0.7 = 8.09 \text{ kN}$$

注 3：正常荷载安全系数  $K$  为 3.0；偶然荷载(事故状态)按实际值选取。

在较高行车速度情况下，考虑弓网振动波动产生的交变弯矩引起的对支持装置垂直方向的荷载，同时考虑到不同项目、不同运营条件的差异性，作用于构筑物垂直方向最大工作荷载按不小于 9.0 kN 选用。

## B.2 支持装置水平荷载

支持装置水平荷载示例见图 B.2。



标引序号说明：

$F_1$  —— 支持装置反力 1；

$F_2$  —— 支持装置反力 2；

$F_3$  —— 弯曲力；

$L_1$  —— 相邻支持装置间距 1；

$L_2$  —— 相邻支持装置间距 2；

$r$  —— 最小弯曲半径；

$f$  —— 矢距。

图 B.2 水平荷载受力示例图

工程实际当中，水平力最大的情况出现在小曲线半径线路上过渡的区段，如图 B.2 支持装置  $F_2$  处。矢距的计算见公式(B.2)：

$$f = r - \sqrt{r^2 - L_1^2} \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

弯曲力的计算见公式(B.3):

$$F_3 = 3 \times f \times E_a \times I_{z-z} / [100 \times L_1^2 (L_1 + L_2)] \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

支持装置反力 1 的计算见公式(B.4):

$$F_1 = F_3 \times L_1 / L_2 \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

支持装置反力 2 的计算见公式(B.5):

$$F_2 = F_3 (L_1 + L_2) / L_2 \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

示例:

相邻支持装置间距  $L_1 = 8.0 \text{ m}$ ,  $L_2 = 2.0 \text{ m}$ ; 弯曲半径  $r = 120 \text{ m}$ ; 弹性模量  $E_a = 69\,000 \text{ N/mm}^2$ ; 汇流排  $z-z$  轴惯性矩  $I_{z-z} = 113 \text{ cm}^4$ 。

矢距:

$$f = r - \sqrt{r^2 - L_1^2} = 120 - \sqrt{120^2 - 8^2} = 0.27 \text{ m}$$

弯曲力:

$$F_3 = 3 \times f \times E_a \times I_{z-z} / [100 \times L_1^2 (L_1 + L_2)] = 3 \times 0.27 \times 69\,000 \times 113 / [100 \times 8^2 (8 + 2)] = 99 \text{ N}$$

支持装置反力:

$$F_1 = F_3 \times L_1 / L_2 = 99 \times 8 / 2 = 396 \text{ N}$$

支持装置反力:

$$F_2 = F_3 (L_1 + L_2) / L_2 = 99 \times (8 + 2) / 2 = 495 \text{ N}$$

正常情况水平力最大值为  $F_2 = 495 \text{ N}$ 。

定位线夹最大水平工作荷载安全系数取值为 3.0, 即 1.5 kN。

支持装置最大水平工作荷载与此相同, 取 1.5 kN。

### B.3 定位线夹垂直工作荷载

定位线夹正常情况垂直方向受力  $F_Z$  的计算见公式(B.6)。

$$F_Z = g_1 + g_2 + Q \quad \dots\dots\dots (B.6)$$

式中:

$F_Z$  —— 定位线夹正常情况垂直方向受力, 单位为千牛(kN);

$g_1$  —— 汇流排自重, 单位为千牛(kN);

$g_2$  —— 定位线夹自重, 单位为千牛(kN)。

示例:

汇流排自重  $g_1$ 、定位线夹自重  $g_2$ 、可变荷载  $Q$  取值与 B.1 相同, 定位线夹正常情况垂直方向受力  $F_Z$ :

$$F_Z = g_1 + g_2 + Q = 0.56 + 0.03 + 0.32 = 0.91 \text{ kN}$$

最大垂直工作荷载安全系数取值为 3.0, 取整即 3.0 kN。

中心锚结线夹最大垂直工作荷载与定位线夹最大垂直工作荷载一致。

参 考 文 献

- [1] GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法
  - [2] GB 50068 建筑结构可靠性设计统一标准
  - [3] GB 50367 混凝土结构加固设计规范
  - [4] GB 50550 建筑结构加固工程施工质量验收规范
  - [5] JGJ 145 混凝土结构后锚固技术规程
  - [6] IEC 62486 Railway applications—Current collection systems—Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead contactline (to achieve free access)
- 



