



团 体 标 准

T/XXX XXXX—2024

粤港澳大湾区城际铁路装配式 无砟轨道技术规程

General Programme Instructions For Assembled Ballastless Track Of Intercity
Railway In the Guangdong-Hong Kong-Macao bay area

草案版次选择

(完成时间: 2024.7.10)

在提交反馈意见时, 请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国交通运输协会 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 3

2 规范性引用文件 3

3 术语和定义 3

4 无砟轨道设计 4

5 弹性缓冲垫层 9

6 隔离层 10

7 板下填充层技术要求 18

8 轨道板质量要求 22

9 装配式无砟轨道工厂化制造 23

10 无砟轨道装配化施工 24

附 录 A （规范性） 轨道板静载抗裂试验 30

附 录 B （规范性） 揭板试验和自密实混凝土工艺性试验验收办法 31

附 录 C （规范性） 板下填充层施工质量检测技术要求 33

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。

本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由广东省交通运输厅提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：深圳市地铁集团有限公司、中国铁路设计集团有限公司、深圳市市政设计研究院有限公司、广州地铁集团有限公司、广州地铁设计研究院股份有限公司、中铁工程设计咨询集团有限公司、中铁二院工程集团有限责任公司、中南大学、中铁三局坪山板场。

本文件主要起草人：。

粤港澳大湾区城际铁路装配式无砟轨道技术规程

1 范围

本文件规定了粤港澳大湾区城际铁路装配式无砟轨道的设计、制造和施工。

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 38695 城市轨道交通无砟轨道技术条件
- GB/T 13760 土工合成材料 取样和试样准备
- GB/T 13762 土工合成材料 土工布及土工布有关产品单位面积质量的测定方法
- GB/T 14800 土工合成材料 静态顶破试验(CBR法)
- GB/T 1689 硫化橡胶 耐磨性能的测定(用阿克隆磨耗试验机).
- GB/T 17632 土工布抗酸碱性能试验方法
- GB/T 17636 土工布及其有关产品 抗磨损性的测定 砂布/滑块法
- GB/T 3512 硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验
- GB/T 39705 轨道交通用道床隔振垫
- GB/T 4666 纺织品 织物长度和幅宽的测定
- GB/T 528 硫化橡胶或热塑性橡胶拉伸应力应变性能的测定 标准
- GB/T 7759 硫化橡胶、热塑性橡胶常温、高温TB/T 3275 铁路混凝土
- TB 10601 高速铁路工程测量规范
- TB 10005 铁路混凝土结构耐久性设计规范
- TB 10082 铁路轨道设计规范
- TB 10413 铁路轨道工程施工质量验收标准
- TB 10424 铁路混凝土工程施工质量验收标准
- TB 10425 铁路混凝土强度检验评定标准
- TB 10623 城际铁路设计规范
- TB 10754 高速铁路轨道工程施工质量验收标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

装配式无砟轨道 Assembled Track

以装配化理念进行设计、制造和施工的一种无砟轨道结构,其施工特点为采用自下而上的施工工艺,层层控制施工精度。装配式无砟轨道结构一般由钢轨、扣件、轨道板、隔离层/减振层、板下填充层、基底等组成。其中,减振层根据支承方式的不同可分为减振垫面支承和隔振器点支承两种类型,本规程主要针对减振垫面支承型装配式无砟轨道,包括双孔限位装配式无砟轨道和凹凸槽限位装配式无砟轨道。

3.2

双孔限位装配式无砟轨道 Double-hole Limiting Assembled Track

隔离层/减振层设置于轨道板与板下填充层之间,通过轨道板双限位孔结构与板下填充层凸台共同进行限位的一种装配式无砟轨道结构。

3.3

凹凸槽限位装配式无砟轨道 Concave And Convex Limiting Assembly Track

轨道板与板下填充层采用连接钢筋形成复合板，隔离层/减振层设置于复合板与现浇基底之间，通过现浇基底凹槽与板下填充层凸台共同进行限位的一种装配式无砟轨道结构。

4 设计

4.1 一般规定

- 4.1.1 装配式无砟轨道设计应符合质量均衡、弹性连续、各部件参数合理匹配和方便维修更换的原则。
- 4.1.2 装配式无砟轨道扣件间距不宜大于 650 mm，特殊情况下超过以上限值时，应进行检算，且不宜连续设置。
- 4.1.3 正线无砟轨道与有砟轨道之间以及不同无砟轨道结构间应设置轨道过渡段。
- 4.1.4 减振地段设置长度应满足环境影响报告书中提出的减振段落要求，且最小长度不应小于远期动车组编组长度。
- 4.1.5 装配式无砟轨道结构应根据轨道结构高度、线下基础、环境条件及轨道过渡段等设置性能良好的防排水系统。
- 4.1.6 装配式无砟轨道设计应满足综合接地相关要求。
- 4.1.7 轨道常备材料配置应符合确保安全、抢修必备、资源共享的原则，轨道常备材料的数量应满足运营要求，并考虑存放条件。

4.2 荷载及组合

- 4.2.1 轨道结构设计荷载应包括列车荷载、温度作用、混凝土收缩徐变、无缝线路荷载、牵引/制动荷载等，同时应考虑下部基础变形对轨道结构的影响。
- 4.2.2 列车设计荷载应符合下列规定，静轮载按照 TB 10082-2017 中 6.2.2 规定的取值。

- a) 竖向设计荷载应按下列式计算：

$$P_d = \alpha \cdot P_j \quad (1)$$

式中：

P_d ——竖向设计荷载；

P_j ——静轮载；

α ——动载系数，设计速度为160km/h时取2.0，设计速度为200km/h取2.5。

- b) 横向设计荷载应按下列式计算：

$$Q = 0.8 \cdot P_j \quad (2)$$

式中：

Q ——横向设计荷载。

- c) 结构疲劳检算荷载应符合下列规定：

- 1) 竖向疲劳检算荷载应按下列式计算：

$$P_f = 1.5 \cdot P_j \quad (3)$$

式中：

P_f ——竖向疲劳检算荷载。

- 2) 横向疲劳检算荷载应按下列式计算：

$$Q_f = 0.4 \cdot P_j \quad (4)$$

式中：

Q_f ——横向疲劳检算荷载。

- 4.2.3 温度作用及混凝土收缩影响应符合下列规定：

- a) 露天区间（包括隧道洞口 200m 范围）年温差根据当地气象条件取值；
- b) 无砟轨道基底结构、距洞口大于 200m 的隧道内无砟轨道结构，可不计温度梯度影响；
- c) 当板厚为 220 mm 时，最大正温度梯度（上热下冷）为 90℃/m，最大负温度梯度（上冷下热）为 45℃/m。其他板厚时应采用板厚修正系数，如下表所示；

表 1 板厚修正系数

板厚（mm）	修正系数	板厚（mm）	修正系数
160	1.17	280	0.84
180	1.11	300	0.79
200	1.05	320	0.75
220	1.00	340	0.71
240	0.94	360	0.67
260	0.89	380	0.63

- a) 混凝土收缩徐变的影响按等效降温的方法计算，分段灌注的混凝土或钢筋混凝土结构按等效降温 10℃取值。
- 4.2.4 预制构件在运输、吊运等短暂设计状况下的施工验算，动载系数宜取 1.5。
- 4.2.5 基础变形取值应符合下列规定：
- b) 路基段的不均匀沉降不大于 15 mm/20 m；
- c) 梁体竖向挠曲变形和梁端竖向转角最大值满足 TB 10623-2014 中 7.3 的规定；
- d) 桥梁相邻桥墩的差异沉降不应大于 10 mm。
- 4.2.6 轨道限位结构设计的荷载组合应包含列车横向荷载、无缝线路荷载、牵引/制动荷载、整体温度作用（含收缩徐变作用）、纵坡道上纵向力的分力、桥梁挠曲附加力。
- 4.2.7 钢筋混凝土和允许出现裂缝的预应力混凝土构件特征裂缝宽度不应大于下表规定的限值。

表 2 特征裂缝宽度限值（mm）

环境条件	钢筋混凝土构件	允许出现裂缝的预应力混凝土构件
		钢丝、钢绞线
无侵蚀性介质	0.25	0.1
有侵蚀性介质	0.2	0

注：1 钢筋混凝土裂缝宽度限值尚应符合TB-10005 规定。

2 限值为零，表示不得采用允许出现裂缝的预应力混凝土结构。

3 容许出现裂缝的预应力构件，在准永久荷载作用下，截面受拉边缘混凝土预压应力不得小于1.0 MPa。

4 当钢筋保护层实际厚度超过30 mm时，可将钢筋混凝土保护层厚度的计算值取为30 mm。

4.3 无砟轨道结构设计

- 4.3.1 装配式无砟轨道应根据线下工程条件以及速度、轴重等运营条件进行结构设计。
- 4.3.2 双孔限位装配式无砟轨道结构宜由钢轨、弹性扣件、轨道板、隔离层/减振层、板下填充层、限位凸台、弹性缓冲垫层、基底等组成，桥梁地段可不设置基底，隧道地段基底和隧道回填层可合并设置，轨道基本结构如图～图所示。

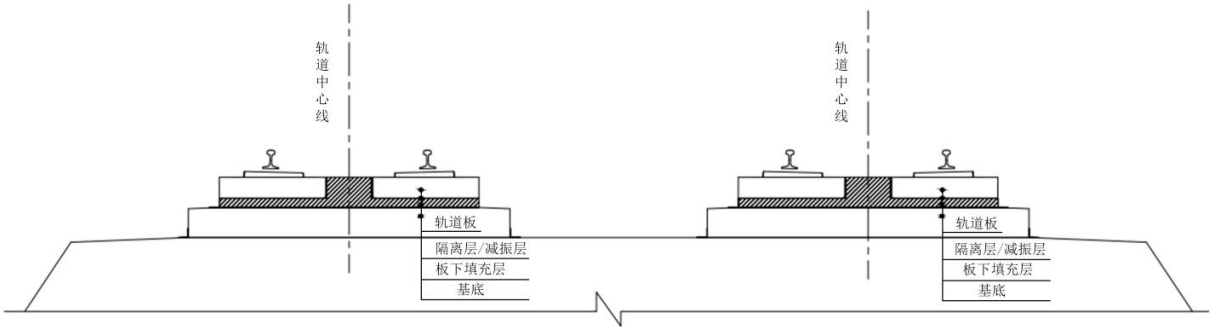


图 1 路基地段双孔限位装配式无砟轨道

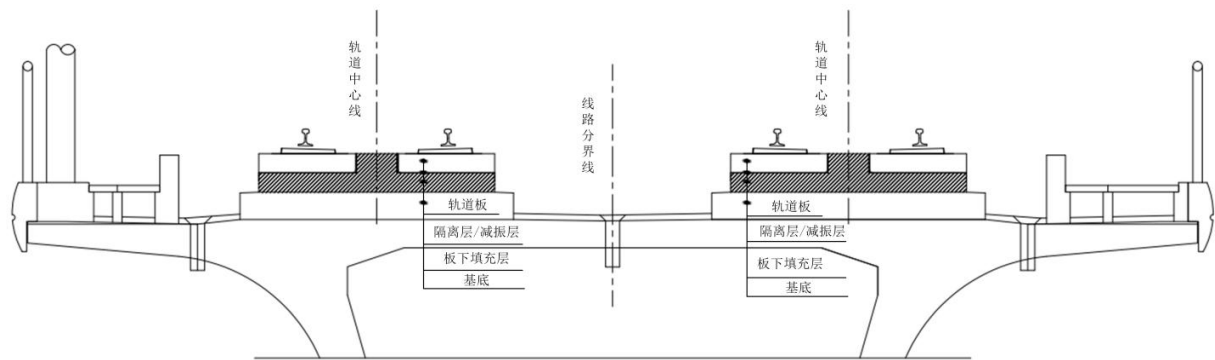


图 2 桥梁地段双孔限位装配式无砟轨道

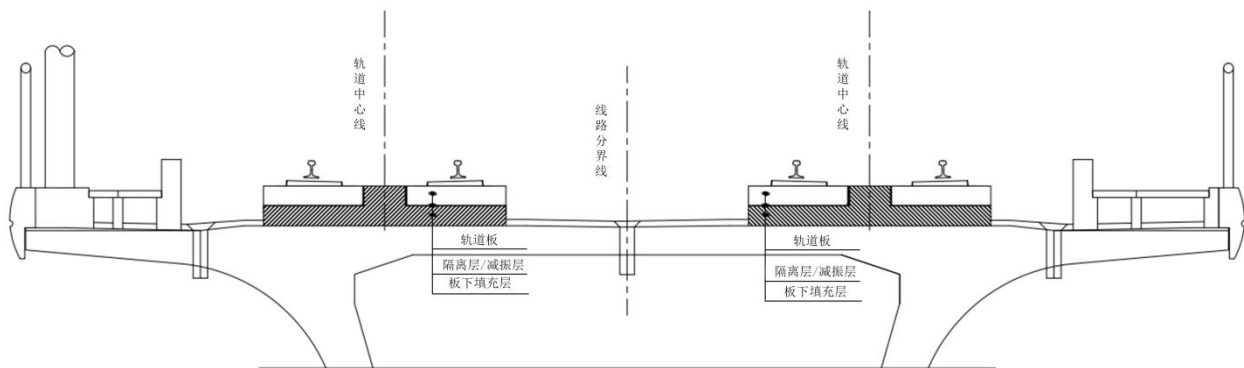


图 3 桥梁地段双孔限位装配式无砟轨道（不设置基底时）

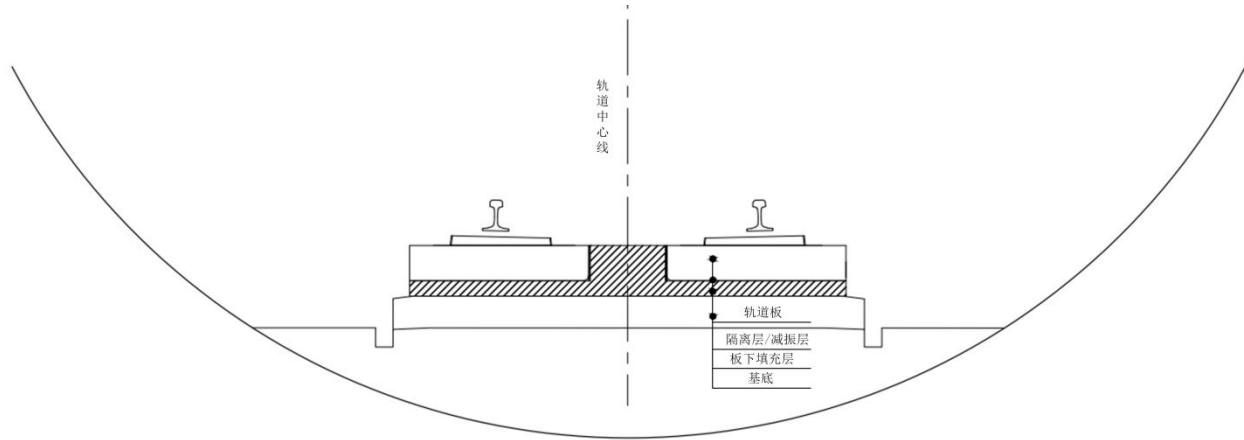


图 4 盾构地段双孔限位装配式无砟轨道

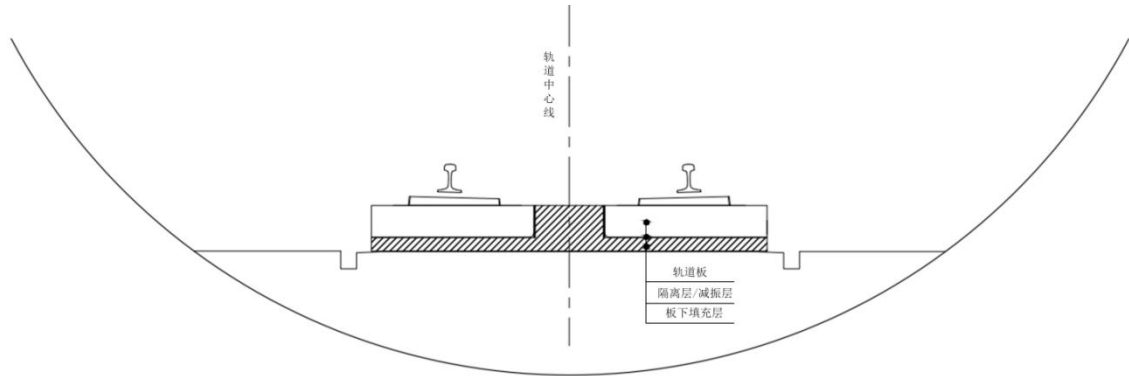


图 5 盾构地段双孔限位装配式无砟轨道（基底和隧道回填层合并设置）

4.3.3 凹凸槽限位装配式无砟轨道结构宜由钢轨、弹性扣件、轨道板、板下填充层、限位凸台、隔离层/减振层、基底及凹槽弹性缓冲垫层等组成，轨道基本结构如图 6～图 8 所示。

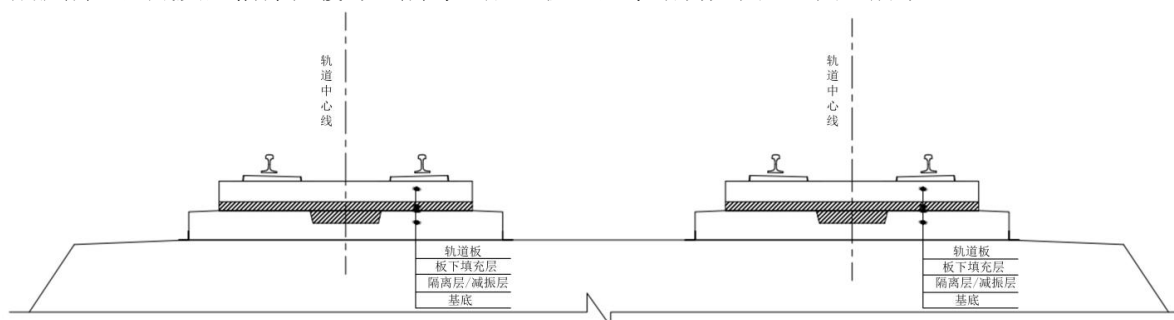


图 6 路基地段凹凸槽限位装配式无砟轨道

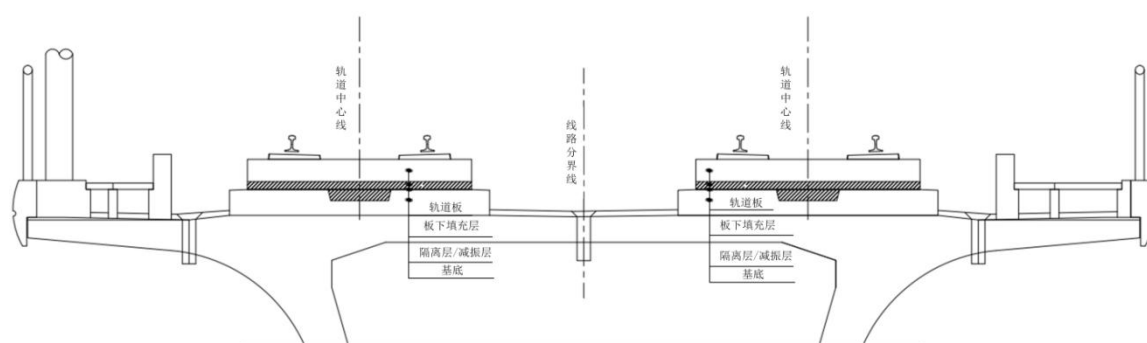


图 7 桥梁地段凹凸槽限位装配式无砟轨道

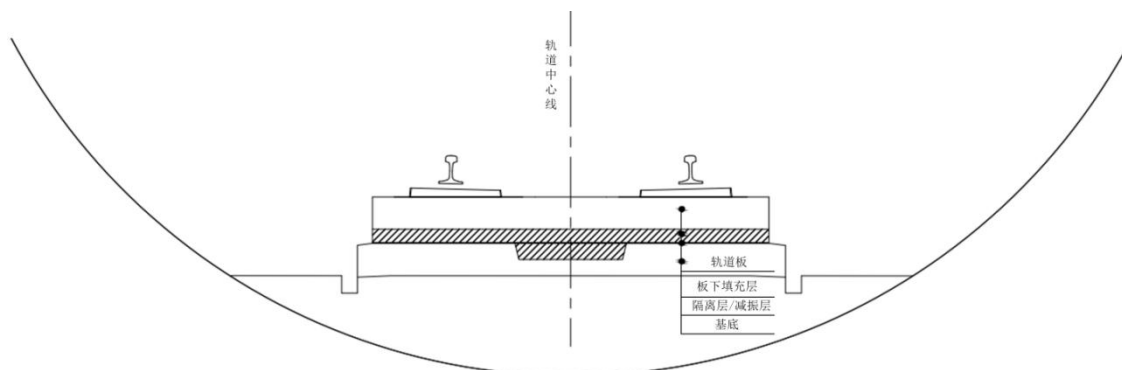


图 8 盾构地段凹凸槽限位装配式无砟轨道

4.3.4 轨道板设计应符合下列规定：

- e) 轨道板应根据列车荷载、温度荷载、基础变形及制造、运输、存放、施工阶段的受力条件，结合扣件安装、综合接地和耐久性等技术要求进行设计；
- f) 轨道板宜采用预应力钢筋混凝土结构；
- g) 轨道板承轨台轨底坡应根据扣件选型确定，预埋套管位置应按标准组装状态下轨距为 1435 mm 设计，并与配套扣件匹配；
- h) 预应力钢筋混凝土轨道板的混凝土强度等级不应低于 C60，普通钢筋混凝土轨道板的混凝土强度等级不应低于 C50；
- i) 轨道板长度应根据桥梁梁长、小半径曲线适应性、运输条件、板缝等方面因素综合确定，轨道板长度宜统型，且不宜大于 6 m、不宜小于 3 m。；
- j) 轨道板宽度应根据扣件类型、承轨台尺寸、排水沟预留、运输条件等方面因素综合确定；
- k) 轨道板厚度应根据轨道结构预留高度、减振需求等方面因素综合确定，同时应考虑温度梯度、下部基础变形等对板厚的影响；

- l) 半径小于等于 400m 的圆曲线范围内轨道板长度宜按布置 6 组扣件确定;
 - m) 轨道板应设置灌浆孔和观察孔, 轨道板限位孔可兼做灌浆孔和观察孔;
 - n) 轨道板应设置扣件预埋套管和起吊套管, 扣件预埋套管抗拔力应满足扣件技术要求;
 - o) 轨道板上设置用于信息化管理的标签时, 应配备相应的信息管理系统, 或纳入其他系统一并
进行信息化的管理。
- 4.3.5 隔离层可采用土工布、橡胶或聚氨酯复合材料等, 并满足以下要求:
- a) 应采取有效措施保证隔离层以上的结构和隔离层以下的结构根据需要脱离;
 - b) 减振段装配式无砟轨道采用双孔限位时, 如采用减振层满铺在轨道板下的方式, 可以不设置
隔离层。
- 4.3.6 板下填充层应符合下列规定:
- a) 板下填充层宜采用自密实混凝土, 强度等级不应低于 C40;
 - b) 板下填充层厚度不宜小于 90 mm;
 - c) 板下填充层和限位凸台应一体成型。
- 4.3.7 限位结构的设计应符合下列规定。
- a) 限位结构尺寸应根据列车荷载、温度荷载条件进行设计。
 - b) 限位结构四周应设置弹性缓冲垫层。
- 4.3.8 基底设计应符合下列规定:
- a) 基底应采用钢筋混凝土结构, 地下线混凝土强度等级不应低于 C35, 地面及高架线不应低于
C40;
 - b) 曲线超高宜在基底上设置, 经技术经济比较当基底和隧道回填层合并设置时, 超高宜在隧道
回填层设置;
 - c) 基底宽度应结合轨道板宽度、隧道断面类型及板下填充层灌注工艺等因素合理确定;
 - d) 桥梁地段基底应与桥梁可靠连接, 路基地段基底的长度一般宜为 2~4 块轨道板长度。

4.4 装配式减振轨道设计

- 4.4.1 减振轨道结构应采用成熟可靠的方案, 且经技术经济比选后确定。
- 4.4.2 装配式减振轨道的钢轨最大动态位移限值, 应满足不同轴重和行车速度条件下的安全性和舒适
性要求。
- 4.4.3 装配式减振轨道采用减振垫面支承结构时, 其结构组成参照图 1~图 8 执行。
- 4.4.4 减振层材料应满足相关标准技术要求。

4.5 排水及防水设计

- 4.5.1 宜采用明沟排水, 排水沟与泵房连接处应设置沉沙池。
- 4.5.2 不同坡度的纵向水沟进行顺接时, 顺接段排水坡度不宜小于 2‰。
- 4.5.3 轨道板与减振层、轨道板与隔离层、减振层/隔离层与弹性缓冲垫层等连接部位应做好密封。

4.6 轨道结构过渡段

- 4.6.1 非减振型装配式无砟轨道结构与减振轨道结构衔接时, 应在减振轨道结构范围通过调整减振层
刚度的方式设置刚度过渡段, 刚度值及过渡范围应满足相关设计要求。
- 4.6.2 正线轨道过渡段范围的轨道刚度应按分级过渡设计。轨道结构过渡段的长度应按下式计算,
不宜小于计算值, 且不宜小于一节列车长度。

$$L_{\text{过}} = 0.14V \quad (5)$$

式中:

$L_{\text{过}}$ ——轨道结构过渡段长度 (m);

V ——设计速度 (km/h)。

- 4.6.3 不同无砟轨道结构间的过渡设计应考虑无砟轨道结构高度差, 并做好排水设计。

4.7 接口设计

- 4.7.1 铺轨基地应与线路、工经和地下结构专业进行系统设计。
- 4.7.2 轨道设计应明确路基、桥梁和隧道等工程结构物上轨道预埋件的设置要求。

- 4.7.3 轨道结构排水应与路基、桥梁和隧道的排水统筹考虑。
- 4.7.4 轨道应与线路、站场、结构和桥梁等专业系统设计，以满足道岔及钢轨伸缩调节器等轨道设备的安装。
- 4.7.5 轨道设计应考虑信号室外设备安装及综合接地的要求。
- 4.7.6 信号系统采用轨道电路时，轨道设计应满足轨道电路相关技术要求。
- 4.7.7 需要横穿装配式无砟轨道结构的过轨管线宜在土建工程中实施，特殊条件下确需从轨道板间穿过的管线直径不大于 80 mm。
- 4.7.8 人防门和防淹门处的轨道结构应进行系统设计。
- 4.7.9 在高架地段和路基地段根据需要设置防脱设施。
- 4.7.10 减振地段的设计应满足环评接口要求。

5 弹性缓冲垫层

5.1 技术要求

- 5.1.1 弹性缓冲垫层原材料宜采用三元乙丙橡胶，不得使用再生胶。
- 5.1.2 外观质量要求符合以下规定：
- a) 弹性缓冲垫层表面应洁净平整、修边整齐，不应出现缺角、开裂、剥落及剥离现象，弹性缓冲垫层颜色应均匀；
 - b) 弹性缓冲垫层两工作面因杂质、气泡、水纹和闷气造成的缺陷总面积不应大于表面面积的 1%，深度不应大于 0.5mm，每块不得超过 4 处；
 - c) 毛边不应大于 1mm。
- 5.1.3 尺寸公差满足以下要求：
- d) 弹性缓冲垫层基本尺寸、与轨道板的配合公差应满足设计图纸的要求；
 - e) 当设计图纸没有要求时，应符合表 3 的规定。

表 3 尺寸允许偏差表 单位：mm

项目	长度	宽度	厚度	直径（与轨道板配合）
允许偏差	0~+2.0	0~+2.0	0~+0.5	±2.0

- 5.1.4 材料物理力学性能，应符合表 4 的规定。

表 4 材料物理性能表

序号	项目		单位	技术要求
1	邵尔A型硬度		度	80±5
2	拉伸强度		MPa	≥12
3	拉断伸长率		%	≥250
4	200%定伸应力		MPa	≥8.5
5	压缩永久变形（100±1℃、24h、25%、B型）		%	≤30
6	耐碱性（饱和Ca（OH） ₂ 、23±2℃、24h）体积变化率		%	≤5
7	阿克隆磨耗		cm ³ /1.61km	≤0.6
8	脆性温度		℃	≤ -35
9	热空气老化（100±1℃、168h）	拉伸强度	MPa	≥10
		拉断伸长率	%	≥200
		硬度变化	度	≤8
		静刚度变化率	%	≤10

10	耐臭氧老化		—	无龟裂
11	耐水性能	拉伸轻度	MPa	10
		拉断伸长率	%	≥ 200
12	静刚度		kN/mm	20-40
13	疲劳性能（300万次疲劳试验后）	静刚度变化率	%	≤ 20%
		厚度变化率	%	≤ 10%
		外观	无异常黏着、碎裂现象	

5.2 检验要求

5.2.1 弹性缓冲垫层的试验方式和检验方式满足《城市轨道交通无砟轨道技术条件》（GB 38695-2020）的规定。

6 隔离层

6.1 一般规定

本节规定了城际铁路装配式无砟轨道隔离层用土工布、橡胶隔离层和聚氨酯复合隔离层的原材料、技术要求、检验方法、检验规则、标识、包装、贮存和运输。

6.2 土工布隔离层技术要求和检验方法

6.2.1 土工布材质应采用聚丙烯非织造土工布，其原材料性能应满足《聚丙烯（PP）树脂》（GB/T 12670-2008）要求，不得添加回收料，不得添加除消光剂、抗紫外线稳定剂之外的添加剂。

6.2.2 外观质量满足以下规定：

- a) 外观疵点分为轻缺陷和重缺陷，应符合表 5 的规定；
- b) 在一卷土工布上不允许存在重缺陷，轻缺陷每 200 m²不应超过 5 个。

表 5 外观疵点评定标准

序号	疵点名称	轻缺陷	重缺陷	备注
1	布面不匀、折痕	轻微	严重	
2	杂物、僵丝	软质，粗≤3 mm	硬质，软质，粗>3 mm	
3	边不良	≤3000 mm 时，每500 mm计一处	>3000 mm	
4	破损	≤5 mm	>5 mm；破洞	以疵点最大长度计
5	其他	参照相似疵点评定		

6.2.3 土工布单位面积质量为 700 g/m²，并具有拒水性，其规格尺寸及物理力学性能满足表 6。

表 6 土工布物理力学要求

序号	指标	单位	性能参数及偏差
1	单位面积质量偏差率	%	-5
2	厚度	mm	4
3	厚度偏差率	%	±10
4	幅度偏差率	%	-0.5
5	断裂强度	kN/m	纵向≥48横向≥48

6	断裂伸长率	%	纵横向70±20
7	顶破强力	N	≥8500
8	梯形法撕破强力	N	纵横向≥900
9	抗酸碱性	%	强力保持率≥90断裂伸长保持率≥90
10	抗磨损性能	%	强力损失率≤25

- 6.2.4 试验方法满足以下要求：
- a) 取样和试样制备按照 GB/T 13760 的规定执行；
 - b) 样品状态调节和试验的标准环境按照 GB/T 6529 规定的标准大气环境执行，温度：（20.0 ±2.0 ）℃，相对湿度（65.0±4.0）%；
 - c) 外观质量试验土工布两面均检，结果以严重一面为准。外观质量检验应在水平检验台或检验机上进行，生产部门可在生产线上检验。检验光线以正常北光为准，如以日光灯照明时，照度不低于 400 lx，检验速度不超过 20 m/min；
 - d) 单位面积质量按照 GB/T 13762 的规定执行；
 - e) 厚度按照 GB/T 13761.1 的规定执行，测试压强为（2±0.01）Kpa；
 - f) 长度和幅宽按照 GB/T 4666 的规定执行；
 - g) 断裂强力和断裂伸长率按照 GB/T 15788 的规定执行；
 - h) 顶破强力按照 GB/T 14800 的规定执行；
 - i) 梯形法撕破强力按照 GB/T 13763 的规定执行；
 - j) 抗酸、碱性按照 GB/T 17632 的规定执行；
 - k) 抗磨损性能按照 GB/T 17636 的规定执行。
- 6.2.5 检验规则按以下要求执行：
- a) 土工布生产厂质检部门应对材料质量负责检验，未经检验不得出厂；
 - b) 土工布检验分型式检验和出厂检验；
 - c) 有下列情况之一者，应进行型式检验：
 - 1) 首次供货前；
 - 2) 产品的原料、配方和生产工艺等有较大改变时；
 - 3) 正常生产一年时；
 - 4) 产品停产后再次恢复生产时；
 - 5) 用户提出要求时，型式检验应由具有相应资质的检验单位在厂家进行抽检，检验项目包括 7.2.2 和 7.2.3 中全部内容。
 - d) 出厂检验应按照以下要求进行：
 - 1) 每批产品出厂前，应进行检验，检验合格方能出厂，检验项目包括外观质量和表 7.2.3 的 1-7 项；
 - 2) 土工布应按批检验，同一配方、同一规格、同一工艺条件下连续生产的产品每 25 000 m² 为一检验批，不足 25 000 m² 按一批计，也可按照双方约定频次进行检验；
 - 3) 每批次随机抽样卷数的 2%~3%（不应少于 3 卷）制样。
- 6.2.6 判定规则按以下要求执行：
- f) a) 土工布质量以批为单位评定；
 - g) b) 检验结果符合本规程 7.2 的要求，则判定该批产品合格。如有不合格者，应从该批产品中加倍抽样，对全部项目进行复验，如果复验结果符合要求，则判定该批产品合格；如果复验结果仍不符合要求，则判定该批产品不合格。

6.3 橡胶隔离层技术要求和检验方法

- 6.3.1 橡胶隔离层原材料应采用天然橡胶或合成橡胶，不得使用再生胶。
- 6.3.2 制造工艺可采用一体硫化成型或平面硫化后拼接的方式，其中拼接缝的连接强度应不小于本体强度。

- 6.3.3 外观质量满足以下要求：
- h) a) 隔离层表面应光滑平整、修边整齐，不允许存在缺角，不应出现任何分裂、剥落或者剥离现象，橡胶隔离层颜色均匀；
 - i) b) 两工作面因杂质、气泡、水纹和闷气造成的缺胶面积不应大于 5 mm²，深度不应大于 0.5 mm，每块不得超过 4 处；
 - j) c) 毛边不应大于 1 mm。
- 6.3.4 尺寸公差满足以下要求：
- k) a) 橡胶隔离层长度和宽度应满足设计图纸的要求；
 - l) b) 橡胶隔离层尺寸允许偏差，应符合表 7 的规定。

表 7 橡胶隔离层尺寸允许偏差表 单位：mm

项目	长度	宽度	厚度
隔离层	±10.0	±5.0	±0.5

6.3.5 物理力学性能

表 8 橡胶隔离层物理力学性能表

序号	项目		单位	技术要求
1	邵尔A型硬度		度	80±5
2	拉伸强度		MPa	≥12
3	拉断伸长率		%	≥250
4	压缩永久变形（70℃、24 h、25%、B型）		%	≤25
5	耐碱性（饱和Ca（OH） ₂ 、23℃、24h）体积变化率		%	≤5
6	阿克隆磨耗		cm ³ /1.61km	≤0.6
7	热空气老化 （100℃、3 d）	拉伸强度	MPa	≥10
		拉断伸长率	%	≥200
		硬度变化	度	≤8
8	耐臭氧老化性能		—	无龟裂

- 6.3.6 试验方法
- 6.3.6.1 试样制备和调节
- 试样制备和调节按照GB/T 2941的规定进行。
- 6.3.6.2 原材料
- 原材料试验按照相关规定进行。
- 6.3.6.3 外观尺寸
- 外观尺寸测量应按GB/T 2941中规定的一种标准实验室温度下，采用通用量具进行测量。
- 6.3.6.4 外观质量
- 采用肉眼和通用量具进行检查。
- 6.3.6.5 硬度
- 按照GB/T 531.1的规定执行，采用邵尔A型硬度计测量。

- 6.3.6.6 拉伸强度、拉断伸长率
按照GB/T 528的规定执行，采用1型试样。
- 6.3.6.7 恒定压缩永久变形
按照GB/T 7759的规定执行，试样直径为 (29 ± 0.5) mm，厚度为成品厚度。
- 6.3.6.8 耐碱性体积变化率
按照GB/T 1690的规定执行，测试条件：饱和Ca(OH)₂、 (23 ± 2) °C、24 h。
- 6.3.6.9 阿克隆磨耗
按照GB/T 1689的规定执行。
- 6.3.6.10 热空气老化
按照GB/T 3512的规定执行，温度 (100 ± 1) °C，时间72 h。
- 6.3.6.11 臭氧老化
按照GB/T 7762的规定进行，测试条件：臭氧浓度 $(50\pm5)\times10^{-8}$ ，伸长率 $(20\pm2)\%$ ，试验温度 (40 ± 2) °C，暴露时间96 h。
- 6.3.7 检验规则
- 6.3.7.1 组批与抽样
隔离层应按批检验，同一配方、同一规格、同一工艺条件下连续生产的隔离层每25 000 m²为一批，不足25 000 m²按一批次，也可按照双方约定频次进行检验。隔离层的抽检数量为每批5 m²。
- 6.3.7.2 型式试验
型式检验应由具有相应资质的检验单位在厂家进行抽检，检验项目包括原材料、外形尺寸、外观质量和物理力学性能的全部项目。有下列情况之一时，应进行型式检验：
a) 首次供货前；
b) 产品的原材、配方和生产工艺等有较大改变时；
c) 正常生产一年时；
d) 产品停产后再次恢复生产时；
e) 用户提出要求时。
- 6.3.7.3 出厂检验
检验项目：规格尺寸、表面质量、硬度、拉伸强度、拉断伸长率、耐油性能以及合同中规定的其他物化性能。
- 6.3.7.4 判定规则
规格尺寸每卷有一项不符合要求或表面质量每卷有两处不符合要求，则该卷为不合格品；不合格品如超过两卷，则应逐卷进行检查，剔除不合格品。

6.4 聚氨酯复合隔离层技术要求和检验方法

- 6.4.1 聚氨酯复合隔离层采用弹性材料和土工织物工厂内一次复合成型，弹性材料采用聚氨酯，土工织物采用长丝聚丙烯土工布。
- 6.4.2 聚氨酯复合隔离层总厚度为 (8 ± 1) mm，其余型式尺寸应满足设计图的要求。
- 6.4.3 弹性材料的表面应光滑平整、修边整齐、并符合表 9 的要求。

表 9 弹性材料表面质量

缺陷名称	要 求
缺 胶	工作面上，因杂质、气泡、水纹、闷气、海绵造成的缺损面积总和小于300 mm ² ，深度不大于1 mm。
毛 边	不大于3 mm。

- 6.4.4 弹性材料技术指标符合表 10 的要求。

表 10 聚氨酯弹性材料技术指标

序号	项 目		单位	指 标	试验方法
1	拉伸强度		MPa	0.8	GB/T 10654
2	断裂伸长率		%	≥150	
3	热空气老化后 (70℃×72h)	拉伸强度	MPa	0.6	GB/T 10654
4		断裂伸长率	%	≥150	
5	压缩永久变形 (70℃×22 h, 压缩30%)		%	≤10	GB/T 10653
6	耐水性 (拉伸强度/断裂伸长率以及浸入水中后体 积变化)		%	≤10	GB/T 1690 GB/T 10654
7	耐油体积变化率 (46#机油, 常温, 24 h)		%	≤10	GB/T 1690 GB/T 10654
8	拉伸强度变化 率/ 断裂伸长率变 化率 (化学性能)	常温水环境中	%	<10 (42天)	GB/T 1690、 GB/T 7762、 GB/T 11547
		在5%乙酸、5%硫酸类环境中	%	<10 (室温7日)	
		在油脂类环境中	%	<10 (室温42天)	
		在甘油、乙烷溶剂环境中	%	<10 (室温42天)	
		在柴油、汽油溶剂环境中	%	<20 (室温42天)	
		抗臭氧	%	<10 (室温42天)	
		紫外线和恶劣天气	%	<10 (室温42天)	
		各类表面活性剂	%	<10 (室温42天)	
		3%的过氧化氢溶液/双氧水	%	<10 (室温42天)	
		C40混凝土浆	%	<10 (室温42天)	

- 6.4.5 聚氨酯复合隔离层覆盖织物标称断裂强度为 15 kN/m，其余指标满足 GB/T 17639 中的技术要求。
- 6.4.6 聚氨酯复合隔离层的疲劳性能应满足如下要求：经 1.8 kN~9 kN 在 1000 万次疲劳载荷（加载频率 4Hz~6Hz）后不得破损、开裂等，厚度尺寸变化率不大于 3%、静刚度的变化率不大于 10%。
- 6.4.7 工作电阻不小于 10⁸Ω。
- 6.4.8 检验方法
- 6.4.8.1 外观采用目测、相应精度的量具测量。
- 6.4.8.2 物理性能试验方法见表 10。
- 6.4.8.3 工作电阻按 TB/T 1495 中 7.5.10 条规定检验。
- 6.4.8.4 静刚度和疲劳性能按照 7.6 和 7.7 中的试验方法检验。
- 6.4.9 检验规则
- 6.4.9.1 型式试验
- 型式检验应由具有相应资质的检验单位在厂家进行抽检，检验项目包括原材料、外形尺寸、外观质量和物理力学性能的全部项目。有下列情况之一时，应进行型式检验：
- a) 首次供货前；
- b) 产品的原材、配方和生产工艺等有较大改变时；
- c) 正常生产一年时；
- d) 产品停产后再次恢复生产时；
- e) 用户提出要求时。
- 6.4.9.2 出厂检验
- 绝缘隔离层出厂检验分全检和抽检，产品外观采用全检。抽检方法采用 GB/T2828.1，检查的批量不大于 10 000 m²，以不合格数表示批的质量，其检查水平及合格质量水平见表 11。

表 11 绝缘隔离层出厂检验规格

序号	项 目	要 求	检查水平	合格质量水平	抽样方案类型
----	-----	-----	------	--------	--------

1	标记、厂标	见表5.3.3.2.4	I	4.0	二次
2	耐水性（原材料）	见表C.5.2.4	抽300*300样件 各三块		一次
3	压缩永久变形	见表C.5.2.4			
4	静刚度	设计值			
5	工作电阻	见表C.5.2.7			

绝缘隔离层产品应按此部分进行检验，检验合格后应由质量部门出具合格证明。

6.5 标记、包装、运输与贮存

6.5.1 土工布隔离层

6.5.1.1 土工布每卷产品应附产品合格证，并标明产品名称、规格型号、面积或净质量、产品标准号、生产日期、批号、卷号、检验员章、制造厂名及厂址等内容。

6.5.1.2 土工布可采用不透光薄膜、编织袋等进行包装，特殊情况可按供需双方协商进行。

6.5.1.3 土工布在贮存、装卸和运输过程中，应避免日晒、雨淋、沾污、重压、损伤、抛摔及机械碰砸等，保持包装完整；远离热源和化学污染；贮存期从生产之日起不超过一年，超过一年，经检验合格后方可使用。

6.5.2 橡胶隔离层

6.5.2.1 橡胶隔离层应印有明显的标志，内容应包括产品名称、规格型号、制造厂名或商标等，并附产品合格证，内容应包括产品名称、规格、生产日期、检验员代号等。

6.5.2.2 橡胶隔离层应按卷进行包装，并在包装物上注明型号、制造年份、厂名和数量。

6.5.2.3 橡胶隔离层在运输和贮存时，应保持清洁，不得与酸、碱、油类及有机溶剂等接触，并避免阳光直射；贮存期从生产之日起不超过一年，超过一年，经检验合格后方可使用。

6.5.3 聚氨酯复合隔离层

6.5.3.1 聚氨酯复合隔离层应印有明显的标志，内容应包括产品名称、规格型号、制造厂名或商标等，并附产品合格证，内容应包括产品名称、规格、生产日期、检验员代号等。

6.5.3.2 隔离层采用塑料布卷包，适当时采用托盘集中包装，包装应牢固，每包产品应规格相同，质量不超过 100kg，并附有产品合格证。

6.5.3.3 产品不应露天存放、不应与酸、有机溶剂等化学品同库，距离热源 1 米以外，库房温度不应超过 60℃。

6.5.3.4 产品运输时不允许剧烈撞击、抛摔和发生散包。

6.6 聚氨酯复合隔离层静刚度（基础模量）试验方法

6.6.1 符号和定义

F1 ——向被测垫板施加的最小荷载；1.8 kN

F2 ——向被测垫板施加的最大荷载；9 kN

D1 ——被测垫板的最小位移，mm；

D2 ——被测垫板的最大位移，mm；

K_{st} ——静基础模量，N/mm³。

6.6.2 原理

通过试验机向垫板施加垂向荷载，测定垫板表面在载荷下产生的最大和最小位移。

6.6.3 试样

300 mm×300 mm×H mm规格的微弹性垫，H为产品的制造厚度。

6.6.4 设备

6.6.4.1 试验机

能施加80 kN荷载的试验机，其精度为0.01 kN，示值运行偏差不大于1%。

6.6.4.2 负载钢板

长度、宽度不小于350 mm，厚度不小于15 mm的平钢板。当试验机工作台的长度或宽度小于支承钢板的长度或宽度时，支承钢板的厚度不小于40 mm。

6.6.4.3 砂布

粒度为P120砂布。

6.6.4.4 位移测试仪

能测定被测垫板表面垂向位移、测量精度±0.01 mm的仪器。

6.6.4.5 荷载测量仪

能测定所施加的荷载、测量精度±0.01 kN的仪器。

6.6.5 试验步骤

6.6.5.1 试验环境温度为(23±2)℃。

6.6.5.2 开始试验前，试验用所有部件和设备在(23±2)℃的环境中至少静置24 h。

6.6.5.3 把试验装置安放在试验机上，安放顺序为：支承钢板、砂布、被测垫板减振垫、砂布、加载钢板（确保加载钢板放置在被测垫板起作用的区域上）。

6.6.5.4 布置两位移测试仪或利用试验机自身的位移测试仪测定垫板受压后的垂向位移。

6.6.5.5 预加静载9 kN，卸载，停留10 s，再一次加载至0.02 kN，而后正式进行试验，将位移调整至零。

6.6.5.6 正式试验开始时，将两位移测试仪调零，以1 mm/min的速度匀速加载至9 kN，不停留，以1 mm/min的速度从9 kN减载到1.8 kN。如此反复试验3次，将第三次在9 kN和1.8 kN测得的压缩量记录为D1、D2。用下述公式计算动刚度：

$$K_{sta} = \frac{F_2 - F_1}{D_2 - D_1} / (300 * 300) \quad (6)$$

6.6.6 试验报告

试验报告至少应包括以下内容：

- a) 被测垫板的名称、型号和描述；
- b) 试件来源；
- c) 试验室名称和地址；
- d) 试验方法；
- e) 试验完成日期；
- f) 试验结果；
- g) 试验人员和技术负责人。

6.7 聚氨酯复合隔离层疲劳试验方法

6.7.1 符号和定义

H0 —— 被测垫板疲劳前的厚度，mm；

H1 —— 被测垫板疲劳后的厚度，mm；

Δ —— 疲劳永久变形，%；

KS0 —— 被测垫板疲劳前的静刚度，kN/mm；

KS1 —— 被测垫板疲劳后的静刚度，kN/mm；

ε —— 垫板静刚度（静基础模量）的变化率，%。

6.7.2 原理

通过试验机以恒定频率向减振垫施加周期垂向荷载，经过1000万次连续施加周期荷载，测定垫板产生的永久变形和静刚度（静基础模量）的变化。

6.7.3 试样

300 mm*300 mm*H mm规格的微弹性垫，H为产品的制造厚度。

6.7.4 设备

6.7.4.1 试验机

能在 (4 ± 1) Hz频率下产生达80kN荷载的试验机，精度 ± 0.01 kN。

6.7.4.2 负载钢板

长度、宽度 ≤ 350 ，厚度不小于15 mm的平钢板。当试验机工作台的长度或宽度小于支承钢板的长度或宽度时，支承钢板的厚度不小于40 mm。

6.7.4.3 砂布

粒度为120的砂布。

6.7.4.4 百分表

精度为0.01 mm的百分表。

6.7.5 试验步骤

6.7.5.1 试验环境温度为 (23 ± 2) °C。

6.7.5.2 开始试验前，用百分表测量垫板的原始厚度，每块垫板至少测6个点（在钢轨作用区垫板中间2个点，四周4个点），并做好标记，取平均值作为疲劳前垫板的原始厚度 H_0 ，按照相关方法进行静刚度测试，测得的静刚度记为疲劳前静刚度 KS_0 。

6.7.5.3 把试验装置安放在试验机上，安放顺序为：支承钢板、砂布、被测垫板、砂布、加载钢板（确保加载钢板放置在被测垫板起作用的区域上）。

6.7.5.4 施加周期荷载0.9 kN~2.25 kN，加载频率 (4 ± 1) Hz，荷载循环1000万次。

6.7.5.5 1000万次荷载循环后，将垫板在自由状态下停放2天，按疲劳前相同的测量位置测量垫板的厚度，取平均值作为疲劳后垫板的厚度 H_1 ，疲劳永久变形 Δ 按下列公式计算：

$$\Delta = (H_0 - H_1) / H_0 \times 100\% \quad (7)$$

6.7.5.6 进行静刚度测试，测得的静刚度记为疲劳后刚度 KS_1 。疲劳后垫板的刚度变化率 ε 按下列公式计算：

$$\varepsilon = (KS_1 - KS_0) / KS_0 \times 100\% \quad (8)$$

6.7.6 试验报告

试验报告至少应包括以下内容：

- a) 被测垫板的名称、型号和描述；
- b) 试件来源；
- c) 试验室名称和地址；
- d) 试验方法；
- e) 验完成日期；
- f) 试验结果；

7 板下填充层

7.1.1 一般规定

- a) 自密实混凝土的性能包括自密实混凝土的拌和物性能与自密实混凝土的硬化体性能。
- b) 自密实混凝土拌和物性能包括自密实混凝土的流动性、填充性、间隙通过性和抗离析性等，其中流动性和填充性以坍落扩展度和扩展时间 T500 表示，填充性和间隙通过性以 L 型仪充填比表示，间隙通过性和抗离析性以 J 环障碍高差表示。
- c) 自密实混凝土硬化体性能包括自密实混凝土的力学性能、耐久性能以及收缩性能。

7.1.2 原材料

7.1.2.1 水泥

- 1) 水泥宜选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，矿物掺和料宜为矿渣或粉煤灰。
- 1) 水泥的技术要求除应符合 TB/T 3275 的规定外，还应符合表 12 的规定。

表 12 水泥的技术要求

序号	项目	技术要求
1	比表面积, m ² /kg	≤350
2	游离氧化钙含量, %	≤1.0
3	碱含量, %	≤0.8
4	熟料中的铝酸三钙含量, %	≤8
5	Cl ⁻ 含量, %	≤0.06
6	SO ₃ 含量, %	≤3.5

注：当骨料具有碱-硅酸反应活性时，水泥的碱含量不应超过0.6%。

7.1.2.2 矿物掺和料

- a) 矿物掺和料应选用品质稳定的产品。矿物掺和料可选用粉煤灰、矿渣粉、石灰石粉、微硅粉等。
- b) 粉煤灰的技术要求应符合表 13 的规定。

表 13 粉煤灰的技术要求

序号	名称	技术要求	
		I级	II级
1	细度, %	≤12	≤20
2	Cr含量, %	≤0.02	
3	需水量比, %	≤100	≤105
4	烧失量, %	≤5	≤8
5	含水率, %	≤1	
6	SO ₃ 含量, %	≤3	
7	游离CaO含量, %	≤1.0	
8	28d活性指数	≥75	

- c) 矿渣粉的技术要求应符合表 14 的规定。

表 14 矿渣粉的技术要求

序号	名称	技术要求
1	密度, g/cm ³	≥2.8
2	MgO含量, %	≤14
3	SO ₃ 含量, %	≤4.0
4	烧失量, %	≤3.0
5	氯离子含量, %	≤0.02
6	比表面积, m ² /kg	350~500
7	需水量比, %	≤100

8	含水率，%	≤1.0
9	28d活性指数，%	≥95

d) 其他矿物掺和料

为改善自密实混凝土工作性能所添加的其他矿物掺和料，如石灰石粉、微硅粉、偏高岭土等，其性能应经过试验验证。

7.1.2.3 细骨料

- a) 细骨料宜优先选用级配合理、质地均匀坚固、吸水率低、空隙率小的洁净天然中粗河沙，也可选用专门机组生产的人工砂或满足规范要求的淡化处理海沙，不宜使用山砂。
- b) 细骨料的颗粒级配（累计筛余百分数）应符合现 JGJ 52 的规定，宜采用级配 II 区的中砂，其他性能指标应符合表 15 的规定。

表 15 细骨料的技术要求

序号	项目	技术要求
1	含泥量（天然砂），%	≤2.0
2	泥块含量，%	≤0.5
3	坚固性，%	≤8
4	吸水率，%	≤2
5	云母含量，%	≤0.5
6	轻物质含量，%	≤0.5
7	氯离子含量，%	<0.02
8	硫化物及硫酸盐含量，%	≤0.5
9	有机物含量	浅于标准色

- c) 细骨料的碱活性采用砂浆棒法进行检验，且细骨料的砂浆棒膨胀率应小于 0.10%，否则应采取抑制碱-骨料反应的技术措施。
- d) 当采用以专门机组生产的人工或混合砂配制混凝土时，人工砂及混合砂的压碎指标值应小于 25%；经亚甲蓝试验判定后，人工砂及混合砂的石粉含量应符合表 16 的规定。

表 16 人工砂及混合砂中石粉含量限值

项目		质量指标
石粉含量（%）	MB<1.4	≤7
	MB≥1.4	≤3

- 1) 当采用淡化处理海沙配制混凝土时，淡化海沙的氯离子含量应<0.06%。

7.1.2.4 粗骨料

- a) 粗骨料应选用级配合理、粒形良好、质地均匀坚固、线胀系数小的洁净碎石或卵石，也可采用碎卵石，不宜采用砂岩碎石。
- b) 粗骨料宜采用连续级配，颗粒级配应符合 JGJ 52 的规定，最大公称粒径不应大于 20mm。
- c) 当粗骨料为碎石时，碎石的强度用岩石抗压强度表示，且岩石抗压强度与混凝土强度等级之比不应小于 1.5。施工过程中碎石的强度可用压碎指标值进行控制，且应符合相关的规定。若粗骨料为碎卵石，碎卵石的强度用压碎指标值表示，且应符合表 17 的规定。

表 17 粗骨料的技术要求

序号	检验项目	技术要求
1	针片状颗粒总含量，%	≤10
2	含泥量，%	≤1
3	泥块含量，%	≤0.25
4	压碎指标，%	≤12
5	吸水率，%	<1
6	紧密空隙率，%	<40
7	坚固性，%	≤8
8	硫化物及硫酸盐含量，%	≤0.5
9	Cl ⁻ 含量，%	≤0.02

10	有机物含量（卵石）	浅于标准色
----	-----------	-------

- d) 粗骨料的碱活性应首先采用岩相法。若粗骨料含有碱-硅酸盐反应活性矿物，其砂浆棒膨胀率应小于 0.10%，否则应采取抑制碱-骨料反应的技术措施。不得使用具有碱-碳酸盐反应活性的骨料。

7.1.2.5 外加剂

- a) 外加剂与胶凝材料之间应有良好的相容性，且能明显改善混凝土的性能。外加剂必须经产品质量监督检验中心检验合格。外加剂的匀质性符合 GB 8076 和 GB 50119 的规定。
- b) 减水剂应采用减水率高、坍落度损失小、适量引气、能明显提高混凝土耐久性且质量稳定的产品。外加剂性能要求应符合表 18 的规定。

表 18 减水剂的性能

序号	项目	指标	备注
1	减水率，%	≥25	
2	含气量，%	≥3.0	用于配制非抗冻混凝土时
		≥4.5	用于配制抗冻混凝土时
3	常压泌水率比，%	≤20	
4	压力泌水率比，%	≤90	用于泵送混凝土时
5	抗压强度比，%	3 d	≥125
		7 d	≥120
		28 d	≥140
6	坍落度保留值，mm	30 min	≥180
		60 min	≥150
7	水泥净浆流动度，mm%	≥240	
8	硫酸钠含量（按折固含量计），%	≤10.0	
9	Cr 含量（按折固含量计），%	≤0.2	
10	碱含量（按折固含量计），%	≤10	
11	收缩率比，%	≤135	
12	对钢筋锈蚀作用	无锈蚀	
13	相对耐久性指标，%，200次	≥80	

- c) 根据需要可选用膨胀剂、引气剂等外加剂。膨胀剂性能应符合 GB 23439 的规定，引气剂性能应符合 GB 8076 的规定。
- d) 为改善自密实混凝土工作性能所添加的其他外加剂，如增稠剂、减缩剂等，其性能需要经过试验验证。

7.1.2.6 粘度改性材料

为保证自密实混凝土的稳定性与抗离析性，减小原材料含水率波动等对混凝土性能的影响，自密实混凝土加入粘度改性材料，其性能应符合表19的规定。

表 19 粘度改性材料的性能

序 号	项 目	技 术 要 求
1	Cl-含量（按折固含量计）	≤ 0.6%
2	碱含量（按折固含量计）	≤ 1.0%
3	粘度比	≥ 150%
4	用水量敏感度	≥ 12kg/m3
5	扩展度之差	≤ 50mm
6	常压泌水率比	≤ 50%
7	凝结时间差	初凝
		终凝
8	抗压强度比	3 d
9		28 d
10	28 d收缩率比	≤ 100%

7.1.2.7 拌合用水

- a) 拌制自密实混凝土可采用饮用水。当采用其他水源时，水质应符合 JGJ 63 的规定。

- b) 用拌合用水和蒸馏水（或符合国家标准的生活用水）进行水泥净浆试验所得的水泥初凝时间差及终凝时间差均不得大于 30 min，其初凝和终凝时间尚应符合水泥国家标准的规定。
- c) 用拌合用水配制的水泥砂浆或混凝土的 28d 抗压强度不得低于用蒸馏水（或符合国家标准的生活用水）拌制的对应砂浆或混凝土的抗压强度的 90%。
- d) 当混凝土处于氯盐环境时，拌合水氯离子含量应不大于 200 mg/L。对于使用钢丝或经热处理钢筋的预应力混凝土，拌合水氯离子含量不得超过 350 mg/L。
- e) 养护用水除不溶物、可溶物可不作要求外，其他性能要求与拌合用水相同。养护用水不得采用海水。

7.1.2.8 纤维

自密实混凝土中可加入合成纤维、混杂纤维等，体积参量不超过0.5%，所掺加纤维性能应符合CECS38中的规定。

7.1.3 自密实混凝土拌合物

7.1.3.1 自密实混凝土拌合物性能

自密实混凝土拌合物性能包括流动性、填充性、间隙通过性和抗离析性等，其性能指标应参考表20要求并结合实际工程情况进行试验配置。

表 20 自密实混凝土拌合物性能

项目		计量单位	建议值
拌合物性能	坍落扩展度	mm	630~680，2小时后损失值小于20且还需大于630
	扩展时间T500	s	3~6
	J环障碍高差	mm	<15
	L型仪充填比	/	≥0.9
	泌水率	%	0
	含气量	%	4~8
	竖向膨胀率	%	0~1.0

7.1.3.2 自密实混凝土硬化体性能

自密实混凝土硬化体性能符合表21的规定。

表 21 自密实混凝土硬化体性能要求

项目		计量单位	建议值
硬化混凝土性能	7d抗压强度	MPa	≥30
	56d 抗压强度	MPa	≥40
	56d 抗折强度	MPa	≥6.0
	56d 弹性模量	GPa	30~38
	56 d电通量	C	≤1 000
			≤ 800（滨海地区）
	56d抗盐冻性能（28次冻融循环剥落量）	g/m ²	≤1 000
	56d干燥收缩值	/	≤ 400×10 ⁻⁶

7.1.3.3 自密实混凝土灌注质量

自密实混凝土灌注质量应符合表22的规定。

表 22 自密实混凝土灌注质量要求表

项目	技术要求
厚度	符合设计要求
充盈度	自密实混凝土与轨道板底面和基底表面接触良好，充盈饱满
表面状态	表面无松软发泡层
	表面密实、平整，无露石、露筋及蜂窝等现象
	表面无面积大于50 cm2以上的气泡，面积6 cm2及以上气泡的面积之和不宜超过板面积的2%
	表面无可见裂纹

	表面无明显水纹
	表面无泌水现象
断面状态	打开断面上骨料分布均匀，无骨料堆积、浆骨分离、上下贯通气孔、蜂窝等现象
侧面状态	侧面不应有空洞、麻面
	侧面应平整，突出或凹进轨道板边缘的混凝土厚度不应超过10 mm

7.1.4 配制

7.1.4.1 一般规定

- 自密实混凝土应根据轨道板的结构特点、施工条件以及环境条件等进行设计。自密实混凝土配合比应在综合其工作性能、力学性能、收缩性能、耐久性能以及其他必要性能要求的基础上进行选定。
- 选定自密实混凝土配合比时，应根据实际工况和环境条件要求，通过试验确定合理的拌和物性能实际控制指标和坍落扩展度经时损失值。
- 自密实混凝土配合比选定后，应开展现场工艺性灌板试验，并根据灌板试验结果调整并最终确定施工配合比。
- 当自密实混凝土原材料、施工环境温度等发生较大变化时，应及时重新设计和调整其配合比。

7.1.4.2 配合比要求

7.1.4.2.1 自密实混凝土的配合比宜采用绝对体积法进行设计或计算。

7.1.4.2.2 自密实混凝土的配合比参数应符合以下规定：

- 胶凝材料用量不宜大于 550 kg/m³；
- 用水量不宜大于 180 kg/m³；
- 单位体积浆体总量不宜大于 0.40 m³。

7.1.4.2.3 自密实混凝土中宜适量掺加优质的粉煤灰、磨细矿渣粉、石灰石粉、微硅粉等矿物掺和料。不同矿物掺和料的掺量应根据自密实混凝土的性能要求通过试验确定。

7.1.4.2.4 自密实混凝土中宜掺加减水剂、引气剂、膨胀剂、粘度改性材料等外加剂，所掺外加剂对硬化自密实混凝土的性能应无负作用，具体掺量应通过试验确定。

7.1.4.2.5 当施工环境温度等发生较大变化时，及时调整混凝土施工配合比。

8 轨道板

8.1 原材料

8.1.1 轨道板原材料包含水泥、粗骨料、细骨料、矿物掺合料、减水剂、引气剂、拌合用水、预应力钢筋、非预应力钢筋、封锚砂浆和锚固板，其技术要求应符合 GB/T 38695-2020 的规定。

8.1.2 水泥、粗骨料、细骨料、矿物掺合料、减水剂、引气剂和拌合用水应符合 GB/T 38695 的规定。

8.1.3 预应力钢筋、非预应力钢筋、封锚砂浆和锚固板应符合 TB/T 3579 的规定。

8.1.4 轨道板有绝缘要求时，可采用环氧树脂涂层钢筋或绝缘热缩管进行电气绝缘，绝缘热缩管应符合 TB/T 3579 的规定。

8.1.5 骨料应有入厂复验报告单，其他原材料和预埋件应有出厂合格证明书及复验报告单。

8.1.6 混凝土拌和物坍落度不应大于 120mm，含气量应为 2.0 %~4.0 %。

8.1.7 混凝土抗压强度和弹性模量应符合设计要求。

8.1.8 混凝土电通量应小于 1000C。

8.1.9 混凝土 56d 收缩率不应大于 400×10^{-6} 。

8.1.10 氯盐环境下使用的轨道板，其混凝土 56d 氯离子扩散系数（DRCM）不应大于 5×10^{-12} m²/s。

8.1.11 混凝土碱含量不应大于 3.0 kg/m³，氯离子含量不应大于胶凝材料量的 0.06%，三氧化硫含量不应大于胶凝材料总量的 4.0 %。

8.1.12 单块轨道板钢轨阻抗的电感偏差为±3%，交流有效电阻偏差不应大于+15%。

8.1.13 轨道板静载抗裂强度检验时不应出现裂缝。

8.1.14 扣件预埋套管抗拔力不应小于 60kN，试验后其周围无可见裂纹，允许少量砂浆剥离。

8.1.15 轨道板钢筋保护层厚度应满足设计要求。

8.2 成品轨道板

8.2.1 轨道板外形尺寸应满足设计要求，偏差应符合表 23 的规定。

表 23 轨道板外形尺寸要求

序号	检查项目		允许偏差	每批检查数量（出厂检验）	检验项别
1	长度a	mm	±3.0	10块	C
2	宽度a	mm	±3.0	10块	C
3	厚度a	mm	±3.0	10块	B2
4	预埋套管	凸起高度	0 -1.0	10块	B2
5		歪斜(距顶面120mm处偏离中心线距离)	mm 2.0	10块	B2
6		板端套管距板端距离	mm ±2.0	10块	B1
7		纵向相邻套管中心距离	mm ±2.0	全检	B1
8		同一承轨台两相邻套管中心距离	mm ±0.5	全检	B1
9		中心位置距轨道板中心线距离	mm ±1.0	全检	B1
10	承轨台	预埋套管处承轨台横向位置偏差	mm ±0.5	全检	B1
11		预埋套管处承轨台垂向位置偏差	mm ±1.0	全检	B1
12		承轨台间外钳口间距离	mm ±1.0	全检	A
13		单个承轨台钳口距离	mm ±0.5	全检	A
14		承轨台外钳口距外侧套管中心距离	mm ±1.0	全检	B1
15		承轨面坡度（150mm范围内）	1:37~1:43	全检	B1
16		承轨台与钳口面夹角	° ±1.0	10块	B1
17	其他预埋件位置及垂直歪斜		mm ±3.0	10块	C
18	板顶面	轨道板四角的承轨面水平	mm ±1.0	全检	B1
19	平整度	单侧承轨面中央翘曲量	mm ≤2.0	全检	B1
20	板底面	普通型轨道板	2mm/m	10块	B2
21	平整度	减振型轨道板	2mm/m	全检	B2
a. 不包含缺陷尺寸。					

8.2.2 轨道板外观质量应符合表 24 的规定。

表 24 轨道板外观质量要求及检查

序号	检查项目	允许偏差	每批检查数量（出厂检验）	检验项别
1	可见裂纹	不允许	全检	A
2	承轨部位表面缺陷（气孔、粘皮、麻面等）	mm 长度：≤10 深度：≤2	全检	B2
3	锚穴部位表面缺陷（脱皮、起壳等）	不允许	全检	C
4	其他部位表面缺陷（气孔、粘皮、麻面）	mm 长度：≤30 深度：≤3	全检	C
5	轨道板四周棱角破损和掉角	mm 长度：≤50 深度：≤15	全检	C

8.3 轨道板存放吊运及防护

8.3.1 轨道板应垂直立放，并采取防倾倒措施。

8.3.2 相邻轨道板间应放置一定厚度的木块或其他垫层进行隔离。临时（不大于 7 d）平放时，堆放层数不应大于 4 层，层间净空不宜小于 40 mm，承垫物应上下对齐。

8.3.3 轨道板在存放和运输时，应在预埋套管、起吊套管和接地端子处安装相应的防护装置。

9 制造

9.1 一般规定

- 9.1.1 轨道部件应按批准的设计图纸制造。
- 9.1.2 轨道板和钢筋焊网应工厂化制造，工厂应具有必要的工装设备和成熟的生产工艺，实现生产过程信息化管理。
- 9.1.3 轨道板宜采用流水机组法生产。
- 9.1.4 轨道板与隔离层/减振层应在施工安装前复合在一起，复合作业应在工厂进行。
- 9.1.5 生产线布置应安全、集约和高效，生产中宜采用数字精调、工业机器人等手段提高工效，提高精度。
- 9.1.6 采用流水机组法时，流水生产线宜采用自动控制措施，并具备特殊情况下手动控制条件，轨道板模板应能根据需要及时撤离生产线。

9.2 板垫复合

- 9.2.1 隔离层/减振层通过胶粘方式或机械连接方式牢固复合在轨道板上，轨道板粗铺前应检查板-垫复合牢固性，如发生脱离、离缝等应进行修补，并按照原制造要求进行检验。
- 9.2.2 隔离层/减振层粘贴前应对轨道板和隔离层/减振层进行检查，确保粘贴面无杂质和积水，粘贴宜在通风良好处进行并设置防雨防风措施。
- 9.2.3 轨道板粘贴时应固定，粘贴完成后在胶粘物凝固前不得随意碰撞粘贴层。
- 9.2.4 复合在轨道板下方的隔离层/减振层与轨道板的接缝衔接部位应做好密封。

9.3 板下填充层钢筋焊接网生产

- 9.3.1 焊接网可采用热轧带肋钢筋或冷轧带肋钢筋生产。
- 9.3.2 采用热轧带肋钢筋时，宜采用 HRB400 钢筋，性能应符合 GB/T 1499.2 和 TB 10092 的规定。
- 9.3.3 采用冷轧带肋钢筋时，宜采用 CRB600H 钢筋，力学性能和工艺性能符合 GB/T 13788 的规定。
- 9.3.4 焊接网纵横向钢筋应机械定尺切断，长度应满足设计要求。
- 9.3.5 纵横向钢筋交叉点应采用电阻焊焊接，焊接工艺应符合 JGJ 18 的规定。
- 9.3.6 设有无砟轨道限位结构处缺口的焊接网，缺口宜在线一次制造成型，当采用二次切割成型时，切割工艺不应损伤焊接网性能。
- 9.3.7 无砟轨道横向排水坡处焊接网反弯宜在厂内成型。

10 施工

10.1 一般规定

- 10.1.1 装配式无砟轨道施工应积极采用数字化手段进行项目管理，使用信息化管理平台、视频监控等技术。
- 10.1.2 装配式无砟轨道施工应积极推行机械化作业，根据施工条件、工期要求、工程特点等因素，按照技术先进、安全适用、节能环保的原则合理配置机械设备和工装。
- 10.1.3 装配式无砟轨道施工应积极推行专业化施工，组建专业化队伍。
- 10.1.4 轨道施工单位应确认轨道铺轨条件评估已完成，线下工程工后沉降变形符合要求后方可进行轨道工程施工。
- 10.1.5 装配式无砟轨道的施工宜按照轨道控制网、基底施工、轨道板铺设、板下填充层灌注和轨道精调等工序进行，当无基底时应相应调整。

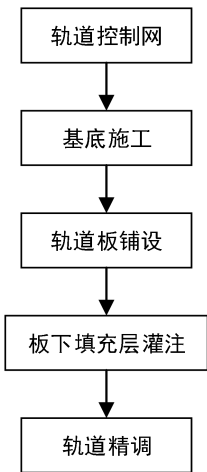


图 9 轨道板施工工艺流程

- 10.1.6 施工前，应根据线下工程复测结果进行施工布板设计。
- 10.1.7 板下填充层应进行配合比试验和揭板试验，验证配合比、施工工艺、工装设备和施工组织，应满足附录 B 要求。
- 10.1.8 全线正式施工之前，应进行无砟轨道首件工程施工和验收。
- 10.1.9 板下填充层灌注后可采用无损检测方法检验板下填充层质量，判定方法见附录 C。
- 10.1.10 装配式无砟轨道精调应符合 TB 10754 的规定。

10.2 轨道控制网

- 10.2.1 装配式无砟轨道铺轨施工应设置轨道控制网，并采用 CPIII 轨道控制网系统，采用自由测站边角交会法，且应符合 TB 10601 的规定。
- 10.2.2 全站仪自由设站观测的 CPIII 控制点不宜少于 4 对，测站宜设在线路中心附近且位于前后 2 对 CPIII 控制点之间。更换测站后，相邻测站重叠观测的 CPIII 控制点不应少于 2 对，控制网预埋点旁应设置永久点号标识。
- 10.2.3 精调后的轨道板应采用具有足够强度和刚度的支撑装置进行固定。
- 10.2.4 轨道板精调完成并进行固定后，应对轨道板位置进行复测，必要时应进行进一步调整，轨道板的定位精度满足设计要求后，及时进行板下填充层的灌注。当浇筑间隔时间过长，或环境温度变化超过 15℃，或受外部条件影响时，应重新复测或调整轨道板。
- 10.2.5 全站仪和精调定位棱镜之间的测量距离宜为 5 m ~ 40 m，采用单向后退的测量方式。
- 10.2.6 控制点测量标志和预埋件应根据线网要求进行统一。

10.3 基底施工

- 10.3.1 基底施工工艺流程如图 10 所示。

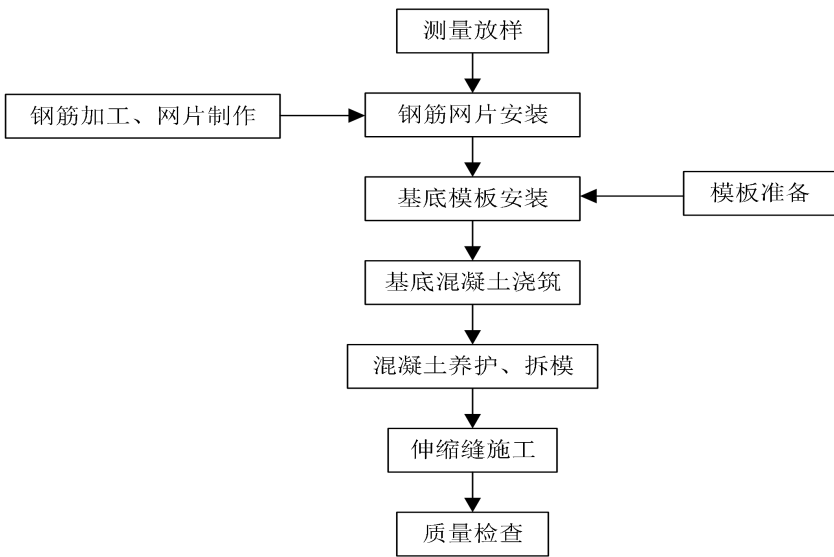


图 10 基底施工工艺流程

- 10.3.2 基底施工前应清理基础面杂物和积水，检查或安装预埋件，并对基础面按设计进行拉毛或凿毛。
- 10.3.3 钢筋和模板的技术要求应符合 TB 10424 和设计文件的相关规定。
- 10.3.4 基底混凝土浇筑完毕后应及时抹面，并严格控制高程和平整度。
- 10.3.5 伸缩缝的位置和填缝材料应符合设计文件要求。
- 10.3.6 如设置有排水沟，排水沟坡面应平顺，坡度不应小于设计要求。
- 10.3.7 基底施工后的允许偏差应符合下表所示。

表 25 基底尺寸外形允许偏差

序号	项目	允许偏差（mm）
1	顶面高程	±5
2	宽度	±10
3	厚度	±10%设计厚度
4	中线位置	3
5	平整度	10 mm / 3 m
6	伸缩缝位置	10
7	伸缩缝宽度	±5

10.3.8 当在基底设置超高时，曲线地段应考虑曲线超高的设计要求外，平面位置还需要考虑相对轨道中心线的偏移。

10.4 轨道板铺设

- 10.4.1 轨道板进场后应进行检查，合格后方可用于铺设。
- 10.4.2 轨道板的铺设宜采用机械化的施工装备。施工装备的配备应与施工工艺相配套，涵盖轨道板运输、轨道板铺设、轨道板精调及板下填充层灌注等主要施工环节。
- 10.4.3 施工装备走行系统宜采用轮胎式走行系统，提高施工效率。
- 10.4.4 施工装备应能适应线下工程、线路平纵断面的条件。
- 10.4.5 施工装备的轮廓不应超出隧道等结构物的建筑限界范围。
- 10.4.6 轨道板铺设工艺流程如图 11 所示。

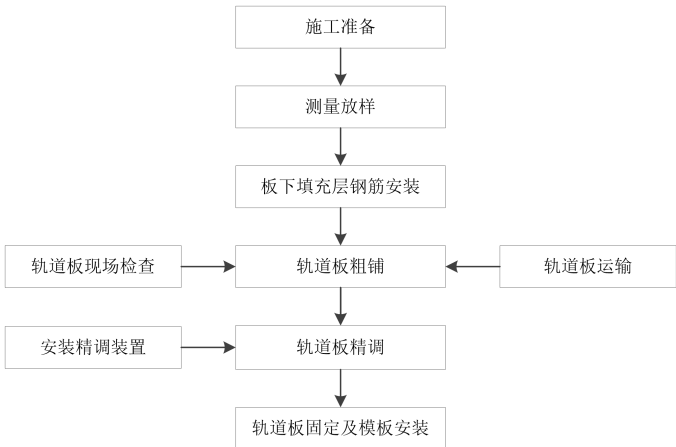


图 11 轨道板铺设工艺流程

- 10.4.7 轨道板铺设前应清理下部基础表面并精确放线。轨道板四角位置应根据计算的轨道板坐标进行放样，定出轨道板四条边线。轨道板与梁缝以及基底伸缩缝之间相互位置关系应满足设计要求。
- 10.4.8 轨道板现场存放应符合相关技术标准的规定，并防止轨道板变形和损坏。
- 10.4.9 轨道板铺设时，应注意接地端子与轨道板的位置及方向关系，保证轨道板铺设后接地端子与线路综合接地贯通地线在同一侧。
- 10.4.10 轨道板粗铺时的平面定位允许偏差纵向直线段不宜大于 10 mm、曲线段 5 mm，横向不宜大于 5 mm。
- 10.4.11 轨道板精调控制允许偏差应符合下表的规定。

表 26 轨道板精调控制允许偏差

序号	项目		允许偏差（mm）	
1	中线位置		0.5	
2	测点处承轨面高程		±0.5	
3	相邻轨道板接缝处承轨面相对横向偏差	0.5	不允许连续3块以上轨道板出现同向偏差	
4	相邻轨道板接缝处承轨面相对高差	0.5		
5	纵向位置	曲线地段	2	
		直线地段	5	

- 注：1 序号3，面向里程增加方向，相邻轨道板接缝处承轨面相对横向偏差，偏向左侧的横向偏差为正（+）、偏向右侧的横向偏差为负（-）。
- 2 序号4，面向里程增加方向，相邻轨道板接缝处承轨面相对高差，前块轨道板承轨面高程减后块轨道板承轨面高程，按计算结果标记正负高差。

10.5 板下填充层灌注

- 10.5.1 板下填充层灌注前，应对轨道板的安装质量、模板密封情况、间隙高度和扣压装置状态等进行复检，确认轨道板形位符合设计要求，扣压装置牢固可靠后，方可进行灌注施工。
- 10.5.2 轨道板的扣压装置应具备防止轨道板上浮的功能，曲线地段应设置防侧移固定装置。
- 10.5.3 板下填充层采用自密实混凝土时，灌注前应检测拌合物的温度、坍落度、扩展时间 T500、含气量和泌水率等性能指标，符合本文和设计要求后方可灌注，拌合物的入模温度应在 5℃~30℃范围内，雨天不应进行露天灌注作业，如灌注过程中出现降雨，应停止施工。
- 10.5.4 每块轨道板下的自密实混凝土应一次灌注完成，灌注应饱满，灌注时间不应小于 3 min。灌注过程中，不得踩踏轨道板，防止轨道板受力倾斜。
- 10.5.5 当所有排气孔排出的混凝土与填充混凝土本体一致时方可停止灌注，灌注结束后，3h 内不得移除防溢管。
- 10.5.6 当强度达到 10 Mpa 以上，方可拆除模板。混凝土强度未达到设计强度 75%之前，不得在轨道

板上行车和碰撞轨道板；当强度达到 100%的设计强度后，轨道板方可承受全部设计荷载。拆除时注意对边角进行保护，拆除模板后，应及时对填充混凝土进行保湿养护，保湿养护时间不少于 14d。

10.5.7 板下填充层灌注后轨道板的允许偏差应符合下表所示。

表 27 板下填充层灌注后轨道板位置允许偏差

序号	项目	允许偏差（mm）	
1	中线位置	2	
2	测点处承轨面高程	±2	
3	相邻轨道板接缝处承轨面相对横向偏差	1	不允许连续3块以上轨道板出现同向偏差
4	相邻轨道板接缝处承轨面相对高差	±1	
5	纵向位置	曲线地段	5
		直线地段	10

注：1 序号3，面向里程增加方向，相邻轨道板接缝处承轨面相对横向偏差，偏向左侧的横向偏差为正（+）、偏向右侧的横向偏差为负（-）。
2 序号4，面向里程增加方向，相邻轨道板接缝处承轨面相对高差，前块轨道板承轨面高程减后块轨道板承轨面高程，按计算结果标记正负高差。

10.6 轨道精调

10.6.1 装配式无砟轨道精调整理工艺流程见图 7.6.1。

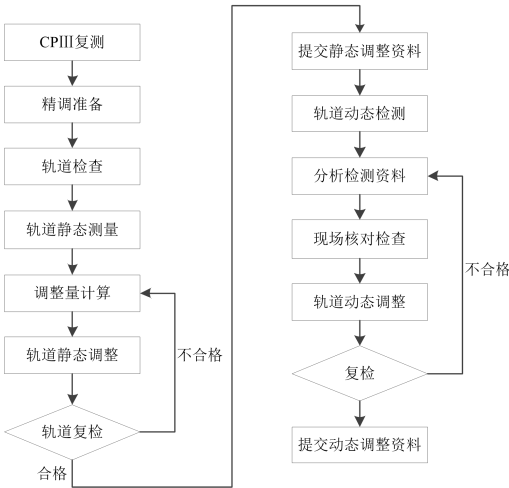


图 12 无砟轨道精调整理施工工艺流程

- 10.6.2 轨道精调应包括静态调整和动态调整两个阶段。
- 10.6.3 轨道静态调整应通过全站仪自由设站，采用轨道几何状态测量仪进行检测，确定轨道几何形位调整量。
- 10.6.4 轨道静态调整符合标准要求后，应由综合检测车进行动态质量检测，并依据检测数据进行动态调整。
- 10.6.5 轨道精调应遵循“先高低、后水平”、“先轨向、后轨距”的原则。
- 10.6.6 轨道静态调整应按下列要求进行：
- a) 精调时先确定基准轨，将基准轨轨向、高低调整到位后，再依据基准轨通过轨距、水平调整另一股钢轨；
 - b) 现场根据调整量表，对计划调整地段进行标识，应按照确定的原则和顺序进行高低、水平，轨向、轨距的调整；
 - c) 轨距、轨向调整（轨道平面调整），通过更换轨距块来实现；
 - d) 高低、水平调整（轨面高程调整），通过更换轨底调高垫板来实现；
 - e) 对调整完毕的区段，用轨道几何状态测量仪进行检核测量，并对超限尺寸进行反复调整，直到确认轨道状态符合标准要求，并按相关规定提交检测成果资料；
- 10.6.7 轨道精调整理应符合铁路无缝线路施工的相关规定，在规定的作业轨温范围内进行。

10.6.8 轨道动态精调前，应全面细致的分析动态检测相关报表和波形图，结合轨道检测波形图，峰值和均值超过验收规范时应进行调整。

10.6.9 轨道动态调整应按下列要求进行：

- a) 分析动态检测数据，查找超限点；
- b) 采用轨道几何状态测量仪、轨距尺、塞尺等工具，对超限点进行核对检查。现场核对检查应符合下列规定：
 - 1) 应对区段范围内的扣件、垫板进行全面检查，确认无异常后再检查轨道几何尺寸；
 - 2) 局部短波不平顺应对轨道超限处前后各 50m 范围内进行全面检查，必要时扩大检查范围；
 - 3) 长波不平顺应采用轨道几何状态测量仪在波峰或波谷里程前后各 150m 范围内进行测量；
- c) 连续短波不平顺，可以采用轨道几何状态测量仪；
- d) 根据现场核对检查资料计算调整量，形成调整量表；
- e) 轨道动态调整方法、精度要求等与轨道静态调整相同。；
- f) 调整完毕，应对轨道几何尺寸、扣件、垫板状态进行全面复检，并对超限尺寸进行反复调整，直到确认轨道状态符合标准要求，并按相关规定提交检测成果资料。

附录 A
(资料性)
轨道板静载抗裂试验

A.1 试验条件及仪器、设备

- A.1.1 试验场地和工装应具有足够的刚度、稳定性及平整度。
- A.1.2 轨道板静载试验应在轨道板脱模28d后进行。
- A.1.3 每块轨道板分别对两个横向截面和一个纵向截面进行静载抗裂检验。
- A.1.4 千斤顶校验系数不应大于1.05；压力传感器的精度不应低于C级，显示仪表最小分度值不大于加载最大量值的1%，示值偏差应为 $\pm 1\%$ F·S。
- A.1.5 用于观察裂缝的读数放大镜应有照明功能，放大倍数不低于10倍，直径不小于50 mm。
- A.1.6 试验用计量设备、仪器、仪表等均应在检定有效期内。

A.2 加载图式及检验荷载

- A.2.1 横向截面试验的加载位置为轨道板纵向两端的第二块承轨台中心处，加载点的平面尺寸应为200 mm×150 mm；支承位置为轨道板横向中心两侧第一块承轨台中心处，支撑点的平面尺寸应为轨道板宽度×200 mm；加载和支撑位置应对称设置，检验荷载由设计单位根据结构设计弯矩结合加载图式进行计算。
- A.2.2 纵向截面试验的加载位置为轨道板横向两端各相邻承轨台中心处，加载点的平面尺寸为200 mm×150 mm；支承位置为轨道板纵向中心线处，支撑点的平面尺寸应为轨道板长度×200 mm；检验荷载由设计单位根据结构设计弯矩结合加载图式进行计算。

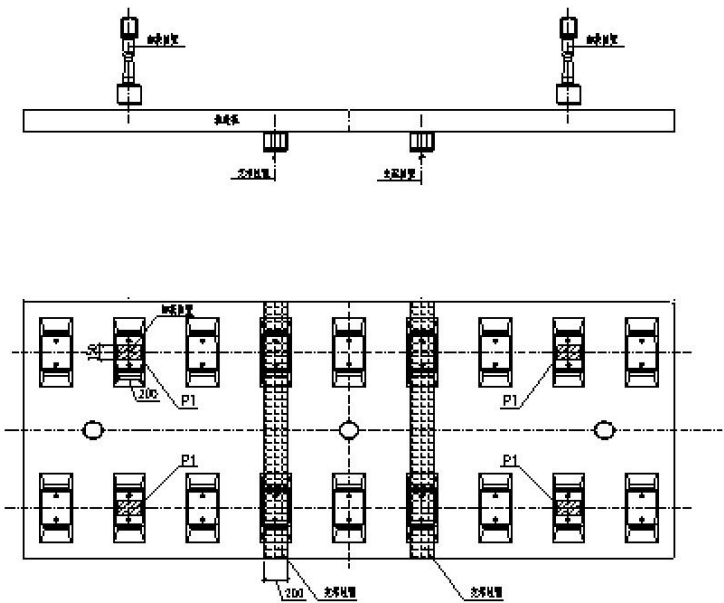


图 A.1 轨道板横截面试验加载图

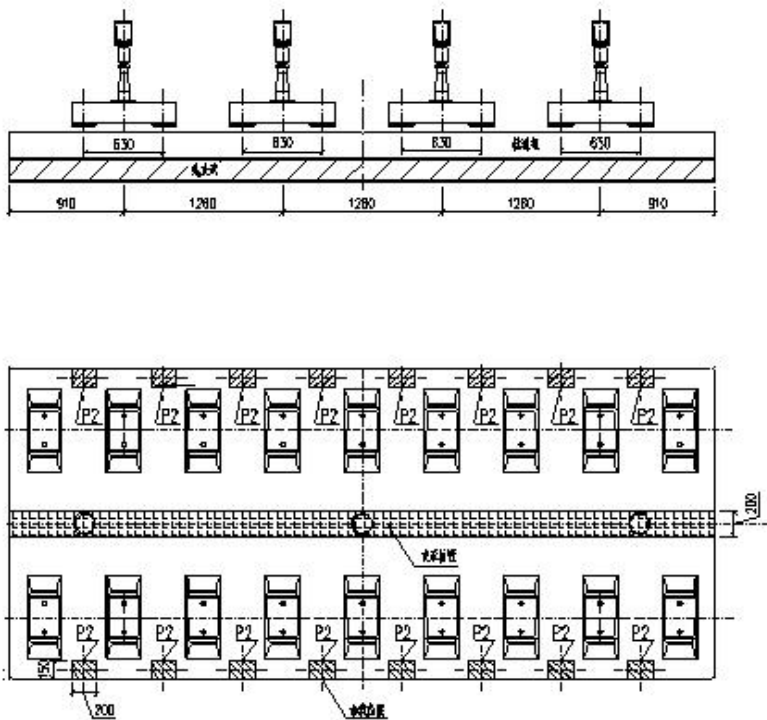


图 A.2 轨道板纵截面试验加载图

A.3 试验步骤

- A.3.1 轨道板安装就位后，用放大镜在轨道板的上表面及两侧面进行外观检查；对初始缺陷应进行标记。
- A.3.2 加载前应对轨道板支承状态进行检查，确认后开始加载，加载时各加载点宜同速、同步达到同一荷载值，加载速度应均匀，且单点加载速率不大于0.5 kN/s。
- A.3.3 加载至检验荷载值后，稳定3 min，用读数放大镜观察受拉区，观测裂缝情况。

附录 B
(资料性)

揭板试验和自密实混凝土工艺性试验验收办法

B.1 揭板试验

B.1.1 试验目的及试验指标

B.1.1.1 试验目的

- a) 验证和完善板下填充层配合比及各项施工性能，确定混凝土配合比。
- b) 掌握装配式无砟轨道的施工工艺流程，着重解决关键工序的施工方法。
- c) 对板下填充层施工进行检验并优化，形成一套成熟完备的施工工装及机具设备。
- d) 锻炼施工队伍，培训施工人员。
- e) 测试试验指标，评价灌注质量的优劣。

B.1.1.2 试验指标：板下填充层气泡率。

B.1.2 试验条件和仪器设备

B.1.2.1 揭板试验场地应满足铺设装配式无砟轨道的要求。

B.1.2.2 揭板试验场地选择应考虑项目预制装配式无砟轨道施工时板下填充层工作性能、运输时间等

因素。

B.1.2.3 宜充分利用现有场地，避免增加临建工程量以节约成本。

B.1.2.4 试验场地应具备拉力计安装及起吊机械作用空间。

B.1.2.5 试验仪器及设备：拉力计、拉力数据采集设备应能满足试验测试的量程和精度要求。

B.1.3 试验流程

B.1.3.1 揭板试验流程可分为前期准备、操作过程、结果处理三部分。

B.1.3.2 试验前期准备

- a) 揭板试验应模拟现场实际工况进行，工艺性灌注试验需连续灌注 3 块标准长度轨道板。包括模拟直线地段、最大超高曲线地段、纵坡地段等工况。
- b) 试验段中预制装配式无砟轨道应与现场无砟轨道结构一致。
- c) 工艺性试验所使用的机具、材料应与正式施工时相同，人员应为相对固定的无砟轨道施工作业人员。
- d) 在吊装设备的拉索上安装拉力传感器和上浮监测装置，调试并固定位置。
- e) 起吊机械就位，并移动到轨道板正上方位置。

B.1.3.3 试验操作过程

利用起吊机械对轨道板施加垂向拉力，缓慢加载直至轨道板被完全拔起。利用钢索上的拉力传感器测试拉力，采集系统实时记录加载过程中拉力大小。同时，待轨道板和板下填充层完全分离后，人工观测并拍照记录板下填充层灌注质量，记录气泡数量。

B.1.4 试验结果处理

B.1.4.1 试验结束后，应对轨道板极限拉力与轨道板重力进行对比分析，计算板下填充层粘结力，参照相关规范评价其粘结强度。

B.1.4.2 试验结束后，应对板下填充层灌注质量进行评价，板下填充层灌注质量应满足以下要求：

- a) 板下填充层厚度应符合设计要求；
- b) 板下填充层与轨道板底面和线下基础结合表面接触良好，充盈饱满；
- c) 板下填充层表面无松软发泡层，表面密实、平整、无露石、漏筋以及蜂窝等现象；表面无面积大于 50 cm² 的气泡，面积 6 cm² 及以上的气泡的面积之和不宜超过板面积的 5%；表面无可见裂纹、无明显的水纹、无泌水现象；
- d) 切开断面上骨料分布均匀，无骨料堆积、浆骨分离、上下贯通气孔、蜂窝等现象；
- e) 板下填充层侧面不应有空洞、麻面，侧面应平整、凸出或凹进轨道板边缘的混凝土厚度不应超出 10 mm；

B.1.4.3 板下填充层厚度采用钢尺检测；充盈度采用目测或锤击法检测；表面泡沫层采用目测或锤击法检测；表面密度采用目测或切开断面目测检测；表面气泡采用钢尺或百格网板量测；裂纹采用目测或放大镜观察；流水痕和泌水采用目测检测；断面均匀度采用沿长度方向切开 2 个断面目测和沿宽度方向切开 1 个断面目测检测；侧面空洞、麻面采用目测检测，侧面平整度采用钢尺或角尺检测。

B.2 自密实混凝土工艺性试验验收办法

B.2.1 总则

B.2.1.1 为保证装配式无砟轨道自密实混凝土施工质量，统一自密实混凝土工艺性试验验收程序和评价标准，特制定本办法。

B.2.1.2 本办法适用于广东省城际装配式无砟轨道自密实混凝土施工前的工艺性试验验收。

B.2.1.3 本办法编制依据为现行行业标准《铁路混凝土》TB/T 3275、《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 和相关研究成果等。

B.2.2 验收程序

- a) 各施工单位的试验方应经有关单位审核、批复。在工艺性试验经监理单位初验合格后，由施工单位向业主提出验收申请。
- b) 应成立验收小组开展验收工作。验收小组由业主、设计单位、监理单位及非验收施工单位有关人员组成，原则上不少于 5 人。
- c) 验收采用现场检验和内业检查相结合的方式进行，其中现场揭板检查应涵盖全部工艺性试验预设工况，现场灌板检查选择最不利工艺性试验预设工况不少于 1 块板。揭板结果应符合本规程的要求，否则应重新进行工艺性试验，并申请二次验收。
- d) 验收前施工单位应提前做好现场灌注、揭板准备工作，并准备检测、测量所需工器具。
- e) 工艺性试验验收合格后，相关资料应纳入轨道工程开工报告。

B.2.3 验收资料

验收申请资料一式五份，施工单位、监理单位各保留两份，业主保留一份。

附录 C
(资料性)

板下填充层施工质量检测技术要求

自密实混凝土填充层施工质量可采用导纳法进行无损检测，当采用导纳法进行检测时，相关检测方法和技术要求需满足以下条款。

C.1 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本文件。

C1383 使用冲击回波测试方法测试混凝土板的纵波波速和厚度的标准测试方法

ASTM D 5882 深基础低应变完整性测试的冲击试验测试方法

C.2 术语

C.2.1 脉冲响应测试方法

一种基于机械冲击引起的混凝土测试构件的瞬态响应的无损测试方法，使用放置在测试单元临近冲击点位置的传感器，测试其响应并对信号进行处理，获得测试单元的导纳谱。如图G.2.1所示，冲击测试装置为聚能力锤，其内部包含有荷载传感器，测试瞬态冲击力，同时使用宽带速度传感器，测量轨道板表面的速度响应。

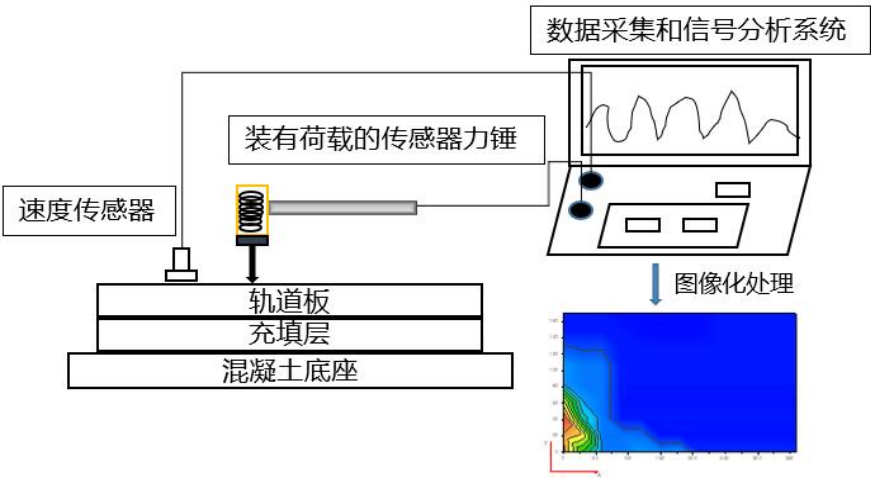


图 C.1 脉冲响应法测试示意图

C.2.2 导纳

测试点某一时间或频率下速度幅值与力幅值的比值，单位：(mm/s)/kN

C.2.3 导纳比M

0 Hz~100 Hz 之间峰值导纳值与 100 Hz~800 Hz 之间平均导纳值的比。

C.2.4 导纳均值

频率在 100~800 Hz 之间的导纳谱中导纳值的平均值，单位：(mm/s)/kN

C.2.5 导纳变化率(R)

缺陷发生前后轨道板导纳比的变化比例，反应了轨道板下自密实层的缺陷程度。

R的计算公式如下：

$$R \text{ 导纳比 (变化率)} = (R1 - R0) / R0 \quad (C.1)$$

R0表示灌注质量良好位置处的导纳率，R1表示存在缺陷处的导纳率，R表征自密实混凝土层的缺陷程度。

C.2.6 导纳谱

作为频率的函数可从已测试单元的某一测试点的脉冲响应测试过程中获得。

导纳谱的计算如下：

$$M(f) = (V(f) \times F^*(f)) / (F(f) \times F^*(f)) \quad (C.2)$$

式中：

M(f)——导纳谱；

V(f)——速度谱；

F(f)——冲击力谱；

F*(f)——力谱的复共轭谱。

C.3 导纳仪器设备及参数设定原则

C.3.1.1 力锤：包括橡胶头和荷载传感器。橡胶头有足够的硬度，在至少 2 kHz 频率范围内，产生冲击力振幅谱。荷载传感器应能测试可达 20 kN 的动态力，其共振频率不超过 10 kHz。在轨道板敲击测试过程中，使用硬质橡胶锤头敲击产生的一个典型的力-时间波形和力幅值谱。力锤是作为触发通道，触发产生信号。

C.3.1.2 传感器：为包括数据转接器、感应线圈的速度传感器，可对正常的表面运动产生响应。该传感器的固有频率应小于 15 Hz，在 15Hz~1000 Hz 频率范围内有恒定的灵敏度。在测试过程中，不需要使用耦合剂。

C.3.1.3 数据采集和分析系统：包括硬件和软件系统，用来采集、记录、处理力锤中内置荷载传感器和速度传感器的输出。冲击、存储测试结果后，该系统可立刻显示其结果。每通道的采样频率应为 10 kHz 以上(采样间隔 100 us 或是更短)。荷载传感器和速度传感器记录的波形每个应至少包括 1024 个点。数据采集系统的电压范围应该与传感器的灵敏度相匹配。显示结果应包括每个测试的冲击力和速度测量的电压和时间的波形图，软件根据记录的波形计算导纳谱，获得波形后可以立刻显示导纳谱。数据采集系统由电源供电，供电过程中不能产生能被传感器识别的电子噪声，并且对于特定的结构单元，数据采集系统在测试过程中，应设置所需的电压灵敏度。

C.4 导纳无损检测技术方法及要求

C.4.1 该导纳无损检测技术适用于：

- 轨道板与自密实混凝土中间无土工布的无砟轨道结构；
- 轨道板与自密实混凝土中间铺有土工布的无砟轨道结构；
- 轨道板与自密实混凝土中间铺有减振垫的无砟轨道结构。

C.4.2 测试要求

- d) 在轨道板的表面划分用于测试的网格，网格间距宜在 500 mm~1000 mm 之间。
- e) 冲击点距离速度传感器 (100 ± 25) mm，传感器用来测试锤击产生的响应。
- f) 测点距离轨道板边缘的距离 ≥ 300 mm。
- g) 不宜承轨台上布置测点。
- h) 测试面平整整洁，不能有积水。
- i) 测试应在未铺轨的轨道板进行。
- j) 测试过程中应避开周边的振动。

C. 4. 3 测试步骤

在轨道板表面进行网格划分，网格间距设置500 mm~1000 mm左右，测点应避开轨枕、观察孔、灌浆孔位置，推荐两种布点如下：

长轨道板，比如尺寸为2.4m×4.74 m的轨道板测点布置如下，其他长度板可参考布点。初级定位检测网格间距如图所示，共计35个测点。

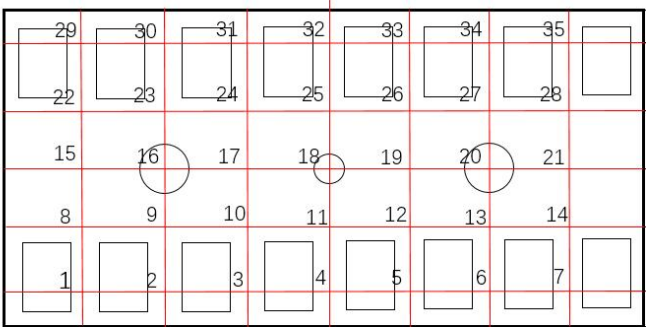


图 C. 2 长轨道板测点分布图

对于16、18、20号测点，测试位置在灌浆孔和观察孔，测试时应在其附近进行敲击测试；对于导纳率较高的异常区域，可继续进行更小的网格划分，进一步确定缺陷位置。

短轨道板，比如尺寸为2.4 m×3.53 m的轨道板测点布置如下，其他长度板可参考布点。初级定位检测网格间距如图所示，共计25个测点。

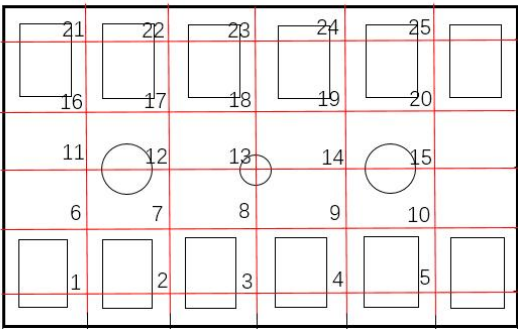


图 C. 3 短轨道板测点分布图

- C. 4. 3. 1 对于 13 号测点，测试位置为灌浆孔，测试时需在其附近进行敲击测试；对于导纳率较高的异常区域，继续进行更小的网格划分，可进一步确定缺陷位置。
- C. 4. 3. 2 把荷载传感器和速度传感器连接到数据采集系统。
- C. 4. 3. 3 设置数据采集系统中的数据采集参数（采样率、电压范围、触发水平、传感器放大系数）。
- C. 4. 3. 4 把传感器放置在预定的测试点，在距离传感器 (100 ± 25) mm 位置用力锤锤击。
- C. 4. 3. 5 开始冲击，观察获得的波形，如果锤击和传感器采集到的波形有效，计算得到平均导纳，储存数据。

C. 5 数据处理与解释

C.5.1 冲击响应

本技术方法基于导纳测试响应的结果，记录粘结质量良好的位置与粘结质量较差的位置，通过大数据对比的基础上，来评估不同测试点下自密实混凝土质量。

C.5.2 导纳谱

对于板状结构，导纳值与板的厚度、支撑条件、混凝土的密度和弹性模量以及是否存在缺陷是相关的。

C.5.3 平均导纳

冲击测试单元形成弹性波，其振动响应将通过单元的固有刚度来进行调节。在100 Hz~800 Hz的频率范围内，平均导纳的值与密度、弹性模量、厚度以及轨道板下方自密实混凝土是否存在缺陷有直接关系。

C.5.4 导纳比

轨道板与自密实混凝土粘结质量越差导纳率越高。

C.5.5 板角导纳与板内导纳

对于板角和板内应划分不同缺陷判断阈值。

C.6 结果判定

参照表C.1，对自密实混凝土施工质量进行初步判定，若板角导纳比M和板内导纳比M均满足要求，则该无砟轨道充填层无缺陷；若某些测点超过规定值，则该位置处存在缺陷。

表 C.1 自密实混凝土施工质量检验标准

轨道板与充填层 层间结构类型	无缺陷	有缺陷
无减振垫	板角 $M \leq 2.5$ 且板内 $M \leq 1.0$	板角 $M > 2.5$ 或板内 $M > 1.0$
有减振垫	板角 $M \leq 8.0$ 且板内 $M \leq 4.5$	板角 $M > 8.0$ 或板内 $M > 4.5$

对于存在缺陷的测试点，根据式C.2计算该测试点R导纳比，并参照表C.2，对缺陷进行精细化评估。

表 C.2 缺陷精细化评估表

导纳比变化指数（R导纳比）	测点30cm区域内缺陷类型	测点30cm区域内缺陷程度	判定准则
≤ 2	气泡大小为 $6\text{cm}^2 \sim 30\text{cm}^2$ 数量在10~20左右	I	N _I ≥6，不合格 N _{II} ≥3，不合格 N _{II} ≥2且N _I ≥2，不合格 N _{II} ≥1且N _I ≥4，不合格 N _{III} ≥1，不合格
2~3	气泡大小为 $30\text{cm}^2 \sim 50\text{cm}^2$ 数量在5~10左右	II	
≥3	气泡面积超过 50cm^2 数量在1~3左右	III	

注：1. NI—达到I缺陷的总测点数；NII—达到II缺陷的总测点数；NIII—达到III缺陷的总测点数。
2. 当缺陷小于I，可以进行修补，并重新检测。

C.7 检验数量

每100块板抽检1块板，个别工点应全数检查，（单一工程不少于3块）。

C.8 报告

C.8.1 报告应包括：

- a) 无砟轨道结构参数及组成。
- b) 测试网络的参数：测试间距、网格中测试的行和列的数目、和网格定位参考点。

- c) 测试表面条件的描述。

C.8.2 测试结果应包括：

- a) 每个测试点的平均导纳、峰值-均值导纳比。
- b) 每块轨道板下填充层的等值线图形以及 R 导纳比。
- c) 每块轨道板填充层自密实混凝土施工质量合格与否结论。
