

HUN
NINGTU

GUIZHEN SHEJI HE ZHIZAO

姚明初 主编

混凝土轨枕设计和制造

上 册

人 民 铁 道 出 版 社

混凝土轨枕设计和制造

上 册

姚明初 主编

人 民 铁 道 出 版 社

1979年·北京

内 容 简 介

本书分上、下两册。上册包括混凝土轨枕的结构形式和设计原理；下册包括混凝土轨枕的制造工艺。

本书介绍我国自五十年代以来研究、试验、设计预应力钢筋混凝土轨枕的经验，是一部既有理论推导又有试验、测定数据，理论联系实际的著作。上册着重介绍预应力混凝土轨枕按使用安全度设计的原理和方法。设计中考虑了轨枕截面在不稳定重复荷载下的疲劳性能，并以截面到达极限状态的概率作为设计依据。

本书上册第一、三、四、九、十章由铁道部科学研究院姚明初同志编写，第二、六、七、八章由徐蕴贤同志编写，第五章由李家林同志编写，林之珉和许琰同志参加整理，姚明初同志主编。

本书可供铁路线路技术人员、工人和有关专业人员参考。

混凝土轨枕设计和制造

上 册

姚明初 主编

人民铁道出版社出版

责任编辑 于宗远

封面设计 关乃平

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{2}$ 印张：5.75 字数：125 千

1979年10月第1版 1979年10月第1次印刷

印数：0001—6,200册

统一书号：15043·6184 定价：0.47 元

前 言

随着我国铁路建设事业的发展,预应力混凝土轨枕获得日益广泛的采用。到1977年为止,铺设数量已达四千万根左右,居于世界前列。我国目前生产的混凝土轨枕主要为预应力钢弦混凝土轨枕和预应力高强钢筋混凝土轨枕,绝大部分工厂采用了流水机组法工艺,一条流水线的年产量和劳动生产率都已达到了国际先进水平。在预应力混凝土轨枕的设计方面,从1960年开始进行了混凝土轨枕按使用安全度设计的研究,并做了大量试验工作,提出了混凝土轨枕按使用安全度设计的方法。

本书分上下两册。上册介绍我国生产的预应力混凝土轨枕的主要类型,轨枕应用材料的性能、结构形式,并着重介绍预应力混凝土轨枕截面按使用安全度设计的原理和方法。在这一设计原理中考虑了混凝土轨枕是一种接受不稳定重复荷载的结构,设计要求轨枕截面在一定使用期限内达到失效状态的概率不大于某一预定值。由于设计中能较确切地反映轨枕的实际工作情况,因此是比较合理的。本书下册介绍混凝土轨枕的制造工艺,包括混凝土轨枕的制造工序、工艺布置、工艺设备、工艺要求和质量检查等内容。

《混凝土轨枕设计和制造》编写组

目 录

第一章 概述	1
第一节 采用混凝土轨枕的意义	1
第二节 混凝土轨枕在我国的发展	2
第三节 混凝土轨枕的类型	4
第四节 我国生产的混凝土轨枕的主要类型和 制造工艺方法	7
第五节 混凝土轨枕的扣件	8
第六节 混凝土轨枕的铺设和养护	12
第二章 混凝土轨枕用的材料	15
第一节 高强混凝土	15
第二节 高强钢筋和钢丝	25
第三章 混凝土轨枕外形尺寸的选择	37
第四章 混凝土轨枕截面的设计原理	45
第一节 混凝土轨枕截面按使用安全度设计的 基本概念	47
第二节 混凝土轨枕的荷载	50
第三节 混凝土轨枕截面的承载能力	54
第四节 混凝土轨枕截面承载能力的试验方法	56
第五节 混凝土轨枕的设计要求承载能力	58
第五章 混凝土轨枕的荷载	66
第一节 轨枕截面荷载弯矩测定方法	66
第二节 轨枕轨下截面荷载弯矩测定结果和 分析	71
第三节 轨枕轨下截面荷载弯矩特征参数的确	

定方法	77
第四节 轨枕中间截面荷载弯矩	83
第六章 预应力钢弦混凝土轨枕	86
第一节 预应力钢弦混凝土轨枕的结构形式	86
第二节 波纹钢丝在预应力钢弦混凝土轨枕中的应用	92
第三节 刻痕钢丝在预应力钢弦混凝土轨枕中的应用	98
第七章 预应力高强钢筋混凝土轨枕	104
第一节 44Mn2Si高强热处理钢筋在预应力混凝土轨枕中的应用	105
第二节 44Mn2Si高强热处理钢筋在坦赞铁路轨枕中的应用	117
第三节 45MnSiV和45SiNb等高强热处理钢筋在轨枕中应用的研究	119
第四节 45Si2Mn高强热处理钢筋在轨枕中的应用	123
第五节 预应力高强钢筋混凝土轨枕的技术经济效果	132
第八章 混凝土和钢筋在不稳定疲劳应力下的变形和强度	134
第一节 混凝土在不稳定疲劳应力下的变形和强度	134
第二节 钢筋(或钢丝)在不稳定疲劳应力下的变形和强度	137
第九章 混凝土轨枕截面承载能力的计算	142
第一节 混凝土轨枕截面中钢筋和混凝土的容许应力和容许应变	142

第二节	根据钢筋容许应力计算轨枕截面的承载能力	146
第三节	根据混凝土容许应力计算轨枕截面的承载能力	153
第十章	混凝土轨枕截面的设计方法和设计示例	159
第一节	混凝土轨枕截面的设计方法	159
第二节	预应力高强钢筋混凝土轨枕设计示例	160
第三节	预应力钢弦混凝土轨枕设计示例	171

第一章 概 述

第一节 采用混凝土轨枕的意义

由于我国铁路建设的飞跃发展，铁路的通车里程有了很大的增长。这就需要使用大量的轨道材料，其中最突出的短线材料是枕木。仅就铁路线路大中修和维修所需的枕木每年就达数百万根，如将新建铁路所需的枕木计算在内，则数量更大。为了适应我国国民经济高速度的发展，提高铁路设计标准，改善轨道质量，以满足铁路运输发展的需要，自1958年起在我国铁路上开始大量推广混凝土轨枕。到目前为止，混凝土轨枕的铺设已遍及全国铁路主要干线，混凝土轨枕的产量和制造工艺都已达到了国际先进水平。这是我国铁路技术改造所取得的一项重大成果。

采用混凝土轨枕可以节约大量优质木材。据统计，每1立方米原木仅可生产枕木6根，这样每生产100万根混凝土轨枕，即可节约优质木材16.7万立方米。混凝土轨枕虽然需要使用一部分钢材，但由于混凝土轨枕扣件的用钢量少，且有较大的扣压力，与木枕轨道相比，可以减少甚至不用轨距拉杆和防爬器，这样每公里的混凝土轨枕轨道比木枕轨道可以节约钢材约10吨左右。

混凝土轨枕的使用寿命较长，达50年左右，可以大大降低铁路轨道每年的平均费用。与木枕相比，混凝土轨枕每公里每年的平均费用约可降低2,000元。以铺设一公里轨道的混凝土轨枕来说，在50年的使用期内可以节约费用10万元。如以每年铺设3,000公里混凝土轨枕轨道计算，即为国家节

约费用达3亿元之多。

由于混凝土轨枕的外形尺寸比较标准，弹性一致，因此轨道的弹性不平顺较木枕为小。混凝土轨枕扣件对钢轨的扣压力大，轨距保持能力比木枕好，不需要经常改道。混凝土轨枕重量较大，在道床上的横向阻力比木枕大，因此可以大大提高轨道的稳定性，特别适合与无缝线路配合使用。

综上所述可以认为，混凝土轨枕不仅是木枕的代用材料，实际上是比木枕更为优越的轨道技术装备，具有很大的技术经济价值。

第二节 混凝土轨枕在我国的发展

早在1953年铁道部有关部门就开始进行了以混凝土轨枕代替木枕的研究工作，于1954年和1955年分别试制了两种预应力钢弦混凝土轨枕，并进行了少量试铺。1957年在丰台桥梁工厂进行了预应力钢弦混凝土轨枕、普通钢筋混凝土轨枕和双杆式预应力混凝土轨枕的成批试制工作。并于1957年至1958年先后在京门线、津浦线、包兰线和京广复线试铺了轨枕10,000根。通过这些轨枕的试制和试铺工作，证明以混凝土轨枕代替木枕，在技术上是可行的，在经济上也是合理的。

为了推广使用混凝土轨枕，铁道部于1957年起开始了预应力钢弦混凝土轨枕制造工厂的建厂工作。到1960年止，我国已在丰台、株洲等地建成了若干个预应力钢弦混凝土轨枕生产车间，年生产能力可达数百万根。1961年铁道部有关单位总结现场使用经验，编制了“弦 II-61 A”型预应力钢弦混凝土轨枕的设计图纸，并开始了较大的生产。

我国早期生产的混凝土轨枕采用木栓以固定螺旋道钉。这一种木栓系采用优质木材经防腐处理制成，制造成本较高。

从使用中发现由于木栓的质量问题，有不少轨枕发生木栓腐朽或干缩松动等现象，影响轨枕在轨道上的使用效果。1959年起在铁路科研部门和工务部门的密切配合下，进行以硫磺锚固代替木栓的研究试验工作，取得了成功。以硫磺锚固代替木栓是我国独创的，它解决了螺旋道钉与轨枕的可靠联结问题，并简化了轨枕的制造工艺。目前硫磺锚固式扣件已在混凝土轨枕上大量推广使用，这对降低轨枕制造成本，提高混凝土轨枕轨道的运营质量起着很大的作用。

为了解决混凝土轨枕在装有轨道电路线路上的铺设使用问题，自1962年起铁道部有关部门开始进行混凝土轨枕电气绝缘问题的研究，提出了提高混凝土轨枕电气绝缘性能的措施，对进一步扩大混凝土轨枕的使用范围创造了有利的条件。

为了进一步提高混凝土轨枕的使用效果，1965年在原生产的“弦Ⅱ-61A”型预应力钢弦混凝土轨枕的基础上进行了改进，加强了轨枕中间截面的强度，并将轨底坡由1/20改为1/40，设计了新的“弦61”型预应力钢弦混凝土轨枕，并投入生产。在轨枕联结扣件方面，自1963年起进行了拱形弹片式扣件的研究、试制和试铺，于1967年定型推广。

1966年开始在冶金工业部门的大力支持下进行了预应力高强钢筋混凝土轨枕的研制工作，于1970年正式投产。这种轨枕不但已在国内大量生产，并已在我国援建的坦赞铁路全线采用。

1969年铁道部有关部门在总结过去轨枕生产和使用经验的基础上编制了“弦69”型预应力钢弦混凝土轨枕和“筋69”型预应力高强钢筋混凝土轨枕的设计图纸。这两种轨枕都已正式投产。

为适应今后铁路运输高速度大运量的发展需要，铁道部

决定在运输繁忙线路上采用60公斤重型钢轨和新型弹性扣件，并进一步提高混凝土轨枕的质量，实现铁路现代化。

第三节 混凝土轨枕的类型

世界各国采用的混凝土轨枕类型很多，综合起来，可归纳如下：

一、按混凝土轨枕的结构可分为：

1. 整体式混凝土轨枕；
2. 组合式混凝土轨枕；
3. 半枕。

整体式混凝土轨枕是由一个整体的钢筋混凝土或预应力钢筋混凝土构件组成（图1—1a）。这一种轨枕整体性强，制造简易，稳定性好，是目前各国生产最多的类型。

组合式混凝土轨枕主要有双铰式，钢杆式和之字式等几种。双铰式轨枕的外形如图1—1b所示，它是由三个混凝土块组成，用后张法预应力钢筋或钢丝束把它们联结在一起。在混凝土块之间垫以弹性垫层。三个混凝土块形成铰接状态，在道床支承不均的情况下可以避免或减少裂缝的开展。但弹性垫层容易压损，一旦垫层失效，整个轨枕也就失效。实践证明这种轨枕并不理想，现已逐渐淘汰。

钢杆式混凝土轨枕的外形如图1—1c所示。它由两个钢筋混凝土块体用一根钢杆连接组成，形成一个整体。由于轨枕中间部分由钢杆组成，具有一定的塑性变形能力。但连接钢杆用钢量大，容易锈蚀，混凝土块与钢杆连接处抗冲击性能较差，容易损坏。

之字式混凝土轨枕系由混凝土块体和钢管（或钢杆）连接而成，构成“之”字形，如图1—2所示。这一种轨枕具有较好的抵抗横向阻力的能力，适合在小半径曲线的无缝

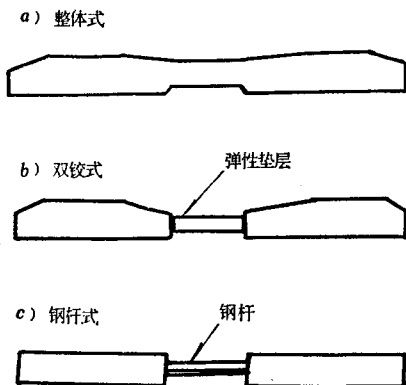


图 1—1 混凝土轨枕的外形形式

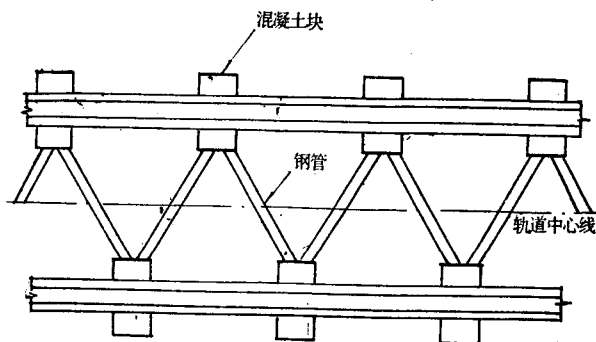


图 1—2 之字式混凝土轨枕

线路上采用。但这种轨枕的铺设比较复杂，用钢量大，目前采用不多。

半枕为一普通钢筋混凝土块体，每一块体中部支承钢轨，两混凝土块体之间无直接联系（如图 1—3）。为了保持轨距，需要与长枕或轨距拉杆配合使用。这种轨枕只能用于运量小，行车速度低的次要线路上。

二、按混凝土轨枕的配筋方式可分为：

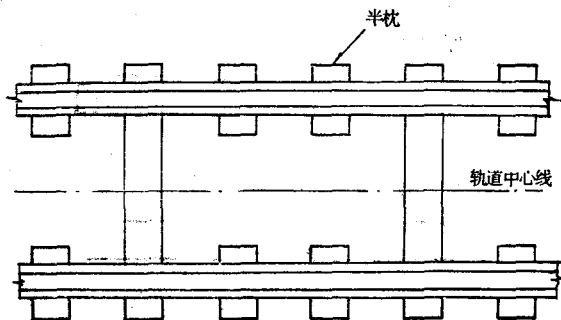


图 1—3 半枕

1. 普通钢筋混凝土轨枕；
2. 预应力钢筋混凝土轨枕。

普通钢筋混凝土轨枕系普通钢筋混凝土构件之一种。它的抗裂性能较差，在列车荷载作用下容易出现宽度较大的裂缝，且用钢量较大。目前已较少采用。但制造工艺简单，在没有条件生产预应力钢筋混凝土轨枕的情况下，对于一般运量小、速度低的次要线路可以使用。

预应力钢筋混凝土轨枕具有较好的抗裂性能，用钢量也少，目前世界各国都广泛采用。就预加应力的方式不同，可分为先张法、后张法和连续配筋法等几种预应力轨枕类型。

先张法预应力混凝土轨枕是在灌注混凝土之前，先张拉应力钢丝或钢筋，然后灌注混凝土，待混凝土凝结硬化达到一定强度后放松钢丝（或钢筋），通过钢丝（或钢筋）与混凝土的粘结力，使钢丝（或钢筋）的预拉力传给混凝土，并使它受到持久的压应力。当配筋材料为钢丝时称为先张法预应力钢弦混凝土轨枕，简称“预应力钢弦混凝土轨枕”。当配筋材料为高强钢筋时称为先张法预应力高强钢筋混凝土轨枕，简称“预应力高强钢筋混凝土轨枕”。目前我国主要生产这两种类型的轨枕。

后张法预应力钢筋（或钢丝束）混凝土轨枕系在混凝土灌注时预留钢筋或钢丝束的孔道，待混凝土凝结硬化达到一定强度后，然后装配钢筋或钢丝束，进行张拉，在混凝土轨枕端部用锚固螺栓锚固，并将锚固螺栓用水泥砂浆封住，防止其锈蚀。这时，钢筋的预拉力通过轨枕两端锚固垫板传给混凝土，使混凝土受到预压应力。后张法预应力混凝土轨枕的预加应力的方法有机械法和电热法两种。机械后张法系用机械设备如千斤顶等来张拉钢筋或钢丝束。电热后张法系将涂布沥青的钢筋或钢丝束预埋在混凝土中，待混凝土凝固硬化达到一定强度后在钢筋或钢丝的外露端通以电流，于是钢筋或钢丝束因发热而伸长，待其伸长达一定长度后将钢筋或钢丝端部锚固，撤除电流，钢筋冷却后的回缩受到限制，即产生拉应力，并使混凝土受到持久的压应力。后张法预应力混凝土轨枕制造工艺比较繁琐，但因工艺设备简单，目前仍有一些国家采用。

第四节 我国生产的混凝土 轨枕的主要类型和制造工艺方法

从1953年开始，曾在我国铁路上试铺了多种类型的混凝土轨枕。包括普通钢筋混凝土轨枕、预应力钢弦混凝土轨枕、预应力高强钢筋混凝土轨枕、双杆式后张法预应力混凝土轨枕和电热后张法预应力混凝土轨枕等。通过全面的技术经济比较，包括原材料的供应，制造工艺，结构性能，造价和使用效果等各个方面的分析，最后选用了整体式先张法预应力钢弦混凝土轨枕和预应力高强钢筋混凝土轨枕作为我国轨枕生产的主要类型。

我国预应力钢弦混凝土轨枕采用直径3毫米（或5毫米）的高强碳素钢丝作为配筋材料。目前生产最多的是“弦

69”型轨枕，结构形式参阅图6—6。预应力高强钢筋混凝土轨枕采用直径8.2~8.5毫米的高强热处理低合金钢筋作为配筋材料。目前生产最多的是“筋69”型轨枕，结构形式参阅图7—7。关于这两种轨枕的结构和制造工艺将在本书中进行详细的讨论。

我国预应力混凝土轨枕的生产主要采用流水机组法工艺。在这种工艺中采用了可移动的受力钢模型。一个钢模型可同时制造轨枕10根。制造轨枕时，首先在轨枕模型内装配钢丝（或钢筋），并进行张拉。然后灌注混凝土，并在一个特制的长尺寸振动台上进行振动捣固作业。振动完毕后，将钢模移入蒸汽养护窑内进行蒸汽养护，俟轨枕硬化后放松钢丝（或钢筋）。全部工艺过程是在一条流水线上进行，生产效率较高。按目前的生产水平，一条流水线的年产量可达50万根。

第五节 混凝土轨枕的扣件

为了使钢轨与混凝土轨枕联结在一起，在混凝土轨枕承轨槽处需要按装扣件。我国目前采用的扣件主要有扣板式扣件和拱形弹片式扣件两种。近年来又研制成功了一种 ω 形弹条式扣件，现将这三种扣件简单介绍如下。

一、扣板式扣件

扣板式扣件是我国目前应用较广的一种扣件，扣件的结构形式如图1—4。这一种扣件和其他几种扣件一样，都是采用硫磺锚固的方法以固定螺旋道钉。以硫磺锚固方法固定螺旋道钉是我国独创。所谓硫磺锚固，就是以一定配合成分的硫磺、水泥、砂子和石蜡，加热至 $140^{\circ}\sim 160^{\circ}\text{C}$ 熔化而成的胶体，灌注在轨枕承轨槽处的预留孔内，然后插入螺旋道钉，俟硫磺胶体冷却后即可有效地将螺旋道钉固定住，抗

拔力可达6吨以上，最高可达10吨左右，耐久性也很好。

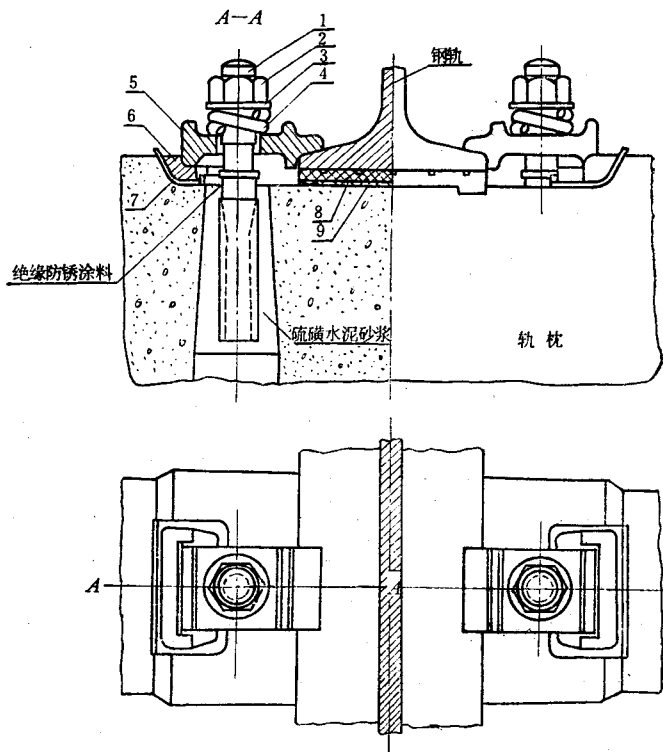


图 1—4 扣板式扣件

- 1 — 螺旋道钉；2 — 螺母；3 — 平垫圈；4 — 弹簧垫圈；
5 — 扣板；6 — 铁座；7 — 挡肩垫片；8 — 弹性垫板；
9 — 调整垫板。

扣板式扣件采用玛铁制成的扣板来扣着钢轨。根据钢轨类型和轨距的不同，采用了六种不同规格的扣板。扣板可翻转使用，每块包括两个不同的尺寸，因此六种扣板有十二个尺寸号码，可适用于38公斤/米、43公斤/米和50公斤/米三种钢轨和1435至1450毫米等不同轨距。

为了减震和轨道绝缘的需要，在钢轨下铺设用橡胶或塑料制成的弹性垫板，厚度为7毫米或10毫米。为调整钢轨水平高度，还可在橡胶垫板和轨枕之间铺设适当厚度的调整垫板。

扣板式扣件在轨枕挡肩处设置宽为82毫米的普通铁座和挡肩垫片，以承受扣板跟部的垂直力和水平力。在半径小于800米的曲线上应使用宽为150毫米的加宽铁座。

扣板式扣件零件简单，调整轨距比较方便。但因这一种扣件用弹簧垫圈作为弹性元件，弹性扣压力较低，在使用中容易发生松动，这是它的不足之处。

二、拱形弹片式扣件

拱形弹片式扣件是我国目前使用量仅次于扣板式扣件的一种混凝土轨枕扣件。拱形弹片式扣件的结构形式如图1—5。这一种扣件与扣板式扣件的主要不同之点是采用拱形弹片以代替扣板加压钢轨。钢轨的水平力则通过轨距挡板传递到轨枕挡肩上。根据钢轨类型和轨距的不同，采用了11种不同尺寸号码的轨距挡板。在半径小于800米的曲线上应使用宽为150毫米的加宽轨距挡板，其它地段使用宽为86毫米的普通轨距挡板。

拱形弹片式扣件用的拱形弹片由弹簧钢制成，截面尺寸为6×70（毫米）。弹片分中间弹片和接头弹片两种，中间弹片使用于非钢轨接头处轨枕，只有一种型号，50及43公斤/米钢轨通用。接头弹片使用于钢轨接头处轨枕，有11种尺寸号码，配合不同的轨距挡板使用。

拱形弹片式扣件具有一定的弹性扣压力，如注意使用，可以得到良好的效果。

三、 ω 形弹条式扣件

ω 形弹条式扣件是我国近年来研制成功的一种新型扣