

混凝土轨枕线路维修

芦祖文 编

中國鐵道出版社

1982年·北京

顺，接头病害比木枕线路要严重得多等等。这些特点都必须采取适合混凝土轨枕线路特点的方法进行养护才能事半功倍，达到较好的养护质量。完全采取传统的木枕线路的养护方法，势必使混凝土轨枕线路的优点不能得以发挥，反而加速线路病害的形成和发展。

为了总结和交流混凝土轨枕设计、制造及混凝土轨枕线路养护的经验，加强对混凝土轨枕线路的研究和测试，提高养护水平和线路质量，铁道部工务局于1979年组织召开了“混凝土轨枕技术座谈会”。铁道部科学研究院的研究人员在会上介绍了混凝土轨枕的结构形式和设计原理、弹性垫层性能及标准、轨枕伤损调查及分析、轨道振动测试等方面的研究成果。会后，铁道部科学研究院、各大专院校及铁路局在混凝土轨枕线路测试、养护维修等方面做了大量工作，提出了许多极有价值的总结资料。本书在原武汉铁路局养护经验的基础上，尽可能多地搜集各单位有关资料进行了编纂和整理，力图从构造出发，从线路特点入手，阐述混凝土轨枕线路各种病害与养护维修工作的关系，从维修（基本作业）、保养（垫片起道）和重点工作（混凝土轨枕作业、扣件作业、钢轨接头养护）等三个方面介绍混凝土轨枕线路的养护维修工作。由于本人水平有限，谬误之处在所难免，请读者多提宝贵意见。

因引用资料较多，无法在文中一一列举，借此机会向这些资料的作者及单位表示衷心感谢。

编 者

1984年

内 容 简 介

本书共分三章，介绍混凝土轨枕线路的构造、特点及其对轨道各部件的影响，以及混凝土轨枕线路的养护维修方法。

本书应用轨道动力学的观点对混凝土轨枕线路的构造进行了分析，并根据试验、调查、经验总结的资料和国外资料进行了论述。既有理论分析，又介绍实际操作和要求，可供从事铁路线路维修的现场技术人员和工人参考。

混凝土轨枕线路维修

芦祖文 编

中国铁道出版社出版、发行

责任编辑 于宗远 封面设计 王锦平

北京顺义燕华营印刷厂印

开本：787 × 1092 毫米 $1/32$ 印张：6.25 字数：143 千

1985 年 6 月第 1 版 1989 年 4 月第 2 次印刷

印数：7001—12,000 册 定价：1.90 元

前 言

轨枕与钢轨由中间扣件联结组成铁路轨道框架，承受机车车辆传递的各种作用力。我国铁路轨道的轨枕主要是木枕和预应力钢筋（弦）混凝土轨枕。

木枕具有弹性良好、易于加工、价格便宜、使用方便等优点，自有铁路以来，木枕就是轨枕的主要类型。在长期的使用过程中，工务部门对木枕线路的铺设、养护及修理积累了丰富的经验。但是，木枕容易腐朽，使用寿命短，需要耗费大量宝贵的木材，特别是它的强度、弹性和耐久性不一致，在机车车辆作用下出现的轨道不平顺，引起巨大的车轮附加动压力，不仅会缩短轨道各部件的使用寿命，而且加速线路几何状态的残余变形。随着铁路建设事业的日益发展，铁路运量、轴重和行车速度不断提高，对铁路轨道也提出了新的要求，寻求制作轨枕的代用材料具有十分重要的意义。

预应力钢筋混凝土轨枕及其他混凝土轨下基础的问世，为铁路的代用轨枕开辟了新的前景。

我国早在1953年就开始进行以混凝土轨枕代替木枕的研究工作，通过预应力钢弦混凝土轨枕的试制和试铺，证明以混凝土轨枕代替木枕在技术上是可行的，在经济上是合理的。1957年开始有计划地制造和铺设预应力钢弦混凝土轨枕。1961年铁道部有关单位总结现场使用经验，编制了“弦Ⅱ-61A”型预应力钢弦混凝土轨枕的设计图纸，并进行了较大量的生产。1965年在此基础上进行了改进，提高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。1966年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。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，并正式投产。目前，我国铁路铺设的混凝土轨枕主要有“弦II-61A”、“弦65B”、“弦69”等型号的预应力钢弦混凝土轨枕和“筋69”型预应力钢筋混凝土轨枕，其中“弦69”和“筋69”型轨枕约占铺设总数的50%以上。为了适应铁路运输向重载大运量发展的需要，又设计和试生产了“79”和“81”型轨枕，这两种轨枕在外型尺寸和结构强度方面均较“69”型轨枕有所改善和加强。

预应力钢筋（弦）混凝土轨枕（以下均简称混凝土轨枕）的主要优点是纵、横向阻力较大，提高了线路的稳定性，可以满足干线铁路高速度大运量的要求，铺设高弹性垫层可以保证线路有比较均匀的弹性；使用寿命长，可以大大降低铁路轨道每年的平均修理费用，特别是铺设混凝土轨枕可以节约大量优质木材，对铁路运输事业的发展具有重要意义。到目前为止，我国铁路混凝土轨枕铺设总数已达5000多万根，遍及全国各主要干线。

混凝土轨枕的大量铺设，使线路出现了一系列不同于木枕线路的特点，养护维修工作也面临许多新的课题。例如混凝土轨枕线路纵向阻力大于木枕线路，但是如果不能保证轨枕扣件达到良好的养护状态，线路依然会产生爬行；混凝土轨枕线路弹性比较均匀，但如果没有较好的弹性垫层，将大大提高轮轨间的相互作用力，使道碴迅速破碎，加剧残余变形积累；混凝土轨枕线路非钢轨接头部分比木枕线路动力坡度小，稳定性高，但接头部分由于线路刚度较大和存在不平

目 录

第一章 混凝土轨枕线路的组成与构造.....	1
第一节 轨道组成.....	1
第二节 混凝土轨枕.....	2
第三节 联结.....	8
第二章 混凝土轨枕线路的特点及其对轨道的影响.....	24
第一节 混凝土轨枕线路的特点.....	24
第二节 混凝土轨枕伤损及原因分析.....	37
第三节 钢轨接头病害及原因分析.....	48
第四节 道床工作特点及病害.....	66
第五节 钢轨伤损.....	78
第三章 混凝土轨枕线路养护维修.....	86
第一节 线路维修的修程.....	86
第二节 线路维修基本作业	103
第三节 垫片起道法	119
第四节 混凝土轨枕作业	133
第五节 扣件作业	144
第六节 钢轨接头养护	164
附：参考书目及资料	

第一章 混凝土轨枕线路的组成与构造

混凝土轨枕线路与木枕线路的轨道都是由钢轨、轨枕、联结零件、道床、防爬设备及道岔组成的。混凝土轨枕线路与木枕线路的根本区别是用混凝土轨枕代替木枕。混凝土轨枕是与木枕性质绝然不同的结构物,因此,从设计思想到结构形式、联结方式等都具有自身的特点。为了养护好混凝土轨枕线路,必须对它的组成和构造,特别是与养护维修直接有关的内容有一个粗略的了解。

第一节 轨道组成

混凝土轨枕线路由钢轨、混凝土轨枕、扣件、道床等部分组成。这些力学性质绝然不同的材料承受来自列车车轮的作用力,它们的工作是紧密相关的。任何一个轨道零部件强度和结构的变化都会影响所有其他零部件的工作条件。

钢轨直接承受由车辆传来的巨大压力,并传向轨枕。混凝土轨枕通过轨下弹性垫层和中间扣件承受钢轨传来的竖向垂直力、横向和纵向水平力后再将其分布于道床,并保持钢轨正常的几何位置。混凝土轨枕接受和传递各种作用力的性能除与轨枕本身的构造有关外,还与弹性垫层、扣件的结构特点及道床支承状态有关。

轮轨间的各种作用力通过轨枕和扣件的隔振、减振和衰减后传递给道床,使道碴重新排列,并将作用力扩散地传道于路基。

第二节 混凝土轨枕

混凝土轨枕设计中的控制截面是轨枕的轨下截面和中间截面。这两个截面所受荷载弯矩的大小取决于机车车辆轴重、行车速度、轨道状态和道床支承情况等的不同，同时，轨枕截面所受荷载弯矩在很大范围内波动，不仅每一根轨枕所受的荷载不同，而且同一根轨枕的轨下截面或中间截面在每一次轮载作用下所接受的荷载弯矩也是不同的。在这种不稳定重复荷载作用下，轨枕截面在预期使用期内达到失效状态的概率应不大于某一预定值。这是混凝土轨枕按使用安全度设计理论的基本含义。

轨枕失效状态是指轨枕截面达到这一种状态后轨枕的使用情况已经比较恶劣，以致难以保证轨枕的正常使用。在预应力混凝土轨枕设计中，轨枕截面的失效状态具体规定如下：

1. 轨枕截面受拉钢筋处混凝土在不稳定重复荷载弯矩作用下出现宽度大于 0.3mm 的裂缝；
2. 轨枕截面受拉钢筋处混凝土在不稳定重复荷载弯矩作用下出现宽度大于 0.03mm 的残余裂缝。

一般来说，钢轨接头处混凝土轨枕所受荷载比非钢轨接头处大，但从数量来说，接头轨枕又远比非接头轨枕少，从全面的技术经济观点考虑，混凝土轨枕截面达到失效状态的概率，即使用安全度应有接头与非接头之分：

1. 钢轨接头处轨枕截面在50年使用期限内，达到失效状态的概率不大于50%；
2. 非钢轨接头处轨枕截面在50年使用期限内达到失效状态的概率不大于10%。

一、受力特点

混凝土轨枕承受钢轨集中传递的压力和振动，并扩散地传向道床，同时还要保证两股钢轨在平面和立面上正确的相对位置。

如上所述，列车运行时机车车辆的荷载是不稳定重复荷载，其轨枕承受垂直荷载的情况如图 1—1 所示

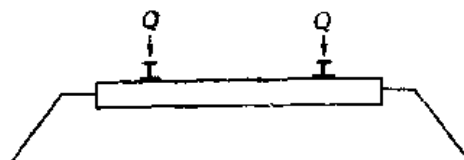


图 1—1 轨枕垂直荷载示意图

将轨枕的受力状态独立进行分析可以看到，由钢轨传来两个均匀分布在钢轨底宽上的垂直荷载为 Q ，轨枕底面对轨枕有反力，轨枕各截面弯矩如图 1—2。

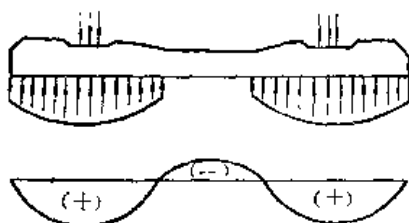


图 1—2 轨枕弯矩示意图

在设计中规定：轨枕截面上部受拉为“-”，下部受拉为“+”。

在一般情况下，轨枕的轨下截面将承受较大的正弯矩，面中间截面则将承受较大的负弯矩。但是，由于轨枕支承状态的不同，轨枕所受的弯矩可能有很大的变化。图 1—3 为各种道床支承条件的轨枕弯矩图。

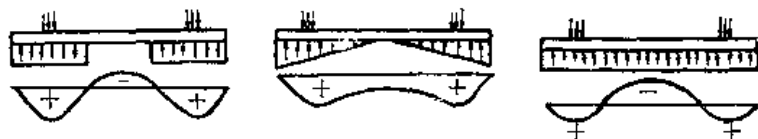


图 1—3 各种道床支承状态的轨枕弯矩图

第一种情况是正常捣固作业的情况，轨枕两端均匀地支承在道床上而轨枕中间部分没有支承在道碴面时轨枕所受荷载弯矩；第二种情况是钢轨外口捣固密实、内口较松软、道心还有部分串实的情况；第三种是轨枕两端道床压实下沉、道心石碴串实或道床硬结、轨枕中间截面承受较大负弯矩。

由此可知，由于轨枕支承状态的不同，轨枕截面所受荷载弯矩变化很大。混凝土轨枕的这个特点不仅决定了它的结构形式，而且决定了混凝土轨枕线路与木枕线路养护维修必然存在差异。

二、构 造

依据轨枕的上述受力状况和使用特点，对轨枕提出了以下构造要求：

（一）轨枕轨下截而能承受较大的正弯矩，中间截面能承受一定的负弯矩，承压面应能满足承载能力的要求。

为达到此目的，对轨枕结构及材料采取了如下措施：

1. 采用预应力钢筋（弦）混凝土结构，使轨枕混凝土预先受压，并使中性轴偏于轨枕下部，这样，可使轨枕下部承受较大压力，上部承受一定的拉力。

我国目前线路上铺设的混凝土轨枕采用强度为 500kgf/cm^2 的高强混凝土。配筋钢材采用波纹或刻痕高强度碳素钢丝和高强热处理低合金钢筋。

2. 断面：轨枕由两个体积较大的轨下部分和较窄较细的中间部分组成，这种形状是由其弹性的碎石道床基础支承的工作状态所决定的。混凝土轨枕刚度大，轨枕对道床的压力分布与柔性的木枕不同，由于轨下部分的压力最大，轨枕两端反力达到最大值，如轨枕底面采用矩形，将因支承轨枕两端道床的残余变形大，而使轨枕端部发生较大的下沉，并

使得轨枕以其中间部分支承在道床上，这样，轨枕中间截面的负弯矩就将急剧增大，甚至在预应力钢筋混凝土轨枕中也会出现横向裂纹，为防止这种现象的发生，设计了轨枕轨下断面尽量大、中间断面尽量小的形式。前者可加大承压面，提高承载能力和稳定性，后者可减小轨枕刚度。

(二) 轨枕能满足轨底坡的要求，同时能承受钢轨传递的横向水平力。

钢轨本身没有轨底坡，木枕线路的轨底坡是由铁垫板提供的，混凝土轨枕设置了具有所需要横向坡度的承轨槽。1965年以前，承轨槽轨底坡为1/20，1965年以后，改为1/40。

承轨槽两端为挡肩，挡肩接受扣件传递的横向水平力。

(三) 扣件与轨枕本体的联结牢靠。

扣件与轨枕本体的联结，我国采用硫磺锚固的方法。

硫磺锚固是以硫磺作为主要材料的胶体来锚固螺旋道钉。硫磺锚固系我国独创，它是混凝土轨下基础上面定螺旋道钉一种行之有效的方法。目前已在我国铁路上大量推广。

硫磺锚固的持钉力在锚固深度为100~110mm时为6~8tf，最高可达10tf左右。耐久性也很好。

(四) 形状简单，没有超出轨枕基本受力范围的部分，形状的变化是逐渐地从一种截面过渡到另一种截面。

三、分 类

混凝土轨枕就其结构形式而言，可分为整体式和组合式两种。整体式混凝土轨枕强度高，稳定性好，无论在保持轨距、方向、水平等方面，均较组合式为优，是我国目前采用的标准形式。用一根钢杆连接两个混凝土块的组合式混凝土轨枕，仅在少数国外铁路上使用。

混凝土轨枕又可分为普通钢筋混凝土轨枕和预应力钢筋混凝土轨枕。普通钢筋混凝土轨枕抗弯能力很差，容易开裂失效，一般只能用于次要线路。在我国铁路上基本上已经淘汰。

我国目前生产的预应力钢筋混凝土轨枕，主要有钢弦混凝土轨枕及高强钢筋混凝土轨枕。前者以钢丝作配筋材料，后者则以高强钢筋作配筋材料。

我国铺设轨枕的主要类型及特征如表 1—1。

轨枕主要类型及特征表

表1—1

轨枕 型号	轨枕 长度 (mm)	截面有效 高度(mm)		承 轨 槽 坡 度	端 头 型 式	预 应 力 钢 筋			张 拉 力 (t)	轨枕 重量 (kg)
		轨下	中间			直径 (mm)	根数	重量 (kg)		
弦15B	2500	200	145	1:20	斜	φ3	56	7.7	38	238
弦II-61A	2500	200	145	1:20	斜	φ3	36	4.995	26.7	240
弦61A	2500	200	155	1:40	斜	φ3	36	4.995	26.7	240
弦65B	2500	200	175	1:40	平	φ3	34	4.718	25.5	250
筋69	2500	200	155	1:40	斜	φ8.2	4	4.32	27.1	235
弦69	2500	200	155	1:40	斜	φ3	54 36	4.718 4.995	25.5	235

目前我国使用最多的是弦69和筋69预应力钢筋混凝土轨枕，约占铺设总数的50%以上。这两种轨枕的结构形式基本相同，只是前者应力筋采用直径为3mm的高强碳素压波光面钢丝或刻痕钢丝，后者采用经过热处理的高强钢筋。

这两类轨枕的标准长度为2.5m。它们在外形上具有以下特点：

1. 轨枕底面为双楔形，这样可使轨枕两端有较大的道床支承面积，并提高轨枕在道床上的横向阻力。中间截面底

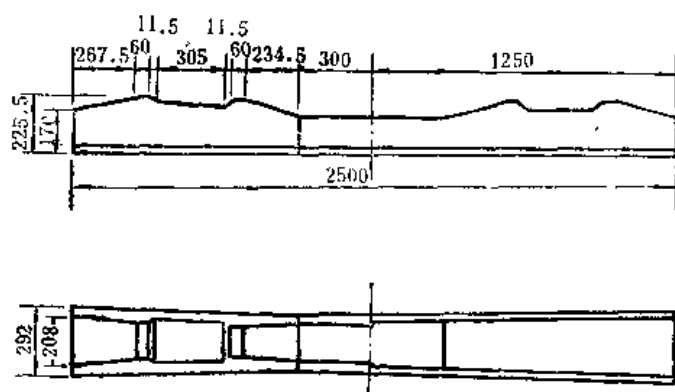


图 1—4 弦69及筋69轨枕尺寸图

部宽度较小、有利于掏空枕下道碴，防止轨枕中间断面出现过大的负弯矩。

2. 轨枕底面积 6525cm^2 ，如不计中间部分的支承面积、则为 5073cm^2 。

3. 轨枕断面为梯形，下大上小，这样可以增加道床支承面积，并有利于在轨下断面配置较多的正弯矩钢丝或钢筋。

4. 承轨槽：承轨槽宽305mm、深20mm，两侧各有一个与承轨槽成 60° 的斜面，承轨槽具有向内倾斜1:40的轨底坡。承轨槽上还有两个供硫磺锚固螺旋道钉用的预留孔，两预留孔中心距离为214mm。

5. 为增加轨枕与道床之间的摩阻力，在轨枕底面作出 $70 \times 70\text{mm}$ 、深10mm的凹形花纹。

四、铺设标准

混凝土轨枕每公里的铺设标准是根据运量和运行速度决定的，并与线路的设备条件，如钢轨重量、道床厚度等综合考虑，合理配套，保证在最经济的条件下轨道具有足够的强度

和稳定性。

对于运量大、速度高的线路，轨枕应该布置得密一些，以减小路基面、道床、轨枕和钢轨的应力及振动，同时，可以较好地保持线路的轨距和方向。对于运量小、速度低的正线及站线、专用线，轨枕可以布置得少一些。

混凝土轨枕铺设标准如表1—2。

混凝土轨枕铺设标准

表1—2

轨 枕	线路等级 钢轨重量 (kg/m)	重 型	次 重 型	中 型	轻 型
		60	50	43	38
铺 设 根 数 (根/公里)		1760	1760	1760~1600	1600~1520

《铁路工程技术规范》规定在下列情况下每公里增加80根混凝土轨枕：

1. 半径为600m及以下的曲线地段；
2. 陡于12%的下坡制动地段；
3. 长度为300m及以上的隧道内。

增加轨枕铺设根数，会减小轨枕间距，过小的间距影响捣固作业。在任何条件下，混凝土轨枕每公里最多铺设1840根。

第三节 联 结

钢轨和轨枕组成轨道框架必须依靠强有力的联结，它指的是两方面的含义：扣件连接钢轨和轨枕的能力；扣件与轨枕的牢固联结。

一、扣 件

(一) 扣件性能

为使钢轨与混凝土轨枕有效地联结在一起，应在轨枕适当部位安装扣住钢轨的扣件。用于混凝土轨枕的扣件，须能有效地传递钢轨所受的力，并能良好地保持轨道的轨距、水平和高低。为适应使用上的要求，扣件必须具有以下性能：

1. 适当的弹性：混凝土轨枕线路就轨枕本身而言，不具有弹性，其垂直和水平方向的弹性主要由扣件提供。现有扣件的弹性，扣板式扣件是由绝缘缓冲垫板、垫片和弹簧垫圈提供的，拱形弹片式扣件是由绝缘缓冲垫板、垫片和拱形弹片提供的，弹条Ⅰ型扣件是由绝缘缓冲垫板、尼龙座和弹条提供的。运营经验表明，现在铺设数量最大的扣板式扣件和拱形弹片式扣件，其弹性部件的弹性是不充分的，接头处尤为明显。弹条Ⅰ型扣件的弹条具有良好的弹性，可以满足扣件基本性能的要求。

轨下垫层弹性主要由绝缘缓冲垫板提供。根据使用要求，在非钢轨接头处绝缘缓冲垫板静刚度应为 $100\sim 130\text{tf/cm}$ ；钢轨接头处绝缘缓冲垫板静刚度应为 50tf/cm 。

2. 足够的扣压力：扣件扣结钢轨于轨枕要有足够的扣压力，以使钢轨、扣件、轨枕成为共同工作的整体。足够的扣压力又是锁定线路、防止爬行的重要技术性能。所谓足够的扣压力是指当钢轨弯曲和转动时，不致使轨底沿垫板发生纵向位移所需要的扣压力。但扣压力太大又会使扣件弹性急剧下降，影响扣件使用寿命。因此扣件扣压力必须适当。我国每根轨枕纵向阻力约为 1tf ，一组扣件的纵向阻力以 $1.5\sim 2.5\text{tf}$ 为宜，与之相适应的扣压力应为 $8\sim 12\text{kgf}\cdot\text{m}$ ，这样可使扣件的纵向阻力大于道床的纵向阻力，保证轨道框架和道床能共同工作。

为适应扣压力的需要，螺旋道钉要有足够的抗拔力。

3. 保持轨距：混凝土轨枕的螺栓孔间距和承轨槽宽度

是一定的，如果螺旋道钉锚固位置适当、扣件各部件制作公差符合规定时，能使扣板的前凸缘或轨距挡板的前端面密贴轨底，铁座紧靠挡肩，足以保持轨距。

由于轨枕和扣件存在制作公差，会产生扣件与轨底不密、与挡肩不靠的现象。据调查，轨枕的承轨槽普遍偏宽，扣板式扣件的扣板制造尺寸普遍偏小，不密现象比较突出，一般在4mm以内，钢轨内外侧不密约2mm。拱形弹片式扣件经改进的轨距挡板（前端面不带缺口）制造公差较小，不密情况比扣板式扣件有所改善。

这两类扣件的扣板或轨距挡板放不下去的情况很少发现。

扣件还要具有调整轨距的效能，以适应曲线地段轨距加宽或曲线上股钢轨磨耗轨距扩大进行调整的需要。

4. 调整钢轨高度的余量：线路维修和保养采用垫片起道作业时，扣件要具有与之相适应的调整钢轨高度的几何余量。根据计算，现有扣件轨下垫层总厚度不宜超过17mm。在这一限量以内，能满足扣件正常工作的需要。

5. 绝缘性能：绝缘性能由绝缘缓冲垫板和垫片来实现。

（二）扣件类型

我国用于混凝土轨枕的扣件，主要有两种类型、即扣板式扣件和拱形弹片式扣件。这两种扣件基本上都属于刚性扣件，不能满足线路对扣件的弹性要求，近年来，又研制成功一种弹条Ⅰ型扣件，使用效果很好。目前，弹条Ⅰ型扣件的铺设范围正在迅速扩大。

1. 扣板式扣件，见图1—5。

扣板式扣件是在用硫磺锚固固定的螺旋道钉上，安装一块特制的扣板扣住钢轨，适用于50、45、43及38kg/m钢轨。它具有以下特点：

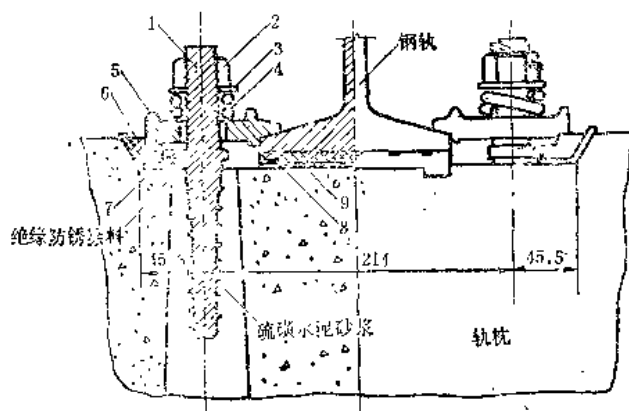


图 1—5 扣板式扣件组装图

- 1——螺旋道钉；2——螺母；3——平垫圈；4——弹簧垫圈；
5——扣板；6——铁座；7——绝缘缓冲垫片；8——绝缘缓冲垫板；9——衬垫。

(1) 采用不同的扣板号码可以适应各种不同类型钢轨和不同轨距的需要。对50和43kg/m钢轨均设计有5种扣板，每块都可翻转使用，共有10个扣板号码。直线上，两股钢轨内侧和外侧的扣板号码均相同；曲线上有轨距加宽时，应根据轨距加宽尺寸，加大内侧扣板号码，减小外侧扣板号码；钢轨有侧面磨耗时，应加大有磨耗的一股钢轨外侧的扣板号码，同时减小内侧的扣板号码。

(2) 扣压力：扣板式扣件的扣压力 T 与拧紧扭矩的关系可近似地用下式表达：

$$T = (150 \sim 200) \cdot M$$

式中 T ——扣板式扣件的扣压力（即螺旋道钉的拉力），用kgf表示；

M ——拧紧扭矩，用kgf·m表示。

一般组装扣压力 T 为 $2tf$ 左右，如以经验公式作拧紧扭矩范围的近似计算，则