

283106

高等学校教学用书

鐵路工程

上册

(鐵路綫路)

鐵道部教材編輯組選編



人民鐵道出版社

4432

54
83044j2
T.1

高等学校教学用书

鉄 路 工 程

上 册

(鉄 路 綫 路)

鉄道部教材編輯組选編

人 民 鉄 道 出 版 社

一 九 六 一 年 · 北 京

本書系铁道部教材編輯組选編，推荐为铁道学院铁道桥隧专业、铁道运输专业及铁道經濟专业教学用書。

本書分上、中、下三册，上册(铁路綫路)，中册(铁路建筑)，下册(铁路設計)。本册内容包括铁路綫路构造及設計方面的基本原理，铁路綫路維修与养护的基本知識。共分綫路上部建筑、軌道构造、綫路連接与交叉、路基及綫路业务五章。

主編单位：北京铁道学院铁道建筑系铁路綫路教研組

主編人：閻树春 胡竟燦

高等学校教学用書

铁 路 工 程

上 册

(铁路綫路)

铁道部教材編輯組选編

人民铁道出版社出版

(北京市霞公府17号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第010号

新华书店科技发行所发行

各地新华书店經售

人民铁道出版社印刷厂印

书号1778 开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张11 字数305千

1961年7月第1版

1961年7月第1版第1次印刷

印数0,001—3,024册 定价(10) 1.50元

前 言

在总路綫、大跃进、人民公社三面紅旗的光輝照耀下和教育为无产階級政治服务，教育与生产劳动相結合的方針指导下，几年来我国的教育事业取得了巨大的跃进。

为了全面地贯彻党的八届九中全会的精神及調整、巩固、充实、提高的方針，深入教育革命，进一步提高教学质量，1961年在党的领导与关怀下，在铁道部的直接組織与支持下，大力开展了铁道各专业的教科书及教学用书的編写工作。北京铁道学院铁道建筑系担任铁路工程一书的主編。本书分上、中、下三册，上册内容为铁路綫路，中册为铁路建筑，下册为铁路設計，作为高等铁道院校非铁道建筑专业教学用书。

铁路綫路是根据铁道桥梁与隧道专业、铁道运输专业、铁道經濟专业教学大綱編写的。因各专业要求有所差别，在使用本书做为教材时，应根据該专业的教学大綱，参考現行的各种规范适当的选择教学内容。本教材内容，主要是为了培养学生具有铁路綫路构造和綫路业务方面的基本知識，了解和掌握铁路綫路的构造，設計原理以及主要的維修方法，有助于学生对本門专业知識的进一步学习与掌握。

本书在編写过程中，主要以北京铁道学院铁道运输专业与铁道經濟专业的教学讲义为主，参考了唐山铁道学院、同济大学及其他兄弟院校的讲义，并且也参考了苏联 Г. М. 沙湖年慈 (Г. М. Шахуняц) 教授著綫路及綫路业务。北京铁道学院铁道建筑系铁道綫路教研組全体同志参加了編选工作。由于参加編选同志的政治思想水平不够高，生产与教学經驗不足，书中缺点在所难免，衷心希望讀者提出批評和指正，以便再版时补充修改。来函請寄北京铁道学院铁道建筑系。

編 者

1961年4月30日

20584/04

目 录

緒論..... 1

第一章 綫路上部建筑

§1-1 鋼軌..... 3

§1-2 扣件.....12

§1-3 軌枕.....21

§1-4 道床.....33

§1-5 地方鉄路的綫路上部建筑.....36

§1-6 无接縫綫路.....37

§1-7 綫路上部建筑强度計算原理.....40

第二章 軌道构造

§2-1 綫路与机車車輛的相互关系.....44

§2-2 直綫上的軌道构造.....46

§2-3 曲綫上的軌道构造.....47

第三章 綫路的联接与交叉

§3-1 道岔的构造.....65

§3-2 单式普通道岔的計算.....70

§3-3 单式特种道岔.....77

§3-4 复式道岔.....81

§3-5 菱形交叉及交分道岔.....81

§3-6 道岔組合的計算.....84

§3-7 提高过岔速度的途徑.....87

第四章 路 基

§4-1 路基橫断面.....88

§4-2 路基稳定性計算.....94

§4-3 保障路基稳固的措施.....98

§4-4 河滩路堤.....108

§4-5 路基变形、防雪、防水、防砂.....111

第五章 綫路业务及綫路机具

§5-1 綫路业务工作原理.....118

§5-2 綫路状态檢查.....120

§5-3 綫路經常維修中的主要工作.....136

§5-4 綫路工作用的工具及机具.....145

§5-5 綫路机械.....151

§5-6 运输机具.....160

§5-7 綫路工作組織計劃原理.....161

§5-8 綫路經常維修.....165

§5-9 綫路大中修工作内容.....171

緒 論

§1 概 述

鐵路綫路由上部建築和下部建築所組成。

上部建築包括：鋼軌、軌枕、道床、鋼軌扣件、防爬器、道岔等；下部建築包括：路基、橋涵、隧道、擋土牆等。由這些不同材料所構成的各個部份組成一個整體結構，以便使列車行駛於其上。

鐵道綫路是一個複雜的工程結構，它處於極其繁重的條件下工作。承受着重量大、速度高的由列車車輪傳來的，大小及方向經常改變而錯綜複雜的动力作用，使綫路產生多種多樣的變形。此外，綫路暴露在大气中，不斷遭受自然營力的侵襲，如氣溫變化使鋼軌脹縮；干湿交替使枕木干裂以至腐朽；塵土飛揚加速道床脏污；冬季道床凍結失去彈性；洪水可破壞整個綫路；大風雪可埋沒綫路；鋼軌銹蝕、路基變形也會隨時發生。

以上這些因素隨時引起綫路狀態的改變，因此，要求經常地進行維修和及時的定期修理。隨着運輸的發展要求把綫路加強，還必須進行綫路的改建工作。

在鐵路運輸業中，運營的特征、數量及條件（列車的重量和速度、車輛結構、軸重及貨運強度）與綫路及綫路業務有密切的聯繫，有互為因果的關係。綫路結構的類型及其完好的程度直接影響列車運行速度、綫路結構承載能力，影響綫路通過能力；綫路質量的好壞也直接涉及到綫路工作的工作量，而這些工作有時也將嚴重地干擾列車的正常运行。相反地，在一定的運營條件下，要求相適應的綫路結構及綫路工作方法。隨着貨運強度的增加，軸重加大和運行速度的提高，上部建築各部份的磨損就要加劇，應力和變形就要增加；而行車密度的增加也給綫路工作帶來困難，因此需要選擇適應的綫路結構類型和各部件的結構，以減少各部件的磨損，延長使用壽命，減少綫路維修工作量；採用正確的綫路工作方法和維修工具，提高綫路質量，以確保列車以規定速度安全和不間斷地運行。

以上這些工作是擺在綫路工作者面前的重大任務，綫路構造及綫路業務也是每個鐵路工作人員必備的知識，需要共同努力，為日益發展的鐵路運輸業而服務。

§2 我國鐵路綫路的發展情況

舊中國的鐵路是帝國主義侵略和掠奪我國物質財富的工具。鐵道的建設主要是為帝國主義的權益服務。從我國有鐵路以來到解放時止的年代里，不但鐵路網發展遲緩、分布不合理，而且設備的規格、類型也極不一致，建築標準也不統一，不同類型鋼軌竟達130多種，干綫上的鋼軌重量絕大部分每米重都少於38公斤，軌枕類型不一，木枕多未經防腐處理，使用壽命很短，扣件的種類更為繁雜，而且綫路上也缺乏防爬設備和墊板，綫路上道釘浮起，土埋草長，到處是病害，經常出事故，無人負責管理保養，綫路質量低劣，技術狀態落后，因而運輸能力非常薄弱，行車速度很低。

解放後，十一年來，我國鐵路員工在黨的領導下，精神奮發，斗志昂揚，不但大力修建新鐵路，並且對舊鐵路加強了技術改造工作，採取了許多提高綫路質量的措施，從1950年起在干綫上逐漸增設了墊板和防爬設備，這對於改進綫路質量起了決定性的作用；1954年起我國鋼鐵企業大量生產較重型鋼軌，截止1958年底，全國正綫上已鋪設新軌達14367公里，其中絕大部分是每米50公斤和每米43公斤重的鋼軌；在軌枕方面，加強了木枕防腐和維修，擴建和新建了六個枕木防腐工廠，做到素枕不上道，1957年起開始試用鋼筋混凝土軌枕；在道岔

方面，旧铁路道岔技术落后，通过速度低，折损磨耗严重，标准极不统一，从1952年起设计并创造了各种重量的9~12号单开道岔，对旧道岔进行了大批的更换，1956年开始又对旧道岔进行了小型技术改造，大大地缩减了道岔磨耗量和折损事故，延长了道岔的使用寿命，大量节省了养护费用，相应的提高直向、侧向通过速度10~15公里/小时；在路基方面，加强了维修，整理排水系统和必要的加固，完全消灭了杂乱荒蕪长满杂草的现象。线路的面貌焕然一新，得到了彻底的改善，线路质量有很大提高，设备状况也有显著的改善，现在重型机车已可在全国干线上高速行驶，一般干线允许行车速度为每小时80~90公里，重要干线已达120公里。

铁路线路质量的提高是完全由于党的正确领导，大搞群众运动，与在全路广泛开展群众性的科学研究和技术革新所取得成就分不开的，建国以来就开始稳步发展铁道科学研究机构，1956年编制了铁道科学技术发展远景规划；尤其是1958年以来，在铁路部门也出现空前的大跃进局面，一个全国范围的铁道科学技术研究网基本形成，各铁路局、设计院、铁道学院及专业研究机构都开展了大规模的群众性的科学研究工作，全路职工经过伟大的整风运动以后，思想解放，发挥了敢想、敢干的共产主义风格，在各个工作岗位上刻苦钻研，埋头苦干，创造发明如雨后春笋，许多发明创造不仅对于完成当前运输任务起了重大作用，而且也以新的技术设备装备了线路。属于线路构造方面的有：提高钢轨耐磨耐腐蚀的低合金钢轨，高锰钢辙叉，新型和大道岔；木枕的防腐和胶拼，预应力钢筋混凝土轨枕；弹性扣件和焊接长钢轨；整体轨下基础；线路机械以及线路强度计算理论等等。在党的“两条腿走路”的方针指导下群众创建了地方铁路，这对于解决我国短途运输，起了重大作用。不久的将来，线路科学的各个方面一定能够飞跃的向前发展。

十一年来，在线路业务方面也有巨大改变，经营管理在不断改进。我国解放前养路工作纯为手工方式，工效低，劳动强度大。解放后，在党的领导下，发挥了群众智慧，改进了工作方法与组织，改进工具，创造了各种小型工具，提高了劳动生产率。养路半机械化和机械化有了迅速发展，自从1953年起，铁道部就为较多的养路工队配备了机械化机具，1958年以来，全国开展技术革命运动，创造了数十种半机械化工具，提高了工作效率，降低了劳动强度。在这个基础上1959年全国铁路开展了养路机具的改革运动，同时大量的制造了各种电动机具，大多数养路工区都配备了比较完整的半机械化工具，完全改变了多年来使用笨重的手工具养路的落后面貌。

十一年来，我国铁道事业的成就是巨大的，科学技术的收获是丰硕的，在设计上有统一的技术标准，使全国铁路在统一标准下进行建设，充分显示了社会主义制度的优越性。

在党的正确领导下，总路线的光辉照耀下我们已摸到了一条建设铁路的道路，这条路就是：政治挂帅，群众路线，全面协作，两条腿走路，综合经营，高速度的建设铁路，高效率的使用铁路。

第一章 线路上部建筑

路基顶面以上，轨道的各组成部分均属于线路上部建筑。由钢轨、轨枕，联结零件，防爬设备，道床和道岔（详见第三章）等组成。

上部建筑各部分的传力特征是由上面强大压力作用于较小承压面上再逐渐向下扩大其承压面而传至路基面。就目前一般的机车和走行速度，车轮踏面与钢轨的接触应力可达7000~9000公斤/厘米²，钢轨作为梁支于轨枕上，钢轨的挠曲应力可达1800~2400公斤/厘米²，由钢轨施于垫板上的压应力约为35~40公斤/厘米²，垫板扩大了承压面，将力传递至轨枕面上，该处的承压应力约为20公斤/厘米²，轨枕下面道床顶面的应力平均仅为1.5~3.0公斤/厘米²，经道床而传至路基面上，则只有0.8~1.0公斤/厘米²。

由于线路上力的分布特性，才有可能用不同力学性质的材料组成上部建筑，即由高强度

材料一直到松散的土壤，如鋼、木材、碎石和土壤等。

百余年来，綫路结构的型式就是按照这个特征构成的。从力的傳遞性質看来是合理的，从建造費用看也是經濟的。但是，它們之間組合成整体的方式还不够坚固和稳定。就使用过程看，最上面（鋼軌）的使用期限較下面（軌枕、道床）为长这又是一大弱点。因此，随着运量的增长和各門科学技术的发展，人們正在逐步研究革新上部建筑的构造型式。

§1—1 鋼 軌

一、鋼軌功用及应备性能

鋼軌是綫路上部建筑最重要的組成部分，用来引导列車走行方向，直接承受由列車車輪傳来的动載重，并把动載重傳遞到軌枕上去。

鋼軌在車輪作用下的受力情况是十分复杂的。由車輪施于鋼軌上的力 Q ，在每一瞬間，其大小、方向及作用点都在变化着。这个力可分解为三个分力，即：垂直力 P ，横向水平力 H 和沿着鋼軌軸綫的纵向水平力 II 。如图1—1所示。

此外，鋼軌还受气候及其他因素的影响，例如，温度升降时，引起鋼軌的脹縮，而引起鋼軌在軸綫方向作用的附加力等等。

在上述力的作用下，鋼軌产生复杂的变形，如压缩、伸长、弯曲、扭轉、压潰和磨耗等。在鋼軌各部分，除了主要应力外，还有局部应力，如車輪压于鋼軌，在接触点上所产生的接触应力，这种应力能达到很大的数值。由于上述各种力的作用及其所引起的鋼軌的变形，为保証列車运行，必須对鋼軌提出特殊的要求。然而，这些要求往往是彼此矛盾的，以致不得不作适当的并顧。

在列車运行时，对于機車的动輪，需要輪軌間的摩阻力，为此，鋼軌头部滚动面要有足够的粗糙。但对于車輛來說，摩阻力构成列車的走行阻力，又需要鋼軌头部的滚动面光滑。显然，这两方面的要求是互相矛盾的。現在，鋼軌头部并不特別处理，当有必要增大主动輪与鋼軌間的粘着力时，由機車上的沙箱在主动輪前的鋼軌頂面上撒沙。

鋼軌在綫路上当成置于連續彈性基础上的梁，为了抵抗弯曲，尤其在垂直平面內，要求鋼軌具有剛性，但为了保証鋼軌和列車走行部分不至于折断和損坏，則要求鋼軌具有柔性。

为了使得鋼軌在动力冲击下不致于折損，鋼軌应具有韌性，但是为了增强鋼軌的抗磨能力，以及提高鋼軌的使用期限，鋼軌必須坚硬。

鋼軌的鋼料質量、形状、重量、耐磨性以及制造技术之間，互相有密切的联系。在目前的鐵路綫路工作条件下，由于軸重大，运行速度高及貨运强度大，所以，对鋼軌的重量、形状、鋼料質量也有相当的要求。就是說，上述种种因素之間互有依存的关系。

機車軸重和行車速度越大时，作用在鋼軌上的动載荷也越大，因此，鋼軌的鋼料質量应越高，断面的慣性力矩应越大，鋼軌也应越重。

機車軸重越大，則軌头表面应愈坚硬，以便在較大的載重傳遞到軌头不大的面积上时，不致压潰軌頂。

綫路的貨运强度越大，則鋼軌必須越耐磨，以便保証鋼軌有足够的使用期限。

綫路上部鋼軌的工作情况，主要决定于軌鋼的質量，而軌鋼的質量又决定于金属的化学成份，金属結構、鋼軌断面和力学性能。例如，鋼軌的耐磨性与鋼中的主要化学成分的含量有关。鋼的硬度与鋼的金属結構有关，此外，鋼的强度又与其硬度有关。关于軌鋼的質量，

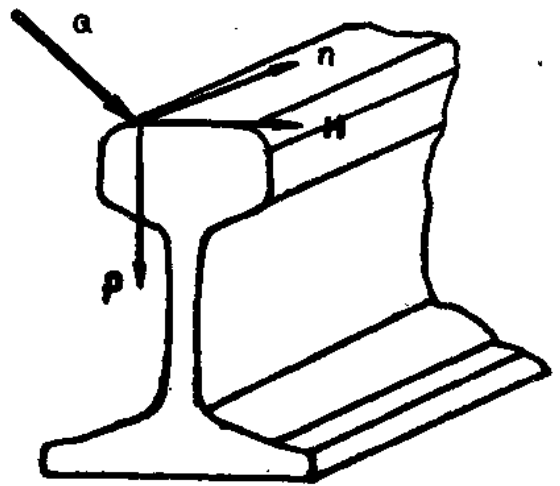


图1—1 鋼軌受車輪作用力系图

在以后叙述。

二、鋼軌断面形状和尺寸

技术管理規程中規定，“上部建筑的类型、式样及尺寸，应經常保持完好状态”。即如前所述，綫路上部建筑在强度和稳定性方面，应当保証列車按規定的最大速度无間断的运行。鋼軌为綫路上部建筑最主要組成部份，当然不能例外。

为了满足对鋼軌所提出的要求，除了鋼軌質量上予以保証外，还必須有正确的形状，足以承受高速列車的動力作用。鋼軌的形状除了应具有足够的强度外，还需力求鋼料在断面中分布均匀，并保証鋼軌的耐久性，也即把鋼料适当集中于最易磨耗部分。

目前，世界各国鉄路上部建筑的构造型式，仍然是將鋼軌置于横向軌枕上，視鋼軌为置于彈性支点上梁。作用于鋼軌上的各力，最主要的为垂直力，因此，当垂直力作用于梁上而产生弯曲，抵抗这个力最合适的梁的断面是工字形。所以鋼軌断面均設計成工字形。在

鋼軌的头部要适合車輪滚动和耐磨，鋼軌底部，应有足够的稳定性并便于扣着在軌枕上。断面中部，既不与車輪接触，又不与軌枕接触，可以窄小些。

經過鉄路上多年实践，认为寬底式鋼軌好些。現在，除英国外，一般均使用寬底軌。

軌頭頂面做成凸起圓弧形，使車輪压力比較集中于鋼軌断面軸綫。运营經驗得出，鋼軌被車輪滾压后，軌頂滚动面接近于圓柱面，半徑为200~300毫米。現在大多数鋼軌軌頂圓弧半徑均用 $R = 200 \sim 350$ 毫米。半徑 R 越小，則車輪压力愈趋近于鋼軌軸綫，但傳遞压力的面积越小，因而接触应力越大。

我国国产 $P-50$ 型， $P-43$ 型，及44.6公斤型鋼軌断面型式如图 1—2 ~ 1—4 所示。

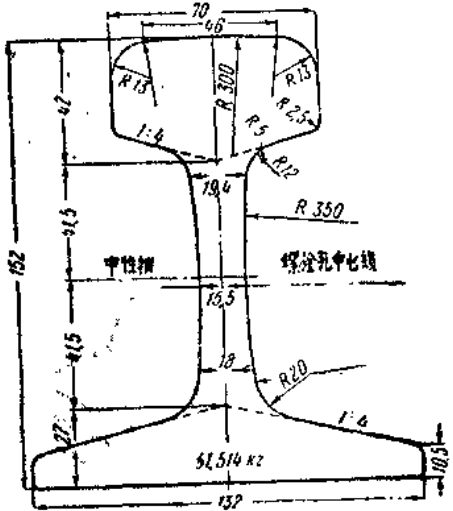


图1-2 P-50型鋼軌断面图

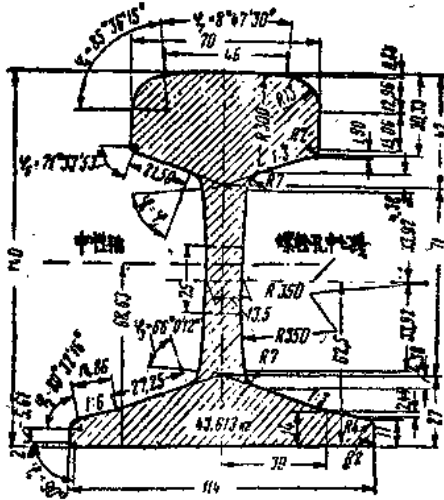


图1-3 P-43型鋼軌断面图

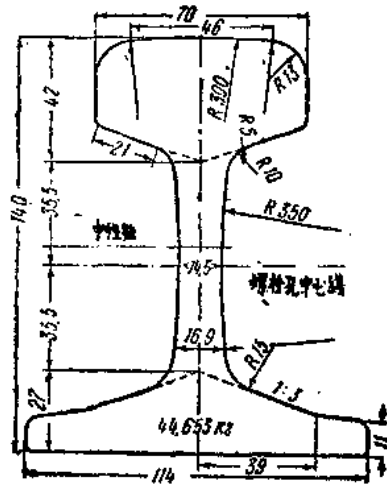


图1-4 44.6公斤鋼軌断面图

鋼軌頂面与侧面用半徑为13毫米圓弧联接。半徑过大，則减少了軌頂滚动面寬度，并且車輪有爬上軌頂的危險。半徑过小則增加了鋼軌和輪緣的磨耗。

鋼軌头部侧面形状，在各國鋼軌断面形状中有三种不同形状，即：垂直的，向上展寬的和向下展寬的(图 1—5)。苏联在1889年起(俄国)曾鋪設了向上展寬的鋼軌。以后在1935年也曾进行了設計和試制研究，在理論上，这种型式有如下优点：

1) 从轨头到轨腰的过渡比较圆顺, 轧制钢轨冷却时比较均匀, 减少过渡处的集中应力;

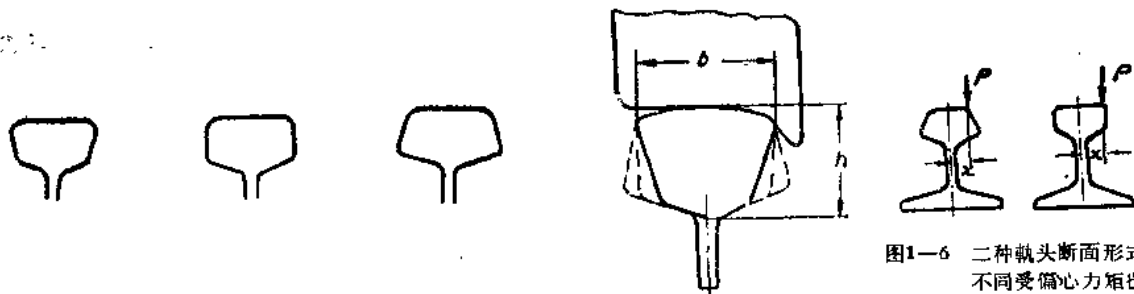


图1-5 钢轨头部断面形状

图1-6 二种轨头断面形式
不同受偏心力矩也
不同

2) 轧制时夹紧轨头较好, 有利于提高轧制质量;

3) 轨头的重心较高, 增大了钢轨断面的惯性力矩。

但是, 向上展宽的形式, 相应地减少了鱼尾板的支撑面积, 而且增加了车轮作用于轨头边缘时的偏心距 (图 1-6)。所以, 现在一般均用垂直侧面或向下展宽的形式, 我国钢轨均用垂直侧面。

轨头下边的倾斜面从实践中证实应以 1:3 或 1:4 为佳, 如轨头底边做成水平面或倾斜不大时, 则鱼尾板承受动力时将过于刚硬, 从而加速接头的磨损及破坏。如倾斜甚大时传递动力于鱼尾板虽有弹性, 但鱼尾螺栓的拉力却大增, 鱼尾板以楔形状态处于钢轨的腰部, 当鱼尾板磨损之后, 拧紧螺栓应尽可能使其重新密贴于钢轨。轨底顶面的外形与轨头底面一样, 即 1:3 或 1:4。轻型钢轨的轨底顶面做成折线形, 支持鱼尾板的支面做成 1:3 的坡面。而其他部分为了节省钢料做成比较缓和的坡面, 如 1:6 或 1:8, 两坡面之间用半径为 25~40 毫米的圆弧联结之。

轨腰与轨头及轨底的联结十分重要, 与轨头的联结应尽可能用大半径, 以加大厚度提高抗剪强度并减轻温度应力和集中应力。但为了保证鱼尾板有足够的支持面, 联结半径的加大又受到限制。我国 P-43 型钢轨, 轨腰与轨头的联结曲线半径用 7 毫米, 改进后的断面用两个曲线, 离开轨头底面的半径为 5 毫米, 再过渡到轨腰的半径为 10 毫米。对于重型钢轨, 这两个曲线半径稍为增大, 第一个为 7~8 毫米, 第二个为 15~16 毫米。

轨腰与轨底的联结采用 15~30 毫米的半径。

轨头侧面与轨头底面的联结, 以及轨底侧面与轨底顶面及底面的联接, 均采用半径为 2~4 毫米的圆弧。以免产生集中应力。

钢轨腰部形状, 旧型钢轨采用过垂直型, 但因与轨头及轨底的联接较弱, 以后均改为曲线型, 曲线半径由 350~450 毫米。圆心位置在螺栓孔轴线上 (P43 及 P50)。

钢轨断面形状已如上述, 至于确定钢轨的重量和基本尺寸 (轨头宽度、轨高及底宽) 所应考虑的因素更为广泛, 其基本根据如下。

钢轨的重量主要由机车车辆轴重、行车速度及货运强度决定。在现有的上部建筑形式, 一般趋势为逐渐提高钢轨重量 (当构造型式改变时, 则不仅钢轨重量将有可能改变, 钢轨断面形状也有可能变更)。至于各国在不同的运量、行车速度和轴重下所规定的钢轨重量, 视各国的条件而异。例如我国设计规程上规定, 当机车轴重为 24 吨, 最大行车速度为 140 公里/小时, 一条线上一年的通过运量往返总重为 1800~3000 万吨时, 用每米 50 公斤的钢轨。

确定钢轨重量后, 再决定断面中钢料的分配, 既考虑到头部为摩擦用的钢料, 也顾及头部与底部钢料相差过多时, 轧制钢轨冷却时将形成弯曲。

钢轨的高度, 参照现有各类型钢轨的使用情况试定之。

底部宽度, 与使用扣件类型有关, 在使用垫板的线路上, 一般偏于窄些, 因为 (1) 在同样的钢料分配下, 轨底较窄对轧制后的冷却条件有利; (2) 减少由于偏心压力而产生的

軌底兩邊應力的差別，(3) 減少由於軌底不密貼而產生的折損危險，我國鋼軌的底寬 B 與軌高 H 之比 ($B:H$)，對於 $P-50$ 型為 0.87，44.6 型為 0.815。蘇聯鋼軌的底寬也較窄，對於 $P65$ 及 $P75$ 型的 $B:H$ 均為 0.835。

軌頭寬度是考慮能使軌頂上均勻磨耗，如頂面過寬，則只磨耗一側。若過窄則使車輪踏面受到集中磨耗。

在表 1—1 中列入我國標準鋼軌斷面數據

標準鋼軌斷面數據

表 1—1

主要數據	單位	P38公斤	P43公斤	44.6公斤	P50公斤
全長	米	12.5	12.5	12.5	12.5
每米重	公斤	38.677	43.6	44.653	51.514
總重 (有孔的)	公斤	403.003	544.583	557.690	613.492
總斷面積	厘米 ²	49.306	55.7	57.0	65.8
軌頭所占面積	%		43	42.83	38.68
軌腰所占面積	%		20.5	21.31	23.77
軌底所占面積	%		36.5	35.86	37.55
對橫軸慣性力矩	厘米 ⁴	1203.108	1472.0	1489.0	2037.0
對垂直軸慣性力矩	厘米 ⁴		257	260	377.0
上部斷面系數	厘米 ³	178.843	206	208.3	251.3
下部斷面系數	厘米 ³	180.295	214.5	217.3	287.2
側面斷面系數	厘米 ³		45	45	57.1
軌高	毫米	134	140	140	152
軌底寬度	毫米	114	114	114	132
軌頭寬度	毫米	68	70	70	70

三、鋼軌材料

鋼軌質量視其斷面形狀和軌鋼質量而定。軌鋼質量又決定於鋼料化學成分，結構及其力學性能。

軌鋼的化學成分 通常所用的鋼軌均為碳素鋼，它的硬度、強度及耐磨性隨含碳量的增加而增加。但增加含碳量將使鋼的脆性加大，尤其在受拉區。鋼軌沖擊試件的破裂數量與未經熱處理的鋼軌中含碳量有關，圖 1—7 表示隨着鋼中含碳量增多，破裂試件出現的百分比增多。這是由於鋼軌硬度增加而塑性降低的緣故。

含碳量增加，鋼軌中出現缺陷的可能性更大。因此，對於高碳鋼就應有更現代化的技術作業過程，以消除軌鋼內部的白點。

軌鋼中除了含碳以外，還含有硅 (Si)、錳 (Mn)、硫 (S)、磷 (P) 等元素。

硅能提高鋼的硬度和耐磨力，但如果僅僅增加硅的含量，並不能得到好結果。

錳能提高鋼的硬度，耐磨性和韌性。

磷使鋼具有冷脆性，硫使鋼具有熱脆性。

一般鋼軌的化學成分列於表 1—2 中

軌鋼的結構：軌鋼的質量不僅表現在化學成分上，也表現在金屬的組織和結構上。

檢驗軌鋼的組織分為低倍組織檢驗和金相檢驗。低倍組織用來檢驗合金的化學不均勻性、偏析、疏松、白點、裂紋、分層、外來夾雜物等等缺陷。合格的低倍組織應該沒有上述缺陷。檢查時取試樣磨光浸於 50% 濃鹽酸和 50% 的水配成的腐蝕劑中，加熱至 70°C 約半小時取出，用肉眼或用放大鏡略加放大檢驗。

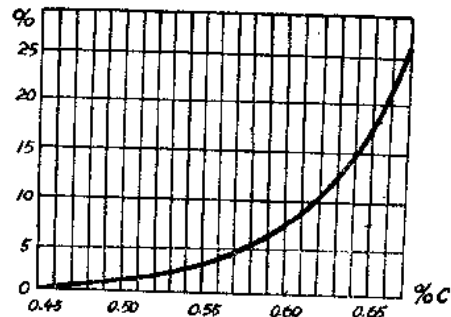


圖 1—7 鋼中含碳量與試件受沖擊破裂的關係

表1-2

鋼 号	化 学 成 分 (%)					抗张强度 公斤, 毫米 ²	应 用 范 围	
	C	Mn	Si	P	S			
平74	0.67~0.80	0.70~1.00	0.13~0.28	≤0.040	≤0.050	≥80	50公斤鋼軌	
平71	0.64~0.77	0.60~0.90	”	”	”	”	38及43公斤鋼軌	
平67	0.60~0.75	0.60~0.90	”	”	”	≥75	33公斤鋼軌	
轉68	286	0.60~0.75	0.80~1.10	1.15~0.30	≤0.05	≤0.06	≥80	50公斤鋼軌
轉63	263	0.55~0.70	0.70~1.00	”	”	”	≥75	38~43公斤鋼軌
轉55	255	0.45~0.60	0.60~0.90	”	”	”	≥65	33公斤鋼軌

金相組織是用来檢驗軌鋼的結構。把鋼軌試件放大至100倍以上，从其呈現的軌鋼組織进行檢驗。

軌鋼的力学性质 軌鋼的彈性极限、屈伏极限、强度极限、疲劳极限、延伸率及硬度等指标，都可表示軌鋼的性质。

檢驗鋼軌的力学性质是以抗張强度、韌性（落錘試驗）、硬度等指标来表示的。

我國鋼軌硬度为布氏250左右。軌头淬火之后，硬度为布氏302~401。

鋼軌的验收 鋼軌的验收規則及試驗方法由国家标准規定。

檢查項目主要有：化学成分、落錘試驗、抗張試驗、硬度試驗、低倍組織檢驗等。

落錘試驗是从每个熔炼号的一根鋼軌軋件上，在热状态下切去縮孔端后截取一段长约1.3米的試样，置于跨距1米的支座上，支座半徑为125毫米。軌头向上。每次落錘冲击后用1米长直尺，貼在試样軌头上，測量其撓度。試驗要求如表1-3。

表1-3

鋼軌类型	重 1000公斤	
	錘 高 度 (米)	第一次打击后的撓度 (毫米) 不超过
50公斤	6.1	55
43公斤	5.5	55
38公斤	5.2	55
33公斤	5.0	55

凡各項均符合表1-3标准者为一级品。除此外国家标准鋼軌技术条件中列有二级品的規定。

標記 在每根鋼軌的軌腰上，軋上突出1毫米及宽度不小于25毫米的如下順序的符号：

(1) 制造厂标号；(2) 鋼种符号；(3) 鋼軌制造年月；(4) 鋼軌类型。

一级品鋼軌不涂油漆，二级品鋼軌在端面上軌底两侧及軌腰中心处涂上洗不掉的紅色油漆三点，并打上不易磨灭的記号。

四、鋼軌的使用期限

确定鋼軌的使用期限对編制經濟计划具有巨大的意义，可以用来估算某一区段以至全国运营綫路上每年所需更換鋼軌的数量及其工作量，以及选择最經濟的鋼軌类型。

一般运营綫路上更換鋼軌的原因多是由于磨耗达到限度、折断、损坏和腐蝕。但据統計証明，在正常的运营条件下，因损坏和折断而更換鋼軌所占的比例，仅約占1%，計算鋼軌使用期限时可以忽略不計。因腐蝕而更換鋼軌，只有对于鋪設在隧道內、盐碱地区及运量甚小的綫路上的鋼軌，才有实际意义。計算使用期限时，同样可以忽略不計。

鋼軌的使用期限用下列公式計算

$$T = \frac{\omega}{\beta_{cp}} \text{ 百万吨 (毛重)} \quad (1-1)$$

式中：T——鋼軌达到規定的极限磨耗以前，所能通过的运量总吨数；

ω——軌头的容許磨耗面积，毫米²；

β_{cp}——鋼軌的磨耗系数，每通过百万吨运量，軌头的磨耗面积，单位为毫米²/百万吨。

由此，在鋼軌达到規定的容許極限磨耗 ω 以前，所能通过的总吨数 T' ，被每年运量 T ，除之即得鋼軌的使用期限 T_p 。

$$T_p = \frac{T'}{T} \quad (1-2)$$

由公式 (1-1) (1-2) 可知，問題在于确定 ω 和 $\beta_{c,p}$ 值。

鋼軌允許磨耗面积 ω 的确定 軌头磨耗形状决定于鋼軌在綫路上的工作条件。磨耗是以軌头的磨損或压潰的形式表現出来。若比較已經磨耗过和新軌的軌头断面，就可以得到磨耗形状的清晰概念。并且可以确定那一部分磨耗是由于磨損或压潰所引起的。图1-8示出磨耗总面积 ω ，及压潰面积 ω_1 和 ω_2 。实际磨損面积应等于 $\omega - (\omega_1 + \omega_2)$ 。

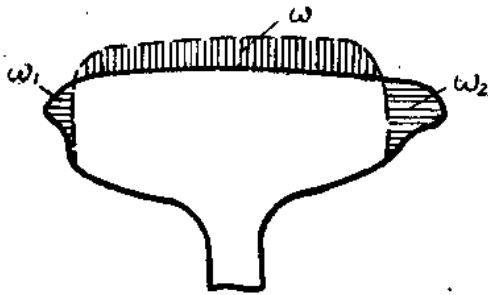


图1-8 軌头的磨損与压潰

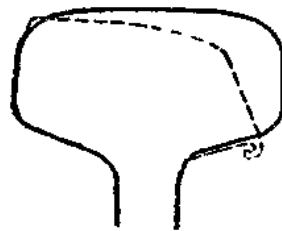


图1-9 曲綫外股軌头的側面磨耗情况

机車車輛的軸重对鋼軌的磨耗，尤其是对压潰有极大的影响。

曲綫段上軌头的磨耗形状和直綫上磨耗的形状有很大区别。而且内外股鋼軌的磨耗形状也不同。

曲綫外股鋼軌頂面的垂直磨耗，相对而言是不大的。外軌受到車輪輪緣頻繁的滑动摩擦，結果鋼軌側面工作面受到磨耗 (图1-9)。

側面磨耗决定于水平力，輪緣冲击角及輪緣和鋼軌的磨擦系数。

曲綫內股鋼軌軌头的磨耗形状，最常見的是垂直磨耗及强烈的压潰現象。如图1-10所示。这种磨耗形状，往往是由于外軌超高过度而使內軌的垂直載重过大所致。

此外，車輪的側向滑动会引起相当大的橫向滑动摩擦力，这就促使軌头被压潰。

确定鋼軌的使用期限时，并不考虑磨耗的形状，而是按照軌头的垂直磨耗計算，以軌头的垂直磨耗与軌头寬度的乘积求得磨耗面积。将側面磨耗按每毫米为0.5毫米折算为垂直磨耗。

軌头的磨耗面积，由下式計算，

$$\omega = h \cdot b - 70 \quad (1-3)$$

式中： h ——軌头的容許垂直磨耗量 (毫米)；

b ——軌头寬度 (毫米)；

70——鋼軌非工作边未經磨耗的圓角面积 (毫米²)。

軌头的容許垂直磨耗量由两种条件决定。其一是以剩余面积的承載能力决定。但为了充分利用鋼軌起見，常常采用当軌头磨耗至一定程度之后，換到运营条件較輕的綫路上。此时，容許垂直磨耗量按規定采用。其二是由几何条件决定。即当磨耗达極限的輪箍通过磨耗达極限的軌头时，輪緣不碰到螺栓帽，或双头式魚尾钣的头部。則最大的垂直磨耗由下式决定。

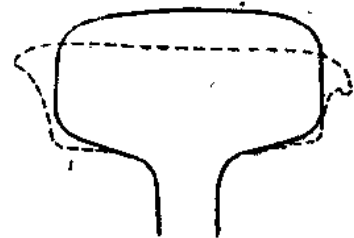


图1-10 曲綫內股軌头磨耗的形状

$$h_{\text{容許}} = \left(p - \frac{d}{2} \right) - f_0 \quad (1-4)$$

式中， f_0 ——輪箍達極限磨耗的車輪的輪緣突出的最大值；

d ——接頭螺栓帽的外直徑（取對角線）；

p ——由未被磨耗的鋼軌頭頂面到螺栓軸線的距離。

用何種條件確定最大容許垂直磨耗量，視具體情況決定。

磨耗係數 β_{cp} 值的確定 鋼軌的磨耗係數均以通過每百萬噸運量的軌頭磨耗面積（毫米²）計算。

鋼軌的磨耗係數的準確性，直接關係到所得使用期限的實際價值。磨耗係數與許多因素有關，只能在長久的運營過程中積累經驗。蘇聯許多學者在這方面進行了許多工作。我國對鋼軌磨耗的研究還開始不久，經驗還少。

影響鋼軌磨耗係數的因素主要有：

- (1) 通過的運量；
- (2) 綫路的平面和縱斷面；
- (3) 綫路上部建築類型；
- (4) 軌鋼的質量；
- (5) 機車車輛的質量和結構；
- (6) 綫路及機車車輛的維修質量。

β_{cp} 值的大小是根據綫路不同的構造和運營條件實際測定獲得。

五、鋼軌損傷的原因和延長使用期限的措施

鋼軌應該是耐磨和堅固的。耐磨性與使用期限有關，而堅固性則與保證行車安全有關。

更換鋼軌的原因有二，一是鋼軌達到容許極限磨耗量而從綫路上換下來，影響磨耗的因素及計算使用期限的方法已於上一節討論過。二是鋼軌損傷和折斷而從綫路上換下來。

因折斷及損傷而更換鋼軌的數量所占的比重不大，大約不超過更換鋼軌總數的1~2%。但從保證列車運行安全來說，卻是最重要的。

有許多因素影響到鋼軌由於損傷和折斷而更換的數量。鋼軌磨耗量、鋼軌類型、軌枕根數、鋼料質量等等均與鋼軌的損傷和折斷率有關。

鋼軌的磨耗量對鋼軌因損傷和折斷而更換的數量的關係，示於圖1—11中。圖中曲線1表示軌頭的垂直磨耗，曲線2表示軌頭的側面磨耗，縱座標表示鋼軌的更換率。若取鋼軌垂直磨耗為0~3毫米時的更換數量為1時，則其垂直磨耗和側面磨耗量與更換數量的關係如下：

當垂直磨耗為：	相對抽換值
3~6毫米	4.91
>6毫米	16.69
當側面磨耗為：	
0~2毫米	0.57
2~5毫米	6.91
>5毫米	14.26

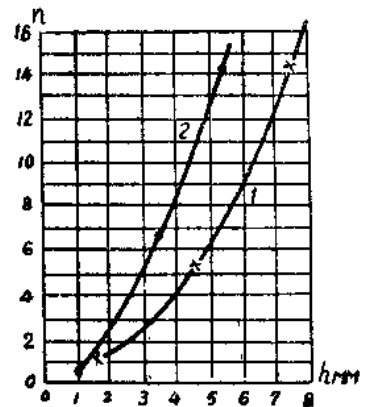


圖1—11 鋼軌因垂直（曲線1）、側面（曲線2）磨損更換數量的關係。

軌頭磨耗所產生的影響，是由於磨耗後削弱了鋼軌斷面，在已通過的運量影響下，軌下產生了疲勞現象，出現了各種損傷。這和鋼軌在綫路上使用期間越久，更換率增加的原因是相同的。

因此，考慮到這種因素，養路標準中規定的當軌頭磨耗達一定限度之後，改鋪於次要綫路上的措施是合理的。

影響鋼軌抽換的因素有下列幾種：

- (1) 鋼軌重量對更換鋼軌數量也有很大影響，鋼軌重量越大抽換比例越小。

(2) 每公里枕木根数越多抽换比例越小。

(3) 线路平面和纵断面对钢轨的折损也有关系，坡道越大抽换数量也越大。曲线曲率越大抽换比例也越大。

(4) 钢轨更换量与季节有关。当冬季温度低时，更换钢轨的数量增多。

根据统计资料，可以得出各种因素与钢轨由于损伤和折断而抽换的数量之间的关系。

为了进一步研究延长钢轨使用期限的措施，必须了解各种损伤的现象。在这方面，统计资料的意义是很大的。

图1—12中示出钢轨各种损伤的现象及按不同特点的分类。每一小图中均有两个数码。第一个数字表示损坏的种类，第二个数字表示该类型中的不同形态。

按统计资料可划分为九种损伤类型：

1. 螺栓孔以外接缝处或沿螺栓孔发生的裂缝及折损(10~12)。
2. 轨头纵向分层及与分层相连的，在接缝上或沿钢轨长度的折损(20~22)。
3. 轨端或沿全长压溃(30~31)。
4. 沿轨底中部裂缝及与裂缝有关的崩落和钢轨横向脆折损(40~42)。

接头上的折损、裂纹及裂纹			因轨部分层而产生的折损及裂纹		
10	11	12	20	21	22
不在螺栓孔上的裂纹及劈裂			通过第一螺栓孔的裂纹及劈裂		
其他通过螺栓孔或其附近的裂纹及劈裂			接头上具有纵向裂纹的垂直分层		
头部的水平裂纹或部分劈裂			钢轨头部的纵向垂直分层		
钢轨接头及中部的压溃			因轨底裂层而产生的折损及裂纹		
30	31		40	41	42
大部扭曲成扁状但接头附近无裂纹		头部全裂或沿侧扭成扁状	轨底中央的纵向裂纹		轨底破裂
					沿轨底细小裂纹而发生的折损
横向折损及沿焊缝折损			钢轨疲弱而折损或经空转发生裂纹		
50	51		60	61	62
没有显著折损的横向折损		沿焊缝的折损	空转发生的裂纹或沿其折损		具有光亮短痕的横向折损
					具有暗暗
腰部裂纹及劈落			轨头及轨底的破损		
70	71	72	73	80	81
钢轨头部底部上的纵向裂纹		轨腰中央的纵向裂纹	轨腰及轨底的块形裂成劈落	部分轨头因空转	轨头上砂眼及空转擦伤
			水平裂纹而劈落		

图1—12 钢轨损伤的分类

5. 没有显著的裂缝或破坏现象的钢轨横向脆折损(50~51)。

6. 轨头部分内外横裂缝，及沿裂缝的钢轨折损(60~62)。

7. 沿轨腰的裂缝(70~72)。

8. 除上述各种外，其他的缺陷(80~81)。

9. 除上述各种外，其他的折损。

图1—13表示沿钢轨长度及断面上钢轨损伤的分布情形。列车运行方向自左至右。

鱼尾钣部位内钢轨的破坏数量，比鱼尾钣以外同长度内钢轨的破坏数量多25倍。双线上轨端的破坏次数，在迎车一端为送车一端的7倍，为接头区域以内的46倍。

增加钢轨重量及加强鱼尾钣，接头部分的损坏可显著减少。

接缝处损坏数量所以很大还因为轨条中断处的接缝引起冲击，造成不平顺所致。缝隙越大，则损伤越多。

最危险的一种损坏现象是脆折损。这是在列车行驶下突然发生的，事先看不到损坏迹象。由统计资料得知，因脆折损而更换钢轨的数量与钢轨内含量、轨底宽度等因素有关。为减少这种损坏现象，在钢轨断面上加强轨底，对轨底底面作较严格的规定。

在轨腰部分的损伤，裂缝，主要产生在轨腰与轨头的连接处，因此处应力集中。为消除这类损坏现象，采用加强轨腰及加大轨腰与轨头联接半径。

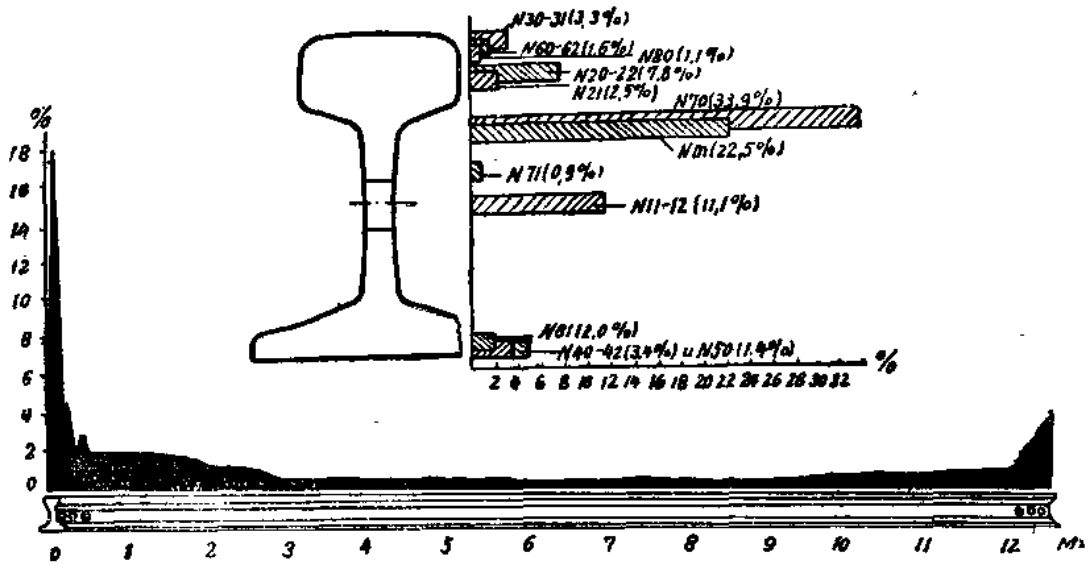


图 1—13 鋼軌的損傷沿長度及断面分布情况

延長鋼軌使用期限的措施可以从二个主要方面着手。

(一) 改善鋼軌質量。包括改善鋼軌断面形状和改善軌鋼質量。

改善鋼軌断面形状問題与設計断面形状論据相同。提高軌鋼質量这一类措施是属于冶金方面的。

鋼中的白点为鋼料中最危险的缺陷之一，它是由于鋼中的氢所引起的。当温度降低时，鋼中氢的溶解度急剧降低，此时氢即呈气体的分子状态由金属中析出，由于冷却过速而形成一种微細的内部裂隙，称之为白点。

若鋼軌中存在白点，在动力作用下，裂隙迅速扩展，以至引起鋼軌折断。图 1—14 为我国某綫上 37[#] 型損傷鋼軌的断面，軌头的发亮斑点为鋼中白点所引起的疲劳斑点。这种損傷鋼軌是由 MPД—52 型电磁探伤仪发现的。

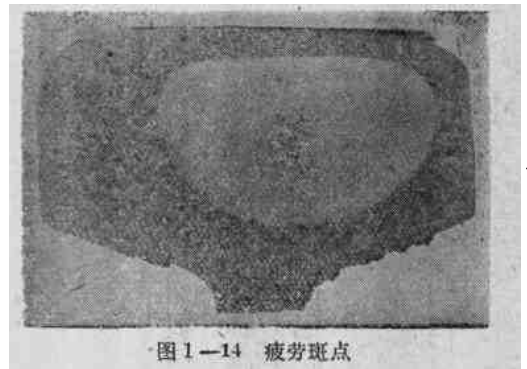


图 1—14 疲劳斑点

目前由于采取了延迟冷却及保持恒温数小时的措施，已經完全消除了白点。

鋼軌因磨耗及压潰而更換的数量与含碳量有关。

鋼中含碳量不能任意提高，提高了含碳量将增加产生白点的机会。而当含碳量达 0.85~0.9% 时，鋼的結構发生变化，耐磨性也不会增加。

目前采用增加鋼軌的耐磨性，耐腐蝕性的办法是用低合金鋼。我国采用含銅、錳、硅、鈦等不同元素和成分的合金鋼。

这种低合金鋼軌的抗張强度一般在 90 公斤/毫米² 以上，抗磨性能及疲劳极限均較普通鋼軌为高。

(二) 改善鋼軌使用条件

1. 機車車輛的走行部份应有严格的維修标准，車輪輪箍上的擦伤或不圓順，均将引起附加的冲击动力，我国技术管理規程規定，蒸气、电力、內燃機車車輪踏面擦伤深度超过 1 毫米时，客車車輪踏面擦伤深度超过 1 毫米、貨車超过 2 毫米时，禁止行駛于綫路上。

2. 加强綫路維修延長鋼軌使用寿命：

(1) 防止鋼軌折断：对綫路爬行，鋼軌接縫处的明坑或暗坑，軌底坡不合适、魚尾板弯曲和使用过限、接头螺栓不足或直径过小以及对鋼軌的任何損傷都必须及时加以維修和更

換以免發生鋼軌折斷的現象；

(2) 維修軌縫：經常保持正常的軌縫，及時修正過大軌縫和瞎縫以免鋼軌內部產生附加應力；

(3) 修整軌底坡：經常修整軌底坡使其合於標準，過大或過小都會使鋼軌偏心受力磨耗不均產生局部應力；

(4) 做好鋼軌的裝卸和堆放工作：鋼軌在裝卸和堆放時不得亂扔互相碰撞以免摔傷扭彎產生內部裂傷，同時也不允許堆放在不平的支撐面上；

(5) 禁止錘打鋼軌：禁止用錘打的辦法去撥動鋼軌；

(6) 接頭處禁止用帶傷的联接扣件：鋼軌接頭是綫路上最弱的地方所以不許在該處使用帶傷的發生裂紋的或磨損過甚的魚尾鋏，墊鋏，魚尾螺栓及道釘；

(7) 修理鋼軌：有傷鋼軌可在綫路上用堆焊法修理或抽換下來修理，修好後應按照使用舊軌技術條件鋪設在綫路上。有必要截斷時只限於鋸斷不許硬剝。

§1-2 扣 件

扣件分為中間扣件和接頭扣件兩種。中間扣件用以連接鋼軌與軌枕，並傳遞垂直力、橫向水平力、縱向水平力於軌枕上；接頭扣件用以連接兩根鋼軌的末端。

一、中間扣件

中間扣件可分為簡易式、不分开式、分开式及混合式。

簡易式扣件是用普通道釘、彈簧道釘或螺紋道釘將鋼軌連接到軌枕上。如圖 1—15。

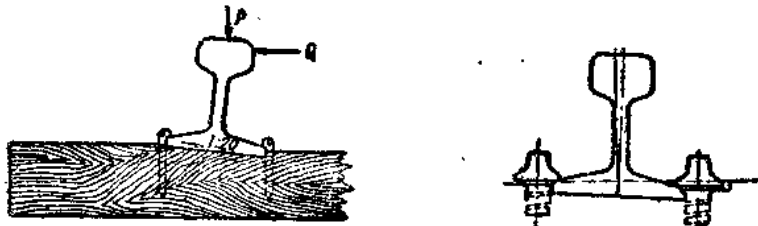


圖 1—15 簡易式連結

在垂直力 P 和水平力 Q 作用下，內側道釘抵抗拔出力，外側道釘抵抗推移力。

普通道釘用 1、2 或 3 號鋼製成。釘杆橫斷面是每邊為 16 毫米的正方形，釘長為 165 毫米，釘頭下部的形狀與軌底外形相適應。

我國採用的道釘如圖 1—16 所示。

在凍害地區，為平順的渡過隆起的地面，軌枕上要墊以凍害木墊板。為了把鋼軌釘牢在有木墊板的軌枕上，應採用加長的道釘，稱為凍害道釘。其長度為 205、230、255 及 280 毫米。

打入道釘前，須先將枕木鑽出圓孔。孔深 120 毫米，直徑約 12 毫米。這樣不致損壞木質纖維，並能增加對道釘的抗拔力達 30% 及抗推力達 20%。

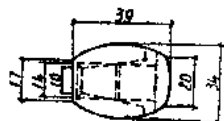
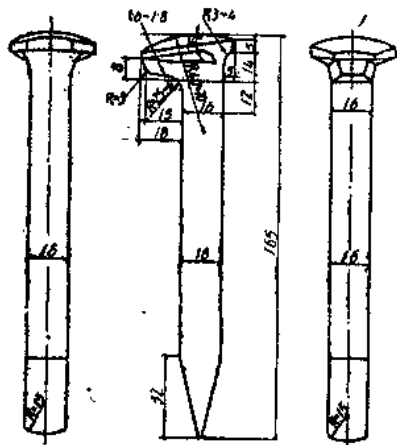
新的松木枕木，對道釘的抗拔力為 2000 公斤。抗推力約為抗拔力的 0.75 倍（當擠開值 5 毫米時）。

螺紋道釘（圖 1—17）的抗拔力比普通道釘大 0.5 ~ 1.0 倍，其抗推力則較之少 50%。

圖 1—17 中，螺紋道釘頂面有 H 者，為用於固定墊鋏於軌枕上；有 O 者為用於固定墊鋏於岔枕上。

若螺紋道釘同時固定墊鋏和鋼軌，則螺紋道釘頭部底面形狀應與鋼軌外形相適應（圖 1—18）。

目前在各國鐵路上使用普通道釘仍甚普遍，我國鐵路上也使用普通道釘為主。因其型式簡單，製造容易，維修工作簡便，隨着運輸量及行車速度增加，這種道釘的缺



道釘
1:1.5

圖 1—16 普通道釘