

30t 轴重重载铁路有砟轨道道床结构设计分析

荣啸天

国能朔黄铁路公司肃宁分公司 河北沧州 061000

【摘要】从发展重型国际铁路的角度来看,重型铁路运输一般通过增加车轴的重量和扩大列车编组的组成来提高运输能力和效率。由于重型列车的重量和长度增加,机车车辆车轮的重量增加,轨道载荷显著增加,轨道结构的破坏性性能高于传统轨道,对于轨道结构和基础设施的要求更高。道床作为轨道结构的重要组成部分,构成轨道框架的基础。道床提供了对水平轨道和垂直轨道的阻力,并保持了轨道的稳定性;提供轨道灵活性,以减轻和吸收车轮轨道上的冲击和振动;提供良好的排水性能,以保证列车运行安全。如果道床的结构设计不合理,很容易损坏平台和基床,以及钢轨、横梁、紧固件等,从而缩短了轨道构件的寿命,同时增加了铁路维护和保养的工作量。因此重型铁路道床结构设计非常重要。

【关键词】重载铁路; 30t轴重; 有砟轨道; 道床结构; 设计分析; 现场试验

Design analysis of 30t-axis heavy-loaded railway

Rong Xiao day

Suning Branch of State Shuohuang Railway Company Cangzhou City, Hebei Province 061000

【Abstract】From the perspective of the development of the heavy international railway, the heavy railway transportation generally improves the transportation capacity and efficiency by increasing the weight of the axles and expanding the composition of the train formation. Due to the increased weight and length of heavy trains, the weight of rolling stock wheels increases significantly, and the destructive performance of track structures is higher than that of conventional tracks, with higher requirements for track structure and infrastructure. As an important part of the rail structure, the track bed forms the foundation of the rail frame. The track bed provides resistance to horizontal and vertical tracks and maintains track stability; provides track flexibility to mitigate and absorb impact and vibration on the wheel track; and provides good drainage performance to ensure the safety of the train operation. If the structural design of the track bed is not reasonable, it is easy to damage the platform and the base bed, as well as the rail, beams, fasteners, etc., thus shortening the life of the track components, and increasing the workload of railway maintenance and maintenance. Therefore, the structural design of the heavy railway road bed is very important.

【Key words】heavy load railway; 30t axis weight; ballast track; bed structure; design analysis; field test

引言

铁路基本技术政策要求,新建重轨设计时速不得超过120公里,轴重不得小于30吨,列车牵引质量万吨级及以上。为研究开发30吨轴重铁路的公共工程技术,中国铁道总公司组织中国铁路研究院和中国铁道第二研究院对国内外铁路轨道的现状进行了研究,对30吨轴重铁路进行了关键技术研究,提出了30吨轴重有砟和无砟轨道结构设计的主要参数,开发了新型重轨胶垫、紧固件、非轨结构部件,制定了相应的临时技术条件,初步建立了30吨轴轨轨道结构技术体系。

1、国内外重载铁路总体现状

由于运行条件和技术设备水平不同,世界各地的铁路都有不同形式的重型列车运输。国外重轨运输的主要特点是:轴重大、组长、体积大、密度小,我国现有重轨运输的主要特点是运输量大、组长大、密度大、速度快、轴重小。目前,

国内外重轨运营回顾见表1。美国、加拿大、澳大利亚、南非、瑞典、巴西等国重轨轴重一般达到30吨以上,最大质量为40吨,运输密度小,保证了更充足的维护保养时间。从国际铁路的发展趋势看,提高货运量是提高重轨线运输能力和效率的最有效途径之一。

在我国,由于重载铁路发展起步较晚,加之受到重载技术及现场条件的限制,年货运量虽然能与国外持平甚至超越国外,但是轴重仍与国外有一定差距。我国的铁路数量少,运能低,仅能满足运输需要的50%,因此,客观上必然要求采用加大列车重量组织重载运输,以同等数量的列车对数换取更大的输送能力,以此来带动铁路现代化改造,这是在我国国情、路情条件下的必然趋势。但是大轴重、高密度的运输不但会大大加剧对轨道结构的破坏,还会大大增加设备养护和维修的成本。因此,我们需要根据重载铁路的运输特点,强化轨道结构。

2、道床结构形式

铁路砾石层在结构上分为双层和单层。在中国,两层道

床主要铺设在非导电土质路基地段,单层道床位于岩石、观水土质路基地段。双层地面道床结构是将道床分为土面层和砂、砾石层的道床垫层。砾石床双结构的混凝土铺设形式分为铺床的双层结构和铺床的双层结构(见图1(a)、图1(b))。双层道床的结构是,下道床覆盖土路基,道床的肩部不铺道床,所以它的肩部高度离道床表面的高度是一条路。双层装饰层结构是,覆盖路基整个表面的路垫材料,而肩部的上表面是下部路基的表面。单层土路结构是直接铺设在岩石道床上或凹陷道床表面的土道床。图1(c)中显示了典型的单层床结构。

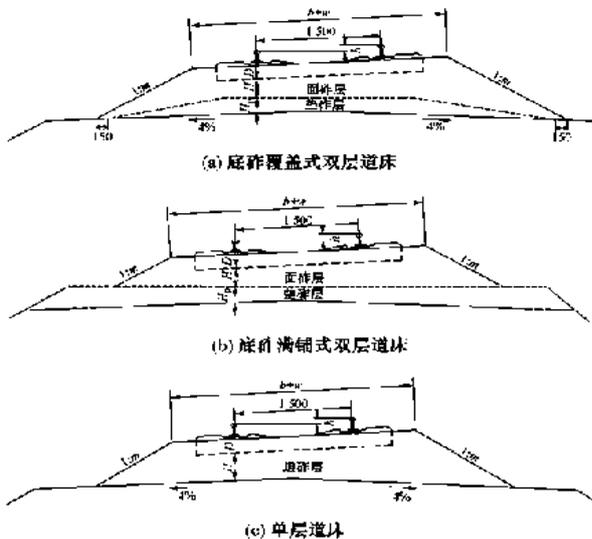


图1 道床结构(单位:cm)

近年来,我国铁路建设发展迅速,铁路结构与以往大不相同。为了全面考虑路基结构和道床设计的选择,路基采用层层搬运材料,为保证转移到地基表面的压力符合要求,需要较厚的道床,建议采用双层道床结构;路基采用承重能力较高的级配碎石作为基层面层时,宜按单层路面设计。

3、钢轨种类的选择

线路近期年货运量为200MT(>50MT),为特重型轨道。60kg/m钢轨与75kg/m钢轨为常用钢轨,而60kg/m钢轨适用于重型轨道,75kg/m钢轨适用于特重型轨道,故选取75kg/m钢轨(U75V热轧轨)。

75kg/m钢轨的优越性主要表现在:

(1)使用寿命长,单位运量的钢耗量少。经过淬火的75kg/m钢轨大修规定运量为1.0亿吨通过总重,可比60kg/m钢轨延长33%,而用钢量仅增加15%,经济效益明显。

(2)轨道整体性好,列车基本阻力减小。牵引试验证明,同样条件下,75kg/m轨道较60kg/m轨道牵引阻力减少2%,有利于降低能耗。

(3)轨道受力状态改善,维修工作量减少。可减少轨道变形及其残余变形积累,使维修工作量减少20~25%。

(4)在同样使用期内75kg/m钢轨伤损减少,轨道安全

性提高。钢轨伤损主要集中在钢轨头部,通过淬火提高了抗接触疲劳的能力。在木枕线路上75kg/m钢轨接头伤损只占总伤损的2%,而60kg/m轨接头伤损占总伤损的20%。

4、轨枕型号的选择

木枕要消耗大量优质木材,由于资源有限,其价格较贵,而且易腐蚀、磨损,使用寿命短;其次木材种类和部位的不同,其强度、弹性不完全一致,在列车作用下会形成轨道不平顺,增大了轮轨动力作用。

混凝土枕来源多,并能保证尺寸精度,是轨道弹性均匀,提高了轨道的稳定性。混凝土枕不受气候、腐蚀、虫蛀及火灾的影响,使用寿命长。此外,混凝土枕还具有较高的道床阻力,对提高无缝线路的横向稳定性十分有利。

我国将混凝土枕分为I型、II型级III型三类。由于I型、II型轨枕承载能力较低,仅适用于普通轨道和次重型、重型轨道,不能满足本设计荷载要求,故选取III型混凝土枕,并作以下更改:设计参数采用机车最大轴重27t,最高速度80km/h,轨枕布置1840根/km设计。

III型混凝土枕的主要特点有:结构合理,强化了轨道结构;轨下和中间截面的设计承载力,较II型轨枕分别提高了约43%和65%,提高了轨枕的强度;采用无螺栓扣件的扣压力能保证线路稳定。

5、扣件类型的选择

扣件是联结钢轨和轨枕的中间联结零件。其作用是将钢轨固定在轨枕上,保持轨距和阻止钢轨相对于轨枕的纵、横向移动。在混凝土轨枕的轨道上,由于混凝土轨枕的弹性较差,扣件还需提供足够的弹性。为此,扣件必须具有足够的强度、耐久性和一定的弹性,并有效地保持钢轨与轨枕之间的可靠联结。此外,还要求扣件系统零件少,安装简单,便于拆卸。

混凝土轨枕由于质量大、刚度大的特点,对扣件的扣压力、弹性和可调性均有较高的要求。对扣件扣压力要求是为了保证钢轨和轨枕之间具有可靠的联结,同时要求一组扣件(2个)的纵向阻力要大于一根轨枕的道床阻力。我国铁路每根轨枕的纵向阻力为10kN,一组扣件的纵向阻力为15~25kN,相应的扣件扣压力为10kN。对弹性的要求是为了减小轮轨之间的冲击荷载,提高行车平稳性,降低轨道结构部件所受的应力水平,提高轨道结构的使用寿命。对可调性的要求是为了方便调整轨距和水平,保证轨道几何形位满足规范要求。此外,由于轨道电路,对扣件的绝缘性能也有所要求。

根据特重型轨道的扣件要求,我选取无挡肩轨枕用弹条III型扣件。III型弹条扣件由弹条、预埋铁件、绝缘轨距块和橡胶垫组成。

III型弹条为无挡肩扣件,适合于重载大运量、高密度的

运输条件。弹条Ⅲ型扣件具有扣压力大、弹性好等优点，特别是取消了混凝土挡肩，消除了轨底在横向力作用下发生横位移动距扩大的可能性。因此有较强的保持轨距能力，又由于该扣件采用无螺栓联结，大大减小了扣件的维修养护工作量。

6、大轴重重载铁路路基基床结构设计原则及技术标准

结合现有实验，分析高周期负荷下主填料的累计塑料变形状况，根据基于 I QO 值获得的相应填料动态力参数指数或动态承重力，以及基于基础结构中多个地层累计塑料变形条件的长期稳定负荷是否合适。实验获得的变形形式通过变形和循环加载进行校正，以获得路径基础实际工作状态的循环变形形式，从而解释填充状态的设计参数。根据工程结构的分析设计原理，构建了大型重轨床架结构的设计控制原理和计算方法，基于高常年强度、支撑刚度和长期稳定性，提出了额定砾石加固基面厚度应随地面基底填料变化、地基结构垂直多层结构优化、额定砾石重（30 吨）而获得的五层结构负荷的建议。建议用混凝土代替砾石分级，作为地表改善填料的优化处理措施，因为混凝土具有高强度、良好的隔水性能。为了实现路基顶部排水保护功能的良好要求，建议在地基表面上加两层结构型上边缘驱动，上部表面填充松散的防帧 I 型颗粒，渗透系数为 L (R2CM/S)，下部表面填充有松散框架，渗透系数为 l (r2cm/s 填充物)。

7、30t 轴重荷载作用下道床实车试验

7.1 安全性分析

大型轴重卡车通过重型道路结构时，脱轨系数的最大测量值为 0.27，车轮超载系数的最大值为 0.21，车轮横向功率的最大值为 37.1KN，脱轨系数、车轮超载系数和车轮横向功率均低于安全评价值。

7.2 不同道床厚度轨道结构受力分析

中国铁路总公司通过 30t 轴重列车（1.2 万吨）试验，对垂直力、支点压力、道床底面应力进行了测试。

通过对垂直力和支点压力取总体平均值进行比较。两种轨道结构实测垂直力和支点压力无明显区别，分配系数基本相当。

通过对道床应力的总平均值进行比较。其中，现有铁路轨道结构厚度为 300mm，新型轨道结构厚度为 350mm，新轨道结构较既有轨道结构厚 50mm。路基下部应力分别为：

参考文献

[1]李明.30t 轴重重载铁路有砟轨道动力性能试验研究[J].铁道建筑，2020，60（06）：123-127+135.

[2]许良善，鄧录朝，全顺喜.35~40t 轴重重载铁路有砟轨道结构方案及试验研究[J].铁道建筑，2019，59（11）：95-100.

[3]傅丽霖.40t 轴重重载铁路有砟轨道关键设计参数研究[D].西南交通大学，2018.

作者简介：荣啸天（1987—），男，汉族，河北保定人，本科，中级工程师，研究方向为重载铁路运输。

现有轨道结构为 206.4 千帕，新型轨道结构 126.2 千帕，试验列车通过时道床底面的应力新轨道结构较既有轨道结构小 80.2 千帕。可见，350mm 厚度的路基道床底面应力可比 300mm 厚度的路基降低 38.8%，效果明显。

8、我国 30t 轴重重载铁路轨道结构技术发展思考

为测试和验证 30t 重载铁路线路工艺，中国铁路总公司决定在一定程度上修建重载试验段，组织 30t 重载铁路联合试验，其中 30t 轴重载铁路结构试验的主要内容包括新型重载轨道结构试验、隧道无缝轨道结构试验、过渡试验、分岔试验等。试验将在每年的 4 月至 11 月进行。这项试验将进一步优化 30t 铁路的关键技术和产品。根据 30t 轴重型铁路体系结构的技术创新实践，建议今后的研究应包括：一是加强对不同轨道类型和焊缝、不同关键参与部分、不同紧固件类型和三个无载荷轨道结构的观测，以确保数据的可靠性；二是在试验运行期间，维修部门应建立一个观测分析系统，以便及时分析研究中发现的问题，找出原因，提出对策；三是根据实际情况，及时提出关于临时技术条件的修正和建议；四是加强总结分析科研成果的实践，优化 30t 轴重载铁路结构完善的技术标准体系。

结束语

当前，世界各国铁路发展呈现着两大趋势，即“客运高速”和“货运重载”。也就是说世界铁路向高速化和重载化发展，这是铁路发展的方向，也是铁路随着时代的进步和科学技术的发展，高科技在铁路的运用和体现。重载运输是铁路运输的一项重大改革，也是一项庞大的系统工程。它不仅大幅度的提高运输能力，也必将促进科学技术的进步和发展，使铁路的机车、车辆、线路、桥梁、通信信号、材料工艺、信息控制以及运输组织等各个领域和各类硬件设备都全面配套发展。重载铁路最主要的特点就是运量大，轴重大，因此对轨道结构尤其是道床轨道结构设计提出了更高的要求。30t 轴重重载铁路在我国尚处于初级阶段，需要系统总结和深入分析，结合即将进行的试验验证，特别是在维修技术的运行和维护方面，进一步研究技术经济可行性，并作出努力。30t 轴重以上重载铁路的技术创新任重道远，需要广大科技人员加大努力，为我国重载铁路产业做出更大贡献。