

探秘铁路无缝钢轨

靳玉保

2009年12月26日武广高速铁路正式运营,设计时速350千米/小时,列车在如此高的速度下运行,即使把矿泉水瓶倒置在小桌子上也不会倒,同时列车运行中完全没有传统列车的有节奏的大声响,是什么技术会达到如此效果呢?原因在于铁路建设中使用了超长无缝钢轨。

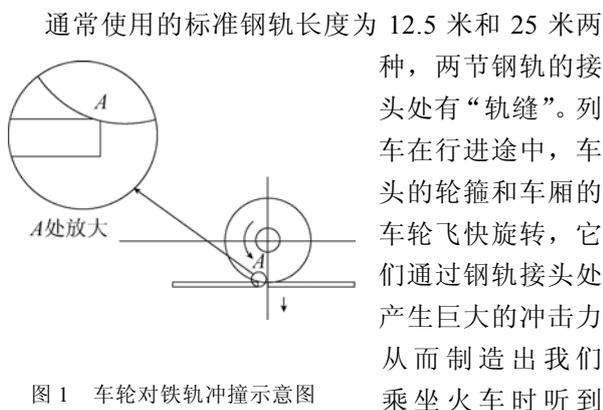


图1 车轮对铁轨冲撞示意图

铁路部门将不钻孔、不淬火的10根或20根标准钢轨先在工厂焊接成125~250米的钢轨,人们俗称其为“长钢轨”,再用特别编组的运轨车运到铺设工地,焊接成1000~2000米的长轨铺设在线路上,通常称之为“铁路无缝线路”。从而大大减少了“轨缝”,减少了由此产生的噪音,让旅客列车更加平稳、舒适。如果没有加工、运输、施工方面的困难,从理论上讲,“无缝线路”可以无限长。

武广专线全线采用超长无缝钢轨铺设,钢轨厂生产出的“原始钢轨”长100米。“原始钢轨”被运到焊接基地后,通过焊接机将100米长的钢轨条焊接成500米长的钢轨,然后在铺设现场焊接机将钢轨接头悬空,使之放在两个极板间,极板产生强大的磁场,使钢轨内部产生强大的涡流(带热能的电流),使钢轨发热,此时焊接机就像一个巨大的电磁炉,将钢轨就位后只需2分钟就可完成钢轨焊接,达到焊接要求,从而焊接成一根超长无缝线路。当然,这种无缝也不是彻底的无缝,每隔2千米也有一个微小的接头。不过由于应用专门的设备完美焊接,看起来像一根。

与普通线路相比,无缝线路在其长钢轨段内消灭了轨缝,从而消除了车轮对钢轨接头的冲击,使得列车运行平稳,旅客舒适,延长了线路设备和机车车辆的使用寿命,减少了线路养护维修工作量。据有关部门方面统计,无缝线路至少能节省15%的经常维修费用,延长25%的钢轨使用寿命,并能适应高速行驶的要求,是轨道现代化的发展方向。

据测算,钢轨温度每改变1℃,每根钢轨就会承受1.645吨的压力或拉力。因此铺设无缝线路的关键是设法克服长钢轨因轨温变化而产生的温度力问题。现在解决热胀冷缩有两种方法,一种是长轨节自身承受全部温度应力,即将无缝线路上长钢轨的两端用钢轨联结零件和防爬设备加以强制性固定,其他部分也是采用强度大的中间联结零件和防爬设备使之紧扣于钢筋混凝土轨枕之上,称为锁定线路(图2)。锁定时(即铺设或维修时)的钢轨温度称为锁定轨温。当温度变化时,钢轨不能自由伸



图2 钢轨锁定实物图

缩,只能在钢轨内部产生应力,这个力是由轨温变化引起的,叫做温度力,它均匀地作用在钢轨的全长上。夏天轨温升高,钢轨内部产生压应力;冬天轨温降低,钢轨内部产生拉应力。温度力 $F=250 \cdot \Delta t \cdot s$ (s 为钢轨断面积),所以温度力产生的压强只和轨温变化 Δt 有关。可见,选择适当的锁定轨温,对无缝线路的强度和稳定性具有很大影响。选择锁定轨温时,应使钢轨在冬季和夏季所受到的最大温度力尽量接近,一般采用稍高于本地区的中间轨温作为锁定轨温比较适宜。例如,北京地区最高轨温为62.6℃,最低轨温为-22.8℃,中间轨温为19.9℃,而设计时的锁定轨温一般采用24℃。另一种解决热胀冷缩的方法是长轨节自身不承受温度应力,而以自动放散应力或定期放散应力。“应力放散”就是在夏季或秋

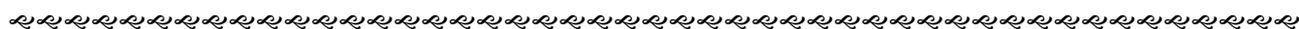
季，将钢轨切个口子释放能量，再根据公式计算出热胀的量对钢轨进行切割，使用拉伸机将缺口拉拢焊接，冬季采取相同方法解决冷缩问题。

大家或许还记得，在老版本的《十万个为什么》中，有一道有趣的题目：假定两座城市间的距离是1000千米，为什么连接两座城市间的火车钢轨长度不足1000千米？答案是：因为钢轨要热胀冷缩，钢轨与钢轨的连接处必须留有一定的空隙，所以钢轨的实际长度必须短于线路长度。然而，这个科普题现在显然已经过时。因为，武广铁路客运专线全长968.5千米，而现在连接起武汉与广州两座城市的那根无缝钢轨就有968.5千米！据介绍，以前钢轨接头之间的正常空隙在18毫米之内。因为，钢轨温度

每升降1℃，每一米钢轨就会伸缩 1.18×10^{-5} 米。假如某地一年钢轨的温度上下相差40℃，那对于1000千米长的铁路来说，就要伸缩472米。无缝线路则采取了新型的温度力传递技术，采用固体无溶剂热固化胶粘剂将道岔长心轨、间隔铁、翼轨胶结成一体，实现一个区间的无缝线路温度力经过道岔向另一区间正常传递。如此一来，《十万个为什么》中有关火车钢轨的问题及答案都得改了。

武广高速铁路正式通车，这将是全世界运行速度最高、运营里程最长的高速道路，也将成为中国高速铁路建设的教科书，无缝钢轨从中扮演了举足轻重的角色。

（河南省焦作市基础教研室 454000）



科苑快讯

在地球上创造的黑洞环境

一组研究人员利用高能激光束引爆了一个小塑料球，创造了类似于在黑洞外围所发现的情况。这一研究上的进展可以使科学家们对极端环境中物质和能量的性质有一个更加清晰的认识。

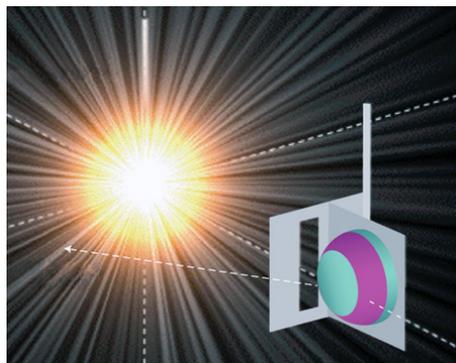
天文学家们无法直接观察到黑洞，因为即使光线也无法逃脱黑洞的巨大引力。因此，科学家们把视线集中在可以看到的物质上，即：周围被称为“吸积盘”的旋转的物质云团。吸积盘跟黑洞的引力能之间发生摩擦之后温度升高，发出X射线光。研究人员通过分析X射线的光谱，对黑洞的物理性质有所了解。

然而，研究人员并不知道到底需要多少能量才能产生这样的X射线，难处之一在于一种叫做“光电离”的过程。在光电离过程中，传播X射线的高能光子将电子从吸积盘内的原子中分离出去，这样损失掉的能量就会改变X射线的光谱特点。结果，要想确切地测算出所释放的总能量就更加困难了。

为了更加清楚地了解光电离原子消耗了多少能量，日本大阪大学的研究人员做了尝试，再现了吸积盘中距离黑洞最近区域的环境。他们利用12道激光束同时袭击一个小小的塑料球，再利用所形成的部分辐射引爆一个硅球，而硅是吸积盘中的一种常见元素。

同步激光的袭击引起了小塑料球的内爆，产生了温度极高的浓密气核，或者称之为等离子体。“袭

击使小塑料球变成了一个能量极高的X射线源，释放出类似来自黑洞周围吸积盘中的X射线”，该研究的首要发起人、物理学家藤冈申介说。不久前，藤冈及同事在《自然-物理学》杂志在线版上报道：X射线使硅产生了光电离，这种反应酷似在吸积盘中所观察到的能量释放。通过测算这个光电离过程所消耗的能量，研究人员能够计算出内爆所释放的总能量，然后利用总能量来进一步了解吸积盘所释放的X射线的性质。



一个小塑料球（类似太阳的物体）被激光束袭击后释放出X射线，部分X射线又引爆了一个硅球（紫色和蓝色球体）

“藤冈等研究人员向我们展示了一个通用的新方法，该方法可以用来探索黑洞附近物质的运行过程，”密歇根大学安娜堡分校的物理学家R·保罗·德雷克说。他指出，对这些数据进行仔细分析，肯定有助于进一步说明天文观测中得来的类似资料。

（胡德良译自：美国《科学》杂志网站 <http://sciencenow.sciencemag.org>）