

# 科技译文选辑

(工程类)

第1辑

长沙铁道学院科技情报室

一九七九年十一月

~~209/3~~ U-5/2

## 目 录

|                                 |        |          |
|---------------------------------|--------|----------|
| 混凝土桥梁的近代发展·····                 | 谢世徵译   | 王承礼校(1)  |
| 铁路线路和快速交通·····                  | 刘达仁译   | 谢绂忠校(7)  |
| 软弱岩层隧道的支护问题·····                | 邝国能译   | 韩玉华校(15) |
| 考虑垂曲影响时的绳索弹性模量·····             | 万明坤译   | 谢绂忠校(19) |
| 落石调查与对策·····                    | 陈昕源译   | 杨雅忱校(28) |
| 软土地基上路堤稳定边坡的快速计算方法·····         | 杨雅忱译   | 陈昕源校(38) |
| 确定岩石压力的综合量测技术·····              | 韩玉华译   | 邝国能校(48) |
| 用等代荷载计算予应力剪切分力·····             | 芦树圣译   | 谢世徵校(53) |
| 欧洲的斜拉桥·····                     | 芦树圣译   | 谢绂忠校(65) |
| 在高速行车中用机车牵引的列车和在高速行车中的制动问题····· | 刘达仁译、校 | (85)     |

# 混凝土桥梁的近代发展

(着重讨论分段悬臂结构和拉索结构)

美国加州大学林全桢教授著

## 提 要

文章简要介绍了分段悬臂施工的桥梁与斜拉桥的最新发展。内容包括两类型桥跨与其他类型桥跨相比的优越性、悬臂拼装与悬臂灌注相比较、斜拉桥采用钢桥面与采用混凝土桥面的经济比较及两类型桥梁可以预期的大发展等。

混凝土桥梁设计与施工的近代发展已主要地集中于予应力混凝土技术的应用与发展。高强度钢与高强度混凝土的有效结合现在已经支配着桥梁跨度的几乎整个范围。

只有很短的跨度(10米左右以下),现在仍采用普通钢筋混凝土桥,而特别大的跨度(也许超过600米左右以上),则钢桥仍较经济。予加应力可以改进混凝土与钢两者的性能,从而减轻结构的自重。它还能控制应力与应变,以产生较好的结构反应。

此外,采用予制块件与滑动模板将使桥梁建造经济,而采用全悬臂施工法及特殊起重台架和起重机将使桥梁架设便利。

和房屋不同,桥梁受附加物与辅助设备的干扰较小。因此,其受力与变位可以比较容易受到控制。

再者,桥梁设计与施工是在工程师们可以运用自己的知识和判断来充分利用新材料与新方法。所以,人们已经看到,桥梁建造技术比房屋建筑技术发展得更快。

## 与拱桥竞争的优越性

早期予应力混凝土梁桥多用先张法予制构件建造,予制构件长度受运输条件的限制,一般说大约为30米。由于这样的桥梁能够节省材料和模板,它们比普通钢筋混凝土梁桥和钢梁桥较经济。其后,就地后张拉连续梁桥的跨度达到了100米左右;优美的混凝土拱桥的跨度则已超过300米,通常在组合中外部予加应力。虽然拱桥需要钢材较少,而且利用混凝土承受压力是经济的,但是予加应力的近代发展已使其他类型的桥梁需用钢材和混凝土的数量减少,从而使它们比拱桥更为有利,因为拱桥的建造更加困难些。当我们调查研究现代混凝土桥梁结构的如下两种主要类型时,这一点将变得更加明显:

### 1. 分段悬臂结构;

## 2. 拉索结构。

对于这两类桥梁，或者采用予制块件，或者采用滑动模板就地灌注混凝土，都可以使模板费用减至最小值，而采用从桥墩延伸的全悬臂施工法更可避免脚手架的使用。

## 分段悬臂结构与拉索结构的比较

具有埋在顶部翼缘内的钢丝束的分段悬臂结构呈现出精巧的外观，它随弯矩图变化梁腹呈直线形或呈曲线形（见图1）。

这种分段悬臂结构的桥面结构也能够很好地适应于任何路面宽度。

这种分段悬臂结构的安装与连接简单而直捷，但对长跨度桥所需钢材和混凝土的数量较多。

斜拉桥用料较少，但其安装与连接比较复杂，而且其使用限于下承式桥，它在行车道以下的结构高度比悬臂梁桥要小。

如前所述，这两类桥梁主要是用下列两种方法建造的：

1. 予制块件，悬臂装拼；
2. 用水平滑模悬臂灌注。

当然，还有其他安装方法。图2作为一个实例，是152米跨度的台湾省光复斜拉桥，它有38米长的直线形块件节段，在每一节段接头处支承于临时墩架上。

哥斯达黎加共和国利奥科罗拉多桥象普通悬索桥一样架设，但其缆索设在桥面之下，形成所谓倒悬索桥（见图3）。

由于分段悬臂结构具有安装与连接简便的特点，它们已应用于自50米至240米的桥跨，而其最经济的跨度通常限于60米与200米之间。一个有趣的例子是美国旧金山国际机场的高架道路桥，其跨度仅25米（见图4）。当跨度超过约200米时，斜拉桥很可能比悬臂梁桥更为经济。如果采用下承式桥证明是合理的，甚至对于小一些的跨度，斜拉桥也可能比悬臂梁桥更好。

## 可予见的大进展

中等跨度和长跨度混凝土桥的一个新时代已经开始，采用的是广泛流传的双悬臂结构和拉索结构。

悬臂上承式桥具有模板简单和施工便利的优点，而对于长跨度下承式桥，则斜拉桥需要的材料最少。

予制块件、移动式吊篮以及其他施工方法的应用，将使这些桥梁对于广阔的跨度范围更富于竞争性，以满足不同的环境需要。

当然，还有许多其他类型的混凝土桥梁，例如刚构桥、斜腿刚架桥、倒悬索桥等，每一种桥可能适合于某些特殊情况。

由于各国的工程师们都在逐渐熟悉这些方法及其细节，人们将看到这两类桥梁今后的大发展。

## 予制块件悬臂拼装与水平滑模就地悬臂灌注

将予制块件悬臂拼装与用水平滑模就地悬臂灌注进行比较会是有趣的。人们可能注意到，予制块件悬臂拼装施工法发源和盛行于法国，而采用移动式吊篮就地悬臂灌注施工则是在德国发展和广泛应用的。

虽然两种方法对于每一桥位的适应性必需根据具体情况考虑，但可先作如下一般性陈述：

1. 予制块件悬臂拼装结构与就地悬臂灌注的结构所需用的钢筋和混凝土的数量大致相同。因此，施工方法的确定将取决于建造、运输和安装的设备 and 劳动费用。

2. 予制块件悬臂拼装需要一个予制场，还必须配备建造和装卸的设备。然后必须把块件运送就位，并需配安装设备。要经济地实现施工计划，上述装置与设备必需多次重复使用。

3. 就地分段悬臂灌注只需要水平滑模作业车，不需要昂贵的建造、运输和安装设备。另一方面，这些滑模作业车的重复使用可能受到临界进度的限制。因而，如果需用多组滑模作业车，则造价可能太高。

## 斜拉桥与悬索桥的比较

由于下列原因，斜拉桥要比普通悬索桥经济得多。

1. 由于荷载传递最直接，以及现时采用的斜缆容许应力较高，斜拉桥的斜缆费用不到悬索桥的缆索费用的一半。斜缆的容许应力可以较高，部分理由是因为斜拉桥的相对刚度大。

2. 在斜拉桥中不需要采用悬索桥中那样的缆索锚锭。

3. 用全悬臂法拼装斜拉桥通常比悬索桥的缆索结网工序和桁架拼装更为容易。

4. 中等跨度（比方说在300米与600米之间）悬索桥的加劲桁架与桥面结构的费用可能超过斜拉桥的箱形截面梁的费用。

## 斜拉桥的钢筋混凝土桥面梁与钢桥面梁的比较

用正交各向异性钢箱形截面梁还是用混凝土箱形截面梁可使斜拉桥建造更为经济呢？

就桥面梁本身而言，混凝土结构几乎总是比钢结构更为经济。

然而，为了支承较重的混凝土桥面所需用的缆索较多，也许要多到两倍。混凝土桥面所需要的索塔和基础的费用也将较多。在600米跨度范围内，缆索和索塔费用的增加将恰好大致抵销桥面费用的节省。

因为索塔承受压力，混凝土索塔的费用应较钢索塔的费用为少。当地采用混凝土桥面梁时，这一点更为真实，因为所增加的高于钢桥面梁的恒载可以比较经济地由混凝土索塔受压来承担。

虽然通常提出600米作为在混凝土桥面梁与钢桥面梁之间进行选择的界限，注意一下

美国加利福尼亚州鲁克—阿—朱基桥（见图5）将是有趣的。它是一孔用缆索从邻接的山坡上吊挂下来的，曲线跨度为400米的桥。

这座桥的两个不同的完整设计（一个设计采用钢桥面梁，另一个则采用混凝土桥面梁）两者得出相等的造价。

混凝土桥面梁本身的费用要比钢桥面梁的费用少250万英镑。

表面上已表明，在钢桥面梁与混凝土桥面梁之间的临界跨度为400米。但是这座特殊桥梁所需要的缆索比一座相似跨度的桥梁所需要的为多。

事实上，对于这座桥梁的调查了解会证实这个一般性结论：只有在跨度大大超过600米时，钢桥面才会比混凝土桥面便宜。

既然如此，为什么目前建造的大多数斜拉桥都采用钢桥面梁，而不采用混凝土桥面梁呢？

根据著者的看法，这是由于许多工程师对于具有混凝土桥面梁的斜拉桥的设计和安装缺乏经验和了解。

钢是一种能够简单地承受拉力和压力的材料，而混凝土本身则不能承受拉力。

如果能把关于予应力混凝土现有的知识和工艺适当地应用到斜拉桥的话，当跨度等于甚至超过600米左右时，混凝土桥面结构可与钢桥面结构竞争。



图1：多米尼加共和国利奥希瓜莫桥——采用移动式吊篮就地灌注的分段双悬臂结构

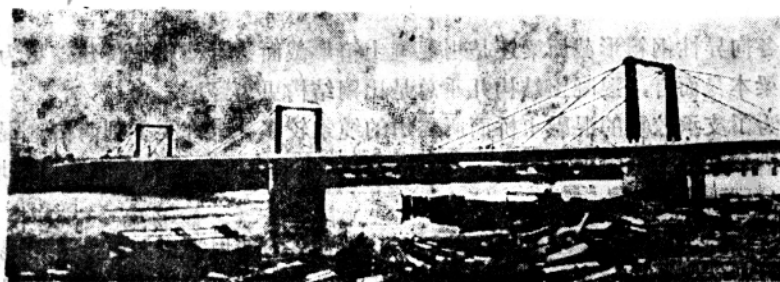


图2：台湾省光复桥——采用38米长的直线形予制块件建成的斜拉桥，块件在每一接头处支承于临时墩架上。两孔主跨各长157米，建于1977年。

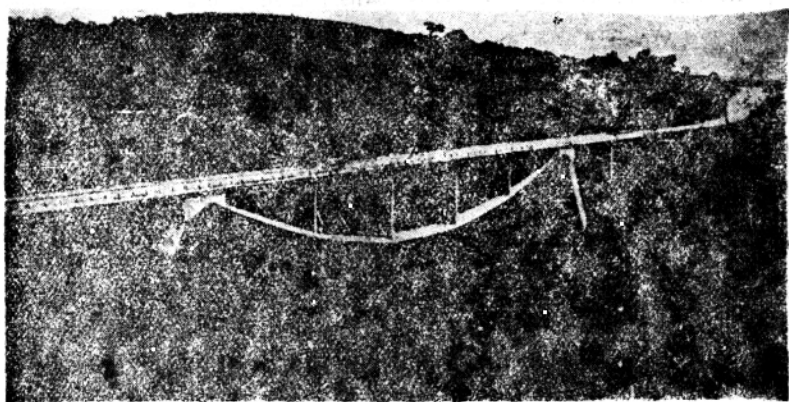
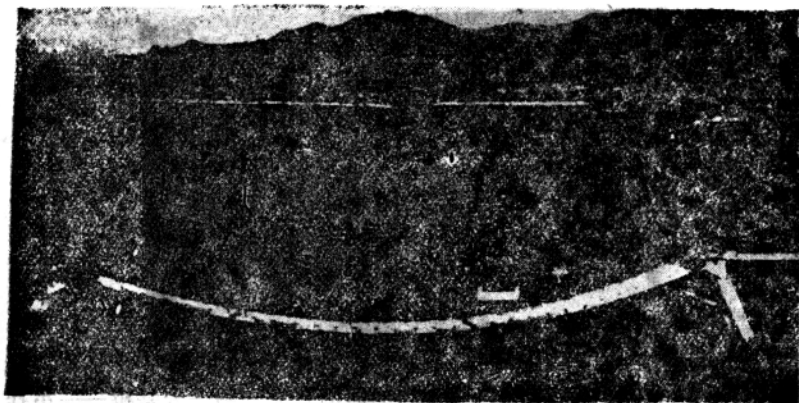


图3: 哥斯达黎加共和国利奥科罗拉多桥——倒悬索桥，它利用桥面下的缆索来支承予制混凝土版，以构成安装上部结构用的工作平台。主跨长150米，建于1973年。

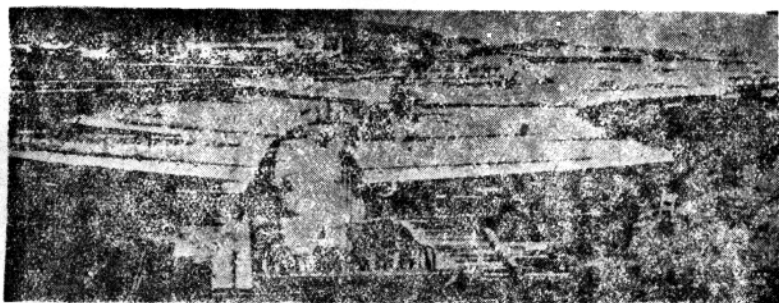


图4: 美国旧金山国际机场高架道路桥——12米宽的予制块件支承于就地灌注的后张法肋式梁上。跨度25米，建于1974年。

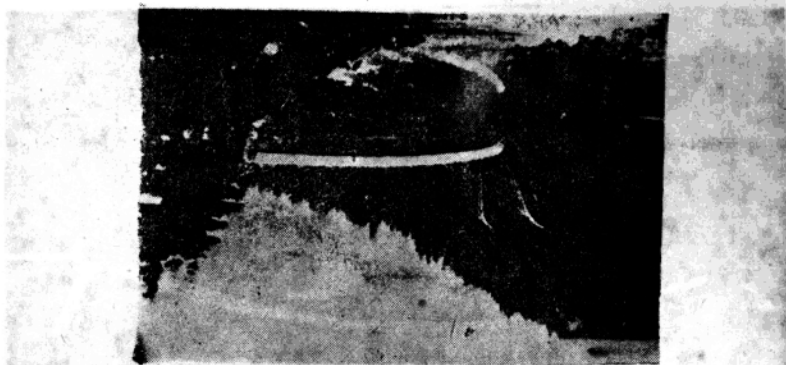


图5. 美国加利福尼亚州跨越亚美利加河的鲁克—阿—朱基桥——吊挂弧形桥，其曲线跨度为400米，弧的中心角为 $50^\circ$ 。

(译自《Construction News》，1978年4月号)

谢世徵译 王承礼校

# 铁路线路和快速交通 (摘译)

原作者: G. Schramm 工程博士

德意志联邦共和国铁路总局管理局局部属经理

## 提 要

本文所论述的是,当把行车速度提高到200公里/小时时,现有上部构造的型式不会影响高速行车,仍然应该保持横向轨枕这类型式而不必改为整体的型式。它从构造型式,敷设及养护结合实际地进行了研讨,说明横向轨枕线路不但可以适应高速,也还有潜力可挖。可供我们提高行车速度时,如何加强上部构造的参考。

从技术上来看机车车辆和线路是铁道的基础,一切其它的则是次要的,因此在设法提高速度的时候,主要问题是:要用什么样的机车车辆能达到所希望的速度和什么样的上部构造能够满足这样高速的要求?下面所阐述的只限于上部构造且是以适应最高行车速度为200公里/小时为目的的。

### A. 上部构造的建筑式样

横向轨枕线路的支承力——根据铁路事业最初的探索,人们决定采用轨枕线路,即在碴床上铺设的轨排。在过去十多年的过程中,人们根据轴荷重和速度的提高而逐步采用了:

- 重型钢轨
- 高强度钢轨
- 较好的扣紧在轨枕上的钢轨扣件
- 较大的轨枕尺寸
- 较小的轨枕间距
- 较厚和较好的道床

通过这些措施,使上部构造工艺成功地随着提高的生产要求而保持着相应的水平,但同时大都是自然地跟着机车车辆制造的变化而变化的。虽然人们随时能制造出重型的和快速行驶的机车车辆,但是却不能在短时间内加强路网,因为这会造成不可容忍的浩大支出。一段路网的加强,大都只能在一定的时期内进行,而且是与钢轨和轨枕的平均的铺设时间大致相符的,即在20到25年之间。当然,在每次进行加强上部构造类型时,也对机车车辆的可能发展作了估算,这样就为将来取得了一定的储备。例如,在20年代中期引进K49型上部构造时就是这种情况,它代替了德国各地方铁路各种不同的类型,当时上部构造技

术的标准机车是具有轴重约20吨的01型蒸汽机车，比较起来，它具有较小的轴间距和较大的轮直径，以这类机车作为今后比较的基础并作为目前提高钢轨应力进行比较的标准。一般认为用S49型钢轨扣紧的轨排，以所选定的轨枕尺寸和枕间，可能承受轴重25吨，假想的机车当然是与01型蒸汽机车相类似的类型。

事实上，用S49型钢轨建成的上部构造运营已超过了30年，并且都满足了新型机车的要求和速度的要求，然而近10年来，机车的发展迫使上部构造要有重新加强的趋势。在下列五种情况的共同作用下，不仅是用尽了而且超过了K49型上部构造的支承力的储备。

1. 轴荷重由20吨提高到21.5吨
2. 与旧有的蒸汽机车比较，机车的轴荷和轴距较大
3. 速度的提高
4. 过渡到焊接的无缝线路
5. 与旧有的蒸汽机车比较，新的重型机车的轮径较小

这些情况对上部构造带来如下的一些影响：

1. 新的电力机车和内燃机车以及若干货车的轴重由20吨增加到21.5吨，由此引起了7.5%的钢轨应力的增加。

2. 较大的轴间距——钢轨的弯曲应变不只是与轴重成比例而且还要视轴距而定，而且当轴距约为280厘米时，弯应力上升到较大值，当轴距较小时弯应力减小。01型蒸汽机车的标准轴距是230厘米，而新的重型机车轴距都大于280厘米，因此在相同的轴重和速度下，钢轨的应力就增加了14.7%〔1〕。

3. 速度由120公里/小时提高到160公里/小时，钢轨应力增加了约10.8%〔1〕。

4. 过渡到焊接的无缝线路是一种发展，采用K型上部构造时，没有预见到这一情况。当时，也就是40年前是按15米长的钢轨计算的。这类钢轨由于温度应力而产生了50.1吨的压力，而在焊接的无缝线路中，这种压力增长到62.2吨〔1〕。如果考虑这种增长在整个的钢轨应力中的影响，那么由于焊接线路而使钢轨内产生的应力增高11.7%。

按照前列的四种情况，钢轨应力增长如下：

|         |       |
|---------|-------|
| 1. 轴重增加 | 7.5%  |
| 2. 轴距较大 | 14.7% |
| 3. 速度提高 | 10.8% |
| 4. 连续焊接 | 11.7% |
| 应力共增长   | 44.7% |

这就是说，若将轴重20吨以 $20 \times 1.447 = 29$ 吨来代替，由于目前的新机车以 $V = 160$ 公里/小时的速度行驶，对于钢轨的要求就象早先01型蒸汽机车的情况一样了。上述的主张证明，现在要求已大大超过40年前投资在上部构造中而具有的储备能力，因此加强线路是不可避免的了。

在计划中把速度提高到200公里/小时的情况将是适当的，因为为这种运行规定将只用最大轴重18吨和较小轴距的机车，与目前的重型机车比较起来，钢轨应力将降低约32%，当速度由160公里/小时提高到200公里/小时时使钢轨应力只提高约4%。

对轴重和轮径的关系还要求作特别的考察（第五点）。

5. 较小的轮径——这涉及到轮轨之间的平面挤压。在轮径较小时，这种挤压显著地增加，且当轮重大时，应力将超过钢轨的屈服点（1和2），因此，在这种情况下，它引起钢轨表面严重的损伤（凹坑，沟纹，波纹）促使钢轨破坏，从而使钢轨寿命缩短和增加养护费用，因而轴重 $A$ 和轮径 $d$ 的比值应该不超过某一定的最大值。作为有效的测量尺寸是〔3〕：

$$\frac{A}{d} = 14.5 \sim 16.5 \quad (1)$$

$A$ ——轴重以吨计

$d$ ——轮径以米计

各个铁路管理局都有相应的规定，通过这类规定，在考虑轮径的情况下限制轴重。联邦铁路至今还没有这样的规定，联邦铁路新的重型机车的轴重有的达到21.5吨且其轮径为1.25米，其比值 $A:d=17.2$ 而超出了上述限制，与此相反，01型蒸汽机车的 $A:d=20:2.0=10$ 却是极适宜的数值。

那么鉴于前述发展，从轨道的承载力的观点来看应该采取什么样的措施？只有提高钢轨的强度，才能承担增加了的轮踏面与钢轨之间的平面挤压。现在规定的强度是70公斤/毫米<sup>2</sup>。近10年以来，国内外已采用强度90公斤/毫米<sup>2</sup>的耐磨钢轨，且已有足够的经验，因此应该立即大胆地在负荷重的线段上能铺设这类耐磨钢轨，这样加强线路，从钢轨消耗的观点来看，也再一次证明是经济的，因为这类耐磨钢轨明显地具有较长的使用寿命〔4和5〕。为了再次与01型蒸汽机车作比较，我们从采用容许钢轨应力高的耐磨钢轨的观点出发，那么上面得到的假想轴重29吨将按比例70/90减少，从而得到所想象的轴重为 $29 \times \frac{70}{90} = 22.6$ 吨，这里假定容许钢轨应力是按90/70的比例提高的，这样我们又有了原来储备范围，即轴重20和25吨之间。

但是为此还要论及另外的一些情况，例如轨枕的、道床的和基础的应力情况以及线路养护和为将来有所储备等，那就不能以此为满足，除了提高强度之外，还要对加强线路采取另外一些措施，这就是有了可能性给钢轨横断面创造较适宜的形式，到现在为止，所有一切钢轨横断面造型所受到的主要影响是要求有一个尽可能适当的钢轨接缝，这样一来，所必需的鱼尾板安装面积决定了鱼尾板螺栓孔径只能小于7毫米，但这对辗轧工艺、应力和焊接工艺以及对钢轨有损伤都是不利的，因为现在联邦铁路上所有的新钢轨几乎都进行了焊接，从而不再把鱼尾板接合看成是钢轨造型的限制并能选择一个断面了。这样的断面，其螺栓孔至少可以是15毫米的半径。这类钢轨已行设计，重约54.5公斤/米，并进行了试制试铺，它和S 49型钢轨具有相同的底宽、头宽借以配合既有的线路，然而它增大了9.2%的抵抗力矩（以262代替240厘米<sup>3</sup>），这样就使上面所计算出来的想象的01型机车的轴重也由22.6吨减小9.2%，为20.5吨，从而又可看作为一种正常情况并且又有了一定的储备。反正这样的情况要过24年后才会有结果，因为平均要持续到重负荷路段上的S 49型钢轨用新的重型钢轨来代替为止。

提高钢轨抵抗力矩，对轨枕的、道床的和基础的应力情况起着有利的作用，因而——纯粹从上部构造的承载力的观点来看——加大轨枕尺寸，缩小枕间或增厚道床就是不必要的了。这两项措施——钢轨强度由70公斤/平方毫米增高到90公斤/平方毫米和钢轨重量由

49.3公斤/米增到54.5公斤/米——使每一公里线路更新的总费用只增加了约7%。

此外，现在联邦铁路上的上部构造的一般应力计算是否仍能较好地适合实际情况，目前正处在检验阶段。鉴于上部构造计算的每一个基本根据有较大的不确切性，此时许多新事物几乎也不能得出结果，然而人们总可以在量测的基础上〔6〕把速度系数 $\alpha$ 略为降低而且把现有计算式

$$\alpha = 1 + \frac{4.5V^3}{100000} - \frac{1.5V^3}{10000000} \quad (2)$$

用下式来代替：

$$\alpha = 1 + \frac{3V^2}{100000} - \frac{V^3}{10000000} \quad (3)$$

( $V$ 以公里/小时计)按式(3)以数字计算得出如图1所示的速度系数曲线。

## B. 上部构造的铺设

### 1. 对轨平的要求

当30多年前德国出现了以160公里/小时的速度运行的快速机动客车时，就已察觉到不仅必须提出有关定线的严格要求，而且也必须顾及到线路位置水平的和方向的精确度。

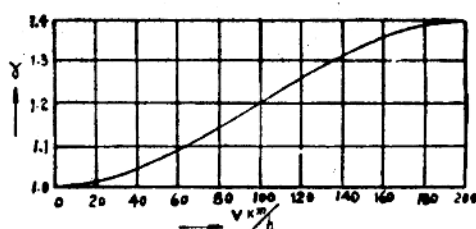


图1

首先两条钢轨的轨平与车辆运行的平稳有关，当时可以相当容易地达到 $\pm 1$ 毫米的精度〔7〕，其后在线路工作的验收条件中(上部构造规章的附件)规定1级线路的轨平差 $\pm 2$ 毫米。这种规定的轨平差是不是也能满足200公里/小时速度的需要，还须通过检验取得经验。根据现有的试验运行可以认为：在提高速度情况下，车辆动能的增长——前提是没有毛病的焊接无缝线路和运行质量良好的车辆——也许对运行质量几乎不会变坏，但是，若出乎意料之外出现变坏的情况，那么，人们也不会有什么困难而可用少量费用把这种间隙压缩到 $\pm 1$ 毫米，这反正已经是上部构造工艺所能保持的极限了，而且不论选择什么样型式的构造都是无关紧要的，据此，建立一个有足够精度的线路平面，不能成为理由来放弃横向轨枕线路。

### 2. 对线路方向的要求

几年前，联邦铁路明显地加重了对线路方向上的要求，现在借助于流动弦正法(或巡回弦正法)〔8〕可以很准确地整正弯道。

联邦铁路认为一个圆曲线里的容许矢高差 $f$ 是两个相距4米先后连续的矢高之差，且是在弦线长16米的中央测得的，仅仅依据运行动力学的考察，来推导一个 $f$ 与速度有关系的公式，又能使它全面地满足运营实际和完成弯道整正是不可能的，很多人已经对此进行了研究，但证明都失败了。因此必须以经验为基础建立一个满足要求的公式。若干年来联邦铁路认为有效的是下列公式〔1和9〕：

$$f = 16.5 + \frac{V^2}{1850} - \frac{V}{5.75} \quad (4)$$

$f$ ——以毫米计的容许矢高差

$V$  ——以公里/小时计的速度

这样的容许矢高差直到现在还没有理由对它表示异议，它满足运行质量的要求，并也能纠正线路工作，但式（4）有缺点，它只对速度60到160公里/小时有效，在这个范围内  $f$  由8.0逐渐降到2.5毫米。当将速度提高到200公里/小时时，式（4）必须用另外的公式来代替，同时要试验它是不是能适合速度从0到60公里/小时的情况，此外在速度60到160公里/小时范围内，用新的公式计算得的  $f$  还应该尽可能地与经过考验的式（4）的数值相吻合，实现这些条件的有式（5），

$$f = 8.7 + \frac{V^2}{400000} - \frac{V^2}{2600} \quad (5)$$

式（5）的数值图解如图2。

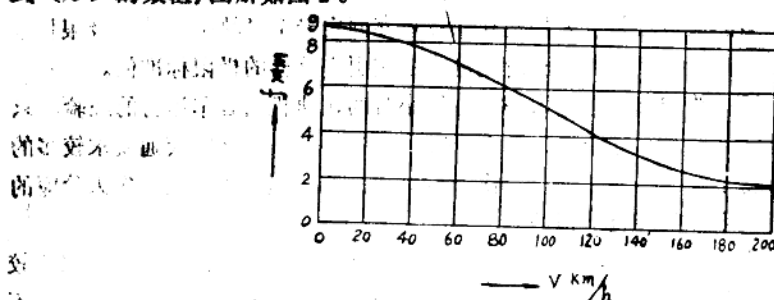


图 2

$f$  数值以毫米计，得容许矢高差  $f$  如表 1。

表 1

|             |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $V$ 公里/小时 = | 0   | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  |
| $f$ 毫米 =    | 9   | 9   | 9   | 8   | 8   | 8   | 7   |
| $V$ 公里/小时 = | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 | 120 | 130 |
| $f$ 毫米 =    | 7   | 6   | 6   | 5   | 5   | 4   | 4   |
| $V$ 公里/小时 = | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 |
| $f$ 毫米 =    | 3   | 3   | 3   | 2   | 2   | 2   | 2   |

当然这种经验还必须进行研究，实际上，极限值  $f \approx 2$  毫米 ( $V \geq 170$  公里/小时) 是不是能保持，在这样的速度下也许是可能的，因为弯道只能是大半径的，至少是1220米（按  $R = 4.87\sqrt{f}$  计算），否则当  $V = 170$  到200公里/小时时，不得不将  $f$  改为3毫米。根据要有一个足够精确的线路方向的要求来看，上述情况也是没有理由把横向轨枕线路废弃的。

### C. 上部构造的维修

#### 1. 对轨平的要求

这里所涉及的是营运上的极限值，也就是为了这么一个问题：在给定的速度下，线路

轨平恶化到什么程度，仍然是容许的？现在人们都避免明确规定这样的极限值。有时也在实际情况中结合高速运行运用轨道量测车的或手摇检查车的或特殊方法量测的记录带，对运行质量进行考察，目前仍然可就各种情况足够地用于对轨平的判断，而并不需要有一个硬性规定的极限值。由于下述原因也预见到：为了校正轨平差，必须对线路用捣固机进行全面作业，但这并不能短期内完成，而是要有一个关于机具配备和劳动力调配以及推动的条件等为基础的或长或短的长期计划。在较长的路段上作一次线路量测车的运行中，也许能确定某些是超出了容许的极限值，可又不能立刻予以消除，若规定遵守不超过某一极限值的话，那么也就没有其它的办法而只能把速度降低，但是，一般说来，这既不是营运上可以负担的，也不是技术上所必需的；对于这一点，人们不得不予以注意而放弃在实际中不能够保持和有制约性的规章，因此，万不得已可考虑一种推荐形式的营运极限值或是没有制约性的义务规章。当然最好还是象人们现在那样放弃固定一个对轨平的营运极限标准值，但是将来有了在更高速度下运行的经验，也可能迫使引进这样的极限标准值。

根据三十年代，以轴重约18吨和速度为160公里/小时的快速机动客车运行的经验，只用不太多的养护费用就能达到足够好的轨平要求〔7〕。无容怀疑，快速的交通要求较多的养护费用，也许将来不得不为线路每年进行一次全面捣固作业，但这种费用以今天价廉的而又能快速工作的捣固机来说是可以负担的。

准此，鉴于即将到来的速度提高，不应该放弃久经考验的横向轨枕线路，同时以比较起来较少的费用仍能对这种线路作出明显的改善。在这样一种想法下，它所涉及的最多不过是可能有的经济上的好处。虽然这是不可能的，但总是可以办得到的，这即是混凝土轨板线路或整体道床线路在保持线路轨平方面比横向轨枕线路要少些费用，如果是这样的话，就还必须研究这种知识，是不是这类的上部构造在考虑了它们较高的建筑费用下，比横向轨枕线路在总的经济上仍然占优势，对此反正经济不是唯一决定的因素，而必须更多地衡量一下，在养护工作减少情况下，从而可减少由于上部构造作业对营运的干扰和降低了对劳动力的需要。

但是，鉴于横向轨枕线路在技术上还有一些利用的可能性，在彻底过渡到较昂贵的上部构造的过程之前，下面几种比较节省的措施仍然有多次试验的必要：进一步加强钢轨，增大轨枕支承面积的尺寸，缩小枕间距，道床有较好的颗粒组合和密实度。

## 2. 对路线方向的要求

联邦铁路到现在没有明文规定矢高差的营运极限标准值 $f_s$ ，但是以经验为基础的、作为最大容许的矢高差，而用于60到160公里/小时速度的是〔1和9〕：

$$f_s = 57 + \frac{V^2}{850} - \frac{V}{2} \quad (6)$$

如果速度到达200公里/小时，式（6）就必须用另一公式来取代，而且这个取代的公式应该有效于从0到200公里/小时的速度范围，此外还得使从60到160公里/小时速度范围内的数值尽可能与式（6）所得一致，能满足这条件的是：

$$f_s = 37 + \frac{V^3}{120000} - \frac{V^2}{400} \quad (7)$$

图3为式（7）的 $f_s$ ，将式（7）的数值按毫米计得容许的矢高差 $f_s$ 如表2。

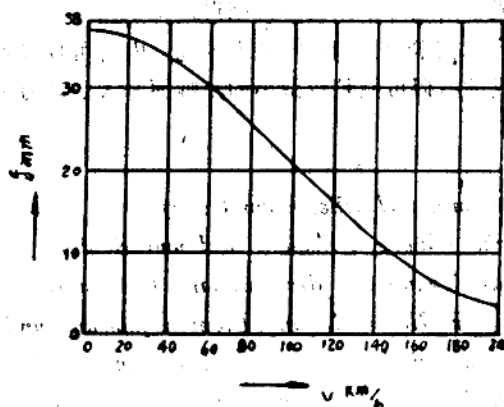


图 3

表 2. (营运限界标准)

|             |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $V$ 公里/小时 = | 0   | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  |
| $f$ ,毫米 =   | 37  | 37  | 36  | 35  | 34  | 32  | 30  |
| $V$ 公里/小时 = | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 | 120 | 130 |
| $f$ ,毫米 =   | 28  | 25  | 23  | 20  | 18  | 15  | 13  |
| $V$ 公里/小时 = | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 |
| $f$ ,毫米 =   | 11  | 9   | 7   | 6   | 5   | 4   | 4   |

关于线路方向的营运限界标准是无需考虑的，因为它所涉及的不是长的路段而仅仅是为了单一的弯道或弯道中的一段。但这类误差能够随时地通过一个人数不多的整正队伍，在不需要有特别的准备和营运上采取措施下就可以消除。表 2 中速度大于 160 公里/小时的极限值的适合性还必须通过实践加以证明。对于线路方向的保持，用混凝土轨板线路或整体道床线路也许是费用较低的，而横向轨枕线路通过前述措施而外，还可采用在轨枕端部套上安全帽罩〔1〕和加强弯道等办法作出有效的改善。

从承载力和安全性来看，横向轨枕线路在进一步提高速度下是足够满足要求的，直到它表现出需要加强时，也能以比较简单的方式进行改善。在过渡到 200 公里/小时时，上部构造的铺设和养护基本上不需变更。对线路的铺设和养护的某些极限标准值在必要时会加大，而相应地进行工作的时间却要缩短。

最后展望今后的发展，新的四轴电力机车和内燃机车具有 21.5 吨轴重和大的轴间距，在高速运行时对上部构造产生不平常的强烈作用，可是为快速行车规定的 6 轴具有轴重 18 吨的  $CO'$   $CO'$  型电力机车对于上部构造却本质上较有利。纯粹从上部构造的观点来看，快速行车最好是采用具有尽可能小的轴重和轴距的机动客车。对于今天在铁路上快速运行的这种趋势，可以这样说：旅客对铁路的要求是要有一个舒适而速度又是适宜的运行。铁路

不应该停滞在它已取得成果的地方，因为不进则退，特别是鉴于公路和航空交通的发展在跃进中，因此速度的提高在技术上的和在经济上的范围内有可替代者时，应该认真地推动。在这里上部构造造成的障碍可能是较微小的，唯愿今天的努力不是白费！

#### 参考文献：

- [1] Schramm: Oberbautechnik und Oberbauwirtschaft
- [2] Göbl: Die Hertz'sche Fläche zwischen Rad und Schiene bei Zugkraftbeaufschlagung und ihre Auswirkung auf die nutzbare Haftung.
- [3] Thille: Anpassung der Gleisverlegung, Liehien-führung und Oberbauunterhaltung an sehr hohe Fahrgeschwindigkeiten (120 Km/h und daüber) vom Standpunkt der Betriebssicherheit und unter Berücksichtigung der Bau art der Fahrzeuge.
- [4] Birmann: 20 Jahre Betriebserfahrungen mit verschleißfesten Schienen.
- [5] Meier: Die Verbesserung der Eisenbahnschienen.
- [6] Betzhold: Erhöhung der Beanspruchung des Eisenbahnoberbaus durch Wechselwirkung zwischen Fahrzeug und Oberbau.
- [7] Tacke: Bewährung der Schienenfahrbahnen mit Schwellen im Bereich der D.B.
- [8] Warnick: Betrachtungen und Vorschläge zur all gemeinen Einführung des Gleisfein-richtverfahrens mittels Wandrsehn.
- [9] schramm: Der Gleisbogen.

译自 "Die Bundesbahn 1963. 1/2"

刘达仁译 谢绶忠校

# 软弱岩层隧道的支护问题

(英国土工学会第18届朗金讲座介绍)

译自英国《隧道及隧道工程》

第10卷第4期(1978年5月)

作者: E.T. 布朗(Brown) (博士, 伦敦帝国科技学院)

## 提 要

英国土工学会(The British Geotechnical Society)第18届朗金讲座(Rankine Lecture)对隧道工作者特别有意义。以软土软弱岩层隧道工程研究工作闻名的W.H. 沃德(Ward)博士论述了影响软弱岩层隧道支护性能的各种因素。他用理论和实践两方面的例子, 阐述了支护荷载是怎样随着岩石性质、岩体内部的不连续面、支护系统本身性质、时间以及施工程序等发生变化的。沃德博士还强调了施工监测对隧道工程的重要性。

以格拉斯哥大学(University of Glasgow)土木工程与力学教授(1855~1872年)威廉·约翰·麦夸恩·朗金(William John Macquorn Rankine)命名的朗金讲座, 创办于1961年, 现已成为这个专业学会每年一度的大事。应邀在朗金讲座讲演, 可能是土工方面最突出的荣誉。1978年度的讲座是第一次选择隧道工程作为讲座主题, 由建筑研究机构(Building Research Establishment)科学处付主任W.H. 沃德(Ward)博士于1987年2月16日在帝国学院大礼堂主讲, 题为“软弱岩层隧道的支护问题”。会议由英国土工学会主席A.N. 斯科菲尔德(Schofield)教授主持。

首先由D.J 亨克尔(Henkel)博士介绍演讲人: 沃德博士在1940年代即积极从事土壤力学工作, 他的有关伦敦粘土的工程特性及其对隧道工程影响的著作是特别闻名的。

沃德博士首先指出, 英国土木工程界在软土隧道工程方面是有长期经验和很高声誉的。在软土隧道工程中, 支护设计的目的必须是限制变形发生, 并在紧靠开挖面处提供支护。在软土层中的支护, 一般要承担接近全部复盖层压力的荷载。但在岩石地层中, 支护只承担复盖荷载的较小一部份。没有不利的不连续面的一些坚硬岩石, 不需要支护系统就可支持开挖时产生的荷载。而在较软弱岩层要有一些支护。沃德博士的讲演就是针对这类岩层的。他指出英国隧道工程界需要对软弱岩层隧道工程给予比过去更多的注意。

在叙述本课题时, 沃德博士讲述了对于软弱岩层隧道的支护设计最基本的五个方面的问题。