

# 长大谷架桥减少桥墩工程量的先进经验

吴 成 三

联邦德国在汉诺威到维尔茨堡的高速新干线上,有两座长大谷架桥,在主跨上采用了A形框架结构。所谓A形框架是一种位移量小而又可承受最大纵向力的结构形式,而且桥的外貌与环境协调良好。这两座桥的主梁还采用了预应力混凝土制成的滑动模板。制造A形框架则采用木脚手,既经济又能重复使用。

## 1. 官方推荐设计和施工设计

这两座长大谷架桥采用同一初步设计。首先招标建成的是缪尔米斯谷架桥(Miëmisch),该桥对官方推荐设计有很大的改变。接着修建的波飞费谷架桥(Pfieffe)则基本上按照官方推荐设计而无大的变动。两桥均为多跨58m预应力混凝土简支梁,并在纵向联成一体。

图1和图2为两桥的纵断面全图。从图1可以看出缪尔米斯谷架桥的官方推荐设计与施工设计相对比的情况。

在同一条线上的罗姆巴赫谷架桥(Rombach)和毛尔申谷架桥(Morschen)施工中所用的A形框架,均位于全桥中点,并做为刚度特大的固定点,承受由于制动力、牵引力和支座上摩擦形成的强大纵向力,A形框架的两条斜腿微弯,目的在于减少本身自重产生的弯矩。框架顶部除做为垂直力的支座外,还承受由梁部结构传来的纵向力。

从图1中也可看出两种不同的静力体系如何传达纵向力。官方推荐设计中,在西桥台上分别设固定支座,通过固定支座将很大的外力传到地基上。在7号墩顶位置安装一个允许较大位移量的钢轨伸缩器,在其余墩顶位置为了传递纵向力,将所有简支梁相互连接。与7号墩相比其余墩身和基础需要很大刚度。否则,在各简支梁之间,由于水平横向荷载产生围绕垂直线的折偏角将超过允许值。在施工设计中,采用A形框架做为固定点位于6号墩顶位置上,所有简支梁也都相互连接在两桥台上,均设有允许水平位移量的钢轨伸缩器。此外,缪尔米斯谷架桥由于采用A形框架,使7号墩避免采用很困难的深基础。此外A形框架不只是一项良好的技术措施,同时也有造型美观的优点。这样大的工程,与周围环境协调是很重要的。

## 2. 桥 墩

与招标时的初步设计相比,不论在墩身断面或墩帽形状方面,都有改变。涉及到静力方面的是如何加强墩身刚度,并使墩帽上得到较大宽度,以便传递的力流平顺。

在墩身造型方面,主要是如何保持墩身轻巧和墩帽可有相对位移量。对A形框架的两条斜腿和顶部(图3)也是同样的要求。

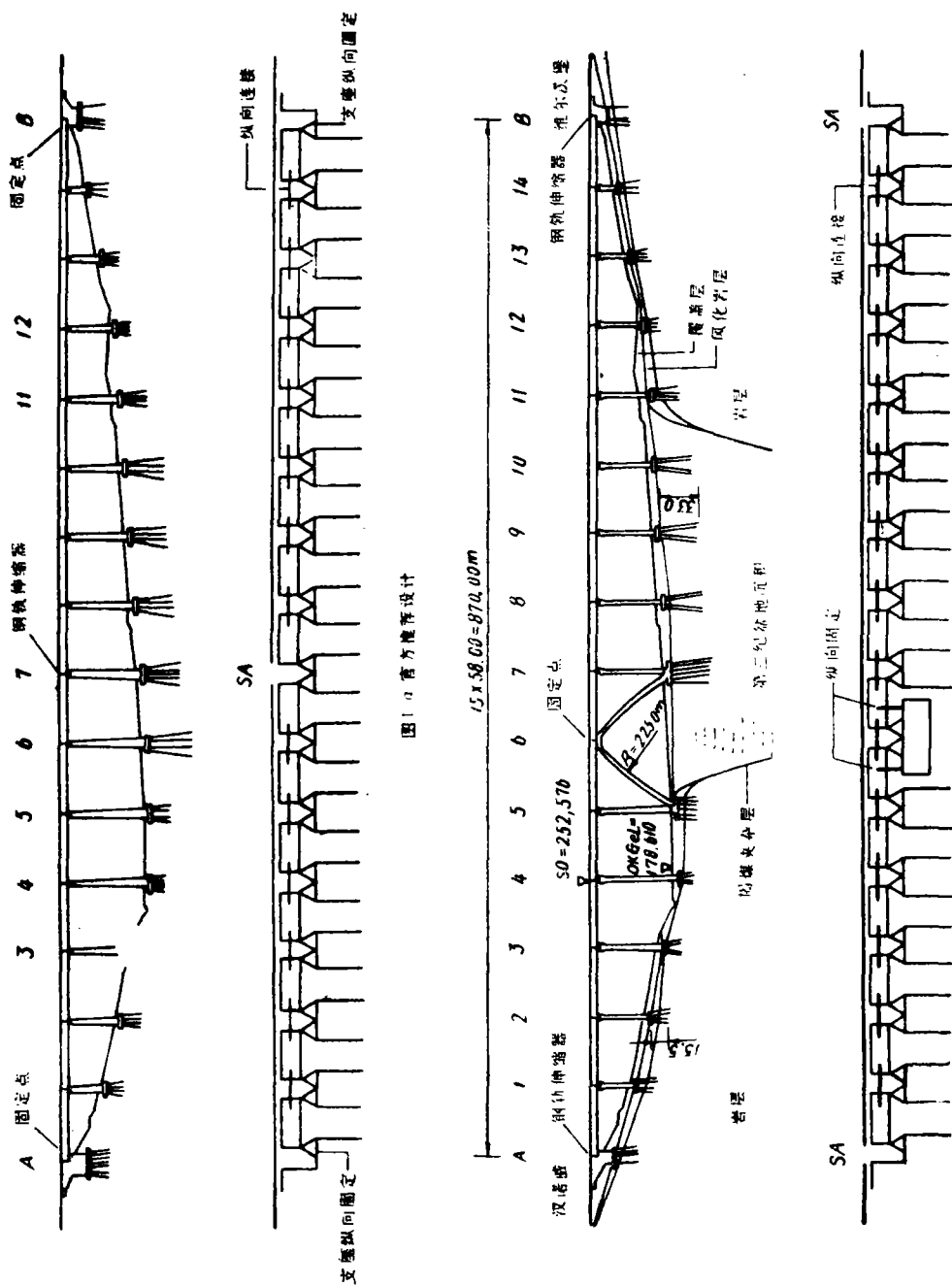


图1b 施工设计

图1 缪尔米斯谷架桥纵断面

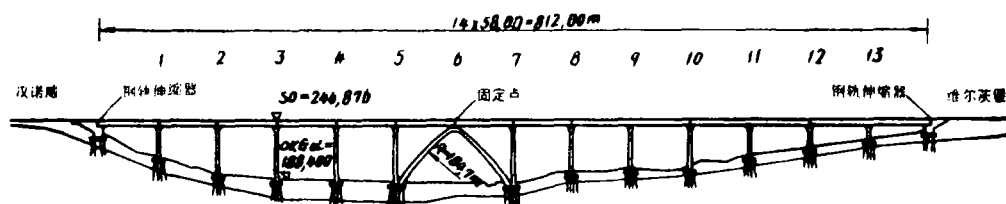


图2 波飞费谷架桥纵断面

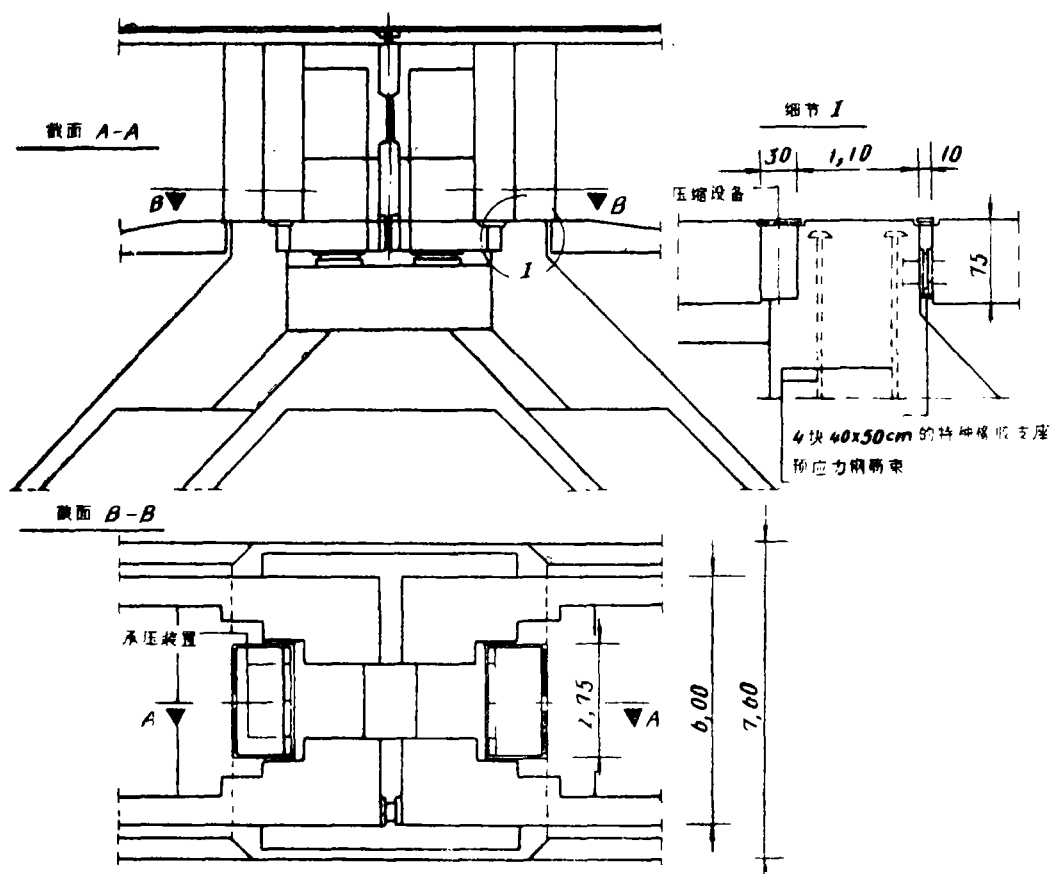
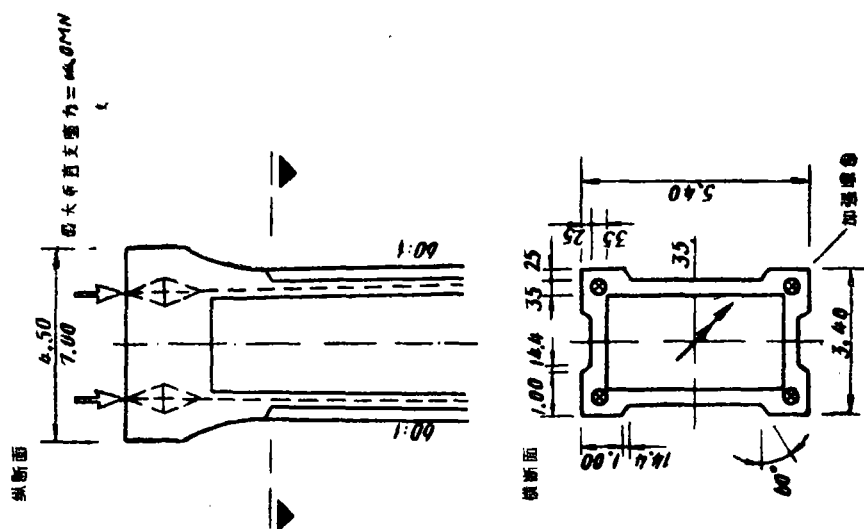


图3 A形框架顶部结构

这样多的简支梁，在纵向上需要墩帽上有更多的位置以便布置两个支承（图4）。梁端伸出部分不能太少，以便施加预应力和传递支座力，并在一定情况下将简支梁相互连接。要使轴线位置准确地通过墩壁中心（图5）。实现这个设想，可在墩帽上面采用一个最简单的样板。

图6所示为毛尔申谷架桥的桥墩形式。该桥全长1450m（谷宽800m），墩高约70m，其各部细节都按照桥长和墩高定出。由于梁部跨长58m，支承力大，采用薄壁空心墩需用大量钢筋。



所采取的墩帽与墩身不固接的构造措施,可使墩身减薄而显得轻巧,因而减少了混凝土外露面积,有利于美化山谷。为了增强其刚度,采取了加强墩角措施(图5),以代替斜角(图6)。

### 3. 地基和一般深基础

由于地质特点不同,缪尔米斯谷架桥的基础比波飞费谷架桥困难一些。以下重点介绍缪尔米斯谷架桥。

地基很不均匀,其组成如图1所示,面层为第四纪松散岩土(土和粘土),层厚多变,在谷缘部分为风化岩层、再以下为中期多色砂岩,谷部为第三纪盆地沉积,中间夹杂褐煤层,深达50m以上。特别对多色砂岩来说,用大直径钻孔桩深基础是合适的,对于盆地沉积也是可行的。由于各墩的桩长不一,在谷缘南、北部,桩长分别为17m和20m靠近谷中,桩长达33m。

在原6号墩范围(第三纪洼地边缘)发现有很厚的褐煤层和粘土层,若在这里采用桩基桩,长将达43m,由于采用A形框架,可免去在此设墩,因而避免了深基础问题,同时全桥造型效果也好得多。

由于一般桥基采用大直径( $\phi 150\text{cm}$ )钻孔桩,桥长因地质情况而异,桩身斜度为10:1,标准情况如图4所示,每柱载重达7MN,位于盆地沉积范围内的长桩主要靠摩阻力承载,而位于谷边的短桩,则靠桩尖压力承载。

### 4. A形框架的深基础

A形框架基础,除垂直荷载外,也将水平力可靠地传到地基中达到平衡。由于本身垂直荷载牵引力和制动力,以及因地基变形引起的挤压力,以及温度差等产生最大的水平力为35MN,其中60%(21MN)为持续作用力,最大垂直荷载为140MN,其中85%(119MN)为持续作用荷载。同时还要考虑位于基础上的桥墩,为了承受这些外力,需用30根直径150cm、长33m的钻孔柱(图7)。

垂直力与水平力的比例为4:1,在静载下为5.7:1因为桩的斜度为10:1,必须考虑在制动情况下的弯曲应力,大部分水平力由桩基础后面的被动土体来平衡。验证这个设想的适用性,采用了地基模量法。按照长期和短期作用荷载来辨别,对基础后面的被动土压力,必须保持这块土体长期存在。利用上述假定和长期地基抗力系数计算出来的最大水平位移为0.7cm。

验证承受力的极限状态时,被动土体存在原封不动(图7),重要的是对个别受力最大的柱进行局部验证,对全部基础进行普遍验证,其中要考虑各桩之间可能出现的土压力重分布。

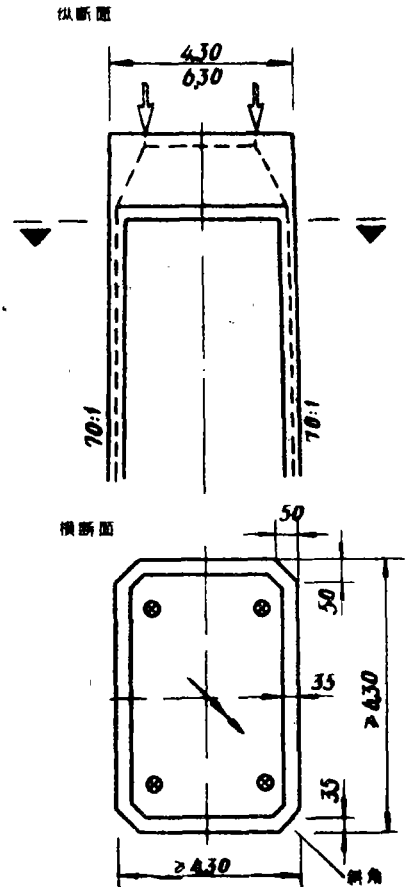


图6 毛尔申谷架桥桥墩形式

从节省资金方面考虑经过研究和优选, 桩顶的墩底承台厚度定为 3.0m 用四层直径为 28mm 的钢筋, 并用较大的钢筋间距布置, 以便于混凝土灌注。

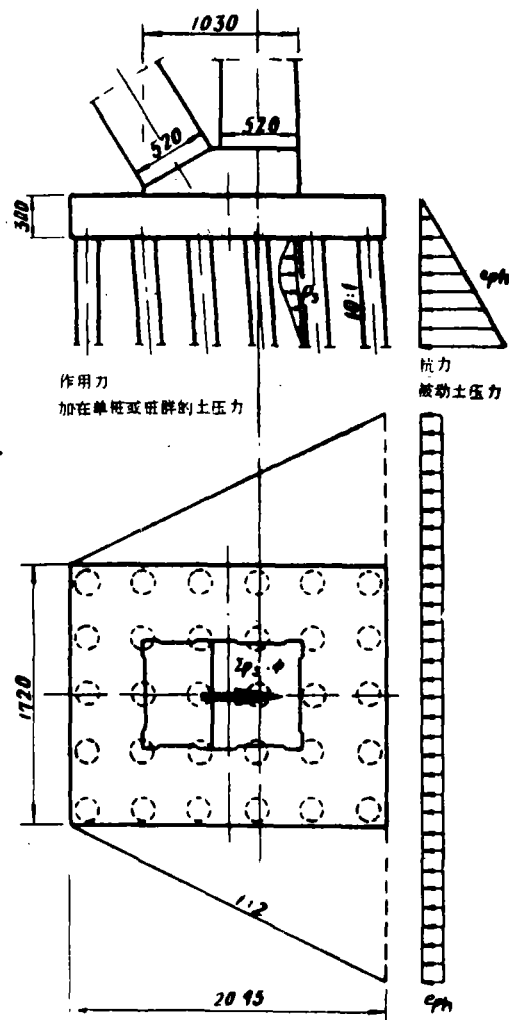


图7 缪尔米斯谷架桥。A形框架的斜腿和7号墩在盆地沉积部位的桩基础

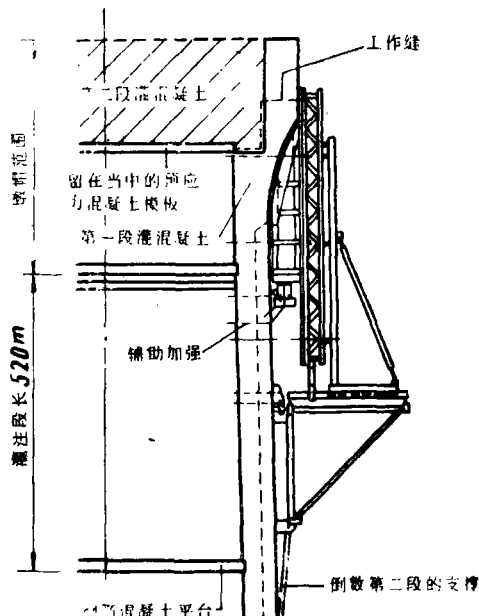


图8 桥墩模板的纵断面

## 5. 施工经验

### (1) 修建桥墩

桥墩结构复杂, 模板和脚手架费用较多, 与招标时桥墩形式相比, 多用的费用相当于在墩帽范围内节省的钢筋费用。因而从总体而言在桥墩结构上并未多用资金。考虑到施工公司原有的设备, 采用爬模灌注混凝土, 在对下一段灌注前用电动转轴推动整个模板上升就位, 对不连接的墩帽(注)须从下面加强, 做为辅助模板(图8)墩帽的大部分混凝土是在第二次灌注时完成的。每段墩身的施工约需2工天, 而墩帽则需4工天。

### (2) 修建A型框架

以前采用A形框架建成两座谷架桥即罗姆巴赫桥和毛尔申桥时, 其框架斜腿均采用悬臂灌注, 用钢绳张拉<sup>(2)</sup>(图10), 顶部另用悬挂脚手。这种施工在当时的具体情况下也是合适的。对于缪尔米斯谷架桥的A形框架, 原先也想用悬臂灌注法。而施工公司提出令人惊讶的建议, 对A形框架的两腿和顶部采用木支撑。其理由主要是经济, 并能重复使用。缪尔米斯桥A形框架的两腿, 每段灌注长度为7.5m, 而波飞费桥为3.95m

注: 墩帽灌注时, 与桥墩顶面间有一不拆除之钢筋混凝土模板房, 使墩帽与墩顶不直接连接

(图9)。

### (3) 灌注梁部混凝土

用预应力混凝土制造的滑动模板, 首次用于罗姆巴赫谷架桥, 以后, 又用于这两座谷架桥, 再次显示了它的生命力。每孔生产流程也是两星期。由于采用了施工单位与大学协作研制的施工程序, 在施工过程中, 减少了几个环节。每孔梁用混凝土 $860\text{m}^3$ , 普通钢筋 $90\text{t}$ , 预应力筋 $45\text{t}$ , 模板 $2,400\text{m}^2$ 。此外还有纵向连接的各种器材和支座等。波飞费谷架桥为新建铁路最后一座大型建筑, 必须按期完成, 预定于1991年交付运营。

所用的滑动模板, 与罗姆巴赫谷架桥并无重要区别, 仍采用部分预应力使变形极小, 确定是一种很理想的施工设备。用于加速并均匀升降的液压缸加强到 $8\text{MN}$ 。缪尔米斯桥所用的滑动模板是在桥台背后制造。而波飞费桥所用的滑动模板是在第一孔简支梁位置制造的。这两种制造方法在质量、造价和所费工时方面, 大致相同。重复使用部分, 如钢横梁、导梁和模板, 在费用方面约占整套设备的 $2/3$ 。

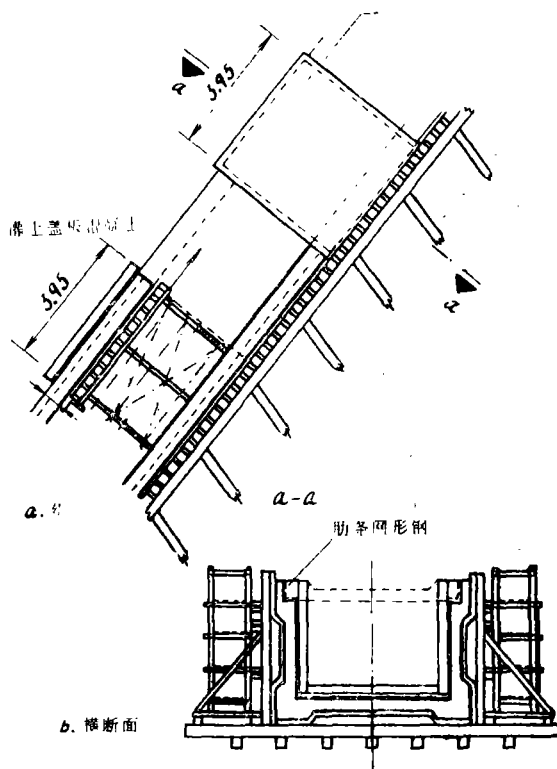


图9 A形框架两腿的模板和灌注混凝土

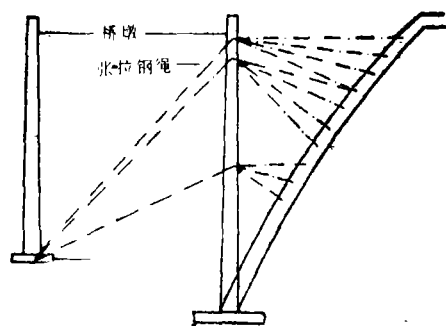


图10 张拉示意图

### 6. 几点体会

(1) 把减少高墩工程量做为一件实事时办

随着列车速度和载重量的提高, 妥善处理纵向力, 以减少高墩工程量确有重大经济意义, 联邦德国现行规范对制动力定为活载的 $25\%$ 。近年来联邦德国文献不断报导处理纵向力的各种措施, 其目的旨在使长大谷架桥墩身轻巧以减少工程量。包括这两座桥在内联邦德国在高速新干线上已有四座长大谷架桥因地制宜地采用A型框架做为固定点有效地将纵

向力传到地基上, 缓解了其他桥墩的纵向力, 这是很值得重视的经验。我国的列车速度和载重正在逐步提高, 而制动力定为中——活载的 $10\%$ , 对目前情况来说还可适应将来, 特别是对高桥墩来说, 将愈来愈不适应。而且正在修建中的铁路也有不少高墩。侯月线的海子沟桥, 桥高近百米, 跨越谷宽百米以上。其桥墩圬工数量之大可想而知。我们应该充分重视国外在这方面的先进经验, 加以消化、借鉴, 把减少高桥墩的圬工数量作为一件实事

来抓。

(2) 试用滑模制梁, 以扩大混凝土梁的使用范围

我国铁路混凝土简支梁桥跨度大于32m者, 由于运输困难, 难以推广使用。连续梁的现场制梁, 采用顶推法或悬臂灌注法进行架设, 尚未采用滑模制梁。根据联邦德国实践经验对长大谷架桥, 采用中等跨度(58m)混凝土梁时, 多用滑模现场灌注, 是扩大混凝土梁的使用范围又一新途径, 应及时研究, 在适当条件下试用。

滑动模板的材料以前多采用钢模板, 而在本文中所介绍的四座长大谷架桥, 全部改用部分预应力混凝土制造滑动模板, 其优点是刚度大变形小, 这是保证梁部质量的一项新经验, 建议有关部门进行研制 以便总结经验, 推广使用。

(3) 合理地利用背后被动土压减少工程量

桩基础背后的被动土压力, 能抵抗绝大部分水平力。从图7中可看出, 桩基础宽17.20m, 被动土压的分布范围达基础宽的两倍以上。而我国现行规范定的被动土压分布最大宽度仅为基础宽增加1m, 两者相差悬殊。要深入研究, 二者的合理性, 以便充分利用被动土体, 减少圬工工程量。

(4) 墩帽与墩身的连接形式问题

本文中提到墩帽与墩身不连接一起, 可使墩身结构轻巧。这一点很重要, 但原文未作进一步明确交代。应继续深入了解其结构细节。

## 参 考 资 料

(1) Dr. -Ing H. Horries《Die Mülmjsh—und de Pfieffe—Talbrücke》“Der Bauingenieur” 1989—12.

(2) Dipi—Ing. Waller Engels, 《Der Mitiltlabschnitt#der Neubaustrecke Hannover—Würzburg mit seinen grossen Talbrcken》1984—3.