

GANGQIAO

3

〔日〕小西一郎 编

钢 桥



人 民 铁 道 出 版 社

超

为传播

方当

务

四条特

超星

读书十

规定的

字图

方向

星数

2

之日走

解决

设计篇之四

钢

桥

第三分册

[日] 小西一郎 编

朱立冬 应达之 译
许克宾 霍铭煊

人民铁道出版社

1980年·北京

钢 桥

第三分册

〔日〕小西一郎 编

朱立冬等 译

人民铁道出版社出版

责任编辑 王能远

封面设计 赵敬宇

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：14.125 字数：293 千

1980年10月第1版 1980年10月第1次印刷

印数：0001—2,500册 定价：1.50元

出版说明

本书是一部详细阐述现代桥梁设计理论及设计方法的巨幅著作。原书共四册，分为设计篇及基础篇。前者阐述各式桥梁的设计方法及介绍结构实例，后者着重介绍桥梁设计所用的基础理论及基本资料。

我国目前新建、待建的大跨度钢桥虽然为数不多，但是本书中所述设计原则及力学分析也适用于同样结构型式的钢筋混凝土桥及预应力混凝土桥。我们深信本书的翻译出版，将有助于我国桥梁事业的发展。

为了及早与读者见面，我们将全书分为11个分册陆续出版。

全书主要内容及分册划分如表。

原 书	内 容	译 本
设计篇 I	第 一 章 桥面系构造	第一分册
	第 二 章 板梁桥	第二分册
	第 三 章 桁架桥	第三分册
设计篇 II	第 四 章 拱桥	第四分册
	第 五 章 斜拉桥	
	第 六 章 悬索桥	第五分册
	第 七 章 曲线桥、斜桥	第六分册
	第 八 章 纵向联结系、横向联结系、桥门架	
	第 九 章 支座	
基础篇 I	第 一 章 绪论	第七分册
	第 二 章 荷载	
	第 三 章 结构材料	
	第 四 章 安全系数、安全度、可靠度	
	第 五 章 强度设计法	
	第 六 章 构件连接法	第八分册
	第 七 章 平板理论	
	第 八 章 格子梁理论	
	第 九 章 屈曲理论	第九分册
	第 十 章 构件设计	
基础篇 II	第 十 一 章 抗风设计	第十分册
	第 十 二 章 抗震设计	
	第 十 三 章 钢结构的安全性、可靠性的统计学方法	第十一分册
	第 十 四 章 电子计算机的应用	
	第 十 五 章 特大桥的架设	

内 容 提 要

本分册讲述桁架桥。介绍桁架桥适用焊接工艺的构造；对于二次应力、桁架的风载、钢管桁架、桁架拱桥、桁架空间结构分析、桁架非线性分析、钢桥面板合成桁架桥及桁架动态分析等等均作了详细阐述。同时还介绍了世界上许多长大桁架桥的实例。

本书可供高等院校桥梁专业师生和桥梁工程技术人员参考。

目 录

第三章 桁架桥	1
3.1 概述	1
3.1.1 桁架一般构造	1
3.1.2 桁架桥分类	1
3.1.3 桁架桥的总体设计	3
3.2 结构设计方法	10
3.2.1 设计程序	10
3.2.2 杆件截面组成	11
3.2.3 节点构造	13
3.2.4 杆件的连接	28
3.3 桁架的二次应力	29
3.3.1 概述	29
3.3.2 根据非线性理论的精确计算法	30
3.3.3 降低二次应力的方法	33
3.3.4 偏心引起的二次应力	33
3.3.5 横梁变形引起的二次应力	34
3.3.6 二次应力较大的杆件的强度设计	34
3.3.7 二次应力的大小	37
3.3.8 各国关于二次应力的规定	37
3.4 桁架的抗力系数	42
3.4.1 杆件的抗力系数	42
3.4.2 平面桁架的抗力系数	42
3.4.3 桁架桥的抗力系数	44
3.5 钢管桁架桥	45
3.5.1 概述	45
3.5.2 节点构造	46
3.5.3 单根钢管杆件的振动与疲劳破坏	53
3.5.4 钢管在平纵联和横联中的应用	55
3.6 桁架结构的空間计算	56
3.6.1 概述	56
3.6.2 截面可变形的箱形桁架挠曲扭转	58
3.6.3 位移法的应用	77
3.7 桁架的非线性分析	88
3.7.1 概述	88

3.7.2 有限单元法非线性分析.....	89
3.7.3 铰接桁架的弹塑性分析.....	92
3.7.4 刚性节点桁架的弹塑性分析.....	92
3.8 钢桥面板合成桁架桥.....	95
3.8.1 概述.....	95
3.8.2 钢桥面板与主桁的结合方法.....	95
3.8.3 钢桥面板合成桁架的近似算法.....	98
3.8.4 钢桥面板合成桁架的设计计算过程.....	100
3.8.5 钢桥面板桁架桥的经济性.....	102
3.8.6 钢桥面板加劲桁架吊桥的自振频率.....	103
3.9 钢种的合理选定.....	105
3.9.1 概述.....	105
3.9.2 钢种选择的基本原则.....	105
3.9.3 钢种选定的实例.....	107
3.9.4 钢种选定中的几个问题.....	119
3.10 实桥代表例.....	127
3.10.1 连续桁架桥.....	127
3.10.2 悬臂桁架桥.....	138
3.10.3 桁架拱桥.....	161
3.11 桁架桥的动力分析.....	194
3.11.1 概述.....	194
3.11.2 结构模型的拟定.....	195
3.11.3 分析方法.....	196
文献.....	215

第三章 桁 架 桥

3.1 概 述

3.1.1 桁架一般构造

用直线形杆件组成三角形、直杆两端以没有摩擦的铰相连接，按此顺序依次与其他直杆连成的结构，称为桁架。桁架可能用来作为拉杆、压杆、受弯构件、受扭构件。当用作受弯构件时，叫桥式桁架。一般设计桁架时，所有杆件的重心线均交会于节点，以便让活载经由纵梁和横梁作用到主桁节点上。若主桁节点处杆件连接为理想铰接，则杆件内力主要是轴力。不过一旦铰发生磨损或生锈之后，容易变成不完全结合（结合不良）。因此，一般采用节点板，并通过高强螺栓把杆件连接起来。这样，节点实际上也就变成了刚性连接，受弯时杆件将引起端弯矩，产生二次应力。

这种节点刚性所产生的二次应力，在杆件长细比甚小的情况下，数值会变得相当可观，所以不容忽视。此刻，在确定杆件截面尺寸和计算节点结构强度时，必须计入二次应力。长细比较大的杆件，节点刚性引起的二次应力虽可略去不计，不过对压杆来说，其自重将使承载能力降低。加之，长大桁架桥中各杆件自重所生二次应力大于活载应力，而且是永存应力，所以要重视。另外，当节点板处杆件采用偏心连接时，或只从节点构造方便考虑，以致杆件的重心轴未交汇于节点时，由于轴力存在偏心距，势必也要引起附加的二次弯矩。

然而，通常设计时都希望二次应力尽可能地减小。

弦杆是组成桁架外围的杆件，包括上弦杆和下弦杆。连接上、下弦杆的杆件叫腹杆。按腹杆方向之不同又区分为斜杆和竖杆。弦杆与腹杆所在的平面就叫主桁平面。

作为桁架结构本身，虽可用之于诸如吊桥的加劲梁、斜拉桥、拱桥等结构物中。不过，如设想以弦杆代替板梁桥的翼缘，以腹杆代替板梁桥的腹板，这种以主桁为主体构造的梁式桥，我们就称之为桁架桥。同样，所谓曲线桁架桥，乃指用弯曲的主桁代替曲线板梁桥中的主梁。

桁架杆件比刚架杆件细长，抗弯能力很小，因而一般桁架杆件均设计成不受横向荷载的作用，而是像图3.1那样，使竖向荷载经由桥面板→纵梁→横梁→主桁→支座→桥墩（或桥台）的顺序传到基础。

风载及水平地震荷载则经由上、下平纵联→主桁弦杆→桥门架（刚架）→支座，传到基础。在上承桁架桥中，为了保持横断面的稳定，还设有中间横联。

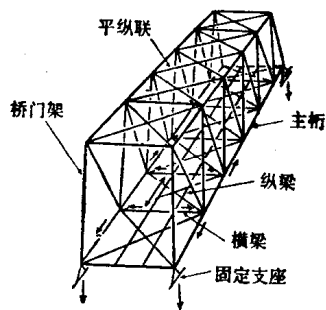


图3.1 桁架桥荷载的传递路线

3.1.2 桁架桥分类

（1）按主桁框架分类

兹用图 3.2 来说明主桁架的分类。

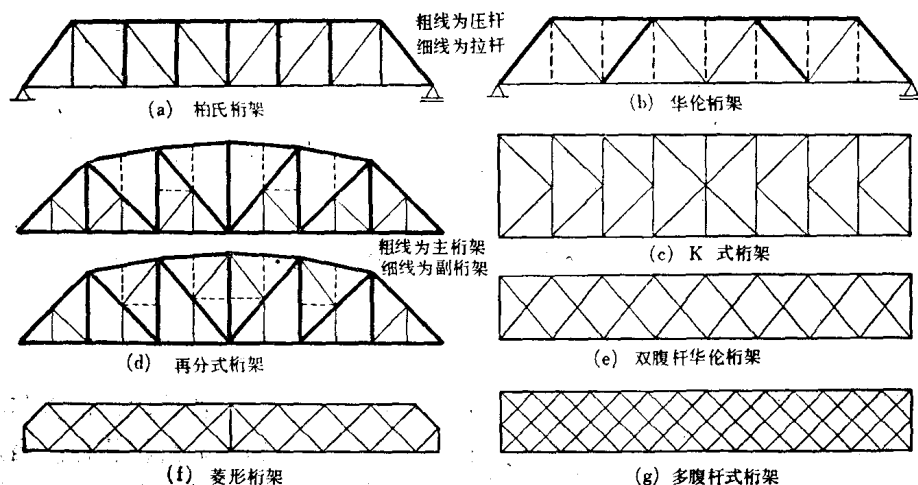


图3.2 桁架的形式

柏氏桁架 (图a)，当桥上满布匀布荷载及跨中作用有集中荷载时，斜杆产生拉力，竖杆产生压力，因此适用于长大钢桥（例如天门桥、港大桥悬挂跨的桁架）。

华伦桁架 (图b)，相邻斜杆交错产生拉力和压力。当节间较宽时，为了把横梁上的竖向荷载传递到主桁上弦杆和斜杆相交的节点上，常常在中间设置竖杆（虚线表示者）。但是，即便不设置竖杆也是稳定的桁架（例如新桂川桥、木曾川桥、Chester 桥悬挂跨桁架、Columbia River 桥）。华伦桁架没有方向性，适宜用作平纵联。从外观上看，华伦桁架比例协调，故中等跨度的桥梁采用得最多。

K 式桁架 (图c)，斜杆倾角以 $45^\circ - 60^\circ$ 为经济。在长大桁架中，其经济桁高随跨度增大而增大，若倾角仍保持在这个范围内，则节间长度就要增大，纵梁、横梁用钢数量就会激增。同时，斜杆的自由屈曲长度也相应变大。在这种情况下，可把节点设置在竖杆的中间，从而使腹杆成为 K 字形，当节间长缩短到桁高的 $\frac{1}{3}$ 乃至 $\frac{1}{2}$ 时，有可能是经济的设计。在平纵联中也可采用 K 式桁架（如港大桥）。

再分式桁架 (图d)：与采用 K 式桁架的原理相同，当长大桁架的桁高甚大时，可以在竖杆之间增设节点，构成再分式桁架，虚线是使主桁弦杆和斜杆的自由屈曲长度减半而设的杆件，它本身不受应力。在分析再分式桁架时，普通的方法是先经由副桁架¹⁾将荷载分配到主节点上，然后再对主桁架（也就是撤去副桁架之后的那个柏氏桁架或者华伦桁架）进行内力分析。

其他桁架 (图(e)~(g))：就钢桥主桁采用的形式而言，有双腹杆华伦桁架、菱形桁架、多腹杆式桁架等等。特别是双腹杆华伦桁架和菱形桁架，亦可用于平纵联中。

长大桁架的桁高沿跨度方向变化者叫曲弦桁架。中等跨度桥梁多采用不变的桁高，即采用上、下弦杆平行的形式，叫平行弦桁架或直弦桁架。

(2) 按用途分类

大体上可以分为铁路桁架桥和公路桁架桥两类，只是桥面系构造有一些区别而已，桁架构造是相似的。由于铁路荷载强度大，其杆件截面尺寸就要比公路桁架的截面尺寸大些，又因考虑到列车运行要求，将容许挠度限制到公路桥容许挠度的一半，所以铁路桥桁高一般大于公路桁架桥。铁路桥还必须考虑反复应力将引起杆件疲劳，在设计条件上也提出了更严格

的要求。

(3) 按路面的位置分类

按路面所处位置不同,可分为上承桁架桥、下承桁架桥、中承桁架桥、双层桁架桥。桥梁的桥面高程应根据引桥等建设费用通过经济比较决定。一般说来,若采用上承桁架桥,则桥面高程就被抬高,于是引线的纵向坡度变得比采用下承桁架桥时更陡。不过从汽车行驶不致受影响方面看,在高速公路上采用上承桁架桥是相宜的。在山区,往往有足够的桥下净空,采用上承桁架可使桥墩高度减少,经济上有利,对抗震也有利。目前在东名高速公路上正在架设多座这样的钢桥。

当桥下净空不足时,或者桥梁高度较大时,宜采用下承桁架桥。因之对铁路桥来说,它是一种主要形式。

当长大桁架桥桁高很大时,可采用桥面位于桁高中间的中承式桁架桥。已建成的桥例有Quebec桥、Forth铁路桥、Columbia River桥等等。

至于设有双层桥面的所谓双层桥,不仅由于它的下部结构经济,而且上部结构也能获得最经济的设计。

因而近年日本的神户大桥(拱桥)天

满桥(板梁)都采用了这种桥式。双层桥的典型桥例有港大桥(图3.3)。从该桥的上层桥面看为中承式桥,从其下层桥面看则为下承、中承混合式桥。

半穿式桁架是一种短跨度的下承桁架桥。由于短跨梁的结构高度低,受到建筑限界限制不可能设置上平纵联,因而必须把两边的主桁支承在由竖杆、肱板、横梁所构成的U形框架上,使桁架不致产生横向屈曲而保持稳定。公路桥梁规范(1973)规定:为了防止半穿式桁架丧失横向稳定,U形框架需按施加一定的水平力来设计,此水平力之大小取上弦杆最大轴向压力的 $\frac{1}{100}$,并作用于U形框架和上弦杆相交的节点处。严格地说,上弦杆应当按水平方向弹性支承在U形框架节点上的压杆来检算屈曲,此时,横向屈曲的安全系数不得小于2.0。

以Auckland Harbour桥为例,它为了从边跨的上承桁架过渡到中跨的下承桁架,在中间桥墩附近几个过渡节间不允许设上平纵联的情况下,不得不设计了形如半穿式桁架中的那种U形框架。

(4) 按支承形式分类

和板梁桥一样,桁架桥也有简支桁架桥,斜腿桁架桥、连续桁架桥、悬臂桁架桥之分。连续桁架桥的代表例有天门桥、境水道大桥。悬臂桁架桥的代表例为港大桥。

3.1.3 桁架桥的总体设计

(1) 一般原则

桁架桥采用比较大的桁高,为空腹结构,且杆件以承受轴向力为主,因而自重较轻,承载力则较大。通过变化杆件截面尺寸可使各节间杆件的工作应力均达到容许应力值,这样便

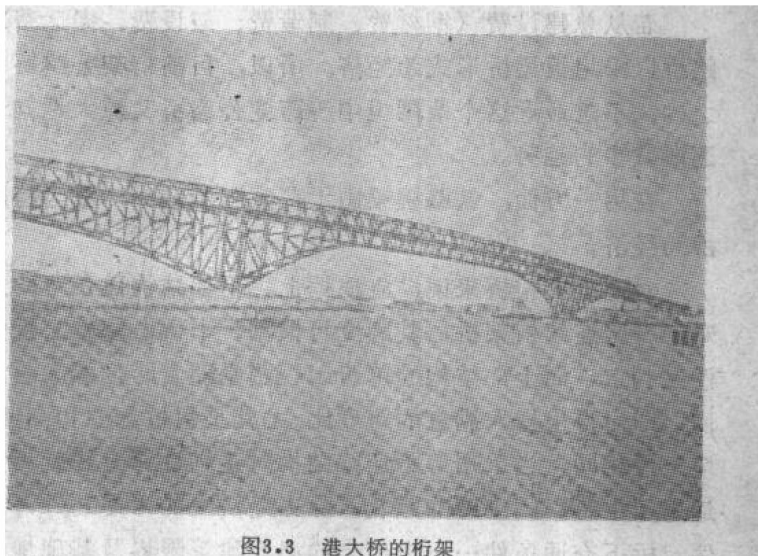


图3.3 港大桥的桁架

能获得最小截面。

如果桁架所有杆件是在工厂里由钢板焊接组成的,那么,和使用型钢的情况相比,制造费用自然贵些。倘若采用工地拼装架设法,也就是先把单根杆件运到现场,然后在桥梁工地再把各杆件拼装成桁架,那么,轻型的架设机械就够用了。不过由于架设工费比较昂贵,所以近来已开始采用大型块件架设法。如果能一次架完一个相当长的桁架单元,则可望显著地缩短工期,因而这种施工方法适用于长大桥梁。

(2) 跨度

若从总建设费(钢材费、制造费、架设费、搬运费)方面着眼,跨度在100m以下的公路桥以采用板梁桥形式为经济。所以,目前桁架公路桥的经济跨度是在100~600m这一范围之内。不过最近这个范围里中等跨度公路桥又惊人地向着斜拉桥发展,桁架桥的架设孔数有逐渐减少的趋势。

在另一方面,铁路桥梁由于荷载强度较大,故当跨度在80m或80m以上时,以采用桁架桥为经济。

对连续桁架桥来说,应根据上、下部结构建设费的总和最省为基准来确定其经济跨度。对于等跨连续桁架桥,其跨度可根据一个桥墩基本工程费恰好等于一跨桁架基本工程费的条件来判定,而上部结构的单跨工程费是随着跨度增大而急速增长的。在经过几次反复试算之后,即可得出令人满意的跨度比。尤其是引桥部分和高速公路高架桥中,在很长一段范围里环境条件相同,当采用等跨连续结构时这种计算方法就更加合理。不过这种平摊的算法,未必适用于主跨。因主跨的跨长,除去经济上的考虑之外,还受到诸如从航运条件、河流管理条件、桥下交通条件……提出来的必要建筑限界及基础地基状态等其他条件的控制。

表3.1是世界上长大桁架桥的例子。

表3.1 世界长大桁架桥

形式	桥 名	完成年代	最大跨度 m	所 在 地	国 名
悬 臂 桁 架 桥	Québec	1918	549	St. Lawrence 河	加 拿 大
	Firth of Forth	1890	521	Scotland	英 国
	港大桥	1974	510	大阪南港	日 本
	Chester Bridgeport	1971	501	New Jersey Delaware河	美 国
	Greater New Orleans	1958	480	Louisiana Mississippi河	美 国
	Howrah	1943	457	Calcutta	印 度
	Transbay	1936	427	San Francisco-Oakland Bay	美 国
	Baton Rouge	1968	376	Baton Rouge La.	美 国
连 续 桁 架 桥	大岛大桥	1976	325	山口県大島瀬户	日 本
	天 门 桥	1966	300	熊本県天草	日 本
	黑之瀬户大桥	1973	300	鹿児島県长岛	日 本
	Dubuque	1943	258	Mississippi 河	美 国
	Earle C. Clements	1944	252	Ohio 河	美 国
	Kingston-Rhinecliff	1957	244	Hudson 河	美 国
	Sciotville	1917	236	Ohio 河	美 国
	Chain of Rocks	1927	213	Mississippi 河	美 国
	New Jersey Turnpike	1956	208	Delaware 河	美 国

(3) 桁高和节间数

在决定桁高的时候,可参考既有桁架的设计资料。通过表3.2可看到关于下承简支桁架桥

桁高与跨度的比值: $\frac{h}{l}$ 。倘若桁高低于表3.2里的下限值,活载产生的挠度将增大,故不理想。

表3.2 下承式简支桁架桥桁高与跨度之比

形 式	公 路 桥	铁 路 桥
直弦桁架	$\frac{1}{10} \sim \frac{1}{6}$	$\frac{1}{10} \sim \frac{1}{5}$
曲弦桁架	$\frac{1}{8} \sim \frac{1}{5.5}$	$\frac{1}{7} \sim \frac{1}{5}$

表3.3 最佳桁高、最佳节间数

有效桁宽 (m)	跨 度 l (m)	最佳节间数	最佳桁高 h (m)	跨度/桁高 l/h
6	50	7	7.0	7.1
6	60	7	9.5	6.3
6	70	7	10.5	6.6
6	80	8	13.0	6.2
6	90	9	15.0	6.0
6	100	10	16.0	6.2
9	60	6	12.0	5.0
9	80	8	14.5	5.2
9	100	10	17.0	5.9

小堀为雄、吉田博⁹⁾曾对平行弦华伦桁架公路桥作过反复试算设计,结论是:当有效桁宽、跨度已知的条件下,若采用表3.3中列出的桁架节间数与桁高的最佳组合,则用钢数量为最少。

就连续桁架桥而言,合理的高跨比宜取 $\frac{h}{l} = \frac{1}{10} \sim \frac{1}{12}$ 。一般说来,公路桥可以取其中小一些的高跨比,铁路桥由于荷载强度较大,故高跨比也应大一些。日本在使用了HT60高强度钢的天门桥、境水道大桥(均为长大连续桁架桥)中采用了比较小的高跨比, $\frac{h}{l}$ 分别为 $\frac{1}{20}$ 和 $\frac{1}{18.5}$ 。

AASHTO*中规定: $\frac{h}{l}$ 需 $\geq \frac{1}{10}$

在拟定桁架结构高度的时候,还受到种种物理条件的制约。例如在下承公路桥中,建筑限界(一般公路桥为4.5m,铁路桥一般区段为5.7m,电气化区段为5.9m),桥门框架,横联的结构高度之和,便给出了桁架总结构高度的下限值。

就铁路双线下承简支桁架桥而言,按照最小重量设计的结果,已经明确了以下几点:

(1) 平行弦桁架之高跨比 $\frac{h}{l}$, 可按下式算出:

$$\left. \begin{array}{l} \text{柏氏桁架} \quad \frac{h}{l} = 0.381 - 0.0185n \\ \text{华伦桁架} \quad \frac{h}{l} = 0.362 - 0.016n \end{array} \right\} \quad (3.1)$$

式中 n 为节间数目,且 $6 \leq n \leq 10$, $l \leq 100\text{m}$ 。

(2) 就这个范围之内的中等跨度桁架桥来说, $\frac{h}{l}$ 与跨度长无关。

(3) 当节间数为6时,可以认为华伦桁架和柏氏桁架的用钢数量并无差别。当节间数为10时,虽然这两种桁架的 $\frac{h}{l}$ 都大致等于0.2,但柏氏桁架的用钢数量要比华伦桁架重10%。

关于桁架 $\frac{h}{l}$ 的拟定方法,给工费带来的影响并不重要,然而它对于选择杆件截面形状、钢种及设计细节等等则产生控制性的影响。

最近,由于使用了高强钢的缘故, $\frac{h}{l}$ 正日趋减小。

*译注 AASHTO现改称AASHTO即美国各州公路及运输人员协会的简写

乱无章的例子相当多。然而作者认为,倘若对建筑艺术给予足够重视,只要工费稍为增加些,改善外观的问题是可以解决的。因此,在桁架形式、桁高、节间长、杆件尺寸、桥面系、平纵联、横联等等基本设计完成以后,最好是制成立体模型,借助于图像显示(graphic display)等等对桁架桥整体外观作进一步的审查。

如果杆件尺寸和钢种型号变化过细,则制造工费上涨。从这方面看桁架桥正趋向于整体设计简化。如新干线木曾川连续桁架桥就是一个明显的例子。

已建成的悬臂桁架桥框架组成主要尺寸表见表3.4。

(6) 桁架桥的用钢量

a. 既有钢桥的用钢量 图3.5表示既有公路钢桥单位面积用钢量和最大跨度的关系图。从图中可以看到,关系直线的斜率按简支桁架、连续桁架、悬臂桁架的顺序逐渐地变缓。

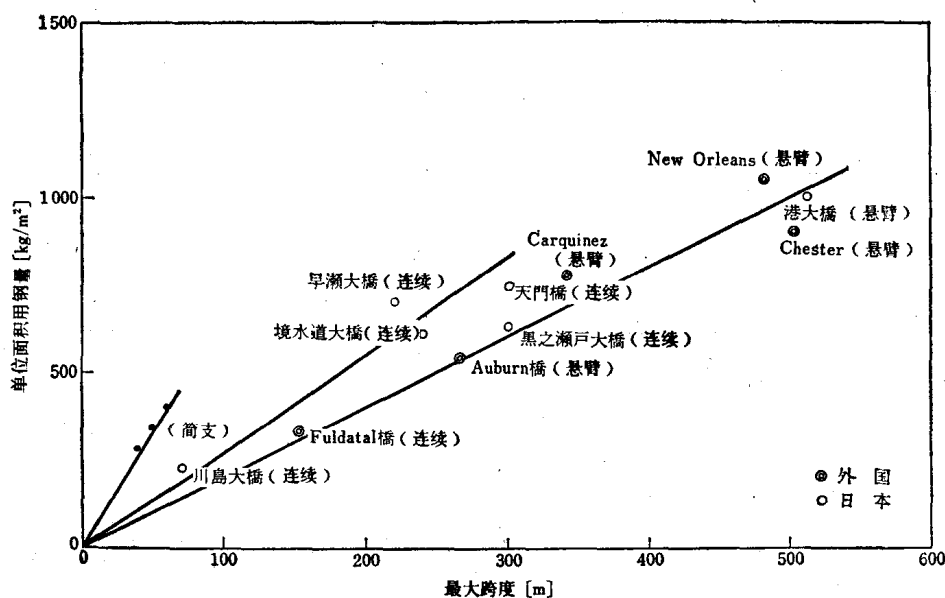


图3.5 桁架桥（公路桥）之单位面积用钢量

一般情况下的单位面积用钢量：（1）与桁宽成反比。也就是说，当跨度相同时，桁宽窄的用钢量比桁宽大的用钢量要多些。（2）当高强钢的使用量在总用钢量中比率甚大时，用钢数量将发生变化。这里以桁宽6 m的下承式华伦桁架（一等桥）为例，当SM50钢的使用量占60~70%时，单位面积用钢量和跨度的关系如图3.6所示¹⁷²⁾。

b. 桥面系的重量 一般地说，桁架桥中桥面板和桥面系的构造对整个桥梁的刚性和经济性影响很大。这里以过去常用的、纵横梁上设置钢筋混凝土桥面板的构造为例，给出工藤哲¹⁷²⁾关于桥面系用钢量比较设计的结果。即：在纵梁不高于横梁这一条件下，就图3.7中的

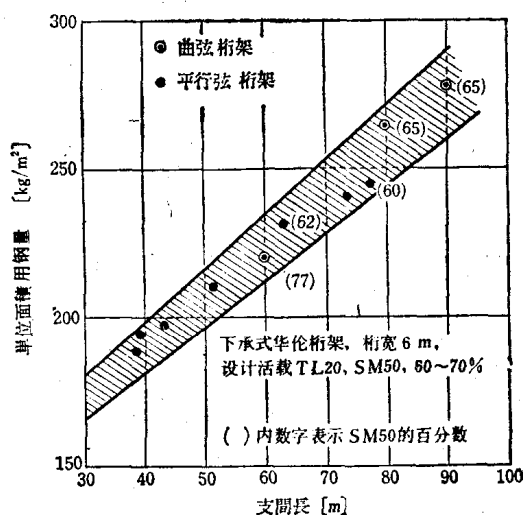
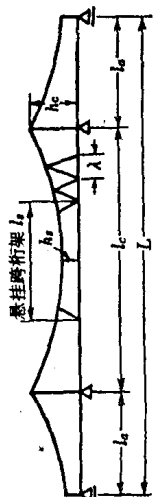


图3.6 下承华伦桁架之单位面积用钢量

表3.4 既有悬臂桁架桥主要尺寸表



桥 名	跨 度 [m]				跨 度 比		h_c [m]	$\frac{l_c}{h_c}$	h_s [m]	跨 高 比		节间长 λ [m]	主桁间距 [m]	备 考
	L	l_c	l_a	l_s	l_s/l_c	l_c/L				l_c/h_s	l_s/h_s			
Quebec	862.58	548.64	156.97	195.07	0.356	0.636	96.01	5.714	39.62	4.924	13.85	17.145 15.240	25.9	
Forth 铁道桥	1630.53	521.21 79.25 521.21	44.20	106.68	0.205	-	100.58	5.182	-	-	-	变数	-	复 线
Greater New Orleans	920.25	480.16	260.03 180.06	210.0	0.437	0.522	61.0	7.871	28.3	7.42	16.97	15.0	19.5	参阅Bauing 1959, H12, S477
Howrah	655.32	457.20	99.06	171.91	0.376	0.698	约75	≈6.1	约24	≈7.15	≈19.0	10.74	23.16	
Transbay	737.77	426.72	156.06 154.99	204.22	0.479	0.578	58.52	7.292	29.26	6.98	14.58	15.70	-	参阅ENR 1936, Nov.
Tappen Zee	736.09	369.42	183.41	162.15	0.439	0.502	47.24	7.82	16.76	9.64	22.04	-	28.35	参阅ENR 1953, Apl.
Il Carquinez Strait	1021.75	335.28	152.40	132.3	0.394	0.328	50.5	6.64	18.0	7.35	18.63	16.94 18.90	18.29	参阅Bauing 1960, H1, S1 Stahlbau 1962, H5, S135
Chester	1002.19	501.09	250.55	250.55	0.500	0.500	70.0	7.16	25.92	9.68	19.46	13.92	22.1	参阅ENR 1968 Bauing 1969, H10
港 大 桥	980	510	235	186	0.364	0.521	68.5	7.44	25.0	7.44	20.40	18.00	22.5	

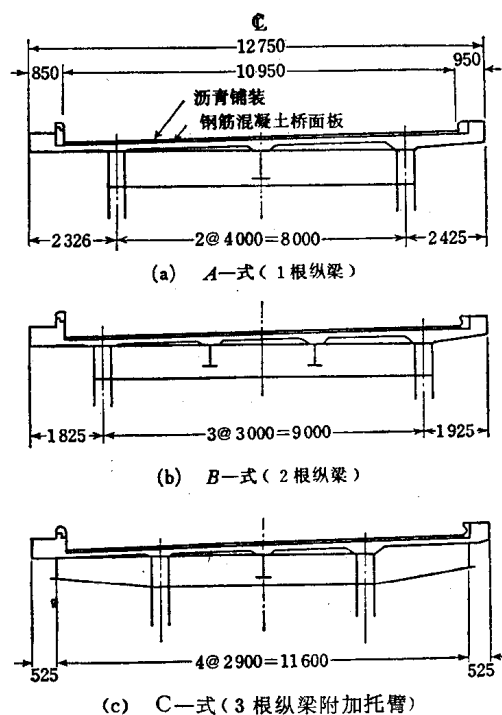


图3.7 有代表性的桥面系构造

三种桥面系结构而言，桥面系和节间长的关系曲线如图3.8所示。从桥面系布置形式方面看，显然A式的用钢量最少，节间长以7~10m比较合适。

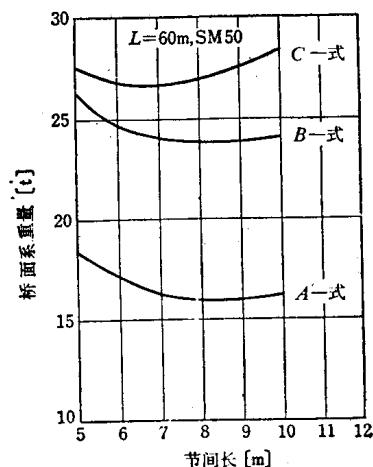


图3.8 桥面系重量

c. 主体结构之用钢量 工藤哲¹⁷²⁾以图3.9中两种桁式的高速公路桥为例，通过比较设计得到的结果是：两种桁式的用钢量几乎没有差别。

图3.10表示跨度为60、70、80m时，桁高和用钢量的变化曲线。从该图可以看到，当桁高和跨度的比值为 $\frac{1}{7} \sim \frac{1}{8}$ 时，用钢量最少。

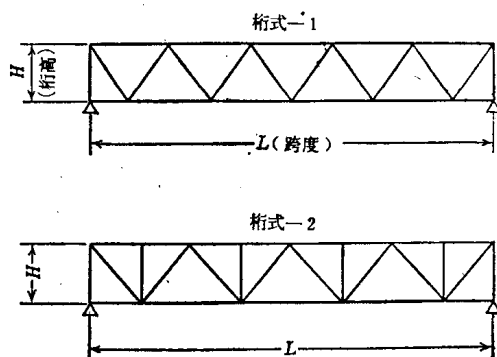


图3.9 比较设计所用的桁架形式

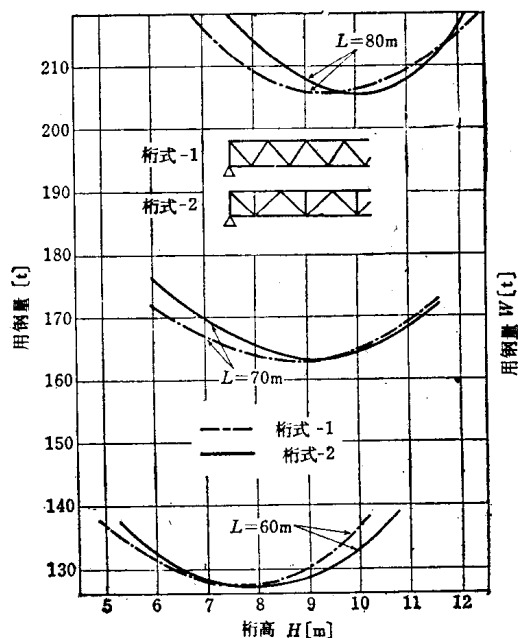


图3.10 桁高和用钢量

按使用钢种 (SS41, SM50, SM50Y, SM58) 类别表示的重量百分率如图3.11所示。图中两种桁式的重量是一样的。

图3.12是单位面积用钢量与跨度的关系曲线。

正如前面3.8节中讲过的那样，若采用桥面板和桁架主体结构合成的结构形式，就可望缩减用钢量。顺便指出，西德 Fuldataal 桥 (79.20+91.20+107.40+143.20+107.40