

高等学校教材

钢 桥

	李富文	
西南交通大学	伏魁先	编
	刘学信	
兰州铁道学院	王华廉	主审

中国铁道出版社

1993年·北京

前 言

本教材是根据高等学校铁路桥梁专业“铁路钢桥”课程教学大纲，在1978年由西南交通大学李富文、伏魁先主编，中国铁道出版社出版的《铁路钢桥》试用教材的基础上修订的。

《铁路钢桥》试用教材是根据当时的情况编写的，选材符合当时的教学要求，在教学中起到了积极作用。但是，由于科学技术的发展，钢桥的设计和施工技术方面均取得了许多成功经验，原试用教材适应不了新的需要，因此，根据铁道工程、桥梁、隧道专业教学指导委员会的意见，对原试用教材进行修订。此次修订，在内容上作了较大的变动，删去了与《结构设计原理》教材中重复的内容。同时，为了拓宽学生的知识面，增写了与公路钢桥有密切关系的内容，并将书名改为《钢桥》。另外，由于钢斜拉桥和悬索桥发展很快，故修订时，将此内容单独成章，扼要地介绍钢斜拉桥和悬索桥的构造和设计计算方法。在修订时，力求使教材内容能反映我国钢桥建设的实际，密切联系生产实践，适当介绍了国外的新技术。

在编写时，注意了以下几个方面：

1. 学习简支板梁桥和桁架桥的设计是掌握钢桥设计理论的基本环节，为此，在第二、三章中，用了较大的篇幅详细介绍简支板梁桥和桁架桥的设计。为加深读者对设计方法的理解和应用，书中以32m全焊板梁桥和64m栓焊桁架桥为例，结合各部分内容讲授的顺序，编写了详细的算例。
2. 连续桁架桥在桥梁建设中已得到广泛采用，因此单列一章，较为详细地介绍它在设计中的一些特殊问题。
3. 为使读者对钢桥各种结构的形式有一个概括的了解，在第五章中扼要介绍了悬臂桁架桥、拱桥和联合系桥等大跨度钢桥，第六章则对斜拉桥和悬索桥的设计计算作了简要的叙述。
4. 钢桥设计、制造和安装三者是密切相关的，因此，将钢梁制造和钢梁安装各列一章，编入本书。

本书由西南交通大学李富文、伏魁先、刘学信共同修订。胡正民、陈坚、刘子亮曾参加试用教材个别章节的编写。

本书由兰州铁道学院王华康主审。参加审稿的还有石家庄铁道学院贾士升、张家旭等。

编 者

1990年5月

(京)新登字063号

内 容 简 介

本书内容包括钢桥的设计理论和钢梁的制造工艺和安装方法。全书共分八章，第一章为钢桥概说；第二章和第三章主要介绍板梁桥和简支栓焊桁架桥的设计，并附详细的算例；第四章主要讲述连续桁架桥设计中的若干特殊问题；在第五章中，对悬臂桁架桥、拱桥和联合系桥作了扼要的叙述；第六章简要介绍斜拉桥和悬索桥的构造和设计计算；第七章介绍钢梁制造工艺的基本知识；第八章介绍几种常用的钢梁安装方法。

本书除作高等学校桥梁专业的教材外，也可供有关专业的师生和工程技术人员参考。

高等学校教材

钢 桥

西南交通大学 李富文 伏魁先 刘学信 编

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条14号)

责任编辑 程东海 封面设计 王毓平

各地新华书店经售

北京顺义燕华印刷厂印

开本：787×1092毫米 1/16 印张：15.5 插页：2 字数：370千

1992年2月第1版 1993年9月第2次印刷

印数：1501—3500册

ISBN7-113-01159-4/U·356 定价：7.80元

目 录

第一章 钢桥概说	1
第一节 钢桥的主要特点及适用范围	1
第二节 我国钢桥发展概况	1
第三节 钢桥所用的材料	3
第二章 板梁桥	4
第一节 常用的几种板梁桥	4
第二节 全焊上承式板梁桥的构造	9
第三节 板梁桥的计算	14
第四节 箱形钢梁桥简介	28
第三章 下承式简支栓焊桁架桥	32
第一节 设计总说	32
第二节 主桁杆件的内力计算	38
第三节 主桁杆件的截面选择	53
第四节 主桁节点及弦杆拼接	67
第五节 桥面系	89
第六节 联结系	102
第七节 桁梁挠度、上拱度及横向刚度	110
第八节 支 座	112
第四章 连续桁架桥	123
第一节 概 述	123
第二节 连续桁架桥设计中的几个问题	125
第三节 公铁两用桥的桥面布置	139
第五章 悬臂桁架桥、拱桥、联合系桥	143
第一节 悬臂桁架桥	143
第二节 拱桥	146
第三节 联合系桥	151
第六章 斜拉桥和悬索桥	158
第一节 斜拉桥	158

第二节 悬索桥	166
第七章 钢桥制造	175
第一节 栓焊钢梁的制造	175
第二节 铆接钢梁的制造	187
第八章 钢梁安装	190
第一节 悬臂法安装钢梁	190
第二节 拖拉法架设钢梁	218
第三节 浮运法架设钢梁	233

第一章 钢 桥 概 说

第一节 钢桥的主要特点及适用范围

钢材是一种抗拉、抗压和抗剪强度均较高的匀质材料。由于钢材的强度高，所以钢桥具有很大的跨越能力。世界上已建造的钢筋混凝土桥(拱桥)最大跨度为390m，而钢拱桥的最大跨度为518m，悬索桥为1410m。

钢桥的构件最适合用工业化方法来制造，便于运输，工地安装的速度快，因此，钢桥的施工期限较短。

钢桥在受到破坏后，易于修复和更换。从抢修方面考虑，钢桥也较其他材料制造的桥梁优越。

但是，钢材易于锈蚀，需要经常检查和按期油漆，故钢桥的养护费用要比石桥和钢筋混凝土桥高。

我国的社会主义建设事业正在日新月异地向前发展，国民经济各部门都需用大量钢材，在建设中合理使用和节约钢材具有重要意义。对跨度较小的桥梁(40m以下)，应尽可能采用钢筋混凝土桥或石拱桥来代替钢桥。对中等跨度和大跨度的桥梁，则应根据技术经济条件进行方案比较，决定是否采用钢桥方案。在一般情况下，大、中跨度的铁路桥梁，以采用钢桥为主。

第二节 我国钢桥发展概况

我国是一个具有悠久历史和丰富文化遗产的国家。我们的祖先远在春秋晚期，就以自己的勤劳和智慧锻造出铁器。相传秦末(公元前206年左右)刘项之争时，大将樊哙在陕西褒城马道驿的寒溪上建造了一座铁链桥。据《云南略考》记载，公元60年左右，东汉明帝在云南景东地区的澜沧江上，修建了锻铁悬索桥。历史事实说明，我国是世界上最早建造铁悬索桥的国家。至今尚存完好无损的大渡河上泸定铁索桥，长百余米，为公元1676年建成，它以留下红军二万五千里长征的光辉足迹而闻名于世。

然而，封建制度的长期统治，大大束缚了我国科学技术的发展。自1840年鸦片战争英帝国主义首先以大炮轰开满清帝国的大门以后，世界列强相继入侵，我国沦为半封建半殖民地社会。帝国主义为了掠夺我国的资源财富，在我国领土上竞相攫取“筑路权”与“贷款权”。俄国强行修建东省铁路；德国强行修建胶济铁路；法国强行修建滇越铁路；比、英、德、俄、法诸列强乘我国兴办芦汉铁路、汴洛铁路、沪宁铁路、津浦铁路、正太铁路之机，迫使满清政府向他们贷款。在这一段时期里，我国的钢桥绝大部分是由外国人设计和监造的。1896年建成的滨洲线上哈尔滨松花江桥，其钢梁为俄国和比利时的工厂制造，桥梁为俄国控制的东省铁路公司修建；1905年建成的京汉线上郑州黄河桥(老桥)，为比利时公司承建；1911年

建成的陇海线上黑石关伊洛河桥（老桥），为法国公司设计和承建。

1894年建成滦河大桥，该桥上部结构由多孔钢桁梁和钢板梁组成。在修建过程中，外国工程师遇到困难而告退，最后由我国工程师詹天佑完成。这是我国工程师第一次主持修建钢桥。1905~1909年满清政府在人民群众“收回路权”这一爱国运动的压力下，被迫用自已国家的资金和人力，修建京张铁路，詹天佑任总工程师。这一条铁路上的钢桥，都是由我国自己设计、制造和安装的。京张铁路的建设，摆脱了帝国主义的控制，靠自力更生建成，在我国铁路史上谱写了光辉的一页。

1937年我国建成了钱塘江大桥。该桥全长1072m，公路桥面布置在上层，铁路桥面布置在下层，正桥为16孔65.86m简支钢桁梁，钢梁为铆接，采用浮运架设。该桥为我国著名桥梁专家茅以升负责设计和监督施工，是我国历史上由自己工程师设计和监造的第一座双层公、铁两用大桥。

旧中国的铁路钢桥建设，由于受到当时的政治、经济和科学技术条件的限制，发展极为缓慢，其中大多数为结构简单的小跨度钢梁，主跨超过100m的只有两座钢桥：一是陇海线上的黑石关伊洛河桥，主跨为128.7m；另一是津浦线上的淤口黄河桥，主跨为164.7m。解放前修建的钢梁大部分由外国制造，由我国自己生产的钢梁总量还不到1000t。

建国后，钢梁总产量现已超过450000t。主跨大于100m的铁路钢桥就有十余座，其中有，1957年建成的武汉长江大桥为公、铁两用桥，正桥为三联，每联为 $3 \times 128\text{m}$ 连续铆接钢桁梁，1968年建成的南京长江大桥为公、铁两用桥，上部结构的主要部分由一孔128m的简支钢桁梁和三联 $3 \times 160\text{m}$ 连续钢桁梁组成，主桁杆件采用16锰低合金钢梁桥，用铆钉连接，于1968年建成。1969年建成的成昆线三堆子金沙江桥为192m的简支铆接钢桁梁。1970年左右建成的成昆铁路安宁河桥、同模甸二桥、拉旧桥和迎水河桥均为112m系杆拱栓焊钢桥。1971年建成的枝城长江大桥为公、铁两用桥，由一联 $5 \times 128\text{m}$ 和一联 $4 \times 160\text{m}$ 的连续铆接钢桁梁组成。1977年建成的密云水库白河桥，为 $3 \times 128\text{m}$ 连续栓焊钢桁梁，1982年建成的安康汉江桥为176m的斜腿刚构。

旧中国的公路钢桥的建设，也遭遇和铁路钢桥同样的命运。天津的金华、金汤、旧万国开启桥，广州的海珠开启桥，上海的外白渡桥、浙江路桥、新闸路桥等，都是由外国人设计或向外国贷款建造的。

新中国成立后，我国公路钢桥建设获得较大的发展。1972年修建的北镇黄河桥，主跨长112.7m，为连续钢桁梁，是我国目前跨度较大的一座公路梁式桥。1966年修建的广西东兰红水河桥，为上承钢桁梁与钢筋混凝土板相结合的结合梁桥，跨长66m，是我国目前跨度最大的公路结合梁桥。1955年建成的武汉汉水桥，为 $54\text{m} + 88\text{m} + 54\text{m}$ 刚性梁柔性拱组合体系公路钢桥。1966年和1969年建成的四川渡口二号和三号桥，跨长180m和181m，为公路钢拱桥。我国已建成的大跨度公路钢桥，以悬索桥较多。50年代我国公路悬索桥最大跨度为126m；60年代为186m；70~80年代已发展到400~500m。如1984年建成的拉萨河达孜悬索桥，其主索跨度为500m，是我国目前最大跨度的桥梁；1987年在山东东营市修建了一座主跨为288m的公路钢斜拉桥。

建国以来，我国钢桥建造的科学技术水平发展迅速。武汉长江大桥第一次征服了长江天堑，实现了我国人民多年来梦寐以求的夙愿，它的建成反映了我国桥梁事业的飞跃，是我国钢桥发展史上的一个里程碑。南京长江大桥，首次使用国产低合金钢材，在结构上和跨度上又向前迈进了一步。栓焊钢梁、斜腿薄壁箱形钢梁、钢斜拉桥的采用，反映了我国钢桥建造

技术进入了世界先进行列。

第三节 钢桥所用的材料

桥梁结构使用的钢种主要有碳素钢和低合金钢两类。50年代我国钢桥主要采用甲3桥低碳钢(A3q)。武汉长江大桥的 $3 \times 128\text{m}$ 连续钢桁梁就是用低碳钢制造的。对于焊接钢梁,用的是16桥钢。由于低碳钢的屈服强度低(240MPa),用以建造大跨度钢桥,使杆件不可避免地要采用较大的截面尺寸,因而使钢桥的自重加大,钢材用量增加。为了减轻钢梁自重,50年代后期我国开始研究在桥梁上采用高强度低合金钢。我国矿藏资源十分丰富,许多铁矿中已天然带有如锰、硅、钒、钛、铜等各种合金元素,用普通的冶炼方法,即可炼出高质量的低合金钢,其强度、塑性、韧性及焊接性能良好。16锰桥钢(16Mnq)是在60年代研制成功的普通低合金钢,其屈服强度为340MPa。首先用于成昆线上的铁路桥梁,建成了四座跨度为112m的系杆拱桥。又用16Mn桥钢建成南京长江大桥,其最大跨度160m,钢梁总重31545t,比用低碳钢节省钢材约15%。从此,16Mn桥钢成为制造钢梁的主要钢种。

为适应发展大跨度栓焊钢梁的需要,自60年代中期起,我国开始研制强度更高的新钢种。70年代研制成功的15锰钒氮桥梁钢,其屈服强度达420MPa,曾用于京承线白河桥和京山线永定新河桥,比用16Mn桥钢节约钢材10%以上,焊接钢板最大厚度达40mm。为改善15MnVN桥梁钢的焊接性能,提高焊后的低温冲击韧性和时效冲击韧性,根据不同部位,将其分为A、B、C三级。A级(15MnVNA)用于非焊接部件;B级(15MnVNB)用于受压工字形或次要焊接部件;C级(15MnVNC)用于受拉和受疲劳控制的主要杆件。

C级15MnVN钢的化学成分(%):

$C \leq 0.18$; $Si = 0.2 \sim 0.6$; $Mn = 1.3 \sim 1.7$; $P \leq 0.02$; $S \leq 0.015$; $V = 0.18$; $N = 0.018$ 。

C级15MnVN钢的机械性能:

极限强度 $\geq 560\text{MPa}$; 屈服强度 $\geq 420\text{MPa}$; 伸长率 $\delta_5 \geq 19\%$; 低温冲击值 $a_{k,-40^\circ\text{C}} \geq 49\text{J/cm}^2$; 时效冲击值 $a_k' \geq 49\text{J/cm}^2$ 。

铆接钢梁所用的铆钉,用铆螺二号炭钢(ML₂),其钢质较软,便于顶锻加工。栓焊钢梁所用的高强度螺栓,其材料用40硼钢(40B)或20锰钛硼(20MnTiB)。

桥梁支座的上、下摆及底板等用铸钢25II(ZG25II,辊轴用35号锻钢(DG35))。

国外在钢桥上使用高强度钢已有多数。日本已用超高强度钢HT70、HT80修建港大桥,钢的屈服强度分别不小于600MPa和700MPa。美国的ASTMA514钢已正式列入规范,其屈服强度 $\geq 700\text{MPa}$ 。英国、德国等也生产了用于钢桥结构的超高强度钢。

多年来,耐大气腐蚀钢的研制受到广泛的注意。钢结构因其抗锈蚀能力差,在使用过程中须定期油漆,大大增加了养护费用。铜能提高钢的抗大气腐蚀性能,采用含铜的耐候钢,其表面能逐渐形成一层附着性强的因锈蚀而产生的保护膜,阻止水和氧气的渗入,从而减缓了钢材继续腐蚀的速度。美国的Corten钢、日本的SMA50和SMA58钢等都是用于桥梁的耐候钢。这类钢材无疑具有较高的使用价值。

解放后我国桥梁钢的品种已有很大发展。随着我国冶炼技术的进步,可以预料,今后将会有更多、性能更好的新钢种在桥梁上应用。

第二章 板 梁 桥

第一节 常用的几种板梁桥

一、上承式板梁桥

上承式板梁桥(见图 2—1、2—2)的主要承重结构是两片工字形截面的板梁，该板梁称为主梁。在它的上面铺设有桥面，活载及板梁桥的自重，是由这两片板梁承受，通过支坐将力传至墩台。在两片主梁之间，有许多杆件联系着，使它成为一个稳定的空间结构。在上面的杆件与主梁的上部翼缘组成一个水平桁架，称为上面水平纵向联结系，简称“上平纵联”，在下面的就简称“下平纵联”。在两主梁之间设有交叉杆，与上下横撑及主梁的加劲肋和一部分腹板组成一个横向平面结构，称为横向联结系，简称“横联”，位于中间者称为“中间横联”，位于主梁两端者称为“端横联”。

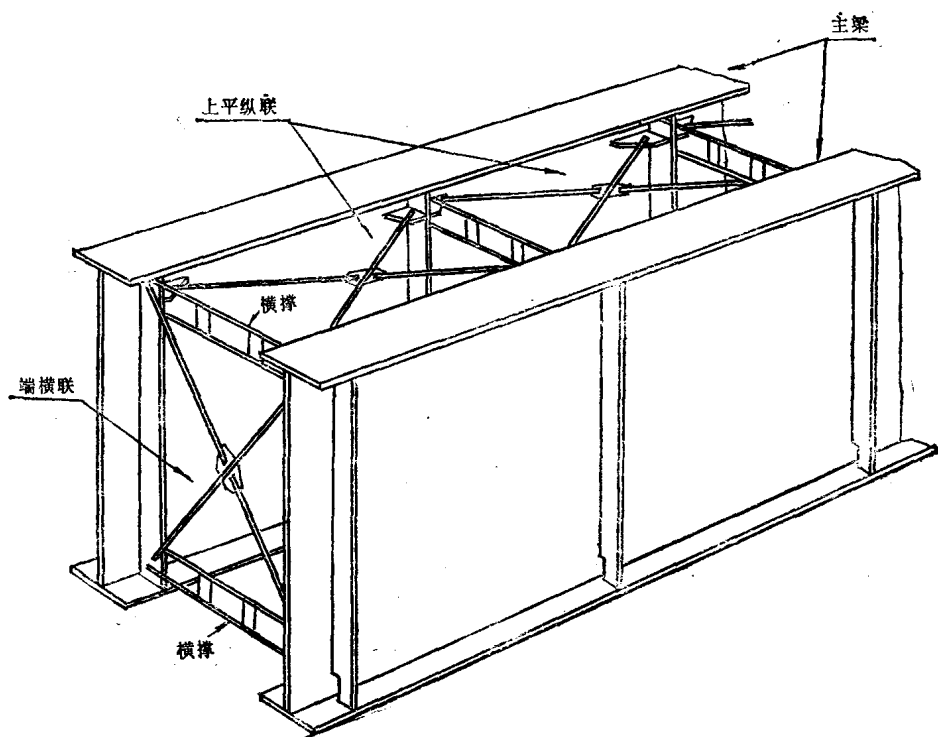


图 2—1 上承板梁部分透视图(下平纵联及中间横联未画出)

桥面主要由桥枕、护木、正轨及护轨等组成(见图 2—3)。当主梁间距为 2m 时，桥枕尺寸一般采用 20cm×24cm×300cm，将 24cm 竖放，使有较大的抵抗弯矩的能力。桥枕下刻

槽，搁置于主梁上，用钩螺栓与主梁上翼缘扣紧，以免行车时桥枕跳动。桥枕间的净距，不宜超过21cm，这是为了当列车在桥上掉道时，车轮不致卡于两桥枕之间，列车还能在桥枕上继续滚动前进，以免发生重大的事故。桥面上除正轨外，还设有护轨。护轨两端应延伸到桥台以外一段距离，并弯向轨道中心。护轨的作用就是当列车掉道后，用以控制车轮前进的方向，避免发生翻车事故。在桥枕两端设有护木，用螺栓与桥枕连牢，护木的作用是固定桥枕之间的相对位置。上述的这种桥面，叫做“明桥面”，明桥面设置在主梁顶上的这种板梁桥，就叫做“上承式板梁桥”。

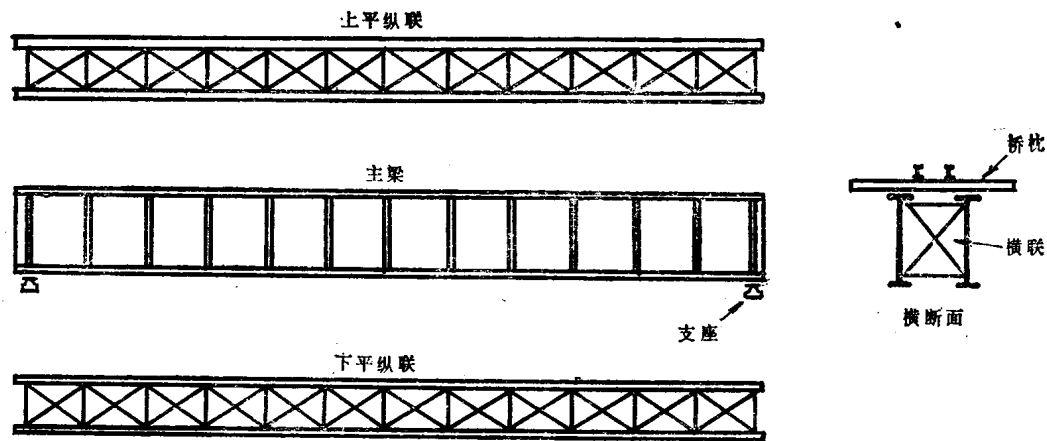


图 2—2 上承式板梁桥简图

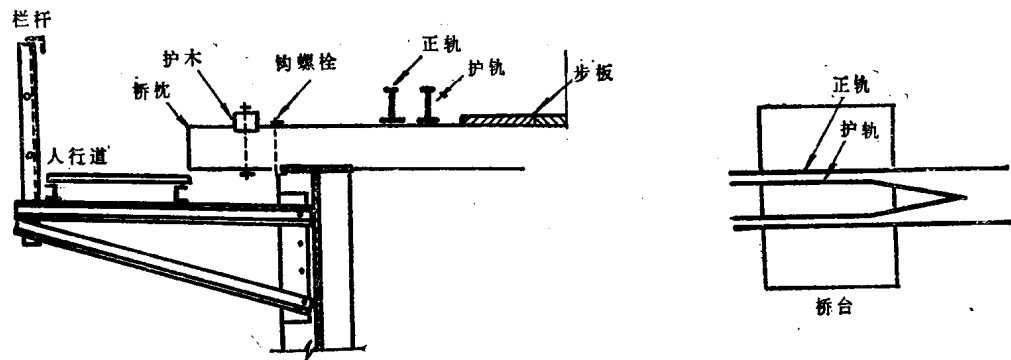


图 2—8 明桥面

当跨度小于40m左右时，钢板梁桥比钢桁梁桥经济，因此，小跨度的钢桥常用板梁桥。上承式板梁桥的构造较简单，钢料也较省，可以整孔装运，整孔架设，因此，它是用得最多的一种钢板梁桥。

二、下承式板梁桥

下承式板梁桥（见图 2—4、2—5、2—6）的主要承重结构，也是两片工形截面的板梁，称为主梁。在两片主梁之间，设置有由纵梁和横梁组成的桥面系，桥面不是搁置在主梁上，而是搁置在纵梁上。由于纵梁高度较主梁高度小得多，这样就大大地缩小了建筑高度 h （自轨底至梁底）。

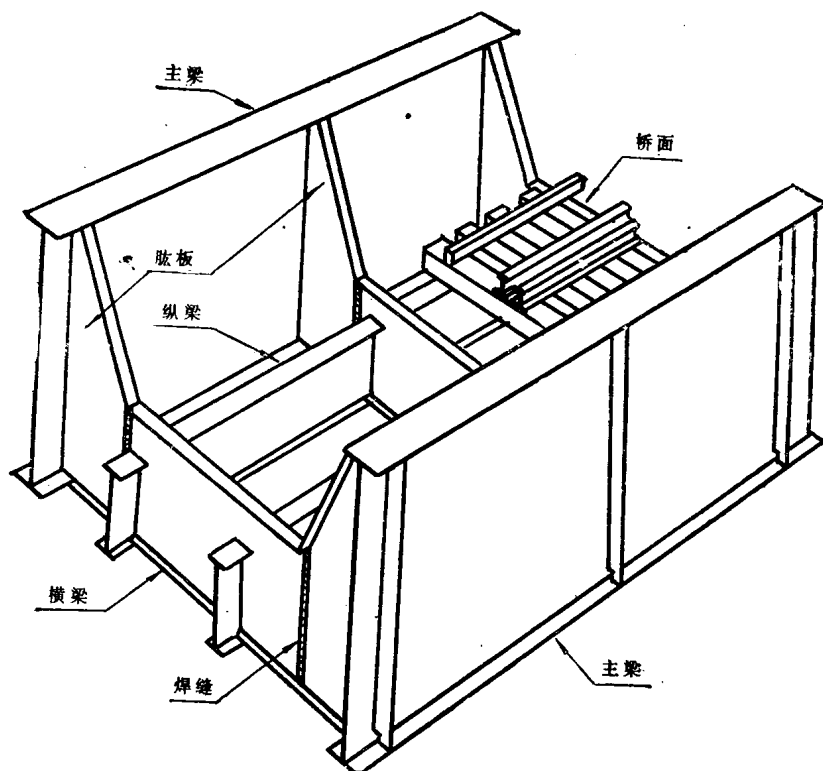


图 2-4

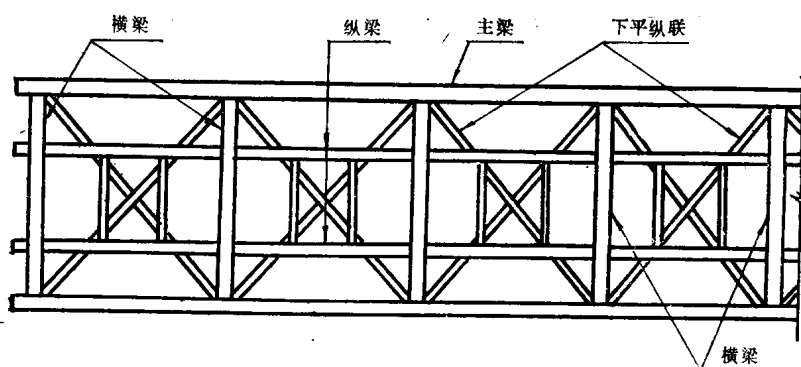


图 2-5

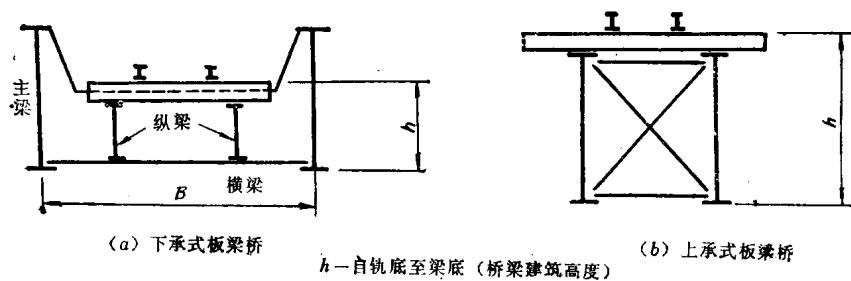


图 2-6

由于桥面是布置在两片主梁之间，列车在两片主梁之间通过，这样就要求两片主梁之间

的净空能满足桥梁净空的规定。桥梁净空的宽度为4.88m，因此下承式板梁桥的标准设计的两片主梁中至中的距离为5.4m。

为了使下承式板梁桥成为一个空间稳定结构，在其主梁之下同样也设有下平纵联。由于要满足桥梁净空的要求，无法设置上平纵联，故在横梁与主梁之间，加设肱板，一方面肱板对主梁上翼缘起支撑作用，保证上翼缘的稳定；同时，肱板与横梁连成一块，可起横联的作用。

下承式板梁桥与上承式板梁桥相比，在结构方面增加了桥面系，因此用料较多，制造也费工。由于它的宽度大，无法整孔运送，因此，增添了装运与架梁的工作量。所以，当铁路桥梁采用板梁桥时，应尽可能不采用下承式而采用上承式。但是，由于下承式板梁桥具有较小的建筑高度的特点，在某些条件下仍有采用下承式板梁桥的必要，例如跨线铁路桥，当桥上线路标高不宜提高而又要求桥下有一定的净空，这时，如上承式板梁桥的建筑高度过大，则可考虑采用下承式板梁桥。

三、结合梁桥

用抗剪结合器或其他方法将混凝土桥面板与其下的钢板梁结合成一体梁式结构。这种结构称为结合梁桥。在结合梁桥中，混凝土桥面板参加钢板梁上翼缘承受压应力的工作，提高了桥梁的抗弯强度，从而可以节省用钢量或降低建筑高度。试验证明，结合梁在承受超载的能力方面比非结合梁要大，由于这些原因，近年来在国外公路桥梁工程中，结合梁桥已获得广泛的使用。

在公路结合梁桥中，常用的抗剪结合器有两种。一种是用一小段型钢，横向焊接于钢板梁的上翼缘上，其纵向间距不宜大于

60cm（见图2—7）。另一种是特制的抗剪连结销，俗称大头栓（见图2—7b），形如螺栓，但无螺纹，一端有一圆头，用以阻止混凝土板竖向脱离钢板梁翼缘。最常用的连结销，其直径为1.9~2.2cm，其长度为5~10cm。根据美国有关规范的规定，连结销的容许最大纵向间距为60cm左右。安装连结销时，可使用特制的自动电焊枪，将连结销焊接于钢板梁的上翼缘上。这种抗剪结合器比较经济，使用较多，但具有施工初期妨碍施工人员在钢板梁翼缘上行走的缺点。

在铁路桥梁中，我国曾采用过结合梁桥，即把钢筋混凝土的道碴槽板与钢板梁相结合（图2—8）。铁路结合梁桥一般用于陡坡急弯地段。

为了便于线路施工期间的临时运输，小型桥涵工程的施工时间不宜太长，故铁路结合梁桥常采用预制的道碴槽板。

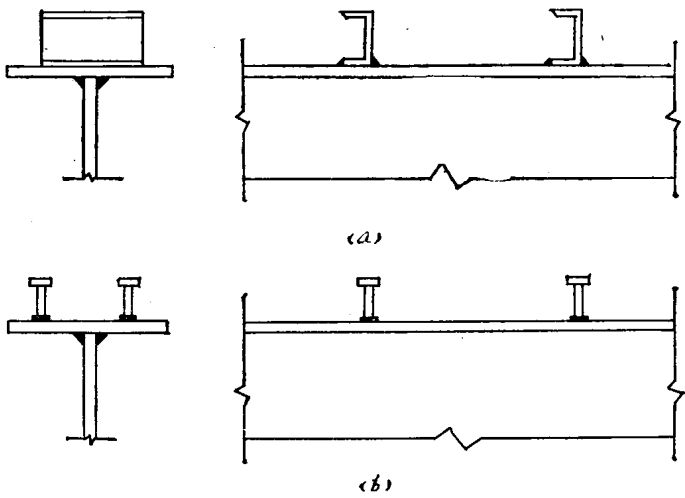


图2—7 抗剪结合器

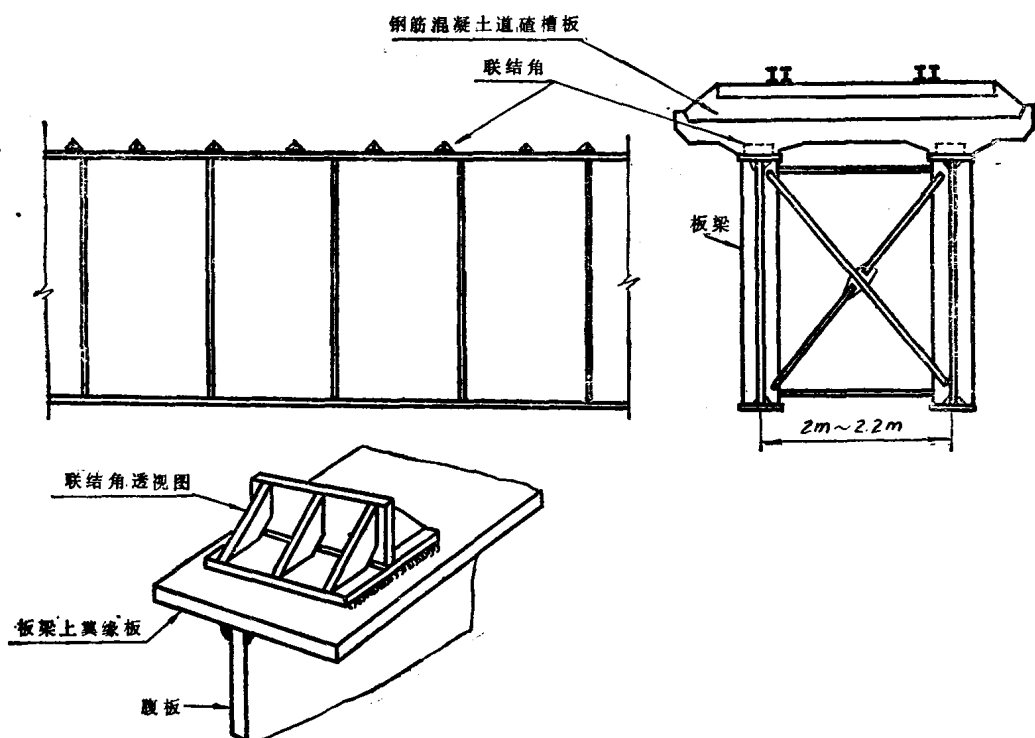


图 2—8 铁路结合梁桥

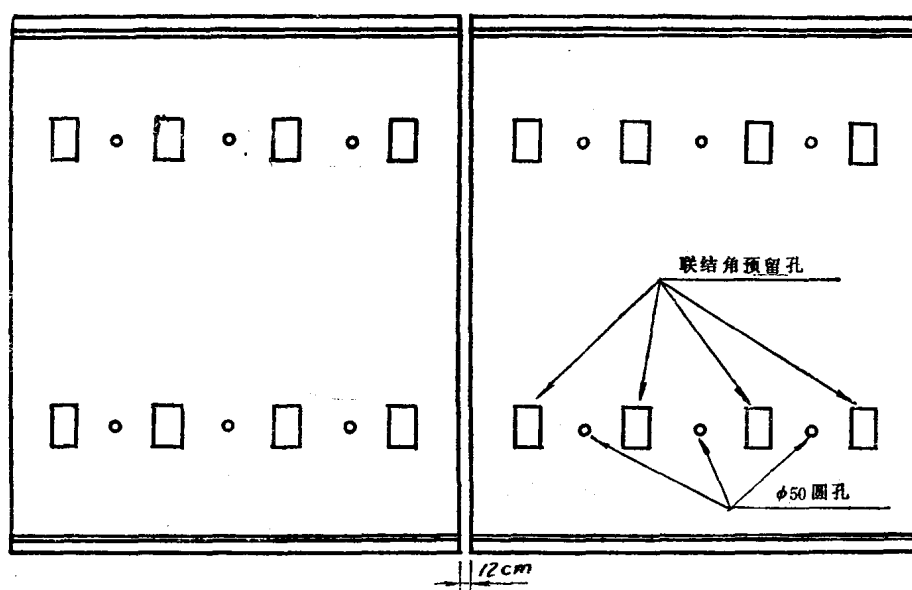


图 2—9 铁路结合梁桥的道碴槽板

使道碴槽板与板梁结合牢固的措施为：（1）在板梁上翼缘板上，设置联结角（见图 2—8），在道碴槽板上设有联结角的预留孔（见图 2—9），将预制的道碴槽板铺放在板梁上后，用 400 号膨胀性水泥制成的 1:0.7 水泥砂浆（水灰比为 0.35）填入预留孔里，待凝固后，联结角即可传递剪力，使道碴槽板及板梁之间不致发生水平方向的错动。（2）在铺放

道碴槽板时,先将上翼缘板表面处理干净,垫上砂浆,然后将道碴槽板铺放其上,再通过板中 $\phi 50$ 圆孔向内灌入稠度较浓、水灰比较小的普通水泥砂浆,使道碴槽板底面固结于板梁上翼缘上(见图2—9)。

道碴槽板是预制的块件,当它们安放就位后,它们之间留有12cm宽的缝隙,缝隙中应灌入400号的膨胀性水泥砂浆,安装预制的道碴槽板时,要注意避免板的两端外露钢筋互相抵触,以免安装困难。

在养护良好的情况下,可以用普通硅酸盐水泥代替膨胀性水泥,但如通车期限迫切,宜采用早强水泥。

结合梁桥并不比具有明桥面的上承板梁桥节省钢料,且施工架设繁琐,从架梁至通车的时间较长。因此,当能用明桥面的上承式板梁桥时,不宜使用结合梁桥。然而,当桥上线路坡陡弯急,如果仍采用明桥面,将使桥上线路的铺设及养护增添不少困难,这时宜用道碴桥面。跨度较小的梁桥,可考虑采用钢筋混凝土梁;跨度稍大的梁桥,则可考虑采用结合梁桥。

第二节 全焊上承式板梁桥的构造

一、主 梁

主梁是工形截面,由翼缘及腹板组成。跨度较小的板梁桥,其主梁常用等截面的板梁,翼缘只用一块钢板(见图2—10a);跨度较大的板梁桥,为了使主梁截面承受弯矩的能力大致符合弯矩图,借以节省钢料,主梁常做成变截面的,这时,翼缘如仍用一块钢板,则翼缘板可在宽度或厚度方面加以变化,靠梁端的翼缘板用较窄的或较薄的钢板(见图2—11a、b)。当翼缘需采用两块钢板时(如图2—10b),跨中区段可用两块板,靠两端区段的翼缘,则用一块板(见图2—11c)。例如跨度32m的上承板梁桥,由于跨中弯矩较大,主梁需要较厚的翼缘板,但目前常用的桥梁钢,一般厚度不超过32mm,难于满足要求。因此,在弯矩较大的跨中区段,需要用两块钢板(组成较厚的翼缘板);而梁端区段翼缘板则只用一块钢板。在截面变化处,为了使截面变化匀顺,以减小应力集中,沿厚度及宽度方向常做成斜坡(见图2—11)。

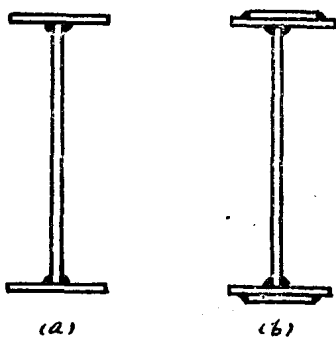


图 2—10

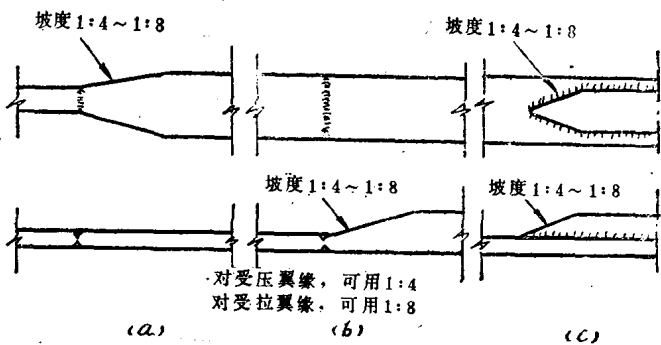


图 2—11

为了保证主梁的腹板稳定,腹板的两侧常需设置竖向加劲肋,当腹板较高时,有时还需

加设水平加劲肋(见图 2—12)。

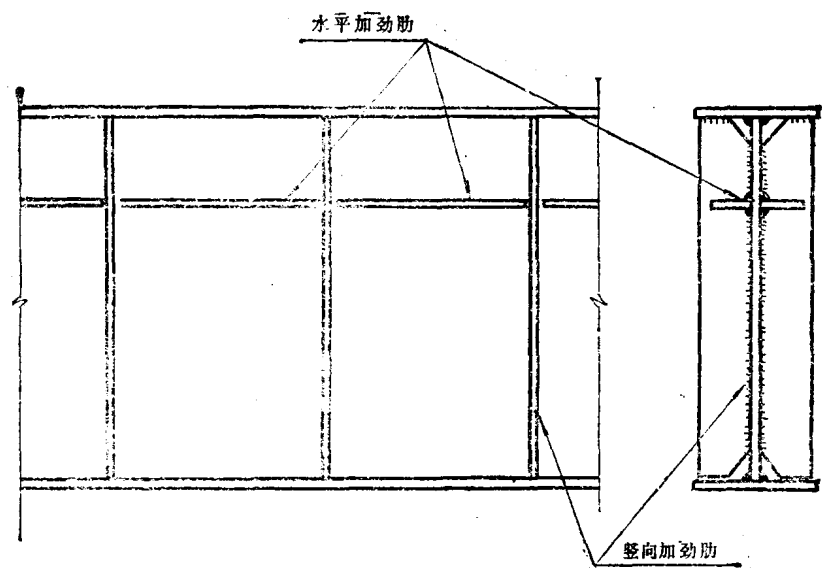


图 2—12

竖向加劲肋是采用一对板条用角焊缝对称地焊连于腹板的两侧，焊缝的两端至翼缘角焊缝的距离，应不小于80mm；加劲肋与上翼缘相连的焊缝，其端头至翼缘角焊缝的距离，应不小于50mm，以免焊缝相距太近而降低了该处的疲劳强度(见图 2—13)。由于主梁上翼缘直接承受桥枕的压力，因此，加劲肋的上端，常与上翼缘顶紧，以达到支承翼缘板的作用。在横联处，加劲肋还是横联的一个组成部分，受力较大，这时，加劲肋的上端可与上翼缘焊牢。加劲肋的下端无需与下翼缘顶紧，更不应与下翼缘焊连，这是由于手焊缝对受拉的翼缘板的疲劳强度影响甚大的缘故。如果不焊连而只顶紧，经验告诉我们，在工厂制造时虽已顶紧，但行车后，加劲肋的下端与下翼缘之间仍产生缝隙，不能达到顶紧的目的。加劲肋应用半自动焊与腹板相连，不应采用手焊，以免降低焊接质量。过去在修建某桥时，曾经在

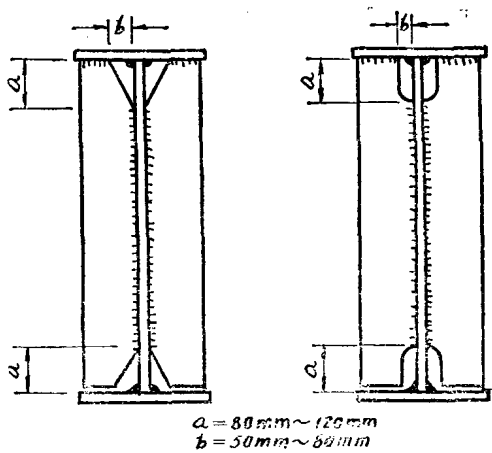


图 2—13

加劲肋两侧的半自动焊缝端处，用手焊缝把它接连(见图 2—14)，后来，在运营过程中发现手焊缝的下边腹板，出现水平方向的裂纹，这是由于在活载作用下，主梁下翼缘产生剧烈的横向摆动，使该处腹板产生反复应力，而手焊缝又大大降低钢材的疲劳强度，因此，运营不到半年，即出现裂纹。要避免这种裂纹的产生，可从两方面来解决：一方面，在半自动焊缝端部，不应用手焊缝接连，以保证焊缝质量；另一方面，改善桥梁构造，以减小下翼缘的横向摆动，例如将下平纵联的横撑与下翼缘相连(见图 2—15)。

端加劲肋既是端部横联的一部分，它还要传递板梁桥的支承反力。因此，端加劲肋上端

应与上翼缘顶紧焊牢，下端应磨光顶紧并与下翼缘焊牢。

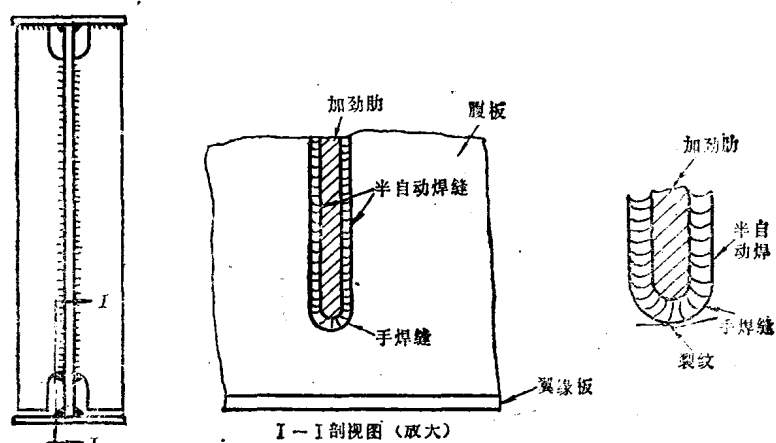


图 2-14

二、联 结 系

平纵联杆件端部的节点板，可与上翼缘焊连（见图 2-16a），但不应与受拉的下翼缘焊连，这是由于受拉翼缘的疲劳强度受焊接影响较大的缘故。通常，平纵联斜杆端的节点板，常与腹板焊连，而横撑则焊在加劲肋上（见图 2-16b），以免降低翼缘的疲劳强度。

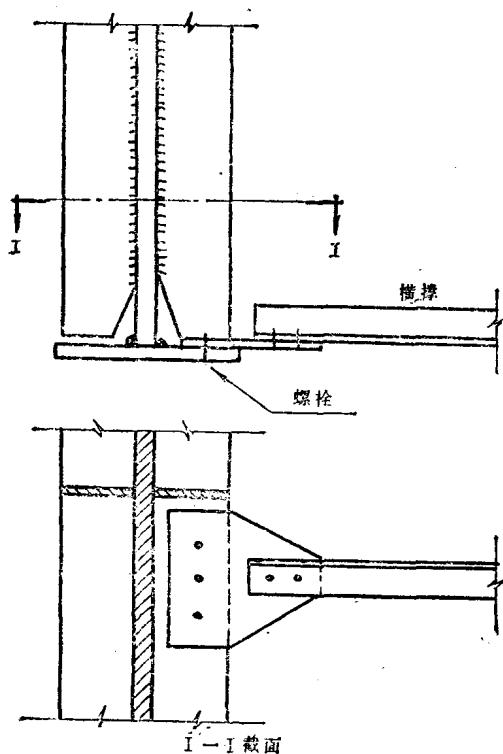


图 2-15

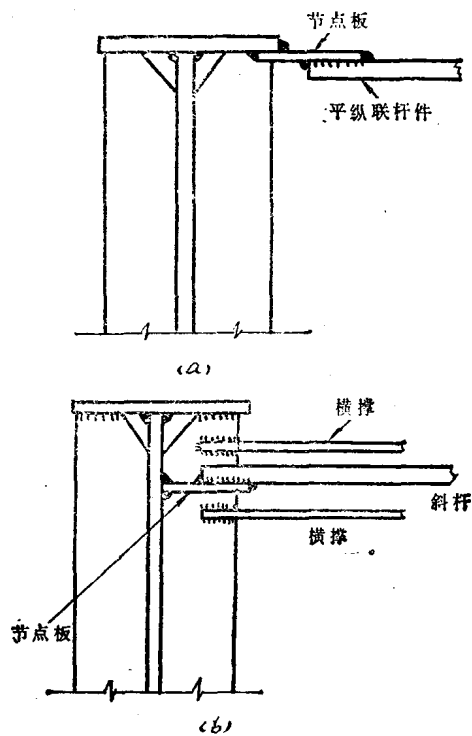


图 2-16

与腹板焊连的节点板，其另一边是焊连于加劲肋上（见图 2—17），节点板切去一块，这样使节点板边缘的焊缝至加劲肋与腹板相连的焊缝，保持一定的距离。斜杆端头的连接焊缝至节点板边缘的焊缝，也应保持一定的距离。为了减小应力集中，节点板还应做成圆弧形，并在施焊完毕后用砂轮或风铲将焊缝表面进行加工，使表面平顺。

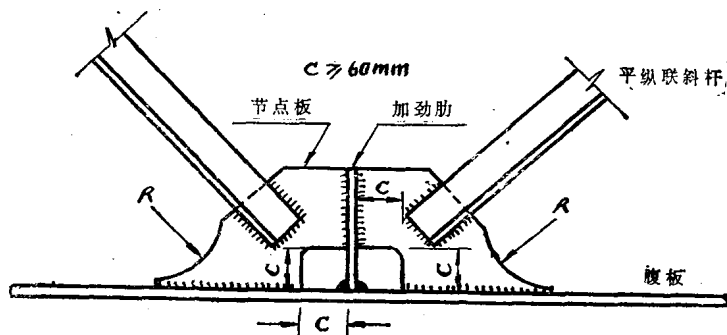


图 2—17

横联的位置，应与竖向加劲肋的布置一起考虑，横联的间距不应大于6m。在架设及养护过程中，常需将梁端顶起，因此，梁端需设置顶梁。如果端横联的下横撑作顶梁用，则端横联的下横撑应适当加强。

跨度小于16m的上承式钢板梁，可不设下平纵联。

三、构造实例

下面介绍32m全焊上承式板梁桥的一个实例（见图 2—18及 2—19）。材料系采用 16Mnq 钢，两片主梁中至中为2m，每片主梁由高2500mm厚12mm的腹板及宽480mm的翼缘板用 12mm×12mm的自动焊缝连接组成工字形截面。腹板全长达32.6m，是用竖向焊缝将几块 2500mm×12mm的钢板对接焊连而成。腹板对接焊缝的位置，系根据桥梁厂备有的钢板长度来决定，但必须离竖向加劲肋的位置有一定的距离。翼缘板采用变截面的，自梁端至离支点 5.5m 处的翼缘，为 480mm×24mm的钢板；自离支点 5.5m至 8.1m处，翼缘采用 480mm×32mm 的钢板；靠跨中一段的翼缘，是在 480mm×32mm的钢板上再焊一块截面为 320mm×16mm 的钢板。在翼缘截面变化处，在构造处理上都考虑了使截面均匀过渡。

为了保证腹板稳定，腹板设有竖向及水平加劲肋。考虑到联结系的布置及腹板稳定的需要，竖向加劲肋按等距离布置，间距为2m。由于腹板高厚比值较大，达到208，因此，除设置竖向加劲肋外，还应加设水平加劲肋，水平加劲肋的位置是布置在距离受压翼缘 $\frac{1}{4}$ 腹板高度处。

竖向加劲肋用板条做成，成对地布置在腹板的两侧。按照腹板稳定的需要，中间竖向加劲肋每块板条的截面用 150mm×12mm即可；但在横联设置处，内侧竖向加劲肋也是横联的一个组成部分，横联的横撑与交叉斜杆焊连于其上。因此，此处内侧竖向加劲肋的截面加宽到230mm。端加劲肋由于要传递支承反力，它的截面需加厚到20mm。所有加劲肋除端加劲肋受力较大需用 8mm×8mm的半自动焊缝与腹板相连外，其余的加劲肋均用 6mm×6mm 的半自动焊缝与腹板相连。竖向加劲肋除端加劲肋的下端与主梁下翼缘顶紧焊牢外，其余所有