

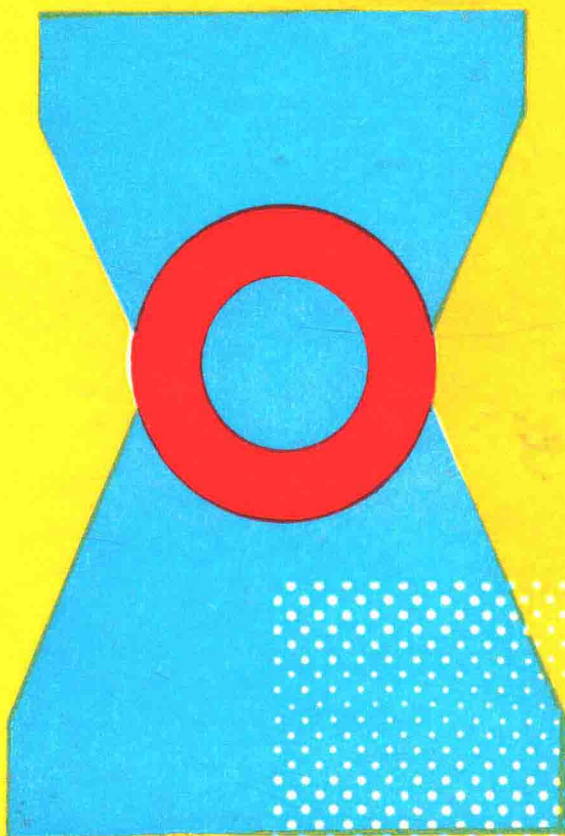
桥梁支座

QIAOLIANG ZHIZUO

QIAOLIANG ZHIZUO

● 庄军生 编著

● 中国铁道出版社



桥 梁 支 座

庄军生 编 著

中 国 铁 道 出 版 社

1994年·北京

(京)新登字063号

内 容 简 介

桥梁支座是桥梁的一个重要组成部件,它的主要作用是传递桥梁结构上的荷载,同时要满足桥梁结构位移和转动的需要。本书系统地介绍了钢支座、板式橡胶支座、盆式橡胶支座及球型支座等各种型式的桥梁支座的研究成果和应用技术,并扼要地介绍了国内、外桥梁支座的发展动态。本书可供从事桥梁结构设计、施工及研究的工程技术人员、大专院校有关专业师生参考使用。

桥 梁 支 座

庄军生 编 著

中国铁道出版社出版发行

(北京市东单三条14号)

责任编辑 冯秉明 封面设计 赵敬宇

各 地 新 华 书 店 经 售

北京东华印刷厂印

开本: 850×1168毫米1/32 印张: 6.75 字数: 176千

1994年10月 第1版 第1次印刷

印数: 1—2000册

ISBN7-113-01760-6/TU·384 定价: 7.10元

致 读 者

本书由铁路科技图书出版基金资助出版。

这项基金是1992年由铁道部出资设立的，意在资助一些对铁路现代化建设很有价值但印数较少的铁路科技图书，能够顺利出版。

中国铁路现今成了制约国民经济发展的“瓶颈”，不仅路网建设规模远远不能满足需要，而且技术装备陈旧落后。为了确保国民经济真正走上持续、快速、健康发展的轨道，中国铁路必须有一个历史性的新发展，铁路的科技水平必须有一个全面的大提高，这已成为国人的共识。铁道部制定了科技兴路的宏伟规划，铁路广大科技人员正团结协作，奋力攻关，记载种种科技成果的铁路科技图书也更多地产生出来。在这种情况下，铁道部设立这项出版基金，将不仅促进铁路科技出版事业的繁荣，而且对铁路科技事业的发展也会产生深远影响。

关于铁路科技图书出版基金的使用，铁道部在下达的有关文件中作了如下规定：由出版基金资助的科技图书应为印数少且出版社难以负担的亏损图书，并必须具备下列条件之一：

1. 发展高速铁路、准高速铁路方面的应用技术图书；在提高列车速度、密度、重量及行车安全方面有价值的应用技术图书；以及在铁路现代化经营管理方面有创新的图书。

2. 学术思想新，内容具体实用，对铁路科技发展具有较大推动作用的应用基础理论专著；密切结合铁路现代化需要的高新技术内容的专著。

3. 有重要发展前景和重大开拓使用价值、密切结合铁路现代化需要的新工艺、新材料内容的科技图书。

4. 填补铁路专业领域空白且读者面较窄的应用技术图书，以及铁路工程技术人员急需的水平高印量小的工具书。

5. 对发展我国铁路事业有价值的译著，及有特殊价值的科技论文集。

我们这个“铁路科技图书出版基金评审委员会”，也是根据文件精神组成的。评审委员会在铁道部领导下开展工作，由铁道部各部门负责人和有关专家组成，负责掌握出版基金的使用方向；严格按照资助条件评审所受理的图书选题；决定资助的图书选题和资助金额，以及决定中断或取消资助等。

鉴于评审委员会成立的时间尚短，对于怎样用好这笔有限的因而更显得珍贵的基金，使其发挥出最大效能，还需要在实践中进一步探索，不断总结改进。我们热切地希望全路广大科技工作者、专家学者对基金的评审工作给予更多的关心和支持。

铁路科技图书出版基金评审委员会

1993年11月

前 言

桥梁支座是桥梁结构的一个重要组成部分，但由于其在桥梁工程造价中所占比例很小，因而往往未引起工程技术人员的重视。70年代之前，我国的公路、铁路桥梁上常不设支座或仅设置传统的钢支座。随着桥梁建设事业的发展，各种桥式大跨度桥梁不断涌现，因而对桥梁支座的承载能力、对支座适应位移和转角能力的要求不断提高，需要开发和研究与之相适应的各种新型桥梁支座。

从60年代起，国际上桥梁支座技术有了很大的发展，先后在桥梁上推广应用了板式橡胶支座、盆式橡胶支座和球型支座等新型桥梁支座，并取得了良好的技术经济效益。

自70年代中期以来，铁道部科学研究院为适应我国桥梁建设事业的发展，开展了新型桥梁支座的系统研究工作。十多年来我先后主持并参与了盆式橡胶支座、板式橡胶支座、球型支座及各种特殊用途的桥梁支座的研究和推广工作。1982年至1983年我曾赴原联邦德国进修，对德国的桥梁支座技术的发展有了较全面的了解。近十年中我们在大力推广盆式橡胶支座和板式橡胶支座的同时，积极开展了球型支座的研制工作。同时结合工程需要研制了高度可调式板式橡胶支座、高度可调式水平盆式橡胶支座、抗震型盆式橡胶固定支座和盆式橡胶测力支座等特种支座。并且为上海南浦大桥、杨浦大桥，北京西厢市政立交桥及北京机场高速公路立交桥等全国重点工程提供了特殊要求的支座。从而使我国桥梁支座的技术水平逐渐赶上并接近国际先进水平。

本书总结了铁道部科学研究院十多年来在桥梁支座方面的研

究成果，并综合国内、外有关经验和技術编写而成，可供从事桥梁结构设计、施工及研究的工程技术人员参考。

铁道部科学研究院夏子敬研究员、张国田、张士臣和黎国清工程师都先后参加过桥梁支座的研究工作。本书介绍的大量试验研究工作，都是我们共同努力的成果。在此谨向他们致以衷心的感谢！

庄军生

1993年4月

目 录

第一章 概 述

- 第一节 桥梁支座的作用..... (1)
- 第二节 桥梁支座的分类..... (2)
- 第三节 桥梁支座的反力、位移和转角..... (4)
- 第四节 桥梁支座的布置原则..... (7)
- 第五节 桥梁支座的安装与养护..... (10)
- 第六节 桥梁支座的发展..... (11)

第二章 钢 支 座

- 第一节 铸钢支座..... (13)
- 第二节 特种钢支座..... (17)
- 第三节 钢支座的设计..... (21)

第三章 板式橡胶支座

- 第一节 板式橡胶支座的工作原理及构造特点..... (24)
- 第二节 板式橡胶支座用橡胶的特性、配方
及性能要求..... (26)
- 第三节 板式橡胶支座的力学性能试验研究..... (36)
- 第四节 板式橡胶支座的设计..... (60)
- 第五节 板式橡胶支座的安装及养护..... (73)
- 第六节 板式橡胶支座的发展..... (82)

第四章 盆式橡胶支座

- 第一节 盆式橡胶支座的构造特点..... (98)
- 第二节 盆式橡胶支座性能研究..... (102)
- 第三节 盆式橡胶支座的设计和规格系列..... (141)
- 第四节 盆式橡胶支座的质量检验及安装..... (148)

第五节 盆式橡胶支座的发展.....	(152)
--------------------	-------

第五章 球型支座

第一节 球型支座的构造原理.....	(163)
--------------------	-------

第二节 球型支座力学性能的试验研究.....	(167)
------------------------	-------

第三节 球型支座有限元应力分析.....	(173)
----------------------	-------

第四节 球型支座的设计.....	(176)
------------------	-------

第五节 球型支座的应用.....	(177)
------------------	-------

第六章 四氟板式橡胶支座

第一节 四氟板式橡胶支座的构造.....	(181)
----------------------	-------

第二节 四氟板式橡胶支座的力学性能.....	(183)
------------------------	-------

第三节 四氟板式橡胶支座的应用.....	(187)
----------------------	-------

第七章 其它型式的桥梁支座

第一节 混凝土铰支座.....	(188)
-----------------	-------

第二节 铅芯橡胶支座.....	(198)
-----------------	-------

第三节 拉压支座.....	(201)
---------------	-------

第一章 概 述

第一节 桥梁支座的作用

桥梁支座是连接桥梁上部结构和下部结构的重要结构部件。它能将桥梁上部结构的反力和变形（位移和转角）可靠地传递给桥梁下部结构，从而使结构的实际受力情况与计算的理论图式相符合。

桥梁支座必须满足以下功能要求。首先桥梁支座必须具有足够的承载能力，以保证安全可靠地传递支座反力。其次支座对桥梁变形（位移和转角）的约束应尽可能地小，以适应梁体自由伸缩及转动的需要。此外支座应便于安装、养护和维修，并在必要时进行更换。

作用于支座的反力、位移和转角在直角坐标系中可分别用六个力（ F_x 、 F_y 、 F_z 、 M_x 、 M_y 和 M_z ）和六个变位（ V_x 、 V_y 、 V_z 、 γ_x 、 γ_y 和 γ_z ）来表示，表示方法见图1—1。选用支座的型式必须根据

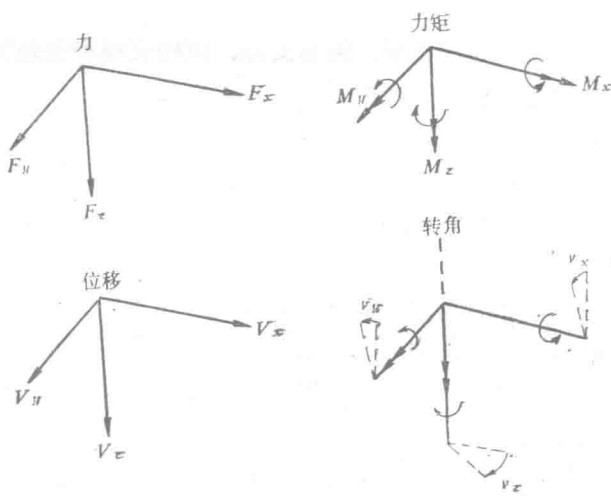


图1—1 作用于桥梁支座的反力、位移和转角

支座所承受力和变形的自由度来确定。而且由于支座的位移和转角,将对支座产生附加反力,使支座反力的大小和作用方向发生相应的改变。为此就需要设计不同类型的桥梁支座,例如:辊轴支座、滑动支座、摇轴支座及板式橡胶支座等等,以尽量减小由于支座位移和转动所产生的附加力。

第二节 桥梁支座的分类

支座可分别按变形的可能性、按所用材料或按结构型式三种方法分类。

按支座变形可能性分类:

固定支座:反力含 H_x 、 H_y 和 N ;

变形的自由度为 γ_x 和 γ_y 。

单向活动支座:反力为 H_x 和 N 或 H_y 和 N ;

变形自由度为 V_x 或 V_y 、 γ_x 和 γ_y 。

多向活动支座:反力为 N ;

变形自由度为 V_x 、 V_y 、 γ_x 和 γ_y 。

按支座用材料分类:

钢支座(平板支座、弧形支座、摇轴支座和辊轴支座):该支座的传力通过钢的接触面。支座的变位主要通过钢和钢的滚动来实现。

聚四氟乙烯支座(滑动支座):该支座以聚四氟乙烯板和不锈钢板作为支座的相对滑动面,其滑动摩擦系数远小于钢对钢的滑动摩擦。

橡胶支座(板式橡胶支座、盆式橡胶支座、四氟板式橡胶支座):该支座的传力通过橡胶板来实现。支座位移通过聚四氟乙烯板的滑动或橡胶的剪切来实现,支座转角则通过橡胶的压缩变形来实现。

混凝土支座(混凝土铰支座)。

铅支座：传力部分由硬铅构成。

按支座的结构型式通常可分为弧形支座、摇轴支座、辊轴支座、板式橡胶支座、四氟板式橡胶支座、盆式橡胶支座、球型支座等，这些支座将在以下各章节分别予以介绍。

支座是一种承受高应力的结构部件。上部结构的荷载通过支座集中作用在一个很小的面积上，由于支座构造型式的不同，支座反力的力流分布如图1—2。辊轴支座的反力通过辊轴与滚动平面的线接触部分传力，力流产生明显的应力集中现象，因此要求接触面能承受较高的接触应力。而板式橡胶支座、盆式橡胶支座和球型支座等支反力的传递，通过平面传递到平面，传力通顺，不发生力流的颈缩现象，因而是一种比较合理的传力方式。

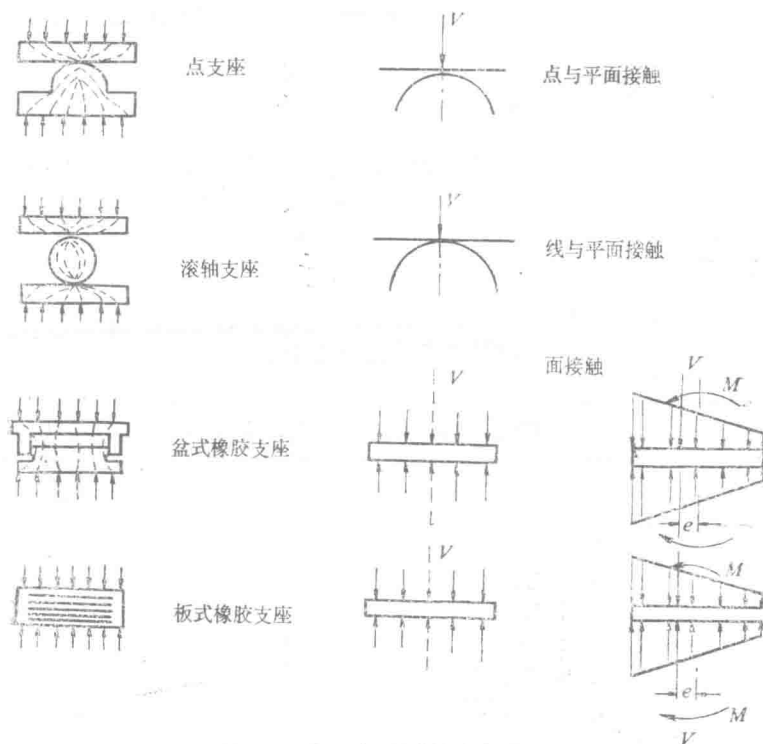


图1—2 支座反力的力流分布图

第三节 桥梁支座的反力、位移和转角

为了正确地选择与设计桥梁支座，必须对支座所承受的反力、位移和转角进行全面的分析。支座承受的垂直反力和水平反力可列表表示，见表1—1至表1—3。

桥梁支座所承受的垂直反力

表1—1

支座垂直反力 N	$N_{\max}$	$N_{\min}$
恒载：结构自重 二次恒载 活载：无冲击系数 有冲击系数 施加预应力产生的竖向反力 离心力（桥梁竖向为曲线形） 地基沉陷产生的支座附加反力		

作用于桥轴方向的支座水平力 H_x

表1—2

H_x	$H_{x\max}$	$H_{x\min}$
制动力和牵引力 支座位移阻力 桥梁梁体与铁路道碴的摩擦力 撞击力		

垂直于桥轴方向的支座水平力 H_y

表1—3

H_y	$H_{y\max}$	$H_{y\min}$
离心力 风力：桥上有车 桥上无车 列车横向摇摆力 地震力：桥上有车 桥上无车 侧向撞击力		

桥梁支座应适应的位移和转角也可列表表示，见表1—4至表1—7。

桥轴方向的支座位移 V_x

表1—4

V_x	$+V_x$	$-V_x$
施加梁体预应力产生的支座位移		
混凝土收缩和徐变变位		
梁体温度伸缩变位		
梁体活载作用下翼缘的伸长		
下部结构的位移		
位移总计		

垂直桥轴方向的支座位移 V_y

表1—5

V_y	$+V_y$	$-V_y$
梁体横向预应力产生的支座位移		
混凝土收缩徐变变位		
梁体温度伸缩变位		
日照产生梁体横向弯曲变位		
下部结构的横向变位		
横向位移总计		

支座沿桥轴方向的转角 γ_y

表1—6

γ_y	$+\gamma_y$	$-\gamma_y$
自重产生的梁端转角		
二次恒载转角		
活载转角		
梁体上、下翼缘温差产生的转角		
梁体施加预应力产生的转角		
混凝土梁的收缩和徐变产生的转角		
下部结构的转角		
转角总计 $\Sigma\gamma_y$		

支座横桥方向的转角 γ_x

表1—7

γ_x	$+\gamma_x$	$-\gamma_x$
恒载 活载（偏载） 横向预施应力 梁体混凝土横向收缩、徐变 下部结构横桥向转角		
横向转角总计 $\Sigma\gamma_x$		

通过以上各项列表计算，就可以对支座的反力、位移和转角有了全面的了解，然后可分别根据主力、主力加附加力和特种荷载几种情况，对支座的反力、位移和转角进行组合，以提供可靠的支座设计参数。支座反力、位移和转角的组合见表1—8、表1—9。

支座反力的组合表

表1—8

荷载项目		主力	主力加附加力	特种荷载
N_{max}	N H_x H_y			
N_{min}	N H_x H_y			
$H_{x\ max}$ 或 $H_{y\ max}$	N H_x H_y			

支座位移与转角的组合表

表1—9

荷载项目		主力	主力加附加力	特种荷载
N_{max}	N			
	V_x, V_y γ_x, γ_y			
N_{min}	N			
	V_x, V_y γ_x, γ_y			
V_{xmax}	N			
	V_x, V_y γ_x, γ_y			
γ_{ymax}	N			
	V_y, V_y γ_y, γ_y			

表中 V_{xmax} ——支座位移沿桥轴方向的最大位移；

γ_{ymax} ——支座位移沿桥轴方向的最大转角。

第四节 桥梁支座的布置原则

桥梁支座的布置主要和桥梁的结构型式有关。通常在布置支座时要考虑以下的基本原则：

上部结构是空间结构时，支座应能同时适应桥梁顺桥向（X向）和横桥向（Y向）的变形；

支座必须能可靠地传递垂直和水平反力；

支座应使由于梁体变形所产生的纵向位移、横向位移和纵、横向转角应尽可能不受约束；

铁道桥梁通常必须在每联梁体上设置一个固定支座；

当桥梁位于坡道上，固定支座一般应设在下坡方向的桥台上；

当桥梁位于平坡上，固定支座宜设在主要行车方向的前端桥台上；

较长的连续梁桥固定支座设在桥长中间部位的桥墩上较为合理，因为此处支座的垂直反力较大，且两侧的自由伸缩长度比较均衡；

固定支座宜设置在具有较大支座反力的地方；

墩顶横梁的横向刚度较小时，应设置横向易转动的桥梁支座；

在同一桥墩上的几个支座应具有相近的转动刚度；

在预应力梁上的支座不应该对梁体的横向预应力产生约束，同时也不得将施加梁体横向预应力的荷载传给墩台；

对于斜桥及横向易发生变形的桥梁不宜采用辊轴和摇轴等线支座；

连续梁可能发生支座沉陷时，应考虑支座高度调整的可能性。

总之桥梁支座的布置原则是既要便于传递支座反力，又要使支座能充分适应梁体的自由变形。

为便于表达，以下列符号表示支座的函数：

○表示固定支座

←○→表示单向活动支座

↑
←○→表示多向活动支座
↓

利用以上符号，对常见的桥式的支座支承状况表示于图1—3~1—7。

简支梁桥一端设固定支座，另一端设活动支座。铁路桥梁由于桥宽较小，支座横向位移很小，一般只须设置单向活动支座（纵向活动支座），见图1—3。公路T型梁桥由于桥面宽，因而要考虑支座横桥向位移的可能性，支座布置如图1—4。即在固定墩上设置一个固定支座，相邻的支座设置为横向可动、纵向固定的单向活动支座，而在活动墩上设置一个纵向活动支座（与固定支座相对应），其余均设置多向活动支座。

箱形截面的简支梁桥在固定墩上设置一个固定支座和一个横向活动支座，在活动墩上设置一个纵向活动支座和一个多向活动支座，以适应箱梁的纵横向变形。见图1—5。