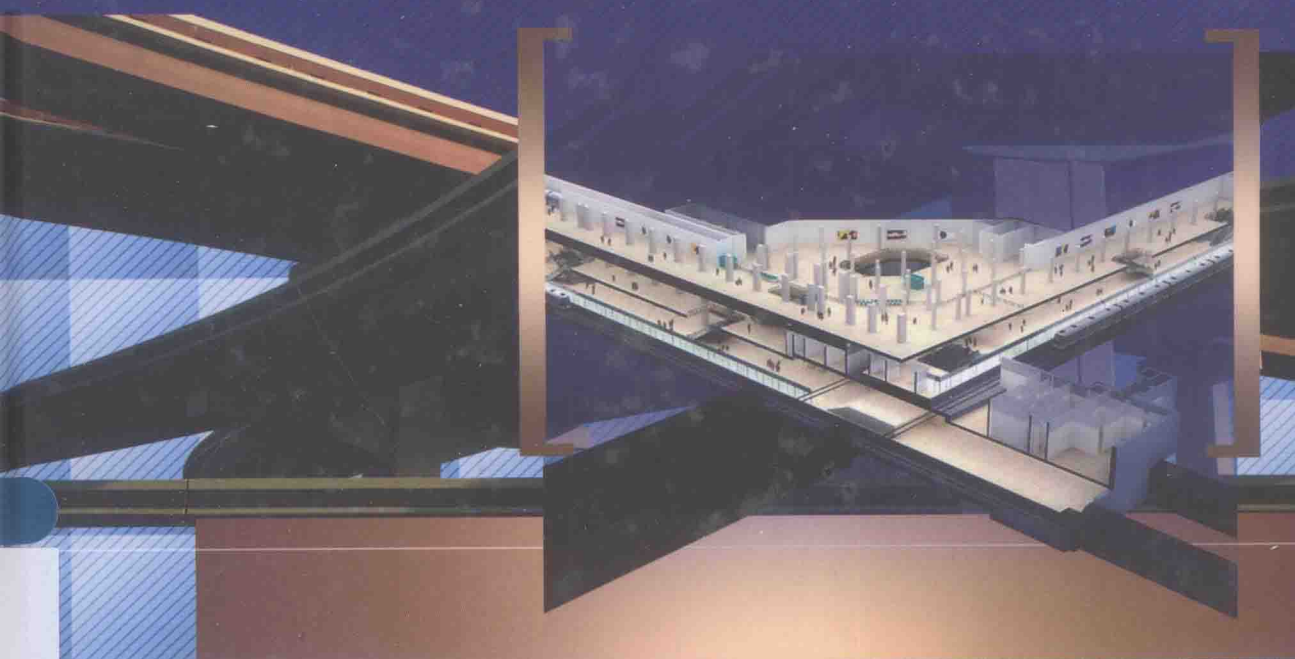


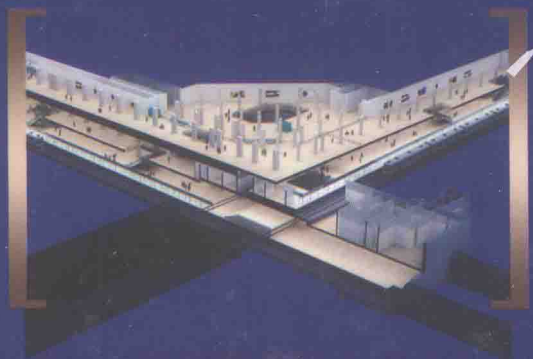
地铁穿越桥梁结构 影响与关键控制技术

◎ 苏斌 苏艺 主编



北京交通大学出版社
<http://www.bjtup.com.cn>

地铁穿越桥梁结构 影响与关键控制技术



责任编辑：吴嫦娥
特邀编辑：林 欣
封面设计：乔 楚

ISBN 978-7-5121-2028-0



9 787512 120280 >

定价：95.00 元

地铁穿越桥梁结构 影响与关键控制技术

苏 斌 苏 艺 主编

北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书以北京地铁 10 号线下穿桥梁工程为背景,介绍了北京城市桥梁的结构形式、荷载设计标准、桥梁结构现状,分析了地铁下穿或临近桥梁承台桩基础、盖梁及异型板桥结构的受力影响及其变形规律,总结了北京地铁 10 号线二期工程下穿桥梁桩基础的变形控制标准取值,以及所采取的工程技术措施,并给出工程案例及工程效果评价。

本书对新建地铁穿越桥梁工程和其他穿越构筑物工程有借鉴作用,可供从事地铁设计、施工及有关工程管理人员参考,也可作为隧道桥梁专业本科生和研究生的参考用书。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

地铁穿越桥梁结构影响与关键控制技术 / 苏斌, 苏艺主编. —北京: 北京交通大学出版社, 2014. 8

ISBN 978-7-5121-2028-0

I. ① 地… II. ① 苏… ② 苏… III. ① 地下铁道-工程施工-案例-北京市
IV. ① U231

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 184055 号

责任编辑: 吴嫦娥 特邀编辑: 林 欣

出版发行: 北京交通大学出版社

电话: 010-51686414

北京市海淀区高粱桥斜街 44 号

邮编: 100044

印刷者: 北京艺堂印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印张: 17.75 字数: 443 千字

版 次: 2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5121-2028-0/U · 179

定 价: 95.00 元

本书如有质量问题, 请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评, 我们表示欢迎和感谢。

投诉电话: 010-51686043, 51686008; 传真: 010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

《地铁穿越桥梁结构影响与关键控制技术》编委会

主 编：苏 斌 苏 艺

副主编：胡友刚 何 平 汪国峰 陈川宁 应伟强
王立波 曹保利

编 委：吴精义 武润利 刘玉波 孙希波 韩铁莲
郑向红 李 军 赵克生 李 波 徐 阳
通 明 袁振国 姜少平 冉隆波 李明昌
范丽萍 万小飞 丛恩伟 李松梅 郝志宏
宋 鑫 张海彦 李振东 郑熹光 刘 喆
李建林 张永生 龚洁英 蓝戊己

序

我国城市轨道交通建设进入快速发展期,根据我国“十二五”交通规划,在“十二五”期间将建设北京、上海、广州、深圳等城市轨道交通网络化系统,建成天津、重庆等 22 个城市轨道交通主骨架,规划建设合肥、贵阳、石家庄、太原、厦门、兰州、济南、乌鲁木齐、佛山、常州、温州等城市轨道交通骨干线路,实现 3 000 公里的全国城市轨道交通运营里程。城市轨道交通作为便利、快捷的交通工具,集环保、节能、优化城市布局等优点,已成为我国城市交通建设发展的重要领域。

城市轨道交通建设,不可避免要下穿或临近穿越既有建(构)筑物,两者之间的相互影响以及安全性成为地铁建设工程亟待解决的问题。城市主干道下的地铁线路与城市桥梁结构穿插现象非常突出,仅北京地铁 10 号线下穿城市重要桥梁 22 座,即将建设的北京地铁 12 号线,将穿越立交桥 34 座、跨河桥 7 座以及天桥 26 座。如何保证地铁建设顺利实施、桥梁结构安全运营不受影响以及工程建设成本可控成为地铁穿越桥梁的关键工程问题。《地铁穿越桥梁结构影响与关键控制技术》该书正是基于实际工程建设背景下的研究成果展现。这些作者主持、参与了这些工程,通过研究、设计、施工的现场实践,将宝贵的经验和教训总结成书,非常可贵。

本书以北京地铁 10 号线下穿桥梁工程为背景,介绍了北京城市桥梁的结构形式、荷载设计标准、桥梁结构现状及其抗变形能力分析方法;重点研究分析了地铁下穿或临近桥梁承台桩基础、盖梁结构以及异型板桥结构的受力影响及其变形规律;结合工程案例,论述了地铁下穿桥梁桩基础的变形控制标准评价方法,并给出地铁 10 号线 2 期穿越桥梁的主要变形控制指标。针对地铁施工方法、桥梁结构形式以及空间位置关系,书中重点介绍了完全主动托换技术、被动托换技术、预支顶技术、隔离桩技术以及加强地铁结构自身强度和刚度的方法,同时结合现场监测,对工程控制措施效果进行了评价。

本书是对地铁穿越工程研究的一次很好的探索,对国内相关地铁线路临近或下穿既有桥梁工程以及其他穿越建(构)筑物工程有借鉴和科学指导意义,对从事地下工程的设计、施工以及工程管理人员可以作为重要的参考和应用。



2014 年 3 月 18 日

作者简介



苏斌（1966— ）

博士、教授级高级工程师。北京市轨道交通建设管理有限公司副总经理。主持北京地铁4号线、5号线、10号线一期、二期和西郊线等建设工作。先后参加了济青高速公路、京九铁路、胶济复线铁路、广西黎钦铁路、粤海铁路、株六复线铁路、内昆铁路、秦沈客运专线铁路、洛湛铁路、渝怀铁路等国家重点工程的建设工作。曾任铁道部第三工程局第五工程处副总工程师、副处长、中铁三局四处董事长、中铁三局昆明指挥部指挥长。2004年调北京市轨道交通建设管理公司，历任四号线项目处副总经理、五号线项目处总经理、十号线项目处总经理、第二项目管理中心总经理，轨道公司副总经理职务。主持或参与多项重大科研课题研究，发表有关桥梁、隧道建设管理等方面的学术论文三十余篇，多次获国家级奖项。

前 言

城市轨道交通作为快速、安全、便捷的城市交通工具，对城市快速发展、缓解城市交通压力、减少污染、节约能源起着积极的作用，对城市的规划、经济和文化发展、社会环境改善有着重要的作用。近年来，城市大规模开展轨道交通建设，在城市主干道下规划地铁线路，不可避免发生下穿既有城市道路桥梁桩基工程，如北京地铁 10 号线全长 57 公里，穿越较大的桥梁就有 22 处，下穿桥梁工程成为城市轨道交通工程的重点和难点问题。在地铁施工中，为保证桥梁工程安全和正常运营，尽可能减少对桥梁结构的影响，同时要保证地铁建设的正常实施、施工安全和建设成本控制，对设计、管理及施工技术人员提出了更高的要求。

本书以北京地铁 10 号线下穿桥梁工程为研究背景，总结地铁下穿桥梁工程所采取的技术措施和工程实施效果，并根据施工前检测结果，对北京市城市桥梁结构类型、荷载设计标准、结构现状及其穿越工程风险控制标准进行了较详尽的论述，从理论上分析了地铁下穿或临近桥梁桩基础对桥梁结构受力影响及其变化规律，对北京地铁 10 号线二期工程下穿桥梁的变形控制指标进行了总结与分析。

全书共分 14 章。第 1 章由苏斌、苏艺编写；第 2 章由陈川宁、宋鑫、张海彦、郑熹光编写；第 3 章由苏斌、吴精义、陈川宁、应伟强、胡友刚、张海彦、李建林编写；第 4 章、第 5 章、第 6 章由胡友刚、何平、李振东、郑熹光编写；第 7 章由苏艺、武润利、胡友刚、何平、刘喆编写；第 8 章由苏艺、胡友刚、应伟强、刘玉波、孙希波、郑向红、王立波、宋鑫、蓝戊己、龚洁英编写；第 9 章、第 10 章、第 12 章由苏斌、韩铁莲、郑向红、李军、赵克生、李波、胡友刚、丛恩伟、王立波、张永生编写；第 11 章由苏斌、李松梅、徐阳、胡友刚、通明、龚洁英编写；第 13 章、第 14 章由苏艺、汪国峰、郝志宏、袁振国、姜少平、冉隆波、范丽萍、万小飞、曹保利、龚洁英编写，全书由胡友刚、何平统稿。

本书在写作过程中，得到北京市轨道交通建设管理有限公司“地铁穿越既有桥梁桩基础关键技术研究（北京地铁 10 号线）”科研项目的资助，北京交通大学、北京市市政工程设计研究总院有限公司、中铁十六局等单位提供了大量的参考资料，同时本书引用了地铁穿越建筑物相关文献资料，在此深表感谢。

编 者

2014 年 2 月

于北京

目 录

第 1 章 概述	(1)
第 2 章 既有桥梁的主要结构形式及现状分析	(3)
2.1 桥梁车辆荷载设计标准及结构主要形式	(3)
2.2 既有桥梁结构现状	(9)
2.3 小结	(18)
第 3 章 地铁穿越既有桥梁安全风险评估内容及桩基础风险控制标准	(19)
3.1 安全风险评估内容	(19)
3.2 桥梁现状调查内容	(20)
3.3 桥梁检测内容及依据	(21)
3.4 结构现状分析及评估内容	(23)
3.5 下穿既有桥梁桩基风险控制标准值的确定	(24)
3.6 地铁穿越桥梁工程变形控制标准实例统计分析	(25)
3.7 小结	(34)
第 4 章 隧道下穿或临近对桥梁桩基础影响	(36)
4.1 概述	(36)
4.2 地层条件及力学参数	(36)
4.3 隧道穿越对单桩基础的影响分析	(37)
4.4 隧道穿越对两桩承台基础的影响分析	(51)
4.5 隧道穿越对四桩承台基础的影响分析	(66)
第 5 章 差异沉降对桥梁双柱盖梁内力影响分析	(77)
5.1 概述	(77)
5.2 钢筋混凝土盖梁受力影响分析及差异沉降控制值的确定	(78)
5.3 预应力钢筋混凝土受力影响分析及差异沉降控制值的确定	(86)
5.4 小结	(91)
第 6 章 隧道下穿对异型板桥梁结构受力的影响	(92)
6.1 工况概况	(92)
6.2 有限元模型	(94)
6.3 正常使用状态下异型板桥的应力状态	(94)

6.4	地铁穿越后异型板桥的应力和位移变化	(99)
6.5	桩基托换和地层沉降控制措施对隧道穿越工程的作用分析	(109)
6.6	变形控制指标	(123)
6.7	小结	(123)
第7章	地铁穿越桥梁工程控制措施	(125)
7.1	概述	(125)
7.2	地铁区间隧道施工措施	(126)
7.3	桩基础变形控制措施	(128)
7.4	桥梁结构加强措施	(129)
7.5	地铁车站临近桥梁基础的施工措施	(133)
7.6	小结	(135)
第8章	全过程可控式主动顶升桩基托换技术案例	(137)
8.1	工程案例实施背景	(137)
8.2	工程特点和技术难点	(142)
8.3	全过程可控式主动顶升托换设计及施工技术体系	(142)
8.4	桩基主动顶升托换工程过程监测及结果分析	(167)
8.5	主动顶升托换技术创新点	(183)
8.6	近距离下穿南异型板区间隧道洞内措施	(183)
8.7	施工过程沉降监测结果及分析	(184)
8.8	小结	(187)
第9章	被动桩基托换技术工程案例	(189)
9.1	工程背景	(189)
9.2	桥桩加固、隔离、托换设计方案	(193)
9.3	4#桥墩承台托换施工	(194)
9.4	洞内措施及隧道开挖方案	(201)
9.5	区间隧道施工现场监测结果	(206)
9.6	小结	(206)
第10章	支架+预支顶桥梁工程技术案例	(208)
10.1	案例1: 北京地铁10号线区间台阶法下穿国贸桥异型板段	(208)
10.2	案例2: 地铁6号线车站浅埋暗挖法下穿花园桥	(218)
10.3	小结	(223)
第11章	加强地铁结构自身刚度和强度控制技术案例	(224)
11.1	工程背景	(224)

11.2 工程地质及水文地质概况 (227)

11.3 基坑围护结构设计 (230)

11.4 基坑围护施工技术 (233)

11.5 施工过程监测及分析 (237)

11.6 小结 (241)

第 12 章 隔离桩保护桥梁技术案例 (242)

12.1 工程背景 (242)

12.2 桥桩保护方案设计 (244)

12.3 关键工序施工方法 (248)

12.4 施工监测结果分析 (251)

12.5 小结 (253)

第 13 章 盾构法区间隧道洞内注浆控制技术工程案例 (254)

13.1 工程概况 (254)

13.2 桥梁概况 (255)

13.3 工程及水文地质概况 (255)

13.4 工程特点和风险 (258)

13.5 下穿施工保护方案 (258)

13.6 施工监测结果 (260)

13.7 小结 (262)

第 14 章 PBA 工法暗挖车站洞内加强+洞外隔离桩控制技术工程案例 (263)

14.1 工程概况 (263)

14.2 施工控制措施 (265)

14.3 工程施工变形监测数据分析 (266)

14.4 小结 (269)

参考文献 (270)

第 1 章 概 述

随着我国经济的快速发展和城市化进程的加速,城市交通拥挤和城市环境等问题日趋严重,为从根本上解决这一问题,城市地下轨道交通已进入大规模建设时期。全国各大中城市,如北京、上海、广州、深圳、南京等城市都制定了中远期地铁线路规划,预期形成完善的快速轨道交通网络。以北京为例,未来将形成“三环、四横、五纵、七放射”的线网格局。根据远景目标,北京还将继续加大城区轨道线网密度,对城市重点建设地区提供强有力的交通支持。其中,新建两条穿城对角线的轨道,以缓解北京传统棋盘式交通的不足;增加第二条环线地铁^[1];市区轨道交通线网延伸到市区周边边缘集团和较近的卫星城。北京市 2016 年轨道交通运营里程将达到 664 km,2020 年预计达到 1 000 km。

地铁线路为吸引客流均布置在城市主干道路沿线,在城市道路下方穿越不可避免会穿越桥梁基础。为了确保地铁线路的平顺,并受车站布置条件的限制,越来越多的地铁线路需要近距离穿越既有桥梁桩基础。例如,北京地铁 10 号线全长 57 km,其中穿越较大的桥梁就有 22 处,其中需要托换桥桩的有 5 处。即将建设的北京地铁 12 号线,将穿越立交桥 34 座、跨河桥 7 座、天桥 26 座、城铁桥 2 座、地道 24 座。这些工程案例和穿越中遇到的技术问题直接关系既有桥梁结构的安全,对城市轨道交通的快速建设和发展提出了严峻的挑战。

地铁施工开挖引起地层变形,导致邻近的桥梁基础发生沉降,使结构产生附加内力,桥梁结构的安全及耐久性受到影响。同时,地层过大变形引起桩周土体应力状态的改变,桩基承载力受损,威胁桥梁结构的安全和稳定。新建地铁与既有桥梁结构的影响是相互的,既有桥梁结构的存在同样影响新建隧道的施工和安全。在新建地铁线穿越既有桥梁结构施工过程中,地铁线路临近或下穿既有桥梁结构的影响程度、桥梁结构沉降控制标准、设计保护方案、施工关键技术、监测技术及科学化施工管理体系等,是确保既有桥梁结构的安全使用和新建地铁安全施工的关键。

由于城市交通流量的日趋增大,城市桥梁长时期的超负荷运行,桥梁结构病害越来越多,桥梁结构的现状及其剩余承载能力是合理制订地铁穿越桥梁工程施工设计方案的前提条件。桥梁结构形式不同、与地铁位置关系不同、施工方法不同等多种因素,对地铁临近或下穿桥梁结构时的变形、受力状态,以及地铁和桥梁之间相互影响是不同的。如何科学合理地制定桥梁结构变形控制指标及对应措施,是保证桥梁结构安全、正常运行,以及地铁工程施工可行、成本可控的关键。

由于桥梁结构具有严格的变形控制指标要求,以及大量的地铁建设需穿越桥梁结构,因

此有必要对地铁穿越既有桥梁基础的控制技术进行总结、研究及创新。

本书结合北京地铁 10 号线穿越桥梁结构的工程案例进行分析，总结隧道下穿桥梁结构所采用的技术方案、工程经验和现场监测结果，并通过理论分析，探讨地铁线路临近或下穿既有桥梁结构的影响程度、桥梁结构变形控制标准、设计保护方案及施工关键技术。

为了缓解地面交通压力，城市地铁多沿城市主干道修建。立交桥作为大城市主干道的重要组成部分，在地铁建设中不可避免会下穿、侧穿桥梁基础。地铁施工引起地层位移的同时也导致桥梁基础产生位移，桥梁上部结构也随之产生变形，引起桥梁结构的内力重分布。桥梁结构的形式及使用状况不同，地层沉降所带来的影响程度也不同。本章对北京市桥梁结构的主要形式、结构设计荷载和地铁施工前桥梁状况进行分析，为进一步研究地铁穿越桥梁结构产生的影响、确定桥梁沉降控制指标和制定施工保护措施提供基础资料。

2.1 桥梁车辆荷载设计标准及结构主要形式

2.1.1 车辆荷载设计标准

对北京二环路 31 座桥梁设计荷载的调查统计表明，二环路桥梁的设计荷载基本分为两大类：一类为汽-20，挂-100 级；另一类为汽-超 20，挂-120 级。其中，按汽-20，挂-100 级荷载设计的桥梁有 13 座（复兴门桥，阜成门桥，德胜门桥，安定门桥，东直门桥，东四十条桥，朝阳门桥，建国门桥，东便门桥，广渠门桥，光明桥，左安门桥，玉蜓桥），主要为 20 世纪 90 年代以前的桥梁。根据二环路的交通现状，该荷载等级低于实际的桥梁荷载。按汽-超 20，挂-120 级荷载设计的桥梁有 18 座，主要是东、西厢工程时完成的桥梁。三环路 54 座桥梁统计，设计荷载基本为汽-超 20，挂-120 级。有 7 座桥梁的设计荷载为汽-20，挂-100 级（农展桥，凉水河桥，丰草河桥，双紫灌渠桥辅路桥，蓟门桥，马甸桥，安华桥）。四环路上 52 座桥梁绝大部分是 1998 年以后建成的桥梁，设计荷载为汽-超 20，挂-120 级，仅太平街南延立交和郭公庄立交 2 座桥梁按汽-20，挂-100 级设计。

2.1.2 结构类型

表 2-1 给出了北京市环路上部分典型桥梁的结构形式、建成时间及荷载等级等。桥梁结构形式从承重结构横截面类型上可分为板桥、肋梁桥和箱型梁桥，如凉水河桥、普惠桥为预应力空心板结构，小街桥、劲松桥、东直门桥为预应力混凝土 T 梁结构，学院路立交桥、复兴路立交桥则为箱型梁桥。从受力特点上看，梁式桥可分为简支梁和连续梁结构，跨径较

小时主要采用板、T 梁为主的简支梁形式。箱梁多用于连续梁结构，其跨越能力大于简支梁。北京市桥梁如长虹桥、东铁营桥、郭公庄立交桥、国贸桥为两种形式的组合：在小跨径部分采用简支梁，中等跨径部分采用连续梁结构。广渠门桥等主梁采用钢筋混凝土结构，受材料强度影响其跨径较小，预应力混凝土结构可以采用高强度材料以减小截面面积和提高其跨越能力，如小街桥、雍和宫桥等。钢—混凝土组合梁桥是在钢结构梁桥和混凝土结构梁桥基础上发展起来的一种新型桥梁结构形式，钢与混凝土间采用抗剪连接件连成整体共同受力，充分发挥各自材料的优势，形成强度高、刚度大、延性好的结构形式，如复兴路立交桥、蓝靛厂立交桥主桥、国贸桥等。

表 2-1 北京市环路上桥梁结构形式统计表

序号	桥梁名称	建成时间	荷载等级	上部结构形式	支座形式	墩台形式	跨径/m
1	复兴门桥	1974	汽-20，挂-100	混凝土连续梁		独柱盖梁，重力式桥台，扩大基础	8.25+25+8.25
2	小街桥	1992	汽-超 20，挂-120	预应力混凝土简支梁	板式橡胶支座及滑板支座	双柱盖梁，边盖梁，承台，钻孔桩	5×22+27+5×22
3	雍和宫桥	1992	汽-超 20，挂 120	预应力混凝土简支梁及连续梁	板式橡胶支座及滑板支座	双柱盖梁，边盖梁，承台，钻孔桩	3×27+27+35+27+3×27
4	东直门桥	1980	汽-20，挂-100	肋板式连续及简支梁	板式橡胶支座	薄壁墩，重力式桥台，扩大基础	10.14+12.725+12.725+10.155
5	广渠门桥	1988	汽-20，挂-100	混凝土简支梁	板式橡胶支座	T 形墩，承台，钻孔桩	5×18.5
6	长虹桥	1993	汽-超 20，挂-120	预应力混凝土简支梁及连续梁	板式橡胶支座及球形支座	双柱盖梁，承台，钻孔桩	22×4+27+35+27+22×4
7	劲松桥	1993	汽-超 20，挂-120	预应力混凝土简支 T 梁	板式橡胶支座	V 形墩，边盖梁，扩大基础，承台，钻孔桩	5×18.5
8	东铁营桥	1988	汽-超 20，挂-120	混凝土简支 T 梁，变截面连续梁	板式橡胶支座	双柱盖梁，重力式桥台，承台，钻孔桩	4×15.04+15.04+18+15.04+4×15.04
9	凉水河桥	1984	汽-20，挂-100	预应力混凝土简支空心板	板式橡胶支座	多柱盖梁，钻孔桩	11.75+4×12+11.75
10	郭公庄立交桥	1999	汽-20，挂-100	混凝土简支梁及连续梁	板式橡胶支座及滑板支座	多柱盖梁，重力式桥台，扩大基础	27+26+37+26+27
11	复兴路立交桥	2000	汽-超 20，挂-120	钢混简支梁，组合箱梁	板式橡胶支座、滑板支座、盆式橡胶支座	双柱盖梁，重力式桥台，承台，钻孔桩	2×27+2×20.15+2×27+20.15+8×27+34+48+34+3×27

续表

序号	桥梁名称	建成时间	荷载等级	上部结构形式	支座形式	墩台形式	跨径/m
12	蓝靛厂立交桥主桥	1999	汽-超 20, 挂-120	钢筋混凝土箱型断面等截面连续梁	板式橡胶支座	双柱盖梁, 重力式桥台, 钻孔桩, 扩大基础	37+48+37
13	学院路立交主桥	1999	汽-超 20, 挂-120	混凝土连续梁	板式橡胶支座、盆式橡胶支座	扩大基础, 承台, 钻孔桩	3×27
14	国贸桥	1993	汽-超 20, 挂-120	预应力混凝土简支 T 梁及连续钢箱梁	板式橡胶支座、滑板支座及盆式支座	双柱盖梁, 承台, 钻孔桩	4×25+2×27+9×25+22.8+30+20+2×27+2×17.8+27+2×25+40+46+40+2×25+27+2×17.8+2×27+20+30+22.8+3×25+21.629+3×32.162+30.005+20.95+8×27.4+27.9+7×27.4+27

桥梁下部结构多采用重力式桥台与钻孔灌注桩基础, 表 2-1 所列桥中除东直门桥、郭公庄立交桥采用扩大基础外, 其余桥梁基础均为钻孔灌注桩, 其中学院路立交桥对两种基础形式均有采用。桥墩形式则较为多样, 其中双柱盖梁的使用最为广泛, 如小街桥、雍和宫桥、长虹桥、东铁营桥等。其他桥墩形式, 如复兴门桥采用独柱盖梁形式, 凉水河桥、郭公庄立交桥则采用多柱盖梁, 广渠门桥采用 T 形墩, 东直门桥为薄壁墩形式, 劲松桥则采用 V 形墩形式。

表 2-2 汇总了北京地铁 10 号线二期工程穿越桥梁的结构形式、支座、跨径、基础形式等。由表 2-2 可总结归纳如下。

(1) 地铁线路穿越的桥梁多为中小跨度的简支梁、较大跨度的连续梁 (30 m 均布跨、30 m+40 m+30 m 不等跨)。其特点是简支梁桥构造简单、架设方便、结构内力不受地基和温度的影响, 故应用较广; 连续梁桥梁高可减小、节省材料、刚度大、整体性好、承载能力大、安全度大、桥面伸缩缝小, 故应用较多。由于桥梁结构的使用需求和建筑空间的限制, 有些桥梁采用异型板桥面板结构形式, 如新兴桥桥面板为异型板, 这类桥面板受力通常较为复杂。

(2) 墩柱为现浇桥墩, 形式有单柱、T 形墩、双柱盖梁和多柱盖梁。

(3) 桥梁基础形式除潘家园桥和莲花桥采用扩大基础形式外, 其余桥梁基础均为桩基础形式。桩基础具有很高承载力及较大的刚度, 从而可确保桥梁结构的抗倾覆性和稳定性。

根据桥梁桩基础统计, 一般采用钻孔灌注桩和人工挖孔灌注桩 (或扩底桩)。单桩承载力满足要求时, 采用独立桩基础, 否则采用两柱或多柱联合桩基础形式, 有单桩、双桩、三桩、四桩及六桩基承台结构形式。桩径大多为 1.2 m、1.5 m 和 1.8 m, 桩长大多在 15 ~ 40 m。

表 2-2 北京地铁 10 号线二期工程穿桥梁结构形式统计表

序号	桥梁名称	建成时间	荷载等级	上部结构形式	支座形式	墩台形式	跨径/m
1	潘家园桥	1991	汽-20, 挂-100	钢筋混凝土简支 T 梁	板式橡胶支座	独柱 T 形墩, 重力式桥台, 扩大基础	13.5+14.25+14.25+13.5
2	华威桥	1991	汽-超 20, 挂-120	预应力混凝土简支 T 梁	板式橡胶支座	双柱盖梁, 重力式桥台, 两桩承台, 钻孔桩直径 1.5 m、桩长 25 m	4×22+27+4×22
3	分钟寺桥	1990	汽-超 20, 挂-120	预应力混凝土连续 T 梁		钻孔桩, 桩径 1.2 m; 中墩桩长 23 m, 桥台桩长 26 m	15+20+20+15
4	新兴桥	1994	汽-超 20, 挂-120	预应力钢筋混凝土简支 T 梁、预应力连续箱梁和点支撑异型板	板式橡胶支座	双柱盖梁, 重力式桥台, 两桩承台, 钻孔桩直径 1.2 ~ 1.5 m 桩长 6.5 ~ 8.5 m	简支梁: 24.6+4×25 异型板: 13.5+19.5+19 简支梁: 25+27 连续箱梁: 28.5+42+28.5
5	普惠桥	1994	汽-超 20, 挂-120	简支预应力混凝土空心板	橡胶板式球冠支座	重力式桥台, 承台, 钻孔桩, 直径 1.2 m, 桩长 13.28 m	1×17
6	八里庄桥	1995	汽-超 20, 挂-120	预应力混凝土简支 T 梁		中墩单排圆柱加盖梁式桥墩, 桩盖梁桥台, 钻孔桩直径 1 m, 桩长 12.8 m	27+3×19.6+27
7	八里庄北桥	2007	城-A 级	预应力混凝土变截面连续箱型梁	中墩盆式支座, 边墩圆板式橡胶支座	变截面薄壁墩, 中墩承台下接 5×1.2 m 矩形桩, 桥台接钻孔桩直径 1.2 m	39+52+39
8	车道沟桥 引水渠桥			预应力混凝土钢箱组合梁桥		中墩双柱支承, 边墩慢车桥采用边墩双柱盖梁, 快车桥 3 柱边盖梁钻孔桩直径 1.5 m	45+54+38
9	车道沟桥 1 号通道桥			预应力空心板		$D = 1.0\text{ m}$, $L = 12\text{ m}$, 钻孔桩	9.5
10	长春桥		城-A 级	钢混组合箱梁, 预应力混凝土 T 梁	圆形橡胶支座	双柱预应力混凝土盖梁, 承台 2.5×1 m 矩形摩擦桩	30+40.5+48+40.5+30
11	空军指挥学院天桥		人群荷载 4.5 kN/m ²	连续钢箱梁		钢 T 形墩接直径 1.2 m 钻孔桩	35+48+35