

浅析下穿铁路桥涵的施工设计方案

邓旭

中铁武汉勘察设计院有限公司 湖北 武汉 430000

【摘要】：在中国交通运输体系中，铁路一直起着骨干作用，公路、管线等与铁路交叉工程的建设也越来越多。由于铁路的技术经济特性，必须深入地知晓和了解卡控项目的关键点。以理论联系实际应用的设计原则，参考以往的工程文献，总结了几种常用的桥涵设计规划方法的主要特点和应用。通过对比分析，提出采用框架、圆管、盖板等结构方式下穿既有或新建铁路，并采用D型便梁、排桩、观测等措施加固、防护线路，采用现浇、顶进方式施工。

【关键词】：铁路桥涵；下穿方案；现浇；顶进

我国的城镇化建设、综合交通体系、城市管线等项目是一个多系统、多专业的综合性工程。而铁路具有运量大、快捷、安全、准时、舒适等特点，是解决大城市特别是特大城市交通问题最有效的手段，同时也是城市现代化的象征。中国在国际上被称为“基建狂魔”，但这种说法可能并不直观。那么上海、北京、广州和深圳铁路长度超越纽约，可以更清楚地反映中国基建的发展速度。大家知道铁路是解决城市交通拥堵的一大法宝，不过其建设的不要求高、难度大、资金投入多，因此想要建铁路并不是建容易的事情。而在20年前中国大陆仅有北京、天津、上海等城市才有铁路，并且这些城市的铁路线路稀少，实际作用十分有限。我们保障铁路高质量运营的同时，铁路桥涵施工时要考虑如下因素：

①工程地质条件；②水文条件；③地形地貌及周边建（构）筑物；④沿线环境；⑤施工单位技术水平；⑥施工进度要求；⑦经济条件等因素。在沿海地区，地质条件往往是饱和软地层，一般选择顶进法、支护明挖法；山区城市地质条件往往为岩石，因此采用明挖法施工方案为多。为此，本文主要对公路、管线等下穿铁路的桥涵设计进行分析，根据施工时考虑的要素，对设计及指导性施工方案进行有效商榷。

1 设计与施工方案

展望未来，城市的发展面临着交通堵塞、土地稀缺、环境污染等问题日益突出，轨道交通作为一种高效的交通方式，不仅可以有效缓解交通压力，还可以减少空气污染、噪音污染以及土地用量。由于我国的铁路事业近几年有了蓬勃的发展，越来越多的建设项目无法避免与铁路的交叉联系。为了保证铁路的正常运营，需要正确选择下穿桥涵结构形式、线路防护及施工方案，下面就是常用的几种施工方案进行对比。

1.1 设计方案

目前下穿铁路结构有框架、门式刚构及钢筋混凝土管，

其中框架结构与管涵较为常见，道路及管线穿越铁路多采用框架结构，该结构可预制顶进施工，也可明挖现浇施工，但框架结构的实施对地质条件有一定要求，基底位于软土层，且地下水位较高，具有承压性，基础土层具有透水性时不适合采用框架结构穿越铁路，该条件下可采用门式刚构现浇施工。管线穿越铁路最常见的为圆管结构，该结构对工程地质条件要求交低，基本适应任何土层，通常采用设沉井或挖井顶进施工，地质条件较好时也可采用明挖基坑顶进施工。

1.2 施工方案

1.2.1 明挖现浇施工

地质条件良好且既有铁路为普速铁路时，可计划采用架空或临时改移铁路方案，即先采用D便梁、工字钢等结构临架空既有铁路，它的作用是防护线路轨道，控制列车的荷载，降低钢轨的变形，降低路基上的动荷载，或临近新建铁路，临时改线。原位明挖现浇、拼装施工下穿桥涵结构，项目施工完成后，回复既有铁路原貌，可确保铁路正常运营。该方案的不足之处是波及面太多、施工所产生的费用高、施工时间可能拖延进度。

1.2.2 顶进施工

该方案是目前最常用的施工方法，也是顶进桥涵中最重要的部分，其中最重要的部分是线路的加固方案。为了限制轨道变形、确保线路的运营能力和安全。交叉处的地质情况、地下水及既有管线情况、结构尺寸、刃脚结构、覆土厚度、施工工艺、季节等等，都必须加以考虑。目前线路加固有四种方法。即扣轨加纵横梁加固、D型便梁和工字钢纵横梁抬梁进行加固，军用梁加固。

(1) 扣轨加固

扣轨加固法。此加固方案多用为管线顶进施工方案，主体采用设套管或护涵，并且铁路位于大半径或直线上，线路

不是很繁忙，地质条件良好，管线上有较厚的固体土壤。采用轨道外侧各设3根，内侧设5根钢轨与轨枕连接固轨道。

(2) D型便梁加固

D型便梁单线半通钢，纵梁为箱子形状横梁兼作轨枕，适合曲线半径 $\geq 400\text{m}$ 的线路。D型便梁架空加固架线，一次挖掘土工物，在没有交通中断的情况下，可以进行各种下穿桥涵工程。它为运输组装，方便简单，但D型便梁的使用也有限制。因此，①D型便梁有4种规格：D12、D16、D20和D24的四种规格不能用于具有大开口的结构。②由于D型便梁的高度，如果桥的顶点与轨底部之间的距离较小，则无法使用。③需要线路之间的最短距离。④由于单片梁的重心高，底部窄，容易跌倒。设计限速最高可达 60km/h ，技术简单，可用于各种地质条件。地形条件的适用不受限制，在建设中可以确保现有线路的交通安全性，箱涵主体易于控制。同时，超高型箱涵顶进行线路加固问题将得到解决，D型便梁最大的缺点是无法纵梁连接。D型便梁的最大跨度是 24m 。当支撑跨度超过 24m 时，不能使用D型便梁。

(3) 工便梁纵横抬梁加固

工字钢为分段式纵梁，利用钢结构简支梁的原理将工字钢连接成单孔梁。临时梁可采用多支点支承，其连接板采用等强度连接，由两组上下夹板和一组腹板组成。单个临时梁的最小长度为 12m ，但由于临时梁的刚度比D型梁弱，施工中常采用临时梁与横向提升梁的组合。施工顺序为：桥墩施工 \rightarrow 临时梁安装 \rightarrow 轨道安装 \rightarrow 横向吊梁安装 \rightarrow 线路控制。临时梁纵横向吊装施工过程较为复杂，节点构造部位较多，安全性明显低于D型临时梁；当一般线路的线间距满足D梁架设计要求时，宜采用D梁加固方案。

(4) “六四式”军用梁加固

当框架较大，与铁路线的斜角较小，D型便梁跨度不满足要求时，可采用“64式”军用梁作纵梁，610工字钢作梁钢筋，两侧采用D16型临时梁框架孔。但目前“64式”军用横梁普及率较低，架空设备是根据施工单位定做的，工程造价普遍较高。

1.2.3 明挖现浇施工过程

首先，铁路须进行架空。铁路线路加固完成后，必须进行脱机操作，以挖掘线下路基，同时保证主体现浇位置的操作空间与基础桩施工操作空间。线下挖掘时首先不要损伤加线所需的钻（挖）孔桩基础，主体与线路架空支点桩冲突时，框架主体可预留孔洞，此方案的最大缺点是建设期很长，对运营线路影响周期长。

1.2.4 管幕工法

管幕工法是无沟技术的一种。为了构建大断面地下空间，采用小直径管道推进机的施工技术在海外开发了20年。适用于海外道路、铁路、建筑物、机场等的挖掘事业，取得了良好的成果，积累了建设实绩。这种方法适用于滤网、砂、粘土、岩石等地层。管幕钢管锁定口的挖掘部可以有效防止漏水，因此将各管道连接到钢管侧的锁定口形成管线，将止水剂注入锁定口的间隙以满足停水要求，管道排堵塞后，形成管帘。然后，加强管幕土壤，挖出内侧支撑，注入结构，直到挖掘管帘部。这种方法的优点是最大优点是不需要支撑桩和防水帘，因为地下水（井点降水量）不提取，所以地下沉降小，不影响管幕结构，不影响建筑物，不需要加强基础和桩基础。但是，该方法更复杂，需要更高的精度。目前，国内建设技术难以满足要求，成功案例很少。埋设钢管不能循环利用，成本高，项目投资大，建设期长。

1.2.5 CRD工法

CRD工法是属于浅埋暗挖工法，即中隔墙的分步开挖法。基本原则是NATM的基本原理，是一种综合性的建设技术，可以使用各种辅助施工方法来强化建筑周围岩石的强度，最大限度地发挥周围岩石的独立性。在挖掘后的隧道内支持隧道，密封并与周围岩石形成共同支撑系统，有效抑制周围岩石的过度变形。CRD法是基于使用监控和测量信息反馈设计和施工的NATM的基本原理的新概念，采用了柔性复合材料的新的支撑结构系统，主支持和二次写入共享上部负载。通过这种方式在建设过程中，各种各样的辅助建设方法被用于提前的支持，以改善和增强周围岩石的独立能力，动员一些周围岩石的独立能力；在建设过程中，监控和其他手段可以用于及时反馈信息，以形成支持系统的组合，并配合周围岩石一起工作不断优化设计，不塌方，少沉降，实现安全生产和建设。浅埋暗挖的施工顺序：事前支援 \rightarrow 中间隧道和侧面隧道的台阶施工 \rightarrow 中间柱子、外墙、屋顶、底板构造的同时施工 \rightarrow 中步台阶法施工 \rightarrow 换撑 \rightarrow 底板构造和顶板构造施工。

1.2.6 盾构法

该方法一般用于公路的突起施工，采用桥式盾构法，路基土体在顶部，冲刷过程中不会破坏土基，因此不必使用便梁架空方法。只需拉动导轨，防止导轨横向移动。加强了施工安全。盾构由钢柱、钢柱、盾构箱、副盾构、液压推进系统和辅助机构六大部分组成。盾构体附着在框架桥的桥头，当盾构与土体一起冲入时，作为开挖面和路基的施工支护。护盾的长度取决于水箱和土基的高度，因此盾构内的土方可以在三个方向支撑护盾。宽度和高度与油箱相同，盾构体

中的子盾构是盾构中唯一的活动部件，经延伸后，用于牵引导管底座和减压板支撑开挖范围顶部，由液压系统控制作业，单组大幅度推进，减少了开挖面的小断面，减少了对土壤的扰动。

1.2.7 土体改良控制

在铁路建设过程中，需要在铁路建设范围内分析土壤条件，判断土壤条件，采用处理管理的科学方法。例如，铁路桥下的铁路建设，根据地下调查的结果，在铁路建设的范围内，下面部分有丝绸土层和微小的封闭水层。这样的施工工程需要进行土壤改良管理。在施工中，将施工后的机器的切割头用于进行挖掘处理的孔中，改变泥土的泡沫和流动性。通过改良土壤，提高了土压测量的精度，因为盾机积压所以填充板的土壤层在旋转后会发生和解转换。改善铁路路基铁路桥建设中的土质，可以加强作为建设重要内容的挖掘量管理。

1.2.8 径向注浆控制

径向注浆控制是铁路桥梁转换工程的重点基础。在施工作业中，由于施工环境等的影响，加强了对径向注水方向的控制，使之满足桥的建设过程中的技术应用需求，进行科学合理的注水工程。在注浆工程中，可以使用盾构机器来控制注浆作业的沉降量。为了保证盾构顺利通过，在施工过程中通过盾牌注入专业的备份系统进行处理。在一般情况下，在径向注入作业中，合理控制注浆压力的数值，保持在 $0.3\sim 0.4\text{MPa}$ 的范围内，进而确保注浆工程整体的安全性。

2 经济技术比较

顶进方式的施工适用性是最广泛的，成功的例子很多。因此，该方式应优先用于下穿铁路工程，在曲线半径和线间距满足要求时，D型便梁加固应优先。但是也有限制，因为顶进施工对现有铁路有一些干涉，在施工过程中通常需要速度限制，对较宽的公路平面线形也有一定的限制。

3 工程案例

某市政道路工程下穿既有汉丹铁路，铁路共2股道，线间距 5.05m ，道路与铁路斜交 73° ，铁路路基面宽度 15.75m ，路基填筑高约 5.6m 。根据道路规划资料，道路红线宽度为 32m ，机/非车道宽为 21m ，双向6车道，两侧人行道宽为 5.5m ，铁路两侧约 70m 处均有规划道路与铁路平行布置，并与穿铁路形成十字路口，新建道路低于自然地面约 0.6m ，根据远期道路规划及场地条件该工程不适合采用上跨铁路方案，根据地质勘察资料，新建路面下依次为 $1\text{m}\sim 2\text{m}$ 厚黏土， $2.5\text{m}\sim 4.6\text{m}$ 厚淤泥层， $3.4\text{m}\sim 5.2\text{m}$ 厚粗砾砂层，其下

为砂岩层，地下水位于自然地面下约 1.5m 处，受附近河道补给，具有弱承压性，孔隙承压水主要赋存于砂层中，对工程建设影响较大。该工程主要控制因素为地质条件，由于地下水位较高，且基底位于软土层并具有透水性，基础处理又受既有铁路影响，不能采用大型机械施工。基坑开挖后还需考虑水位影响，淤泥及粗砾砂层采用高压旋喷桩加固的成桩效果又较差，质量也难以把控，无法有效形成止水帷幕，基础处理也达不到设计需要标准，采用框架方案基本不可行。考虑到线路对速度要求较低，部分工序也可要点施工，具备明挖现浇施工条件。最后，本工程道路采用左右分幅下穿铁路，主体结构采用 $2\times 16\text{m}$ 门式刚构桥，结构间设 0.1m 施工缝，单幅桥下布置为 4.0m （人行道）+ 0.5m （水沟）+ 0.5m （路缘带）+ 3.0m （非机动车道）+ 7.0m （机动车道）+ 1.0m （安全带），左右两幅对称布置，门式刚构桥承台适当抬高，利用黏土层不透水性开挖基坑，铁路采用3孔D24便梁架空防护，支点采用钻孔灌注桩，施工期间列车限速慢行 45km/h ，先施工丹江口方向左幅门式刚构桥，结构施工完成后，转换架空，采用2孔D24便梁架空铁路，丹江口侧架空支点设在已建成的刚构桥顶，现浇施工汉口方向右幅刚构桥，施工前将铁路既有光、电缆挖出临时加固防护，悬挂固定至线路架空支点桩上，主体施工完成后施工路面结构及其他附属工程，将铁路光、电缆敷设至桥顶新建电缆槽内，最后恢复铁路运营。该方案可有效解决地下水对工程的影响。

3.1 将下穿铁路桥涵工程建设材料和设备的质量把控工作做好

下穿铁路桥涵工程建设期间非常重要的基础就是施工材料和设备，并且这些也是工程项目建设质量管理的重要目标。提高工程项目质量管理水平，提升把控对策力度，需要通过材料和设备方面着手进行加强，这也是下穿铁路桥涵工程项目实际建设当中提高自身管理以及质量水平的重要内容之一。①需要通过下穿铁路桥涵工程建设期间的购买，供应环节首先需了解我国行业之间有关材料和设备标准，联系各个工程项目材料和设备供应商系统的对齐。价格以及质量等各方面进行对比和评估，确保购买的材料和运用的设备能够达到下穿铁路桥涵工程建设质量的标准和要求。②下穿铁路桥涵工程建设过程中，需要将其管理工作贯穿落实到建设材料和设备购买工作人员身上，对其开展有效的监督管理，以免在采购和实际运用等各方面出现以次充好等问题，如果发生这种问题，会对有关负责人员进行严格经济处罚和纪律处分。③质量监管工作人员需要根据下穿铁路桥涵工程建设实际，对材料需求量、设备、功能等各方面开展监管。使其员工在开展过程中所运用到的各类材料以及工艺设备，

在介绍材料数量以及设备功能等各方面进行监管,使其可以跟建设进行融合,尤其是要重视每一个环节当中的各个材料、设备、工艺的应用。在操作和管理上面要达到建设材料和设备的合理配置,使工程项目的施工效率有所提升,并且还能进一步确保下穿铁路桥涵工程施工质量。

3.2 随时升级、更新施工技术和设备

为了确保工程施工质量,就一定要将其施工技术和设备进行更新,对于新涌现出来的技术和设备要及时引进。与此同时,建设方还要提升下穿铁路桥涵工程对当今社会的重要性不能过于重视工程项目积极效益。合理提升施工技术和设备的资金投入,避免整个下穿铁路桥涵工程项目出现质量问题。

参考文献:

- [1] 宋桂杰,李家稳.框架桥结构的设计[J].2013(7).
- [2] 梁红燕.顶进式下穿铁路框架桥设计[J].2009(6).
- [3] 朱兆斌,汤永堂,吕斌,杨玫.一种多孔分离式框架桥布置结构[J].2013.
- [4] 许月香.框架桥顶进下穿铁路岔区线路加固施工技术[J].2014(11).

3.3 健全工程施工管理制度、把控好全程

下穿铁路桥涵工程项目施工具有专业性、复杂性以及危险等特征的工程,其对施工水平和全过程有着很严格的标准,健全施工管理体系,加大建设期间的有效把控力度。确保整个下穿铁路桥涵工程的施工质量,建设方需要健全施工责任制度,了解施工期间责任人的职责,解决遇到的问题,规范和限制工作人员行为,保证员工能够严格遵守已定施工计划和标准。

4 结语

铁路是国民经济的脉络,必须看到它的重要性。因此,选择下穿方案及施工方法是保障铁路施工期间的安全,工程费用的关键。上述结构具有各有其独自特征的优点,另一个项目必须根据自己的特点选择最佳的建设方案,以确保铁路安全的条件下促进项目顺利实施。