

# 浅谈下穿铁路顶进式框架桥的设计

孙丽丽<sup>1</sup>, 张复峰<sup>2</sup>

<sup>1</sup>长春市市政设计研究院有限责任公司, 吉林 长春

<sup>2</sup>北京中外建工程管理有限公司, 北京

收稿日期: 2021年12月20日; 录用日期: 2022年1月6日; 发布日期: 2022年1月20日

## 摘要

由于结构简单, 施工方便, 框架桥在实际中得到了广泛的应用。为了不中断铁路运营, 采用限速行车, 直接顶进的桥涵称顶进式框架桥。采用顶进式施工方法是在保证铁路安全运行的前提下, 在铁路路基一侧预制钢筋混凝土箱型框架结构, 采用高压油泵带动油压千斤顶同时借助于预先修好的后背支撑, 将框架结构顶入既有线路路基内, 成为顶进式立交桥。顶进式框架桥在设计中应注意顶底板及边墙结构尺寸的布置, 合理的孔跨比布置既能保证结构的安全性, 又能合理地节约投资, 降低造价; 工作坑的设计也是顶进式框架桥设计的重要部分, 工作坑后背的计算, 滑板、锚梁和导向墩的设置对于结构安全有着重要的意义; 必须考虑铁路运行中的防护措施设计, 以保证铁路在施工过程中的安全。

## 关键词

顶进式框架桥, 线路加固, 铁路防护

# Design of Jacking Frame Bridge under Railway

Lili Sun<sup>1</sup>, Fufeng Zhang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Changchun Municipal Engineering & Research Institute Co., Ltd., Changchun Jilin

<sup>2</sup>Beijing International Construction Consulting Co., Ltd., Beijing

Received: Dec. 20<sup>th</sup>, 2021; accepted: Jan. 6<sup>th</sup>, 2022; published: Jan. 20<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Frame bridge has been widely used in practice because it's simple and convenient. The jacking frame bridge is a way of directly jacking into the bridge and culvert by speed limited driving in order not to interrupt the railway operation. The advantage of jacking construction method is that

under the premise of ensuring the safe operation of railway, the reinforced concrete box frame prefabricated on one side of the railway subgrade will be driven by high-pressure oil pump, and supported by the back of the pre-built. In the design of jacking frame bridge, attention should be paid to the layout of top and bottom plate structure size. Reasonable hole span ratio layout can ensure the safety of the structure and save investment and reduce the cost; The design of the working pit is also an important part of the design of the jacking frame bridge. The calculation of the back of the working pit and the setting of the sliding plate, anchor beam and guide pier are of great significance to the structural safety; The design of railway protection measures must be considered to ensure the safety of railway in the construction process.

## Keywords

Jacking Frame Bridge, Line Reinforcement, Railway Protection

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着我国经济的快速发展, 铁路的建设也得到了空前的发展。在实际施工中各种更加先进科学的设计理念的运用, 为我国的铁路建设的迅猛发展起到了积极的推进作用。下穿铁路顶进式框架桥的设计在工程的建设中具有极其重要的意义[1]。顶进法施工是一种非明挖技术方法, 是在不影响地面正常交通通行的情况下, 横向下穿立交构筑物的施工方法[2]。顶进法施工的优点就在于保证铁路安全运行的前提下完成整个施工过程。本文以下穿采石场铁路专用线 K0+925.5 顶进式框架桥为例浅谈下穿铁路框架桥的设计。

## 2. 项目概况介绍

项目工程场地位于秦皇岛市卢龙县四各庄, 穿越处为采石场专用线, 铁路为单线、非电气化铁路, 钢轨采用是 P50 钢轨, 轨枕是钢筋混凝土枕。穿越处中心里程桩号为 K0+925.5, 桥位位于直线段上。

## 3. 顶进式框架桥设计内容

本桥结构采用单孔框架结构, 单孔净跨径是 12 米, 框架桥中心线与铁路中心线的交角为 63°。框架桥顶板顶面距离铁路的钢轨底面设计为 0.8 m。考虑到引道的坡度及行车净空的要求, 框架桥结构总高度采用 8.0 m, 结构净高采用 5.9 m, 顶板厚采用 1.0 m, 底板厚 1.1 m, 边墙厚 1.0 m, 框架桥主体长度为 9.0 m。框架桥主体前端刃角长 4.5 m, 主体后端尾墙长 3.5 m。尾墙侧悬臂板长度采用 2.5 m(以上尺寸均为框架桥正截面尺寸)。工作坑后背采用 P50 钢轨桩。结构布置详见图 1~3。

线路加固采用目前最常用的方式(见图 4): 3-5-3 扣轨组合方式, 扣轨采用 50 kg/m 钢轨, 在顶进框架桥的前端, 保证线路加固体系有足够的强度、刚度和稳定性。框架桥顶板顶面设 TQF-1 防水层及 C40 钢纤维混凝土保护层; 边墙外侧涂两层聚氨酯防水涂料。框架桥顶进到位后在桥顶两侧设小挡水坡, 桥顶防水层保护层做好流水坡, 将水集中后引入桥下。

框架桥内力采用有限元结构分析软件计算, 并采用结构分析软件进行复核; 刃角按顶进过程中承受列车临时荷载进行设计; 顶力考虑刃角正面阻力以及各种摩擦力。

下穿铁路框架桥的主体、刃角、刃角悬臂、人行道悬臂、尾墙、刃角补齐均采用 C40 混凝土, 抗渗指标不小于 P8, 混凝土的骨料选择及碱含量应符合《铁路混凝土工程预防碱-骨料技术反应条件》(TB/T3054)的规定; 工作坑滑板、锚梁、导向墩采用 C30 混凝土; 后背梁采用 C30 混凝土; 出入口挡墙采用 C30 混凝土, 帽石采用 C30 混凝土; 防水层保护层采用 C40 钢纤维混凝土; 护坡桩、抗横移桩、后背桩、支撑桩及顶梁采用 C30 混凝土。

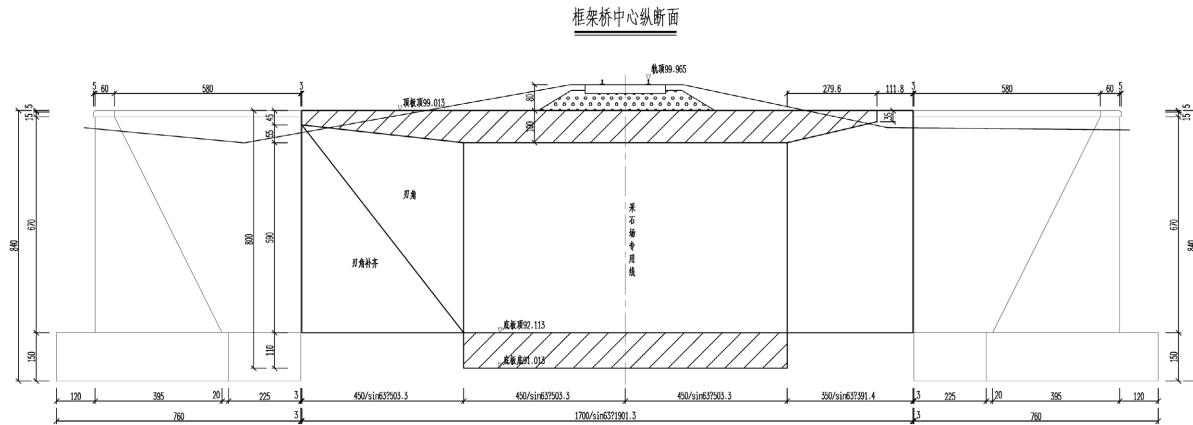


Figure 1. Vertical section of frame bridge

图 1. 框架桥纵断面图

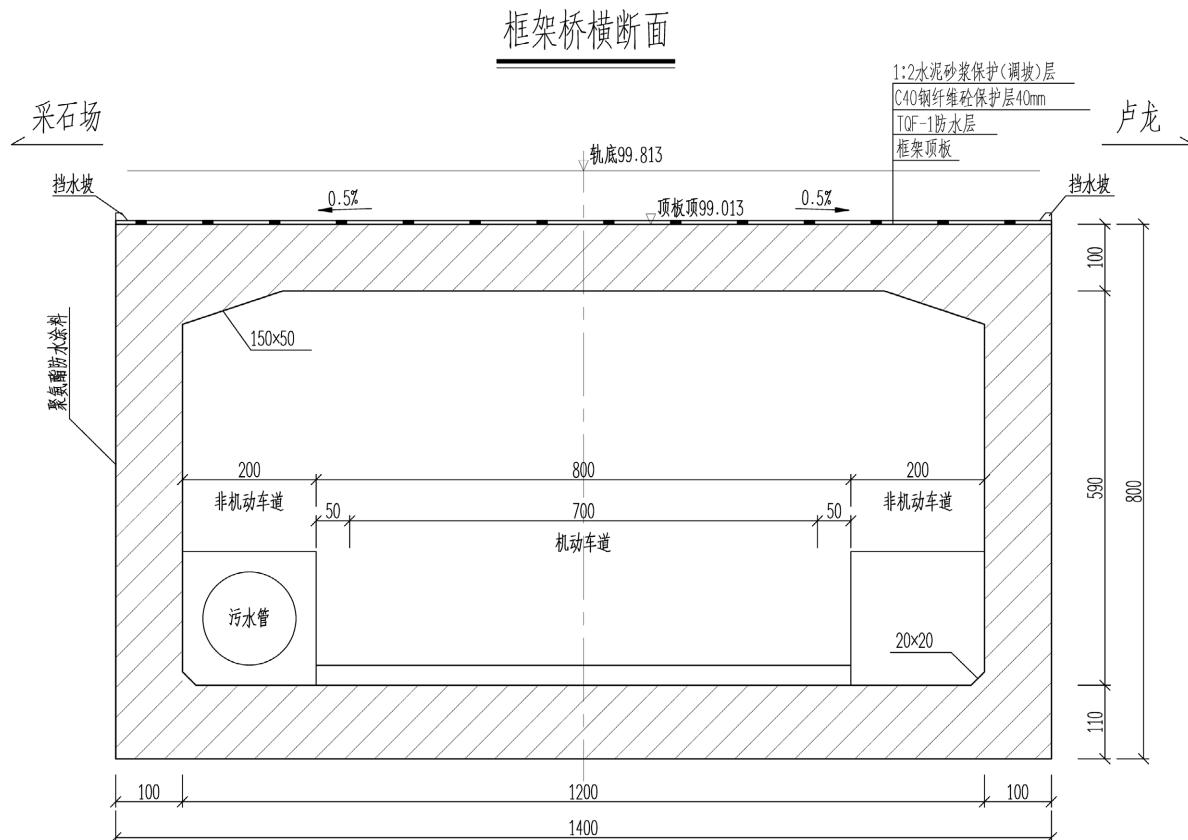
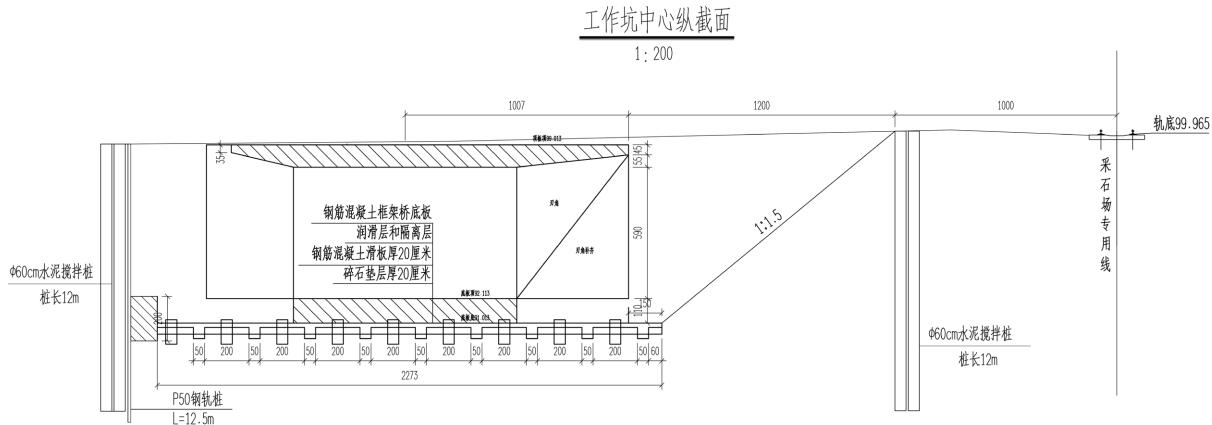
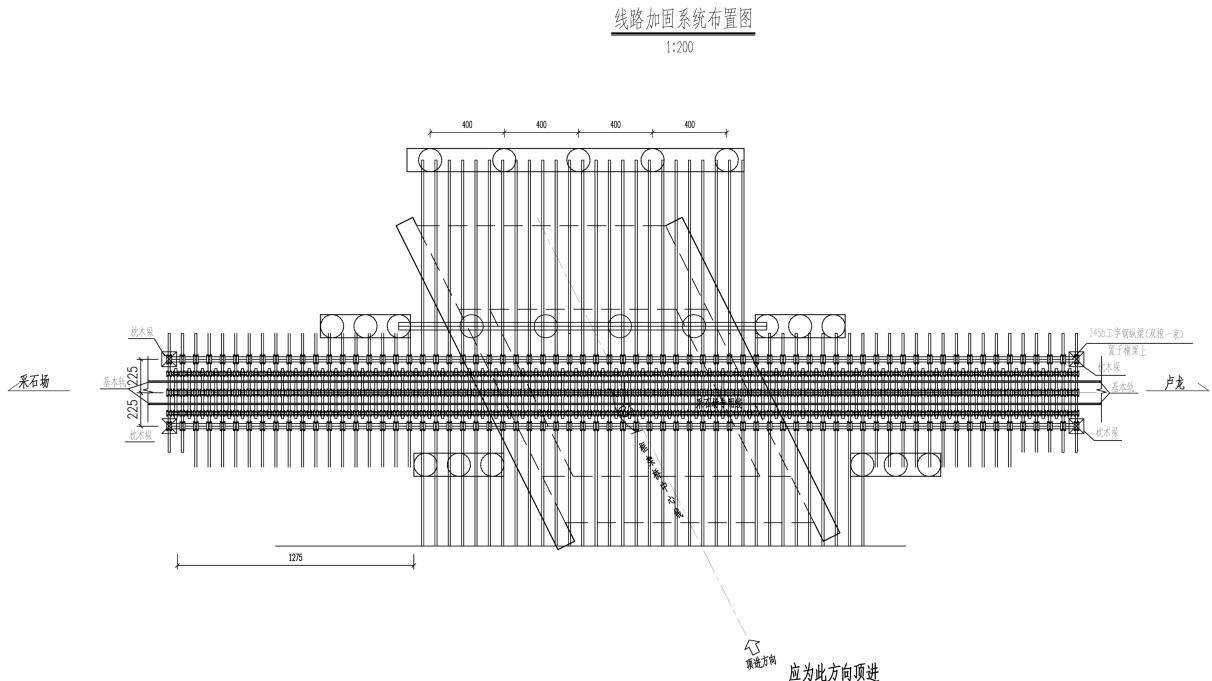


Figure 2. Cross section of frame bridge

图 2. 框架桥横断面图



**Figure 3.** Vertical section of working pit  
**图 3. 工作坑纵断面图**



**Figure 4.** Layout of line reinforcement  
**图 4. 线路加固布置图**

普通钢筋宜采用 HPB300 和未经高压水处理的 HRB400 钢筋, 其技术条件应符合现行国家标准《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》(GB1499.1)和《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB1499.2)的规定。

框架桥桥区及两侧路基在顶进前进行注浆加固, 防止路基在顶进过程中坍塌; 框架桥顶进时边墙两侧带导管顶进, 顶进就位后, 框架桥两侧路基路桥过渡段进行注浆加固, 侧塌部分回填级配砂石后进行注浆加固, 保证在顶进后路基的密实度和稳定性, 并采用雷达物探检测。为保证顶进方向的准确, 在框架桥两侧滑板上设置导向墩, 工作坑铁路路基侧, 采用 1:1 放坡, 喷射混凝土加固, 后背填土应严格夯实。

桥下主路道路路面采用 12 cm 沥青混凝土(5 cm 细粒式沥青混凝土 + SBS 改性乳化沥青粘层 + 7 cm 中粒式沥青混凝土) + 1 cm 乳化沥青透层和 SBS 改性沥青防水层 + 36 cm 水泥稳定碎石 + 20 cm 石灰粉煤灰综合稳定土。

## 4. 设计中的技术难点的思考

### 4.1. 合理的孔跨布置，满足结构安全要求

框架桥设计应该考虑合理的孔跨比。结构受力计算详见图 5~10。孔跨比过大或过小既会对结构的安全性产生隐患，又容易造成材料浪费

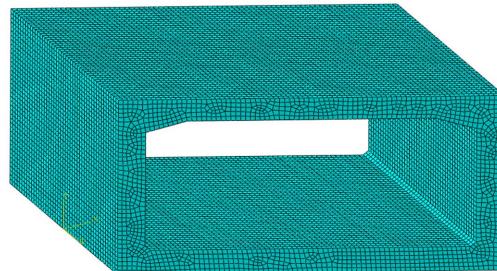


Figure 5. Frame bridge main body grid division diagram  
图 5. 框架桥主体网格划分图

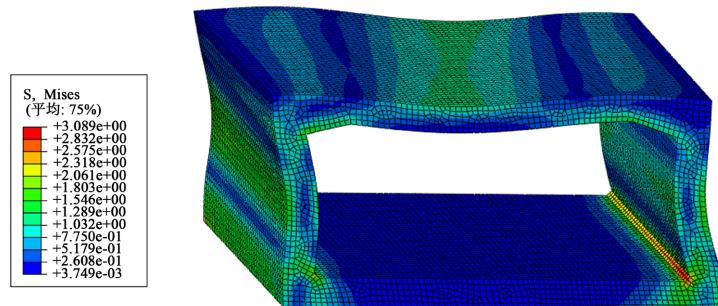


Figure 6. Strain diagram  
图 6. 应力图

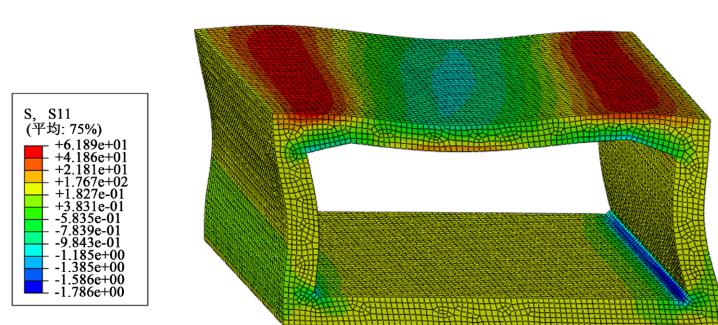


Figure 7. Direction 1 main tensile stress S11  
图 7. 1 方向主拉应力 S11 图

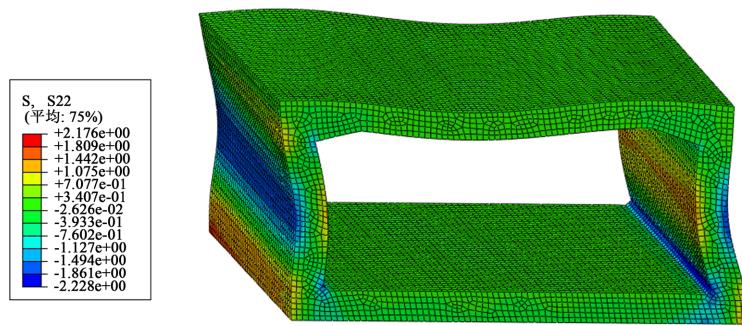


Figure 8. Direction 2 main tensile stress S22  
 图 8. 2 方向主拉应力 S22

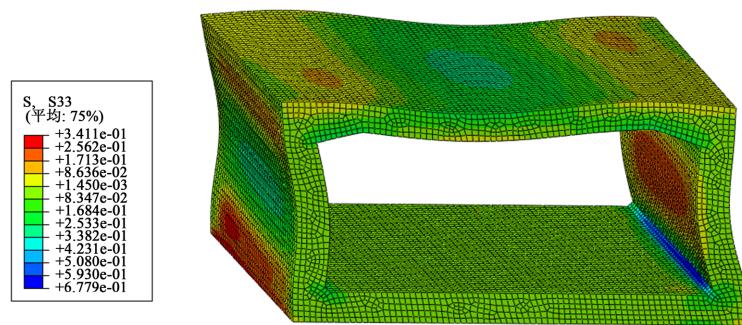


Figure 9. Direction 3 main tensile stress S33  
 图 9. 3 方向主拉应力 S33

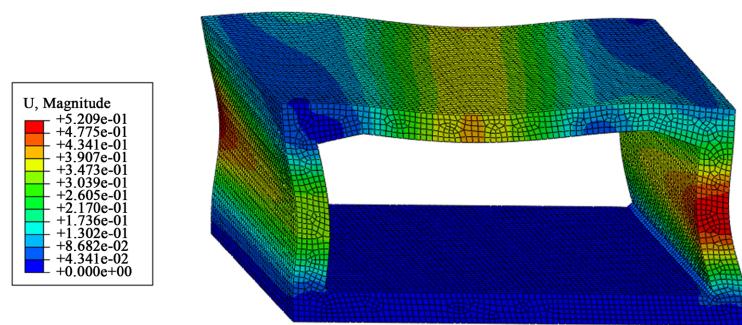


Figure 10. Global deformation diagram  
 图 10. 整体变形图

## 4.2. 工作坑的防护设计

本项目工作坑后背采用钢筋混凝土后背梁的形式，线路加固采用工字钢横抬纵挑的方法。工作坑后背是提供顶入式框架桥所需最大顶力的临时支撑结构物。工作坑在铁路路基侧，采用 1:1 放坡，喷射混凝土加固，后背填土应严格夯实。框架桥滑板的顶面需设置润滑隔离层，以用来增加滑板的抗滑能力。同时在顶进过程中，为了避免工作坑的滑板随着框架桥的巨大顶力向前无序移动，需在板底面以下设置锚梁，在滑板的两端还应设有导向墩，一般距离框架桥边墙侧 5~10 cm 设置。导向墩沿顶进方向，能有效的控制框架桥在空顶阶段的顶进方向。

## 4.3. 铁路的防护措施设计，保证铁路在施工过程中的安全

本项目线路加固采用 3-5-3 扣轨组合方式，扣轨采用 50kg/m 钢轨。加固系统中横梁间距按 0.6 m、1.2 m 间隔布置，以减少调整轨枕；并且增加超出框架桥两侧的长度，加固总长不小于 87.5 m。线路加固系统需要满足列车慢行 45 km/h 的要求系统采用的是 3-5-3 吊轨梁和横抬纵挑的工字钢与路基防护桩、支撑桩、抗横移桩及顶梁组成，纵梁采用的是 H900 型钢，2 根一束，横梁采用的是 I450b 工字钢，每隔一根轨枕穿一根横梁。加固的范围超出框架桥两侧至少 10 米。

## 5. 结论

框架桥由于自身的优势，在实际应用中得到广泛的使用[3]。顶进式框架桥在设计中应注意以下几点：1) 下穿框架桥结构的设计需要正确设置顶底板的尺寸，并使孔跨比在合理的设计范围之内，保障桥体结构的安全经济。2) 框架桥顶板顶距轨底距离在满足线路加固要求的基础上可以降低桥顶道砟厚度，并且可以抬高道路纵断，减小挖深，缩短下挖段引道长度，同时减少线路加固的难度。3) 框架桥桥区及两侧路基在顶进前进行注浆加固，防止路基在顶进过程中坍塌；框架桥顶进时边墙两侧带导管顶进，顶进就位后，框架桥两侧路基路桥过渡段进行注浆加固，侧塌部分回填级配砂石后进行注浆加固，保证顶进后路基的密实度和稳定性，并采用雷达物探检测。4) 工作坑后背的设计必须满足顶进框架桥设计最大顶力的要求，防止在桥体顶进过程中发生后背开裂、倾覆等事故，延误施工工期[4]。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国铁道部. TB-10002. 1-2005 铁路桥涵设计基本规范[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2005.
- [2] 杨涛. 既有线铁路框架桥改造设计[J]. 石家庄铁道大学学报(自然科学版), 2011, 24(4): 45-49.
- [3] 冯卫星, 王克丽. 地道桥设计与施工[M]. 石家庄: 河北科学技术出版社, 2000.
- [4] 杨建良. 铁路框构桥设计体会[J]. 铁道标准设计, 2009(3): 80-82.