

703447

桥涵顶进 设计与施工

铁道部第四勘测设计院桥隧处编

5511

83086:1

成都科学技术大学图书馆

中国铁道出版社
基本藏书

桥涵顶进设计与施工

铁道部第四勘测设计院桥隧处编

1983年·北京

内 容 简 介

本书较系统地介绍了有关桥涵顶进的各种施工方法、顶进工艺、施工临时设施的设计与计算、顶进设备以及引道设计和排水等。内容以实用为主，并附有实例。

本书可供铁路和公路工程技术人员与有关学校师生参考使用。

桥涵顶进设计与施工

铁道部第四勘测设计院桥隧处编

中国铁道出版社出版

责任编辑 冯秉明 封面设计 赵敬宇

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{4}$ 印张：8.5 字数：188 千

1983年8月第1版 1983年8月第1次印刷

印数：0001—8,000册 定价：0.90 元

前 言

本书是参考了最近几年来路内外桥涵顶进的经验总结、有关设计文件、交流资料和国外情报译文等，结合我们在施工设计和参加施工中的体会而编写的。内容以实用为主，较系统地介绍了有关桥涵顶进的各种施工方法，顶进工艺，施工临时设施的设计与计算，工程造价估算，顶进设备，以及引道设计和排水等。

本书由李天泽、石永贵两同志主编。参加编写工作的还有薛陆海、黄兆椿、谭旺胜同志。全书由周乃庄同志审阅。

本书在编写过程中，得到了一些铁路局、工程局、专业设计院和本院有关专业的同志提供资料，给予支持和协助，在此一并表示谢意。由于编写人员业务水平所限，请予批评指正。

编 者

1981年9月

目 录

第一章 顶进的施工方法

第一节 概 述	1
第二节 顶入法	5
第三节 对顶法	14
第四节 对拉法	18
第五节 中继间法	19
第六节 顶拉法	22
第七节 牵引法	40
第八节 多箱分次顶入法	50
第九节 道路斜交时的框架顶进	53
第十节 气垫减阻顶进	64
第十一节 触变泥浆减阻顶进	80
第十二节 防止和纠正“扎头”与“抬头”的措施	86
第十三节 施工注意事项及安全措施	94

第二章 顶进的施工设计

第一节 工作坑	96
第二节 滑 板	97
第三节 润滑隔离层	100
第四节 顶力计算	102
第五节 后背设计	124
第六节 刃角设计	143
第七节 线路加固	153

第八节	施工排水及降水	175
第九节	造价估算	197
第三章	顶进设备	206
第一节	千斤顶	206
第二节	高压油泵	210
第三节	液压回路	212
第四节	电气集中控制台	214
第五节	传力设备	215
第四章	引道设计	220
第一节	引道平面和纵断面设计	220
第二节	分离式引道	232
第三节	封闭式引道	235
第四节	引道排水设计的一般原则	237
第五节	引道地表排水设计	239
第六节	盲沟设计	246
第七节	泵站设计	250
第八节	设计资料的收集	256
第九节	设计示例	256

第一章 顶进的施工方法

第一节 概 述

在营业铁路线上,不少处所需要增建桥涵,诸如:有些铁路和道路原有的平交道口不能适应交通安全和车流畅通的要求,需要改造为立体交叉;有些客运量大的车站要求增加地道;江南水网地区要求增建穿越铁路的通航桥涵;在处理旧线既有桥涵病害时,有时要求扩建或增设新桥涵,等等。这些增设桥涵工程都在运输繁忙的营业线上进行,施工方法主要有以下几种:

1. 交通中断一段时间,在拟定桥位处开挖路基建桥。

2. 修筑便线便桥维持通车,在原既有线拟定桥位处开挖路基建桥。

3. 使用施工便梁承托既有线轨道,以保证通车,然后开挖路基建桥;或者先修建桥墩台,待桥梁墩台建成后装入主梁,最后开挖桥下土方。

4. 采用箱型桥台,顶入路基,再架梁,最后挖除桥下土方。

5. 限速行车直接顶进桥涵。这种施工方法的特点,是在保证铁路安全运行的前提下,将在铁路路基一侧预制好的钢筋混凝土箱形框架(或圆管),采用高压油泵带动油压千斤顶,并借助于预先修好的后背支承,顶入铁路路基内,成为一座铁路立交桥涵。这种方法称之为顶入法。近年来国内用顶入法施工的大中型立交工程也很多,如大家熟知的北京广渠门、西大望、城子镇等均获得成功。下面将较详细的介

绍这种直接顶进桥涵的施工方法。

直接顶进桥涵的施工方法，除了采用由铁路一侧顶进的顶入法外，还可以采用牵拉法、顶拉法等。

牵拉法是在路基中先钻孔，再穿过钢缆，依靠路基土体作为支承将箱涵牵拉入路基。北京铁路局在津浦复线建桥，因路堤两侧均为农业灌溉干渠，施工场地狭窄，他们用牵拉法（又有称牵引法的）施工了一座 $3.9 \times 5.0\text{m}$ 全长 13.4m 箱涵。与顶入法比较，辅助费用降低约 1.38 万元，占辅助工程投资的 36% 。

顶拉法是将整座箱分为若干节，用通长的拉杆连接起来，一节一节顶进，在顶后面的节段时，利用拉杆拉住前面各节，以平衡千斤顶的反力，省去修筑后背。1975年西安铁路局在西安市郝家巷修建一孔 3.0m 、全长 21.4m 的立交箱涵，即采用此法施工获得成功。

在决定采用何种顶进施工方法之前，应对下列几个方面作充分调查：

1. 地形、地貌及工程地质、水文情况。
2. 有否需要拆迁的建筑物。
3. 铁路路基及工作坑中是否埋置管路、电缆及其他障碍物，其位置、结构以及使用状况。
4. 施工场地、交通运输及供水、供电等情况。
5. 现有平交道的交通及铁路运行情况。
6. 周围地面排水情况。

根据调查情况，结合所需顶进的结构形式、尺寸、施工技术条件、机具设备能力等综合研究，经过技术和经济比较后决定合适的施工方法。

由于实际需要，顶入法施工近年来在国内外得到较快的发展，对于提高和改进箱形框架顶进的施工技术许多国家做

了不少试验和研究工作，积累了不少经验，取得了明显的效果。施工技术主要有以下几项：

1. 路基钻孔

在采用牵拉法或顶拉法施工时，都需在路基中钻出水平孔洞以便穿引钢缆。英、美、日、西德、荷兰、苏联等国都生产这种钻孔所需的水平钻机或称挖洞机。孔径有大到160mm的，有的用压缩空气驱动，在沙砾层中每分钟可钻进一米，精确度较好。日本有能钻300mm直径缆孔的水平钻机，孔长可达47.5m。

2. 方向控制

西德采用“控向切削环”来导向。在切削环的上下左右四点安装螺杆来控制切进距离，能调整方向偏角达 5° ，螺杆如改为液压千斤顶，效果更好。美国的切削环顶底两点安装双向千斤顶，以矫正“抬头”或“扎头”；环的左侧装铰，右侧装螺杆，通过手工操纵来矫正左右偏差。

我国广州铁路局基建处第一工程段在广深线某地道工程中采用激光导向自动纠偏。他们在最后一节箱涵后2~3m处立一塔架，装上激光仪。在第一节箱涵后退一米处于框架顶部装一光电接收板（即光靶）。激光仪采用中山大学出产的250mm He Ne 激光管。自制电源和调节装置。最大作用射距60m。光电接收板采用14个硅三板光电管，光电管排成两排，光电管接JG-5型光电继电器，继电器接电磁阀开关。

光电板的中线即框架中线。在框架不偏不斜的情况下，He Ne激光器的光点始终投射在光电接收板的中线上，（此处硅三板管排列为空挡部位）。当框架左右偏移时，激光射到左边或右边的光电管上，光电管由于激光照射，硅三极管电阻改变而导通。经光电继电器内三极管的多级放大光电继电器发生动作，关闭第一节框架左边或右边的纠偏千斤顶电

磁阀开关,使一边纠偏千斤顶停止工作,另一边纠偏千斤顶继续顶进,达到自动纠偏的目的。当激光离开光电管,继电器恢复原状,两边纠偏千斤顶电磁阀打开,千斤顶恢复正常工作。

3. 减少推顶阻力

(1) 在结构物前端安装稍大于结构物外径的钢刃角。由于既有线路基经久压实,采用这个办法对减少结构物四壁的阻力是有很有效的。

(2) 设置中继顶推装置,将长顶程化为短顶程,从而减少阻力。美国曾在某州际公路顶管工程中创造了“蚯蚓式”顶管法。主要是插入中继顶推管段,接力顶进。美国的这一施工设备中还装有从掘削到出土的全套装置,用此法一般可顶进130m,最长达300m。

(3) 向四壁压注膨润土泥浆。膨润土是一种极细的陶土粉末,加水充分搅拌就成为一种塑性材料亦即膨润土泥浆。将膨润土泥浆压注于管壁周围,使其形成一个具有承载力的外壳,顶进时管身在泥浆中浮动。根据西德经验,这种方法可减少表面阻力50%左右。膨润土泥浆我国称之为触变泥浆,由膨润土、工业用碱及水按一定的配合比制成。质地润滑,若经触动拌合即变成稀粥状,故称为触变。经某工点实践证明,使用触变泥浆顶管,其顶力只有一般顶管法的 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{6}$,从而解决了深覆土顶管时顶力过大的困难。

(4) 运用气垫技术。在箱形结构底部安装气垫裙,压入压缩空气,托起结构。同时在结构前端及路基入口处安装密封圈,向侧壁压注空气以减少摩阻力。最近,法国巴黎附近某地道工程首次应用气垫将一座宽13.4m高7m长37m的箱形桥横移34m到桥位,使施工期限大大缩短。我国上海铁

路局从1975年起先后在无锡、彭浦、丹阳、杭州、龙游等处工程中试验使用，经过不断改进设计和工艺设备，已取得显著进展，起动阻力系数降低到0.289左右（不用气垫时为0.8），入土后最大顶力系数降低到0.39~0.77左右（不用气垫时为1.2~1.4）。

通过大量工程实践，我国顶进桥涵的施工工艺得到不断的改进和完善。顶进箱涵的尺寸由小到大。孔数由单孔、双孔、三孔到四孔连续框架。由横向分解顶进，纵向分节顶进到四孔连续框架整体顶进。80年施工的北京三环路纪家庙立交桥为9.0m+11.75m+11.75m+9.0m四孔连续框架，还有呼和浩特建成的8.15m+16.30m+8.15m三孔连续框架都是我国目前采用顶进法施工建成的较大的立交桥。在箱涵顶部覆盖土厚度方面，逐渐由厚到薄，甚至于可以做到完全架空顶进。还有箱涵轴线与铁路的交角由正交发展到斜交，修建北京城子镇立交桥时斜交角达到 $43^{\circ}34'30''$ （正跨6.8m+12.5m+6.8m）。各种刚构桥、圆涵、整体拱涵等都可以顶进就位。实践证明在营业线通车情况下采用顶进法增设桥涵，具有占地拆迁少，对行车干扰少，施工进度快质量好的优点。

第二节 顶 入 法

顶入法是最早使用的桥涵顶进的施工方法，工序简单，用途较广。其特点是：主体结构整体一次预制完成，只要顶力设备许可，不论桥位正交、斜交，覆土厚薄，一般都能一次顶入就位。但由于是在铁路一侧整体顶进，因而后背大，所需传力设备也多。

顶入法与以后各节介绍的几种施工方法如对顶法等，就其施工程序和顶进工艺而言，基本上是相同的。下面就施工

程序、开顶前的准备工作和顶进工艺等分别介绍。

一、施 工 程 序

(一) 开挖工作坑

在铁路路基的一侧根据箱涵结构尺寸、净空要求开挖。工作坑底须经夯实辗压处理。

(二) 排除地表水及降低地下水位

工作坑四周应挖排水沟。并根据地质条件及地下水情况在顶进范围内布置井点，进行抽水，使地下水位保持在基底以下0.5~1.0 m。

(三) 修筑滑板设置润滑隔离层

滑板多以混凝土灌筑而成，也有按构造增设钢筋的。修筑前在其下以碎石夯填密实，以减少不均匀沉陷。滑板混凝土要求振捣密实，表面平整。滑板表层涂以机油、石腊作为润滑剂，再以塑料薄膜覆盖形成隔离层。

(四) 预制箱涵

在滑板塑料薄膜隔离层上绑扎钢筋以预制钢筋混凝土箱涵。应注意按设计要求将箱涵各部位预埋件安装齐全，避免遗漏。

(五) 安设刃角

采用钢筋混凝土刃角时，在三角形顶端安装钢刃尖。采用钢刃角时则安装在结构前端预埋的螺栓上，要求安装位置准确。

(六) 修筑后背

后背是顶进的依托，应做到牢固可靠，以保证顶进的顺利进行。

后背的修筑可与开挖工作坑同时进行，若采用钢板桩作后背时，应先打桩再开挖工作坑，以节省挖方并保证桩后土

壤的密实性。

如土质较好时，可采用简易后背。北京北辛安地道桥试验证明，后背土抗力潜力很大，出现塑性变形后并不马上破坏，还可提供相当大的抗力。

（七）安设顶进设备

顶进设备分液压系统和传力设备两部分。液压系统为高压油泵、控制阀、调节阀、千斤顶、油箱、油管压力表等组成。千斤顶的布置应以箱涵中心线为轴，对称布置。传力设备为顶铁、顶柱、横梁等组成。

（八）线路加固

根据线路、行车、地质和地下水情况，以及箱涵结构尺寸大小、复土厚薄等综合考虑，确定恰当的线路加固形式，以保证顶进时的行车安全。

（九）起动顶进

起动时，需逐渐加压，并对设备及滑板、后背等进行检查。起动后要掌握好箱涵顶进方向。顶入路基时应安排在列车运行间隙时进行顶进，随挖随顶。同时用仪器对顶进方向及高程进行观测，并注意及时纠正偏差，以保证顺利地把箱涵按设计要求的位置顶入路基。图 1—1 是立交箱涵用顶入法施工的简图。

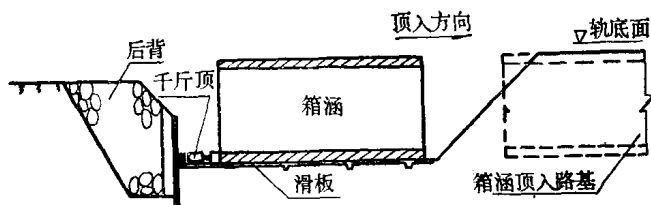


图 1—1

顶入法施工程序（钢板桩后背）如图 1—2 所示。

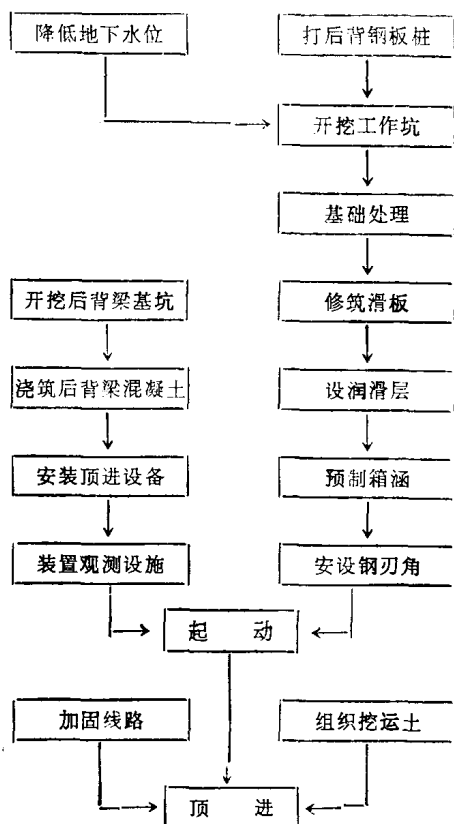


图 1—2

二、开顶前的准备工作

(一) 线路加固的检查

顶进工作的顺利进行，首要条件是保证铁路行车的安全，因此在开顶前必须对线路加固的质量进行检查。如：加固是否符合设计图纸的要求，加固部件有无侵入限界的情况，加固扣件是否有松动脱落，工字钢与既有线钢轨接触处的绝缘是否良好等等，都必须引起施工人员的足够重视。

（二）顶进设备的检查

顶进设备主要是高压油泵，千斤顶和顶铁。安装前应加以整修并做压力试验，油压管路安装完毕后，要进行试运转，检查压力能否达到规定标准，油管是否漏油，顶铁的长短规格，数量配置是否符合施工要求。

（三）箱涵外表的润滑处理

箱涵外表涂以石蜡及机油（4:1）熬制而成的润滑剂。熬制温度夏季温度为 $120\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，冬季为 $150\sim 180^{\circ}\text{C}$ ，乘热涂刷，使其渗入混凝土孔隙内以保证不易擦掉或剥落以减少摩阻力和加强混凝土的防水性能。

（四）降低地下水位

地下水处理不当必然给施工增加许多困难，尤其在顶进中，因基底土壤被水浸泡变软而造成箱涵下沉或严重坍方，甚至影响铁路安全和工程质量。因此，当箱涵底板处在地下水位以下时，必须采取降水措施。在箱涵顶进中，按规定地下水位应降至箱涵底面以下 $0.5\sim 1.0\text{m}$ ，严禁带水作业。

（五）故障处理措施及材料的准备

“扎头”是桥涵顶进中较普遍出现的问题，在软土地基尤为严重，因此要求预先拟定处理措施。一般可以选用的有：换填土壤，打短木桩加固土壤，铺设预制钢筋混凝土板或废钢筋混凝土轨枕等，根据选用的方法准备好所需要的材料。

（六）安装观测仪器

为检查箱涵是否在顶进中按预定位置走行。千斤顶每顶进一个行程应用仪器测量箱涵的中线位置与水平高差，以便及时采取调整措施。

（七）起动试顶

箱涵起动是使其与滑板分离，也是对顶进设备及后背的一次检验。起动顶力，在没有使用减阻措施的情况下约为箱

涵自重的0.7~1.0。起动时，油泵应逐渐加压，每次升压后还要稳定10分钟，并对设备及滑板、后背梁等发生的裂缝情况，进行检查。升压大小及间隔时间可按表1—1进行。

在加压过程中，如发现油压突然下降，则表明箱涵已与滑板脱离。倘若在起动顶力的作用下，发现后背的变形与设计顶力出入较大，则应立即采取加强措施，以避免在顶进中途后背破坏，造成施工上的困难。

表 1—1

设计起动顶力 (%)	30%	50%	70%	90%
累计时间 (分钟)	20	40	50	60

箱涵起动后，开始为不切土的空顶，但此时需要注意控制好箱涵顶进的方向，切不可麻痹大意，以免产生较大偏差造成纠正困难。顶进桥涵施工在做好各项准备工作后，应以最短时间顶完，组织快速施工，为此要求做到：

1. 合理安排施工期

要尽量避开雨季和冬季，因为雨季增加顶进困难，而冬季不但要增加防寒保温费用而且工程质量也不易保证。

2. 做好施工组织计划

根据实地调查情况，研究施工方案，布置施工场地，编制出详细的施工组织计划。

3. 挖、运土工序与顶进密切配合，措施得当组织合理。

4. 加强组织指挥，及时解决设备、技术问题。

三、顶 进 工 艺

开镐顶进是现场顶进工作的中心环节，每次开镐前应检查油泵等液压系统有无故障，挖土部位及尺寸是否符合要

求，顶铁安装是否合格和后背变形情况有无发展等。这些方面倘有一个环节发生问题，都会给顶进带来困难，甚至造成事故。

顶进工作的过程是：当前方刃角处挖土完成一个顶程后，即开动高压油泵，使千斤顶产生顶力，通过传力设备（顶铁、顶柱），借助于后背的反作用力，推动箱涵前进。箱涵前进后，用拉镐将千斤顶活塞拉回复原（如用双作用千斤顶时则可自动回镐）。然后在空挡处填放顶铁，以待下次开镐。如此循环往复，直至箱涵就位，顶进结束。

顶进应利用列车运行的间隙进行，为了保证安全，应在顶进施工人员和线路防护人员之间，临时安装电话、电铃和信号灯等。规定一定的联络办法，以密切配合，步调一致。

（一）挖土及运土

框架桥涵的顶进速度主要取决于洞内的挖、运土速度。故应尽可能为挖、运土创造条件，提高效率。由于箱涵高度一般在6 m左右，故人工挖土宜分成上下两层进行，即在箱涵内设置挖土平台，即中间平台。

中间平台的构造可分为钢质和木质两种。采用钢质平台，可直接安装在箱涵的预埋螺栓上；采用木质平台时，则安装在箱涵的端部侧墙预埋螺栓固定的型钢上。平台的主要设计荷载为：在平台上作业人员和工具重量，并考虑堆放少量弃土等，按简支梁计算。

跨度较大的箱涵为了增加平台的刚度，应设置中柱或支架。

当使用机械挖土时，可不设置中间平台。

一般每米宽工作面上布置1~1.5人挖土作业。其操作要求如下：

1. 每次挖掘进尺应根据土质情况决定，一般约为20~