

UDC

中华人民共和国行业标准



CJJ/T 74 - 2020

P

备案号 J 2840 - 2020

城镇地道桥顶进施工及验收标准

Standard for construction and acceptance
of underpass bridge in town by jacking method

2020 - 04 - 16 发布

2020 - 10 - 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

城镇地道桥顶进施工及验收标准

Standard for construction and acceptance
of underpass bridge in town by jacking method

CJJ/T 74 - 2020

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
施行日期：2 0 2 0 年 1 0 月 1 日

2020 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

2020 年 第 99 号

住房和城乡建设部关于发布行业标准 《城镇地道桥顶进施工及验收标准》的公告

现批准《城镇地道桥顶进施工及验收标准》为行业标准，编号为 CJJ/T 74-2020，自 2020 年 10 月 1 日起实施。原行业标准《城镇地道桥顶进施工及验收规程》CJJ 74-99 同时废止。

本标准在住房和城乡建设部门户网站（www.mohurd.gov.cn）公开，并由住房和城乡建设部标准定额研究所组织中国建筑出版传媒有限公司出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2020 年 4 月 16 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2014 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2013〕69 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订了本标准。

本标准的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 顶进施工方法；5. 顶进工艺设计；6. 顶进施工；7. 既有线路加固；8. 监测；9. 工程质量检验与验收。

本标准修订的主要技术内容是：1. 增加了适用范围；2. 补充了机械切削式顶进方法；3. 增加了土体加固方法；4. 完善了施工过程监测；5. 增加了对防水、伸缩缝的技术要求；6. 更新完善了工程质量检验与验收。

本标准由住房和城乡建设部负责管理，由石家庄市市政建设总公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送石家庄市市政建设总公司（地址：河北省石家庄市正东路 83 号，邮政编码：050011）。

本标准主编单位：石家庄市市政建设总公司
北大荒建设集团有限公司

本标准参编单位：石家庄市政设计研究院有限责任公司
北京市政路桥股份有限公司
天津市市政工程设计研究院
河北交通职业技术学院
石家庄铁道大学
上海耀祖建筑工程有限公司
北京市市政二建设工程有限公司

上海市政建设有限公司
中铁十一局集团有限公司
杭州萧宏建设集团有限公司
中太建设集团股份有限公司
济南城建集团有限公司

本标准主要起草人员：谢 超 高 健 郑传东 郭 瑞
杨建国 尹占龙 冯卫星 刘永前
魏立峰 闫 杰 米分平 徐 刚
张 汎 刘 晖 曹 景 谢 斌
牛永贤 秦雨春 张旭东 王更峰
周月军 董 翔 甄西东 毕建民
闫晓毅 米少瑄 刘航源 丛福祥
本标准主要审查人员：徐 波 马 磊 刘俊良 惠 斌
史文杰 于海祥 管小军 陈双全
田克平 王振宗

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	6
4	顶进施工方法	7
4.1	一般规定	7
4.2	一次顶进法	7
4.3	中继间法	8
4.4	顶拉法和半顶拉法	8
4.5	机械切削式顶进法	9
5	顶进工艺设计	10
5.1	现场调查	10
5.2	排水与降水	10
5.3	工作坑	11
5.4	滑板	11
5.5	润滑隔离层	12
5.6	顶力计算	13
5.7	后背	15
5.8	钢刃脚及中平台	16
5.9	顶进设备	17
5.10	机械切削式顶进法工艺设计	19
6	顶进施工	22
6.1	施工测量	22
6.2	施工排水与降水	22

6.3	工作坑开挖与支护	23
6.4	滑板施工	23
6.5	润滑隔离层施工	24
6.6	后背施工	24
6.7	桥体预制	25
6.8	顶进设备安装	27
6.9	顶进作业	27
6.10	防水	32
7	既有线路加固	33
7.1	铁路线路加固	33
7.2	土体加固	35
8	监测	37
9	工程质量检验与验收	39
9.1	一般规定	39
9.2	工作坑	40
9.3	滑板	41
9.4	箱形节段预制模板	42
9.5	节段预制混凝土	43
9.6	箱涵顶进	44
9.7	箱形节段顶进	45
9.8	防水	45
附录 A	板桩墙后背墙计算及稳定性验算	48
附录 B	顶进施工记录表	50
本标准用词说明		52
引用标准名录		53
附：条文说明		55

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	6
4	Jacking Construction	7
4.1	General Requirements	7
4.2	One off Jack-in Technic	7
4.3	Intermediate Jack Method	8
4.4	Pull and Pushing Technic and Semi-pull and Pushing Method	8
4.5	Jacking Method by Mechanical Cutting	9
5	Design of Jacking Technology	10
5.1	Field Reconnaissance	10
5.2	Dewatering and Drainage	10
5.3	Working Pit	11
5.4	Bed-way	11
5.5	Lubricating and Separating layer	12
5.6	Calculation of Jacking Force	13
5.7	Reaction Pedestal	15
5.8	Steel Cutting Edge and Medium Platform	16
5.9	Jacking Facilities	17
5.10	Design of Jacking Technology by Mechanical Cutting	19
6	Jacking Construction	22
6.1	Construction Survey	22

6.2	In-situ Drainage and Dewatering	22
6.3	Excavation and Support of Working Pit	23
6.4	Construction of Bed-way	23
6.5	Construction of Lubricating and Separating Layer	24
6.6	Construction of Reaction Pedestal	24
6.7	Prefabrication of Bridge	25
6.8	Installation of Jacking Facilities	27
6.9	Jacking Operation	27
6.10	Waterproof	32
7	Reinforcement of the Existing Line	33
7.1	Strengthen and Restoration of Existing Railway Line	33
7.2	Consolidation of Soil	35
8	Monitoring and Measurement	37
9	Quality Inspection and Acceptance	39
9.1	General Requirements	39
9.2	Working Pit	40
9.3	Bed-way	41
9.4	Formwork and Bracket of Prefabricated Box Culvert	42
9.5	Concrete of Segmental Prefabricated Box Culvert	43
9.6	Jacking Process of Prefabricated Box Culvert	44
9.7	Segmental Jacking Process of Prefabricated Box Culvert	45
9.8	Waterproof	45
Appendix A Calculation and Stability Checking		
Calculation for Back Wall or Sheet		
	Pile Wall	48
Appendix B Jacking Construction Record form		
Explanation of Wording in This Standard		
List of Quoted Standards		
Addition: Explanation of Provisions		

1 总 则

1.0.1 为加强和规范城镇地道桥顶进施工管理，做到安全可靠，技术先进，经济合理，确保施工质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于采用顶进法穿越铁路、公路、城镇道路等既有线路的城镇地道桥工程施工及验收。

1.0.3 城镇地道桥顶进施工及验收，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 地道桥 underpass bridge

道路从铁路、公路、城镇道路等既有线路下穿过的立体交叉构筑物。

2.1.2 顶进法 jacking method

利用顶进设备将预制的箱形构筑物逐渐顶入预定位置，以构成立体交叉通道的施工方法；包括一次顶进法、中继间法、顶拉法和半顶拉法、机械切削式顶进法等。

2.1.3 中继间法 intermediate jack method

在多节桥体节间设置顶进设备，利用后节桥体作后背进行顶进的施工方法。

2.1.4 顶拉法 pull and push method

三节或三节以上桥体顶进，将后节与前节以钢拉杆相连，使前后节桥体互为后背，交替顶进的施工方法。

2.1.5 半顶拉法 semi-pull and push method

顶拉法施工，由于前后节静摩阻力不足，顶进仍需设置后背时，称为半顶拉法。

2.1.6 机械切削式顶进法 jacking method by mechanical cutting

利用安装在节段前端，用于掘进、出土和导向的掘进机械在地层中掘进的同时，利用顶进设备将预制的箱形节段逐节顶入的施工方法。

2.1.7 工作坑 working pit

预制和顶进桥体的工作场地。

2.1.8 滑板 bed-way

工作坑底板，又是顶进中的滑道。

2.1.9 后背 reaction pedestal

承受桥体结构顶进反力的临时构筑物。

2.1.10 吊轨 hanging bridge of track

在铁路线路加固范围内，行车钢轨的两侧，使用 U 形卡子和扣板将钢轨叠束与枕木紧固联成一体，组成悬吊式轨束梁，使加固线路具有一定的整体刚度。

2.1.11 顶铁 jack blick

用型钢制成的传力设备，也称顶柱。

2.1.12 顶力 jacking force

桥体顶进时，为克服桥体与土之间的土抗力、摩阻力和既有线路及加固材料的摩阻力沿顶进方向所施加的力。

2.1.13 顶力系数 jacking force factor

桥体所受顶力与桥体自重之比。

2.1.14 扎头 downward heading

顶进时桥体前端下沉的现象。

2.2 符 号

2.2.1 作用及作用效应

E_p ——后背墙外侧被动土压力标准值；

F ——总顶力；

F_1 ——节段与土层的摩阻力；

F_2 ——顶管机的迎面阻力；

F_k ——地道桥两侧土压力合力标准值；

f ——节段外壁与土的平均摩阻力；

G ——滑板自重及其顶面上荷载标准值；

N_{k1} ——桥体启动顶力标准值；

N_{k2} ——纠偏顶力合力标准值；

- P ——注浆压强；
- P_p ——单位面积被动土压力；
- $P_{\max}$ ——最大顶力设计值；
- Q_{k1} ——地道桥顶上荷载标准值；
- Q_{k2} ——地道桥自重标准值；
- R_1 ——锚梁正面土基抗力标准值；
- R_2 ——刃角单位面积正面阻力。

2.2.2 几何参数

- A ——矩形节段宽度；
- A_R ——刃角正面积；
- A_r ——锚梁正面受力面积；
- a ——纠偏顶力合力距桥体轴线距离；
- B ——矩形节段高度；
- B_E ——后背墙土体宽度；
- h ——覆土深度；
- L ——节段顶进长度；
- Z ——两侧土压合力的中心距离；
- z_E ——后背墙外侧被动土压力合力作用点至后背墙底的竖向距离；
- z_p ——最大顶力作用点至后背墙底的竖向距离。

2.2.3 其他

- c ——土的黏聚力；
- K ——系数；
- K_j ——抗滑移稳定系数；
- K_n ——增大系数；
- K_p ——被动土压力系数；
- K_t ——抗倾覆稳定系数；
- γ ——土的重度；
- μ ——滑板底面与土基间的摩擦系数；

μ_1 ——地道桥顶面与其上荷载的摩擦系数；

μ_2 ——地道桥底板与基底土的摩擦系数；

μ_3 ——侧面摩擦系数；

ρ ——土体密度；

φ ——土的内摩擦角。

3 基本规定

- 3.0.1 城镇地道桥顶进施工，应进行顶进工艺设计和施工组织设计。
- 3.0.2 编制施工组织设计或施工技术方案，应包括顶力计算、后背设计、既有线路加固方案、监测方案、应急预案等内容。
- 3.0.3 当有地下水时，施工前地下水位宜降至基底 0.5m 以下。
- 3.0.4 雨期不宜顶进铁路地道桥。
- 3.0.5 在顶进作业前，应依据设计图纸及施工组织设计对施工范围内的既有线路进行加固。
- 3.0.6 当地道桥采用整体顶进时，其长度不应大于 30m；当顶进长度大于 30m 时，应在纵向分节。第一节长度宜为桥高的 1.5 倍~2.0 倍。穿越铁路的地道桥纵向分节的接缝不宜设在铁路线下。
- 3.0.7 当多孔地道桥的宽度超过 45m 时，宜横向分解为多个单体桥，应根据工期和顶进设备采用分开顶进或同步顶进的方式作业。
- 3.0.8 桥体顶力作用面宜垂直于道路中心线，并应设置钢垫板，当斜桥顶进时，在受力部位应设置桥体底板顶进三角块，并应预设纠偏措施。
- 3.0.9 桥体尾墙长度不宜小于桥高的 0.4 倍。
- 3.0.10 在地道桥顶进过程中，应对既有线路加固系统、桥体各部位、顶力体系和后背进行监测。
- 3.0.11 地道桥体结构可采用箱形框架结构、拱形结构或分解式结构。

4 顶进施工方法

4.1 一般规定

4.1.1 顶进施工方法应根据桥型、桥宽、桥长、地质条件、外部环境等因素确定。

4.1.2 当采用分解式结构分次顶进时，桥体间净距不宜小于0.2m。顶进时应计入一侧土压对桥体偏移受力的影响。

4.1.3 当采用分解式结构同步顶进时，应视同多孔桥整体顶进，并应随时调整顶进中的相关位置。

4.2 一次顶进法

4.2.1 当桥体纵向不分节、横向不分体、整体预制顶进时，应采用一次顶进法。

4.2.2 当采用一次顶进法（图 4.2.2）施工时，应在桥体尾部设置千斤顶，借助后背反力，将单孔或多孔桥体一次性顶入预定就位位置。

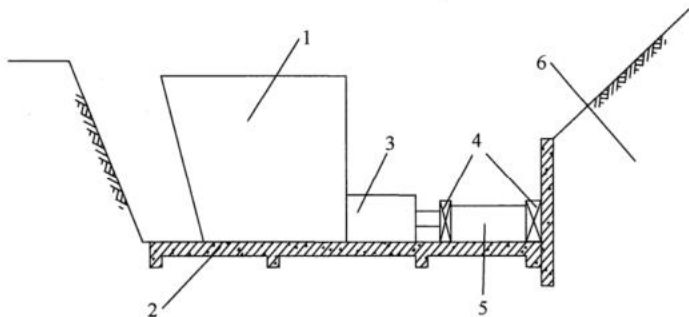


图 4.2.2 一次顶进法

1—桥体；2—滑板；3—千斤顶；4—横梁；5—顶柱；6—后背

4.3 中继间法

4.3.1 当采用中继间法（图 4.3.1）顶进多节桥体时，应在多节桥体分节处的中继间内和桥体尾部设置千斤顶，并按顺序将各节依次逐节顶进。顶进前节的顶力应依靠以后各节的静摩阻力和后背反力提供。当后背抗力的条件允许时，可采用组合顶进。

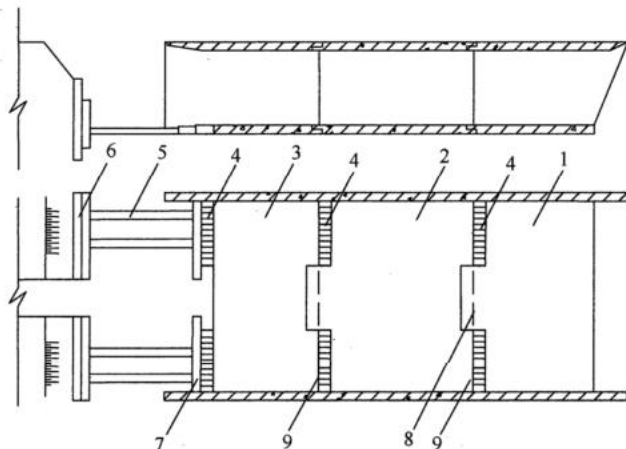


图 4.3.1 中继间法

1、2、3—桥体；4—千斤顶；5—顶柱；6—后背；7—钢横梁；
8—剪刀铰；9—中继间

4.3.2 当分节顶入的后背反力不足时，可在节间设置中继间辅助顶进。中继间的位置和尺寸，应根据采用的千斤顶的外形尺寸及其数量确定。

4.3.3 当桥体分节预制时，各节桥体可采用串联预制或并联预制。

4.4 顶拉法和半顶拉法

4.4.1 当采用顶拉法（图 4.4.1）施工时，桥体不应少于 3 节。润滑隔离层宜选用摩阻系数较大的材料，其节间传力设备应采用传力支墩、拉杆、拉梁等。千斤顶应设在中继间、桥体尾部及传

力墩处。

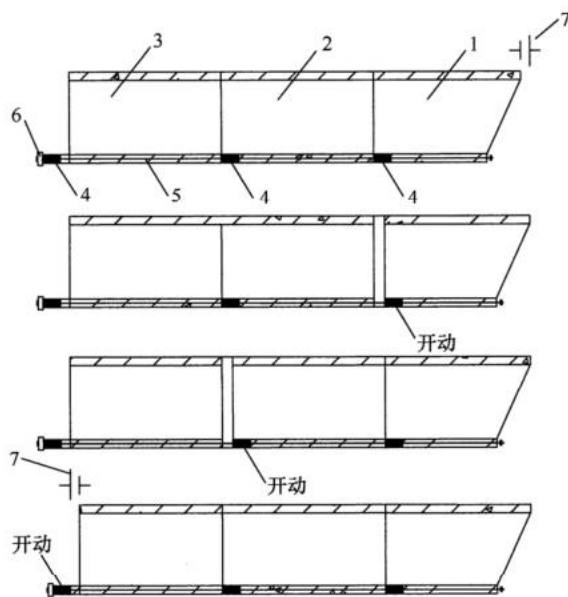


图 4.4.1 顶拉法

1—前节桥体；2—中节桥体；3—后节桥体；4—千斤顶；
5—拉杆；6—钢拉梁；7—进尺

4.4.2 当采用半顶拉法施工时，桥体不应少于两节，润滑隔离层宜选用摩阻系数较小的材料，并应利用各节静摩阻力，通过传力墩和拉杆等转变为顶进节反力，其不足部分应由后背提供。

4.4.3 设计顶力应根据桥体分节、各节的长度和各节静摩阻力，按最不利情况计算。

4.5 机械切削式顶进法

4.5.1 当采用掘进机械在地层中切削掘进时，应依靠液压千斤顶和反力墙，将机械切削工具头后面的预制箱形节段逐节顶进土内。

4.5.2 当采用机械切削式顶进法时，应采用触变泥浆减阻。

5 顶进工艺设计

5.1 现场调查

5.1.1 城镇地道桥顶进现场的调查应包括下列内容：

- 1 地形、地貌；
- 2 地基土种类及其物理力学性质、地下水位、含水层的渗透系数、流量；
- 3 周围地表排水情况；
- 4 当地气象资料；影响地道桥稳定和施工的工程地质与水文地质资料等。

5.1.2 应查明施工范围内的地上、地下设施，管线的种类、结构、位置、用途，产权单位的拆迁方案及施工防护或施工过渡措施等。

5.1.3 被穿越铁路及其交通情况的调查应包括下列内容：

- 1 铁路容许的限速条件，列车通过次数及间隔时间；
- 2 既有铁路股道数、道岔及每股道使用情况；
- 3 既有铁路股道间距及标高；
- 4 现有平交道口的交通状况及临时改移道路的可能性。

5.1.4 应查明附近公路或城镇道路的道路等级、宽度、结构厚度、交通流量等。

5.1.5 应查明现场施工的水源、电源、料源、施工场地等。

5.2 排水与降水

5.2.1 地道桥顶进施工范围内，应保持干槽施工。工作坑底四周应设排水沟和集水井，坑顶周围应有防水、排水措施。

5.2.2 降水设计应根据水文地质情况确定；降水除应满足顶进施工要求外，应采取预防沉降的措施。降水应符合现行行业标准

《建筑与市政工程地下水控制技术规范》JGJ 111 的规定。

5.3 工 作 坑

5.3.1 预制和顶进地道桥的工作坑，宜根据线路情况、现场地形、周围构筑物及施工需要，选择在施工场地宽敞、供料方便和顶进距离短的一侧。

5.3.2 当穿越铁路时，靠铁路一侧的工作坑边坡坡顶距最外侧铁路路基坡脚不得小于 1.5m，边坡的坡度应小于 1 : 1，其余边坡坡度应根据现场地质条件确定；当穿越公路或城镇道路时，坡顶至路边的距离应保证其运行安全。工作坑边坡应进行稳定性验算，当边坡不稳定、或坑边建筑物基底压力线进入工作坑内、或边坡不能按规定开挖时，应进行基坑支护设计，基坑支护设计应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的规定。

5.3.3 工作坑的尺寸应根据地道桥的长度、宽度、后背尺寸、顶进方式和操作空间确定；并应在桥体底板前留出模板支架位置或空顶长度，在底板和后背间宜留出 2m~3m 布置顶进设备。桥体两侧可视结构高度模板支设方法、混凝土浇筑方案、排水情况等预留出满足施工需要的工作宽度。

5.3.4 工作坑基底的地基承载力应满足受力的要求，当土质松软时，应对基底进行加固处理。

5.3.5 工作坑运土的坡道位置，宜避开后背路基土的顶进受力范围。当受条件限制、不能避开时，坡道边坡应进行支护。

5.4 滑 板

5.4.1 滑板应满足预制桥体所需的强度、刚度和顶进时的稳定性要求。钢筋混凝土滑板、混凝土滑板、砌筑片石滑板和灰土滑板等可根据地基承载力、桥体重量和顶进方法选用，滑板底部可根据土质情况设碎石和灰土垫层。

5.4.2 滑板中心线应与地道桥设计中心线一致。根据土质及线

路使用情况，滑板宜做成前高后低的仰坡。仰坡的坡度应根据设计确定。

5.4.3 滑板顶面应平整光滑。滑板底面与土基接触部分应有防滑锚固措施，亦可在滑板下设地锚梁，并应验算地道桥在顶进启动时的滑板抗滑移稳定性，启动时滑板抗滑移稳定性验算可按下列公式计算：

$$\frac{\mu G + nA_r R_1}{N_{kl}} \geq 1.3 \quad (5.4.3)$$

式中： N_{kl} ——桥体启动顶力标准值（kN），取桥体自重的（0.6～1.0）倍；

G ——滑板自重及其顶面上荷载标准值（kN）；

μ ——滑板底面与土基间的摩擦系数，根据基底土的性质和经验确定，当无试验资料时，可采值为：黏性土为 0.25～0.30；粉质黏土为 0.30～0.40；砂类土为 0.40；砾石类土为 0.50；

R_1 ——锚梁正面土基抗力标准值（kN/m²），采用土体的允许承载力特征值；

A_r ——锚梁正面受力面积（m²）；

n ——锚梁数量。

5.4.4 当控制地道桥顶进入土方向时，在滑道两侧应设置钢筋混凝土或钢制方向墩，其间距宜为 3m～4m，并应深入滑板以下 0.6m～0.8m，且在滑板以上外露 0.2m，与桥体间预留出导梁垫片位置。方向墩和滑板应浇筑成一体，并应满足强度和稳定性的要求。

5.4.5 当地道桥采用气垫启动时，应在桥体底板或滑板中预留输气管道，并应设置充气空气压缩机。

5.5 润滑隔离层

5.5.1 润滑隔离层应由润滑剂和隔离层组成。在桥体底板施工

过程中,应采取使润滑隔离层不被损坏的措施。

5.5.2 润滑隔离层可根据顶进方法选用。当采用顶入法施工时,润滑隔离层宜选用摩擦系数较小的材料;当采用顶拉法施工时,润滑隔离层宜选用摩擦系数较大的隔离材料。常用润滑剂摩擦系数可按表 5.5.2 采用。

表 5.5.2 常用润滑剂摩擦系数

介质名称	规格 (mm)	摩擦系数 μ
无介质	—	0.52~0.69
石蜡	厚度 2~4	0.17~0.34
滑石粉	厚度 3	0.30
机油滑石粉	厚度 1~2	0.20

注:无介质指混凝土与混凝土之间。

5.6 顶力计算

5.6.1 地道桥顶进启动的顶力应大于桥体自重产生于滑板上的粘结力、真空吸附力及静摩阻力。启动顶力系数宜取 0.6~1.0;对顶拉法顶力系数宜大于 1.0;在滑板上空顶顶力系数宜为 0.2~0.6。

5.6.2 地道桥全部入土后的最大顶力设计值应按下式计算:

$$P_{\max} = K_n [\mu_1 Q_{k1} + \mu_2 (Q_{k1} + Q_{k2}) + 2\mu_3 F_k + R_2 A_R] \quad (5.6.2)$$

式中: $P_{\max}$ ——最大顶力设计值 (kN);

K_n ——增大系数,宜采用 1.2;

μ_1 ——地道桥顶面与其上荷载的摩擦系数,根据顶上润滑处理情况经试验确定,当无试验资料时可按本标准表 5.5.2 采用;

μ_2 ——地道桥底板与基底土的摩擦系数, 根据基底土的性质经试验确定, 当无试验资料时可采用 0.6~0.8;

μ_3 ——侧面摩擦系数, 根据土的性质经试验确定, 当无试验资料时可采用 0.6~0.8;

Q_{k1} ——地道桥顶上荷载标准值 (kN) (铁路地道桥包括地道桥顶面轨道、线路加固材料等荷载; 公路及城镇道路地道桥包括地道桥顶面土柱自重、车辆荷载、线路加固材料等荷载);

Q_{k2} ——地道桥自重标准值 (kN) (包括箱体、框顶保护层、钢刃角及其他附属材料);

F_k ——地道桥两侧土压力合力标准值 (kN);

R_2 ——刃角单位面积正面阻力, 根据刃角构造、挖土方法、土的性质、经试验确定, 当无试验资料时, 砂质黏土可采用 $500\text{kN/m}^2 \sim 550\text{kN/m}^2$; 卵石土可采用 $1500\text{kN/m}^2 \sim 1700\text{kN/m}^2$;

A_R ——刃角正面积 (m^2)。

5.6.3 当斜桥顶入路基后产生扭转力矩, 发生水平偏转时应调整中轴线两侧顶力 (图 5.6.3), 可通过对桥体两侧不均匀布置千斤顶实现; 并应按入土深度分阶段计算防止偏转的顶力, 且应编制纠偏程序。最大纠偏顶力标准值可按下式计算:

$$N_{k2} = F_k Z / a \quad (5.6.3)$$

式中: N_{k2} ——纠偏顶力合力标准值 (kN);

F_k ——地道桥两侧土压力合力标准值 (kN);

Z ——两侧土压合力的中心距离 (m);

a ——纠偏顶力合力距桥体轴线距离 (m)。

5.6.4 当采用触变泥浆减阻, 顶力计算时应根据触变泥浆的类型确定摩阻系数。

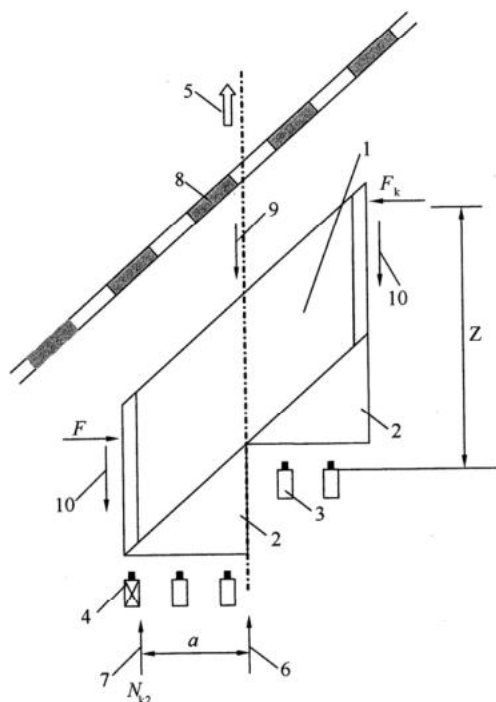


图 5.6.3 斜桥顶进顶力布置

1—桥体；2—顶进三角块；3—千斤顶；4—纠偏千斤顶；5—顶进方向；6—最大顶力；7—纠偏顶力；8—既有道路或铁路；9—正面阻力；10—侧面阻力

5.7 后 背

5.7.1 顶进地道桥的后背宜包括后背梁、后背墙和后背填土。

5.7.2 后背形式可根据设计顶力、现场条件、地质、地形及材料设备，选择板桩式（图 5.7.2a）、重力式（图 5.7.2b）或拼装式（图 5.7.2c）。

5.7.3 后背应满足强度、刚度和稳定性的要求，并按最大顶

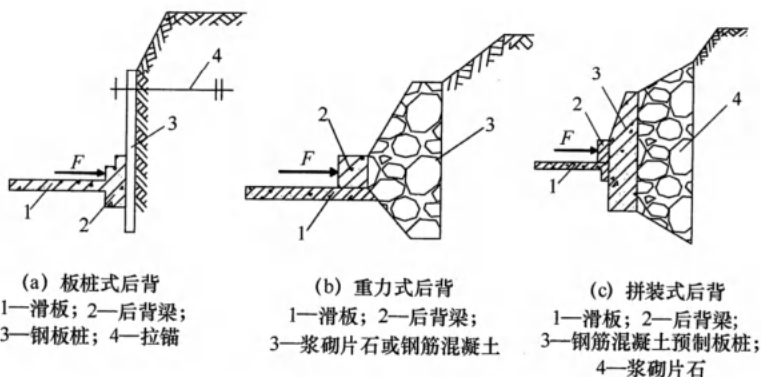


图 5.7.2 后背形式

力进行后背设计。

5.7.4 后背应分顶进前和顶进时两个阶段进行受力分析，顶进时后背墙的稳定性验算应符合本标准附录 A 的规定。

5.7.5 后背的设置应留有补强余地。当后背水平反力不足时，可将后背梁和滑板联成整体，后背水平反力应从地道桥最大顶力减去滑板抗拉力；亦可采用串联式后背，整体反力应满足最大顶力要求。

5.7.6 后背布置宽度应根据其单位宽度提供的土抗力和设计顶力确定（包括斜桥纠偏顶力），其位置应与千斤顶布置相对应。

5.8 钢刃脚及中平台

5.8.1 桥体前端周边应设置钢刃脚。当桥体高度大于 4.5m，且砂土路基高度超过 6m，挖方坡度大于 1:0.75 时，可设置中间钢刃脚和中平台。

5.8.2 钢刃脚宜划分为侧刃脚、底刃脚、中刃脚和顶刃脚。侧刃脚应设置在钢筋混凝土刃角墙前端，刃角墙端线与水平线的夹角应根据土质确定，宜取 60°。底刃脚应设置在底板前端，并可采用垫板调整坡度。中刃脚应设置在中平台前；当土质较好时，可不设中刃脚和底刃脚。顶刃脚应设置在前悬臂端部；当桥体顶

面覆土小于 1m 或无覆土时,可不设顶刃脚。

5.8.3 钢刃脚应按位置的不同分别进行设计,应按施工荷载进行结构计算,并应验算预埋螺栓的强度以及端部混凝土的局部承压压力。

5.8.4 钢刃脚可采用厚 10mm~20mm 的钢板焊成块体,挑出长度宜为 0.5m~0.8m,并应与桥体前端预埋螺栓进行拼装固定,顶进就位后拆除。

5.8.5 中平台应按施工垂直荷载和刃角正面阻力进行设计。顶进方向的宽度可采用 1.5m~2.0m,高度应按装土机械作业确定。中平台可采用型钢支架设置在桥体预埋螺栓上,并应满足强度和稳定性的要求;当桥孔较大时,中平台应设置中柱或支架。

5.9 顶进设备

5.9.1 顶进设备应包括液压系统及顶力传递部分。顶力传递设备应按传力要求进行结构设计,并按最大顶力和顶程确定所需规格及数量。

5.9.2 高压油泵宜采用柱塞泵。柱塞泵的工作压力可选择在额定压力的 60%~70%。高压油泵输出流量应符合顶进速度的要求,并可根据供油量计算,确定高压油泵台数。泵房宜设置在桥体中间,使桥体中线两侧负荷均衡。

5.9.3 千斤顶的工作顶力可按额定顶力的 70%进行计算,并按最大顶力和纠偏顶力综合确定配备数量。正向顶进的千斤顶应按桥体中轴线对称布置,当型号不同时,应对称组合;纠偏千斤顶应布置在斜桥锐角一侧三角顶块的边部,并可加大纠偏顶力的力臂。

5.9.4 液压系统应安全稳固、密封良好、便于操作。

5.9.5 当地道桥分节顶进时,油路宜采用电液和电磁换向联动控制系统。

5.9.6 顶入法传力设备中的顶柱和顶铁可采用型钢组焊,并应

根据其传递能力，按千斤顶和后背位置进行布置。顶柱和顶铁可每4m~8m长设置一道钢横梁，其间距离应便于操作。当顶程较长时，顶柱与横梁应用螺栓联结成受力框架，并可根据需要，在其顶上压重或填土，填土高度宜为1.0m~1.5m，并应碾压密实；在滑板中部可设置地锚梁，与顶铁或横梁连接。

5.9.7 顶拉法传力设备可采用明拉杆和暗拉杆两种，拉杆可采用钢筋、钢绞线或型钢等制成。暗拉杆应设置在桥体底板的预留孔道内，拉杆前端应采用螺母（锚具）紧固在前节底板端部的锚块上，尾端通过千斤顶和拉梁后用螺母（锚具）与拉梁紧固。明拉杆应设置在桥体底板顶面，穿过前后节传力支墩预留孔和拉梁后，两端用螺母（锚具）紧固。两种拉杆亦可结合使用；桥体顶进就位后应根据标高要求将传力支墩凿除。

5.9.8 当地道桥顶进时，在滑板分段处可设置地锚梁；当桥尾顶过时，在其预埋钢板上设置钢支墩和钢横梁，并应与顶柱楔紧。

5.9.9 根据桥体尺寸和工艺设计，应绘制顶进传力设备平面布置图（图5.9.9-1）和顶拉传力设备平面布置图（图5.9.9-2）。

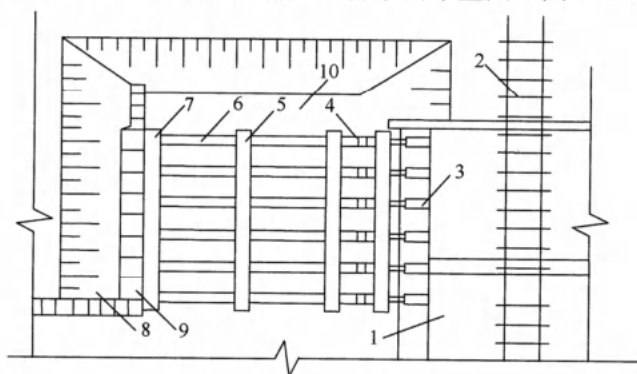


图 5.9.9-1 顶进传力设备平面布置

- 1—桥体；2—铁路；3—千斤顶；4—顶铁；5—横梁；6—顶柱；
7—后背梁；8—后背填土；9—后背墙；10—滑板

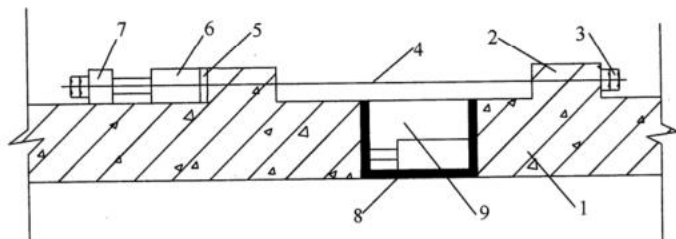


图 5.9.9-2 顶拉传力设备平面布置

1—底板；2—传力支墩；3—螺母；4—拉杆；5—钢垫板；6—千斤顶；
7—拉梁；8—护板；9—中继间

5.10 机械切削式顶进法工艺设计

5.10.1 工艺流程可按下列顺序进行：始发井及接收井施工、顶进前准备、顶进机械就位、预留洞口清理、止水装置安装、顶进出土、压注润滑浆液、纠偏、节段拼接、循环作业顶进至接收井设计位置。

5.10.2 淤泥质黏土、粉质黏土、改良的砂性土可采用机械切削式顶进，顶进机械宜选用土压平衡顶进机械。

5.10.3 顶进工艺应符合下列规定：

1 机械切削式顶进采宜用于上覆土厚度大于掘进机高度的地层。

2 顶进机械应设置姿态纠偏装置、纠转装置、防背土装置，当土层为砂性土时，宜设置土体改良装置。

3 机械切削式掘进机外形尺寸应与节段外形尺寸匹配，掘进机应满足切削动力要求，并应具有导向纠偏功能，应合理布置切削刀盘形式使切削面积与节段截面积相符。

4 应布置注浆系统。

5 当顶进距离较长时，宜加设中继间顶进。

6 节段在设计时，应设置吊装孔、翻身孔、注浆孔等。

5.10.4 顶进施工始发与接收应符合下列规定：

1 预留洞口应设止水装置。止水装置启用后，应立即采用惰性材料填充预留洞与机械壳体之间的间隙（图 5.10.4）。

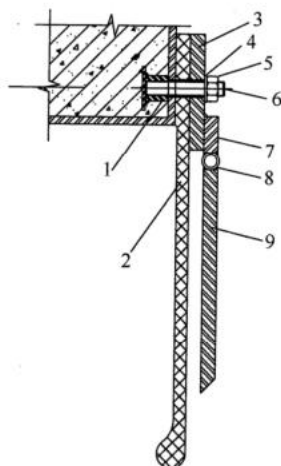


图 5.10.4 预留洞口止水装置

1—螺母；2—帘布橡胶板；3—压板；4—垫圈；5—螺母；
6—双头螺柱；7—固定板；8—销套；9—翻板

- 2 始发井预留洞处应设置延伸导轨，连接牢固。
- 3 应对预留洞外侧土体采取加固措施。
- 4 接收井应满足顶进机械的拆除和吊装。

5.10.5 机械切削式顶进法总顶力可按下列公式计算：

$$F = F_1 + F_2 \quad (5.10.5-1)$$

$$F_1 = 2(A+B) L f \quad (5.10.5-2)$$

$$F_2 = ABP_p / 3 \quad (5.10.5-3)$$

式中：F——总顶力（kN）；

F_1 ——节段与土层的摩阻力（kN）；

F_2 ——顶管机的迎面阻力（kN）；

A——矩形节段宽度（m）；

B——矩形节段高度（m）；

L——节段顶进长度（m）；

f ——节段外壁与土的平均摩阻力 (kN/m^2), 按表 5.10.5 取值;

P_p ——单位面积被动土压力 (kN/m^2)。

表 5.10.5 摩阻力 f 取值表 (kN/m^2)

土层	淤泥质黏土	粉质黏土	粉砂土	砂砾石
取值范围	4~6	7~9	10~11	12~13

注: 摩阻力 f 的取值应结合现场试顶进的参数选择。

6 顶进施工

6.1 施工测量

6.1.1 施工放线精度等级应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的有关规定，平面控制网应符合四等的要求，高程控制网应符合三等的要求。

6.1.2 对地道桥的中线桩和水准基点应进行检查核对。

6.1.3 桥体预制端线和墙身位置线的测量基准线应采用桥体中线，并应分别用控制桩固定在工作坑施工范围以外的可靠位置。

6.1.4 施放桥体顶进就位线控制桩，可在路基开挖线以外的可靠位置设定。

6.1.5 在工作坑开挖线以外的可靠位置宜设置临时水准点。工作坑开挖后，在坑底前后端宜设置临时水准点。

6.1.6 各道工序施工放线应进行复核。

6.2 施工排水与降水

6.2.1 施工降水应在工作坑开挖前进行，同时应排除工作坑周围积水，并应有防涝的措施。

6.2.2 当工作坑浅、土质为黏性土、四周渗水量小、且具备自流排水条件时，地下水和雨水排除可采用挖排水沟自流方式。当土质较好、地下水流量小、不能自流排水时，可在工作坑周围设置排水沟和集水井，并应采用水泵排水。

6.2.3 当含水层为砂、砂砾和卵石层，且渗水量较大时，可采用井点降水，并应在工作坑中线位置设水位观测井。

6.2.4 各类井点的技术要求应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004 的有关规定。

6.3 工作坑开挖与支护

6.3.1 工作坑应采用机械分层开挖，挖到边坡及底部土方时应预留 0.3m，并应采用人工跟随机械削坡、清底、整平，但不得超挖。当采用人工开挖时，宜采用阶梯分段法，台阶宽度不得小于 0.8m。

6.3.2 当滑板设有锚梁时，其基槽可与工作坑一次挖成。当选定钢板桩后背时，可先打桩、后挖工作坑。

6.3.3 当工作坑底土质需进行加固时，宜采用夯填砂砾石或石灰（水泥）稳定土进行坑底处理。

6.3.4 当工作坑坡顶堆置土方料具或有机械运行时，应留有安全距离。

6.3.5 基坑支护可采用放坡开挖及简易支护、挡墙式支护、桩式支护等方式，并应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的规定。

6.4 滑板施工

6.4.1 混凝土滑板宜沿顶进方向支设模板浇筑，并应在平整的粒料垫层上支设模板、绑扎钢筋、浇筑混凝土，且应采用振捣器振实、振动梁整平、压光、养护。当混凝土强度达到 2.5MPa 时，方可放线，应将施工缝凿毛并冲洗干净，支设模板，浇筑方向墩外露部分，其水平施工缝宜设置连接短钢筋。

6.4.2 滑板应采取防滑锚固措施。当一次浇筑顶面不易整平时，其顶部可采用厚度为 30mm 的 1:3 水泥砂浆抹面，并应沿顶进方向抹平、压光、养护。

6.4.3 灰土滑板可采用 12% 灰土分层压实，密实度应达到 95% 及以上。在浇筑锚梁和方向墩混凝土之后，应将灰土顶面划毛，并可采用厚度为 30mm 的 1:3 水泥砂浆抹面。

6.5 润滑隔离层施工

- 6.5.1 当滑板混凝土强度达到 2.5MPa 以上时，应将板面清扫干净，并应将桥体预制位置线标定后，方可进行润滑隔离层施工。
- 6.5.2 润滑剂应涂刷均匀。
- 6.5.3 润滑剂涂刷后可在其上平行顶进方向覆盖隔离层，隔离层应连成一体，两边应宽出桥体。
- 6.5.4 后续施工时，应对润滑隔离层采取保护措施。

6.6 后背施工

- 6.6.1 预制钢筋混凝土拼装式后背施工，应符合下列规定：
- 1 当混凝土强度达到设计要求时，方可吊运；当设计无要求时，应达到设计强度的 75% 以上时，方可吊运。
 - 2 在挖好的基槽内，拼装后背应垂直轴线方向挂线拼装，两侧支撑牢固后，宜采用砂砾石或石灰（水泥）土前后对称分层夯填至要求高度。后背填土密实度应达到 95% 及以上。
 - 3 内侧板缝可设置油毡挡土，距顶端 0.2m 处应采用拉杆锚固。
 - 4 顶进时，后背强度应达到设计强度的 100% 以上。
- 6.6.2 钢板桩后背可采用钢轨、工字钢、槽钢或钢板桩等。打桩后桩顶端应拉锚，然后开挖工作坑，亦可在工作坑形成后埋桩。浇筑后背梁混凝土时，应采用油毡与板桩隔离。后背梁受力面应垂直平整，并应与桥体轴线垂直。
- 6.6.3 重力式后背可采用浆砌片石结构，并应在工作坑形成后，放线、挖槽和采用挤浆法砌筑。墙背填土应分层夯填密实，顶进完毕后方可拆除。
- 6.6.4 当采用钢后背梁时，与后背墙接触面应保持平直，并可采用塑料薄膜隔开；应采用高强度等级早强细石混凝土将空隙填实，并应垂直于桥体轴线。

6.7 桥体预制

6.7.1 桥体预制可采取先底板,后墙身及顶板两阶段施工。当浇筑的混凝土量较大,两阶段施工有困难时,亦可分三阶段施工,但应缩短分段的间隔时间。

6.7.2 钢筋作业应符合下列规定:

1 钢筋检验和配料应符合设计要求,应按配料单下料、焊接、弯制成型,并应分类挂牌、堆放整齐。

2 应按滑板顶面放出的桥体底板及墙身位置线,在控制位置设置定位钢筋;在定位钢筋上应按设计尺寸依次标出下层钢筋位置,由端部按顺序绑扎。下层钢筋绑扎完成后,可安装上层定位架立钢筋,在其下部设置垫块,其纵横间距不宜大于1m,并采用同样方法绑扎上层钢筋。最后绑扎上下层拉结钢筋,位置应准确,绑扎应牢固,浇筑混凝土时不应变形。

3 墙体竖筋可采用定位支架由端部依次安装,随后绑扎水平及中间拉结钢筋。用斜撑或拉线将竖筋稳固后,方可绑扎上部水平钢筋。最后应绑扎加腋钢筋。墙体钢筋与模板之间应设置垫块,其间距宜为1m呈格网状。

4 接缝护板、导向及传力设施和各种预埋件等,应安装牢固。

6.7.3 模板支架设计应根据结构形式、荷载大小、地基承载力、施工设备、浇筑方法和材料等确定,并应符合下列规定:

1 模板宜采用钢模或木模,并应使接缝平整、严密,当浇筑混凝土时不应漏浆。

2 支模时,在箱体两侧前端2m范围的外模,可向外放宽10mm或使前端保持正误差,尾部应为负误差,形成楔形,不得出现前窄后宽现象。

3 底板前端下部宜设置坡度为5%的船头坡(图6.7.3),其长度宜为1.0m~1.2m;当在软弱地基中顶进时,船头坡坡度可为10%。

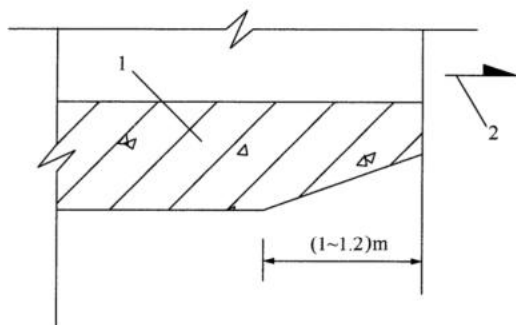


图 6.7.3 船头坡
1—底板；2—顶进方向

6.7.4 混凝土浇筑应符合下列规定：

1 当桥体预制分阶段施工时，施工缝的位置宜留在墙体下加腋的上部或上加腋的下部。各边墙施工缝不得在同一平面上，并宜增加连接短钢筋。

2 当桥体混凝土分阶段施工时，其底板或顶板混凝土应一次浇筑，顶面应整平。浇筑底板混凝土时，应控制振捣深度，不得振坏隔离层。

3 高温季节浇筑混凝土应在室外气温较低时进行，并应采取降温措施，或应采用低水化热水泥。

4 混凝土浇筑完毕，应覆盖、洒水养护。

6.7.5 顶进前，桥体顶面及外墙应涂润滑剂。

6.7.6 桥体拆模后应安装钢刃脚，侧刃脚应向外保持 5mm 正误差；并应安装中平台和运土便桥等。桥体混凝土强度达到设计要求后方可顶进施工。

6.7.7 机械切削式顶进法节段预制应符合下列规定：

1 节段预制的模板宜采用可拆式钢结构模板，宜由内外模和底模组成，模板应有足够的刚度、强度和精度，整体性应良好。

2 节段吊装时混凝土强度应满足设计要求，设计无要求时

其强度应达到设计值的 75%以上。

6.8 顶进设备安装

6.8.1 千斤顶用的钢垫板、钢托盘和油路等的安装应符合工艺设计要求。安装前，管路应清洗干净，安装后应采取防护措施。

6.8.2 液压系统的千斤顶、高压油泵、电液控制阀、电控箱、各种仪表等各部件，经检修后应进行单体试验，合格后方可安装。全部安装完毕应接通线路进行试运转，并应检查油路、控制阀门、千斤顶、油泵、电路及操纵箱等。

6.8.3 传力用的顶柱、顶铁、垫块、横梁、拉杆等应按规格及数量备齐，安装前应进行检修。同一节桥体用的拉杆安装应松紧一致；顶柱位置应与顶力线一致，并应与横梁和后背垂直；接缝处采用钢板楔紧，各行顶铁的松紧度应保持一致。

6.8.4 方向墩和桥体间宜设置导梁或垫板，并应楔紧，前后各墩与导梁垫板间的松紧度应保持一致。

6.8.5 安装桥体顶进测量用的观测尺、水准仪和经纬仪等，定位后应对准零点。

6.9 顶进作业

6.9.1 桥体顶进前的准备工作应符合下列规定：

1 对桥体结构和后背应进行全面检查验收，桥体和顶面保护层混凝土强度应达到设计要求。

2 顶进设备和现场照明安装完毕，顶进液压系统应试运转。

3 观测仪器及观测标点、标尺安装完毕，经校正后应对准基准点，并应测出初读数。

4 顶进范围内的管线和障碍物应迁移防护完毕。线路加固应经有关单位检查验收。

5 挖土顶进和既有线路加固应签订施工配合协议，明确各自的工作范围和职责，确定双方联络人员；并应规定挖土方法、每次挖掘进尺、作业联系信号；备用的抢险物资等应落实；当穿

越铁路顶进施工时，应接通与就近车站联系专用电话，安排值班人员。

6 申报的铁路慢行应办理批准手续，并应确定线路加固、桥体顶进和线路恢复作业时间，防护人员及防护设施等措施应落实到位。

7 顶进作业需用的机械设备和物资进入现场后，应进行顶进前的技术交底工作。

6.9.2 顶进作业可分为桥体启动、空顶、挖土顶进、顶进就位、拆除顶进及加固设备、恢复线路等几个阶段。顶进作业一旦开始应连续施工，各工序间应密切协调配合，并应采取施工及既有线路运营安全的措施。

6.9.3 顶进挖运土方应符合下列规定：

1 挖土应按侧刃脚坡度及规定的进尺应由上往下开挖，侧刃脚进土应在 0.1m 以上。开挖面的坡度不得大于 1 : 0.75，并不得逆坡挖土，不得超前挖土，应设专人监护。不得扰动基底土体。挖土的进尺可根据土质确定，宜为 0.5m；当土质较差时，可按千斤顶的有效行程掘进，并随挖随顶防止路基塌方。

2 装运土方可根据作业面配备施工机械，应将土运至工作坑以外妥善位置。装土机械作业时，不得扰动路基下坡脚土层。顶进时底板前端不得存土或停放机械。

3 当设有中刃脚时，上下两层不得挖通；平台上不应存土，并宜设置扶手和上下扶梯。

4 当穿越铁路顶进施工时，挖土应在列车运行的间隙时间内进行，列车通过时，挖土人员和施工机械应避至安全地带。当挖上方土时，工具不得接触钢轨。

5 当发生路基塌方影响行车安全时，应立即与有关单位联系迅速组织抢修加固。必要时，应提前对列车发出停车信号。

6.9.4 地道桥顶进应符合下列规定：

1 桥体启动时，各部位及观测点应设有专人观察。开泵后，应分级加压，当油压每升高 5MPa~10MPa 时，应停泵检查一

次，发现异常应及时处理。

2 当桥体在滑板上空顶时，应根据偏差及时调整轴线两侧顶力，使桥体沿设计轴线方向入土。

3 桥体顶进和挖运土方应循环交替进行，并按联系信号在列车运行的间隙时间内完成。列车通过时应停止顶进。

4 在每次顶进前应检查液压系统，传力设备、刃脚、后背与滑板等变化情况，发现问题应及时处理。

5 每次顶进后接换顶铁和顶柱时，应按轴线方向调直，并应与横梁及后背垂直，其接触面应用钢板楔紧。顶柱上方应及时压土，保持传力设备的稳定。

6 顶进中，观测人员应对每一顶程的进尺、轴线和高程偏差、千斤顶开启数量、油泵压力、即时顶力等进行记录，并将顶进偏差用报表及时通知现场指挥人员采取措施矫正。顶进过程中停顶时间不宜超过 24h。顶进施工记录表应采用本标准附录 B 表 B-1 的格式。

7 地道桥顶进前，应将线路加固梁下的木楔松动，或应采取钢柱滚动等措施减小阻力，并在列车通过前楔紧；应及时将路基开挖断面前已进入破坏棱体内的横梁支承垫木前移。

8 在顶进过程中，每顶一次或列车通过一次都应及时检查和校正铁路线路的水平位置、轨距、轨顶标高和行车动态下的挠度变化，并应在下一次列车到达前调整好。应有专人观测吊轨与枕木、吊轨与横梁、横梁与纵梁的连接螺栓和支承垫的稳固程度，发现松动应立即紧固。所有加固部件和料具不得侵占行车界限。

9 当桥体分节顶进时，应经常检查布镐槽、顶拉传力设备、钢护板、钢搭樑、剪力铰和导向设施等的工作状况，发现问题应及时处理。在桥体入土前应利用方向墩严格控制多节桥体轴线一致；入土后应及时调整桥体四周接缝的宽度，使其保持一致；运土车道处的接缝应采用钢板遮盖。当桥洞长度超过 60m、采用机械挖运土时，宜安装通风设备。

6.9.5 顶进时，作业人员应站在安全地带，顶进设备严禁在受力情况下进行维修和调整，严禁在顶铁上站人。

6.9.6 地道桥顶进纠偏应符合下列规定：

1 顶进轴线偏差的调整应符合下列规定：

- 1) 正桥顶进产生偏差时，可调整轴线两侧顶力或两侧刃脚切土量进行矫正；
- 2) 斜桥顶进可采用调整轴线两侧顶力纠偏，按纠偏操作程序和千斤顶的即时工作顶力，结合实测偏差进行矫正；当超过允许偏差时，应在顶进中跟踪监测，并试调两侧顶力逐渐矫正归位；
- 3) 当桥体斜度较小时，可采用动态自动纠偏，按监测的偏差自动调整轴线两侧油压矫正。

2 顶进高程偏高的调整应符合下列规定：

- 1) 偏高时应向下调整底刃脚的角度或将前端超挖略低于底板，应逐渐调整归位；
- 2) 当因挖土宽度不够，或侧刃脚切落土方多而造成底部切土量过大而抬高桥体时，应按断面挖土到位，减小侧刃脚切土量，及时清除塌落土方。

3 顶进高程偏低的调整应符合下列规定：

- 1) 在土质中顶进地道桥产生扎头现象时，宜增加底刃脚向上翘的角度；增大侧刃脚的上部切土量；加大墙体附近船头坡的吃土量；在挖土坡面上支顶；
- 2) 在软弱土质中顶进地道桥产生扎头现象时，除可采用取上述各项措施外，还可设置中刃脚切土；应将施工机械停在桥体后端临时配重；在底板前换铺片石、砂砾石或浇筑升坡的速凝混凝土；亦可在底板前打桩。

6.9.7 地道桥顶进中的结构变形控制应符合下列规定：

1 对宽度大于 45m、顶程大于 40m 的桥体，宜做顶进受力变形模拟试验。

2 应按设计对墙体、底板和顶板等提出的变形要求,观测桥体变形和开裂情况,并作出记录。当变形速率较大时,应停止顶进,并应与设计单位制订措施后方可继续顶进。桥体就位后的最终变形,不应超过设计允许值。

3 每个顶程结束后,应进行监测,当变形值超过允许偏差的10%时,宜采取纠偏措施。

4 宽大箱形桥底板在坚硬的地基中顶进时不宜设置船头坡。顶进时,可在底板跨中临时配重。当地基土体较弱时,可在跨度 $1/4$ 处到墙边的底板前端设置船头坡。

5 挖土应控制高程,底部应清理平整;当发现底板隆起变形时,应采取减小隆起变形的措施。

6.9.8 地道桥顶进就位后,应进行测量复核,确认地道桥位置符合设计要求后终止顶进。就位后应及时进行刃脚补墙、四角翼墙和桥上栏杆等施工。

6.9.9 机械切削式顶进法顶进节段应符合下列规定:

1 初始顶进速度宜控制在 $10\text{mm}/\text{min}\sim 20\text{mm}/\text{min}$;当正常顶进时,顶进速度宜控制在 $20\text{mm}/\text{min}\sim 30\text{mm}/\text{min}$,出土量宜控制在理论出土量的98%~100%。

2 土压力值的确定应根据选用的顶进机械形式确定,土压平衡式顶进机械的土压力值宜设定在静止土压力值与被动土压力值之间。

3 节段顶进偏差测量每顶进500mm不宜少于1次。

4 每顶进一个节段应进行记录,顶进里程、顶进顶力、轴线偏差、高程、注浆压力和注浆量应符合设计要求。顶进记录表应采用本标准附录B表B-2格式。

6.9.10 机械式切削顶进应采用触变泥浆来减阻完成顶进施工,触变泥浆应符合下列规定:

1 触变泥浆的配比应根据不同地质条件试验确定,其稳定性应符合表6.9.10的规定。

2 注浆孔布置应符合设计要求;注浆总管宜敷设2根,直

径可根据节段截面面积确定。

表 6.9.10 润滑浆液性能指标

黏度	滤失量	相对密度	含砂率	稳定性	静切力
>30s	<25mL/30min	1.1~1.6	≤3%	静置 24h 无离析水	(70~90)Pa

3 应依据土质变化、地面沉降、顶进要求等情况，做好补浆作业；同步注浆量宜为机尾空隙的（3~6）倍，沿线补浆量宜为机尾空隙的（3~5）倍。

4 注浆时应先压后顶，随顶随注，注浆压强控制可根据下式计算：

$$P = K\rho gh \quad (6.9.10)$$

式中：P——注浆压强（Pa）；

K——系数，取值为 0.8~1.2；

ρ ——土体密度（kg/m³）；

h——覆土深度（m）；

g——重力加速度。

6.9.11 节段顶进就位后，应采用水泥浆对触变泥浆进行置换。

6.10 防 水

6.10.1 地道桥防水应分为主体结构防水和细部构造防水，并应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 要求。

6.10.2 桥体达到设计强度后，应拆除承重支架，桥体顶面应平整、干燥、洁净，方可施做防水层。防水层完工后，应随即浇筑混凝土保护层，其顶面应按设计坡度整平压光。

6.10.3 地道桥的分节缝应加强防水措施。可选用遇水膨胀止水条、防水密封材料、中埋式止水带、外贴式止水带、可卸式止水带等防水措施。

6.10.4 地道桥节段接口宜采用 F 型接口，橡胶止水圈粘贴应牢固，方向应正确。

7 既有线路加固

7.1 铁路线路加固

7.1.1 在地道桥顶进施工穿越铁路线路时,必须对铁路线路进行加固。加固形式应根据铁路线路、桥体尺寸、材料设备、施工季节等因素确定。

7.1.2 根据铁路运输和施工条件,宜采用吊轨横梁和吊轨纵横梁加固方式。横梁宜采用工字钢,纵梁宜采用工字钢束梁,其轨底至桥体顶面净高宜为 0.65m~0.85m。拆装式桁梁或特殊设计的便梁也可作为纵梁或横梁,其轨底至桥顶面净高可根据加固便梁高度确定。

7.1.3 当地道桥跨度小于 3m、覆土厚度大于 4.5m、且桥位处路基密实时,可采用单一的吊轨加固方式,并应在限速条件下进行施工。

7.1.4 吊轨应使用由钢轨组合成的轨束梁进行线路加固。应采用 U 形螺栓和扣板将吊轨与枕木连成一体,轨束梁应每隔 1.5m 进行固定。吊轨组数、纵横梁设置、U 形螺栓和扣板数量等应满足强度、刚度和稳定性要求。吊轨长度应伸出桥体每侧 5m 以上。

7.1.5 在道岔区加固时,应采取使尖轨不跳动的措施;并应采取防止整个道岔下沉和防止电器设备发生故障的措施。岔区的线路加固方法应符合道岔的整体刚度和稳定性的要求。

7.1.6 横梁工字钢可选用 I 50~I 56,其间距不得大于 1.5m,并应与枕木间距相匹配,桥体边墙外侧应加铺 3~5 根。工字钢的连接可采用搭接或焊接,接缝强度应进行强度计算,并应满足受力要求。横梁工字钢与吊轨应采用 U 形螺栓和扣板连成一体;行车轨与工字钢之间应加设绝缘胶垫。桥顶上横梁支点宜采取减

阻措施。

7.1.7 吊轨加纵横梁（图 7.1.7），应在吊轨横梁的基础上，在横梁两端的上面各加一组与铁路方向一致的工字钢纵梁（I 50～I 56），并应采用 U 形螺栓和扣板与横梁连成一体。

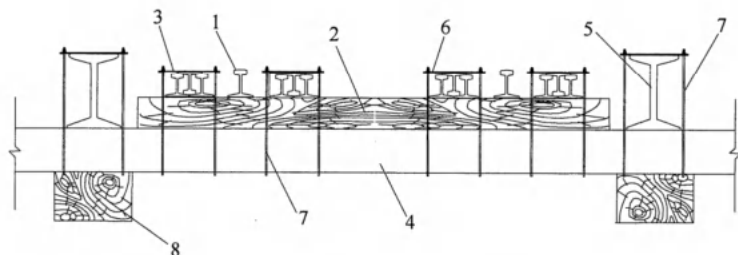


图 7.1.7 吊轨加纵横梁

1—路轨；2—木枕；3—吊轨；4—工字钢横梁；5—工字钢纵梁；6—扣板；
7—U 形螺栓；8—枕木梁

7.1.8 当加固材料符合要求，且铁路限速不超过 45km/h 时，可采用支墩加便梁临时承载，但桥体设计应与加固方式相适应。

7.1.9 当地道桥顶进时，应采取防止铁路线路横向位移的措施，并应符合下列规定：

1 在顶进方向的背后埋设地锚、锚桩，用卷扬机、绞磨或倒链等机具通过 U 形卡、钢丝绳等牵拉固定和调整吊轨及横梁位置。

2 在顶进方向的前方，桥体就位线在 3m 以外，垂直埋设桩柱（钢轨或枕木）通过平卧枕木、方木排架支顶横梁。

3 当覆土大于 1m 时，可采用桥顶拖带钢板顶进。当钢板进入预定位置后应与桥体脱离并留在覆土下，或在桥体顶面顶入小直径钢管排束以支撑和稳定覆土。

7.1.10 无缝线路加固，应先对线路进行锁定或改造，并应设置锚固支挡设施。

7.1.11 当线路加固时，应先将加固地段的钢筋混凝土轨枕换成木枕，并应在轨底增设垫木或胶垫板。

7.1.12 当安装横梁时,相邻横梁的接头应错开 1.5m 及以上。扣板螺栓不得高出行车轨面。两轨间的吊梁、螺栓和扣板等不得侵占护轮轨轮缘槽位置。

7.1.13 地道桥顶进就位后,应及时恢复线路,并应符合下列规定:

1 拆除加固设备,立即恢复线路,桥体与路基之间的空隙应及时回填密实。

2 铁路桥顶上枕木间的空隙,宜采用道砟全部填实后拆除线路加固设备,并应恢复原有轨枕。

3 撤出横梁时,每撤一根工字钢,应随即穿入轨枕,填满捣实道砟。横梁拆完后,应整修线路,补充捣实道砟,最后拆除吊轨,并应加设护轨。在整修线路达到标准并经验收后,方可恢复正常运行。

7.2 土体加固

7.2.1 当顶进地道桥穿越铁路时,应对土体进行加固。

7.2.2 当顶进地道桥穿越公路、城镇道路时,应对路基土体进行加固。根据道路宽度、桥体尺寸、顶板与路面间距离、路基土体性质、材料设备、施工季节等因素确定加固措施。路面车辆应限速行驶,速度不应大于 40km/h。

7.2.3 根据道路运输要求和施工条件,路基土体加固宜采用大管棚注浆加固技术。管棚采用钢管的直径、壁厚、长度和间距,可按工程类比法并辅以理论计算来确定。

7.2.4 当顶进地道桥穿越高速公路时,管棚宜从道路两侧施作,在中央分隔带内搭接。管棚就位后,在钢管内注浆或灌注豆石混凝土,应在中央分隔带和路两侧将管棚钢管与工字钢焊接连成整体,并在中央分隔带内灌筑混凝土,路两侧工字钢端头设稳固支撑。当顶进地道桥穿越一般公路、城镇道路时,管棚可从道路单侧施作直接穿越整个路基,就位后连成整体。

7.2.5 地道桥顶进时,应防止路基路面出现土体松动变形、路

面隆起、下沉、开裂等现象，可采取下列措施：

1 宜从道路两侧相向顶进，将地道桥主体结构分为 2 节，在道路两侧分别预制，先顶进一节就位后，再顶进另一节。

2 应稳定管棚钢管，管棚前端应采用钢轨桩顶住，后端应采用小滑车架在桥上。

3 应控制顶进循环进尺，挖掘长度宜采用 0.5m~1.0m。

4 应采用吹砂或从前面塞砂包等方式，及时填充桥顶空隙。

5 在施工影响范围的路面上可铺设钢板，钢板上应做防滑处理。

7.2.6 每侧地道桥顶进就位后，应进行注浆；两侧地道桥对接后，应采用现浇混凝土补齐刃脚部分。

7.2.7 雨期施工应采取防排水措施；当地下水位较高时，应按本标准第 5.2 节要求采取降水措施。

8 监 测

- 8.0.1** 施工前应编制监测专项方案，确定监测内容和报警值，内容应包括桥体高程监测、桥体轴线方向监测、桥体结构变形监测、桥体应力监测、后背变形监测、顶力系统监测、基坑监测、支护结构监测、既有线路及构筑物监测等。
- 8.0.2** 应在桥体的后方设置监测点，在桥体边墙内侧前后两端的上方四个角上应设立标尺进行高程监测；在桥体一侧的前后端应各设一个标尺进行轴线方向监测。
- 8.0.3** 桥体结构变形监测点除应按设计要求布置外，尚应监测桥体底板 1/4 跨、跨中的竖向变形和墙体的变形。
- 8.0.4** 桥体最不利受力部位应设置应力监测点，可通过安装在结构内部或表面的钢筋应力计、混凝土应变计等进行监测，所有监测传感器埋设前应进行标定。在顶进过程中应跟踪监测应力变化进程，实测报警值不宜超过设计最大值的 80%。
- 8.0.5** 在顶进过程中应监测后背变形和受力影响区内土体的裂缝，通过在后背梁两端设立标尺，进行后背变形监测。
- 8.0.6** 在顶进过程中应监测顶铁轴线方向的变形和横向稳定情况，对联系横梁应监测着力点附近的变形。
- 8.0.7** 基坑开挖、使用过程中的监测可根据支护结构的具体形式、基坑周边环境的重要性及地质条件的复杂性确定监测点部位及数量，应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 的规定。
- 8.0.8** 当穿越高速公路、城市重要道路时，监测控制应符合现行行业标准《公路沥青路面养护技术规范》JTG 5142 和《公路水泥混凝土路面养护技术规范》JTJ 073.1 的有关规定。
- 8.0.9** 既有铁路线路结构及轨道几何形位的监测项目控制值应

符合现行行业标准《铁路轨道工程施工质量验收标准》TB 10413 的有关规定，并应满足线路维修的要求。

8.0.10 对支护桩（墙）、立柱、支撑、锚杆等支护结构的监测应符合现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的相关要求。

8.0.11 周围构筑物的监测应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

8.0.12 在顶进过程中应对所有监测内容进行连续监测、记录和分析，发现变形和位移超出报警值时应立即采取措施进行调整。

9 工程质量检验与验收

9.1 一般规定

9.1.1 城镇地道桥工程质量检验与验收应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 中的相关规定。

9.1.2 城镇地道桥工程应划分为单位、分部、分项工程和检验批，作为施工质量检验、验收的基础。

9.1.3 单位工程的划分应符合下列规定：

- 1 城镇地道桥连同其引道应为一个单位工程；
- 2 当施工合同文件仅包含城镇地道桥时，可将其划为一个单位工程。

9.1.4 城镇地道桥分部工程、分项工程、检验批划分应符合表 9.1.4 的规定，未含的分项工程和检验批，可另行增加。

表 9.1.4 城镇地道桥分部工程、分项工程、检验批划分

序号	分部工程	子分部工程	分项工程	检验批
1	土方		工作坑	每座坑
2	地道桥	箱形桥	滑板	每座坑
			箱涵预制（模板与支架、钢筋、混凝土）	每制作段
			防水	每制作段
			箱涵顶进	顶进段
		箱形节段	箱形节段预制（模板与支架、钢筋、混凝土）	每制作节段
			箱形节段顶进	顶进段

9.1.5 在浇筑混凝土之前应对钢筋进行隐蔽工程验收，并应包括下列内容：

- 1 纵向受力钢筋的品种、规格、数量、位置等；

2 钢筋的连接方式、接头位置、接头数量、接头面积百分率等；

3 箍筋、横向钢筋的品种、规格、数量、间距等；

4 预埋件的规格、数量、位置等。

9.1.6 防水工程的施工，应建立各道工序的自检、交接检和专职人员检查的制度，并有完整的检查记录。工程隐蔽前，应进行验收，并形成隐蔽工程验收记录。

9.1.7 箱形桥的钢筋、模板与支架和混凝土的检验与验收应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 中的相关规定。

9.2 工 作 坑

I 主 控 项 目

9.2.1 基底不得被水浸泡或结冻；天然地基不得扰动、超挖。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察；检查施工记录。

9.2.2 地基承载力应符合设计要求。

检查数量：同类型、同处理工艺的地基，不少于 3 点； 1000m^2 以上的地基，每 100m^2 至少有 1 点； 3000m^2 以上的地基，每 300m^2 至少有 1 点。

检验方法：检查验槽（基）记录；检查地基处理或承载力检验报告。

9.2.3 边坡稳定、围护结构应安全可靠，应无变形、沉降、位移，无线流现象；基底应无隆起、沉陷、涌水（砂）等现象。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察；检查监测记录、施工记录。

II 一 般 项 目

9.2.4 工作坑开挖允许偏差应符合表 9.2.4 的规定。

表 9.2.4 工作坑开挖允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
		范围	点数	
坑底高程	+5 -30	每座	5	用水准仪测量四角和中心
轴线偏位	50		2	用经纬仪测量横纵量测各 1 点
基坑尺寸	不小于设计要求		4	用钢尺量每边各 1 点
边坡坡度	不大于设计要求	每边	2	用钢尺或坡度尺量测
表面平整度	20	每 25m ²	1	用 2m 靠尺和楔形塞尺检查

9.3 滑 板

I 主 控 项 目

9.3.1 滑板混凝土强度应符合设计要求，混凝土质量检验应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的规定。

9.3.2 滑板顶面坡度、锚梁、方向墩应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察；检查施工记录。

II 一 般 项 目

9.3.3 滑板允许偏差应符合表 9.3.3 的规定。

表 9.3.3 滑板允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
		范围	点数	
滑板尺寸	不小于设计要求	每座	4	用钢尺量测每边各 1 点
厚度	不小于设计要求		8	用钢尺量测每边各 2 点
中线偏位	30		2	用经纬仪测量横纵量测各 1 点
高程	+5 0		5	用水准仪测量四角和中心
平整度	3	每 25m ²	4	用 3m 靠尺和楔形塞尺量

9.3.4 滑板顶面润滑隔离层应摊铺均匀、平顺，厚度应符合设计要求或施工组织设计要求。

检查数量：全数检查；润滑隔离层厚度按铺筑面积每 100m² 抽查 1 处。

检验方法：观察；针测法。

9.4 箱形节段预制模板

I 主控项目

9.4.1 箱形节段预制的钢模板应有足够的刚度、强度和稳定性，安装时，应接缝严密不得漏浆，内模应有足够的支撑体系，模板与混凝土接触面必须清理干净并涂刷隔离剂。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

II 一般项目

9.4.2 钢模板安装的允许偏差应符合表 9.4.2 规定。

表 9.4.2 钢模板安装允许偏差

检测项目	允许误差 (mm)	检测频率	检测方法
长度	±2	每条边不少于 2 点	尺量
宽度	±2	每条边不少于 2 点	尺量
高度	±2	每条边不少于 2 点	尺量
壁厚	±2	每条边不少于 2 点	尺量
外对角线	±2	每条对角线不少于 1 点	尺量
内对角线	±2	每条对角线不少于 1 点	尺量
接缝错口	±2	每条接口不少于 2 点	水平尺测量

9.5 节段预制混凝土

I 主控项目

9.5.1 箱形节段混凝土强度和抗渗、抗冻指标应符合设计要求，混凝土质量检验与验收除应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的规定外，强度试件取样频率每预制节段不应少于 1 组；抗渗试件取样频率符合每节不应少于 1 组；抗冻试件应符合设计要求。

II 一般项目

9.5.2 箱形节段混凝土外观质量应符合设计要求，允许偏差应符合表 9.5.2 的规定。检验与验收应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的规定。

表 9.5.2 箱形节段预制允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检测频率		检验方法
			范围	点数	
管节长度		±10	每节段	不少于 2 点	用钢尺量测上下边各 1 点
断面尺寸	宽	±3	每节段	不少于 2 点	用钢尺量测上下边各 1 点
	高	±2	每节段	不少于 2 点	用钢尺量测左右边各 1 点
	壁厚	±2	每节段	不少于 2 点	用钢尺量测左右边各 1 点
管节表面平整度		±2	每节段	不少于 10 点	用 2m 靠尺和楔形塞尺量

9.5.3 箱形节段的钢套环接口应无疵点，焊缝应平整。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

9.5.4 箱形节段的钢套环防腐处理应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

9.6 箱涵顶进

I 主控项目

9.6.1 顶进设施、线路加固和土体加固应符合施工工艺要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察；对照施工组织设计、专项施工方案，检查施工记录。

9.6.2 混凝土必须达到设计强度后方可顶进。

检验数量：每一顶进段进行一组同条件养护试件强度试验。

检验方法：检查混凝土试验报告。

II 一般项目

9.6.3 箱涵顶进允许偏差应符合表 9.6.3 的规定。

表 9.6.3 桥体顶进就位允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
			范围	点数	
中 线	一端顶进	200	每座或每节	2	用经纬仪测量，两端各 1 点
	两端顶进	100	每座或每节	2	用经纬仪测量，两端各 1 点
高程		1%L 顶程并 偏高≤150 偏低≤200	每座或每节	4	用水准仪测量，两端各 2 点
相邻两节高差		50	每孔	1	用尺量每个接头计 1 点

注：表中 L 为箱涵沿顶进轴线的长度 (mm)。

9.6.4 分节顶进的箱涵就位后，接缝处应直顺、无明显错台，接缝处不应有渗漏。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

9.7 箱形节段顶进

I 主控项目

9.7.1 节段顶进施工的初始顶进和进出洞措施应符合施工工艺要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察；对照施工组织设计、专项施工方案，检查施工记录。

II 一般项目

9.7.2 箱形节段顶进允许偏差应符合表 9.7.2 的规定。

表 9.7.2 箱形节段顶进允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	检验频率	检验方法
轴线偏位	50	每一节不少于 2 点	经纬仪测量，两端各 1 点
高程	±50	每一节不少于 1 点	水准仪测量，底部轴线 1 点
节段底部两侧高差	±50	每一节不少于 1 点	水准仪测量，左右高差
相邻两节高差	10	每一接口不少于 3 点	丈量，左中右各 1 点

9.7.3 箱形节段顶进完成后，应进行贯通检测，节段接缝应平顺、无明显错台，接缝处不应渗漏，节段与工作坑接收坑连接应牢固，应无渗漏水。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

9.8 防 水

I 主控项目

9.8.1 防水材料的品种、规格、性能、质量应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查材料合格证、进场验收记录和质量检验报告。

9.8.2 桥面防水层与基层之间应密贴，结合牢固。防水层粘结质量应符合设计要求；当设计无要求时应符合表 9.8.2 的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察；检查施工记录。

表 9.8.2 混凝土桥面防水层粘结质量允许偏差

项 目		允许偏差 (MPa)		检验频率		检验方法	
				范围	点数		
粘结 强度 (MPa)	防水涂料	防水层 表面 温度	10℃	≥0.40	每 200m ²	1	拉拔仪匀速拉 拔(精度 0.01kN)
			20℃	≥0.35			
			30℃	≥0.30			
			40℃	≥0.25			
			50℃	≥0.20			
	防水卷材		10℃	≥0.35			
			20℃	≥0.30			
			30℃	≥0.25			
			40℃	≥0.20			
			50℃	≥0.15			

9.8.3 保护层混凝土指标及所用材料的规格、质量、性能等应符合设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查产品合格证、试验报告。

9.8.4 箱形节段接缝防水构造应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

II 一般项目

9.8.5 防水层施工允许偏差应符合表 9.8.5 的规定。

表 9.8.5 防水层施工允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
		范围	点数	
卷材搭接宽度	不小于 100	每 20 延米	1	用钢尺量
防水涂膜厚度	符合设计要求；设计未规定时 ± 0.1	每 200m ²	4	用针测法检测

9.8.6 防水材料铺装或涂刷外观质量和细部构造应符合下列规定：

1 卷材防水层表面平整，不得有空鼓、翘边、油迹和皱褶等现象；

2 涂料防水层的厚度应均匀一致，不得有漏涂处；不得有空鼓、翘边和气泡等现象。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

9.8.7 防水层保护层厚度和顶面的流水坡应符合设计要求，表面应平整，排水应畅通。防水层保护层表面平整度应符合表 9.8.7 的规定。

表 9.8.7 防水层保护层表面允许误差

项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
		范围	点数	
保护层平整度	5	每 50m ²	1	用 2m 直尺和楔形塞尺量测

附录 A 板桩墙后背墙计算及稳定性验算

A.0.1 当开始顶进时，作用在后背墙外侧每延米的被动土压力标准值宜按下列公式计算（图 A.0.1）：

$$E_p = \gamma H^2 \frac{K_p}{2} + 2cH\sqrt{K_p} \quad (\text{A.0.1-1})$$

$$K_p = \tan^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) \quad (\text{A.0.1-2})$$

式中： E_p ——后背墙外侧被动土压力标准值（kN/m）；

γ ——土的重度（kN/m³）；

H ——地面到后背墙底的竖向距离（m）；

K_p ——被动土压力系数；

c ——土的黏聚力（kPa）；

φ ——土的内摩擦角（kPa）。

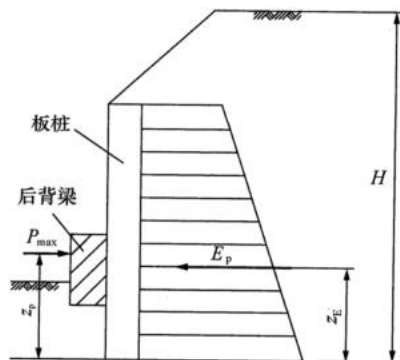


图 A.0.1 顶进时后背墙图压力计算简图

A.0.2 当开始顶进时，后背墙的抗滑移稳定系数应符合下式规定：

$$K_j = \frac{E_p B_E}{P_{\max}} \geq 1.2 \quad (\text{A.0.2})$$

式中： K_j ——抗滑移稳定系数；

B_E ——后背墙土体宽度（m）；

$P_{\max}$ ——设计最大顶力（kN）。

A.0.3 当开始顶进时，后背墙的抗倾覆稳定系数应符合下式规定：

$$K_t = \frac{E_p B z_E}{P_{\max} z_p} \geq 1.5 \quad (\text{A.0.3})$$

式中： K_t ——抗倾覆稳定系数；

z_E ——后背墙外侧被动土压力合力作用点至后背墙底的竖向距离（m）；

z_p ——最大顶力作用点至后背墙底的竖向距离（m）。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《工程测量规范》GB 50026
- 2 《地下工程防水技术规范》GB 50108
- 3 《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497
- 4 《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911
- 5 《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004
- 6 《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2
- 7 《建筑变形测量规范》JGJ 8
- 8 《建筑与市政工程地下水控制技术规范》JGJ 111
- 9 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120
- 10 《公路水泥混凝土路面养护技术规范》JTJ 073. 1
- 11 《公路沥青路面养护技术规范》JTG 5142
- 12 《铁路轨道工程施工质量验收标准》TB 10413

中华人民共和国行业标准

城镇地道桥顶进施工及验收标准

CJJ/T 74 - 2020

条文说明

编制说明

《城镇地道桥顶进施工及验收标准》CJJ/T 74-2020，经住房和城乡建设部 2020 年 4 月 16 日以第 99 号公告批准、发布。

本标准是在《城镇地道桥顶进施工及验收规程》CJJ 74-99 的基础上修订而成，上一版的主编单位是石家庄市市政建设总公司，参编单位是石家庄市市政公用事业管理局、石家庄市市政设计研究院、北京市市政工程局、天津市市政工程设计研究院。主要起草人员是张吕钟、吕书臣、张长生、毕科富、曹淑芬、孙尚田、冯生华、魏亚辉、刘玉中、封建存、张志清、张绪恩。

本标准修订过程中，编制组进行了城镇地道桥顶进、机械切削式顶进、施工过程的监测、土体加固等专题内容的调查研究，总结了我国城镇地道桥顶进工程建设的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准。

为便于广大施工、监理、设计、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《城镇地道桥顶进施工及验收标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总则	59
2	术语和符号	60
2.1	术语	60
3	基本规定	61
4	顶进施工方法	63
4.1	一般规定	63
4.2	一次顶进法	63
4.3	中继间法	63
4.4	顶拉法和半顶拉法	64
4.5	机械切削式顶进法	64
5	顶进工艺设计	65
5.1	现场调查	65
5.2	排水与降水	65
5.3	工作坑	66
5.4	滑板	66
5.5	润滑隔离层	67
5.6	顶力计算	67
5.7	后背	68
5.8	钢刃脚及中平台	69
5.9	顶进设备	70
6	顶进施工	71
6.1	施工测量	71
6.2	施工排水与降水	71
6.3	工作坑开挖与支护	71
6.4	滑板施工	71

6.5	润滑隔离层施工	72
6.6	后背施工	72
6.7	桥体预制	72
6.8	顶进设备安装	73
6.9	顶进作业	73
6.10	防水	76
7	既有线路加固	77
7.1	铁路线路加固	77
7.2	土体加固	78
8	监测	82
9	工程质量检查与验收	83
9.1	一般规定	83

1 总 则

1.0.1 《城镇地道桥顶进施工及验收规程》CJJ 74-99（以下简称“原标准”）自 1999 年 7 月批准施行以来，已使用近 21 年时间，对我国城镇地道桥工程的建设施工及质量验收发挥了重要作用。当前施工新技术、新工艺日新月异，新材料、新设备不断投入使用，桥梁的施工技术和质量水平不断提高，原标准的内容与当前地道桥施工建设的发展水平有不适应之处。本次修订参考当前适用的标准、规范，增加对新技术、新工艺、新材料、新设备的使用，使新标准能够更好地对地道桥顶进施工进行指导，并具有一定的前瞻性。

1.0.2 本条规定了本规程的适用条件。当前，国家基础设施建设规模越来越大，铁路、公路、市政设施越来越多，交通设施也向立体化、多元化发展，地道桥顶进施工早已不局限于与铁路的立体交叉，随着公路、城镇道路等穿越顶进施工不断增加，标准适用范围也应随之不断更新调整。对穿越城市道路或公路的不断交顶进施工，其施工工艺和质量要求等许多与本标准要求相同或相似，也可参照本标准执行。

1.0.3 考虑到城镇地道桥顶进施工涉及土建结构、铁路、公路、电力、水力、通信、水文、地质等多专业多学科，同时考虑到冬期、雨期施工，因此施工时应遵守相关标准和规范。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.10 行车钢轨的两侧，可用 3 根或 5 根钢轨叠束后，使用 U 形卡子和扣板将钢轨叠束与枕木紧固联成一体，组成悬吊式轨束梁。钢轨叠束可使用两根（三根）钢轨平放，一根（两根）倒置插入下方钢轨之间，形成叠束。

3 基本规定

3.0.1、3.0.2 目前我国一些城市地道桥顶进施工组织设计和工艺设计不尽规范,施工内容不完善。为保证地道桥顶进施工质量和竣工资料的完整性,对此本标准作了具体规定。

3.0.3 对城镇地道桥顶进施工影响最大的因素除铁路荷载等既有线路荷载外,就是桥体周围的土体及地下水。土体过硬、过软和不均匀土层以及地下水的深浅情况对桥体是否能顺利顶进和就位偏差影响很大,所以应有针对性技术方案和对策。

3.0.5 对铁路等既有线路进行加固是铁路地道桥顶进施工的重要组成部分。铁路部门对铁路线路加固有标准做法,并有丰富的施工经验。一般情况下,铁路加固方案和施工都由铁路内部提出和实施。

3.0.6、3.0.7 城镇地道桥一般优先考虑整体顶进。限于各方面条件下不能整体顶进时,才考虑分节、分体顶进。对地道桥分节、分体是地道桥整体顶进施工的一个发展。有了分节、分体顶进的方法,才有可能顶进长、宽、大型地道桥。分节、分体的方法是因地、因条件而异。一般情况下,先是纵向分节顶进。地道桥顶进时出现扎头的情况比较多见,纵向分节导致第一节重心前移,如果其长度过短会加大扎头的概率,所以规定了第一节长度和高度的比值。地道桥也可横向分体,把一个多孔地道桥横向分解成几个小地道桥分别顶进就位。有时也可将闭合截面的整体框架分解成桥墩、台和桥面单体分别顶进,最后联成整体形成一个完整的道桥。

3.0.8 本标准所称桥体长度是指桥体沿道路中心线方向尺寸,宽度是指桥体沿道路横截面尺寸。根据力学原理,地道桥顶进时力和线与桥体运动的方向保持一致,顶进效率最高。对于斜地道

桥力线平行于道路中线称为正顶法。为此，斜地道桥顶进部位需设置三角形钢筋混凝土底板块。

正顶斜地道桥由于土壤侧压力将使桥体有转动的趋势。因此，在施工方案中必须有切实可行的措施，防止桥体转动并在动态施工中不断地调整，以确保桥体正确就位。

3.0.10 测量为动态施工提供依据，通过测量为设计、施工人员不断地提供及时的技术信息。设计、施工人员掌握了这些信息，经过整理、分析并适时提出对策，才能控制桥体本身的安全和它的运动轨迹，最后达到安全正确地就位。

3.0.11 国内已建成的地道桥中，在兰州、北京、天津、石家庄、承德地区等地有拱形或分解式门架，墩台顶进施工的。

4 顶进施工方法

4.1 一般规定

4.1.1 设计文件无施工方法时,顶进施工方法一般根据桥型和现场实际情况确定。

4.1.2 多孔地道桥横向分体后,采取分次或同步顶进。分次顶进,所用顶进设备少,但工期较长;同步顶进,所用顶进设备较多,顶进工期短;两种方法可以据实选用。分次顶进时受只有一侧土压力的影响,桥体易产生横向位移且很难矫正。顶进施工时先顶入边孔,预留出水平偏差位置,再依次顶入中间孔。分体预制桥体间净距不宜小于0.2m,是根据桥体顶进允许偏差和工程实践制定。

4.1.3 多孔地道桥横向分体后的顶进次序应慎重考虑。分体后同步顶进要严格保持其平行运行就位。

4.2 一次顶进法

4.2.1 一次顶进法是指桥体整体预制,纵向不分节、横向不分体,由桥体起动到桥体就位为一个施工过程。一次顶入法又称整体顶入法,它是地道桥顶进常用的方法。一次顶入法与其他顶进方法相比,具有工期短、工序简单等优点。缺点是顶进传力设备用量多,后背规模大。

4.3 中继间法

4.3.1 中继间法较一次顶进法能有效地减少顶进传力设备的使用数量,但接缝多易产生错位,接缝防水施工和维护有些困难。

4.3.3 并联预制是指施工现场的场地不具备串联预制条件,但有条件横向预制诸节桥体的一种预制方法。桥体顶进时,按顺序

横向移动到设计桥体中线位置,采用中继间法顶进施工。

4.4 顶拉法和半顶拉法

4.4.1 顶拉法施工时润滑隔离层阻力大,桥体起动困难,对滑板结构的强度、刚度以及稳定性要求高;由于没有后背,导致定向约束差、顶进中桥体易摆动、节间易错位、顶进方向和高程不易控制,甚至产生桥体顶进就位后偏离预定位置的现象。作为后背的诸节当静摩擦阻力比设计值偏低时,在顶拉过程中易发生顶进节不动和后退现象,有时将前节拉回,降低顶进速度,此时要增加临时后背。由于顶拉法稳定性差,大型桥体顶进不建议采用此法。

顶拉法的最大优点是不设后背,传力设备少,顶进费用较低,适用于正桥顶进;也适用于铁路路基较高不易做后背的情况。

4.4.2 半顶拉法由于设有固定的后背,能克服顶拉施工中桥体的摆动和倒退现象,顶进方向和高程较容易控制。

多节桥采用半顶拉法和中继间法施工,一般顶距较长,顶柱弹性压缩变形大,降低了顶进速度。如在滑板中分段设置钢筋混凝土锚梁,既可稳定顶柱,减少弹性压缩,还可作为辅助后背,将后段顶柱前移,减少顶柱用量。

半顶拉法增加了小型后背,提高了顶进质量和稳定性,当多节桥体顶进受条件限制采用顶拉法施工无十分把握的情况下,采用半顶拉法是适宜的。

4.5 机械切削式顶进法

4.5.2 机械切削式顶进法适用于在桥体上覆土厚度大于掘进机高度的地层中使用;采用机械切削式顶进法在砂性土层中施工时,要配置适合的浆液对正面土体进行有效改良,使之达到良好的塑性、流动性和不透水性。

5 顶进工艺设计

5.1 现场调查

5.1.1 桥址处顶进施工范围内需按有关规定进行地质勘测,获得地道桥顶进工艺设计和施工所需的工程地质和水文地质资料。钻井间隔 15m~20m,深度根据水文地质情况而定(一般为 10m~16m)。

5.1.2 对施工范围内的各种设施,在调查清楚之后,需要与产权单位按有关规定,结合地道桥顶进施工要求进行协商,拿出拆迁方案。签订协议后相互监督执行。

5.1.3、5.1.4 该条主要为地道桥顶进工艺设计和施工提供必要的依据。

5.1.5 施工前对施工中所涉及的三通一平的内容进行详细调查,为施工做好准备。

5.2 排水与降水

5.2.1 地道桥从工作坑开挖、桥体预制、顶进就位到引道施工,一般施工周期需八个月至一年,如进入雨期施工,工作坑四周顶面应有地表水的防排措施;地下水位要降至基底以下 0.5m~1.0m。不能带水作业。

5.2.2 常用的井点降水有轻型井点、喷射井点、电渗井点、管井井点和深井井点等。轻型井点按抽水机组类型分为干式真空泵井点、射流泵井点和隔膜泵井点。以上根据水文地质、施工需要和设备等情况选用。抽水期间,需要对路基和周围建筑物设置观测点并定时监测有无下沉影响。

5.3 工 作 坑

5.3.2 工作坑的顶进边缘距最外侧铁路路基坡脚不得小于 1.5m, 是引用现行行业标准《铁路桥涵工程施工安全技术规程》TB 10303 的有关规定。

5.3.3 工作坑的尺寸, 其中操作空间的长度, 因目前国内生产的千斤顶长度不尽相同, 所以未作具体规定。

5.3.4 地道桥对地基的平均压强在 55kPa~80kPa, 一般地基的承载力不够满足。而地道桥顶进对高程变化控制较严, 特别是桥体在预制中不能产生明显的沉降, 所以, 地基承载力要有一定的安全储备, 对软弱地基需进行加固处理。

5.3.5 工作坑运土坡道位置一般很难避开后背受力区, 对后背路基土壤破裂面以内的坡道边坡需进行加固, 确保后背在顶进受力下的稳定性。

5.4 滑 板

5.4.1 钢筋混凝土滑板一般在地基较弱或滑板作为后背的一部分时采用, 根据受力情况配置钢筋。灰土滑板一般用于小型地道桥顶进, 顶面须设置水泥砂浆抹面。对常用的混凝土滑板提出了经验厚度。根据滑板设计, 绘制平面及纵、横剖面图。

5.4.2 地道桥顶进轨迹是指桥体在顶进全过程中的高程变化线。桥体起动后沿滑板的坡度上升, 当桥体被顶出滑板 1/3 后, 滑板前端土基由于桥体自重而产生压缩。当桥体前端进入线路加固梁下后, 由于列车活载作用, 使滑板端部下沉而出现断裂, 桥体开始扎头。当桥体重心移出滑板后, 扎头更为明显。当桥体脱离滑板后, 尾部下沉, 桥体在路基内顶进就位。影响桥体在顶进中高程变化的因素很多, 但由于取决于土基在顶进过程中的压缩变形大小, 根据土质情况, 底板长度, 顶进距离等进行地道桥顶进轨迹设计, 结合顶进允许偏差拟定滑板仰坡, 仰坡坡度参考值为 1‰~5‰。并注意遇到软地基采用过大仰坡时, 当桥体重心移出

滑板后, 由于轨迹竖向变化过大而造成顶柱失稳, 应慎重选用。

5.4.3 采用在灰土或土基上设梅花桩形小坑或表面凿毛以增加滑板抗滑能力, 当采用滑板下设锚梁时其数量和位置为: 一般和方向墩的数量和位置相吻合, 锚梁取上宽 0.5m, 下宽 0.3m, 滑板以下深 0.5m 的梯形断面, 与滑板和方向墩浇筑成一体。滑板抗滑移稳定性验算是参照桥台抗滑移稳定性验算, 稳定系数取 1.3。

5.4.4 斜桥顶进为提高方向墩的横向稳定性, 外侧设置纵向混凝土梁, 方向墩和滑板之间设置水平拉结钢筋。

5.4.5 气垫分为供气和密封两个系统, 供气系统包括风源, 输气管及阀门等。密封系统包括气垫裙等。以上需根据顶进需要进行设计。输气管的出风口一般采用喇叭口形式, 间距 4m~5m; 支气管内径 6mm; 主气管直径根据送风量经计算确定, 风源采用空压机。气垫裙一般采用尼龙氯丁橡胶或其他塑料软管制成。

5.5 润滑隔离层

5.5.1 润滑剂可采用石蜡、滑石粉、机油和黄油等; 隔离层可采用塑料薄膜、油毡纸、油毡布和水泥砂浆抹面等。润滑剂和隔离层系由北京、石家庄 1965 年首次箱形桥顶进时所采用, 实践证明是可靠的, 行之有效的。

5.5.2 地道桥分节顶进, 选用的润滑剂性能既要考虑到桥体本身所需提供的抗力大小, 还要考虑顶进启动时的难易, 防止顶拉法只追求高摩阻材料时而出现难于启动的情况。

5.6 顶力计算

5.6.1 地道桥启动顶力的大小与桥体重量、润滑隔离层的力学特性能、施工质量等有关, 启动顶力系数根据经验取值, 作为后备和滑板稳定性验算的依据, 并需要考虑一定安全储备。开始时不能突然增大至此数值, 使顶镐同步逐渐增压, 一般每到一定压力后稳定几分钟, 检查顶进设备、后背、滑板和框架涵是否正

常，如一切正常方可正式顶进。

5.6.2 地道桥全部入土后的顶力主要是克服桥体自重和桥顶荷载产生于基底土上的摩阻力、桥体周围的摩阻力、前端刃角切土阻力和桥顶面荷载阻力等。摩擦系数 μ 并不单纯反映地道桥混凝土表面与土壤的摩阻情况，而是一个综合值。一般情况下，由于顶进距离的增加、方向控制不正、挖土质量不善和桥体顶部覆土较厚时，摩擦系数 μ 也将显著增加。摩擦系数 μ 是根据很多的工程实践不断总结出来的，有地下水的地区，需保证地下水位在滑板下至少 50cm，需要采取降水措施予以保证。否则， μ 值会发生很大变化，不利于工程的设计和施工。

5.6.3 纠偏顶力是在斜桥顶进施工实践中提出来的。斜桥顶入路基后的偏转力矩，随着边墙外土压的增大而增加；为使顶力中心和变化的阻力中心相对应而阻止桥体偏转，对于大斜度桥不可能只靠不断调整千斤顶位置进行校正，所以，将斜桥顶进所需要的顶力分成正向顶力和纠偏顶力分开布置。为增大纠偏顶力的力臂，将其所需要的纠偏千斤顶布在顶进三角块的外侧，内侧按中轴线对称布置正向顶进所需用的千斤顶。地道桥顶入土后需分阶段计算出纠偏顶力，以确定开启纠偏千斤顶的台数及位置，作为理论纠偏操作程序。因影响顶进偏差的因素很多，要结合实测偏差进行矫正，阻止桥体偏转。

5.6.4 触变泥浆减阻，在顶管施工中有所应用，并延伸至桥梁顶进施工。它是将膨胀土按一定配合比制成的泥浆压入已顶进路基的桥体外壁，填满土壤间的空隙而形成泥浆环，使桥体受到润滑和浮力而减阻，能将表面摩擦力减小一半以上。摩阻系数均根据国内工程实例总结得出。当采用钠钙膨润土触变泥浆时，摩阻系数取 0.1~0.3。

5.7 后 背

5.7.1 后背是顶进施工时的重要设施，主要由后背梁、后背墙和后背填土组成。

5.7.2 板桩式后背用途较广，特别适用于顶力较大而其他类型后背不能满足时，板桩式后背需占用较多钢材，还需打桩设备，一般情况下造价较高。重力式后背通常由浆砌片石或钢筋混凝土做成，此种后背施工简便易行，造价一般较低。拼装式后背主要由钢筋混凝土预制桩或钢筋混凝土预制块，再加垫层和后背填土三部分组成，优点为较钢板桩省钢材，可重复使用，但需配起吊及运输工具，造价也较高，适用于顶进工点多、有起吊运输条件的工地。

5.7.3 后背承受最大顶力时，不能被破坏，也不能产生过大弹性变形和移动，最大顶力包括地道桥顶进的纠偏顶力。

5.7.4 工作坑开挖好以后，开始顶进以前及开始顶进后都要进行后背稳定性验算。实践证明，如果板桩式后背的顶力作用线与被动土压力合力作用点重合，当顶力较大时，将出现桩的底部向填土侧倾斜，说明千斤顶的作用点偏低了，顶力作用线设在比被动土压力合力作用点高出（0.07~0.09）倍的桩高；重力式后背顶力作用线与土体的被动土压力线一致。

5.7.5 桥体顶进中，当后背产生较大位移不能满足顶进要求时，需要对后背进行补强加固。串联式后背由重力式和板桩式串联组成。

5.7.6 斜桥顶进，桥尾锐角一侧设置纠偏千斤顶，后背布置宽度也要相应加大。

5.8 钢刃脚及中平台

5.8.1 为使地道桥能沿着设计的开挖断面顶入路基，减小顶进阻力，避免超挖，在桥体前端周边设置钢刃脚。一般砂土路基高度超过6m；挖方边坡陡于1:0.75时，需设置中刃角及中平台，防止路基塌方而影响铁路安全。

5.8.4 钢刃脚的外部尺寸，当土质为砂质黏土时，一般取水平方向长0.5m，底座宽0.3m，中间三角形肋板间距0.5m，焊制成1.5cm长块体，安装在桥体 $\phi 16$ 预埋螺栓上。在砂砾石及卵

石路基中顶进的钢刃角需另行设计。

5.8.5 中平台一般采用型钢制成。当土质较好不设中刃角时，挖土平台采用木质。

5.9 顶进设备

5.9.1 顶进液压系统包括高压油泵、控制阀、调节阀、电气集中控制台、油路、压力表、油箱、千斤顶等。顶力传递设备按顶进方法分别由顶铁、顶柱、横梁组成；或由传力支墩、拉杆和拉梁组成。

5.9.2 地道桥最好在铁路在铁路加固及施工荷载均布下进行顶进，避免桥体两侧产生不平衡下沉，所以提出将顶进设备设置在桥体中部。

5.9.3 斜桥顶进，为增大纠偏顶力的力臂，减少千斤顶用量，提出将纠偏千斤顶布置在三角顶块的边部。千斤顶分单作用油缸千斤顶和双作用油缸千斤顶两种。其中单作用油缸千斤顶靠配置拉镐复原，而近期多采用双作用油缸千斤顶，能自动回镐复原。

5.9.4 液压油一般采用稠化液压油或合成锭子油。液压系统油管直径按流量通过计算或根据经验选用。回油管路主管的内径不得小于10mm，分油管的内径不得小于6mm。

5.9.5 地道桥分节顶进时，为避免液压系统采用人工手动控制进行多条油路切换产生的误操作，一般采用电液和电磁换向联动控制系统。电液、电磁阀的动作由电控箱集中控制，达到操作、准确、省力，还可以提高顶进质量和速度。

5.9.6 地道桥采用中继间法顶进，当顶程较长时，为提高顶柱传力的稳定性，除将顶柱和横梁用螺栓连接，顶上压土外，还需在滑板中分段设地锚梁，用钢支撑提高顶柱传力的稳定性。

5.9.7 采用顶拉法施工，桥体底板中的预留孔道，一般采用预应力混凝土的成孔方法。

5.9.8 在滑板上分段设置地锚梁，不仅能提高顶柱的抗压能力和稳定性，而且能提供一部分抗力作为辅助后背。

6 顶 进 施 工

6.1 施 工 测 量

6.1.2、6.1.3 地道桥施工，各种控制线，是以地道桥的中线作为测量基准轴线测出，因此中线要在工作坑开挖前完成，来提高直接丈量的精度。

6.1.4 在地道桥顶进就位时，可以在两固定控制桩间拉线用垂球核准桥体轴线前端就位位置，也可以使用经纬仪控制就位。

6.1.5 施工放线，要注意后视点的通视，经常进行检查复核控制点，避免桩位移动出现大的测量偏差。

6.2 施工排水与降水

6.2.1 地表水排放要考虑排水方向，如排水沟底为透水性土壤，要考虑防渗措施。

6.3 工作坑开挖与支护

6.3.3 工作坑基底土壤软弱需进行加固时，由设计部门提出加固方案，使桥体在预制中不产生明显的沉降。

6.3.4 工作坑坡顶外有静载或动载时，安全距离指压力线不能进入工作坑内。

6.3.5 基坑支护方法较多，可根据现场情况确定。

6.4 滑 板 施 工

6.4.1 混凝土滑板施工通常采用混凝土路面施工工艺。

6.4.2 滑板设有锚梁，当与滑板一并浇筑，而因厚度不同使顶面整平有困难时，最好采用水泥砂浆抹面。

6.4.3 灰土滑板厚度要根据土基承载力和桥体对基底的压强而

定。为使滑板顶面平整、光滑和在桥体顶进时不发生剪切破坏，故设置了水泥砂浆抹面，并将灰土表面划毛增加抗滑力。

6.5 润滑隔离层施工

6.5.1 施放桥体预制位置线在润滑隔离层施工之前完成。控制点设钉，控制位置弹墨线。

6.5.2 润滑层的摊铺厚度一般根据经验确定。松散的滑石粉吸附力小，箱体易起动。

6.5.3 油毡作为隔离层材料，由于其吸附粘结力较大，使桥体启动困难，慎重选用。

6.6 后背施工

6.6.1 钢筋混凝土板块后背顶端拉锚，通常在工作坑底以下回填土完成后进行，防止前后倾斜。

6.7 桥体预制

6.7.1 桥体预制施工顺序是先底板，后墙身，最后顶板。

6.7.2 钢筋作业应符合下列规定：

4 接缝钢护板通常采用 8mm~10mm 厚钢板，当千斤顶的顶程为 0.2m 时，护板宽度为 0.55m，其中固定端为 0.25m，活动端为 0.3m。固定端在前节利用直径为 19mm 勾螺栓锚固，保证与主筋连接牢固，顶进中不损坏。当千斤顶的顶程较长时，钢护板相应加宽、加厚。

6.7.3 承重支架按类别分为木支架、钢木混合支架或钢支架。近期多采用轻型钢支架，支架的梁和柱多采用工字钢、槽钢或钢管；斜撑、联结系采用角钢等。为便于支架和模板的拆卸，支点处设置木楔或升降螺栓。

3 顶进时设置船头坡，是防止箱体标高扎头的措施之一。

6.7.4 混凝土浇筑应符合下列规定：

1 施工缝的位置通常留在结构内力较小且便于施工的位置。

2 避免桥体混凝土在浇筑中出现施工缝，一般根据单位时间内混凝土的生产量、浇筑方法、工作面长度、混凝土接缝循环时间，选择适宜的缓凝型减水剂。若采用泵送混凝土时，选用增塑缓凝型减水剂，以获得满意的施工效果。

6.7.5 桥体防水应按设计要求进行施工，且应符合下列规定：

1 桥体顶面防水层种类较多，常用的防水层有热沥青防水层、冷作防水层和新型防水材料等。

2 桥体分节接缝一般采用内贴式橡胶止水带，在后节桥体顶进就位前按设计要求安装，随施顶后节挤紧；在顶进就位后用螺栓和夹板坚固，然后进行接缝防水处理。

6.7.6 为减小桥体顶面及外墙摩阻力，一般在顶面涂石蜡，在外墙涂沥青，并起到防水作用。

6.7.7 机械切削式顶进法节段预制模板要求较高，本标准参照盾构施工管片的要求。

6.8 顶进设备安装

6.8.1 设置千斤顶用的钢尾板厚度一般为 20mm，钢板托盘厚度一般为 10mm，按工艺设计加工完成后安装。常用的液压油为 10 号或 20 号机油，或合成锭子油。

6.8.4 方向墩和桥体间设置路轨作为导梁，顶进中导梁不变形。间隙小的使用钢垫板楔紧。

6.8.5 观测尺包括水平及高程两种，安装在边墙内侧上方的预埋件上，保证顶进中不被碰撞。将观测仪和仪器稳固，顶进施工中不能扰动。

6.9 顶进作业

6.9.1 桥体顶进前的准备工作应符合下列规定：

6 挖土顶进和线路加固作业联系信号，一般采用红绿灯或电铃，设专人值班。

6.9.3 顶进挖运土方应符合下列规定：

2 装运场根据作业面配备施工机械,装土机械。扰动路基下坡脚,特别是砂土路基扰动后,很容易造成塌方。

6.9.4 地道桥顶进应符合下列规定:

6 地道桥在顶进过程中如停放时间过长,会增加与地基接触面的压实吸附力,加大顶进阻力。

6.9.5 在地道桥顶进的过程中,桥体、顶铁、千斤顶等设备都处于受力状态,进行维修调整必须在设备停止运行,卸掉顶力的状态下进行,以保证工作人员的安全;同样,在顶进过程中,顶铁上要覆盖土方或其他重物,防止顶铁崩出伤人。

6.9.6 地道桥顶进纠偏应符合下列规定:

1 斜桥顶进,需要分阶段计算出出土后的纠偏顶力,编制出纠偏千斤顶的启用操作程序,作为理论纠偏依据。因影响地道桥顶进偏差的因素很多,要结合实测偏差进行矫正。当偏差值较小时,采取调整千斤顶的力臂(距轴线距离)进行矫正。

2 地道桥顶进高程偏差较难控制,特别是在软地基中顶进,须由设计和施工单位共同商研解决顶进中的扎头。需先从设计桥体本身开始解决好前后悬臂的重量平衡,只靠顶进中采取的措施是远远不够的。桥后端尾墙,即能平衡桥体前端重量,又能解决桥体就位后修筑挡墙挖基的困难,尾墙长度在设计阶段就应予以充分考虑。当路基土质较好时,尾墙长为桥高的(0.35~0.40)倍,砂土路基为桥高的0.4倍以上。

6.9.7 对于宽大、超长的箱桥,北京、石家庄都做过,有过一些经验和感受,当地基过软(地下水加流砂)特别是过硬(砂砾石、姜石黏土)都会给箱形桥体本身带来变形影响,其影响往往产生预料不到的后果,因此顶进这类地道桥需要对变形提出要求。

1 顶进中的箱桥受力是复杂的,它不同于常规预制安装或就地浇筑的桥梁,它是一个运动中的桥体,受到设计荷载和施工荷载的同时作用,受力大小和受力位置在桥体运动中也是不断变化的,它是一个受力复杂的空间结构,因此对设计和施工都提出

更高的要求。几个工程实践表明对变形和裂缝提出要求是必要的。

箱桥顶进时由市政排水大型管道顶进发展演变过来的，原来铁路封闭式框架涵桥是按静态施工荷载分布计算的，只考虑了火车荷载、线路静载、侧向土压力、地基反力、自重等外力。对千斤顶的顶力，最大纠偏顶力以及各种阻力引起的扭矩、偏转而造成的内力变化，再加顶进高程纠偏引起的地基反力变化，有时会产生累加变形，这对于跨度小的箱桥不会产生危害，但对宽大、超长箱桥由于其结构刚度相对较弱，可能产生超规范的变形和裂缝。过去对宽大、超长箱桥，通过长距离顶进，取得了不少经验，使设计和施工都经受了实践的考验，丰富了地道桥顶进施工技术。为减少隔墙柱脚固端因内力引起的变形，适当采用铰接式隔墙或临时加固支撑等形式。因特别指出：特大型箱桥必要时做结构顶进受力、变形模拟试验，这如同大跨度斜拉桥要做整桥风动试验和拉索试验一样，为今后更加丰富完善这项施工技术提出要求。

2 施工中根据设计要求观测变形和裂缝，过去常规顶桥只观测中心偏差和高程变化，而对宽大、超长箱桥增加此项观测，当变形值发展较快或超过容许时需及时与设计部门商定补救措施，否则当积累变形过大时才发现，将使箱桥结构受损，必须采取补强措施。本标准明确提出了对施工单位的观测要求。

3 本条对中线和高程的纠偏提出了要求，特别提出纠偏需与观测变形相联系，不得强行盲目纠偏，这是实践的总结。

- 1) 主要强调箱桥两侧保持均衡顶进，正确切土，以斜桥尤其强调小纠、勤纠，防止因大偏大纠而引起的附加内力变形。
- 2) 对于坚硬地基承载力较高，地基不易变形，无需设置船头坡，同时对挖土提出较严格的要求，防止因挖土不当造成箱桥变形加剧，对于变形控制措施都是经过实践总结出来的。

6.9.8 地道桥顶进就位后，要立即拆除顶进设备，尽快进行刃角补墙及四角翼墙施工，防止因施工延误造成路基塌方，影响铁路行车安全。

6.10 防 水

6.10.3 为了保证卷材防水层施工质量，通常在雨天、雪天、5级及以上大风时停止施工，冷粘法、自粘法施工的环境气温不低于50℃，热熔法、焊接法施工的环境气温不低于-10℃。施工过程中下雨或下雪时，做好已铺卷材的防护工作。

7 既有线路加固

7.1 铁路线路加固

7.1.1 根据实践,为了确保铁路运输安全,需进行铁路线路加固和限速慢行,慢行速度一般控制在 45km/h 以下。采用钢便梁加固时行车速度可达 45km/h,一般吊轨加纵横梁,可限速 25km/h。

7.1.2 根据施工经验,采用吊轨加纵横梁时轨底至箱桥顶面均在 0.65m~0.85m 范围内,石家庄最低做到 0.58m。采用钢便梁加固一般轨底至箱桥顶面均在 0.85m~1.05m 范围内。

7.1.3 石家庄铁路部门在多座小跨径 (<3m) 箱涵顶进施工中,只用吊轨加固。对于一些专用线或行车次数少的直线线路,酌情采纳,但需人看守和整修。

7.1.4 吊轨通常做法为 43kg/m 或 50kg/m 钢轨组合成 3-5-5-3 或 3-7-7-3 轨束梁后进行线路加固。吊轨与枕木用 $\phi 22$ U 形螺栓和用宽度为 80mm、厚度为 16mm 的扣板连成一体,轨束本身每隔 1.5m 用 L63 $\times$ 63 $\times$ 6 角钢和 $\phi 22$ U 形螺栓固定。

7.1.9 总结了华北地区常用的防止铁路线路横向位移的三种方法,其中本条 3 款是在唐山、天津、北京顶进时采用过的深覆土拖带钢板的“金蝉脱壳”法和钢管排束法,本标准予以推荐。

7.1.10 ~ 7.1.12 将钢筋混凝土轨枕换成木枕,每隔 5 根钢筋混凝土轨枕,开挖一根轨枕底的道床至要求深度,并不扰动相邻轨枕下的道砟。抽出钢筋混凝土轨枕,换入木枕,并安装双肩垫板,每块垫板上钉紧 3 个道钉,随即回填道砟,并捣实。依次方法逐步完成加固范围内所有轨枕的更换工作。

安装横梁时,将横梁位置枕木间道砟扒掉,抽出枕木或在枕木间插入工字钢和槽钢,槽口向上,随后将工字钢拉入槽内

就位。

7.1.13 地道桥顶进中和就位后，若中线偏差较小时，要及时用砂土填实桥体与路基之间出现的空隙，防止路基在行车振动下产生塌方而加大侧向压力。

7.2 土体加固

7.2.1 本条参考现行行业标准《铁路桥涵工程施工安全技术规程》TB 10303 的相关规定，当采用轨束梁加固线路时，轨束使用钢箍紧固，并向两端延伸涵身高度的 1.5 倍。

7.2.2 根据高速公路特点，为保证行车安全与畅通，需要对高速公路路基土体进行加固，同时车辆限速慢行。根据施工实践，速度不大于 40km/h。

7.2.3 工程实践例子较多的是采用大管棚注浆加固技术。目前工程上用得最多的管棚钢管是直径为 108mm 的无缝钢管，大量在铁路隧道、公路隧道的超前支护中使用。在其他一些工程中也使用过直径为 219mm、325mm 等的钢管。

管棚制作：直径为 108mm 的管棚采用无缝钢管，节长 2m、1.5m、1m 等；直径为 325mm 的管棚采用螺旋卷焊管，节长 6m、3m 等。相邻管棚的接口错开，管棚断面接口搭接率小于 50%，管棚采用丝扣对接，加工符合要求。管棚钢管第一节前端加工成锥形，根据实际需要，管棚制作成管壁周围有呈梅花形布设直径为 (8~12)mm 溢浆孔的钢花管。

管棚安装：支护工作面，施作导向墙或设置孔口装置，搭钻孔平台、安装钻机，钻孔，清孔，验孔，安装管棚钢管，注浆。管棚安装一般采用钻机钻进方式，也有夯入的。用钻机安设管棚的工作流程一般是：支护工作面，施作导向墙或设置孔口装置，搭钻孔平台、安装钻机，钻孔，清孔，验孔，安装管棚钢管，注浆，养生。

支护工作面：由于高速公路路基边坡土质较软，钻孔施工时泥浆循环液冲刷孔口严重，需对土质路基边坡进行支护处理，如

浇筑一层 20cm 厚的砂浆或做挂网喷射混凝土支护等（图 1）。

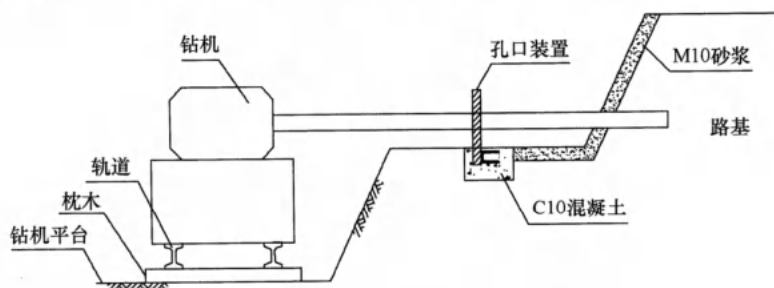


图 1 工作面支护、钻机布置、孔口装置

施作导向墙或设置孔口装置：为确保每根管棚孔位和钻进方向，减少管棚钻进过程中的下挠弯曲，事先按照设计的管棚间距，施作导向墙或设置孔口装置。钻进时钻杆穿过孔口固定装置，避免钻进时钻杆摆动。

搭钻孔平台、安装钻机：工作平台在高速公路两侧开挖成型、整平，铺设轨道，组织机械进场，安设钻机等。

钻孔：管棚钻进施工工艺如图 2 所示。为保证管棚施工质量及减少护壁泥浆对周围土体的影响，避免循环液过多渗入管棚周边土体和引起串孔，泥浆采用水：膨润土=1：0.1~1：0.15。每侧钻进时对管棚进行编号（按 1 号、2 号、3 号……依次编号），钻进采用隔单孔或隔双孔进行，若为隔单孔钻进，则先施工 1 号、3 号、5 号……，上述序号管棚注浆完毕后再施工 2 号、4 号、6 号……，依次循环进行。若为隔双孔钻进，做法类同。

清孔、验孔、安装管棚钢管、注浆：为提高管棚的承载能力，并使管棚与土体固结成为一个整体和形成钢管混凝土，需对管棚充填注浆。注浆前先对管棚孔壁间隙作充填注浆，每根管棚打完后，在穿出路基的两端，孔壁间隙各插入一根塑料管，一端作为进浆孔，一端作为溢浆孔。溢浆孔高于管棚 30cm 以上，将管棚两端孔壁间隙用水泥-水玻璃快凝浆液封堵，然后进行管棚

注浆。注浆量、注浆压力和注浆浆液等根据实际情况经试验确定，有工程实践案例为：注浆压力不小于 $0.08\text{MPa} \sim 0.2\text{MPa}$ ，注浆浆液质量配比水：水泥 = $0.5 : 1$ ，水泥：砂 = $1.2 : 1$ ，砂子为细砂，膨胀剂掺量为水泥质量的 8% 。

养生：管内外注浆要求饱满，注浆后需养生 28d ，待其注浆液固结形成一定强度后，才能形成支护体系。

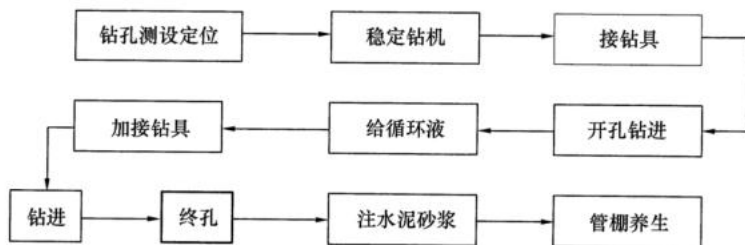


图2 管棚钻进施工工艺流程

7.2.4 为了保证管棚钢管的水平钻入精度，通常在高速公路两侧施作管棚，在中间绿化隔离带内搭接。在桥体范围内将隔离带挖成沟，露出搭接管棚。用钢件将管棚焊接连成整体，然后灌注混凝土，在绿化隔离带内形成钢筋混凝土纵梁。路两侧将管棚钢管与工字钢焊接连成整体（图3）。

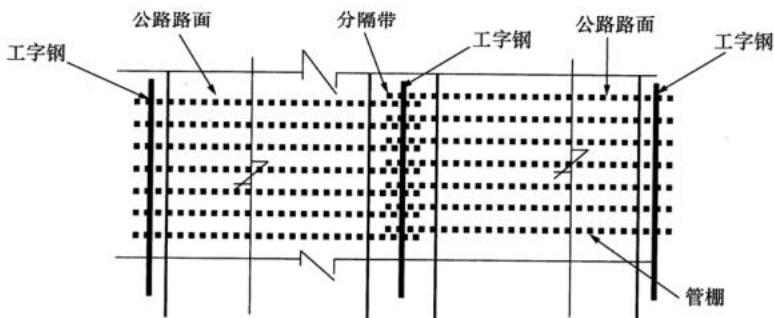


图3 管棚安设、搭接、固定示意

7.2.5 工程实践表明，地道桥从一侧先顶进就位后再顶进另一

侧的顶进效果比较好，施工中尽量少用两侧同时顶进。

顶进中，管棚钢管的前端用钢轨桩等予以固定，以防止钢管向前移动；管棚钢管的后端用小滑车架在地道桥上，滑车沿顶进方向每 1.5m 设一道，以防止管棚成为悬臂，从而减少路面下沉（图 4）。

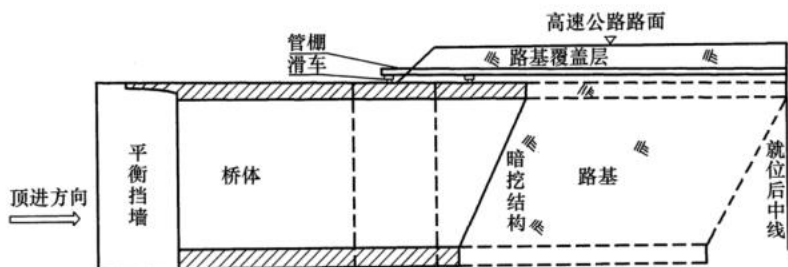


图 4 顶进中桥跨中线截面

8 监 测

8.0.2~8.0.5 变形监测仪器设在台背受力影响区以外,以免后背变形影响观测仪器的稳定性。监测使用的经纬仪、水平仪或激光经纬仪等设备仪器要经过检验并具有合格证;同时制定人员安排和组织落实措施。一般情况下桥体的高程、轴线方向及顶力系统每顶进一镐监测一次,桥体结构变形、应力每顶进 2m 监测一次。

顶力达到设计最大顶力的 80% 时,在顶进过程中箱身在方向或高程上出现误差时,要及时掌握后续进展、趋势,采取相应措施纠偏,防止超过报警值后再进行处理。大起大落的纠偏会使箱身处于不均匀受力状态,影响箱体使用质量,故尽量避免。

8.0.12 对顶力系统的监测,一般从桥体吃土顶进开始直至最大顶力出现以后结束。根据地道桥顶进施工记录表,绘制出全程顶力变化曲线,可积累工程资料,作为施工参考。

9 工程质量检查与验收

9.1 一般规定

9.1.1 本标准质量检验与验收应与现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 配合使用，本标准无具体规定的，应按照现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 执行。