

UDC

中华人民共和国行业标准



P

CJJ/T 74 - 2020

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

中国建筑工业出版社

2020 北 京

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

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京海淀三里河路9号）
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：3 字数：77 千字

2020年8月第一版 2020年8月第一次印刷

定价：**26.00** 元

统一书号：15112·35547

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

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责任公司

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 马彘 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	50
	Explanation of Wording in This Standard	52
	List of Quoted Standards	53
	Addition: Explanation of Provisions	55

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。

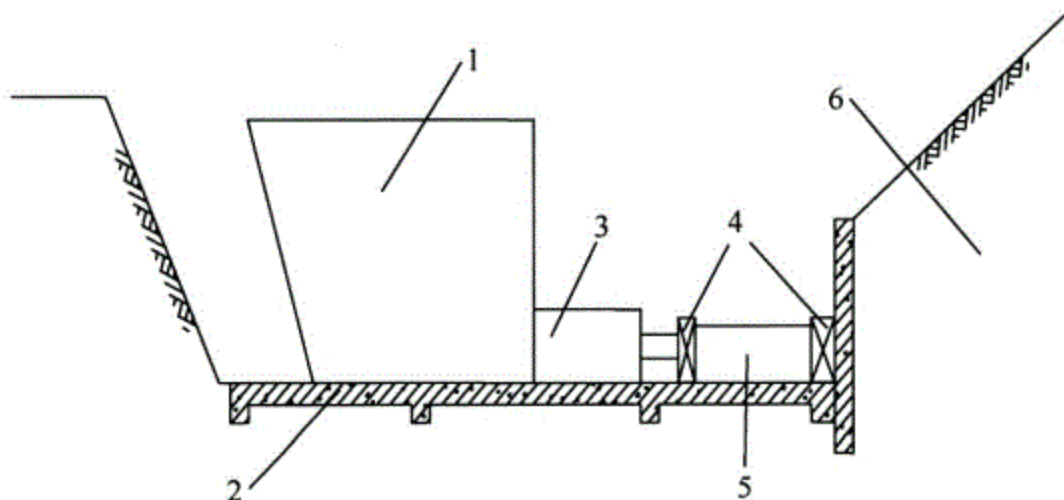


图 4.2.2 一次顶进法

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。

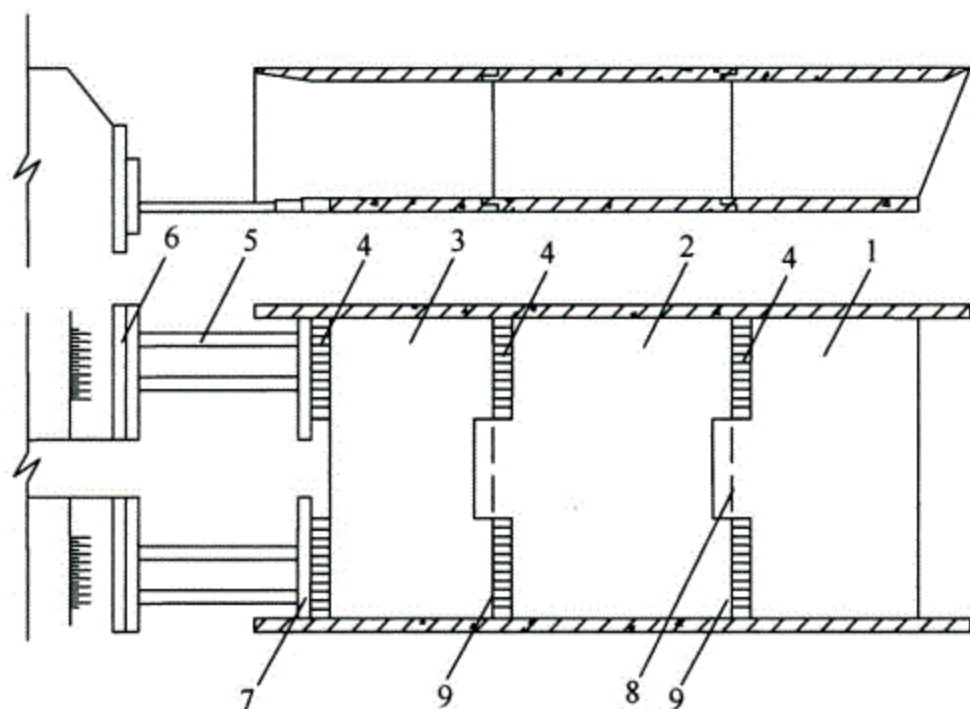


图 4.3.1 中继间法

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。

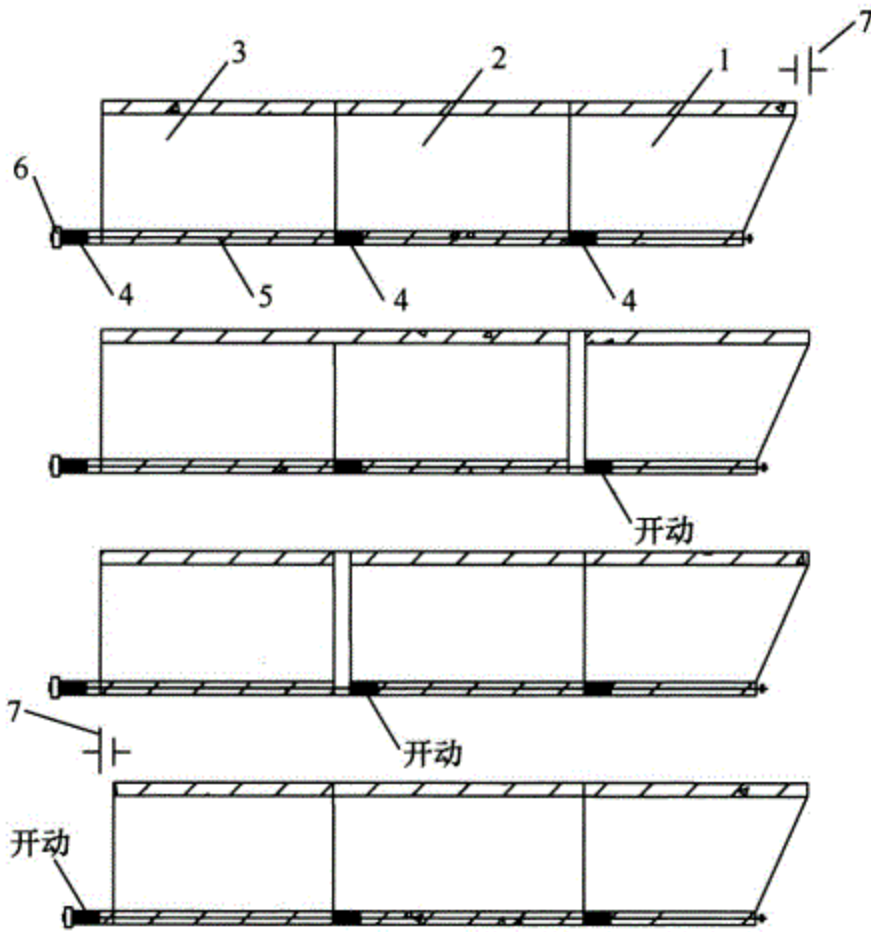


图 4.4.1 顶拉法

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} ——地道桥顶面荷载标准值 (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。

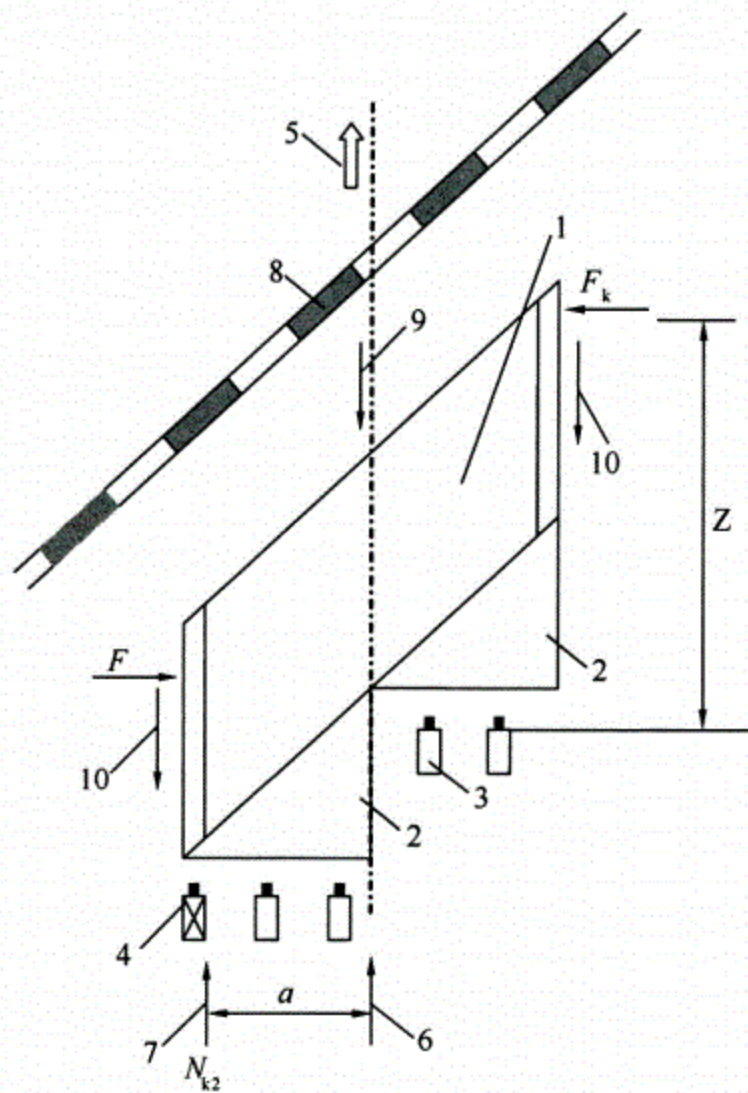


图 5.6.3 斜桥顶进顶力布置

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

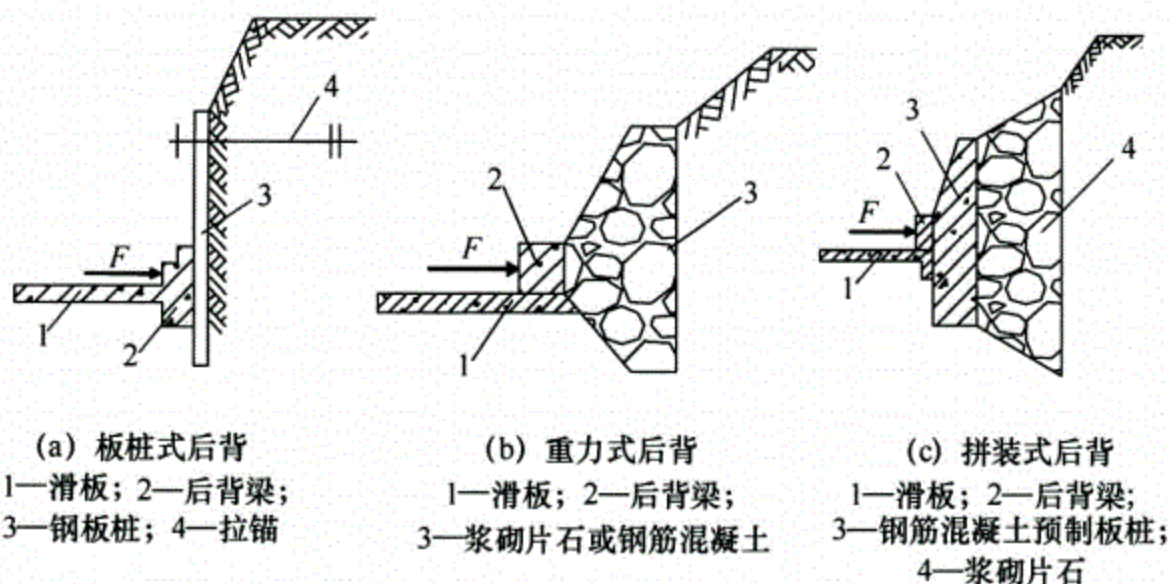


图 5.7.2 后背形式

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，并应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，并应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）。

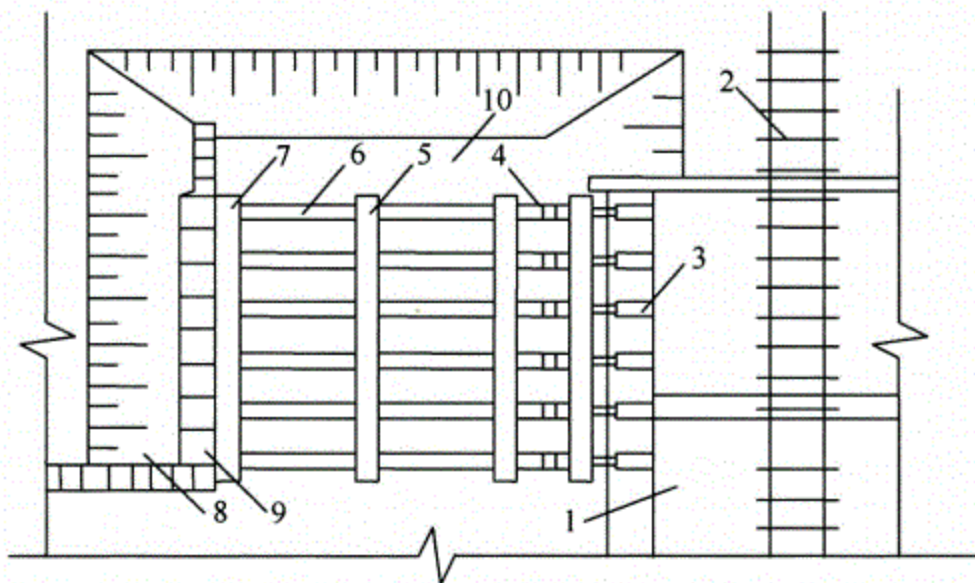


图 5.9.9-1 顶进传力设备平面布置

- 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

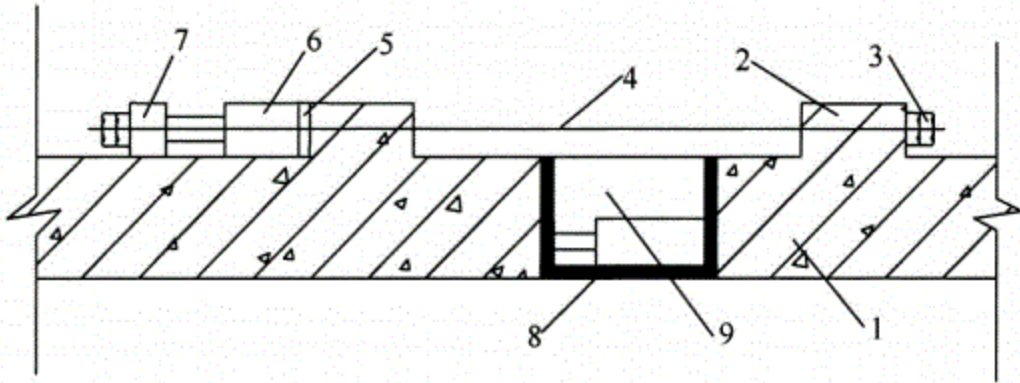


图 5.9.9-2 顶拉传力设备平面布置

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）。

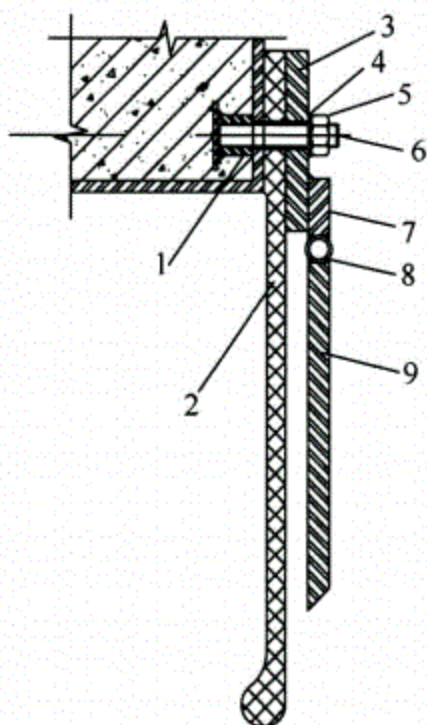


图 5.10.4 预留洞口止水装置

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：

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

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

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

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）；