

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 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

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

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 ——增人系数；

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。

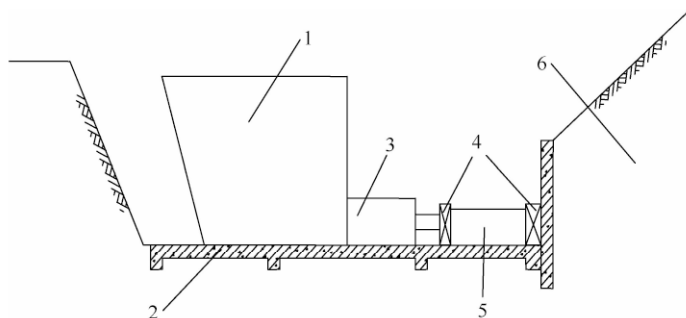


图 4.2.2 一次顶进法

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。

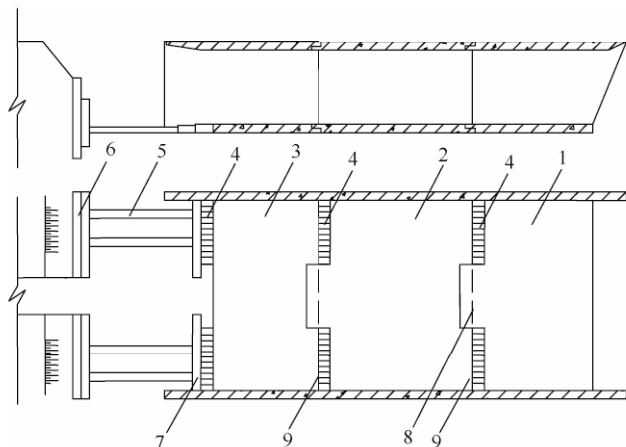


图 4.3.1 中继间法

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。

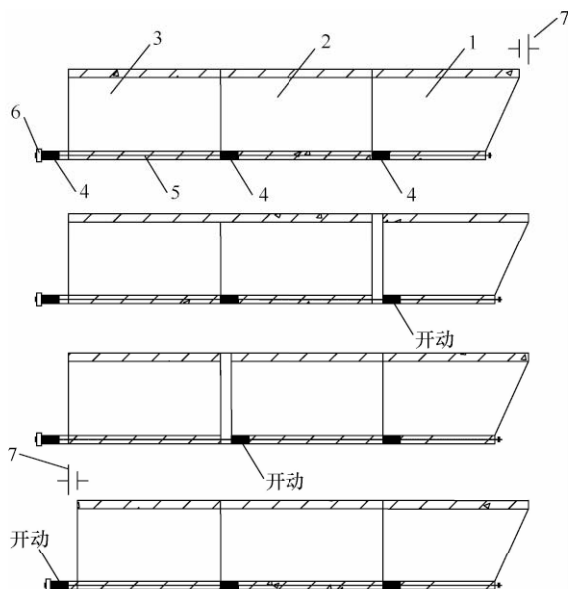


图 4.4.1 顶拉法

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。

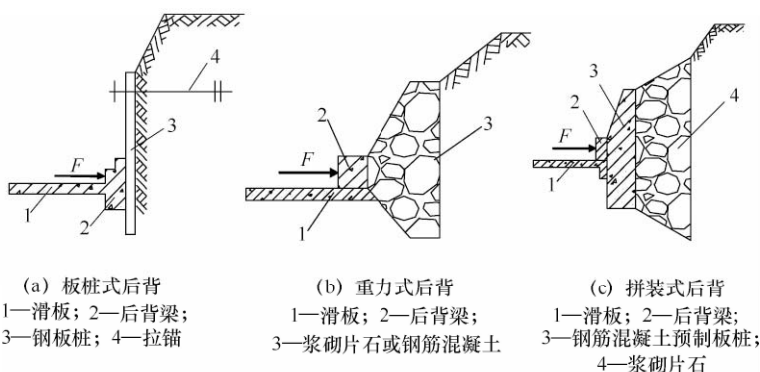


图 5.7.2 后背形式

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）。

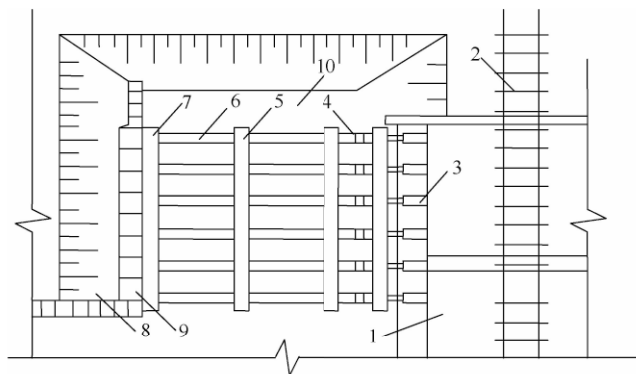


图 5.9.9-1 顶进传力设备平面布置

- 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

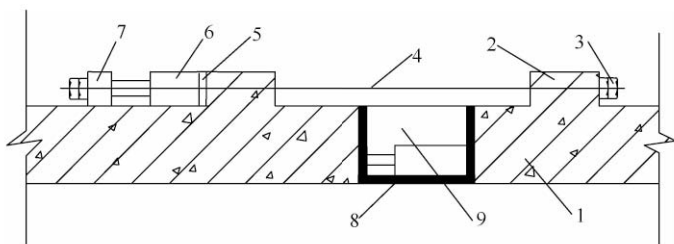


图 5.9.9-2 顶拉传力设备平面布置

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）。

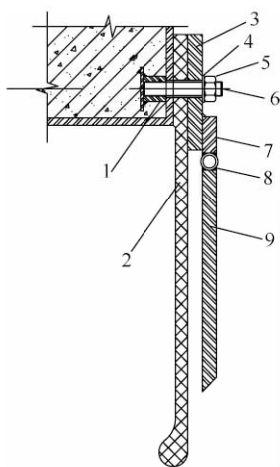


图 5.10.4 预留洞口止水装置

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%。

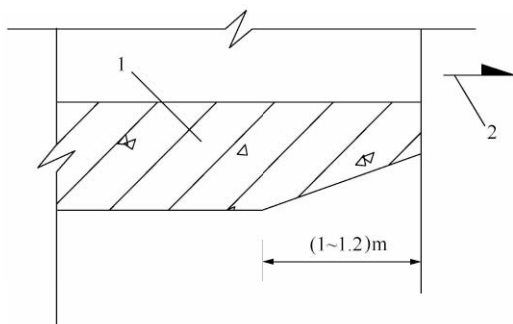


图 6.7.3 船头坡

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，并应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/m^3 ）；

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。

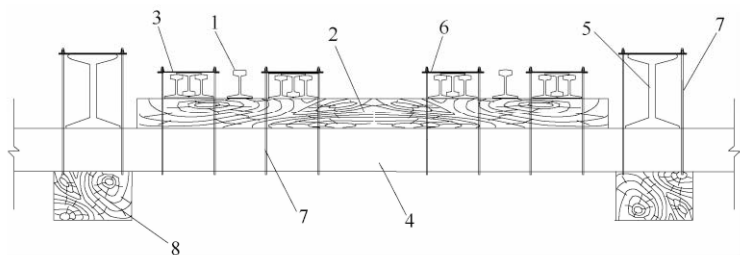


图 7.1.7 吊轨加纵横梁

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、方向墩等应符合设计要求。

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 100m^2 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斑点，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% <i>L</i> 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	尺量，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			
	防水卷材		50℃	≥0.20			
			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	
卷材接茬搭接宽度	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）：

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

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

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）。

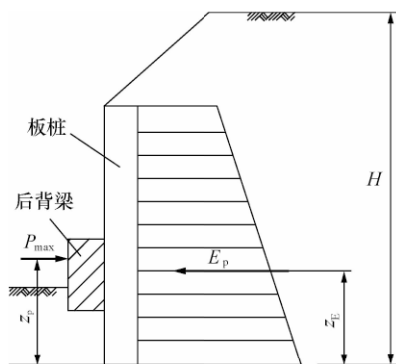


图 A.0.1 顶进时后背墙图压力计算简图

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）。

附录 B 顶进施工记录表

表 B-1 地道桥顶进施工记录表

[illegible]

机操作:

质检员:

施工员:

注: 1 中线偏差填“左”、“右”; 高程偏差, 抬头填“+”、“-”;

2 底板位移向上填“+”，向下填“-”；

3 墙体位移沿顶进方向顺时针为“+”，逆时针为“-”，注明具体位置。

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