

四川省工程建设地方标准

四川省矩形顶掘法技术标准

Technical standard of rectangular pipe jacking in
Sichuan Province

DBJ51/T 132 - 2019

主编部门：四川省住房和城乡建设厅

批准部门：四川省住房和城乡建设厅

施行日期：2020年2月1日

西南交通大学出版社

2020 成都

四川省工程建设地方标准
四川省矩形顶掘法技术标准
Technical standard of rectangular pipe jacking in
Sichuan Province
DBJ51/T 132 - 2019

*

西南交通大学出版社出版、发行
(四川省成都市二环路北一段111号西南交通大学创新大厦21楼)
各地新华书店、建筑书店经销
成都蜀通印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸：140 mm × 203 mm 印张：4.375 字数：111 千
2020年1月第1版 2020年1月第1次印刷
定价：**34.00**元

统一书号：155643·62

版权所有 盗版必究（举报电话：028-87600562）

图书如有印装质量问题，本社负责退换

（邮政编码 610031）

网 址：<http://www.xnjdcbs.com>

网上书店：<https://xnjtdxcbs.tmall.com>

关于发布工程建设地方标准 《四川省矩形顶掘法技术标准》的通知

川建标发〔2019〕417号

各市州及扩权试点县住房城乡建设行政主管部门，各有关单位：

由成都建工路桥建设有限公司和中铁二院工程集团有限责任公司主编的《四川省矩形顶掘法技术标准》已经我厅组织专家审查通过，现批准为四川省推荐性工程建设地方标准，编号为：DBJ51/T 132 - 2019，自2020年2月1日起在全省实施。

该标准由四川省住房和城乡建设厅负责管理，成都建工路桥建设有限公司负责技术内容解释。

四川省住房和城乡建设厅

2019年10月9日

前 言

本标准是根据四川省住房和城乡建设厅《关于下达工程建设地方标准 四川省矩形顶掘法技术标准 编制计划的通知》(川建标发〔2018〕644号)的要求,由成都建工路桥建设有限公司与中铁二院工程集团有限责任公司会同有关单位共同编制完成的。

标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际和国内先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本标准。

本标准共分13章和2个附录,主要技术内容包括:1 总则;2 术语;3 基本规定;4 勘察;5 设计;6 矩形顶掘机选型;7 管节生产与运输;8 顶掘施工;9 顶掘施工辅助措施;10 监控量测;11 安全施工与绿色施工;12 风险管理和控制;13 工程验收。

本标准由四川省住房和城乡建设厅负责管理,由成都建工路桥建设有限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,请反馈给成都建工路桥建设有限公司(地址:成都市青羊区成飞大道敬业路195号G区6栋A座;邮编:610091;电话:028-65332828;邮箱:cdjglq@cdjglq.com)。

主 编 单 位 : 成都建工路桥建设有限公司

中铁二院工程集团有限责任公司

参 编 单 位 : 中铁工程装备集团有限公司

中铁西南科学研究院有限公司

成都建工工业化建筑有限公司

成都市建设工程质量监督站

主要起草人：邓明长 易 丹 邓江云 林 刚 汪 洋

(以下按姓氏笔画排列)

王人生 王 耀 王 科 邓忠伟 冯身强

刘畅雷 刘志强 朱宏海 闫洪坤 李 伟

李 俊 李 坚 李建强 陈 勇 何跃军

杜 俊 张 博 张 增 杨 曦 杨 征

易勇进 周明亮 卓普周 苟元旭 郑祥中

罗世培 高 进 高红兵 贾连辉 龚廷民

寇 朦 谢 明 喻 波 谭 刚 谭顺辉

薛广记

主要审查人：向 学 潘 毅 闫勇建 王国义 杨红军

马士伟 方 勇

目 次

1	总 则	1
2	术 语	2
3	基本规定	5
3.1	勘 察	5
3.2	设 计	5
3.3	矩形顶掘机选型	6
3.4	管节生产与运输	6
3.5	施 工	7
3.6	监控量测	7
4	勘 察	8
4.1	一般规定	8
4.2	勘察内容	8
4.3	成果分析与勘察报告	10
5	设 计	12
5.1	一般规定	12
5.2	荷 载	13
5.3	主要工程材料	15
5.4	结构计算	15
5.5	结构设计	16
5.6	防水设计	18
5.7	工作井	20

5.8	附属构筑物	22
6	矩形顶掘机选型	23
6.1	一般规定	23
6.2	主要技术参数与系统组成	23
6.3	系统选型及设计	25
7	管节生产与运输	30
7.1	一般规定	30
7.2	管节生产	30
7.3	堆放及运输	34
8	顶掘施工	35
8.1	一般规定	35
8.2	施工准备	37
8.3	测量控制	38
8.4	工作井	43
8.5	始发与接收(含设备组装、拆除)	44
8.6	顶掘	45
8.7	管节安装	48
8.8	置换注浆	50
9	顶掘施工辅助措施	51
9.1	一般规定	51
9.2	洞门加固	51
9.3	中继	51
10	监控量测	52
10.1	一般规定	52

10.2	测点布置原则及监测频率	53
10.3	监控量测方法	56
10.4	预警响应	57
11	安全施工与绿色施工	60
11.1	一般规定	60
11.2	安全施工	61
11.3	绿色施工	61
12	风险管理和控制	62
12.1	一般规定	62
12.2	风险辨识	62
12.3	风险分析	63
12.4	风险管理	64
12.5	风险控制	65
13	工程验收	66
13.1	一般规定	66
13.2	管节验收	71
13.3	工程竣工验收提交资料	73
附录 A	顶掘机推力计算	74
附录 B	工程验收质量检查记录附表	77
	本标准用词说明	87
	引用标准名录	89
	附：条文说明	91

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Basic provisions	5
3.1	Survey	5
3.2	Design	5
3.3	Type selection of rectangle pipe jacking machine	6
3.4	Segment production and transportation	6
3.5	Construction	7
3.6	Monitoring measurement	7
4	Survey	8
4.1	General provisions	8
4.2	Survey contents	8
4.3	Results analysis and investigation report	10
5	Design	12
5.1	General provisions	12
5.2	Load	13
5.3	Main engineering materials	15
5.4	Structural calculation	15
5.5	Structural design	16
5.6	Waterproof design	18
5.7	Working shaft	20
5.8	Ancillary structure	22

6	Type selection of rectangle pipe jacking machine	23
6.1	General provisions	23
6.2	Main technical parameters and system composition	23
6.3	System selection and design	25
7	Segment production and transportation	30
7.1	General provisions	30
7.2	Segment production	30
7.3	Segment stacking and transportation	34
8	Pipe jacking construction	35
8.1	General provisions	35
8.2	Preparation for construction	37
8.3	Measurement control	38
8.4	Working shaft	43
8.5	Starting and receiving (including equipment assembly and demolition)	44
8.6	Pipe jacking	45
8.7	Segment installation	48
8.8	Replacement grouting	50
9	Auxiliary measures of pipe jacking construction	51
9.1	General provisions	51
9.2	Tunnel door reinforcement	51
9.3	Relay	51
10	Monitoring measurement	52
10.1	General provisions	52
10.2	Arrangement principle of measuring point and monitoring frequency	53

10.3	Monitoring measurement method	56
10.4	Pre-warning response	57
11	Safety construction and green construction	60
11.1	General provisions	60
11.2	Safety construction	61
11.3	Green construction	61
12	Risk management and control	62
12.1	General provisions	62
12.2	Risk identification	62
12.3	Risk analysis	63
12.4	Risk management	64
12.5	Risk control	65
13	Acceptance of construction project	66
13.1	General provisions	66
13.2	Acceptance of segment	71
13.3	Data submitted for completion and acceptance of construction project	73
Appendix A	Thrust calculation of pipe jacking machine	74
Appendix B	Schedule of construction quality acceptance and inspection records	77
	Explanation of wording in this standard	87
	List of quoted standards	89
	Addition: Explanation of provisions	91

4 勘 察

4.1 一般规定

4.1.1 应针对矩形顶掘法施工的特点，结合工程重要性、场地复杂程度和工程周边环境条件制定勘察方案，采用综合地质勘察方法，查明工程地质与水文地质条件，进行综合分析，提供设计施工所需的地质参数，提出工程措施建议。

4.1.2 岩土工程勘察应为下列工作提供地质资料：

- 1 矩形顶掘法施工技术可行性研究及工法设计；
- 2 隧道选线和矩形顶掘工作井（井）位置的选定；
- 3 矩形顶掘设备选型、结构设计、地下水控制方案、辅助工程措施选择、施工参数确定；
- 4 工程风险评估、工程周边环境保护及监测方案设计。

4.2 勘察内容

4.2.1 岩土工程勘察工作应包括下列内容：

- 1 查明隧道通过区的地层结构、地质构造，以及岩土类型、分布、成因和工程特性；
- 2 查明不良地质和特殊岩土的类型、分布范围、发育特征、发展趋势及对工程的影响程度；
- 3 查明地表水体的水位、水深、流速、水质、淤积物等特征；
- 4 查明隧道通过区的井、泉分布，地下水的埋藏条件，包

括地下水类型、补给、径流、排泄、水位、水压、流速、流向、渗透系数等水文地质条件及其与地表水的水力联系；

5 查明隧道通过区煤层、气田、矿体及富集放射性物质、有害气体、污染土等的分布、成分、发育特征等，评价其对隧道工程的危害程度；

6 取得沿线地下管线及地下设施分布图，分析工程与周边环境的相互影响。

4.2.2 勘探孔布置应符合下列规定：

1 根据工程类别、工程设置、地质条件复杂程度和不良地质、特殊岩土发育情况以及设计和施工等需要，合理布置勘探孔和控制性地质横剖面，勘探孔间距以查明工程地质、水文地质条件为原则；

2 勘探孔间距宜为 20 m ~ 50 m，场地和岩土条件复杂地段或有特殊要求的地段宜加密勘探孔。岩土条件复杂或勘探孔间距较大时，宜采用孔内 CT、跨孔 CT 等有效方法进行补充；

3 隧道洞口、工作井以及工法变换部位应布置控制勘探孔和地质横剖面；

4 应布置代表性地质横剖面，每个地质横剖面应不少于 2 个勘探孔；

5 勘探孔宜沿隧道结构两侧 3 m ~ 5 m 交叉布置；

6 控制性勘探孔的数量不应少于勘探点总数的 1/3。

4.2.3 勘探孔深度应符合下列规定：

1 勘探孔深度应根据基础类型、基础埋置深度、结构底板埋深、地质条件等综合确定，为查明隐伏地质条件或满足特殊需要，可布置代表性的超深控制孔；

2 控制性勘探孔深度：应满足变形计算、稳定性分析、抗浮设计以及地下水控制的要求。土质地层应进入隧道结构底板以

下不小于 3 倍隧道高度或按进入底板以下 15 m~20 m 控制, 岩质地层应进入结构底板以下中等风化或微风化岩石不小于 5 m;

3 一般性勘探孔深度: 土质地层应进入隧道结构底板以下不小于 2 倍隧道高度或按进入底板以下 10 m~15 m 控制, 岩质地层应进入结构底板以下中等风化或微风化岩石不小于 3 m。

4.2.4 测试、试验、工程物探工作应符合下列规定:

1 采取试样及原位测试的勘探孔数量不应少于勘探点总数的 2/3; 原位测试方法应根据需要和地区经验合理选取;

2 每一地质单元的各主要岩土层测试或试验数据不宜少于 6 件(组);

3 根据设计需要开展波速测试和电阻率测试, 原则上每一地质单元波速测试孔不宜少于 2 孔、电阻率测试孔不宜少于 2 孔;

4 必要时, 在钻孔内或钻孔之间增加地球物理勘探点, 为钻孔成果的内插、外推提供依据;

5 应采取地表水、地下水试样及岩土试样进行腐蚀性试验;

6 宜进行地温测试, 地温测试可采用钻孔法、贯入法;

7 当遇有害气体应进行有害气体成分、含量、浓度、压力测试;

8 高地应力地段, 应进行地应力测试;

9 当地下水对隧道工程影响较大或需进行地下水控制时, 宜进行水文地质试验, 必要时布置长期水文观测孔。

4.3 成果分析与勘察报告

4.3.1 岩土工程勘察报告应在搜集已有资料, 取得工程地质调绘、勘探、测试、试验等成果的基础上, 结合工程特点、设计方案、施工方法等, 进行综合地质分析。

4.3.2 工程地质参数的确定，应结合原位测试、室内试验和当地工程经验等综合选用。

4.3.3 岩土工程勘察报告应资料完整、数据真实、内容可靠，文字、表格、图件互相印证；工程地质分析评价应论据充分、针对性强，措施建议应技术可行、安全适用、经济合理。

4.3.4 工程地质分析评价主要包括下列内容：

- 1 工程建设场地的稳定性、适宜性评价；
- 2 分析地层岩性、地质构造、地下水等地质条件，提出设备选型和工法设计、施工应注意的工程地质问题；
- 3 分析评价不良地质和特殊岩土对施工和工程安全的影响；
- 4 分析地表水与地下水之间的水力联系，评价其对施工的影响；
- 5 分析水文地质条件，提供防渗和抗浮设防水位；
- 6 岩土体的变形、强度和稳定性分析，确定围岩分级；
- 7 分析发生突水、涌泥的可能性，提出预防措施建议；
- 8 分析煤层、矿体、放射性、地温及有害气体等对施工安全和人体的危害，提出防护措施建议；
- 9 划分场地土类型和场地类别，评价场地和地基土地震效应；
- 10 水和土对建筑材料腐蚀性评价；
- 11 工作井支护方案、施工方法、工程措施建议；
- 12 分析周边建（构）筑物、地下管线等在施工过程中的安全性，提出迁改、防护等措施建议。

4.3.5 岩土工程勘察报告应包括文字、表格、图件，重要的支持性资料可作为附件。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 矩形顶掘法应用和隧道选址应综合考虑地形、地质、周边建（构）筑物情况、始发接收场地、工程接口需求等因素，隧道轴线在单次作业区段内宜为直线。

5.1.2 矩形顶掘法单次作业区段长度应综合考虑地质、隧道路由、工程接口等因素并计算顶推力后确定。

5.1.3 矩形顶掘法隧道宜结合实际需求尽量采用较小的坡度。

5.1.4 矩形顶掘法隧道断面尺寸在考虑使用功能的基础上，还应综合考虑地质条件、开挖率、出渣效率、设备布置、施工误差等因素。

5.1.5 多条隧道并排设置时应按分期作业考虑，需同期作业时应进行专项论证。

5.1.6 矩形顶掘法隧道覆土厚度不宜小于开挖宽度的 0.5 倍，否则应设计专门的施工安全措施。

5.1.7 管节结构设计应综合考虑制作、吊装、堆放、运输、安装、使用等工况。

5.1.8 对于防水等级为一、二级的隧道，管节间宜优先采用贯通单次作业区段的预应力钢索连接，预应力应根据结构、施工工艺和防水要求确定；当需采用螺栓连接时，应对顶进过程中螺栓的复紧提出具体要求并对螺栓进行疲劳验算。

5.1.9 工作井设计应综合考虑地质条件、管节尺寸、隧道埋深、施工工艺等因素，工作井形状和尺寸应满足顶掘机组装、始发、

接收、拆卸、材料及渣土运输等需要，条件允许时宜结合使用阶段功能统筹设计。

5.1.10 应对顶推反力墙和管节的允许顶推力进行计算，二者间取最小值确定施工允许顶推力。

5.1.11 洞门结构应满足结构功能、受力和防水等要求。通常洞口段地层应根据顶掘法始发、到达工艺要求对地层进行加固处理。

5.2 荷 载

5.2.1 矩形顶掘法隧道设计荷载可按表 5.2.1 选用。

表 5.2.1 荷载分类

荷载类型	荷载名称
永久荷载	结构自重
	附属设施自重
	人群、车辆、管线等内部荷载
	地层压力
	隧道上部和破坏棱体范围的设施及建筑物压力
	水压力
	地层抗力
可变荷载	地面超载
	施工荷载
	膨胀力等
偶然荷载	地震作用
	人防荷载

注：上述仅列出矩形顶掘法的常见荷载，具体设计过程中可根据行业标准进行调整。

5.2.2 荷载计算可按下列方法进行：

1 结构自重

按结构实际质量计算结构自重。

2 地层压力

1) 垂直压力

垂直压力宜根据所处地层条件、覆土厚度确定，当上覆土体为砂性土、流塑状土等软弱地层或覆土厚度小于2倍开挖宽度时，应按全土柱计算，其余情况可适当考虑卸载拱作用。

2) 侧向压力

土压力宜按静止侧压力计算。砂性土地层宜采用水土分算；黏性土地层在施工阶段可采用水土合算，使用阶段应采用水土分算。

3 隧道上部和破坏棱体范围的设施及建（构）筑物压力

对既有和已批准待建的建（构）筑物应根据其与隧道的相互关系确定荷载取值。

4 水压力

应按施工期和使用期可能的最高水位计算水压力。

5 地层抗力

地层抗力根据结构与地层间实际作用取值，进行有限元计算时可采用垂直于管节外壁的单向受压弹簧模拟。

6 地面超载

位于城市中的隧道超载值不宜小于20 kPa，并参与正常使用极限状态验算。

7 施工荷载

施工荷载主要包括地层与管节间摩阻力、地面堆载、顶掘机吊装荷载、顶掘机始发对工作井的附加力、相邻隧道施工相互影响、顶进液压缸推力、顶掘机附属设施自重、注浆压力、管节姿

态偏移诱发的地层弹性波动土压等，应根据工程具体情况取值。

8 膨胀力、地震荷载、人防荷载等按相关规范确定。

5.3 主要工程材料

5.3.1 各部位混凝土最低设计强度等级应满足表 5.3.1 的要求。

表 5.3.1 混凝土最低设计强度等级

部位	最低设计强度
管节	C50
二次衬砌	C35
工作井	C35

5.3.2 预制钢筋混凝土管节受力主筋可采用 HRB400、HRB500 及更高等级钢筋，构造钢筋可采用 HPB300、HRB400 及更高等级钢筋。

5.3.3 采用的防水材料应满足国家和行业现行相关标准要求，检测验收合格后方可进场使用。

5.3.4 根据水文地质条件和工程实际情况，减摩注浆材料可选择膨润土泥浆或其他材料，置换注浆材料宜选择水泥浆液。

5.4 结构计算

5.4.1 隧道结构应进行承载能力极限状态和正常使用极限状态验算，施工阶段计算中应充分考虑顶掘法特点。

5.4.2 隧道结构计算应符合下列规定：

1 隧道结构横断面计算简图应根据地层情况、衬砌构造特

点及施工工艺等确定，计算中应考虑衬砌与地层共同作用。衬砌内力计算宜采用“荷载-结构”模式，特别重要的工程可采用“地层+结构”模式进行复核。

2 当遇到下列情况时，矩形顶掘法隧道还应进行纵向强度和变形的验算：

- 1) 沿纵向荷载有较大变化时；
- 2) 基底地层有较大变化时；
- 3) 纵向结构刚度有较大变化时。

3 隧道计算包括施工阶段和使用阶段两部分。

4 抗震设防烈度不小于 7 度时或结构形式复杂、地层软硬不均、结构刚度突变段应进行抗震验算，并应考虑相邻建（构）筑物的相互地震作用。

5.4.3 隧道结构应对抗浮最不利工况进行验算，抗浮安全系数应不小于 1.05。

5.4.4 钢筋混凝土管节结构计算最大裂缝宽度宜按 0.2 mm 控制，特殊环境条件下钢筋混凝土管节结构计算最大裂缝宽度应满足国家及行业相关要求。

5.5 结构设计

5.5.1 管节厚度应根据隧道结构计算、净空尺寸、工程地质及水文地质条件等综合确定。

5.5.2 管节长度应综合考虑制作、吊装、运输、防水、机械设备、施工场地等因素，预制钢筋混凝土管节长度宜取 1.5 m ~ 2.0 m。

5.5.3 管节接口可采用平接口或承插口，防水等级二级及以上时应采用承插口。

5.5.4 当遇摩擦系数较大地层且单次顶进长度较长时，钢筋混凝土管节迎土侧混凝土保护层厚度可适当增加。

5.5.5 矩形顶掘法隧道管节细部设计宜符合下列要求：

1 管节外侧应根据施工工艺要求设置吊装（翻转）孔，吊装（翻转）孔宜采用内侧封闭的预埋无缝钢管，钢管与管节混凝土有效锚固，具体尺寸根据设备、受力需求确定。

2 管节应设置减摩注浆孔，注浆孔位于管节前端，具体尺寸根据结构尺寸、设备、地层情况确定，一般沿管节外周环向间距不大于 1.5 m；为提高减摩效果，可在管节外表面设置汇浆槽道（图 5.5.5-1）。

3 管节边缘宜做倒角处理，以减少运输和顶进过程中的破损。

4 根据防水标准，管节接缝内侧边缘处可设置嵌缝槽，嵌缝槽深宽比不小于 2.5，槽宽不宜小于 10 mm，嵌缝槽断面构造形式可按图 5.5.5-2 选用。

5 管节应在内表面明显位置设计标识。

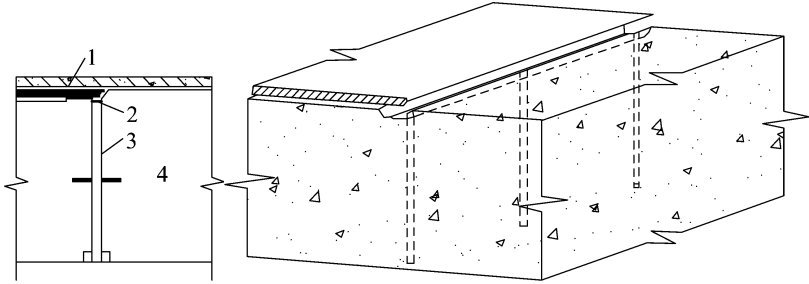
6 可根据地层特点和施工需要在管节端面设置凹凸榫或定位装置，当管节间采用纵向连接时定位装置宜结合连接孔设置。

7 螺栓手孔、预埋件等薄弱部位应设置构造钢筋。

8 管节端面应设置传力衬垫，衬垫一般可采用多层胶合板，厚 10 mm ~ 20 mm，当管节端面设置密封垫沟槽时，衬垫应避开沟槽设置，可采用丁腈软木橡胶板，厚 2 mm ~ 3 mm，并同时提高管节端面制造精度要求。

9 管节后端 1 倍管节厚度范围内宜有环向或其他形式加强筋。

10 顶掘法隧道施工完成后，应对各类孔洞进行封堵，一般可选用细石混凝土材料。



1—承插钢板；2—汇浆槽道；3—减摩孔；4—管节。

图 5.5.5-1 汇浆槽道

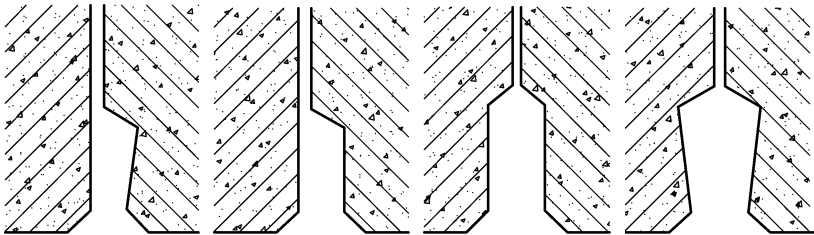


图 5.5.5-2 嵌缝槽断面构造形式

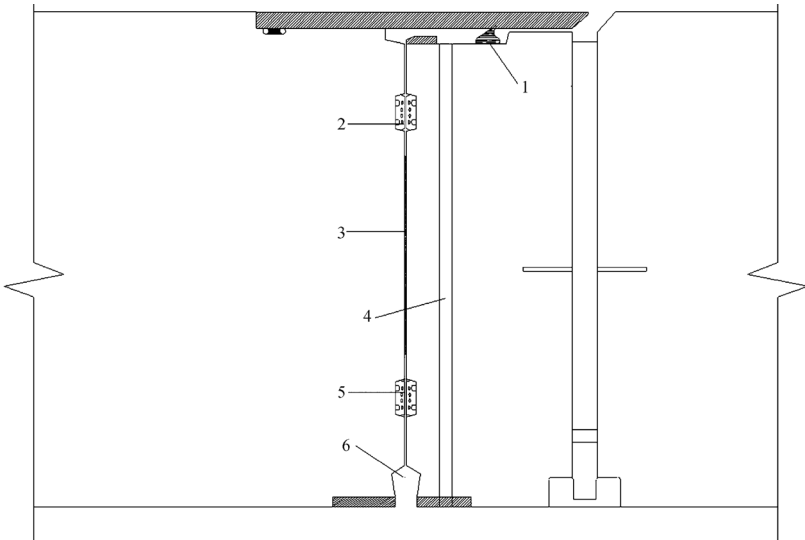
5.6 防水设计

5.6.1 钢筋混凝土管节应采用防水混凝土，抗渗等级不小于P10。

5.6.2 结构防水以混凝土管节自防水和接缝防水为主，以置换注浆为补充，接缝防水体系包括置换注浆层、承口密封、充填密封、端面密封，以及嵌缝等，具体可按表5.6.2选用。

表 5.6.2 接缝防水体系

防水分项	防水等级			备注
	一级	二级	三级	
承口密封	应选	应选	宜选	以橡胶密封圈为主
充填密封	应选	应选	可选	—
端面密封	应选	可选	可选	结合纵向连接设置密封垫
嵌缝	可选	可选	可选	—



1—鹰嘴密封圈；2—弹性橡胶密封垫；3—软木橡胶垫片；4—充填密封压浆孔（顶进结束后接头处聚氨酯浆液注浆注入）；5—弹性橡胶密封垫；6—嵌缝。

图 5.6.2 典型接缝防水体系

5.6.3 密封垫设计应满足以下规定：

- 1 与密封垫沟槽形状匹配，通常截面面积为密封垫沟槽截面面积的 1.05 ~ 1.15 倍；
- 2 接缝闭合压缩力应小于单环管节的钢索预应力或螺栓紧固力；
- 3 一级防水等级时，应为接缝防水的主要体系，耐水压能力应不小于设计水压的 2 ~ 3 倍，且应通过密封试验确定；
- 4 长期压应力作用下，压缩永久变形小于 25%；
- 5 密封垫宜结合接缝面形状及连接键位置两侧对称设置。

5.6.4 预埋注浆管应符合下列规定：

- 1 预埋注浆管应至少设置一道密封圈，密封圈在混凝土浇筑前固定；
- 2 注浆管密封圈宜采用具有良好弹性、耐久性、耐水性的橡胶类材料；
- 3 注浆管内应设置止逆装置。

5.6.5 管节与洞门等其他结构接头处宜采用柔性材料进行密封处理。

5.6.6 金属材料构件均应采取防腐蚀措施，并应满足各行业耐久性要求。

5.6.7 置换注浆材料的耐久性应满足各行业要求，中等及以上腐蚀性地层应对置换注浆材料进行专题研究。

5.7 工作井

5.7.1 根据施工工艺和使用功能要求，工作井可分为始发坑、接收坑和中间坑。

5.7.2 工作井位置应根据隧道平纵断面、施工工艺与施工组织、运输条件、周边环境要求、隧道功能等综合比选后确定。

5.7.3 工作井宜设计为矩形断面，当开挖深度大、地质条件差或有转向需求时，可考虑采用圆形或多边形断面。工作井设计时应为设备吊装和施工预留一定的操作空间。

5.7.4 工作井结构设计时，除考虑使用阶段工况外，还应考虑设备吊装、顶掘机始发接收、管节吊装、渣土运输等特殊工况。

5.7.5 隧道与工作井接口处坑壁开孔尺寸可按下式计算：

$$D = B \cdot \tan \alpha + \left(\frac{D_s}{\cos \alpha} \right) + \Delta e \quad (5.7.5)$$

式中： D ——坑壁开孔宽度（或高度）（m）；

D_s ——隧道开挖宽度（或高度）（m）；

B ——洞口后浇环梁沿隧道纵向长度（m）；

α ——隧道轴线与洞口轴线的夹角（°）；

Δe ——综合误差，始发坑取 0.20 m，接收坑取 0.30 m。

5.7.6 洞口后浇环梁高度宜为管节厚度的 1.5~2.5 倍，沿隧道纵向长度宜为管节长度的 0.35~1.0 倍，洞口后浇环梁与工作井壁间宜设计为刚性连接，在隧道采用预应力钢索连接时，后浇环梁抗剪承载力不应低于预应力的 1.05 倍。

5.7.7 始发、接收前需对端头周围地层进行加固，具体加固措施可选用降水、注浆、深层搅拌桩、高压旋喷、冻结法、大管棚等。地层加固范围及效果应根据工程水文地质条件、施工工艺特点、周边环境要求等综合确定，地层加固长度不宜小于顶掘机长

度，宽度和深度不宜小于隧道外表面外扩 0.5 倍开挖宽度。

5.8 附属构筑物

5.8.1 矩形顶掘法隧道附属洞室宜结合工作井设置，原则上不设置单独开孔的附属洞室，确需在隧道上单独开孔时应进行专题研究。