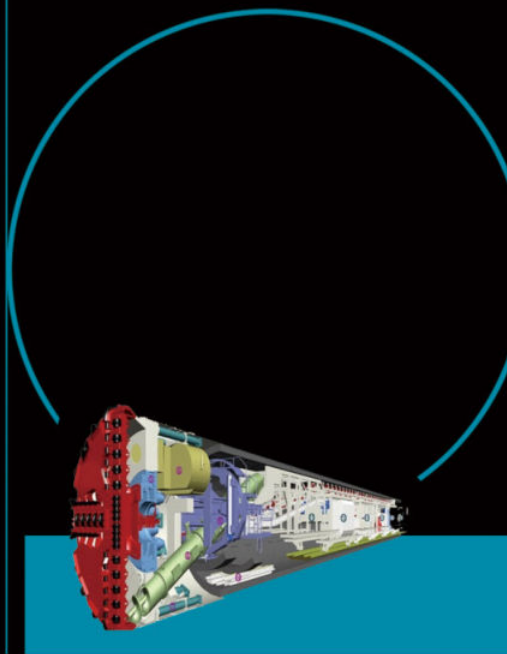


# 成都特殊地质条件下 地铁盾构选型与 施工关键技术

CHENGDU TESHU DIZHI TIAOJIAN XIA  
DITIE DUNGOU XUANXING YU SHIGONG GUANJIAN JISHU

邓 勇 管会生 任 霄 ● 编著  
吴应明 李增良 ● 主审





图书在版编目 ( C I P ) 数据

2018.12

ISBN 978-7-5643-6641-4

U231.3

CIP

2018

279251

成都特殊地质条件下  
地铁盾构选型与施工关键技术

编著

15.75 370

185 mm× 260 mm

<http://www.xnjdcbs.com>

2018 12 1

111

21

2018 12 1

610031

028-87600564 028-87600533

ISBN 978-7-5643-6641-4

86.00

028-87600562

## 本书编委会

主 编 邓 勇 管会生 任 霄

副主编 吴青华 任高峰 米仕鹏

主 审 吴应明 李增良

编 委 (排名不分先后)

薛俊峰 王 锋 朱朋刚 廖 江 谭孝锋 杨 骁

金开俊 熊兴国 郭李刚 谢贵明 王世军 史刚敏

刘 琦 张亚军 曹东阳 白树福 冉 波 谭军民

# 前 言

“成都海棠千万株，繁华盛丽天下无”，成都位于四川盆地西部、成都平原腹地，境内地势平坦、河网纵横。近年来，成都作为新一线城市的领军者，地铁事业的发展也相当迅猛。截至 2018 年 9 月，成都地铁在建线数达到 9 条，共计里程 351 km，预计 2020 年年底陆续开通运营里程达到 515.72 km。

盾构法是一种使用盾构在地下掘进，一边防止软基开挖面土砂崩塌和保持开挖面稳定，一边在机内安全进行隧道的开挖作业和衬砌作业，从而构筑成隧道的施工法。盾构施工法由于具有开挖和衬砌安全，掘进速度快，盾构的推进、出土、拼装衬砌等全过程可实现自动化作业，施工劳动强度低，以及不影响地面交通与设施等优点，成为城市地铁建设的首选方法。

据调查，成都地铁穿越的地层主要有砂卵石地层和泥岩、砂岩地层。成都地层的特殊复杂性，给盾构法施工增加了不少困难，尤其是成都独特的富水、富含大漂石的砂卵石地层，在世界范围内也属罕见，对盾构施工的要求也极为特殊。因此，成都特殊复杂地质条件下的盾构施工方法成为诸多学者研究的主要方向。

本书立足于成都特殊复杂的地质条件，在借鉴成都各地铁线路的盾构施工经验及技术的基础上，总结提出成都特殊复杂地质条件下的盾构选型方法；针对成都地铁盾构施工过程中遇到的各种困难问题，如盾构始发时漏浆及盾体翻转、刀盘卡停以及盾构连续下穿污水管施工质量难以保证等，本书亦提出相应的技术措施和工法等。

本书由中铁二十局集团有限公司董事长、党委书记邓勇策划、指导，并与管会生、任霄共同编著，参加课题研究和本书编写工作的还有吴青华、任高峰、米仕鹏、薛俊峰、王锋、朱朋刚、廖江、谭孝锋、杨骁等。本书的研究工作得到了国家重点研发计划项目（2017YFB305900）的资助。感谢西南交通大学、中铁二十局集团公司第三公司盾构事业部对本书编写的支持，感谢提供总结资料的编写人员，感谢编辑部老师的指导和为本书出版所付出的辛劳。

本书理论与实践并重，结合了经典理论、方法与现代新技术、新方法，可为类似工程建设提供参考，也可供工程技术人员和在校学生阅读参考。

由于时间仓促、水平有限，书中难免有不足之处，恳请专家和读者批评指正。

作者

2018 年 10 月

# 目 录

第 1 章	成都特殊复杂地质条件	1
1.1	成都地质环境概况	1
1.2	成都地铁穿越地层特征及难点	5
第 2 章	盾构选型方法及适应性分析	9
2.1	盾构类型	9
2.2	盾构选型的原则与依据	13
2.3	盾构选型的主要步骤	15
2.4	盾构的适应性分析	16
2.5	成都地铁盾构适应性分析选型实例	22
第 3 章	关键部件选型及关键参数计算	35
3.1	盾构基本尺寸的确定	35
3.2	盾体选型设计	37
3.3	主驱动及密封	47
3.4	管片拼装系统	53
3.5	管片吊运系统	59
3.6	注浆系统	62
3.7	渣土改良系统	67
3.8	关键参数的计算	70
第 4 章	刀盘选型及刀具配置	77
4.1	刀盘结构选型	77
4.2	刀具配置	80
4.3	成都地铁盾构刀盘选型及刀具配置要点	85
4.4	成都地铁盾构刀盘选型及刀具配置实例	86
4.5	刀盘耐磨措施	92
第 5 章	边滚刀破岩特性及优化布置研究	95
5.1	边滚刀受力情况分析	96
5.2	滚刀破岩效率分析	99

5.3	基于 ABAQUS 的边滚刀破岩仿真	104
5.4	边滚刀破岩特性因素研究与优化	110
5.5	边滚刀优化布置设计方法	121
<b>第 6 章</b>	<b>螺旋机的选型及适应性改进研究</b>	<b>129</b>
6.1	螺旋输送机的基本构造及工作原理	129
6.2	螺旋输送机的选型设计	132
6.3	盾构施工中螺旋输送机遇到的问题及解决措施	137
6.4	螺旋轴变螺距设计	141
<b>第 7 章</b>	<b>滚刀及切刀磨损分析</b>	<b>148</b>
7.1	滚刀磨损机理及受力分析	148
7.2	滚刀磨损分析	151
7.3	切刀切削机理及磨损分析	154
7.4	滚刀及切刀耐磨措施	159
<b>第 8 章</b>	<b>特殊复杂地质条件下的盾构施工技术</b>	<b>161</b>
8.1	盾构机始发掘进技术	161
8.2	盾构正常掘进施工技术	165
8.3	盾构管片拼装技术	167
8.4	刀盘卡停防控技术	172
8.5	刀具检查与开舱换刀技术	174
8.6	渣土改良技术	181
8.7	大漂石处理技术	184
8.8	盾构机到达施工技术	186
8.9	连续下穿污水管盾构施工技术	190
8.10	地层下穿红光渠及桥梁施工技术	195
8.11	地表沉降控制	198
<b>第 9 章</b>	<b>盾构机掘进姿态描述及纠偏方法研究</b>	<b>207</b>
9.1	盾构机姿态参数	207
9.2	隧道设计轴线	211
9.3	盾构机下坡掘进姿态问题	212
9.4	最小纠偏半径	215
9.5	纠偏力矩	219
9.6	盾构机纠偏曲线分析	220
9.7	纠偏曲线仿真实例分析	224
<b>参考文献</b>		<b>237</b>
<b>后 记</b>		<b>243</b>

# 第 1 章 成都特殊复杂地质条件

## 1.1 成都地质环境概况

### 1.1.1 气象水文特征

成都市属东部季风区及中亚热带湿润气候亚区，热量丰富，雨量充沛，四季分明，雨热同季。其气候特点是：冬季较暖少雨，无霜期较长；春季气温与同纬度地区相比，回升早，天气变化不稳定，降雨量偏少，春旱时有发生；夏季多暴雨、洪涝，亦常有干旱；秋季阴雨连绵。全年阴天多，为全国日照时数较少的地区之一。年平均降水量，大部分地区为 800 ~ 1 000 mm，西部多于东部。全年降水量，夏季最多，冬季最少，秋季略多于春季。年平均降水日数为 145 ~ 160 d，7 月、8 月多暴雨。年降水量变化呈单峰型（图 1-1）。年平均日照时数为 1 200 ~ 1 300 h。全市年平均相对湿度可达 85%。平均年蒸发量可达 1 130 mm。

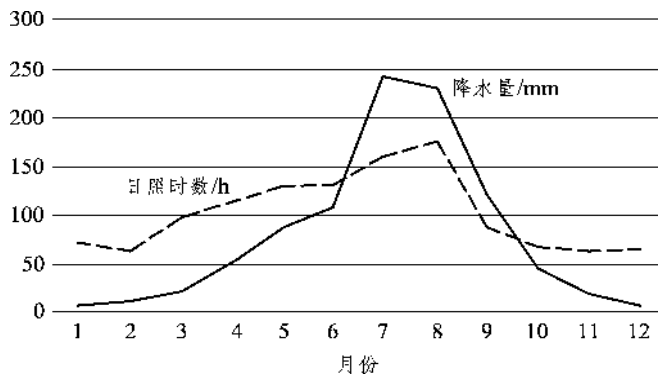


图 1-1 成都降水与日照时数分布

成都平原河流分属岷江、沱江、涪江水系。各水系从西北部各大小山口进入平原后呈扇状分流（图 1-2）。岷江水系流经平原西南部后汇于新津县流出区外；沱江水系流经平原东北部后汇于金堂赵镇流出区外；涪江水系流经平原东北部后流出区外。各水系在平原的分流密度平均每千米 2.5 条，与江河配套的各级渠系每千米为 2 ~ 4 条，是典型的水网化平原。都江堰自然地理条件优越，渠首处于岷江冲积扇顶点，可利用岷江丰沛的水量控灌整个成都平原。由于都江堰的灌溉，成都平原成为“水旱从人，不知饥馑”的天府之国。



冲积层粉土 ( $Q_4^{al}$ ): 灰黄色、褐黄色, 潮湿, 松散, 呈透镜体状分布于卵石土上部, 层厚一般为 0~0.7 m。

冲积层细砂 ( $Q_4^{sd}$ ): 深灰、灰黄色, 潮湿~饱和, 松散, 呈透镜体状分布于卵石土上部或中间, 局部含 20%~30%卵石, 层厚为 0~3.4 m。

冲积层中砂 ( $Q_4^{ms}$ ): 浅灰色、灰褐色, 饱和, 松散, 部分地段含较多卵石, 局部石英、云母含量较高, 呈透镜体状分布于卵石土的中间, 层厚为 0~4.2 m。

冲积层卵石土 ( $Q_4^{ot}$ ): 灰色、黄灰色、灰褐色, 潮湿~饱和。卵石成分以中等风化的岩浆岩、变质岩类岩石为主。磨圆度较好, 以亚圆形为主, 少量为圆形, 分选性差。卵石含量一般为 55%~75%, 粒径以 30~70 mm 为主, 含少量漂石, 沿线一级阶地广泛分布, 层厚为 2.8~20.4 m, 以松散~中密为主, 部分密实。

## 2) 第四系上更新统 ( $Q_3$ )

冰水沉积、冲积层粉质黏土 ( $Q_3^{fcl+al}$ ): 灰黄色、黄色, 硬塑, 含大量钙质、铁质、锰质结核, 呈透镜体状分布于卵石土顶部, 层厚一般为 0~6.0 m。

冰水沉积、冲积层粉、细砂 ( $Q_3^{fcl+sd}$ ): 灰黄色、褐黄色、灰绿色、蓝绿色, 饱和, 松散~稍密, 砂质较纯, 局部夹杂少量卵石, 呈透镜体状分布于卵石土上部或中间, 层厚为 0~4.0 m。

冰水沉积、冲积层中砂 ( $Q_3^{fcl+ms}$ ): 灰色、青灰色, 饱和, 松散~稍密, 含少量卵石及黏性土, 呈透镜体状分布于卵石土的中间, 层厚为 0~0.6 m。

冰水沉积、冲积层卵石土 ( $Q_3^{fcl+ot}$ ): 褐黄色、灰黄色、灰色、黄绿色等, 饱和, 分选性差, 卵石含量为 60%~75%, 粒径以 20~150 mm 为主, 卵石成分主要为中等风化及微风化花岗岩、灰岩、砂岩、石英岩等硬质岩; 圆砾含量约 10%, 余为中细砂、黏性土充填。沿线一、二级阶地广泛分布, 层厚为 6.6~31.8 m, 以中密~密实为主。

## 3) 第四系中更新统 ( $Q_2$ )

冰水沉积、冲积层软土 ( $Q_2^{fcl+sl}$ ): 深灰色、灰黄色、灰绿色, 软塑状, 质较纯, 局部夹杂少量钙质结核, 层厚一般为 0~3.3 m。该土层天然孔隙比大、含水量高、力学性质差、压缩性高、荷重易变形, 主要分布于场地内鱼塘和低洼潮湿地带表层, 或以透镜状分布于下部。

冰水沉积、冲积层黏土 ( $Q_2^{fcl+cl}$ ): 黄色、褐黄色、褐红色、灰白色, 可塑~硬塑, 含少量铁质、锰质、钙质结核, 局部含大量卵石, 广泛分布于成都东郊台地表层, 层厚一般为 4.5~9.5 m, 局部稍薄或缺失。

冰水沉积、冲积层粉质黏土 ( $Q_2^{fcl+cl}$ ): 黄色、橘黄色、棕红色、紫红色夹灰白色, 可塑~硬塑, 含少量铁质、锰质、钙质结核, 广泛分布于成都东郊台地表层, 层厚一般为 5.8~16.95 m, 局部稍薄或缺失。

冰水沉积、冲积层细砂 ( $Q_2^{fcl+sd}$ ): 紫红色, 潮湿, 稍密~密实, 含 10%~30%黏粒, 局部夹杂少量卵石、圆砾, 不连续分布于黏性土下部, 层厚为 4.0~9.5 m。该层砂土具有明显沉积韵律和泥质、微钙质胶结结构, 有一定的自稳性。

冰水沉积、冲积层中砂 ( $Q_2^{fcl+ms}$ ): 紫红色, 潮湿, 中密~密实, 含 10%~20%黏粒, 局部夹少量卵石、圆砾, 不连续分布于黏性土下部, 层厚为 0~1.8 m。该层砂土具有明显沉积韵

## 成都特殊复杂地质条件下盾构选型与施工关键技术

律和泥质、微钙质胶结结构，有一定的自稳性。

冰水沉积、冲积层卵石土 ( $Q_2^{\text{gl+al}}$ ): 灰黄色, 中密~密实, 饱和, 卵石约占 50%, 粒径以 20~60 mm 为主, 圆砾约占 15%, 粒径为 2~20 mm。磨圆度较好, 呈亚原形, 分选性差, 石质成分多为岩浆岩及变质岩质, 多为中等风化, 余为黏粒充填, 具有弱泥质胶结结构。呈透镜体状分布于成都东郊台地粉质黏土、黏土层中间, 层厚为 0~1.55 m。

### 4) 白垩系上统灌口组 ( $K_{2g}$ )

全风化泥岩、泥质粉砂岩 ( $K_{2g}$ ): 褐黄色、棕红色、紫红色, 岩心呈土柱状, 主要由黏土矿物组成, 岩质极软。本层埋藏于上部黏性土、卵石土下部, 发育厚度不均匀, 部分段缺失该层。层厚为 0~9.8 m。

强风化泥岩 ( $K_{2g}$ ): 褐黄色、棕红色、紫红色, 岩质软, 裂隙较发育, 岩心多呈碎块状, 少量呈短柱状, 部分呈土状, 岩心碎块手可折断。本层埋藏于上部黏性土、卵石土下部, 发育厚度不均匀。层厚为 0.3~9.9 m。

中等风化泥岩 ( $K_{2g}$ ): 褐黄色、棕红色、紫红色, 中厚层状, 泥质或微钙质结构, 泥质胶结。岩心多呈柱状, 少量呈碎块状。岩质较软~较硬, 锤击声较脆, 部分地段软弱夹层或差异风化明显, 易风化, 遇水易软化。

## 1.1.4 水文地质条件

成都市区根据地下水形成的自然条件和水文地质特征分为不同的两个水文地质单元: 平原区和台地区。平原区和台地大部分地区均覆盖有第四系松散堆积层。平原区第四系松散堆积层分布广、厚度大, 地下水类型为松散堆积砂砾卵石层孔隙潜水。台地区由于基岩埋藏浅, 局部为基岩出露, 上覆的少量第四系松散堆积层以黏土为主, 所以地下水类型主要为白垩系砂泥岩裂隙孔隙水。市区广布第四系孔隙潜水, 自上而下由一套透水性不同、具有统一水力联系的孔隙含水岩组组成, 即由上更新统上段 ( $Q_3^2$ ) 含泥砂砾卵石层 (渗透系数为 15~20 m/d) 及其之下的上更新统下段 ( $Q_3^1$ ) 风化泥砂砾卵石层 (渗透系数为 10~15 m/d) 构成含水层主体, 并与沿府、南河或河渠故道呈条带状叠置于其上的全新统 ( $Q_4$ ) 砂砾卵石层 (渗透系数为 20~40 m/d) 共同组成区内第四系孔隙含水岩组。按松散堆积的成因类型、形成时代、埋藏分布特征、相互叠置关系, 平原区松散堆积孔隙潜水可分为: 平原河间二级阶地、冰水流水堆积层含泥砂砾卵石层孔隙潜水; 河道漫滩、一级阶地冲洪积层砂砾卵石层孔隙潜水。区内地下水具有水流交替循环强烈、水位恢复迅速之特点。由于含水层具有西厚东薄、北厚南薄的特点, 富水程度随含水层厚度的减薄而降低。区内基岩为白垩系灌口组紫红色泥岩、砂质泥岩、泥质砂岩, 地下水赋存于基岩风化裂隙中, 含水量一般较小, 但在岩层较破碎的情况下, 常形成局部富水段。根据成都地区水文资料, 含水层渗透系数  $K$  为 0.027~2.01 m/d, 平均为 0.44 m/d, 属弱~中等透水层。

## 1.2 成都地铁穿越地层特征及难点

### 1.2.1 成都地铁穿越地层类型

截至2018年9月，成都地铁共开通6条线路，线路总长196.477 km，共计136座车站投入运营（换乘站不重复计算），有10座换乘站。

截至2018年9月，成都地铁在建线数达到9条（成都地铁3号线二三期、成都地铁5号线一二期、成都地铁6号线一二三期、成都地铁8号线一期、成都地铁9号线一期、成都地铁10号线二期、成都地铁17号线一期、成都地铁18号线一二期、成都地铁19号线一期），共计里程351 km，预计2020年年底全部通车，开通里程达到515.72 km。

根据成都已运行或在建地铁施工的地质勘测汇总统计，部分线路地层条件如表1-1所示：

表1-1 成都地铁各线路地层条件

地铁线路	主要地层条件
成都地铁1号线	部分富水砂卵石地层以及部分泥岩地层
成都地铁2号线	卵石土及砂岩、泥岩地层
成都地铁3号线	卵石土和风化泥岩地层
成都地铁4号线	富水砂卵石地层（富含大漂石）
成都地铁5号线	富水砂卵石地层
成都地铁6号线	富水、富含大漂石的砂卵石地层，最大粒径达600 mm
成都地铁7号线	砂卵石地层
成都地铁8号线	泥岩、砂岩地层
成都地铁10号线	富水砂卵石地层
成都地铁18号线	泥岩、砂岩地层

根据表1-1的统计可知，成都地铁穿越的地层大致分为两类：一是砂卵石地层，且往往富含地下水和大粒径漂石；二是泥岩、砂岩地层。

### 1.2.2 成都地层特征及施工难点

#### 1) 砂卵石地层特征及施工难点

砂卵石地层在地质上大多是由河流冲刷和堆积沉降作用形成的。源区岩石的不同和河道的变迁，导致砂卵石层的成分、厚度、分布区域多变，砂卵石层中砂层透镜体分布不均。在工程上，与黄土、软土及复合地层的工程特性和力学性质不同，砂卵石地层是具有地层岩体松散、无胶结、自稳能力差、单个石块强度高、颗粒之间空隙大、黏聚力小、渗透系数大等



成都砂卵石地层存在着异于其他地层的各种独有的特征，正是由于这些特征的存在，盾构在该种地层下施工遇到了各种各样的问题及难点。上述五点特征均会对盾构施工造成影响，然而盾构在该种地层下施工所遇到的问题不仅限于此。以下是根据成都砂卵石地层盾构施工经验总结出的该地层特性下盾构施工普遍遇到的问题及难点：

- ① 砂卵石对盾构机刀盘、刀具、螺旋输送机的磨损速度快。
- ② 掘进中扭矩波动大，对主驱动提供的额定扭矩要求高。
- ③ 漂石含量多，易发生卡刀盘的现象，导致盾构机无法连续施工。
- ④ 卵石及漂石对刀盘、刀具和螺旋输送机的冲击破坏力强。
- ⑤ 地层遇水稳定性极差，盾构开舱换刀作业困难、风险高。
- ⑥ 盾构机掘进参数变化大，各项参数匹配难度高。
- ⑦ 地下汇水速度快，若停机后没有采取有效的措施，复推后易引起喷涌。
- ⑧ 对不能排出且无法破碎的大卵石或漂石必须进行开舱取石。
- ⑨ 盾构机螺旋输送机的排渣难度大，且对螺旋机轴强度考验较大。
- ⑩ 盾构掘进过程中易出现渣土超排和滞后沉降等问题。

## 2) 泥岩地层特征及施工难点

泥岩地层按风化程度主要分为：全风化泥岩、强风化泥岩、中等风化泥岩。

全风化泥岩：褐黄色、褐红色、紫红色夹灰白色，主要由黏土矿物组成，岩质极软，岩心呈土柱状，少量呈碎块状。

强风化泥岩：褐红色、紫红色，泥质结构，裂隙较发育，岩心多呈碎块状、短柱状，岩质软，为极软岩，岩心碎块可用手折断。岩体基本质量等级为Ⅴ类，层厚一般为0.70~9.20 m。

中等风化泥岩：褐红色、紫红色，中厚层状，具有泥质或微钙质胶结结构。岩心多呈柱状，少量呈碎块状，较完整，岩质较软，为极软岩，锤击易碎。部分地段存在软弱夹层或差异风化明显，易风化，遇水易软化，岩体基本质量等级为Ⅴ类，厚度一般为1.50~14.10 m。下列为成都泥岩地层的一般特征及施工难点：

① 泥岩属于易膨胀岩，具有弱膨胀性。强、中风化岩呈半岩半土、破碎块，软硬不匀，具有遇水软化、崩解、强度急剧下降的特点。中等风化泥岩呈中厚层状，具有泥质或微钙质胶结结构，岩心多呈柱状，少量呈碎块状，较为完整。

② 泥岩富含黏土矿物颗粒和粉末状颗粒，这些破碎粉末状的黏土颗粒是隧道施工过程中形成泥饼的基础材料。该类地层的地下水类型主要有赋存于第四系土层中的孔隙水和赋存于基岩风化层中的裂隙水两种，基层条件较好，自稳性较好，但是盾构穿越该地层的显著特点是开挖前硬度较高，开挖后遇水易黏结刀盘形成泥饼，若处理不当极易造成掘进困难。这种情况下盾构掘进对土舱压力的设定、渣土改良和盾构机机械维保问题有一定要求。

③ 盾构机在通过泥岩地层时，刀盘开挖直径大于盾构的直径，泥岩地层渗透性较差，自稳能力强。盾构机外侧的土体与盾构机产生的摩擦力将会很小，盾构机滚动角变化快，刀盘前方的水以及一部分气体将会由盾构外侧流通到已拼装完成的管片背后，影响盾构施工的同时注浆质量。若管片背后空隙填充达不到饱满，浆液中的水得不到渗透，在短时间内浆液达

不到凝固状态，则管片不能稳定。管片在脱离盾尾后，也可能下部被各种液体包裹，上部只有少量液体或者没有，从而产生浮力，导致管片上浮、错台和破损。

综上所述描述的泥岩地层所具有的特征，可知泥岩地层施工过程中主要出现的问题及难点有：

- ① 盾构刀盘在泥岩地层中容易发生结泥饼现象。
- ② 管片上浮在该地层施工中较为常见，从而引起管片错台或破损，造成较大的经济损失。

## 第 2 章 盾构选型方法及适应性分析

特殊复杂地质条件下盾构的选型至关重要，关系到盾构能否顺利在该地层下完成施工作业。本章首先简要介绍选型方法，然后以成都部分线路的盾构选型为实例，阐述成都特殊复杂地质条件下的盾构选型思路及方法，为今后类似地层的盾构选型提供参考及借鉴。

### 2.1 盾构类型

盾构的分类方法较多，可按盾构切削断面的形状，盾构自身构造的特征、尺寸的大小、功能，挖掘土体的方式，掘削面的挡土形式，稳定掘削面的加压方式，施工方法，适用何种土质等多种方式分类。

#### 1) 按挖掘土体的方式分类

按挖掘土体的方式，盾构可分为手掘式盾构、半机械式盾构及机械式盾构三种。

- ① 手掘式盾构：掘削和出土均靠人工操作进行的方式。
- ② 半机械盾构：大部分掘削和出土作业由机械装置完成，但另一部分仍靠人工完成的方式。
- ③ 机械式盾构：掘削和出土等作业均由机械装备完成的方式。

#### 2) 按掘削面的挡土形式分类

按掘削面的挡土形式，盾构可分为开放式、部分开放式及封闭式三种。

- ① 开放式：掘削面敞开，并可直接看到掘削面的掘削方式。
- ② 部分开放式：掘削面不是完全敞开，而是部分敞开的掘削方式。
- ③ 封闭式：掘削面封闭，不能直接看到掘削面，而是靠各种装置间接地掌握掘削面情况的方式。

#### 3) 按稳定掘削面的加压形式分类

按稳定掘削面的加压形式，盾构可分为压气式、泥水加压式及土加压式三种。

- ① 压气式：向掘削面施加压缩空气，用该气压稳定掘削面。
- ② 泥水加压式：用外加泥水向掘削面加压稳定掘削面。
- ③ 土加压式（也称土压平衡式）：用掘削下来的土体的土压稳定掘削面。

综合以上三种分类方式，盾构的具体划分如图 2-1 所示。

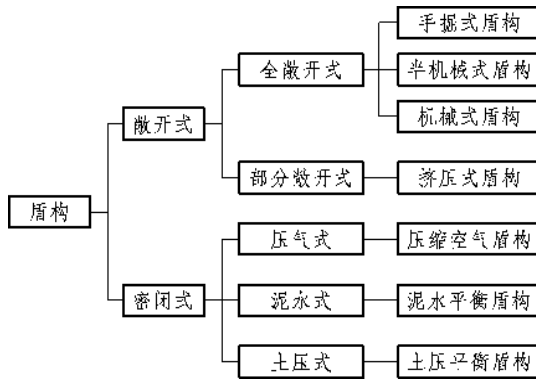


图 2-1 盾构的分类

目前，出于安全及其他各实用方面因素的考虑，敞开式盾构和压缩空气式盾构逐渐消失在人们的视野之中，已基本上被淘汰。土压平衡盾构和泥水平衡盾构由于综合优势较为明显，在当今隧道施工中应用最广，在实际运用中取得了良好的成效。因此，如今对盾构整体选型的研究主要也是集中于这两种盾构的对比。

### 2.1.1 土压平衡盾构机

土压平衡（earth pressure balance）盾构，简称 EPB 盾构。土压平衡盾构是在机械式盾构的前部设置隔板，使土舱内充满刀盘切削下来的渣土，随着盾构的推进，土舱内的渣土被加压，并作用于开挖面以使其稳定的盾构。土压平衡盾构的支护材料是刀盘开挖下来的渣土。

#### 1) 土压平衡盾构机的工作原理和基本组成

##### ① 土压平衡盾构机的工作原理。

土压平衡盾构机工作原理如图 2-2 所示：在刀盘后面设置土舱，刀盘旋转切削下来的渣土充满土舱和排土用的螺旋输送机，依靠推进油缸的推力来给土舱内的开挖渣土加压，使土压作用于开挖面，承受地层的土压和地下水的水压，从而达到压力平衡。开挖下来的渣土通过螺旋输送机输送到皮带输送机上，然后由皮带输送机把渣土运输到停在轨道上的渣土小车上

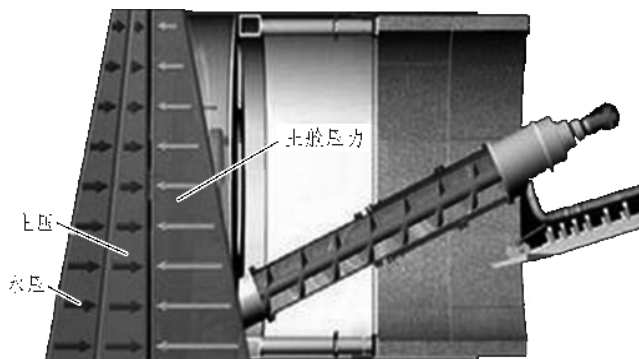


图 2-2 土压平衡盾构原理示意