

# Optimizing Structure for Simultaneous Back Filling Pipelines of Shield Machine

Yang Yang, Yunjie Chen, Fazhan Liu, Li Chen, Chen Liu

Wuhan Marine Machinery Plant Co., Ltd., Wuhan Hubei  
Email: yang12210212@163.com

Received: Aug. 21<sup>st</sup>, 2017; accepted: Sep. 4<sup>th</sup>, 2017; published: Sep. 11<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

During the tunneling construction, the simultaneous back filling pipelines often being jammed, the shield manufacturers and construction units are trying to finding out a more appropriate structure of simultaneous back filling pipelines to avoid jam. In this article, the author firstly introduces some different structures of simultaneous back filling pipelines, compares and analyzes their advantages and disadvantages according to the tunneling construction's practical conditions, optimizing a new type structure of simultaneous back filling pipelines.

## Keywords

Tunneling Construction, Simultaneous Back Filling Pipeline, Optimizing Design

---

# 盾构机同步注浆管路的结构优化

杨 阳, 陈云节, 刘发展, 陈 离, 刘 柳

武汉船用机械有限责任公司, 技术中心, 湖北 武汉  
Email: yang12210212@163.com

收稿日期: 2017年8月21日; 录用日期: 2017年9月4日; 发布日期: 2017年9月11日

---

## 摘 要

由于在盾构施工过程中经常出现同步注浆管路堵塞现象, 盾构机制造厂家及盾构施工单位均在通过不断的研究和实践, 试图设计出一种更加合理和实用的同步注浆管路结构形式。本文介绍了几种不同结构形式的注浆管, 并通过分析比较各自的优缺点, 结合盾构施工过程中的实际情况, 优化设计出一种新型的注浆管结构形式。

## 关键词

盾构施工, 同步注浆管路, 优化设计

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

盾构隧道掘进机, 简称盾构机, 是一种隧道掘进的专用工程机械, 广泛用于地铁、铁路、公路、市政、水电等隧道工程[1]。在采用盾构机进行隧道掘进施工时, 因盾构机的刀盘开挖直径大于管片外径, 故当拼装完成的管片环脱出盾尾后, 地层与管片之间会形成一定的建筑空隙, 如果不及及时填充该空隙, 则会造成地表沉降, 影响周围的建筑物。因此, 盾构机上通常会配置同步注浆管路系统, 将浆液同步注入、填充到建筑空隙中, 以控制地表沉降。

## 2. 同步注浆的目的和原理

### 2.1. 同步注浆的目的

当管片在盾尾处安装完成后盾构机向前推进, 管片与土层之间形成建筑空隙, 快速采用浆液材料填充环形间隙的工艺即为同步注浆工艺。其目的在于[2]:

- 1) 防止和减少地层沉陷, 保证环境安全;
- 2) 保证地层压力较为均匀地径向作用于管片, 限制管片位移和变形, 提高结构的稳定性;
- 3) 作为隧道第一防水层, 加强隧道防水。

### 2.2. 同步注浆的原理

盾构机同步注浆就是通过同步注浆系统及盾尾的注浆管将配比好的浆液, 按规定的注浆压力和注浆量在盾构推进的同时注入盾尾空隙内, 从而使周围土体及时获得支撑, 可有效地防止土体的坍塌, 控制地表的沉降变形(图 1) [3]。在地层稳定性差、采用土压平衡模式掘进时, 同步注浆的重要性更加突出和明显。其目的是为了浆液充满管片背后的空隙, 以达防水和防止隧道结构及地面沉降。

## 3. 同步注浆管路的发展现状

目前在国内外盾构施工中, 盾构机的同步注浆管路系统的注浆管一般有两种安装方式: 外置式和内置式[4]。其中, 外置式的注浆管是安装在盾尾壳体外壁的弧形凸台内部, 弧形凸台的盖板周边与盾尾壳体外壁焊成一体; 而内置式的注浆管是安装在盾尾壳体内壁的开槽内, 安装完毕后在槽口面焊上盖板, 因此, 盾构机的同步注浆管路系统不论采用外置式还是内置式, 在施工过程中, 该同步注浆管路系统的注浆管都无法拆卸。

由于同步注浆管路系统的注浆管较长, 长期使用会有大量残留物积累粘附, 而同步注浆管路系统的注浆管在盾尾结构中无法拆卸, 所以清洗十分不方便且冲洗不够彻底, 容易造成该同步注浆管路系统堵塞。此外, 如果同步注浆管路系统损坏, 由于其注浆管在盾尾结构中无法拆卸, 所以更换不方便。

正是由于在盾构施工过程中经常出现同步注浆管路堵塞现象, 盾构机制造厂家及盾构施工单位均在

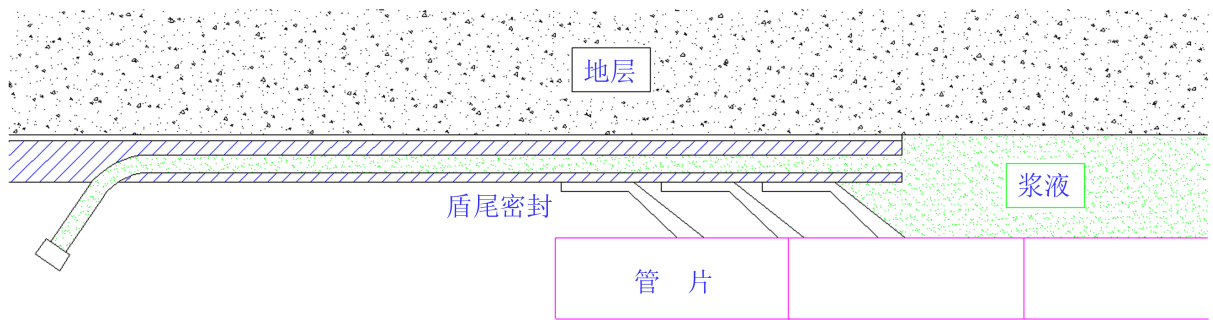


Figure 1. Schematic diagram of synchronous grouting of shield tail

图 1. 盾尾同步注浆示意图

通过不断的研究和实践, 试图设计出一种更加合理和实用的同步注浆管路结构形式, 减少施工过程中管路堵塞现象的发生, 从而提高施工效率, 降低施工成本。

#### 4. 同步注浆管路的优化

同步注浆管路的结构形式众多, 下面介绍几种比较常见的注浆管路, 并简要分析各种注浆管路在实际施工过程中存在的优缺点。

##### 4.1. 现有的注浆管结构形式

###### (1) 外置式注浆管

外置式的注浆管是安装在盾尾壳体外壁的弧形凸台内部, 弧形凸台的盖板周边与盾尾壳体外壁焊成一体(图 2)。

外置式注浆管在盾构隧道施工过程中可以有效减少地层开挖和同步注浆量, 既保证施工安全又可降低施工成本。但是此种结构形式的注浆管主要应用于辐条式土压平衡盾构机中, 适用于软土地层的掘进施工。在砂砾地层、硬岩地层及复合地层中, 由于地层与盾构机壳体间的摩擦系数增大, 很容易使注浆管磨损, 而且, 由于外置式注浆管凸出于壳体之外, 掘进时需要进行大范围的超挖。在盾构施工应用越来越普遍, 施工地层条件越来越复杂的今天, 外置式注浆管已经无法更好的满足实际需要。

###### (2) 嵌入式内置注浆管

此种结构形式的注浆管为单独加工后嵌入至盾尾壳体上的卡槽内, 结构形式如图 3 所示。

嵌入式注浆管加工完成后为一根整体式的管路。为减小盾尾壳体的厚度, 保证合适的盾尾间隙, 注浆管嵌入盾尾壳体内的部分设计成扁圆形。注浆管与盾尾壳体间焊接有若干定位块, 以便将注浆管固定在盾尾壳体上, 且注浆管出口处与盾尾壳体进行水密性焊接, 防止浆液漏入壳体内。为保护注浆管, 管路固定后用盖板将管路封盖起来。

此种结构形式的注浆管的优点是结构形式简单, 安装方便; 其缺点是管路长, 发生堵塞时不便于疏通, 管路拆卸或更换比较困难。此外, 这种注浆管结构形式使得盾尾壳体厚度较大, 壳体外径较大, 故刀盘开挖直径也较大, 从而使得施工过程中同步注入的浆液量较多, 施工成本也相对较高。

###### (3) 盾尾壳体内加工成型的注浆管

此种结构形式的注浆管是通过在盾尾壳体内加工出的通道从而实现浆液的注入, 结构形式如图 4 所示。

此种注浆管是在盾尾壳体内加工成型, 其优点是结构形式简单, 管路安装方便, 且由于注浆管位于盾尾壳体内, 节省了盾尾壳体内部空间, 增大了管片与盾尾壳体的间隙, 使施工过程中的管片拼装(特别

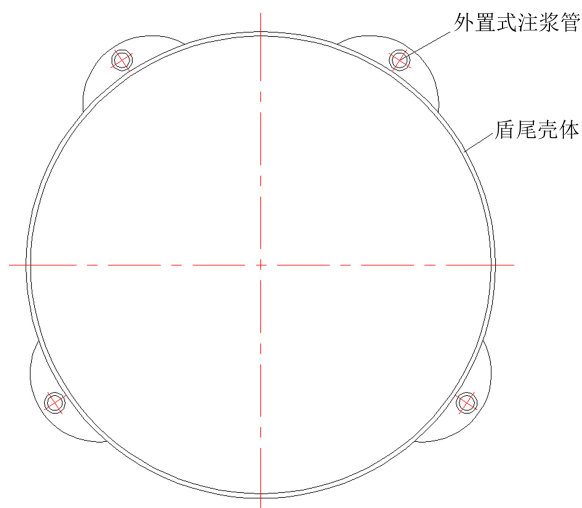


Figure 2. Layout of external grouting pipe  
图 2. 外置式注浆管布置图

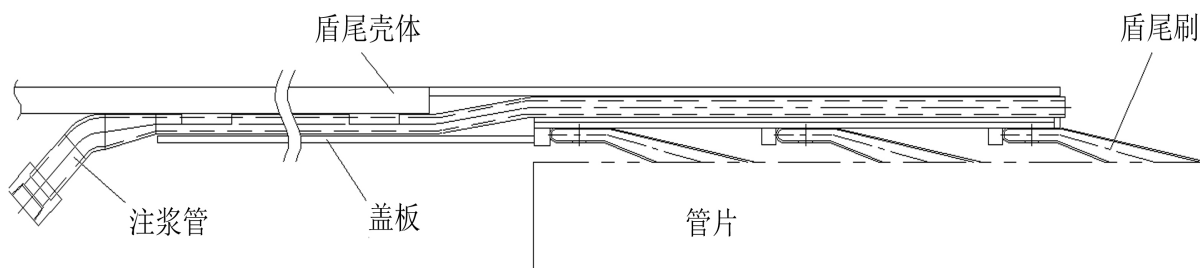


Figure 3. Sketch map of embedded grouting pipe  
图 3. 嵌入式内置注浆管示意图

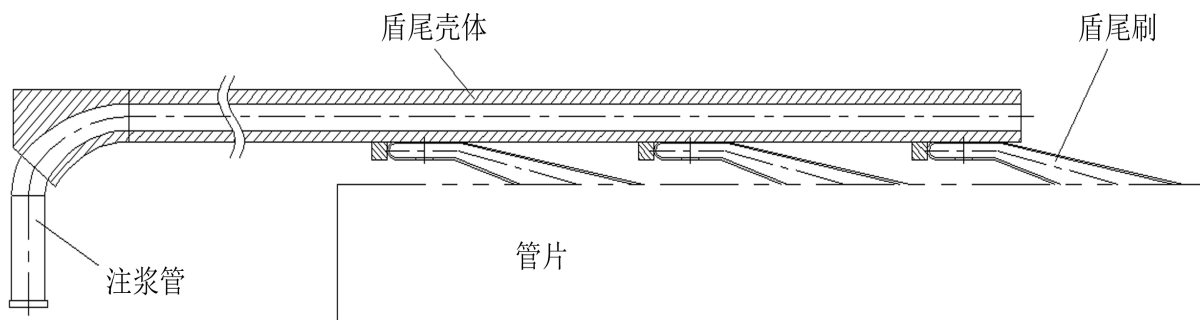


Figure 4. Schematic diagram of the grouting pipe for forming the shield in the tail shell  
图 4. 盾尾壳体内加工成型的注浆管示意图

是曲线掘进时)更加便利,不至于出现由于管片与盾尾壳体间隙过小而无法拼装管片等现象。其缺点是加工制造难度较大,一旦发生堵塞时不便于疏通、清洗,且注浆管与盾尾壳体为一个整体,出现极端情况时注浆管无法拆卸和更换。此外,与嵌入式内置注浆管相比较,这种注浆管结构形式使得盾尾壳体厚度较小,壳体外径较小,故刀盘开挖直径也较小,从而使得施工过程中同步注入的浆液量较少,施工成本也相对较低。

#### (4) 可拆卸式注浆管

可拆卸式注浆管为内置式注浆管的一种,结构形式如图 5 所示。

此种结构形式的注浆管由两段圆形截面管路组成，其中注浆管 1 通过管夹可拆卸地安装在盾尾的内壁上，注浆管 2 位于盾尾与盾尾刷之间，且与盾尾焊接成一体。注浆管 1 通过过渡块与注浆管 2 连接，注浆管 1 与过渡块间通过密封圈密封，过渡块与盾尾及注浆管 2 焊接成一体。

当注浆管发生堵塞而无法进行有效疏通时，关闭设于注浆管 1 前端的球阀，拆下球阀的连接接头，将注浆管 1 从球阀上拆卸下来，然后拆除注浆管 1 的管夹，即可将注浆管 1 从过渡块中抽出。此时，可以对抽出的注浆管 1 进行单独清洗或更换，或是采用清洗装置对注浆管 2 进行清洗或疏通，从而解决了盾构机在施工过程中同步注浆管路系统的注浆管拆卸困难，清洗、更换不便等问题，缩短了同步注浆管路系统维护时间，提高了施工效率。

#### 4.2. 优化的注浆管结构形式

通过分析比较上述几种结构形式的注浆管，可拆卸式注浆管更符合盾构施工中的实际工况。虽然可拆卸式注浆管方便拆卸与更换，但是在管路不拆卸的情况下不便进行疏通与清洗。因此，综合考虑各种注浆管的优缺点，对注浆管结构进行优化，优化的结构形式如图 6 所示。

优化的注浆管是在综合考虑了注浆管的清洗、疏通、拆卸、更换等因素的基础上进行设计的。其结构形式保留了可拆卸式注浆管的总体布置方式，即由两段管路组成，其中注浆管 1 可拆卸、清洗或更换。

不同之处在于，注浆管不再采用圆形截面或扁圆形截面的钢管进行加工，而是在矩形截面的钢板上加工注浆通道，且为尽量减小盾尾壳体厚度，减少盾尾注浆量，同时保证盾尾间隙及注浆管通流面积，钢板上的注浆通道截面设计成扁圆形。此外在注浆管 1 上设计有若干处清洗口，正常使用情况下，通过螺钉将盖板、密封垫与注浆管 1 连接，保证清洗口处不渗漏。注浆管堵塞时，将螺钉、盖板拆除，通过清洗口可对管路进行清洗或疏通。清洗口的结构形式如图 7 所示。

随着国内外地下轨道交通建设的不断发展，盾构施工的应用也越来越广泛，因此，为适应各种不同地质条件的复合型盾构设备应运而生，复合型盾构设备所配置的同步注浆管路也均是采用内置式注浆管路。不管是在何种地质条件下施工，都不可避免地会面临注浆管路堵塞的问题，因此，本文所介绍的优化后的注浆管路在针对不同地质条件的实际盾构施工中可得到很好的应用。

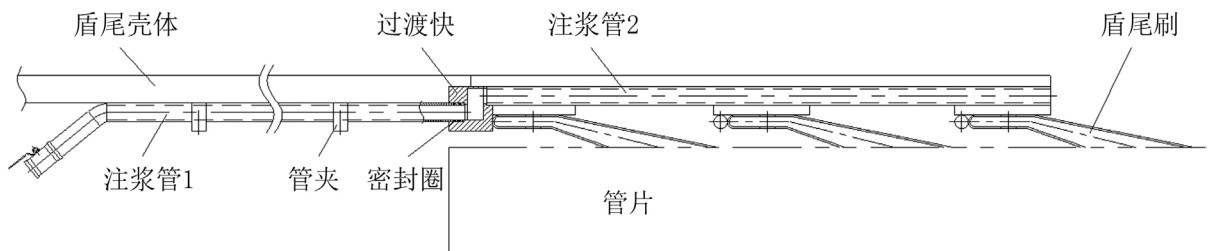


Figure 5. Schematic diagram of a detachable grouting pipe

图 5. 可拆卸式注浆管示意图

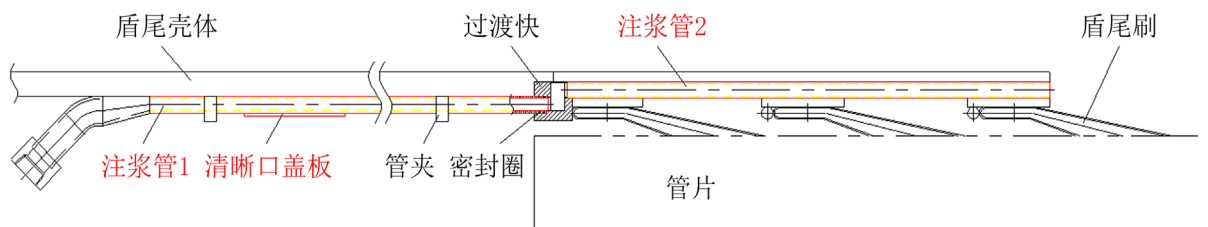
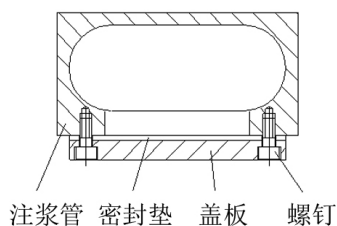


Figure 6. Schematic diagram of an optimized grouting tube

图 6. 优化的注浆管示意图



**Figure 7.** Schematic diagram of the cleaning mouth structure  
**图 7.** 清洗口结构示意图

## 5. 结语

本文介绍了几种不同结构形式的注浆管，并通过分析比较各自的优缺点，结合盾构施工过程中的实际情况，优化设计出一种新型的注浆管结构形式。一方面，施工过程中每同步注浆完成后可通过同步注浆系统自动对注浆管进行清洗；另一方面，当注浆管发生堵塞时，首先可以打开预留的清洗口，通过高压水枪、挠性钻头等设备对堵塞的管路进行清洗、疏通，仍无法排除堵塞现象时，可对注浆管进行拆卸，通过其他手段进行解决，甚至是重新加工并更换拆卸下来的注浆管。因此，优化的注浆管可以更好地满足盾构施工需要。

## 参考文献 (References)

- [1] 张凤祥, 傅德明, 杨国祥. 盾构隧道施工手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005.
- [2] 樊姝芳. 同步注浆技术在盾构隧道掘进中的应用[J]. 建筑机械, 2011(4): 117-120.
- [3] 崔天麟, 赵运臣. 盾构隧道掘进过程中同步注浆技术的应用[J]. 探矿工程, 2003(4): 59-61.
- [4] 陈鹏. 盾构掘进同步注浆技术的应用[J]. 中国新技术新产品. 2010(2): 65-66.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2326-3431，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[oitt@hanspub.org](mailto:oitt@hanspub.org)