

# 水沉沙自密实技术在狭窄隧道内的应用分析

李万泰

北京城建亚泰建设集团有限公司

**[摘要]**管道非开挖施工技术在当今中国快速城镇化的进程发展中日趋成熟完善,当市政管道途径建筑物、道路、河道时,非开挖施工技术的广泛成功应用解决了道路、河流“拉链式”修建的问题,而伴随建筑物、道路、河道产权单位对沉降值要求越来越严格,对隧道结构施工和回填密实度质量要求越来越高。在隧道施工完毕时,通常做法是工人采取喷入的方式将沙子回填至隧道中。此种施工方法,不仅难以保证回填的密实度,而且容易在喷沙过程中,在管道外护层产生划痕与割裂,影响管道寿命。水沉沙自密实技术的原理是将沙与水混合,通过泵送系统送至隧道结构内部,沙子经过重力作用,从下至上逐层回填至隧道顶部,水流出进行循环作业,隧道顶部孔隙使用小导管注水泥-粉煤灰浆填充密实。此方法可以在狭窄隧道空间内将回填沙达到密实状态,无须作业人员频繁进入隧道内部,有效的保证回填密实度,又能保护管道防腐层,提高了施工的安全性和施工效率,改善了施工作业环境,使施工工序摆脱落后方式,向绿色文明化迈进了一步。

**[关键词]**隧道; 回填密实度; 水沉沙; 绿色施工

**【DOI】** 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.08.1758

随着城市化进程的发展和管道非开挖施工技术的日趋成熟完善,在市政管道穿越现状道路、河流以及既有建筑物时,隧道施工技术的广泛成功应用大大改善了“拉链式”道路、河流现状,而道路及河流产权单位对道路、河流沉降要求越来越严格,对隧道施工和回填质量要求越来越高。在非开挖结构施工完成后如何控制道路、河流后续沉降,保证沉降值在限值内,则成了一个不可避免的全新技术课题。诸多工程中常见的做法是在隧道内管道敷设施工完成后,施工人员将沙子运入或喷入非开挖结构内进行回填施工。

随着社会文明的发展,有限空间作业的安全性与绿色文明变得越来越重要,再加上施工劳动力的逐步短缺和工程成本控制思想意识的提升,诸多因素促使我们改变落后的传统做法,研发新的施工方法来顺应科技新时代的发展和进步。下面以工程实例介绍水沉沙自密实技术。

## 一、工程概况

本工程设计管道为高压A(4.0MPa)天然气管道,管径DN1000,管线总长1424米。工程中共有2段浅埋暗挖隧道穿越既有道路,隧道设计净空尺寸为2.3m×2.2m,隧道均为C20喷射混凝土初期衬砌,无二次衬砌结构,我单位按照设计已施工完成2段隧道结构,长度分别为121m和87m,并按图纸要求在已施工完成的2段隧道内穿入DN1000和DN500燃气管道,设计要求燃气管道施工完成后对隧道进行填沙处理。如下图1所示:

## 二、狭小隧道内填沙面临的问题

2.3m×2.2m隧道无二衬结构,为防止后期所穿道路沉降超过限值,隧道必须回填密实。传统的施工方式操作困难,且易破坏管道防腐层,不满足绿色安全施工要求。

## 三、狭小隧道内回填施工技术研究分析

为了完成施工任务,必须寻找突破口,立足现有条件,在回填技术上创新,研发出一种新的施工工艺,在确保

管道防腐层完好无损的情况下将隧道内空间填充密实。

### (一) 研究的目的是重要性

**目的:**通过技术研究,研发一种新的施工方法,将狭小隧道内空间回填密实。**重要性:**随着社会发展的不断进步,有限空间作业以及绿色安全施工等要求越来越高,使人们的绿色安全施工意识普遍得到了提高,再加上施工劳动力的逐步短缺和工程成本控制思想意识的提升,诸多因素促使我们改变落后的传统做法,研发新的施工方法来顺应科技新时代的发展和进步。

### (二) 研究需解决的问题

研发出新的施工工艺后,需在保证管道防腐层完好无损的情况下保证回填密实度、提高施工的安全性和施工效率,改善施工作业环境,告别落后作业方式,向安全绿色施工迈出了成功的一步。

### (三) 隧道内沉沙法施工工艺

研发一种沙、水泵送系统,将混合后的沙和水利用离心泵泵送至隧道内,沙子经过沉淀留在隧道内,水流出进行循环,隧道上部未填满的部分采用小导管注水泥-粉煤灰浆填充

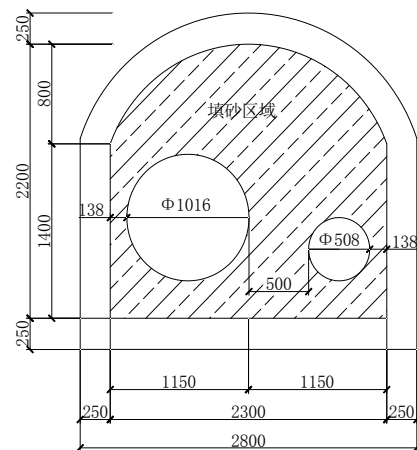


图1 隧道内填沙示意图

密实。工艺流程为：安放止浮杆夹环→安装泵管设备→砌筑截砂墙→泵送沙水混合物→注浆→下一工作面。

#### 四、隧道回填施工

##### (一) 安装止浮杆夹环

每根DN1000管道重约5吨，每根DN500管道重约1.5吨，隧道在回填时管道处在水中存在浮力，同时在沙子的堆积作用下管道也有可能被涌起来。为避免上述现象的出现，需在管道顶和隧道顶之间安装止浮杆夹环，夹环采用12mm厚钢板煨弯而成，止浮杆采用DN100无缝钢管加工制作，每12米一套。安装方法见图2所示。

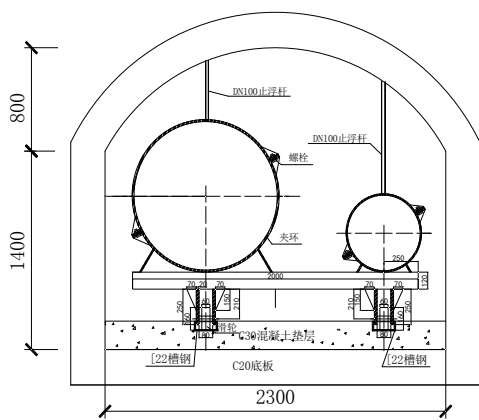


图2 穿双管隧道内止浮杆夹环安装示意图

##### (二) 安装泵管及小导管

采用DN160无缝钢管作为沙、水泵送管道，泵管2米一根，采用管箍连接，在隧道顶部预埋钢筋作为泵管及小导管托架，3米一组，托架采用Φ22螺纹钢，泵管托采用4#(40×40×4)等边角钢，与钢筋托架焊接。泵管两侧各设置1根DN25注浆小导管，置于Φ46管箍内，管箍与钢筋托架焊接，小导管在管箍内可自由伸缩。

小导管采用DN25无缝钢管制作，每根3m，丝扣连接，将最前端1根小导管制作成花管，其余小导管为正常无缝钢管。花管前端加工成锥形，防止浆液前冲。中间部位钻Φ8mm溢浆孔，成梅花形布置，间距200mm。

##### (三) 设备就位

设备就位及拆除均采用1台25T汽车吊进行。根据施工需要在地面准备1个容积35m<sup>3</sup>的水箱、1个6m<sup>3</sup>的汇合搅拌罐内置搅拌器，相互连接，用一台15kw的水泵向搅拌罐内送水，采用1台50铲车向搅拌罐内装沙，水、沙混合物经离心泵送入隧道内。

##### (四) 砌筑截砂墙

截砂墙需分段砌筑，待上一段隧道内沙子填满后砌筑下一道截砂墙，每段20米，截砂墙墙体为直角梯形，上边厚度1米，下边厚度1.5米，采用MU15普通砖、M10砌筑砂浆，燃气

管道与截砂墙接触处需采用油麻缠绕、沥青填塞，防止截水墙破坏管道防腐层。泵管下方设置1个溢水口，截砂墙底部设置2个溢水口，截砂墙底部的溢水口设置土工布填塞，防止沙子随水溢出。开始注水泥浆前用M15的水泥砂浆将溢水口堵实。

##### (五) 隧道填沙施工

启动水泵、离心泵等设备，清水携带沙子通过离心泵送入隧道内侧，中粗沙堆积、沉淀，清水从溢水口溢出，溢出的清水抽到地面盛水箱后再次利用。待隧道内填沙高度达到泵管高度时，泵管缓慢外抽，直至20米施工段填沙完成。施工时应时刻注意进水口吃沙是否顺畅，防止堆堵。水的携沙量不应超过20%。整个施工过程必须保证清水的供给，水作为运输的载体不能在施工时出现无水的情况，当发现水快不足时，应停止加沙，清洗管路，防止沙子在管道内沉淀。待水源充足时再继续施工。

##### (六) 注浆

每个施工段隧道填到最后隧道顶部无法用沙填实，采用注入水泥-粉煤灰浆的方法进一步填实，通过液压注浆泵、预设的小导管将水泥-粉煤灰浆注入隧道内。浆液按要求配比进行调配，即水泥：粉煤灰=1：3、水泥粉煤灰：水=1：1，注入压力不大于0.2MPa。当进浆困难且压力已达到0.2MPa时，缓慢回抽注浆管并进行补浆，直至花管退至挡沙墙位置且压力可以稳定在0.2MPa为止，稳压1小时，无明显压力降，说明该段隧道回填密实，可进行下一段隧道回填。整段隧道回填完成后，可采取取芯和雷达检测的方式检查回填密实度。

#### 结论

在隧道回填时，诸多工程中常见的做法是在隧道结构施工完成后，施工人员将沙子运入或喷入非开挖结构内进行回填施工，传统的施工方法在运沙或喷沙过程中极易破坏管道防腐层，且回填密实度难以保证，会浪费大量人力物力。

随着社会发展的不断进步，有限空间作业以及绿色安全施工等要求越来越高，使人们的绿色安全施工意识普遍得到了提高，诸多因素促使我们改变落后的传统做法，研发的沉沙法回填施工工艺避免了施工人员进入隧道内运沙或喷沙，有效的保护管道防腐层，又能保证回填密实度，提高了施工的安全性和施工效率，改善了施工作业环境，告别了落后作业方式，向安全绿色施工迈出了成功的一步。

#### 参考文献

- [1] 行业标准《城镇燃气输配工程施工及验收规范》CJJ33-2005
- [2] 国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268-2008