

文章编号: 1674—8247(2020)05—0102—05

DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2020.05.020

铁路隧道施工期废水处理工艺技术研究

赵子成

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘要:针对目前铁路隧道施工对环境造成的严重污染,对废水处理工艺提出更高技术要求的现状。本文充分调研隧道污水来源,对水质影响因素以及污水水质特征进行详细分析;以未衬砌段隧道涌水量、工区长度、处理设备工作制度等作为主要依据,合理确定了废水处理规模;根据环评要求,详细分析岩层地质情况、受纳水体等级、环境容量(排出口与水体距离)、施工现场条件等影响因素,总结出经济有效的废水处理工艺以及工艺流程,确保废水处理达标排放或者回用。本文研究成果可为其它废水处理工程提供指导。

关键词:隧道;污水水质;影响因素;处理规模;处理工艺

中图分类号:X703

文献标志码:A

Research on Process Technology of Wastewater Treatment during Railway Tunnel Construction Period

ZHAO Zicheng

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: In view of the serious environmental pollution caused by railway tunnel construction, higher technical requirements are put forward for the wastewater treatment process. In the paper, the source of tunnel sewage is fully investigated and the influencing factors of water quality and the characteristics of sewage water quality are analyzed in detail. Based on the water inflow of unlined tunnel, the length of the work area and the working system of the treatment equipment, the wastewater treatment scale is reasonably determined. According to the requirements of environmental impact assessment, the influencing factors such as geological conditions of rock strata, receiving water body grade, environmental capacity (distance between discharge port and water body), construction site conditions, etc. are analyzed in detail, and economical and effective wastewater treatment processes and their flows are summarized to ensure that wastewater treatment meets the discharge or reuse standards. They can provide guidance for other wastewater treatment projects.

Key words: tunnel; sewage quality; influencing factors; treatment scale; treatment process

随着高速铁路的快速发展,长大隧道日益增多。隧道施工不可避免地会改变原有环境状态,对环境产生不利影响,甚至造成污染。隧道施工期废水是主要的污染源^[1],隧道施工期排出的废水未经处理直接排

放将对排放点附近受保护水体及自然环境产生严重的污染^[2],因此隧道施工废水的处理非常重要。

目前,国内外仅有个别学者对公路隧道做过调查和研究,与铁路隧道施工期废水相关的研究成果不

收稿日期:2020-02-28

作者简介:赵子成(1986-),男,工程师。

引文格式:赵子成. 铁路隧道施工期废水处理工艺技术研究[J]. 高速铁路技术, 2020, 11(5): 102-106.

ZHAO Zicheng. Technical Research on Wastewater Treatment Process during Railway Tunnel Construction Period [J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(5): 102-106.

多^[3]。本文对铁路隧道施工期废水进水水质进行充分调研,分析其来源以及组成,对水质影响因素以及污水水质特征进行了详细分析。根据未衬砌段隧道涌水量、工区长度、处理设备工作制度等主要影响因素,合理确定废水处理规模计算公式。在隧道施工废水水质分析的基础上,根据环评要求,详细分析岩层地质情况、接纳水体等级、环境容量(排出口与水体距离)、施工现场条件等影响因素,总结出经济有效的废水处理工艺,提出了各个工艺的适用范围以及处理流程,确保废水处理达标排放或者回用。该工艺技术方案合理,具有可实施性,可为其它废水处理工程提供指导,具有较大的实际意义和推广价值。

1 隧道施工期废水处理工艺技术研究

1.1 隧道污水来源

隧道施工废水的来源^[4]主要包括:隧道穿越不良地质单元时,开挖或爆破时产生的涌水;混合水泥砂浆水;施工机械设备运行时产生的含油废水;隧道爆破后用于施工降尘的淋水;喷射注浆材料后渗出的废水以及基岩裂隙水。除此之外,还包括施工人员的排泄物以及其他废水在径流排水沟内、洞口、施工营地内产生的各种新增污染^[5]。

1.2 隧道工程废水来源分析及水质特征

1.2.1 隧道工程施工期废水来源分析

对主要隧道废水来源进行整理,如图1所示。

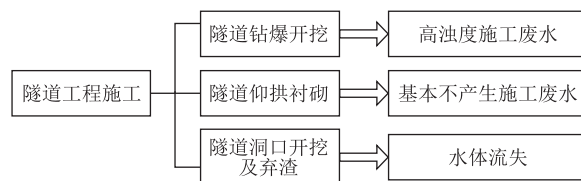


图1 隧道工程施工废水产生环节图

从图1可以看出:(1)隧道钻爆开挖产生的施工废水不可避免;(2)二次衬砌施工完毕后,岩层涌水自带的污染物基本上不产生施工废水;(3)洞口开挖弃渣容易产生水体流失,也容易产生部分废水^[6]。

1.2.2 现场隧道废水水质特征

为确定合理的隧道废水处理工艺,需对废水水质及特征进行详细探讨。隧道施工过程中污染物排放允许浓度值一般按 GB 8978-1996《污水综合排放标准》执行。根据《襄渝铁路安康至重庆段增建二线汉江、后河敏感水体施工期水环境监控报告书(2007年8月至2008年3月)》,对4座隧道现场采样,每个施工断面施工时产生的高浊度施工废水约为20~50 m³/d,主要污染物为悬浮物,并含少量石油类。该高浊度施工废水与隧道渗水一起沿隧道两侧排水沟流出隧道,随着隧道施工断面的推进及流经距离的增加,经隧道两侧排水沟充分沉淀后,排水中的悬浮物逐渐减小。根据现场实际调研,其污染物的浓度分析结果如表1所示。

表1 襄渝铁路施工期隧道洞口排水水质监测结果表

监测时间	隧道名称/项目	施工断面距采样点距离/m	隧道洞口水流量/(m ³ /h)	pH	COD _{Cr} /(mg/l)	氨氮/(mg/l)	石油类/(mg/l)	SS/(mg/l)
2007年8月	新大巴山隧道出口端	5 001	1.8	6.97	25	1.627	1.41	18
	西坡隧道进口端	1 800	150	9.80	130	2.951	7.25	4 454.0
	新白岩寨隧道进口端	2 200	0.9	8.20	95.9	1.617	4.88	33.0
	新小米溪隧道进口端	2 000	1.5	8.24	133	0.559	4.96	10.0
2007年9月	新大巴山隧道出口端	5 500	0.21	8.38	7	1.173	1.54	18
	西坡隧道进口端	2 000	200	9.41	21.6	1.906	7.14	2 199.0
	新白岩寨隧道进口端	2 200	0.8	8.43	10.0	0.829	4.56	33.0
	新小米溪隧道进口端	2 400	0.7	8.47	8.20	0.385	2.00	21.0
2007年11月	新大巴山隧道出口端	5 600	0.17	8.44	9	0.099	0.51	17
	西坡隧道进口端	2 700	150	9.03	32.1	0.971	7.16	518.0
	新白岩寨隧道进口端	2 250	0.9	8.69	19.7	0.979	4.50	32.0
	新小米溪隧道进口端	2 400	0.7	8.58	18.5	0.432	1.90	18.0
2008年1月	新白岩寨隧道进口端	2 270	1.5	9.57	7.20	0.762	4.64	107.0
	新小米溪隧道进口端	2 400	0.7	8.31	6.88	0.212	1.88	32.0
2008年3月	新白岩寨隧道进口端	2 290	1.3	10.07	18.3	0.699	4.87	41.0
	新小米溪隧道进口端	2 410	1.0	8.25	8.04	0.617	2.01	15.0
平均值		-	32.01	8.68	34.40	0.99	3.83	472.88
GB 8978-1996《污水综合排放标准》一级		-	-	6~9	100	15	5	70

由表1可以看出:

(1)隧道施工时,隧道出水中主要污染物为SS,不

同隧道的SS监测值差异较大。西坡隧道主要由片理化凝灰岩等软质岩组成,在监测时段内涌水量较大,涌

水改变了原地下水径路,冲刷地下水通道内的沉积物,导致SS监测值较高。新大巴山、新白岩寨、新小米溪隧道在监测时段内,隧道无涌水,排水水量极小,悬浮物主要来自钻机钻头冷却水及爆破降尘洒水,加之隧道洞口距施工作业面较远,排水经过成分沉淀,SS监测值较低。由此可见,SS排放浓度具有不稳定、易受到涌水量大小、隧道地质条件及排放距离影响的特点。

(2)石油类主要来自施工机械的跑、冒、滴、漏,其浓度基本满足GB 8978-1996《污水综合排放标准》一级排放标准。

(3)COD_{Cr}、氨氮主要来自施工人员在隧道内乱排的粪便、尿液等生活污水^[7],COD_{Cr}、氨氮浓度基本满足GB 8978-1996《污水综合排放标准》一级排放标准。

(4)隧道仰拱衬砌施工基本不产生施工废水。

(5)隧道洞口开挖及弃渣将产生水土流失,进入水体将使水体悬浮物增加。

(6)隧道施工排水未经处理或处理不当,进入江河源头或其支流,将对水体水质产生影响,主要表现为增加水体悬浮物含量。特别是当排入一些小型支流时,将严重影响其水质及景观。

常采用常规的处理工艺或者是几种工艺的简单组合,已不能适应铁路穿越特殊地质区域的环境要求。本文针对隧道施工期废水处理效果的主要影响因素,分析废水水质,提出经济合理的处理工艺及流程,使处理后出水水质达到排入相应水体的排放标准。

3.1 隧道废水处理工艺确定

通过对进水水质的分析可知,废水处理工艺与隧道施工经过的岩层地质情况、受纳水体等级、环境容量(排出口与水体距离)、施工现场条件等因素有关^[8]。根据环评要求,当施工当地受纳水体为Ⅰ类、Ⅱ类水体时,隧道污水禁止排放,隧道施工废水达到GB/T 18920-2002《城市污水再生利用 城市杂用水水质》要求后,可回用、绿化、洒水或用于建筑施工。当受纳水体为Ⅲ类水体时,隧道施工废水水质达到GB 8978-1996《污水综合排放标准》一级标准后方可排放。因此,应通过不同工艺组合试验,确定不同工艺组合的处理效果,针对不同废水水质以及水环境功能区划要求的排放条件,分析出最经济、有效的处理工艺^[8]。

根据上述分析,同时结合实际经验,确定各隧道施工点废水处理工艺。

(1)隧道掘进经过地层主要为石英岩、花岗岩、白云岩、页岩等,且出水径流经较长距离(大于0.5 km)流入Ⅲ类水域主河道时,其施工期废水采用“反应(投混凝剂)+调节沉淀”的处理工艺。

(2)隧道掘进经过地层主要为石英岩、花岗岩、白云岩、页岩等,且出水径流直接或经较短距离(小于等于0.5 km)流入Ⅲ类水域主河道时,其施工期废水采用“反应(投混凝剂)+调节沉淀+过滤”相组合的处理工艺。

(3)隧道进出口径流位于Ⅱ类水体范围时,其施工期废水采用“反应(投混凝剂)+调节沉淀+气浮+过滤相组合+回用(投消毒剂)”的处理工艺。

(4)隧道掘进经过地层主要为炭质页岩、炭质板岩夹砂岩、炭质千枚岩、炭质泥岩、灰岩夹煤线、煤层、石膏等特殊岩性时,需在(2)、(3)条处理工艺的基础上,采用强化处理工艺(如过滤采用微滤、超滤等膜分离法或在末端串联活性炭吸附等)。

3.2 隧道废水处理流程

隧道施工期废水由隧道洞口排出,经隧道专业实施的预沉池预沉淀后进入废水处理站。首先进入反应池,并在进水口处设置格栅,挡住部分固体不可分解垃圾,防止堵塞管道。反应池内安装有加药管道和斜管沉淀设备,污水中的悬浮颗粒与混凝剂充分混合后,利

104 2 隧道施工期废水处理规模探讨

经现场调查,隧道施工废水主要来源于隧道开挖后的未衬砌段,即正在施工的作业面及距离隧道作业面一定距离内的部位。已衬砌完成部位产生的渗水未受施工影响,水质较为清澈,采用截流沟截流后可直接排放。若将隧道涌水量全部纳入隧道施工处理,不仅影响处理工艺,还会造成设备规模增大,严重影响投资概算。因此,隧道施工应清污分流,仅考虑将未衬砌段隧道涌水纳入废水处理站。同时在确定隧道施工废水处理规模时还应考虑工区长度、处理设备工作制度等影响因素。废水处理规模可按式(1)计算。

$$S = Q \times l / (L \times T) \quad (1)$$

式中: S ——废水处理规模(m^3/h);

Q ——隧道工区总涌水量(m^3/h);

l ——未衬砌工区计算长度(m)。按实际工程确定,一般取100 m、120 m或150 m;

L ——未衬砌工区计算长度(m);

T ——工作制度(处理站处理设备工作时间),根据现场确定,一班制不宜大于7 h,二班制不宜大于14 h,三班制不宜大于20 h。

3 隧道污水处理工艺的确定

目前,对隧道施工期废水处理技术的研究较少,通

用水力作用在反应池斜管中得以聚集,转化成絮体沉淀下来。

废水经过反应池的混凝作用后,进入沉淀池,沉淀池流速缓慢且停留时间长,故污水中大的污泥颗粒和大部分污染物能静沉下来。由于隧道污水SS含量较高,沉淀污泥较多,沉淀的污泥需定期清理,可在沉淀池旁设污泥干化池收集干污泥。

经过沉淀池之后,污水中的大部分杂质已去除,然后废水进入过滤罐,进一步去除小颗粒悬浮物,提高出水水质。过滤不仅能进一步去除SS,还能去除异味(吸附含味觉的物质)、水色泽度(吸附含色度的物质),过滤出水水质可达到污水综排一级标准及回用水绿化标准。处理完成的清水进入清水池,清水池中储藏的水量可回用于施工生产。清水池多余的水量通过排水管溢流排入自然水体。废水处理流程如图2所示。

4 实例分析

某西南山区铁路沿线地形、地质条件复杂,生态环境具有“原始、独特、敏感、脆弱”的特点,沿线隧道进出口及辅助作业面排水影响Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类保护水域的点极多。

根据式(1),废水处理站规模为20 m³/h,两班制

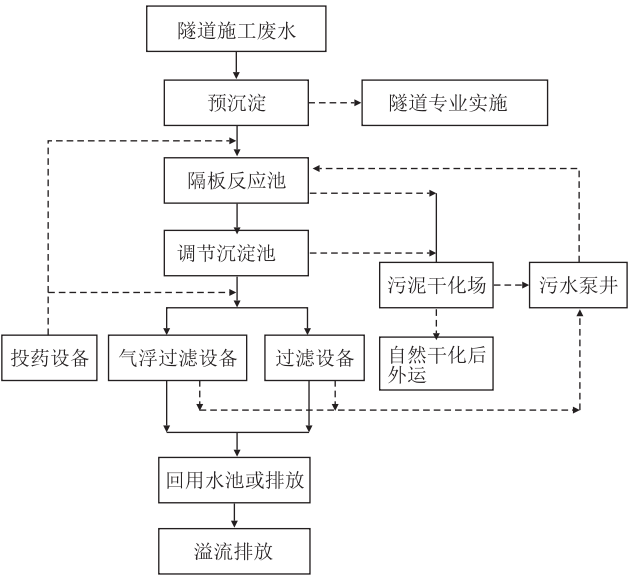


图2 隧道废水处理流程图

运行良好。隧道掘进经过地层主要为石英岩、页岩等,出水径流距离较短(≤0.5 km),主河道为Ⅲ类水域,其施工期废水采用“反应(投混凝剂)+调节沉淀+过滤”相组合的工艺处理。经过检测,进出水水质变化及去除率如表2所示。

表2 试验工艺处理效果

类型	流量 /(m ³ /h)	CODr /(mg/L)	SS /(mg/L)	浊度 NTU	色度 倍	pH	NH ₃ -N /(mg/L)	总磷 /(mg/L)	石油类 /(mg/L)
进水	1.1	27.62	3866	2016	0.5	7.08	0.48	1.1	0.17
出水	1.0	18.27	119.28	69.7	0.5	6.88	0.29	1.0	0.09
去除率/%	-	33.85	96.91	96.52	<5%	-	39.58	-	47.1

从表2数据可以看出,对该隧道施工废水采用“反应(投混凝剂)+调节沉淀+过滤”的组合工艺可行,出水可达到污水综排一级标准及回用水绿化、浇洒道路或洗车的水质要求。

5 结论与展望

本文对隧道施工期废水进水水质进行充分调研,分析其来源以及组成,对水质影响因素以及污水水质特征进行了详细分析。综合分析影响因素得出废水处理规模,依据经济有效的原则确定了废水处理工艺,保证出水达标排放或回用,并通过实例论证了该成果的合理性和可行性。研究成果可为其它废水处理工程提供指导,具有较大的实际意义和推广价值。

参考文献:

[1] 季铁军,陈培帅.隧道施工废水研究进展及对环境的影响[J].

安徽农学通报,2012,18(1):117-118.
JI Tiejun, CHEN Peishuai. Study of Tunnel Construction Wastewater and Impact on Environment[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2012, 18(1): 117-118.
[2] 寇明旭.隧道施工废水对地表水环境的影响[J].山西建筑,2009,35(15):345.
KOU Mingxu. Tunnel Construction Waste Water to Environmental Earth's Surface Water Influence[J]. Shanxi Architecture, 2009, 35(15): 345.
[3] 杨晓盟,王晓昌,章佳昕,等.引汉济渭工程秦岭隧洞岭北段施工废水污染物解析[J].环境工程,2013,31(S1):80-82.
YANG Xiaomeng, WANG Xiaochang, ZHANG Jiaxin, et al. Analysis on Pollutants of Construction Wastewater in Northern Section of Qinling Tunnel of the Yinhanjiwei Project[J]. Environmental Engineering, 2013, 31(S1): 80-82.
[4] 施工废水水质特征分析[J].公路交通技术,2009,25(3):133-137.
YANG Bin, MO Ping, WU Dongguo. Analysis of Characters of Quality of Waste Water from Tunnel Gonstruction[J]. Technology of

- Highway and Transport, 2009, 25(3): 133-137.
- [5] 茹旭. 铁路隧道钻爆法施工废水治理关键技术研究[J]. 铁道标准设计, 2019, 63(5): 156-159.
- RU Xu. Study on Key Technology of Sewage Treatment for Railway Tunneling by Drilling and Blasting[J]. Railway Standard Design, 2019, 63(5): 156-159.
- [6] 周文哲. 隧道施工废水处理研究[J]. 铁道建筑, 2019, 59(9): 77-80.
- ZHOU Wenzhe. Study on Wastewater Treatment During Tunnel Construction[J]. Railway Engineering. 2019, 59(9): 77-80.
- [7] 刘伟, 付海陆, 耿伟, 等. 天目山隧道施工废水特征分析及处理[J]. 隧道建设, 2017, 37(7): 845-850.
- LIU Wei, FU Hailu, GENG Wei, et al. Characteristic Analysis and Treatment of Construction Wastewater of Tianmushan Tunnel[J]. Tunnel Construction, 2017, 37(7): 845-850.
- [8] 姜掌印. 铁路隧道施工废水的混凝处理试验研究[J]. 高速铁路技术, 2019, 10(2): 10-13.
- LOU Zhangyin. Experimental Study on Coagulation Treatment of Wastewater from Railway Tunnel Construction[J]. High Speed Railway Technology, 2019, 10(2): 10-13.

(上接第101页)

- [3] 王秀英, 王梦恕, 张弥. 计算隧道排水量及衬砌外水压力的一种简化方法[J]. 北方交通大学学报, 2004, 28(1): 8-10.
- WANG Xiuying, WANG Mengshu, ZHANG Mi. A Simple Method to Calculate Tunnel Discharge and External Water Pressure on Lining[J]. Journal of Northern Jiaotong University, 2004, 28(1): 8-10.
- [4] 王秀英, 王梦恕, 张弥. 山岭隧道堵水限排衬砌外水压力研究[J]. 岩土工程学报, 2005, 27(1): 125-127.
- WANG Xiuying, WANG Mengshu, ZHANG Mi. Research on Regulating Water Pressure Acting on Mountain Tunnels by Blocking Ground Water and Limiting Discharge[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2005, 27(1): 125-127.
- [5] 王建宇. 隧道围岩渗流和衬砌水压力荷载[J]. 铁道建筑技术, 2008(2): 1-6.
- WANG Jianyu. Problems on External Water Pressure on Tunnel Lining[J]. Railway Construction Technology, 2008(2): 1-6.
- [6] 王建宇. 再谈隧道衬砌水压力[J]. 现代隧道技术, 2003, 40(3): 5-10.
- WANG Jianyu. Once more on Hydraulic Pressure Upon Lining[J]. Modern Tunnelling Technology, 2003, 40(3): 5-10.
- [7] 谢兴华, 盛金昌, 速宝玉, 等. 隧道外水压力确定的渗流分析方法及排水方案比较[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(S2): 2375-2378.
- XIE Xinghua, SHENG Jinchang, SU Baoyu, et al. Seepage Analysis Method for Determination of the External Water Pressure of Tunnel and Comparison of some Drainage Schemes[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2002, 21(S2): 2375-2378.
- [8] 陶伟明. “以堵为主, 限量排放”隧道防排水原则的理论基础及其工程实践[J]. 铁道标准设计, 2006, 50(9): 78-82.
- TAO Weiming. Theoretic Basis and Engineering Practice of Drainage Prevention Principle as Emphasis on Blocking and Releasing within Limitation[J]. Railway Standard Design, 2006, 50(9): 78-82.
- [9] 张炜, 李治国, 王全胜. 岩溶隧道涌突水原因分析及治理技术探讨[J]. 隧道建设, 2008, 28(3): 257-262.
- ZHANG Wei, LI Zhiguo, WANG Quansheng. Cause Analysis and Countermeasures for Water Gushing of Karst Tunnels[J]. Tunnel Construction, 2008, 28(3): 257-262.
- [10] 林国涛, 宋瑞刚. 岩溶隧道突泥机制与防治技术研究[J]. 隧道建设, 2012, 32(2): 169-174.
- LIN Guotao, SONG Ruigang. Study on Mechanisms of Mud Bursting in Tunneling in Karst Areas and Its Prevention and Control[J]. Tunnel Construction, 2012, 32(2): 169-174.
- [11] 何聪. 高压富水地区隧道渗流场分析与衬砌抗水压力对策研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2015.
- HE Cong. Study on Seepage Field and Lining's Resistance to Water Pressure of Tunnels in Water-enriched Region[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2015.
- [12] 张政. 岩溶地区公路隧道渗漏水处治原则研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2014.
- ZHANG Zheng. Research on Treatment for the Seepage Disease of Highway Tunnels in Karst Area[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2014.
- [13] 混凝土实用手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1987.
- Practical Handbook for Concrete[M]. Beijing: China Construction Industry Publishing House, 1987.
- [14] 王俊林, 马艳. 土工织物透水特性试验研究[J]. 中国水土保持, 2007(8): 27-28.
- WANG Junlin, MA Yan. Study on Permeability Test of Geotextile[J]. Soil and Water Conservation in China, 2007(8): 27-28.