

文章编号: 1674—8247(2018)01—0080—04

## 高速铁路路基冬期填筑施工工艺试验研究

胡晓军

(中国水利水电第八工程局有限公司, 长沙 410000)

**摘要:**高速铁路对路基的压实标准及沉降控制要求高,同时普遍具有施工工期紧、任务重的特点,路基填筑施工质量控制难度大,且是后期病害的防控重点,如何保证北方寒冷地区冬期路基填筑施工质量值得研究。文章对青连铁路 ZQ-2 标段进行了冬期路基填筑施工工艺的试验研究,结果表明采用细圆砾填料进行填筑施工,在低温条件下填筑质量可满足设计要求,对解决北方地区冬期路基填筑施工、缩短工期具有重要意义。

**关键词:**高速铁路; 冬期; 路基填筑; 工艺试验

中图分类号: U213.1<sup>+</sup>57

文献标志码: A

## Test Research on Filling Construction Technology of High Speed Railway Subgrade in Winter

HU Xiaojun

(Sinohydro Bureau 8 Co., Ltd., Changsha 410000, China)

80

**Abstract:** The high-speed railway has high requirements for the compaction standard and settlement control, at the same time high-speed railway generally has the characteristics such as tight schedule, heavy task, difficult to control construction quality of subgrade filling, etc. It is worth studying how to guarantee the construction quality of subgrade filling in winter in the cold region of northern China. Experimental study on subgrade filling construction technology of ZQ-2 section of Qingdao-Lianyungang railway in winter is conducted, the results show by using the fine round gravel for filling construction under the condition of low temperature, the quality can meet the design requirements which has important significance for the subgrade filling and reduction of erection time in northern region in winter.

**Key words:** high-speed railway; winter; subgrade filling; process test

青连铁路 ZQ-2 标段北起胶南市区,向南进入日照市境内,线路纵跨两市,正线全长 54.618 km,其中路基全长 36.867 km。根据几年来的气象资料查考,市区年平均气温 12.7℃,全年 8 月份最热,平均气温 25.3℃;1 月份最冷,平均气温 -0.5℃。日最高气温高于 30℃ 的日数,年平均为 11.4 d;日最低气温低于 -5℃ 的日数,年平均为 22 d。年平均降水量为 662.1 mm,年平均降雪日数只有 10 d,风向以东南风为主导风向,年平均相对湿度为 73%。为了取得冬期

路基填筑的相关参数及成果,保证在冬期一定稳定的情况下,路基填筑施工能够顺利进行,特对冬期路基的填筑工艺进行试验研究。

### 1 试验段选取

根据《青连铁路 ZQ-2 标段 2015 年实施性施工组织设计》和 TB 10751-2010《高速铁路路基工程施工质量验收标准》、TB 10202-2002《铁路路基施工规范》、TB 10001-2005《铁路路基设计规范》、TB 10102-

收稿日期: 2017-06-06

作者简介: 胡晓军(1980-),男,工程师。

引文格式: 胡晓军. 高速铁路路基冬期填筑施工工艺试验研究[J]. 高速铁路技术, 2018, 9(1): 80-83.

HU Xiaojun. Test Research on Filling Construction Technology of High Speed Railway Subgrade in Winter[J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(1): 80-83.

2010《铁路工程土工试验规程》、《青连铁路 ZQ-2 标段 2015 年冬期施工方案》及《路基冬期填筑施工工艺性试验方案》选定 DK 113 + 577.88 ~ DK 113 + 690.25 段区间路基作为冬期路基填筑施工工艺性试验段<sup>[1]</sup>。

路基填筑填料来源于董家口站场路堑开挖的级配较好的细圆砾土,属于 A 组填料,符合设计要求。

1 工艺试验情况介绍

1.1 工艺试验目的与指标要求

(1) 试验目的

通过本段路基工艺性试验,收集相关参数,对比填料在冬期施工期气温最高和最低时的孔隙率、K30 值、路基沉降值。从而确定冬期路基填筑采用董家口站场开挖的细圆砾土的可行性,以达到确保路基填筑施工优质高效完成的目的<sup>[2]</sup>。

(2) 指标要求

本段设计采用填料类别为 A、B 组级配好的细圆砾,根据路基验标该路堤基床以下填筑检测标准采用 K30≥110 MPa/m、孔隙率 < 31%<sup>[3]</sup>。

1.2 试验内容与方法

1.2.1 填料

采用董家口站场开挖的级配好的细圆砾进行试验,明确填料冬期施工的可行性。

1.2.2 试验方案

(1) 试验进度计划

2016 年 1 月 3 日 ~ 1 月 9 日,进行现场碾压试验,填筑 3 层进行试验;2016 年 1 月 10 日 ~ 1 月 20 日,现场碾压试验报告编写、总结,并上报监理单位审批。

(2) 试验区段及试验方案

该试验段设计压实厚度 30 cm,DK 113 + 577.88 ~ DK 113 + 690.25 属于软基处理路堤填筑区,填料利用董家口站场开挖的级配好的细圆砾进行填筑,每层控制松铺厚度 38 cm。设计压实厚度不超过30 cm。填筑施工安排在白天 9:00 ~ 16:00,按“三阶段、四区域、八流程”进行施工。采用重型振动压路机碾压,碾压组合方式:静压 1 遍、弱振 1 遍、强振 4 ~ 6 遍、静压 1 遍。压实顺序应按先两侧后中间,先慢后快进行碾压。为保证每一填筑碾压层能在白天完成,每一填筑区域控制在 50 m 左右,每 2 h 测温 1 次,且每次测温不少于 4 个点(测压实后填料温度时,需用 φ10 钢钎在已压填料层钻 1 个 20 cm 小孔,将感应温度计埋入孔内),累计三层做相关检测指标的对比成果,进行工艺总结<sup>[4-5]</sup>。

(3) 路基填筑施工措施

为保证冬期路基填筑满足质量要求,采取如下措施:

- ① 填筑碾压完成后,夜间用覆盖填料(≥10 cm)保温,第二天填筑前清理表面受冻填料。
- ② 填筑碾压尽量安排在白天施工(9:00 ~ 16:00),填筑段根据资源配置确定填筑长度。
- ③ 取土场取土前剥离表面冻土 15 ~ 20 cm<sup>[6]</sup>。

3 填筑压实质量检验

填筑压实质量检验符合《新建时速 200 km 客货共线铁路工程施工质量验收暂行标准》的要求且检验点数量在此基础上增加一倍。

每层填筑完成后检测孔隙率,检测频次为:每层纵向每 50 m 检测 6 点,距路基边 1 m 处各 2 点,中间 2 点<sup>[7]</sup>。

地基系数 K30 在完成填筑第 2 层及第 3 层后检测,检验频次为:50 m 范围内检测 4 点,距路基边 2 m 处左右各 1 点,中间 2 点<sup>[8]</sup>。

为更好的体现检验的准确性,同一压实层填筑压实质量检验 3 次:碾压完成当天 1 次、次日早上 1 次、次日中午气温最高时 1 次,如图 1 和表 1 所示。

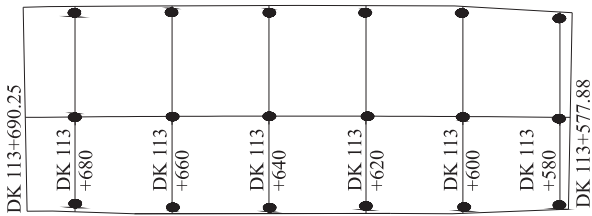


图 1 填筑压实质量检验示意图

表 1 试验设备配制表

序号	设备名称	规格型号	单位	数量	状态	备注
1	K30 平板载荷仪	K30	台	1	良好	
2	灌砂筒	φ150 mm	套	1	良好	
3	电子称	30 kg	台	1	良好	
4	电子感应温度计	-	支	1	-	感应片 8 个

4 路基填筑层碾压面沉降观测

4.1 仪器配置

徕卡 DNA30 仪器 1 台,2M 条码尺 1 对,尺垫 1 对,中海达 v60 1 套。

4.2 监测点布设

本试验段为 DK 113 + 577.88 ~ DK 113 + 690.25,按每 20 m 一个断面布设三个监测点,每个断面的监测

点分别布设在两侧设计边线内侧 10 cm 及线路中线位置,如图 2 所示。



图 2 监测点布置图

4.3 观测方法及周期

以 CPII383 加密点为观测基点,依次观测监测点。  
路基面碾压完成后观测 1 次,次日气温最高时观测 1 次,以此为 1 周期进行观测。

5 成果汇报

5.1 填料室内试验成果

根据监理审批的《路基填筑冬期施工工艺性试验方案》,路基填料采用董家口站场开挖的级配好的细圆砾,试验成果如表 2 所示。

5.2 现场温度测量试验成果

根据监理审批的《路基填筑冬期施工工艺性试验方案》,施工控制松铺厚度 38 cm,压实厚度 30 cm,填筑施工安排在白天 9:00 ~ 16:00 进行。为保证填料不被冻结,控制每一碾压层在白天施工碾压完成,填筑检验完成后在上面覆盖一层 10 ~ 15 cm 厚的填料进行保温。次日将保温土推开后另外上料再进行填筑施工。为掌握各时段各施工阶段的温度情况,分析各时段温度变化与填筑施工质量的影响,现场在各施工阶段每 2 h 测温 1 次。根据测温成果可以看出,虽然大气温度晚上及早晨时处于 0 ℃ 以下,最低温为 -2℃,但在白天施工时填料温度均在 0 ℃ 以上,处于未受冻状态。现场温度测量如图 3 所示。

表 2 填料室内试验成果

试验项目				试验结果		试验项目					试验结果	
天然含水率 $w_0/\%$				7.0		最大干密度 $\rho_{d\max}/(\text{g}/\text{cm}^3)$					2.14	
天然密度 $\rho_0/(\text{g}/\text{cm}^3)$				—		最优含水率 $w_{opt}/\%$					8.1	
粒径 >5 mm 的颗粒密度 $\rho_s/(\text{g}/\text{cm}^3)$				2.63		大于 5 mm 颗粒含量 $/\%$					28.9	
粒径 <5 mm 的颗粒密度 $\rho_s/(\text{g}/\text{cm}^3)$				2.56		小于 5 mm 颗粒含量 $/\%$					71.1	
平均颗粒密度 $\rho_s/(\text{g}/\text{cm}^3)$				2.58		土样最大颗粒粒径/mm					40	
不均匀系数 Cu				11.67		填土类别					级配好的细圆砾	
曲率系数 Cc				1.37		填料等级					A	
粒径/mm	>60	60	40	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.075	<0.075
分计筛余 $/\%$	0.0	0.0	0.0	6.4	7.9	14.6	26.9	15.3	11.2	7.5	7.1	3.1
累计筛余 $/\%$	0.0	0.0	0.0	6.4	14.3	28.9	55.8	71.1	82.3	89.8	96.9	100.0



图 3 温度测量实照图

5.3 现场路基不同时段常规检测试验成果

为检验冬期路基施工质量,采取碾压施工完成时检验 1 次,次日早上填土表层处于冻结状态时检验 1 次,次日下午气温最高时检验 1 次。填筑工艺试验选在 DK 113 + 577.88 ~ DK 113 + 690.25 段第四层、第五

层、第六层。施工完成根据规范要求路堤填筑进行孔隙率 n、K30 检测。根据各项检验成果可以看出,在三个时段、三种状态下孔隙率、K30 测试结果基本上一致。K30 测试结果随着时间的增长,第二天检测比刚碾压完检测值有所增长,这也证明土的应力随时间在慢慢消散,消散后土体受力均匀, K30 值有所增长是正常现象。在当前气候条件下,利用级配良好的细圆砾进行填筑施工质量能满足设计与规范要求<sup>[9]</sup>。

5.4 填土冻胀率与融沉性试验成果分析

为进一步确定在当前气候条件下 ZQ-2 标填筑施工质量,根据 GB 50324 - 2014《冻土工程地质勘察规范》进行了填土冻胀率及融沉性试验。ZQ-2 标地下水位常年处在地表以下 2.0 ~ 3.0 m 左右。将最上一层填土挖开证明冻层最大厚度为 30 cm,下层填土未受冻。试验过程中对填土的含水率进行了测试,同时也对填土结冻与解冻后高差进行了对比。

根据 GB 50324-2014《冻土工程地质勘察规范》，冻土层的平均冻胀率  $\eta$  按下式计算：

$$\eta = \Delta Z / Zd \times 100\% \quad (1)$$

式中： $\Delta Z$ ——地表冻胀量(mm)；

$Zd$ ——设计冻深(mm)， $Zd = h - \Delta Z$ ，取压实厚度 300 mm；

$h$ ——冻层厚度(mm)。

则  $\eta = 0.013/300 \times 100\% = 0.0043\%$ 。

根据试验成果，计算填土含水率平均值为 7.12% < 12%，冻结期间地下水位距冻结面的最小距离  $hw(\text{m}) 2.0 \sim 3.0 \text{ m} > 1 \text{ m}$ ，平均冻胀率 0.0043% < 1%。根据季节冻土与季节融化层土的冻胀性分级，该填土为不冻胀类别。

根据 GB 50324-2014《冻土工程地质勘察规范》，冻土层的平均融沉系数  $\sigma_0$  按下式计算：

$$\sigma_0 = (h_1 - h_2) / h_2 = (e_1 - e_2) / (1 + e_1) \times 100\% \quad (2)$$

式中： $h_1$ 、 $e_1$ ——冻土试样融化前的高度和孔隙比；

$h_2$ 、 $e_2$ ——冻土试样融化后的高度和孔隙比。

则  $\sigma_0 = (300.051 - 300) / 300 \times 100\% = 0.017\%$

根据试验成果，计算填土含水率平均值为 7.12% < 12%，平均融沉系数  $\sigma_0$  为 0.017% < 1%，根据冻土的融沉性分级，该填土为不融沉类别。

## 6 结束语

青连铁路胶南及日照地区大气温度晚上及早晨时处于 0℃ 以下，最低温度为 -2℃。但在白天施工时填料温度均在零度以上时，根据路基填筑冬期施工工艺性试验成果分析，采用的细圆砾填料，通过取土场剥离冻土、夜间覆盖填筑面、碾压填筑安排在白天进行等措施进行填筑施工，在 -2℃ 以上低温条件下，填筑压实通过碾压后、次日早晨（结冻状态）、次日下午（解冻以后）三个时段检测，三种状态下各项指标（孔隙率、K30）对比试验，以及根据《冻土工程地质勘察规范》计算冻胀率与融沉系数均处于不冻胀与不融沉类别，证明检测结果能达到设计与规范要求。综上所述，路基冬期填筑施工在 -2℃ 以上低温条件下，在采取一定措

施后是完全可以满足设计要求，对于解决冬期连续施工、缩短工期具有重要意义。

## 参考文献：

- [1] 姜守国,杜家刚,郭琳. 浅析路基土方的冬季施工技术要求[J]. 建筑工程技术与设计,2014,2(20):317.  
JIANG Shouguo, DU Jiagang, GUO Lin. Winter construction technical requirements of subgrade earthwork [J]. Architectural Engineering Technology and Design, 2014,2 (20):317.
- [2] 铁建设[2010]241号,高速铁路路基工程施工技术指南[S].  
Tie Jian She[2010] No. 241, Guide of high speed railway subgrade engineering construction technology[S].
- [3] 田大鹏. 高速铁路泥质粉砂岩填料物理性试验及路基填筑技术[J]. 铁道科学与工程学报,2010,7(2):31-37.  
TIAN Dapeng. Physical experiment of argillaceous siltstone packing for high-speed railway and subgrade filling technology [J]. Journal of Railway Science and Engineering, 2010,7(2):31-37.
- [4] 熊跃华,刁心宏,郑明新,软岩填筑路基模型试验研究[J]. 华东交通大学学报,2004,21(4):15-18.  
XIONG Yuehua, DIAO Xinhong, ZHENG Mingxin. Model Test on Constructing Roadbed with Softrock [J]. Journal of East China Jiaotong University, 2004,21(4):15-18.
- [5] 左晓磊. 浅析铁路路基施工工艺与质量控制[J]. 四川建材,2010,36(3):166-167.  
ZUO Xiaolei. Railway roadbed construction technology and quality control [J]. Sichuan Building Materials, 2010,36 (3):166-167.
- [6] 李伟. 公路路基关键施工技术的研究[J]. 河南科技,2013,29(5):113-114.  
LI wei. Key construction technology of highway subgrade [J]. Henan Science and Technology, 2013,29(5):113-114.
- [7] 宋立夫. 高速铁路路桥过渡段、路堤与横向构造物过渡段施工工艺浅谈[J]. 科技信息,2009,26(19):223-224.  
SONG Lifu. Construction technology of high speed railway bridge transition section, embankment and the transverse structure transition section [J]. Science and Technology Information, 2009,26 (19):223-224.
- [8] 高传伟,郭宏昆. 高速铁路路基 A、B 料压实质量检测方法、标准的探讨[J]. 铁道工程学报,2007,(S1):64-67.  
GAO Chuanwei, GUO Hongkun. High speed railway subgrade of A and B material compaction quality testing method and standard [J]. Journal of railway engineering, 2007, (S1):64-67.
- [9] 万智. 细粒土的压实特性与潮湿地区公路路基填筑控制技术研究[D]. 长沙:中南大学,2010.  
WAN Zhi. Research of fine grained soil compaction characteristics and roadbed filling control technology of highway in damp area [D]. Changsha: Central South University, 2010.

(编辑:车晓娟 苏玲梅)