

不均一土料在南水北调渠堤填筑中的应用

张会香 姚蓬飞

(河南省白龟山水库管理局,河南 平顶山 467000)

【摘要】 南水北调潮河段第1施工标段地质条件复杂,由于回填土料料源不均一,土方填筑质量难以控制,通过“立采混筑”方法,解决了土料不均填筑的施工难题。

【关键词】 南水北调;不均一土料;立采混筑

中图分类号: TV554

文献标识码: B

文章编号: 1005-4774(2017)010-0005-05

Application of uneven soil material in embankment filling of the South-to-North Water Diversion Project

ZHANG Huixiang, YAO Pengfei

(Henan Baiguishan Reservoir Authority, Pingdingshan 467000, China)

Abstract: No. 1 construction bidding section in Chaohe River of South-to-North Water Diversion Project has complex geological conditions. It is difficult to control the earthwork filling quantity due to the inhomogenous backfill material sources. The construction difficulty of soil material uneven filling is solved through the method of ‘vertical mining and mixed construction’.

Key words: South-to-North Water Diversion; uneven soil material; vertical mining and mixed construction

1 工程概况

南水北调中线一期工程总干渠沙河南~黄河南(委托建管项目)潮河段第一施工标段,设计桩号 SH(3)133+380.8~SH(3)141+800,总长8.4192km。该标段土石方开挖559.6万 m^3 、土石方填筑167万 m^3 、开挖料中合格土料约187.6万 m^3 。

2 料源均质情况

2.1 填筑料技术要求

挖方可用料为黄土状中粉质壤土(alpQ₃)、黄土

状轻壤土(alQ₄₁)、黄土状轻壤土(alplQ₃)和砂壤土。

渠堤填筑土料,设计标准为黏粒含量宜为8%~30%,塑性指数宜为7~17,渗透系数碾压后小于 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$,有机质含量不大于5%。水溶盐不大于3%,填筑土料的压实度不小于98%,干密度不小于 1.77g/cm^3 ,含水量的允许偏差为-2%~+3%。

2.2 料源现状

根据现场开挖揭露情况,潮河一标可用土料分布范围,见表1。

表1 潮河一标可用土料分布范围

序号	桩号	开挖深度/m	取样深度/m	土料特性	分析结果
1	SH(3)133+380.8~SH(3)134+280	1.0~3.5	2.0~3.0	黄土状轻壤土	可利用料厚1.5m
2	SH(3)134+300~SH(3)134+888	6.0~10.0	3.0~6.0	黄土状轻壤土	可利用料厚3m
3	SH(3)135+090~SH(3)135+150	8.0~9.0	3.0~6.0	黄土状轻壤土	可利用料厚2.5m
4	SH(3)135+150~SH(3)135+888	9.0~10.0	3.0~6.0	黄土状轻壤土	可利用料厚3m
5	SH(3)136+720~SH(3)136+800	2.0~8.0	2.0~4.0	黄土状轻壤土	可利用料厚1.5m
6	SH(3)136+800~SH(3)137+000	5.0~7.0	2.0~4.0	黄土状轻壤土	可利用料厚2m
7	SH(3)137+400~SH(3)137+600	2.5~7.0	2.0~4.0	黄土状轻壤土	可利用料厚1.5m
8	SH(3)137+600~SH(3)138+000	2.5~13.5	2.0~4.0	黄土状轻壤土	可利用料厚2m
9	SH(3)138+000~SH(3)139+000	2.0~14.0	2.0~4.0	黄土状轻壤土	可利用料厚2m
10	SH(3)139+000~SH(3)140+000	2.0~9.0	2.0~4.0	黄土状轻壤土	可利用料厚2m
11	SH(3)140+000~SH(3)140+500	8.0~12.0	2.0~6.0	砂壤土	可利用料厚3m
12	SH(3)140+500~SH(3)140+800	8.0~17.0	2.0~6.0	砂壤土	可利用料厚1.5m
13	SH(3)140+800~SH(3)141+020	17.0~23	6.0~12.0	砂壤土	可利用料厚3m
14	SH(3)141+020~SH(3)141+500	17.0~28	6.0~12.0	砂壤土	可利用料厚4.5m
15	SH(3)141+500~SH(3)141+680	23~27	6.0~12.0	砂壤土	可利用料厚5.5m
16	SH(3)141+680~SH(3)141+800	21~23	6.0~12.0	砂壤土	可利用料厚2.5m

续表

2.3 料源特点

根据现场开挖揭露情况,可利用土料地质情况发生较大变化,主要变化有两点:①可用土料减少,不可用料增加,开采区分难度加大;②料源不均匀性增大,夹层多,层厚较小,最小的仅为1.5m,可利用料与非可利用料界限不明显。

2.4 料源不均一性

现场取样,试验检测结果,见表2。最大干密度范围为1.79~1.87g/cm³。土料击实结果离散性较大,土料极不均一。

表2 试验检测结果

取样部位	最优含水率/%	最大干密度/(g/cm ³)
左岸136+850	12.9	1.79
左岸136+870	13.1	1.83
右岸136+840	13.2	1.85
左岸136+805	13.8	1.81
左岸136+888.293	12.8	1.82
右岸136+670.231	12.7	1.82

取样部位	最优含水率/%	最大干密度/(g/cm ³)
右岸136+725.201	12.7	1.85
右岸136+776.019	12.0	1.87
右岸136+829.721	12.2	1.87
右岸136+887.379	11.5	1.86
左岸136+678.192	12.6	1.86
左岸136+729.082	13.2	1.86
左岸136+781.831	12.3	1.85
左岸136+835.081	11.8	1.83
右岸136+889	13.0	1.85
右岸136+859.071	12.6	1.86
右岸西土堆(左边)	12.8	1.80
左岸136+802.24	12.9	1.87
右岸136+836.317	13.5	1.85
右岸136+860.49	13.0	1.86
左岸136+824.504	13.4	1.85
右岸西土堆(右边)	13.4	1.86
左岸136+876.416	12.5	1.87
右岸136+802	13.3	1.85

续表

取样部位	最优含水率/%	最大干密度/(g/cm ³)
右岸 136 + 754	13.2	1.86
左岸填筑面 136 + 800.267	12.5	1.86
右岸 136 + 889	13.0	1.79
右岸 136 + 754	13.1	1.80
右岸 136 + 802	14.0	1.81
右岸 136 + 859	13.8	1.79
左岸已混合料 136 + 802	13.3	1.80
左岸填筑面 136 + 800.267	12.8	1.81
左岸 136 + 876	13.3	1.82
右岸西土堆(右边)	13.5	1.79
左岸 136 + 824.504	13.7	1.81
左岸 136 + 860	13.4	1.80
右岸 136 + 836	12.8	1.81
右岸西土堆(左边)	13.0	1.81

2.5 不均一土料混合填筑方案确定

2011年6月,南水北调国调办飞检小组,在潮河一标 SH(3)136 + 650 ~ SH(3)136 + 900 段右岸抽检,发现填筑质量有问题,受到国调办通报。参建各方共同分析,经专家咨询论证,采用立采混筑的方法。

3 不均一土料填筑技术

立采混筑的方法,即充分混合后填筑。工地实验室多次取样做击实试验、混料试验、碾压试验,经过多次试验,选定合适的渠堤填筑参数。

3.1 最大干密度控制指标

混料前在备土区,取上、中、下三个点土料混合后,做击实试验,作为参照指标;混料后的土料取样做击实试验,按照混料后的最大干密度数据中的大均值作为最大干密度控制指标。

以 SH(3)137 + 400 ~ SH(3)137 + 800 段渠道开挖土料为例,系采用立式开采挖混合后的土料。现场碾压试验之前,针对该土料进行击实试验和颗粒分析,击实土样分别在土料不同部位和不同深度进行取样各 5 组、颗粒分析各取 1 组。

根据击实结果分析,左岸最大干密度在 1.84 ~ 1.86g/cm³ 区间范围内、最佳含水率在 12.3% ~ 13.2% 范围内、右岸最大干密度在 1.82 ~ 1.85g/cm³ 区间范围内、最佳含水率在 12.5% ~ 13.8% 范围内,料源最大干密度及含水率范围基本相同。

根据潮河监理[2011]通知 290 号,南水北调中线郑州段土方填筑(水泥改性土)工程质量控制专家咨询意见,选择最大干密度平均值作为料区最大干密度控制指标。根据选取的最大干密度均值,分别进行碾压试验,以确定填筑施工参数。经过计算分析,该段土料碾压试验最大干密度值为 1.85g/cm³,填筑施工时最大干密度控制指标为 1.84g/cm³。

3.2 填筑施工参数确定

按照混料后击实试验数据作为控制指标,进行不同层厚、含水率、碾压遍数的碾压试验。

碾压试验根据使用振动碾为 22t,选铺土厚度为 30cm、35cm、40cm 三种,不同含水率(天然含水率 12.8%、天然含水率增加 2 个百分点 14.8%、减少 2 个百分点 10.8%)的土料分别进行碾压,行走速度采用 1 档,速度为 1.7km/h,试验碾压遍数为静压 1 遍 + 微震 1 遍 + 强震 4 遍(取样) + 强震 2 遍(取样) + 强震 2 遍(取样)。

每个试验小块按试验要求分别进行铺土、平整、碾压,当碾压进行完后进行取样,做密度试验,从第六遍开始取样,碾压每增加两遍,取样一次,每个试验块每次取样 12 个,采用环刀法取样,测定干密度值。取样部位应有代表性,且应在面上均匀分布,不得随意挑选,在压实层厚的下部 1/3 处取样,若下部 1/3 的厚度不足环刀高度时,以环刀底面达下层顶面时环刀取满土样为准,并记录压实层厚度。

通过前述的试验数据分析比较,可确定铺土厚度 30cm 的压实效果最好,铺土厚度 35cm、40cm 则压实度不满足要求。因此,对该段回填料填筑施工参数:使用含水率 12.8%,铺料厚度 30cm,22t 振动碾碾压 10 遍。

3.3 开挖混料

在工作面按照正常渠道开挖方法进行开挖,开挖时采用立式开挖方法混料一次,尽量使同一铲斗取到上、中、下各层土料,并把开挖出来的土料运至填筑面附近的备料场;在填筑面附近备料场对土料采用反铲就地立式开挖、拌和3次,混料采用2m³斗容挖掘机,对拌和好的土料再采取立采方式,进行开挖混料一次直接运至填筑面进行填筑。

3.4 填筑施工

3.4.1 开挖备料

在渠道开挖段,采用立式开挖方法混料一次,尽量使同一铲斗取到上、中、下各层土料,并把开挖出来的土料运至填筑面附近的备料场堆存。

3.4.2 基面验收

填筑施工前,对填筑基面进行联合基础验收,经验收合格后,方可进行填筑施工。

3.4.3 含水率控制方法

铺土前,对土料含水率进行检测,不在规定值时对其进行含水率调整,含水率应控制在碾压试验要求规定值。当含水率大于施工控制含水率时,对其进行翻晒。当含水率小于规定要求的含水率时,需要加水进行调整含水率;如土料含水量调整超过3%时,采取取土场加水方式增大土料含水率;如土料含水量仅需增加少量时,可采用在结合面直接洒水的方式加水。作业面含水率调整公式为

$$V = \rho_w / (1 + W) (W_{op} - W)$$

式中 V ——单位体积内需要的补充水量,L;

W ——土的天然含水量,%;

W_{op} ——土的最优含水量,%;

ρ_w ——填土碾压前的密度,kg/m³。

当采用作业面洒水调整土料含水率时,压力水和压缩空气混合以雾状喷出,使洒水均匀;根据施工气温和风速等气象条件来决定土料含水率调整时间。

3.4.4 土料运输摊铺

土料运输采用挖掘机装料、自卸车运输的方式。采用进占法铺料,推土机摊铺压平,人工配合。自卸汽车行走平台及卸料平台,自卸汽车退行进入工作面,不在工作面调头,各填筑作业面安排1人专职指挥车辆,使车辆有序进出工作面。铺土厚度采用打桩和水准测量的方式进行控制,严格控制松铺厚度。

3.4.5 碾压

碾压方法:静压1遍+微震1遍+强震8遍。碾压时采用进退错距法,行走方向应平行于渠道中心线,行走速度不大于2km/h,振动碾前进一趟为1遍,每一遍碾压轨迹搭接宽度大于0.5m。

3.4.6 层间结合面处理

为保证层间结合面结合密实,在铺料过程中需要进行层间洒水。

4 质量检验

采用环刀法取样,测定干密度值。取样部位应有代表性,且应在面上均匀分布,不得随意挑选,在压实层厚的下部1/3处取样,若下部1/3的厚度不足环刀高度时,以环刀底面达下层顶面时环刀取满土样为准,填筑土料的压实度不小于98%。经对该部位填筑的土方环刀检测,检测数据见表3。

表3 干密度及压实度检测

实际桩号	层数	铺料方量	高程	实测干密度	压实度
138+200-300	1	658	119.48	1.83/1.85/1.84/1.83	99.5/100.5/100/99.5
138+200-300	2	631	119.74	1.83/1.82/1.83/1.83	99.5/98.9/99.5/99.5
138+200-300	3	604	120.00	1.84/1.83/1.82/1.83	100/99.5/98.9/99.5
138+200-300	4	576	120.27	1.82/1.83/1.83/1.85	98.9/99.5/99.5/100.5
138+200-300	5	549	120.53	1.83/1.83/1.81/1.82	99.5/99.5/98.4/98.9

续表

实际桩号	层数	铺料方量	高 程	实测干密度	压 实 度
138 +200-300	6	524	120.78	1.81/1.83/1.83/1.81/1.83	98.4/99.5/99.5/98.4/99.5
138 +200-300	7	496	121.04	1.83/1.85/1.82/1.84/1.84/1.84	99.5/100.5/98.9/100/100/100
138 +200-300	8	468	121.31	1.83/1.83/1.82/1.83/1.82/1.83	99.5/99.5/98.9/99.5/98.9/99.5
138 +300-400	1	763	118.42	1.83/1.84/1.85/1.83	99.5/100/100.5/99.5
138 +300-400	2	735	118.68	1.82/1.83/1.83/1.82	98.9/99.5/99.5/98.9
138 +300-400	3	710	118.94	1.83/1.84/1.83/1.82	99.5/100/99.5/98.9
138 +300-400	4	683	119.19	1.82/1.83/1.85/1.83	98.9/100/100.5/99.5
138 +300-400	5	657	119.44	1.82/1.83/1.82/1.82	98.9/99.5/98.9/98.9/98.9
138 +300-400	6	629	119.71	1.82/1.83/1.83/1.82/1.82	98.9/99.5/99.5/98.9
138 +300-400	7	603	119.97	1.83/1.84/1.82/1.82/1.83/1.84	99.5/100/98.9/98.9/98.9/99.5/100
138 +300-400	8	574	120.24	1.81/1.84/1.81/1.82/1.82/1.84	98.3/100/98.3/98.9/98.9/100
138 +300-400	9	546	120.51	1.82/1.82/1.82/1.82/1.83/1.82	98.9/98.9/98.9/99.5/98.9
138 +500-600	1	842	117.70	1.82/1.81/1.83/1.84/1.82	98.9/98.3/99.5/100/98.9
138 +500-600	2	815	117.96	1.85/1.82/1.83/1.82	100.5/98.9/99.5/98.9
138 +500-600	3	789	118.22	1.85/1.82/1.83/1.82/1.83	100.5/98.9/99.5/98.9/99.5
138 +500-600	4	761	118.48	1.83/1.83/1.82/1.84/1.83	99.5/99.8/98.9/100/99.5
138 +500-600	5	734	118.74	1.83/1.82/1.84/1.83/1.82	99.5/98.9/100/99.5/98.9
138 +500-600	6	706	119.01	1.83/1.83/1.84/1.82/1.85	99.5/99.5/100/98.9/100.5
138 +500-600	7	679	119.27	1.82/1.83/1.82/1.81/1.82	98.9/99.5/98.9/98.4/98.9
138 +500-600	8	654	119.52	1.82/1.81/1.82/1.82/1.83	98.9/98.4/98.9/98.9/99.5
138 +600-675	1	688	117.16	1.85/1.82/1.83/1.84	100.5/98.9/99.5/100
138 +600-675	2	668	117.42	1.83/1.83/1.85	99.5/99.5/100.5
138 +600-675	3	647	117.68	1.82/1.82/1.84	98.9/98.9/100
138 +600-675	4	626	117.97	1.82/1.83/1.82	98.9/99.5/98.9
138 +600-675	5	606	118.20	1.86/1.83/1.83	101.09/99.5/99.5
138 +675-700	1	222	117.42	1.85/1.82/1.83/1.84	100.5/98.9/99.5/100

5 结 语

检测数据表明,压实度均在 0.98 以上,且干密度也趋于均一,填筑质量完全可控,满足设计要求;不均一土料采用“立采混筑”方法是可行的。对于实际施

工中土料料源不均一、土方填筑质量不易控制的情况,该方法是一次有益的探索,为今后同类工程提供可借鉴的经验。◆