

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2025.03.010

宁夏湿陷性黄土区素土(灰土) 挤密桩预算定额研究

吕剑波¹, 陆立国^{2,3,4}, 郑晓云¹, 朱文婷¹, 朱洁^{2,3,4}, 邹媛媛^{2,3,4}

(1. 宁夏水利工程定额和质量安全中心, 宁夏 银川 750002;

2. 宁夏回族自治区水利科学研究院, 宁夏 银川 750021;

3. 水利部宁夏引黄灌区农业灌溉野外科学观测研究站, 宁夏 银川 750021;

4. 宁夏旱作节水高效农业工程技术研究中心, 宁夏 银川 750021)

摘要: 针对现行的《宁夏水利建筑工程预算定额》(2009年)尚没有素土(灰土)挤密桩法在水库除险加固、蓄水池地基处理等水利工程中应用的预算定额,以宁夏固原市彭阳县庙台水库除险加固工程和吴忠市同心县清水河流域城乡供水工程调蓄水池为例,通过现场调研、典型观测及基础资料分析,总结素土(灰土)挤密桩施工工艺,测算素土、灰土(2:8)、灰土(3:7)挤密桩预算定额,并与宁夏市政定额、国内部分省房建定额和水利定额进行单价水平测算。结果表明:素土、灰土(2:8)、灰土(3:7)挤密桩预算定额分别为195.83元/m³、252.67元/m³、279.04元/m³;施工中采用夹杆锤全自动填料机能够精准控制填料的量和速度,提高了效率、节省投资、保证了工程质量和施工现场的安全性。宁夏预算定额中的消耗量水平更加合理,更符合当下素土(灰土)挤密桩施工中人工与机械的消耗量占比,其中的夹杆锤全自动填料机台时定额的测算补充,填补了宁夏和水利部机械台时定额的空白。

关键词: 湿陷性黄土;挤密桩;夹杆锤全自动填料机;施工工艺;预算定额

中图分类号: TV512;TU472

文献标识码: A

文章编号: 1672—1144(2025)03—0071—07

Budget Quota of Plain Soil (Lime Soil) Compaction Piles in the Collapsible Loess Area of Ningxia

LV Jianbo¹, LU Ligu^{2,3,4}, ZHENG Xiaoyun¹, ZHU Wenting¹, ZHU Jie^{2,3,4}, ZOU Yuanyuan^{2,3,4}

(1. Ningxia Water Conservancy Project Quota and Quality Safety Center, Yinchuan, Ningxia 750002, China;

2. Hydraulic Research Institute of Ningxia Hui Autonomous Region, Yinchuan, Ningxia 750021, China;

3. Field Scientific Observation and Research Station for Agricultural Irrigation in Ningxia Yellow River Diversion Irrigation Area, Ministry of Water Resources, Yinchuan, Ningxia 750021, China;

4. Ningxia Dry Farming, Water Saving and Efficient Agricultural Engineering Technology Research Center, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: The plain soil (lime-soil) compaction pile method has been popularized and applied in recent years in water conservancy projects such as the danger removal and reinforcement of reservoirs and the foundation treatment of water storage tanks in the central and southern regions, and has achieved remarkable results. However, the current "Budget Quota for Water Conservancy Construction Projects in Ningxia" (2009) still lacks the budget quota for this technology. Taking the danger removal and reinforcement project of Miaotai Reservoir in Pengyang County, Guyuan City, Ningxia, and the regulating storage tank project of the urban and rural water supply project in the Qingshui River Basin in Tongxin County, Wuzhong City as examples, through on-site investigations, typical observations, and analysis of basic data, this paper summarizes the construction technology of plain soil (lime-soil) compaction piles. It calculates that the budget quotas for plain soil compaction piles, lime-soil (2:8) compaction piles, and lime-soil (3:7) compaction

收稿日期:2025-01-12

修稿日期:2025-03-09

基金项目:宁夏回族自治区自然科学基金项目(2024AAC03403)

作者简介:吕剑波(1993—),男,工程师,主要从事水利造价工作。E-mail:1546233909@qq.com

通讯作者:陆立国(1967—),男,正高级工程师,主要从事水利工程技术研究工作。E-mail:nxskslg@126.com

piles are 195.83 yuan/m³, 252.67 yuan/m³, and 279.04 yuan/m³ respectively. And it conducts unit price level calculations in comparison with the municipal quotas in Ningxia, the housing construction quotas of some provinces in China, and the water conservancy quotas. During the construction, the use of the automatic filler machine with a clamping rod hammer can accurately control the quantity and speed of the filler, improving efficiency, saving investment, and ensuring the project quality and the safety of the construction site. The results show that the consumption level in the budget quota of Ningxia is more reasonable and more in line with the proportion of the consumption of labor and machinery in the current construction of plain soil (lime-soil) compaction piles. The calculation and supplementation of the machine-hour quota of the automatic filler machine with a clamping rod hammer fill the gaps in the machine-hour quotas of Ningxia and the Ministry of Water Resources.

Keywords: collapsible loess; compaction pile; fully automatic filling machine with rammer and hammer; construction technology; budget quota

素土(灰土)挤密桩作为一种湿陷性黄土地基处理方式,是一种以土治土的方法,具有施工简单、土方量少、工期短、工程造价低等优点^[1]。该方法是利用打入土中的钢管挤密钢管周围的土体形成圆孔,在桩孔中分层回填素土(灰土)夯实而成,可处理地基厚度 3 m~15 m^[2]。素土挤密桩用于消除地基土的湿陷性,灰土挤密桩用于提高地基土的承载力或增强其水稳性^[3]。素土(灰土)挤密桩桩孔直径宜为 300 mm~600 mm。宁夏地处我国湿陷性黄土分布范围内,湿陷性黄土多分布在固原市及同心县周边地区,还有部分分布在盐池县及灵武市,该地区自重湿陷性黄土厚度较大,以 8 m~20 m 为主,部分高阶地厚度大于 20 m,地基湿陷等级一般为 II~IV,湿陷性较敏感^[4]。

宁夏水利工程建设在处理湿陷性黄土的措施以往多采用垫层法、强夯法、预浸水法和换土法,而挤密桩法是近年来引进并应用。近年来,宁夏在中南部地区的水库除险加固、蓄水池地基处理应用了素土(灰土)挤密桩,而现行的《宁夏水利建筑工程预算定额》(2009 年)尚没有该项技术的施工预算定额,应结合宁夏地区湿陷性黄土湿陷等级、技术水平、应用情况和今后发展予以补充。

国内各地根据自身的地质条件、施工工艺和市场情况等,制定和修订了适用于本地区的素土(灰土)挤密桩预算定额^[5-6]。甘肃省在 2024 年发布了《旋挖钻机成孔深层超强夯水泥土(素土)挤密桩补充定额及基价》,作为《甘肃省建筑与装饰工程预算定额》的补充内容,与《甘肃省建设工程计价规则》配套执行。参考其他行业定额:2018 年《公路工程预算定额》提供了挤密灰土桩的定额,为公路工程领域的灰土挤密桩造价计算提供了依据^[7]。对于素土(灰土)挤密桩的工程量计算,不同地区和不同定额版本有不同的规定,北京市 2012 年《北京市建

设工程计价依据——预算定额》规定砂石桩、灰土挤密桩等均按设计桩长(含桩尖)乘以桩截面面积以体积计算^[8];陕西省定额则区分了不同情况,对于设计图纸中挤密桩,图纸设计要求有成孔直径大小,对回填后桩径没有要求或不要求扩大,执行定额中(灰土或素土)挤密桩定额^[9]。在实际工程中,关于素土(灰土)挤密桩的工程量计算也存在一些争议问题,如桩径的确定是按成孔直径还是成桩直径计算、桩长的计算是否包含桩尖、超灌部分如何计算等以及桩间土的处理等,这也促使了对定额中工程量计算合理性的深入研究和探讨^[10]。

本文拟以宁夏湿陷性黄土区素土(灰土)挤密桩预算定额依据水库、蓄水池典型工程案例,通过施工工艺优化、采用先进设备以及现场各工序的材料、人工、机械等用量测算,进行预算定额研究,以期对合理确定工程投资提供依据。

1 施工工艺

1.1 工程挤密桩布置

通过对湿陷性黄土地区的宁夏固原市彭阳县庙台水库除险加固工程及吴忠市同心县清水河流域城乡供水工程进行素土(灰土)挤密桩调研、现场典型观测及基础资料收集工作。

(1) 彭阳县庙台水库除险加固工程

彭阳县庙台水库除险加固工程位于彭阳县交岔乡庙台村茹河一级支流小河流域上游,水库坝体右坝肩采用素土挤密桩施工方法进行湿陷性黄土处理,处理面积为 4 355 m²,桩数 6 888 根,桩长含 15.0 m 和 11.5 m,总长度 92 148 m。素土挤密桩桩径 0.4 m,桩与桩间距 0.8 m,布置呈等边三角形^[11]。

(2) 清水河流域城乡供水工程

清水河流域城乡供水工程 4#调蓄水池位于同心县高速出口向南 640 m 罗山路与同海路路口东南

角处,蓄水池场长72.8 m,宽48.8 m,土层湿陷厚度6.4 m~9.6 m,为Ⅰ级非自重(轻微)—Ⅱ级自重(中等)湿陷性场地。设计蓄水池堤底为素土挤密桩处理,桩数为11 733根,桩长10 m,总长度117 330 m。素土挤密桩桩径0.4 m,桩间距1 m,布置呈梅花桩。要求桩体内平均压实系数不小于0.97,桩间挤密后的平均挤密系数不小于0.93。

1.2 施工工艺

根据现场调研与观测,结合《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2012)、《建筑地基基础工程施工质量验收标准》(GB 50202—2018)、《全国民用建筑工程设计技术措施—结构(地基与基础)》(09 JSCS—GD)、《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB 50025—2004)等素土(灰土)挤密桩技术规范和验收标准,确定预算定额编制的典型施工工艺,包括桩位置布置、打桩顺序和单桩施工工序三个方面。

(1) 位置布置

素土(灰土)挤密桩位置布置图如图1所示。

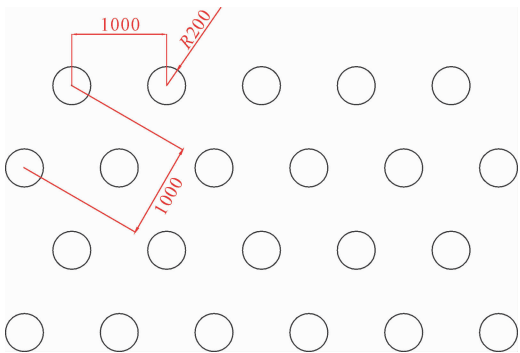
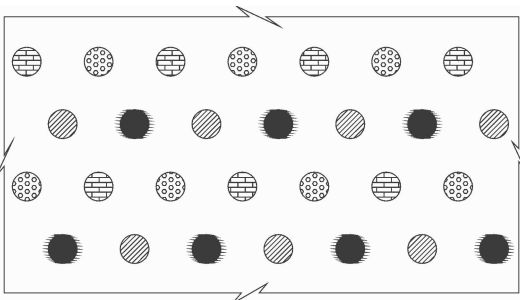


图1 挤密桩位置布置图

(2) 打桩顺序

素土(灰土)挤密桩打桩顺序控制原则为从里向外,隔行隔桩跳打,分四个层次进行施工。挤密桩打桩顺序见图2。



注:①表示首先进行施工的桩,属于第一次序施工;②表示随后进行施工的桩,属于第二次序施工;③表示随后进行施工的桩,属于第三次序施工;④表示随后进行施工的桩,属于第四次序施工。

图2 挤密桩打桩顺序图

(3) 单桩施工工序

素土(灰土)挤密桩典型施工工序为:场地清理→测量、定位放线→柴油打桩机挤密就位、挤密成孔、移位→夹杆锤全自动填料机夯填(装载机配合运土)→清除松动表层→质量检测。灰土挤密桩典型施工工序比素土挤密桩典型施工工序多了一道“灰土拌制”工作内容,其余工序相同^[12-14]。施工流程见图3。

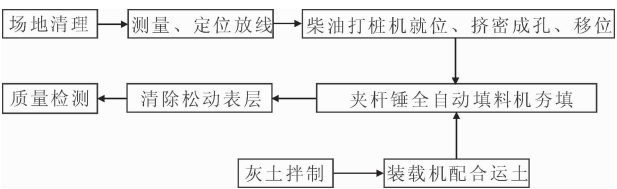


图3 素土(灰土)挤密桩典型施工工序

表1为素土(灰土)挤密桩施工流程及资源配置情况表,图4为素土(灰土)挤密桩的施工现场图。

表1 素土(灰土)挤密桩施工流程及资源配置情况表

序号	工序名称	主要内容	主要材料	主要设备及器具
1	测量、定位放线	根据设计图纸,由专职测量人员进行轴线及桩位的测量、定位放线工作。	—	全站仪、测距仪等
2	柴油打桩机就位、挤密成孔、移位	桩机就位、桩管垂直地面→锤击桩管,沉孔深度应满足成桩后设计桩深要求→拔管→桩机移位至下一桩号。	—	柴油打桩机
3	灰土拌制、装载机配合运土	灰土拌制、装载机配合运灰土	素土、灰土、黏土、水	灰土拌和机、装载机 1 m ³ 、装载机 3 m ³
4	夹杆锤全自动填料机夯填	向孔内分层填入符合要求的素土,并分层夯实至设计标高。完成桩身回填后,夹杆锤全自动填料机移位至下一桩号施工	素土、灰土、黏土、水	夹杆锤全自动填料机



图4 素土(灰土)挤密桩施工现场

2 预算补充定额

2.1 预算定额子目拟定

为保证预算补充定额在实际使用过程中简便、合理、有效,在编制工作中遵循实事求是、简明适用、水平合理原则,确定工作内容为测量、定位放线,桩机就位、打钢管成孔、移位、夯填素土(灰土),定额单位为 100 m³,典型工艺基本参数为桩径 0.4 m、桩间距 1.0 m、桩长 10 m、单根桩体积为 1.257 m³。编制的定额成果为《宁夏水利建筑工程预算定额》(2009 年)的补充定额,因此在章节子目设置、编排形式、项目分类上与《宁夏水利建筑工程预算定额》(2009 年)定额基本保持一致。

2.2 预算定额成果

综合计算素土挤密桩、灰土挤密桩(2:8 灰土)、灰土挤密桩(3:7 灰土)在相应工作内容下的人工时间定额、材料消耗量定额、机械台时定额,确定素土(灰土)挤密桩的预算定额成果,见表 2。

表 2 100 m³ 素土(灰土)挤密桩预算定额成果

项目	素土 挤密桩	灰土挤密桩 2:8 灰土	灰土挤密桩 3:7 灰土
普工/工时	84.31	88.37	88.37
技工/工时	517.27	527.57	527.57
合计/工时	601.58	615.94	615.94
黏土/m ³	129.41	103.53	90.59
生石灰/t	—	15.53	23.29
水/m ³	—	22.00	22.00
其他材料费/%	2.00	2.00	2.00
柴油打桩机/台时	18.21	18.21	18.21
夹杆锤全自动填料机/台时	22.66	22.66	22.66
灰土拌和机/台时	—	1.18	1.18
装载机 1 m ³ /台时	19.08	20.26	20.26
装载机 3 m ³ /台时	4.76	4.76	4.76
其他机械费/%	2.00	2.00	2.00

2.3 补充施工机械台时费定额成果

夹杆锤全自动填料机 G66-260-56 和灰土拌和机 DHB-200 型设备广泛应用于宁夏地区素土(灰土)挤密桩施工,见图 5。而目前《宁夏水利建筑工程预算定额》和部颁《水利工程施工机械台时费定额》无相应台时费定额,因此分别以夹杆锤全自动填料机 G66-260-56 和灰土拌和机 DHB-200 型为对象编制夹杆锤全自动填料机和灰土拌和机的补充台时定额。

综合计算夹杆锤全自动填料机和灰土拌和机的

折旧费、修理及替换设备费和安装拆卸费、机上人工、动力燃料消耗量等,得到两种机械的定额成果,见表 3。



图 5 夹杆锤全自动填料机和灰土拌和机

表 3 夹杆锤全自动填料机和灰土拌和机预算定额成果

机械名称		夹杆锤全自动填料机	灰土拌和机
Ⅰ类 费用	折旧费/元	4.99	23.75
	修理及替换设备费/元	11.49	18.47
	安装拆卸费/元	3.76	
	小计/元	20.24	42.22
Ⅱ类 费用	人工/元	1.1	1.1
	汽油/kg		
	柴油/kg		
	电/kW·h	4.79	17.96
	风/m ³		
	水/m ³		
	煤/kg		
	小计/元	1.1×8.1+ 4.79×1.5 =16.10	1.1×8.1+ 17.96×1.5 =35.85
	合计/元	36.34	78.07

2.4 预算定额对比及分析

按照现行《宁夏回族自治区水利工程设计概(估)算编制规定》(宁水计发[2016]10 号文),机械台时费机上人工单价 8.10 元/工时,以及电价 1.5 元/(kW·h),对补充台时定额进行水平测算。补充机械台时定额水平测算见表 3。现行 2009 年宁夏回族自治区水利建筑工程预算定额未包含上述两个机械台时定额,水利部水利工程施工机械台时费定额虽然还有灰浆搅拌机、搅灌机等类似机械,但与宁夏地区所用机械各类费用差别较大,宁夏地区无法参考使用。因此,夹杆锤全自动填料机和灰土拌和机的机械台时费定额的补充编制不仅提升了宁夏地区水利工程建设的生产力水平,使工程预算编制与现场施工效率更加匹配。

为了从整体上把握定额单价水平,按照《宁夏回族自治区水利工程设计概(估)算编制规定》(宁

水计发[2016]10 号文)的人工、取费标准及相同的材料价格分别对预算定额、宁夏市政定额、河南房建定额以及陕西水利定额进行单价水平测算。人工单价:技工 8.1 元/工时、普工 5.77 元/工时;主要材料价格(除税价):柴油 6 950 元/t,汽油 7 850 元/t,电

1.5 元/kW·h,水 2 元/m³。经计算,每 100 m³ 素土挤密桩、灰土挤密桩(2:8 灰土)、灰土挤密桩(3:7 灰土)预算定额总价分别为 20 497.37 元、26 257.69 元、28 895.28 元。单价水平测算对比表见表 4,不同定额单价水平测算对比图见图 6。

表 4 单价水平测算对比表

序号	名称	预算定额		其他行业定额测算单价/(元·m ⁻³)		
		元/m ³	元/m	宁夏市政	河南房建	陕西水利
1	素土挤密桩	204.97	25.76	272.01	276.48	257.26
2	灰土挤密桩(2:8 灰土)	262.58	33.00	362.34	349.88	286.27
3	灰土挤密桩(3:7 灰土)	288.95	36.31	388.72	372.91	314.60

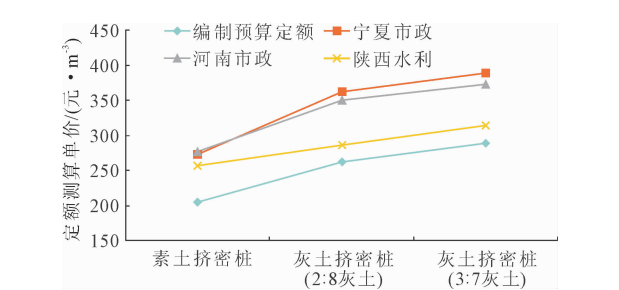


图 6 不同定额单价水平测算对比图

由图 6 可知,不同定额中测算单价的排序均为灰土挤密桩(3:7 灰土) > 灰土挤密桩(2:8 灰土) > 素土挤密桩。宁夏市政的素土挤密桩、灰土挤密桩(2:8 灰土)、灰土挤密桩(3:7 灰土)测算单价均最高,其次是河南市政、陕西水利,本次预算定额的测算单价均最低。由表 4 可知,素土挤密桩、灰土挤密桩(2:8 灰土)、灰土挤密桩(3:7 灰土)的预算定额分别为 204.97 元/m³、262.58 元/m³、288.95 元/m³,明显低于宁夏市政、河南市政、陕西水利相应项目的定额测算单价。说明目前水利工程已由简单劳动型向技术型生产转变,施工机械化程度普遍提高,施工技术水平发展迅速,机械效率增长较快,在人工消耗量和机械消耗量上相对减少,定额有所降低。预算定额相较于同行业的陕西水利,素土挤密桩、灰土挤密桩(2:8 灰土)、灰土挤密桩(3:7 灰土)的定额测算单价分别减小 20.33%、8.28%、8.15%。说明预算定额中的消耗量水平更加合理,宁夏定额更符合当下灰土挤密桩工程施工中人工与机械的消耗量占比,其单价更加符合当前宁夏地区的工程建设实际和经济实际情况。

3 补充的预算定额优点

(1) 有效消除黄土湿陷性,地基稳定性显著提

升。挤密桩施工时,垂直钢管横向挤压周边土体,使周边土体孔隙率减小、密实度增加,从而达到消除湿陷性的目的^[15-16]。成孔后,向桩孔内填充素土或灰土,分层夯实,形成密实且强度较高的桩体^[17]。在固原地区处理湿陷性黄土的试验监测数据表明,采用素土挤密桩、灰土挤密桩和传统的翻压三种不同措施,每一种措施通过布设 10 个观测点,经过 7 个月沉降观测,其地基的沉降量各不相同,素土挤密桩沉降量范围为 5.5 cm~6.9 cm,灰土挤密桩沉降量范围为 4.0 cm~5.6 cm,传统翻压沉降量范围为 11.5 cm~16.7 cm。由此说明,素土(灰土)挤密桩对处理宁夏湿陷性黄土具有明显的效果。

(2) 加快湿陷性黄土地基处理速度,有效缩短建设周期。以清水河流域城乡供水工程 4#调蓄水池Ⅱ级湿陷性黄土素土挤密桩施工为例,单根桩长 10 m,桩孔中心距 1 m,桩直径 40 cm。现场统计 21 根素土挤密桩完成放线、桩机准备及就位、柴油打桩机打钢管成孔、拔钢管、桩机移位、孔内分层填土、夯机移位、检查收尾八个工序,单根桩的工作时间为 11.00 min~16.88 min,单台打桩机现场日工作时间按 10 h 计算,平均每天打桩数量 112 根,生产效率为 0.087 h/m³。与换土垫层相比,工期可缩短 50% 以上。由此表明,采用挤密桩解决湿陷性黄土的施工方法,其施工速度快,施工效率高,效果明显。

(3) 施工便捷,降低成本。挤密桩所用机械和机具简单,作业面不大,成桩速度快,施工便捷;与换土垫层相比,素土(灰土)挤密桩不需大量的开挖回填,避免了远距离大量的拉土换填,可就地取材,节省了购土费用,有效降低工程成本。挤密桩用于处理湿陷性黄土地基的厚度通常为 3 m~15 m,适用于加固地下水位以上、天然含水率 12%~25% 的湿陷性黄土及含水率较大的软弱地基^[18-19],正因为其

特殊的优越性,在宁夏湿陷性黄土地区逐步被广泛应用。

(4) 填料精确控制,自动化程度高。夹杆锤全自动填料机能够精准调整出土量和填料次数,使填料均匀、定量,精准控制填料的量和速度,确保每个桩孔的填料量一致,符合设计要求,有助于提高桩体的均匀性和稳定性;实现了填料过程的自动化,减少了人工干预,降低了人为因素对施工质量的影响,同时也提高了施工的安全性,减少了工人在施工现场面临的危险。

(5) 适应性强,环保节能,经济效益高。夹杆锤全自动填料机可以根据不同的施工需求和场地条件进行调整和优化,适用于多种地质条件和不同类型的填料;能够有效减少填料过程中的扬尘和浪费,对环境更加友好,且其合理的设计和节能的驱动系统有助于降低能源消耗,节约成本;虽然设备采购成本可能较高,但从长远来看,由于提高了施工效率、减少了人工成本和材料浪费,以及保证了工程质量,从而降低了后期维修和整改的费用,综合经济效益显著。

(6) 补充了宁夏和水利部机械台时定额的空白。在素土(灰土)挤密桩施工过程中,采用夹杆锤全自动填料机夯填,装载机配合运土^[20],而目前的宁夏水利建筑工程预算定额和水利部水利工程施工机械台时费定额中无相应台时费定额,本次在机械台时定额计算中,以夹杆锤全自动填料机 G66-260-56 为对象制定夹杆锤全自动填料机补充台时定额,1 台柴油打桩机成孔,需配置 2 台夹杆锤同时回填施工,夹杆锤全自动填料机分层填筑、移位净工作时间生产效率为 8.485 min/m^3 ,机械时间利用系数取 0.83,机械幅度差打桩机械取 1.33,则机械时间定额为 $22.661 \text{ 台时/100 m}^3$ 。夹杆锤全自动填料机台时定额的补充,填补了宁夏和水利部机械台时定额的空白。

(7) 挤密桩施工应考虑超挖系数。根据清水河流域城乡供水工程 4#调蓄水池素土(灰土)挤密桩施工经验得出,为保证挤密桩桩尖填筑质量满足设计和技术规范质量控制要求,挤密桩施工应考虑超挖系数。设计单根桩长 10 m,桩孔深度 10.3 m 基本满足设计质量控制要求,因此施工桩孔深度按 10.3 m 确定桩底超挖系数为 1.03。同时,桩顶应高出设计标高约 15 cm,挖土时将高出部分铲除,桩顶超填系数为 1.015。合理的超高系数是控制挤密桩施工质量的关键。

(8) 预算补充定额更符合当地实情。通过对定额消耗量分析及单价水平对比分析,素土(灰土)挤密桩预算补充定额成果中定额的消耗量水平更加合理,其单价更加符合当前宁夏地区的工程建设实际和市场实际情况。素土(灰土)挤密桩预算定额的编制,是对宁夏水利工程预算定额的补充和完善,是如何使用好、控制好、管理好水利建设资金的关键所在。

4 结 论

(1) 挤密桩布置形式通常采用等边三角形和梅花桩形,桩径 0.4 m,桩间距 0.8 m~1.0 m,单根桩长 10 m~15 m。其生产效率为 0.087 h/m^3 ,与换土垫层相比,工期可缩短 50% 以上,采用素土挤密桩、灰土挤密桩和传统的翻压三种处理措施,7 个月后的沉降变形量分别为 5.5 cm~6.9 cm、4.0 cm~5.6 cm 和 11.5 cm~16.7 cm,说明素土(灰土)挤密桩对处理宁夏湿陷性黄土具有明显的效果。

(2) 在素土(灰土)挤密桩施工中采用了夹杆锤全自动填料机,能够精准控制填料的量和速度,确保每个桩孔的填料量一致,提高了桩体的均匀性和稳定性,保证了工程质量;填料的自动化大大节省了人工填料的时间和人力,减少了人工干预,提高了施工现场的安全性;能够有效减少填料过程中的扬尘和浪费,对环境更加友好,且其合理的设计和节能的驱动系统有助于降低能源消耗,节约成本。

(3) 测算素土、灰土(2:8)、灰土(3:7)挤密桩的预算定额分别为 204.97 元/ m^3 、262.58 元/ m^3 、288.95 元/ m^3 ,低于市政、房建定额,说明目前宁夏水利工程挤密桩在处理湿陷性黄土地基方面的机械化程度提高,已由劳动密集型向技术先进型转变,对降低工程投资发挥了积极作用。同时,施工中采用夹杆锤全自动填料机夯填,装载机配合运土,机械时间定额为 22.661 台时/ 100 m^3 ,夹杆锤全自动填料机台时定额的补充,填补了宁夏和水利部机械台时定额的空白。

参考文献:

- [1] 王绍军. 建筑工程地基处理方法分析[J]. 中华民居, 2014(7):303.
- [2] 裴增壮,艾 兵,阳佳林,等. 湿陷性黄土地基处理方案比选与设计[J]. 建筑技术,2014(7):596-598.
- [3] 安爱峰. 灰土挤密桩在湿陷性黄土地区高速公路地基处理中的施工质量控制技术[J]. 四川水泥,2019(1):89.

[4] 樊超,沈健,孙学良,等. 固原市湿陷性黄土及冻融地区海绵城市建设经验思考[J]. 城市住宅,2020(5):195-199.

[5] 周延国,张彩双,王勇鑫. 素土挤密桩在某均质土坝段地基处理中的应用[J]. 水电与新能源,2022(6):1-3.

[6] 安月川. 灰土挤密桩在湿陷性黄土路基处理中的应用[J]. 工程建设与设计,2022(1):202-204.

[7] 田叶军. CFG 桩和灰土挤密桩复合地基的应用[J]. 山西建筑,2019(4):67-69.

[8] 李晓萍,李正华. 水利工程堆石混凝土定额消耗量研究[J]. 人民黄河,2024(12):151-155.

[9] 董海洋. 高路堤灰土挤密桩加固效果分析[J]. 北方交通,2023(9):46-50.

[10] 李云瑜,贾世平,苏天涛. 湿陷性黄土地区多桩型挤密桩复合地基加固效果对比研究[J]. 兰州理工大学学报,2024(10):147-152.

[11] 陈继斌. 素土挤密桩处理低含水率湿陷性黄土地基的研究与应用[J]. 中国水能及电气化,2021(7):42-44.

[12] 孙本章. 灰土挤密桩处理公路路基效果研究[J]. 北方交通,2024(12):46-49.

[13] 张利娟. 市政与水利不同定额下引水工程造价对比分析[J]. 浙江水利水电学院学报,2018(2):57-62.

[14] 周强. 灰土挤密桩地基处理技术工法特点探究[J]. 山西水利科技,2024(4):31-33.

[15] 刘好正. 挤密桩复合地基在湿陷性黄土地基处理中的应用[J]. 铁道标准设计,2010(10):14-17.

[16] 熊维,柳旻,何森,等. 湿陷性黄土地区建筑地基加固研究[J]. 铁道建筑技术,2024(12):141-145.

[17] 陈从兴,铁生年. 灰土和土挤密桩在湿陷性黄土地基中的设计与应用[J]. 建筑技术,2009(3):221-224.

[18] 张清焕. 建筑软弱地基概述[J]. 科技创新导报,2010(10):32-33.

[19] 张荣,孙楠,朱品光. 宁夏水土保持工程机修水平梯田概算补充定额研究[J]. 中国水土保持,2024(3):65-69.

[20] 王艳. 关于农田水利工程定额标准中人工预算单价的调整分析[J]. 陕西水利,2020(6):229-233.



(上接第 25 页)

[9] Liang Yaxiong, Ye Shuaihua, Huang Yiguan. Deformation rules of deep foundation pit of a subway station in Lanzhou collapsible loess stratum [J]. Applied Rheology, 2023,33(1):20230107.

[10] 洪瑛,吴薇. 地下连续墙结合三道内支撑的深基坑施工技术[J]. 浙江建筑,2004(3):25-26,61.

[11] 王玲. 地下连续墙“两墙合一”结合内支撑体系在某基坑工程中的应用研究[J]. 中国科技投资,2021(2):162-163.

[12] 陈琼. 地下连续墙+内支撑在某工程深基坑施工中的应用[J]. 建设科技,2022(11):120-122.

[13] 王国斌,叶铭,代先尧,等. 基于 ABAQUS 的斜坡桩土模型的地应力平衡方法研究[J]. 公路,2022,67(12):158-163.

[14] 盛晓杰,陆汉光. 基于 FLAC3D 的岩土预应力锚固支护数值模拟[J]. 计算机仿真,2021,38(2):206-209,295.

[15] 李明瑛,曾朋. 基于 MIDAS 深基坑桩锚支护数值模拟分析[J]. 水土保持研究,2012,19(1):250-253.

[16] 许健,杨少飞,吴海洋,等. 黄土地区深大基坑桩锚支护结构监测与数值分析[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版),2019,51(4):517-524.

[17] 常虹,肖岚心. 基于 MIDAS GTS 基坑支护数值模拟分析[J]. 吉林建筑大学学报,2021,38(3):33-36.

[18] 邹刘宗,张强,王建望,等. 深基坑分层开挖对临近高压铁塔稳定性影响[J]. 地下空间与工程学报,2022,18(S2):829-834,849.

[19] 建筑基坑工程监测技术标准:GB 50497—2019[S]. 北京:中国计划出版社,2020.

[20] Bai Xiaohong. Engineering properties of Lucheng loess in Shanxi [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2002,24(4):515-518.