

# 引嫩入白输水总干风积砂筑渠控制指标探讨

马振洲

(吉林省水利水电勘测设计研究院, 吉林 长春 130012)

**摘要:** 在吉林省引嫩入白供水工程中, 输水总干渠大部分明渠采用风积砂填筑, 其填筑控制标准如何确定, 是一个重要技术问题。为此, 对风积砂进行颗粒组成、击实性能和相对密度试验研究, 并参考有关标准明确了风积砂筑渠宜采用压实度控制, 并给出具体控制指标, 对该地区类似工程建设具有一定指导意义和实用价值。

**关键词:** 引嫩入白; 风积砂; 筑渠; 控制指标; 压实度

**中图分类号:** TV67

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672—1144(2012)01—0022—03

## Control Index Discussion on General Canal Built with Aeolian Sand of Water Diversion Project of Transferring Water from Nenjiang River to Baicheng City

MA Zhen-zhou

(Jilin Investigation and Design Institute of Water Conservancy and Hydropower, Changchun, Jilin 130012, China)

**Abstract:** In Water Diversion Project of Transferring Water from Nenjiang River to Baicheng City, most of the open channel is built with aeolian sand, so how to identify the control standard of filling is an important technical issue. Therefore, through the experimental research for the grain composition, compaction performance and relative density of aeolian sand, and according to relevant standards, it is made clear that the compactness controlling should be adopted in canal building with aeolian sand, and specific control index is given, which would have a certain instruction significance and practical value to similar projects in this area.

**Keywords:** Water Diversion Project of Transferring Water from Nenjiang River to Baicheng City; aeolian sand; canal building; control index; compaction degree

“引嫩入白供水工程”是吉林省振兴东北老工业基地规划中的重点水利工程项目, 总投资  $18.6 \times 10^8$  元。工程引水总流量为  $65 \text{ m}^3/\text{s}$ , 年引水量约  $8 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 可新增水田灌溉面积  $66\,667 \text{ hm}^2$ , 控制大田抗旱面积  $66\,667 \text{ hm}^2$ , 湿地补水  $28\,000 \text{ hm}^2$ 。

工程由一个输水枢纽工程(白沙滩泵站、输水总干渠、洋沙泡蓄水调节工程)和四个分项工程组成。输水总干渠长  $52.5 \text{ km}$ 。渠道断面型式采用梯形。风积砂填筑渠道内边坡采用  $1:2$ , 外坡采用  $1:2.5$ , 渠道外坡高度大于  $4.5 \text{ m}$  时设马道。渠道底宽  $15 \text{ m} \sim 25 \text{ m}$ 。渠底采用铺设复合土工膜防渗, 渠坡采用现浇 PP 纤维混凝土板护砌, 板下复合土工膜防渗。

引水明渠有逾  $10 \text{ km}$  渠段在风积砂地区通过, 因当地土地资源短缺, 本着就地取材, 节省造价原

则, 工程中利用储量丰富的风积砂修建渠道。风积砂在我国沙漠广泛分布的内蒙、新疆等地作为路基材料普遍应用于公路建设中, 前人对风积砂作为路基填料进行大量研究, 但作为筑渠堤材料鲜见论述。我省西部资源性缺水, 为解决农业生产、居民生活用水, 需兴建大量水利工程, 而西部风积砂面积占总面积  $1/3$ , 本文结合工程实际, 对风积砂特性及作为筑渠材料控制指标进行总结、探讨, 对因地制宜、利用丰富风积砂作为筑渠坝材料有重要意义, 对类似工程有借鉴作用。

### 1 风积砂的基本特点

输水总干渠沿线风积砂分布为已固定沙丘, 地

貌为风砂覆盖波状岗地,时代为 Q4 早期,料场开挖边坡可直立。风积砂表层 0.5 m ~ 3.0 m 已经土壤化,颜色为灰黑色,植被覆盖,下部为浅黄、灰黄色含细粒土细砂、细粒土质细砂。以细砂和粉粒为主。矿物成分多为石英,少量长石。松散,质较纯,分选、磨圆均好,呈半浑圆状,局部夹 1 - 2 层灰黑色亚砂土。

## 2 风积砂的筛分试验

通过 6 处原状样试验,风积砂天然含水率  $\omega = 4.8\%$ ,天然干密度  $\rho_d = 1.46 \text{ g/cm}^3$ ,天然密度  $\rho = 1.54 \text{ g/cm}^3$ ,孔隙比  $e = 0.802$ ,比重瓶测得砂粒比重为 2.60 ~ 2.65。

采用筛分试验,风积砂的颗粒组成如表 1 所示,通过对筛分结果分析可知其颗粒主要集中在 0.25 mm ~ 0.075 mm 粒径区间,其次为 0.075 mm ~ 0.005 mm 粒径区间,风积砂颗粒很细,颗粒均匀,级配不良。按土的工程分类标准,定名为细粒土质细砂,属少粘性土<sup>[1]</sup>。颗分曲线见图 1。少粘性土颗粒较细,含有一定粘粒,具有一定塑性,在水饱和状态下粘性很小,渗透系数小于砂土。性质介于粘性土与无粘性土(砂土)之间。

表 1 风积砂筛分试验成果

试验编号	各级留筛(mm)质量百分比(%)				试样代号
	0.5 ~ 0.25	0.25 ~ 0.075	0.075 ~ 0.005	< 0.005	
D1	9.7	79.2	6.7	4.4	SF
D2	8.0	76.6	10.8	4.6	SF
D3	12.1	72.1	10.0	5.8	SF
D4	10.1	71.1	13.5	5.3	SF
D5	3.5	77.3	12.2	7.0	SF
D6	9.2	66.6	15.9	8.3	SF

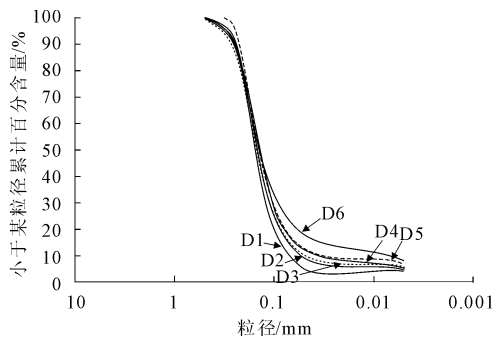


图 1 风积砂颗分曲线

## 3 风积砂的击实试验

室内击实试验采用轻型击实仪,击数 25 击,击

实功能  $592.2 \text{ kJ/m}^3$ 。曲线见图 2。从曲线看,风积砂击实试验当含水率达到 16% ~ 18%,出现最大干密度的峰值,含水率超过 20% 干密度下降很快。含水率小于 10% 干密度增长较慢,干密度随着细粒含量增加而增大。风积砂在含水率为 17% 左右,击实法能达到较高的干密度和较佳密实效果。

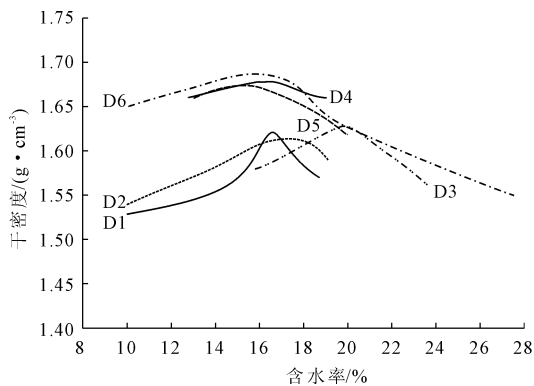


图 2 干密度 ~ 含水率关系曲线

## 4 风积砂的相对密度试验

砂的密实程度通常指单位体积中固体颗粒的含量。在工程中为反映砂的密实程度,采用现场干密度与该种砂所能达到孔隙比最小时的<sup>[2]</sup>最大干密度和孔隙比最大时最小干密度相比较,来表示砂土的密实程度。对于少粘性土风积砂是否可以用相对密度来表示密实程度,这主要取决于风积砂中细粒含量,风积砂中细粒 (< 0.075 mm) 含量变化差异很大,在 0 ~ 50% 之间变化,而含细粒量直接影响到风积砂相对密度确定密实程度的适用性。

本次风积砂的最小干密度试验采用漏斗法和量筒法,砂的最大干密度试验采用振动锤击法。为了确定相对密度和击实法对输水总干渠风积砂适用性,在同一取样点分别进行两种方法试验。其结果见表 2。

通过表 2 可知:

(1) 由相对密度所得最大干密度比击实所得的最大干密度小,由此,用相对密度所求的最大干密度时不能正确代表该风积砂的最大干密度,并用  $D_r$  来表示这些砂样的密实程度是不合适的。

(2) 风积砂击实最大干密度随细粒含量而增加,相对密度对应的最大干密度随细粒含量增加而减少。究其原因,风积砂颗粒组成中含有一定细粒量,其含量较少时凝聚力小,其力学特性表现为无粘性。它在振动锤击下,颗粒能够充分重新排列组合,达到最密实状态。随细粒含量增加,风积砂由无粘

性向假粘性、粘性过渡,在细颗粒达到一定值 10% 以后,由于细粒增多,因其相互的凝聚力及排斥力而不能在振动及锤击下颗粒进行充分排列组合,致使

孔隙相对较大,密实度较小。

(3) 相对密度  $Dr = 0.7$  对应干密度小于击实最大干密度 95%。

表 2 风积砂相对密度及击实试验对比

试验 编号	天然干 密度/ ( $g \cdot cm^{-3}$ )	标准击 实最大 干密度/ ( $g \cdot cm^{-3}$ )	标准击实 最大干密 度的 $Dr$ 值	相对密度		$Dr = 0.65$ 对应干 密度/ ( $g \cdot cm^{-3}$ )	$Dr = 0.70$ 对应干 密度/ ( $g \cdot cm^{-3}$ )	$Dr = 0.75$ 对应干 密度/ ( $g \cdot cm^{-3}$ )	$Dr = 0.90$ 对应干 密度/ ( $g \cdot cm^{-3}$ )	压实度 0.92 对应 干密度/ ( $g \cdot cm^{-3}$ )	压实度 0.95 对应 干密度/ ( $g \cdot cm^{-3}$ )
				松散 密度 /( $g \cdot cm^{-3}$ )	紧密 密度 /( $g \cdot cm^{-3}$ )						
D1	1.48	1.62	1.24	1.31	1.55	1.46	1.47	1.48	1.52	1.49	1.54
D2	1.46	1.62	1.15	1.26	1.56	1.44	1.45	1.47	1.52	1.49	1.54
D3	1.45	1.62	1.18	1.23	1.55	1.42	1.44	1.41	1.51	1.49	1.54
D4	1.53	1.68	1.27	1.14	1.53	1.37	1.39	1.44	1.48	1.55	1.60
D5	1.46	1.69	1.39	1.25	1.54	1.42	1.44	1.45	1.50	1.55	1.61
D6	1.50	1.68	1.36	1.23	1.53	1.41	1.42	1.45	1.49	1.55	1.60

## 5 风积砂的筑渠设计标准

利用风积砂修建渠道,其控制标准采用相对密度还是压实度,究竟采用多大数值,是一个重要技术问题,目前还没有明确标准,具体到工程需认真研究确定,现有规范、标准只针对粘性土和无粘性土有明确规定:

文献[2]《堤防工程设计规范》(GB50286-98)规定对无粘性土填筑堤防应按相对密度控制,1、2级和高度超过 6 m 的 3 级堤防,相对密度不应小于 0.65;粘性土填筑堤防按压实度控制,2 级和高度超过 6 m 的 3 级堤防压实度不应小于 0.92。对于少粘性土没有明确规定。

文献[3]《土工试验方法标准》(GB/T50123-1999)中指出相对密度是砂类土紧密程度的指标。适用于透水性良好的无粘性土,对含细粒较多的试样不宜进行相对密度试验,美国 ASTM 规定 0.074 mm 土粒含量不大于试样总质量的 12%。

美国垦务局规定:如细粒土 (< 0.075 mm) 超过 12% 时分别作相对密度和标准击实试验,当 70% 的相对密度时相应干密度小于击实最大干密度的 95%,应用击实试验,否则采用相对密度控制<sup>[4]</sup>。

综上所述,输水总干渠风积砂细粒 (< 0.075

mm) 含量 17.4% (3.6% ~ 33.7%), 70% 的相对密度时相应干密度小于击实最大干密度的 95%, 作为筑渠料应按击实试验由压实度来控制, 压实度采用 0.92; 局部细粒含量较低 (< 10%) 宜采用相对密度控制, 控制相对密度  $Dr \geq 0.7$ , 比规范规定略高。填筑时控制含水率在 16% ~ 18%, 湿法压实。既可以满足设计要求, 又能满足工程施工要求。

## 6 结 语

通过输水总干渠区风积砂颗分试验及标准击实与相对密度表示的密实程度对比分析, 提出风积砂宜采用压实度做为筑渠堤料设计控制指标。这对于风积砂在本地区作为填筑料的应用有一定借鉴意义。

### 参考文献:

- [1] 王闻韶. 土的动力强度和液化特性[M]. 北京: 中国电力出版社, 1997: 127.
- [2] 中华人民共和国水利部. GB50286-98. 堤防工程设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 1998: 12.
- [3] 中华人民共和国水利部. GB/T 50123-1999. 土工试验方法标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 1999: 260.
- [4] 李江, 袁高军, 杭苏成, 等. 沙漠明渠风积砂筑堤填筑标准及施工特性研究[J]. 施工组织设计, 2004, (3): 9.