

新疆玛纳斯河灌区水工建筑物 衬砌的盐胀和冻胀

王 义 忠

(新疆生产建设兵团农业建设第八师)

本文通过玛纳斯河灌区的调查和初步观测试验以及各有关单位的试验资料,概述了玛纳斯河灌区土壤含盐情况、盐碱土的物理力学性质、盐碱土对渠道和建筑物衬砌护面的冻胀破坏情况,最后提出了防治措施。

一、灌区自然概况

玛纳斯河灌区位于天山北麓,准噶尔盆地南缘,地处北纬 $43^{\circ}30'$ — $45^{\circ}30'$ 之间,年平均气温 6.6°C ,极端最低气温 42.8°C ,最高 43.1°C 。

灌区土壤多为粉状壤土,少部分为粘土。土壤含盐量多在 0.3 — 1.5% 之间,最高达 6% ,以硫酸盐为主(表1)。

表1 灌区土壤分析

Table 1 Physico-chemical analysis of samples

取土地点	取土深度 (cm)	颗粒组成			土中易溶盐含量						总盐量 (%)	破坏情况
		>0.05 0.005 (mm) %	0.05— 0.005 (mm) %	<0.005 (mm) %	硫酸盐		碳酸盐		氯化盐			
					mg/100g	%	mg/100g	%	mg/100g	%		
莫索湾一支干	渠堤填上	35.3	33.5	31.0	38.69	1.86	0.97	0.60	43.47	1.54	5.35	衬砌护面破坏
"	0—40	43.0	44.7	12.3	22.77	1.10	1.17	0.07	12.83	0.46	2.46	"
147团西干渠	渠堤顶部	36.5	47.5	16.0	52.73	2.53	0.62	0.04	2.30	0.08	3.89	"

二、盐碱土的物理力学性质

(一) 流限、塑限和最优含水量

氯化土的流、塑限以及压实的最优含水量均随含盐量的增大而减小。硫酸盐土和苏

打土则与氯盐土相反，其流、塑限以及最优含水量随含盐量的增加而增加（表2）。

表2 盐碱土的流限、塑限与含盐量关系

Table 2 The relation among liquid limit, plastic limit and salinity of saline samples

土壤含盐情况		不含盐	1%	3%	5%	10%	资料来源
氯化钠	流限 (%)	51.9		48.2	47.2	43.4	乌鲁木齐铁路局铁道研究所
	塑限 (%)	30.8		27.8	27.1	25.6	
硫酸钠	流限 (%)	38.1		39.1	40.0	41.3	新疆生产建设兵团原工二师科研所
	塑限 (%)	20.2		22.3	23.5	25.0	
碳酸钠	流限 (%)	40.4	43.1		44.5		新疆八一农学院
	塑限 (%)	20.4	26.7		25.1		

(二) 密 实 度

氯盐土湿化后，由于盐分溶解使密实度降低，当含盐量超过5—8%时，下降更为显著。硫酸盐超过2%时，松胀严重，其密实度亦大大下降。苏打盐量超过0.5%时，密实度也开始下降。

(三) 盐 胀

盐胀是指土中含某种盐类并在某一温度时发生溶解度降低和盐析出并吸水成晶体，从而发生土体增大和膨胀的一种自然现象。

氯化物溶解和结晶，其体积不发生变化。苏打盐盐胀亦不很明显，唯独硫酸盐盐胀量最为严重。当温度为32.4℃时，硫酸钠的溶解度最大。当温度低于此值时，溶解度降低，硫酸盐析出并吸水成晶体（ $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ），这时含硫酸盐的基土体积增大。当土壤孔隙不足以容纳全部结晶体时，土体就向上隆起。当温度回升到一定值时，结晶硫酸钠就逐渐脱水成粉状，体积缩小，土体膨胀与收缩交替形成了松胀层。盐胀一般发生在0—80cm的土层内，且主要在0—30cm。愈接近地表，盐胀值愈大。根据新疆公路系统观测，路基深度在80cm以下，盐胀值均小于5cm；而深度在80cm以上者，盐胀量一般为10—15cm，最大可达20cm以上。又据铁道部第一设计院在焉耆的观测资料，当硫酸根含量大于30mg/100g土时，就会产生盐胀；当硫酸根含量大于40mg/100g土时，盐胀量显著增加。基土中硫酸根含量愈大，盐胀值也愈大。试验表明，盐胀起始温度为15℃左右。当土温在5—3℃时，盐胀最明显。当土壤含水量 \geq 塑限时，盐胀量最大。盐胀对土建和水利工程有很大的破坏性。

(四) 膨 胀

当土壤吸水时，土粒周围水膜增厚，减少各土粒之间的凝聚力，使其相互分离，体积增大，称为膨胀。膨胀的结果，使土壤强度降低。盐碱土的膨胀性较非盐碱土有所增加。据测定，当土中碳酸钠的含量超过0.5%时，遇水与土壤胶体颗粒发生作用，膨胀

量明显增大。膨胀作用一般发生在表层。氯化物盐土和硫酸盐土的膨胀性，比苏打盐土和碱土要小。

(五) 收缩

一般说盐碱土的收缩较非盐碱土为强，尤以碱土和苏打盐土为最明显。

(六) 强度变化

盐碱土处于干燥状态时，固结性较强（硫酸盐土没有碱土和氯盐土那样明显）。在抗剪强度与压缩系数方面，盐碱土与非盐碱土相比，没有明显的差别，有时抗剪强度甚至还可有所提高，压缩系数有所减少。当盐碱土处于潮湿状态时，土壤强度则随含盐量的增加而降低，并且比同样潮湿的非盐碱土更易失去稳定性。当硫酸盐土含盐量 $> 5\%$ 并在水分饱和时，土体几乎完全丧失抗剪能力。

(七) 冻胀

盐碱土的冻胀有两种情况：一是由于盐碱土的溶液浓度增加，冰点下降，其冻胀程度较非盐碱土有所减轻，其冰点下降幅度决定于土壤含盐量和盐类组成；二是有些盐碱土含吸湿性盐类多，地下水位高，土壤含水量大，在土壤温度梯度作用下，水分向上迁移量也大，土壤冻胀量对建筑物危害也大。

(八) 可溶性盐分对建筑材料的影响

盐碱土中可溶性盐分对建筑材料的影响程度因盐类及其含量而异。如土中含有少量盐分，对水泥是有利的，因它能加速材料的硬化过程，并促使材料形成较坚固的结晶。当盐碱土中氯化物含量超过 5% 时，就会对水泥产生有害的腐蚀作用。当土中硫酸盐含量超过 1% 时，不仅有腐蚀作用，而且盐胀危害严重。碳酸盐能使土壤胶体分散，使土壤具有强烈的亲水性、膨胀性和塑性，为了消除上述影响，往往需要加大水泥用量。

灌区土壤中的氯化物盐土和硫酸盐盐土是相互转化的。在盐化初期，土壤中氯离子大量积累生成氯化物盐土。嗣后，继续积盐，硫酸盐成分增大，转化成硫酸盐氯盐土和氯化物硫酸盐土。最后随着硫酸盐再度积累，进而演变成硫酸盐盐土。

三、盐碱土对衬砌护面的冻胀破坏

玛纳斯河灌区渠道和水工建筑物衬砌护面的冻胀破坏，除了气温、土质、水分三因素外，还有第四个因素——基土含盐碱情况。基土中某些盐分含量大的地方，建筑物就遭破坏；含量小的地方就没有影响。特别是在混凝土防渗渠道上更是如此。针对这一情况，我们作了试验（表1），主要原因是基土含有硫酸盐的缘故。初步结果表明：当基土中硫酸根含量在 $20\text{mg}/100\text{g}$ 土（硫酸盐含量约为 1% ）以上时，对混凝土渠道就产生明显的冻胀破坏。当硫酸根含量为 $40\text{mg}/100\text{g}$ 土左右（硫酸盐含量约为 2% ）时，混凝土衬砌护面就发生严重破坏。

此外在莫索湾垦区一支干混凝土护面渠道翻修过程中，还发现渠坡护面被顶起，这

是由于护面下饱水土壤呈流土状向外挤压所致。这正是由于硫酸盐土在饱水时土体丧失抗剪能力的缘故。

四、防止盐胀和冻胀破坏措施

(一) 抬高渠底

干、支渠规划时尽量走高线，以抬高渠底，这样可以减少渠床基土中的含水量，从而减少冻胀量。地下水位高的渠段，渠旁另设排水设施。

(二) 加设砂砾垫层

渠床若为冻胀土(砂壤土、壤土或轻粘土)，可在混凝土护面下铺设厚度不小于40cm的砂砾石垫层。下游灌区内因距砂砾料区较远，而附近有风积砂(颗粒组成为 D_{60} —0.1mm, D_{10} —0.06mm, 不均匀系数为1.5)，可采用50cm厚的风积砂作垫层。

(三) 铺设塑料薄膜隔水层

在混凝土护面下铺设一层0.15—0.2cm厚的聚乙烯或聚氯乙烯塑料薄膜，既可减少渠道渗漏，又可隔断地下水和塑膜下土壤水对冻结面的补给。如玛纳斯河二、三级电站引水渠和莫索湾一支干渠翻修以及141团场干渠翻修，均采用此法，效果良好。

(四) 渠旁植柳

渠旁植柳是一种防止混凝土护面冻胀破坏的有效措施。这是从现场实地观察总结得出的。渠旁有柳树时，混凝土护面下布满一层厚约10—15cm的须根，这种须根既能保温又能起到生物排水作用。经测定，渠旁无柳树的混凝土护面下土壤含水为30—33%，而有柳树的土壤含水量仅为14—19%。

Salt and Frost Heave Damage of Lining of Hydraulic Structure in the Irrigation System Manass River Basin

Wang Yizhong

(The Eighth Agricultural Division of Xinjiang Production and Construction Corps)