

钢弦式土压力盒在冻土中的应用

乜凤鸣 (铁道部第三勘测设计院冻土队)

土压力盒是目前进行土压力实测的基本工具,已有六十年的发展史,近年来我们在隧道冻胀力及基础侧面法向冻胀力的试验中采用钢弦式压力盒作为测定冻胀力传感器,在使用中发现了一些问题,现总结如下,不当之处难免,请批评指正。

一、土压力盒的低温特性

一般压力盒的标定工作都是在室温情况下进行的,但在冻土中使用,因受温度应力影响,其频率特性将要发生变化。经试验,压力盒初频随温度的变化情况见表1。

从表1可见,当温度在0~-20℃间变化时,温度每降低10℃频率上升5~7赫芝;当温度在-20℃~-50℃变化时,温度每下降10℃频率上升9~10赫芝。故在冻土中使用土压力盒时,必须同时观测地温,以便对所测压力值进行温度调整。因土压力盒的构造及尺寸各有不同,钢弦性能也不相同,故埋设压力盒前必须对每个压力盒的温度—频率特性进行专门标定。

二、利用土压力盒电磁线圈测量土温

表1 压力盒低温试验结果

压力盒 编号	25		26		27		28	
	频率f	频差Δf	f	Δf	f	Δf	f	Δf
0	969	0	908	0	946	0	1,017	0
-10	978	9	917	9	952	6	1,023	6
-20	984	15	923	15	956	10	1,028	11
-30	992	25	935	27	966	20	1,038	21
-40	1,000	33	944	36	975	29	1,046	29
-50	1,008	39	952	44	980	34	1,046	29

利用土压力盒测量土的冻胀力时,必须同时观测土温。测量土温有各种方法,如玻璃温度计、热电偶、热敏电阻等,但最方便的还是利用土压力盒的电磁线圈测量土温。该线圈便是一个热电阻,其电阻值随温度而改变,并可用下式表示:

$$R_t = R_0 [1 + \alpha(t - t_0)]$$

式中: R_t ——温度为 t ℃时的电阻值, Ω ;

R_0 ——温度为 t_0 ℃时的电阻值, Ω ;

α ——电阻的温度系数,即温度每变化1℃时电阻值的变化量。

为了利用土压力盒的电磁线圈观测土温,埋设前必须对压力盒线圈进行温度标定,找出电磁线圈电阻—温度关系曲线,如图1所示,测量仪器采用惠斯登电桥。用此法测量土温时,引线不要过长,以减少外接导

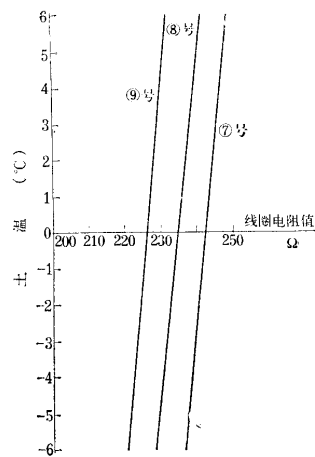


图1 压力盒电阻—温度关系
(图中⑦、⑧、⑨为压力盒编号)

线受温度影响给测试结果带来的误差。

通常铜热电阻感温元件的测量电流应予以限制，一般不得超过6—8毫安，否则会带来误差。我们用压力盒电磁线圈测温时的电流只有3毫安左右，故符合要求。

三、土压力盒的埋设

在岩石介质中埋设压力盒时，我们曾采用过铁皮沥青囊缓冲层，起到改善压力盒受力条件的作用，避免应力集中。沥青囊的构造见图2。沥青囊在严寒条件下还应具有一定的塑性。试验表明，在最低环境温度（如土温）达到 -50°C 时，沥青囊填充材料可用石油沥青加30%仪器油混合物；在最低温度为 -40°C 时，可用石油沥青加30%车轴油或30%的铕油的混合物即可；在最低温度为 $0\sim-10^{\circ}\text{C}$ 时，用石油沥青加10%左右的任何一种油均可，此外，应尽量选用经济的材料，并确保于常温下有一定的稠度而不致流动。

由于沥青在冷却时体积收缩，因此在制备沥青囊时必须进行多次灌注，才能完全充满，一般需灌注三至四次。

中国科学院岩体土力学研究所在使用压力盒时，在薄膜前粘贴一块特制的五厘米厚的、直径与压力盒相同的弹性橡皮垫，给压力盒的标定、埋设提供了方便，使测试的数据增加了准确性。

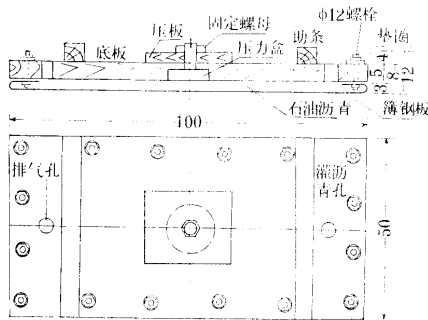


图2 沥青囊构造图

铁道部西北研究所在一项挡土墙的冻胀力试验中，将压力盒的受力薄膜涂一层油脂然后贴上两层厚五毫米的橡皮板，橡皮板外垫砂包，测定挡土墙背后冻胀力的分布图形。

最近，我们在一项隧道洞门冻胀力试验中采用了中国建筑科学院地基所研制的YJ-2型双膜压力盒，这种压力盒能提高压力盒的灵敏度，特别是能改善压力盒工作时二次膜的受力状态，使压力盒的标定、埋设都较简便，测得数据也较准确。目前国际上使用的土压力盒，不论盒中采用什么敏感元件，但从构造上来讲，大都是采用双膜结构。

在一项基础侧面法向冻胀力试验中，介质为非岩质地层，埋设单膜压力盒时未采取任何措施，这时冻胀力曲线发生了异常的现象：当冻胀力达到一定数值后，其值随土温的降低而减少；压力盒钢弦呈松弛状态，甚至低于埋设前的初频。产生这种现象的原因是：（1）侧面法向冻胀力的松弛特性；（2）压力盒径向受冻胀力作用，使钢弦松弛。我们称此现象为压力盒的侧向效应，为了验证上述分析是否正确，我们重复试验时在压力盒上套了一个 25×25 厘米的钢筋混凝土方框使冻胀力只作用在压力盒的受力膜上，而其四周的冻胀力由钢筋混凝土框支挡。此举后，压力盒反映的冻胀力曲线再也没有出现低于初频的现象了。

四、结论

土压力盒是薄膜挠曲式的测力仪器，用于测量液体和松散体压力较为合适，但冻土是连续的固体，用土压力盒量测土冻胀力时其周边支承作用及侧向效应较为明显，故在埋设时必须采取一些措施才行，如采用沥青囊、并在沥青中添加一定数量的油脂。为了消除侧向效应当不用沥青囊时，必须采用钢筋混凝土框，以消除侧向效应。

（1980年5月26日收到）