

46-49

第24卷 第4期
1996年8月西北农业大学学报
Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalisVol. 24 No. 4
Aug. 1996

10

井管外围填砾石对井管压力的研究

王纪科¹ 卢博友²

(1 西北农业大学水建学院, 2 西北农业大学机电学院, 陕西杨凌 712100)

摘要 利用模型试验测量井管外围填砾石对井管的压力, 初步分析了砾石对井管压力的大小、分布规律以及砾石的粒径、级配、围填高度、厚度对压力大小的影响。

关键词 井孔, 填砾, 井管压力

中图分类号 S277.2

井管外围填砾石是造井工艺中不可缺少的工序。填砾与滤水管构成的砂砾滤水结构, 具有增大出水量、降低含砂量、延长井的使用寿命等优点。但由于填砾对井管产生压力, 由于无毒塑料管等各种轻质薄壁管材强度较低, 能否承受填砾的压力, 是其用作造井管材的关键。目前, 有关小孔径井中管外填砾对井管压力大小、分布规律及实用计算方法的研究较少。本文以模型试验资料为依据, 对此进行分析探讨。

1 试验原理及装置

实践表明, 孔径较小的井孔, 由于“自然拱”的作用, 孔壁一般是稳定的, 可假定井孔的孔壁不向井管施加压力, 故填砾对井管的压力仅系一定规格的砾石构成的散粒体对井管的压力。由于砾石粒径不大, 故此压力可视为均布荷载(q), 其方向一般不垂直井管表面, 而与井管表面斜交, 可用沿井管轴向的轴向力(q_a)和沿径向的径向力(q_r)两个分力表示。若测得 q_a 和 q_r , 则可相应求得 q 。

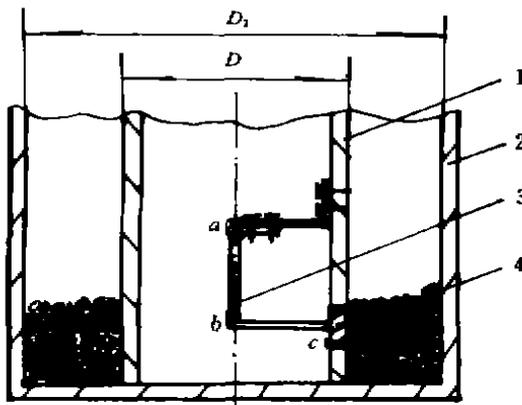


图1 模型试验装置示意图

1. 井管; 2. 圆筒; 3. 传感器; 4. 承压片

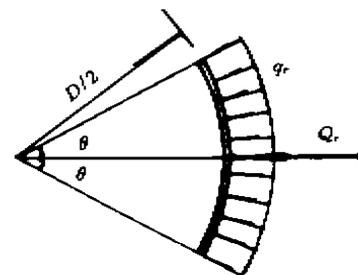


图2 扇形承压片示意图

模型试验装置如图1所示。设填砾作用于承压片上的压力沿井管轴向与径向的两个分力分别为 Q_a 与 Q_r , 其与 q_a, q_r 关系为:

收稿日期: 1995-08-10

$$q_h = \frac{Q_h \cdot \theta}{2S \cdot \sin\theta} \quad (1)$$

$$q_r = \frac{Q_r}{S} \quad (2)$$

式中, S 为扇形承压片的受压面积(图 2); θ 为扇形承压片圆心角的一半。

由(1)、(2)式可见, 测得 Q_h, Q_r 便可求得 q_h, q_r 。测量 Q_h, Q_r 的传感器布片及组桥方式见

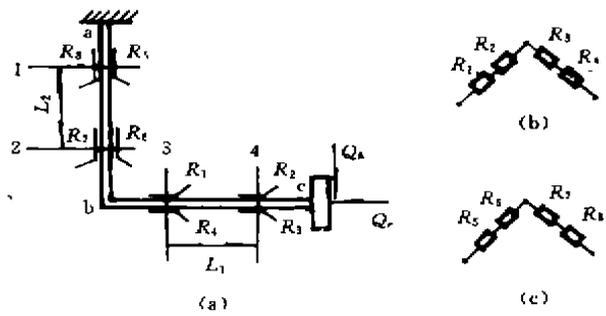


图 3 传感器布片与组桥图

图 3^[1~3]。(a)中, $R_i (i=1, 2, \dots, 8)$ 为测力应变片, (b) 为测 Q_h 电桥, (c) 为测 Q_r 电桥。

依据材料力学中弯曲变形的基本理论^[4], 可求得 Q_h, Q_r 与传感器截面 1, 2, 3, 4 处的应变 $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4$ 间的关系式为:

$$Q_h = \frac{EW_1}{L_1}(\epsilon_1 - \epsilon_2) = \frac{EW_1}{L_1}\Delta\epsilon_{12} \quad (3)$$

$$Q_r = \frac{EW_2}{L_2}(\epsilon_3 - \epsilon_4) = \frac{EW_2}{L_2}\Delta\epsilon_{34} \quad (4)$$

式中, E 为传感器弹性元件的弹性模量; W_1, W_2 为弹性元件 ab, bc 两段的抗弯截面模量; L_1, L_2 为应变片间距。

式(3)、(4)表明, 在 E, W_1, W_2, L_1, L_2 给定的条件下, Q_h, Q_r 的大小与传感器弹性元件相应截面处的应变差 $\Delta\epsilon$ 线性相关。可见, 只要测得 $\Delta\epsilon_{12}, \Delta\epsilon_{34}$, 则 Q_h, Q_r 便可求得。由电桥理论可知^[1], 图 3(b)、(c) 的组桥方式, 电桥输出恰为 $\Delta\epsilon_{12}$ 和 $\Delta\epsilon_{34}$ 之值。测试使用仪器为 YJ-5 型应变仪及 YJ-5 型预调箱。

为消除测量线路的系统误差, 实际测试中用静态标定法, 直接求作用于传感器的径向力、垂向力与相应的电桥输出应变的关系, 即静态标定常数。据此常数再将试验中测得的应变值换算为相应的力值。试验前先在井管外的桶中加适量的水, 然后再加一定数量的砾石, 读取一次应变值, 直至加入砾石后应变仪读数基本不增长为止。重复 3 次(附表)。

附表 测试数据表

砾石高度	Q_r 测试数据					Q_h 测试数据					
	输出应变值				折合力值 (N)	q_k (Pa)	输出应变值			折合力值 (N)	q_h (Pa)
	1	2	3	平均			1	2	平均		
2.18	6	8.5	7.0	7.2	140.1	0.13	0	0	0	0	0
4.36	10.5	15.0	10.0	11.8	240.1	0.21	1.5	1.5	1.5	32.3	0.03
6.54	10.5	16.0	12.5	13.0	263.6	0.24	2.0	3.0	2.5	53.9	0.04
8.72	10.5	17.5	13.5	13.8	280.3	0.25	4.0	3.5	3.8	81.3	0.07
10.90	10.5	18.5	13.5	14.3	290.1	0.26	4.5	4.0	4.3	92.1	0.08
13.08	11.5	18.5	15.0	15.0	304.8	0.27	5.5	5.0	5.3	113.7	0.10
15.26	12.0	19.5	17.0	16.1	326.3	0.28	6.5	6.0	6.3	135.2	0.11
17.44	12.0	20.5	18.0	16.8	341.0	0.29	6.5	7.0	6.8	146.0	0.12
19.62	12.5	21.5	19.0	17.7	359.7	0.31	6.5	8.0	7.3	156.8	0.13
21.80	14.0	23.0	19.0	18.6	378.3	0.33	7.0	8.0	7.5	161.7	0.14
23.98	14.5	23.0	120.0	19.1	388.1	0.34	7.0	8.5	7.8	167.6	0.14
26.16	15.0	23.0	320.0	19.3	392.0	0.34	7.0	8.5	7.8	166.6	0.14

2 试验结果分析

2.1 填砾对井管的径向压力(q_r)

填砾的厚度、粒径和级配一定的条件下,径向压力(q_r)与填砾高度(h)的关系见图 4.

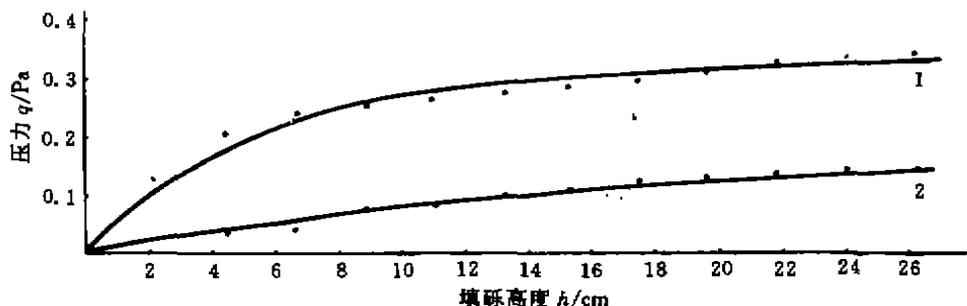


图 4 填砾高度与井管所受压力关系曲线

1. $q_r \sim h$ 关系曲线; 2. $q_a \sim h$ 关系曲线

图 4 可以看出:① $q_r \sim h$ 为非线性关系;② q_r 随着 h 的增大在一定范围内有限的增大,但其增量愈来愈小。 q_r 最终趋近于一个不大的常数;③ q_r 存在最大值,约为 0.37 Pa.

通过实测曲线的拟合处理,可建立 $q_r \sim h$ 关系曲线的拟合方程式^[5]:

$$q_r = h / (2.6551h + 11.1214) \quad (5)$$

由(5)式可求得不同 h 时的 q_r 值即一定填砾高度下 q_r 的最大值。

2.2 填砾对井管的轴向压力(q_a)

在上述条件下,轴向压力 q_a 与填砾高度 h 的关系见图 4. 可以看出, $q_a \sim h$ 关系曲线与 $q_r \sim h$ 关系曲线具有相同的性质,只是 $q_a \sim h$ 关系曲线更平缓一些, q_a 的最大值略小一些。

通过曲线拟合,可以得出 q_a 与 h 的关系式为^[5]:

$$q_a = 0.1891e^{-0.4582/h} \quad (6)$$

由(6)式可以计算出任一填砾高度下,砾石对井管的轴向压力,即一定填砾高度下 q_a 的最大值。

上述试验结果是在填砾的粒径、级配、填砾厚度一定的试验条件下取得的;若试验条件变化,填砾对井管压力值也将会有相应的变化,但由于填砾的规格一般变化不大,故而它对井管的压力值变化也将很有限。若井管外围填泥土,它对井管的压力与砾石完全不同,其规律有待试验研究。

2.3 井管压力的成因分析

在水井结构条件下,填砾呈空心柱状分布。由于填砾厚度不大(一般不超过 20 cm),因而除砾石本身的性质外,内外边界对压力分布有很大影响。

2.3.1 砾石性质对压力的影响 主要因素是砾石的粒径、级配、含水量、内摩擦角等。其规律是:砾石的粒径愈小,对井管的压力愈大;级配良好的砾石对井管的压力大;含水量大者较含水量小者对井管的压力大;内摩擦角小的砾石较内摩擦角大的砾石对井管的压力

大。其实质是砾石的粒径愈小、级配愈好、含水量愈大时,砾石的容重大,因而由砾石自重产生的压力愈大。内摩擦角主要决定压力的传递,内摩擦角大者,压力传递近。压力传递愈远,上部砾石的压力可沿管轴方向传递到更深的部位,而增大砾石对下部井管的压力。

2.3.2 填砾边界对压力的影响 填砾边界对压力的影响主要取决于边界面的光滑程度和界面间的距离。边界面愈粗糙,两界面间的距离愈小,其间的填砾对边界的压力愈小。这是因为粗糙的边界面,影响了砾石压力向深部的传递。边界面的间距愈小,砾石内部形成“自然拱”的能力愈强,“自然拱”限制了压力向深部的传递。因而,填砾对井管的压力并非直线分布,而成为沿管轴连续分布的均布压力。

3 结 论

1) 填砾对井管的压力为沿井管外表面分布的均布压力,不随深度而变化。

2) 填砾对井管的径向压力不大,其值不超过 0.37 Pa。

3) 填砾对井管的轴向压力也不大,其值不超过 0.15 Pa。但下部井管受到的总压力将随填砾高度的增大而增大,它将成为限制井管下入深度的制约条件。

上述结论已初步应用于生产实践。1985~1986年曾打小孔径(100~150 mm)薄壁塑料管试验井 10 多眼,井深小于 60 m;1994~1995年打孔径为 500~650 mm 的薄壁塑料管试验井 3 眼,井深 102~148 m,成井情况良好,使用正常,颇受用户欢迎。

参 考 文 献

- 1 北京农业机械化学院主编. 农机测试技术. 北京: 农业出版社, 1983
- 2 卢博友, 薛少平. 铲锄类土壤工作部件外荷载测力装置. 西北农业大学学报, 1994(4): 55~60
- 3 石怀理. 水利电测技术. 西安: 陕西科学技术出版社, 1994
- 4 刘鸿文. 材料力学. 北京: 人民教育出版社, 1987
- 5 邓建中, 葛仁杰, 程正兴. 计算方法. 西安: 西安交通大学出版社, 1992

Effects of Gravel Packing Around Tubular Well on the Pressure of Well Tube

Wang Jike¹ Lou Boyou²

(¹ The College of Hydraulic and Architectural Engineering, ² The College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract The pressure of well tube with gravel packing around was measured in the model experiment, and the pressures on well tube, pressure distribution patterns, and the effects of gravel diameter, gravel grades, packing height and thickness on the pressures were analyzed.

Key words well, gravel packing, well tube pressure