

Excel 在室内土工试验中的应用研究

王娟华 苏弦 谢剑勇

(核工业柳州工程勘察院, 广西 柳州 545005)

【摘要】充分利用 Excel 的各种功能处理土工试验数据能达到全自动计算。本文简要介绍了土工常规、胀缩性、颗粒分析、渗透试验在表格设计时的函数应用, 详细介绍了含水率和液塑限试验的超差判断、密度的异常数据处理和液塑限土类定名、颗粒分析试验的土类判断等, 并通过研究, 在直剪试验采用了定义名称的函数功能以简化压力输入; 比重试验中的比重瓶校正采用了计算校正法; 颗粒分析试验求曲线上的任意点时, 采用直线求值, 再用窗体控件调节功能将点调至曲线上。同时, 采用将已知参数建表, 尽量采用单元格引用减少重复输入, 可以避免人工输入错误, 还能实时更新。

【关键词】Excel; 函数; 土工试验

1 前言

Excel 电子表格功能强大, 广泛应用于各行各业的数据处理, 对数据多、计算量大、计算过程复杂的试验来说尤其方便, 应用 EXCEL 函数一步就能轻松取得原本需要很多计算步骤才能获得的结果。EXCEL 电子表格制图精度高, 由图表生成的关系曲线和数据准确度高, 通过图表能求得与计算结果一致的值, 相对于人工作图求值具有不可比拟的优势。

土工试验数据处理有专业的软件, 因其成本高, 更多单位采用普及面大且较易获得的 EXCEL 电子表格来处理土工试验数据, 而 EXCEL 在土工试验领域的函数和图表也已日趋完善, 因此, 研究 EXCEL 用于室内土工试验数据的处理和计算, 研究如何巧用 EXCEL 的各项功能简化计算过程, 使数据处理达到全自动化, 具有相当的经济实用价值。

用 EXCEL 处理土工试验数据要达到计算全自动化, 首先应将所有标准参数、校准校正用数据、与计算有关的仪器设备数据建表, 如环刀号、环刀质量、压缩仪器的变形校正值、不同温度下水的密度和动力粘滞系数、土粒相对密度校正值、温度校正值等等。其次要对相关试验原理比较熟悉, 如比重的计算校正法等。然后尽量套用 EXCEL 函数, 使用嵌套函数, 简化计算, 同时对一些特别函数要熟悉使用方法。建议在同一工作表里建立所有试验表格和成果表, 同一参数采用直接引用单元格的方法, 不重复输入。

2 部分土工试验电子表格的设计

2.1 含水率试验

该试验数据计算比较简单, 关键是含水率超差的判断上, 用 ABS 函数计算含水率差值的绝对值, AVERAGE 函数计算平均含水率, 逻辑与 (AND) 判断条件参数是否同时满足, 逻辑或 (OR) 判断条件参数中的一个是否满足, 上述四个函数同时与条件函数 IF 组合进行含水率超差判断, 如:

“=IF(OR(AND(AVERAGE(I2:I3)>=40,ABS(I2-I3)>2),AND(AVERAGE(I2:I3)<40,ABS(I2-I3)>1)),“超差”,AVERAGE(I2:I3))”式中 I2 和 I3 为两次平行测定的含水率单元格地址, “超差”改为“ABS(I2-I3)”可显示差值。

2.2 密度试验

首先要将环刀号和环刀质量建表, 用函数 VLOOKUP 根据环刀号调取环刀质量。该试验一般取四个环刀样进行密度计算, 设计表格时一般留四行作密度计算, 有时因各种原因可能取不到四个环刀样。计算平均密度的时候, 就用 COUNT 函数对环刀号单元格统计计数, OFFSET 函数提取密度数组, 用 AVERAGE 函数计算平均密度。

设计表格时,用公式计算的单元格可用条件函数 IF 控制单元格的示值,判断环刀号单元格是否为空,如为空则返回空格,相应没有环刀号的那行单元格都将显示为空,从而表格显得美观,不杂乱。

如果想对异常数据进行判断处理,可用 STDEV 函数计算标准差,用 OFFSET 函数、COUNT 函数组合提取密度数组,用 MAX 函数和 MIN 函数分别求得密度数组中的最大值和最小值,用 ABS 函数计算最大、最小值与平均密度差值的绝对值,取两者中的大值与三倍标准差进行比较,根据比较结果进行处理。

2.3 液塑限试验

用 LOG 函数锥入深度和含水率对数,用 LOG 函数和 FORECAST 函数(或 TREND 函数)计算湿点与中间点连线、湿点与干点连线在锥深为 2mm 处的含水率对数值 LOG ω_1 、LOG ω_2 ,用 AVERAGE 函数计算两含水率对数值的平均值 LOG ω ,用 POWER 函数对 LOG ω 求幂得塑限 ω_p ,用 FORECAST 与 POWER 组合可计算湿点和平均值点连线在锥入深度为 10mm 或 17mm 的含水率即液限值 ω_L 。

然后,对试验进行超差判断,一定先要将含水率对数值 LOG ω_1 、LOG ω_2 换算成含水率 ω_1 、 ω_2 ,再用 ABS 计算含水率差值绝对值,与条件函数 IF 组合进行超差判断。

最后,用公式“=IF(IP<10,"粉土",IF(IP<17,"粉质粘土","粘土"))”进行土类定名,式中 IP 为塑性指数值的单元格地址。

2.4 压缩试验

将仪器变形校正值建立参数表。仪器变形校正值和环刀质量可用 VLOOKUP 函数调取,试样编号和比重直接引用。压缩系数可用 SLOPE 函数计算,也可直接用公式进行计算。

压缩试验会根据工程实际调整压力,最后一级压力位置将发生改变,沉降量的校正系数也应跟着实时变动,这时用 COUNT 函数与 OFFSET 函数嵌套使用可实现该功能。

2.5 直剪试验

剪切时要根据工程实际和土的软硬采用不同压力级别,为避免每次都进行压力输入,可按<CTRL+F3>组合键将各压力组分别定名为“组 1”、“组 2”等。使用时如设 B 列为剪切组,在此列的单元格中输入 1 或 2……,选中此单元格后四列,在公式编辑栏中输入公式“=IF(B2=1,组 1,IF(B2=2,组 2,IF(B2=3,组 3,IF(B2=4,组 4,IF(B2=5,组 5,"")))))”后,按<CTRL+SHIFT+ENTER>组合键,压力组将自动调出。

用 INTERCEPT 和 SLOPE 分别与 OFFSET、IF 组合计算粘聚力 c 和斜率 b,用 DEGREES 和 ATAN 组合计算内摩擦角 φ 。

2.6 比重试验

用 EXCEL 处理比重试验,首先将比重瓶号、比重瓶质量、20℃ 瓶、水总质量、各温度及对应该温度水的比重、试样质量(100ml 比重瓶为 15g,50ml 比重瓶为 10g)及玻璃胀缩系数建立参数表。

采用计算校正法校正比重瓶,不需测量各温度下的瓶、水总质量。试样比重计算公式为:“比重=试样质量/T℃ 试样体积=试样质量/{[1+玻璃胀缩系数×(T-20)]×(20℃ 时瓶、水总质量-瓶质量)/20℃ 时水的密度-(T℃ 时瓶、水、土总质量-瓶质量-试样质量)/T℃ 时水的密度}”式中各类已知参数按需直接引用或可用 VLOOKUP 函数调取。将上述方法得到的结果与专业土工软件的计算结果进行比较(该专业软件也是用计算法校正比重),结果一致。

另外,如果测量的温度没有按规范要求精确到 0.5℃,可用 MROUND 函数进行处理。

2.7 收缩试验

以线缩率为纵坐标,含水率为横坐标作关系曲线图,收缩系数为收缩直线阶段(I)的直线斜率的负数。因此要计算收缩系数应先通过线缩率—含水率曲线图找出组成直线收缩阶段的几组最佳数据对,然后

用 SLOPE 求斜率。

缩限是含水率与线缩率关系图上近似水平直线阶段(III)与直线阶段(I)两直线的交点对应的横坐标值(即含水率),假定试样收缩稳定后体积恒定不变,则第三收缩阶段最后恒为一水平直线,那么,可以认为缩限是试样收缩稳定后测读的最大线缩率在第一收缩阶段直线上对应的含水率,因而可用 FORECAST 函数计算,自变量取最大线缩率。

2.8 颗分试验

该试验所需参数比较多,除了前面已有的水的比重、水的动力黏滞系数外,还要建立土粒相对密度校正值和温度校正表。对相关参数进行调用仍然用 VLOOKUP 函数。

试验中最关键的问题是如何求曲线上的点。首先用 MATCH 函数求得自变量在数组(X 或 Y 的一组值)中的位置,如数组为{20,10,5,2,0.5,0.25,0.075,0.0545,0.0261,0.0115,0.006,0.0018},自变量为 0.01,用公式“=MATCH(0.01,{20,10,5,2,0.5,0.25,0.075,0.0545,0.0261,0.0115,0.006,0.0018},-1)”查得 0.01 在数值 0.0115 和 0.006 之间,返回 0.0115 在数组中的位置是 10。再用 OFFSET 函数求得自变量前后两个已知数据对(0.0115,Y1)和(0.006,Y2),用 TREND 函数求自变量在两点直线上的变量 Y(小数点后保留三位数)。因为 TREND 函数是求直线上的值,用自变量 0.01 和变量 Y 在颗分曲线上画点,会发现该点不严格落在颗分曲线上。此时要使用数值调节钮(窗体控件之一)调节变量 Y,因调节钮的调节步长最小值为 1,而所需的调节步长为 0.01 或 0.001。解决该问题的办法是,可让变量 Y 乘 1000 后,对 1000Y 所在单元格进行窗体控件设置,再用此值乘 0.001 即 $0.001 \times 1000Y$ 后作为最终要求的变量 Y'与自变量 0.01 在图表上画点,按数值调节按钮,图表上的点就会跟着变动,根据需要调节步长,将点调至落在颗粒大小分配曲线上,相应所得值就是要求的值。

然而,使用窗体控件功能不是很方便,当按下窗体控件按钮后,不管它所调节的对象是否是公式计算所得,都会变成独立数据,自动断开与其它单元格的链接,若重新调整数据的话,该单元格数值不再跟着变化,所以需人工输入。

对颗分进行土类定名,可按条件先计算各颗粒级配值,如砾砂的颗粒级配是粒径大于 2mm 的颗粒质量占总质量的 25%~50%,那么,先计算粒径大于 2mm 的颗粒质量占总质量的百分数,用条件函数 IF 判断定名。碎石土的定名有两个条件,在判断定名时,用条件函数 IF 与逻辑与(AND)函数嵌套使用。

2.9 变水头渗透试验

实现全自动计算最关键的地方是将温度校正系数实现自动提取,建立水的动力粘滞系数表,用 VLOOKUP 函数根据试验温度自动提取 20℃时的温度校正系数,用 AVERAGE 函数计算平均渗透系数。

2.10 有荷膨胀率、膨胀力试验

试验中各计算步骤均直接采用公式,环刀质量数据仍然用 VLOOKUP 函数进行提取。

2.11 自由膨胀率试验

将量筒刻度校正值建表,用 MROUND 函数对读数取整到 0.5 的整数倍,用 VLOOKUP 函数查刻度校正值即可实现全自动计算。

2.12 成果报告

成果报告的很多数据取自上述的计算结果,因此直接引用单元格即可。

3 说明

如果试样编号是连号,对其稍做处理只要输入一个试样编号,其后的试样编号将自动生成。图表标题

如为试样编号,若希望试样编号能实时更改,则会非常方便。要实现上述功能可先选中图表标题,在公式编辑栏中输入“=试样编号的单元格地址”按回车。

设计好的 EXCEL 电子表格,选中原始数据输入区右键,进入单元格格式设置,在保护对话框中取消锁定,按确定键退出,隐藏不需要显示的单元格和公式,对工作表进行设密保护,可以使工作表变得美观,同时也避免意外被修改的可能。

以上各试验的函数可分步计算,也可组合成嵌套函数进行。

需要说明的是,电子表格默认状态下所有参与计算的数值都有 18 位小数,如数值 15 参与计算时是 15.000000000000000000,在设置单元格格式对话框中小数位数只是控制单元格的显示,参与计算时还是 18 位小数,所以在计算过程中要用 ROUND 函数进行小数位取舍。

参考文献

- [1] 土工试验方法标准 (GB/T50123-1999). 北京:中国计划出版社, 1999
- [2] 卢丹.《用 EXCEL 计算校正比重瓶》.《西部探矿工程》, 2005 年第 12 期
- [3] 广西膨胀土地地区建筑勘察设计施工技术规范 (DB45/T 396-2007)
- [4] 柳国胜.《Excel 在土工试验中的应用》.《西部探矿工程》, 2004 年第 8 期
- [5] 苏巧荣.《土工实验数据分析方法探讨》.河南大学学报 (自然科学版), 2006 年 3 月 第 36 卷 第 1 期