

塔里木地区土壤电阻率的影响因素研究*

章钢娅¹ 刘顺民² 孙慧珍¹

(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

(2 中国科学院研究生院, 北京 100039)

A STUDY OF FACTORS INFLUENCING SOIL RESISTIVITY IN TARIM REGION

Zhang Gangya¹ Liu Shunmin² Sun Huizhen¹

(1 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

(2 Graduate School of the Chinese Academy of Science, Beijing 100039, China)

关键词 土壤电阻率; 含水量; 密实度; 砂石含量

中图分类号 S153.2 文献标识码 A

据报道, 全世界每年因腐蚀而报废的金属材料和设备的量约为金属年产总量的 1/4 到 1/3。可见, 研究金属的腐蚀与防护是一项非常重要的工作。金属的腐蚀, 一般可分为化学腐蚀、物理腐蚀和电化学腐蚀三种^[1]。其中, 又以电化学腐蚀现象最为普遍, 造成的危害也最为严重。大量埋在土壤中的油管、气管、电缆等地下金属构筑物的腐蚀属于电化学腐蚀, 与土壤性质关系极为密切^[2~9]。

土壤电阻率是一个重要的土壤腐蚀电化学特性, 是判断土壤腐蚀性的一个重要评价标准。电阻率的大小不但直接影响到金属材料的腐蚀速度, 而且对地下金属构件接地电阻的高低、地电流的强弱等^[10~13]均有明显影响, 因此, 正确测量土壤电阻率是接地设计的关键。电阻率的大小不仅取决于土壤本身的固有特性, 还受到土壤含水量、

含盐量、土壤密实度、杂质含量以及土壤 pH 等因素的影响。因此深入研究含水量等因素对塔里木地区沙漠土壤电阻率的影响规律, 建立起适合各种金属管道所需要的调节土壤电阻率方法, 为塔里木地区地下工程建设提供有利的环境条件, 具有很重要的实际意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

砂土及地下水取自塔克拉玛干沙漠中心地带; 砾石杂质取自沙漠北缘的戈壁地区; 调节含水量用蒸馏水与地下水分别进行; 通过振荡时间长短控制砂土的密实度, 并以容重(g cm^{-3})表示密实度的高低。砂土、砾石及地下水的有关性质见表 1。

表 1 供试砂土、砾石和地下水的基本性质

材料	pH	SO_4^{2-} (cmol L^{-1})	Cl^- (cmol L^{-1})	K^+ (cmol L^{-1})	Na^+ (cmol L^{-1})	全盐 (g L^{-1})	粒径 (mm)
砂土	8.70	0.103	1.054	0.036	0.943	0.867	0.1~0.5
砾石	9.11	1.614	4.231	0.095	4.530	4.959	3~5
地下水	8.62	6.495	29.34	0.846	32.01	26.50	—

1.2 实验方法

对于均匀土壤, 其电阻率值可用四极法进行测

量。而实际上, 土壤电阻率在多数情况下是不均匀的, 一般用水平双层或水平多层土壤表征其不均匀

* 国家重点基础研究发展规划项目(2002CB410805)资助

作者简介: 章钢娅(1955~), 女, 博士, 研究员, 主要从事土壤化学、环境化学研究

收稿日期: 2004-10-28; 收到修改稿日期: 2005-04-12

性^[14, 15]。但目前通用的测试技术, 还不能全面反映作为土壤腐蚀环境因素的土壤理化性质的季节性动态变化。为了积累土壤理化性质的动态数据, 并能比较全面地了解地下钢铁所处的真实土壤腐蚀环境, 通过建立接近原位测试电阻率的方法, 本文对影响电阻率的因素及其程度作了初步的探讨。

塔里木地区砂土的电阻率一般在几千至几万欧姆(电阻率的单位)的数量级, 而常规交流电阻测定仪的量程范围仅为几到几百欧姆米, 无法用于沙漠土壤电阻率的测定。为此, 我们参照 GB 7871—87 等有关标准, 设计研制了适用于高电阻土壤介质的电阻率测定仪器 Ee-1 直流高电阻测量仪和 Sy-A 型交流高电阻测量仪, 并制备了相应的探头, 以测定沙漠土壤的电阻率。从理论上讲, 交流电阻法与直流电阻法均可用于高电阻介质的测量, 但交流电阻法由于电感电容的干扰, 误差较大, 而直流电阻法精度则相对较高; 同时, 直流电阻法可在地面进行测量, 交流电阻法则需要挖坑测定。虽然干砂土等高电阻体系电阻率测定本身误差较大, 但经过交流电阻法与直流电阻法两种方法进行校正, 取其平均值, 其误差应是比较小的。

2 结果与分析

2.1 含水量对砂土电阻率的影响

分别研究了不同含量蒸馏水和不同含量当地地下水对砂土电阻率的影响规律, 测定结果见表 2 和表 3。

表 2 不同蒸馏水含量的砂土电阻率(Ωm)

土壤含水量(%)	直流法测定值	交流法测定值	平均值
0.24	1.55×10^4	1.26×10^4	1.41×10^4
2	5.14×10^2	4.46×10^2	4.80×10^2
4	2.44×10^2	2.80×10^2	2.62×10^2
6	1.38×10^2	1.56×10^2	1.47×10^2
8	1.47×10^2	1.27×10^2	1.27×10^2
10	8.11×10^1	9.33×10^1	8.71×10^1
13	6.70×10^1	5.82×10^1	6.32×10^1
15	4.83×10^1	5.51×10^1	5.19×10^1
17	5.04×10^1	4.34×10^1	4.67×10^1
19	3.71×10^1	4.52×10^1	4.11×10^1
21	3.92×10^1	3.36×10^1	3.63×10^1
24	3.40×10^1	2.92×10^1	3.15×10^1

表 3 不同地下水含量的砂土电阻率(Ωm)

土壤含水量(%)	直流法测定值	交流法测定值	平均值
0.24	1.55×10^4	1.26×10^4	1.41×10^4
2	4.12×10^2	4.74×10^2	4.43×10^2
4	2.09×10^2	1.97×10^2	2.03×10^2
6	1.14×10^2	1.30×10^2	1.22×10^2
8	8.47×10^1	9.58×10^1	9.04×10^1
10	3.84×10^1	4.42×10^1	4.13×10^1
13	3.54×10^1	3.41×10^1	3.48×10^1
15	2.55×10^1	3.01×10^1	2.78×10^1
17	2.32×10^1	2.18×10^1	2.25×10^1
19	1.77×10^1	1.89×10^1	1.83×10^1
21	1.43×10^1	1.63×10^1	1.53×10^1
24	1.26×10^1	1.42×10^1	1.33×10^1

表 2 和表 3 的测定结果表明, 含水量对砂土电阻率的影响极大, 2% 的含水量就能引起电阻率的急剧降低; 但当含水量达到 8% ~ 10% 时, 继续增加水分不再引起电阻率的明显变化, 其变化速率渐趋平缓; 当在饱和含水量 24% 附近, 电阻率随含水量的变化更趋微小。

从表 2 和表 3 还可看出, 在水分非饱和的情况下, 无论用蒸馏水还是地下水, 砂土电阻率随含水量变化趋势相似, 即砂土电阻率随着砂土含水量的增加而下降。但电阻率的绝对数值差别较大, 特别是在接近 24% (饱和) 含水量时, 差别更为显著, 蒸馏水者的电阻率几乎是地下水者的 3 倍。这应该是由地下水含盐量高达 26.5g L^{-1} 所致。

2.2 砾石含量对砂土电阻率的影响

表 4 为在含水量 0.24% 的情况下, 砂土电阻率

表 4 不同砾石比例条件下砂土电阻率的测定值(Ωm)

砾石比例(%)	直流法测定值	交流法测定值	平均值
0	1.29×10^4	1.22×10^4	1.26×10^4
5	1.14×10^4	1.29×10^4	1.22×10^4
10	1.15×10^4	1.17×10^4	1.16×10^4
15	1.02×10^4	1.21×10^4	1.11×10^4
20	1.07×10^4	1.07×10^4	1.07×10^4
25	9.59×10^3	9.29×10^3	9.44×10^3
30	8.78×10^3	9.20×10^3	8.99×10^3
35	7.32×10^3	7.77×10^3	7.55×10^3
40	7.54×10^3	6.91×10^3	7.22×10^3
45	7.30×10^3	6.44×10^3	6.87×10^3
50	6.68×10^3	6.06×10^3	6.37×10^3
100	7.45×10^3	6.45×10^3	6.95×10^3

随砾石比例的变化情况。实验结果表明,砂土电阻率大体上随砾石含量增加而降低,但趋势缓慢;而全部为砾石的电阻率又比砾石含量为50%者略高。这可能是,砾石盐分含量高于砂土,造成电阻率降低;但同时由于砾石吸水不良,随砾石含量的增加,电阻率下降趋缓,甚至突然出现升高现象。

表5为不同水分状况下砾石含量对电阻率的影响状况。实验结果表明,对含5%蒸馏水或5%地下水的砾石砂土,随砾石含量的增加,电阻率逐渐降

低。砂土电阻率下降缓慢的原因是,除表面吸收一些水分外,砾石内部基本处于干燥状态,因而由水分引起的电阻率降低不明显。

表5同时表明,在砾石含量相同时,含5%地下水的砂土电阻率值小于含5%蒸馏水的砂土电阻率值。这是因为,砂土在吸收了水分后,由于地下水盐分含量高于蒸馏水的盐分含量,从而造成电阻率降低。如果有足够的砾石进行蒸馏水对照测定,即可校正地下水中大量盐分对电阻率的影响,这方面有待于以后的深入研究。

表5 不同含水条件下砂土电阻率随砾石比例变化的测定值(Ωm)

砾石 比例(%)	含5%蒸馏水			含5%地下水		
	直流法测定值	交流法测定值	平均值	直流法测定值	交流法测定值	平均值
0	159	175	167	87.3	77.4	82.3
10	147	119	133	48.1	52.2	50.2
20	85.2	91.2	78.3	47.2	45.3	46.3
30	74.3	76.4	75.0	42.0	46.1	44.1
50	74.1	78.0	76.2	39.4	37.0	38.2
70	39.2	35.1	37.2	12.2	14.2	13.2
100	22.0	24.3	23.1	13.1	11.4	12.3

2.3 密实度对砂土电阻率的影响

表6为同一含水量条件下不同密实度时干砂土电阻率的测量值。在同一含水量的条件下,砂土电阻率随砂土容重的增加而降低。容重越大,亦即土壤愈结实,电阻率愈低。应该指出,砂土容重不同时,虽然砂土水分的重量百分比一样,但其土壤水分的容积百分比或水占孔隙占总孔隙量的百分比是不同的,随砂土容重的增大而增大,从而引起砂土电阻率的降低;此外,随着砂土容重的增加,即土壤密度的增加也可能导致砂土颗粒间接触紧密、触点增多从而增加了土壤的导电能力。

相对于砂土的含水量、砾石含量而言,砂土密实度对砂土电阻率的影响程度最小。

表6 不同密实度时干砂土电阻率(Ωm)

砂土容重(g cm^{-3})	直流法测定值	交流法测定值	平均值
1.367	1.83×10^4	1.77×10^4	1.80×10^4
1.464	1.79×10^4	1.60×10^4	1.70×10^4
1.576	1.42×10^4	1.54×10^4	1.48×10^4
1.611	1.41×10^4	1.43×10^4	1.42×10^4
1.639	1.34×10^4	1.29×10^4	1.32×10^4

3 结论

砂土的含水量、含盐量、砾石含量及密实度等因素均影响电阻率。其中以含水量的影响最大,特别是当地的含盐地下水,含盐砾石含量的影响次之,密实度的影响则相对较小。

参考文献

- [1] 米琪,李庆林. 管道防腐蚀手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994
- [2] Asworth V, Goodan C G, Jacob W R. Underground corrosion and its control. Australas, 1986, 11(5): 10~13
- [3] Baeckman W V, Schwenk W. 胡士信,等译著. 阴极保护手册. 北京: 人民邮电出版社, 1990
- [4] 田兴玲,林玉珍,刘景军,等. 碳钢在液/固双相管流中磨损腐蚀的电化学行为. 中国腐蚀与防护学报, 2004, 24(1): 48~51
- [5] 高志明,宋诗哲,王守琰,等. 埋地管道防护层缺陷现场检测与评价. 中国腐蚀与防护学报, 2004, 24(2): 100~104
- [6] 孙慧珍,朱荫涓,许晓峰. 土壤和对金属材料腐蚀的影响. 土壤学报, 1997, 34(1): 107~112
- [7] 吴. 土壤性质对钢铁电极电位的影响. 土壤学报, 1991, 28(2): 117~123
- [8] 王开军,吴. 土壤理化性质对铝电极电位的影响. 土壤学

- 报, 1994, 31(3): 259~ 266
- [9] 李成保. 地下管线腐蚀的勘测技术与土壤腐蚀性的评价方法. 土壤, 1998, 30(4): 205~ 208, 217
- [10] 蔡邦宏, 赖俐超. 防治金属腐蚀的五大对策. 化学工程师, 2002, 88(1): 57~ 58
- [11] 吕新华. 胡状集油田低电阻率油层形成的影响因素及其识别技术. 油气地质与采油率, 2002, 9(6): 26~ 29
- [12] 施利炳. 金属的腐蚀与防护. 物理测试, 2003, (3): 41~ 43
- [13] 何业东, 朱日彰. 金属氧化膜的电化学研究——金属腐蚀与防护基础理论研究的突破点. 科技导报, 1994, (10): 19~ 21
- [14] 张宇晓, 李群德. 双河油田储层电阻率的影响因素分析与校正. 测井技术, 1995, 19(1): 35~ 39
- [15] 房连玉, 王世杰, 陈葳, 等. Prony 方法求解水平双层土壤等值电阻率. 东北电力学院学报, 2002, 22(4): 38~ 40

欢迎订阅 2006 年《土壤学报》

《土壤学报》是中国土壤学会主办、中国科学院南京土壤研究所承办、科学出版社出版的学术性期刊, 主要刊登土壤科学各分支学科及相关领域(如植物营养科学、肥料科学、环境科学、国土资源等领域)的最新研究成果, 包括学术论文、研究简报、综述与专论、问题讨论等。读者对象主要为土壤学及相关学科的科技人员、高等院校师生和管理干部等。

《土壤学报》2006 年为双月刊, 大 16 开, 160 页, 国内外公开发行人。国内统一刊号: CN 32-1119/P, 国际标准刊号: ISSN 0564-3929。国内邮发代号: 2-560, 每期定价 50.00 元, 全年定价 300.00 元; 国外邮发代号: BM45, 每期定价 50.00 美元, 全年定价 300.00 美元。订购处: 全国各地邮局。总发行: 科学出版社; 地址: 北京东黄城根北街 16 号; 邮政编码: 100717; 电话: 010-64034563; E-mail: journal@cspg.net。

编辑部地址: 南京市北京东路 71 号 中国科学院南京土壤研究所《土壤学报》编辑部。邮政编码: 210008; 电话: 025-86881237, 86881238; 传真: 025-86881000; E-mail: actapedo@issas.ac.cn; 网址: <http://trxb.periodicals.net.cn>, <http://trxb.chinajournal.net.cn>。

欢迎订阅 2006 年《土壤》杂志

《土壤》杂志是我国土壤科学领域最具权威性的专业期刊之一, 是中国科技核心期刊, 已被《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》全文收录, 被认定为《中国学术期刊综合评价数据库》、《中国科学引文数据库》来源期刊。

《土壤》办刊宗旨: 以科学的态度, 求实的精神, 严谨的作风, 传播土壤科学最新研究成果, 交流改土培肥经验, 普及土壤科学知识, 提倡百家争鸣, 活跃学术思想, 繁荣我国土壤科学事业, 促进农业生产, 服务于国民经济建设。

《土壤》自 1958 年创刊以来, 在选题上紧密结合国民经济建设、改革开放的发展形势, 以便能及时反映国内外土壤科学发展的最新动向为目的, 刊载土壤科学方面的学术论文、试验研究报告、文献综述、简报、科研和生产实践中的新技术、新方法、国内外考察报告等。

《土壤》杂志从 2003 年改版, 双月刊, 大 16 开本, 双栏排版, 112 页, 彩色封面, 双月 25 日出版。

新版《土壤》杂志以能最大限度为作者、读者提供服务为宗旨, 注重新思想、新理论、新技术方法的探讨, 注重对实际应用的指导。有深度、广度; 严肃、严谨; 流畅、活泼; 形成独特的风格, 成为深受广大作者、读者欢迎的期刊。

《土壤》期刊的邮发代号: 28-21, 每期定价 25.00 元, 全年定价 150.00 元。全国各地邮局均可订阅, 也可随时直接向《土壤》编辑部订阅。

地址: 江苏南京市北京东路 71 号, 中国科学院南京土壤研究所《土壤》编辑部, 邮政编码: 210008, 电话和传真: 025-86881236, 电子邮箱: soils@mail.issas.ac.cn。

欢迎订阅、投稿和刊登综合信息。