文章编号：

混凝土电阻率与氯离子扩散系数间的相关性试验

标题备注：小二黑体、加粗，不超过22字，尽量不用“…的研究”。

赵×[[1]](#footnote-1)(该1为脚注符号切勿删除)，王××2，（四号仿宋）

（1.××大学 土木工程学院，河南 郑州450001；2××大学 土木工程学院，河南 开封475004）（小五宋体）

**摘 要：**为了……(针对……问题)【目的】，对……【研究对象】进行研究，通过对矿物掺合料混凝土的电阻率测定、抗氯离子渗透和立方体抗压强度试验，分析研究电阻率和氯离子扩散系数随龄期的变化规律，以及混凝土电阻率和氯离子扩散系数间的相关关系。试验结果表明：混凝土电阻率随龄期的增长而增加，氯离子扩散系数随龄期的增长而下降，矿物掺合料双掺效果优于单掺。氯离子扩散系数随电阻率的增大而下降，两者之间呈良好的倒数回归关系。摘要应包括研究目的、方法、结果和结论，400字左右。摘要一律采用第三人称表述，不使用“本文”“作者”“本研究”等作为主语。不要简单重复文章标题、引文、结论中已有的信息；不描述研究背景，应避免出现主观性极强的描述；不用非公知公用的符号和术语，不能引用参考文献；缩略语、略称、代号在首次出现时须说明。小五楷体。

中文摘要应包含4要素：

目的——研究、研制、调查等的前提、目的和任务,一般用一句话交代清楚即可。

方法——所用的原理、理论、条件、对象、材料、工艺、结构、手段、装备、程序等。

结果——实验的、研究的结果、数据，被确定的关系，观察结果，得到的效果、性能等。

结论——结果的分析、研究、比较、评价、应用，得出的规律，提出的问题等。

**关键词：**矿物掺和；电阻率；扩散系数；龄期；相关性（5-8个关键词，小五宋体）

**中图分类号**：查询网站：(https://www.clcindex.com) 文献标志码：A doi:

页边距：上：2.4厘米；下：1.8厘米；左：1.8厘米；右：2厘米；页眉上：1.1厘米；页脚下：1.5厘米。

正文用五号宋体（西文用Times New Roman字体），双栏（每页46行，每行22个字）。单倍行距，首行缩进2个字符。正文请使用样式库中正文样式。

引言作为论文的开端，主要是回答“为什么研究”这个问题，引导读者阅读和理解全文。应以简短的篇幅介绍论文的写作背景和目的，以及相关领域内他人已做的工作和研究的概括[1-3]，说明与他人工作的关系，目前的研究热点[2,4]、存在的问题及作者工作的意义。已有研究现状的评述请坚持客观性原则。引言中不应详述同行熟知的，包括教科书上已有陈述的基本理论、实验方法和基本方程的推导。

混凝土的电阻率和氯离子扩散系数是混凝土耐久性能的两个重要指标。目前，针对电阻率和氯离子扩散系数的研究较多集中于原材料组成对指标的影响、试验测试技术、耐久性评价、养护效果评价或养护的影响等方面，而针对两个指标间相关关系的研究则相对较少，且其研究未考虑矿物掺和料的影响。

张三等[1]对混凝土材料的组成成分对电阻率和氯离子扩散系数的研究进行了深入研究；李四等[2]对混凝土材料的……；王五等[3]对混凝土材料的……进行了研究；……；李六等[4]对…………。

笔者针对…。开展矿物掺合料混凝土的电阻率测定、抗氯离子渗透和立方体抗压强度试验，以分析研究不同强度等级和不同龄期条件下就电阻率和氯离子扩散系数随龄期的变化规律，分析建立矿物掺和料混凝土的电阻率和氯离子扩散系数间的相关定量关系。

# 1 标题1（四号黑体加粗）

## 1.1 标题2（五号黑体加粗）

水泥：天瑞集团郑州水泥股份有限公司生产的P·O 42.5级普通硅酸盐水泥，比表面积367 m2/kg。人工机制砂：细度模数2.8，表观密度2 680 kg/m3（数字和单位之间空1个英文空格；三位有效数字空1个英文空格。例如2 691 kg/m3，2和6中间空格1个英文空格），石粉含量12%。粗骨料：新密产粒径 5～25 mm 连续级配碎石和米石，表观密度2 708 kg/m3。

### 1.1.1 标题3（三级标题楷体）

## 1.2 字符要求

1.2.1 字符的斜体

（1）量符号、代表量和变动性数字及坐标轴的下标符号。例如：*T*（热力学温度），*p*(压力，压强)等。*Ui*(*i*代表变动性数字1～3)

（2）描述传递现象的特殊符号。例如：欧拉数*Eu*,马赫数*Ma*,阿尔芬数*Al*,傅里叶数*Fo*等。

（3）数学中要求使用的斜体字母。变数、变动的附标及函数。*x,y;*函数*f,g*；在特殊场合视为常数的参数。例如：*a,b,c。*

（4）坐标系符号。例如：笛卡儿坐标*x,y,z。*

1.2.2 字符的正体

量的单位,如m，s，A，V，kg等；用于构成十进倍数和分数单位的词头，如k，M，G，d，c，m等；化学元素符号；缩略语；仪器的规格型号；某些常数的符号（仅限于自然对数的底e、圆周率π、复数的虚部i或j;数学运算符，如：矩阵转置号T、微分号d、偏微分号∂、连加号∑、对数号（log，lg，ln）、及sin，tan，exp，div，det，lim，min，max等。如,。

需特别注意的是：5个特殊集合用黑正体，**N**（自然数集或非负整数集），**Z**（整数集），**Q**（有理数集），**R**（实数集），**C**（复数集）。

## 1.3 表格要求

表名使用中英双语，表名需要具体化表达，一般不用“”实验表”，而用“\*\*\*实验表”。通栏表一般放在页面的顶部或底部。

表格要精选，应具有自明性，表格的内容切忌与插图及文字表述重复。数值表格采用竖向三线表（必要时可加辅助线），即第一行表头中栏目归类与表身中的内容按列竖向对应。表头中不应使用斜线，且表头中量和单位的标注形式应为“量的名称或符号/单位符号”，表身中同一量的数值修约数位应一致。表内“空白”代表未测或无此项，“—”代表未发现，“0”代表实测结果确为零。表格宜随文编排。表格示例如下（注意千分空）。

表名要具体。表头中，变量名称符号和单位之间用“/”分开，例如：质量*m*/g，变量的符号用斜体，单位用正体。表格内同一个量的有效数字要一致，不足补零。

**表1 表标题**

**Table 1 Table heading**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 算法 | | 最大相角误差/(°) | | 平均测距误差/m | 最大总相量误差/% | 平均总相量误差/% |
| 本文方法 | 0.013 5 | | 4.20 | | 0.024 8 | 0.007 4 |
| DFT修正算法 | 0.367 8 | | 18.71 | | 0.639 7 | 0.326 3 |

表2 表标题（小五黑体）

Table 2 Table heading

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 强度等级 | 电阻率/(kΩ·cm-1) | | | | | 立方体抗压强度/MPa | | | | | 氯离子扩散系数/(10-12m2·s-1) | | |
| 7 d | 14 d | 28 d | 56 d | 84 d | 7 d | 14 d | 28 d | 56 d | 84 d | 28 d | 56 d | 84 d |
| C20 | 6.3 | 7.4 | 10.9 | 23.6 | 41.0 | 16.9 | 19.6 | 23.4 | 27.9 | 30.3 | 17.7 | 7.45 | 4.78 |
| C30 | 8.1 | 16.6 | 29.2 | 40.3 | 69.9 | 24.0 | 32.6 | 38.2 | 41.8 | 45.0 | 6.57 | 4.05 | 2.48 |
| C40 | 8.8 | 15.6 | 23.5 | 45.5 | 69.5 | 34.4 | 43.2 | 46.5 | 51.7 | 51.6 | 6.99 | 3.14 | 1.68 |
| C50 | 9.0 | 13.9 | 21.4 | 35.2 | 52.1 | 40.3 | 46.6 | 52.2 | 59.7 | 61.9 | 6.82 | 2.35 | 2.11 |
| 用三线表，内容请用样式库中表格内容样式（小五宋体，单倍行距），若表格过宽，用单栏表示  表头中，变量名称符和单位之间用“/”分开，如：质量m/g，变量的符号用斜体，单位用正体。表格内同一个量的有效数字要一致，不足补零，如：41.0。表中无数据项用“—”填充 | | | | | | | | | | | | | |

表3 表标题

Table 3 Table heading

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 强度等级 | 细骨料 | | 粗骨料 | | 减水剂 |
| 细砂 | 机制砂 | 碎石 | 米石 |
| C20 | 250 | 546 | 879 | 150 | 5.0 |
| C30 | 250 | 516 | 1038 | — | 7.0 |

， (1)

式中：*U*为探头间电位差，V；*I*为探头间通过的可变电流，A；*a*为探头间距，mm。（公式后有标点符号，式中后用冒号，解释公式，依次写明物理量、单位。式中这段文字紧随公式，不用首行缩进。用Mathtype编辑公式）

## 1.4 插图要求

图名使用中英双语。一幅图里有多个分图时，要分别给出分图题。注意所有图中文字必须为小五号或六号字体。插图应随文给出，先见文字，后见插图，尽量使用彩色图片。并且图中曲线用黑粗线.图线应做到主、辅线分明：轮廓线、框线、曲线用粗线；尺寸线、指引线、坐标轴用细线。即图中曲线粗细是刻度线的两倍。刻度均标注在内侧，有刻度需要标出标值。通栏图放在页面的顶部或底部。

### 1.4.1 不同软件绘制图片的输出格式

本刊不接受位图文件（照片除外），本刊接受的绘图软件及输出文件格式如下，请作者提供图形原始文件。

1）Visio软件：输出\*.vsd，\*.vsdx，\*.pdf格式，可制作流程图、结构框图、元器件图等。

2）Matlab和Origin软件：输出\*.eps，\*.pdf，\*.emf三种格式，可制作曲线图，三维图。

3）Excel表：输出\*.xls，\*.xlsx格式，可制作曲线图、柱状图、圆饼图。

4）PPT：输出\*.ppt，\*.pdf格式。请勿将位图图片嵌在PPT页面中、再将PPT页面嵌在Word稿件中。

5）Word绘图工具：输出\*.doc，\*.pdf格式。勿将位图图片直接嵌在Word文件中。

6）其他：其他软件优先存储\*.pdf格式，如不能存PDF格式，请与编辑部联系。

### 1.4.2 各种类型图形绘制要求

1）流程图

如图1所示，完整的流程图必须有唯一的开始和结束，使用圆角矩形框表示；判断逻辑出口须有YES和NO(标为Y和N)。

图示

描述已自动生成

图**1**  **中文图题1（小五黑体，加粗）**

**Fig.1 Picture title（小五Times New Roman，加粗）**

2）平面坐标曲线如图2所示。图名使用中英双语。一幅图里有多个分图时，要分别给出分图题。

图示

描述已自动生成

**图2 电阻率与氯离子扩散系数间的回归关系**

**Figure 2 Regression relationship between chloride diffusion coefficient and resistivity**

图示

描述已自动生成

图**3** **中文图题3**

**Fig.3 English title 3**

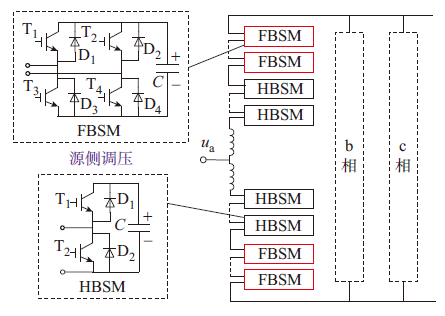
**图表, 折线图

描述已自动生成**

图**4** **中文图题4**

**Fig.4 English title 4**

3）拓扑图如图5所示。



图**5** **中文图题5**

**Fig.5 English title 5**

4）设备照片图如图6所示。

放在正文中展示的实验样机照片要求清晰度较高、模块化、接线规整，背景尽量为浅色，例图如图6所示。若是难以满足上述要求，建议挪至附录展示。



图**6**  **中文图题6**

**Fig.6 English title 6**

## 1.5 公式（变量）要求

公式用MathType编辑（包括独立有编号公式和文字中公式），不接受图片格式公式，也不要将公式放在表格中排版。所有变量在文中（包含在公式、图表中）首次出现需要对其代表的物理意义进行解释。另外，需保证同一变量只能表示一种物理意义。对公式中变量符号的解释应分别对应到各个公式下方首次出现时，而不是将公式统一列出后，最后集中解释。有编号的独立公式中的分式（）采用上下竖排，文字中内嵌公式中的分式采用横排（*x*/*y*）的形式。举例如下：

(1)

式中：*φ*为信号初相角；*f*0为……；Δ*f*为……；为……。

变量的上下角标中若含多个字符需要分隔用“，”，如，不用“.” “-” “（）”等符号；对公式变量的解释统一放在公式后，形式为：“式中：*x*为……”。

公式中的括号一般请在Mathtype中采用键盘括号，不要选择公式符号中的界标形式，只有公式中包含上、下分式形式或求和符号的括号仍选用公式符号中的界标形式。

含矩阵变量公式示例如下：

 （2）

（3）

式中：****为赋权矩阵；和分别表示送、受端电网的决策变量；表示直流线路传输功率变量及直流工程化约束引入的相关辅助变量。

【说明：变量采用单字母变量加上下标的形式，多个字母并列不能作为一个变量，如信噪比SNR在作为变量时建议改为*R*SN。注意区分上下标的正斜体，规则如下：表示量符号和代表变动性数字及点、线、面的字母用斜体，其他表示具体含义的字母用正体；向量、矩阵、矢量加粗显示。】

# 2 分析与讨论

## 2.1 实验结果

正文内容

## 2.2 电阻率随龄期的变化

正文内容

# 3 结论

（1）混凝土电阻率随龄期的增长而增加，氯离子扩散系数随龄期的增长而下降。在提高混凝土电化学性能和抗渗性能方面，矿物掺合料的双掺效果优于单掺。

（2）氯离子扩散系数随电阻率的增大而下降，并呈良好的倒数回归关系，符合能斯特－爱因斯坦方程。氯离子扩散系数随电导率的增加而增加，并呈良好的线性相关关系。

# 参考文献：（标题1）

郑州大学学报（工学版）参考文献一般22篇左右，采用双语文献排版，中文文献须有对应英文文献。作者姓名一律“姓前名后”，姓全大写。中文名仅写出名的首字母并大写，名中间不使用连字符；西方作者的名缩写并大写首字母，不加缩写点。（中文五号宋体，西文用Times New Roman字体，单倍行距）

期刊论文、图书、学位论文、论文集、标准、专利参考文献的格式范例如表4所示。

表**4** 中文表题**4**

**Table 4 English title 4**

|  |  |
| --- | --- |
| 文献类型 | 文献格式 |
| 期刊 | 作者.论文题目[J].刊名，年，卷（期）：起始页码-终止页码. |
| 专著 | 作者.书名[M].出版地：出版社，出版年. |
| 会议论文集 | 作者.论文题目[C]//会议名称，会议月日，年，城市，国家：页码. |
| 学位论文 | 作者.论文题目[D].所在城市：保存单位，年份. |
| 技术标准 | 起草责任者.技术标准名称：标准代号—发布年[S].出版年. |
| 专利 | 申请者.专利名：专利号[P].发布日期如2017-04-01. |
| 技术报告 | 作者.文题[R].地名：责任单位，年份. |
| 报纸文章 | 作者.文题[N].报纸名，出版日期（版次）. |
| 网络版文献 | 作者.文题[文献类别/0L.(上传日期)或者[引证日期].http://网址 |
| 其他 | 作者.文题[Z.出版地:出版者，出版日期 |

【期刊论文】

[1] 谢友均,马昆林,龙广成,等. 矿物掺合料对混凝土中氯离子渗透性的影响[J]. 硅酸盐学报, 2006, 34(11): 1345-1350.

XIE Y J , MA K L, LONG G C, et al. Effect of mineral admixtures on the permeability of chloride ions in concrete[J]. Journal of Silicate, 2006, 34(11): 1345-1350.

[2] 董晓强,白晓红,吴植安,等.电阻率技术在混凝土钢筋锈蚀测试中的应用研究[J]. 混凝土, 2007 (9):9-12.

DONG X Q, BAI X H, WU Z A, et al. Study on the application of resistivity technique in concrete reinforcement corrosion testing[J]. Concrete, 2007 (9): 9-12.

[3] SEMION Z, KONSTANTIN K. Effect of internal curing on durability-related properties of high performance concrete[J]. Cement and Concrete Research, 2012, 42(1): 20-26.

【图书】

[4] 赵卓,蒋晓东.受腐蚀混凝土结构耐久性检测诊断[M].郑州: 黄河水利出版社, 2006.

ZHAO Z, JIANG X D. Diagnosis of durability testing of corroded concrete structures[M]. Zhengzhou: Yellow River Water Conservancy Press, 2006.

[5] 赵卓,赵军.工程结构耐久性[M]. 北京:中国电力出版社, 2012.

ZHAO Z, ZHAO J. Durability of engineering structures[M]. Beijing:China Electric Power Press, 2012.

【学位论文】

[6] 陶成飞. 旋流预混燃烧热声不稳定的动态特性与控制研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2021.

TAO Chengfei. Research on the dynamic characteristics and control of thermoacoustic instability in swirl premixed combustion[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2021.

[7] 杨富涌．扣件式钢管脚手架结构计算方法研究与程序开发[D]．杭州: 浙江大学, 2003

YANG F C. Research on structural calculation method and program development of fastening type steel pipe scaffolding[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2003

[8] WHIFFIN V S. Microbial CaCO3 precipitation for the production of biocement[D]. Perth: Murdoch University, 2004.

【会议论文集】

此条请作者注意，具体格式为：作者. 析出文献题名［C］//原文献题名.出版地（或会议地）：出版者，出版年.起止页码.

[9] CHEN Y, MAO J, HUANG H, et al. Analysis of different graph convolutional network prediction models with spatial dependence evaluation[C]// 2021 IEEE International Intelligent Transportation Systems Conference. Indianapolis: IEEE, 2021: 1780-1785.

[10] GIROOU E M, Computer algebra in scientific computing: CASC 2000[C]//Proceedings of The Shird WorksHop on Computer Algebra in Scientific Computing. Ber--lin:Springer, 2000:99-101．

【标准】

[11] 中国建筑科学研究院.普通混凝土力学性能试验方法标准:GB/T 50081—2002[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2003.

China Academy of Building Science. Standard for mechanical properties of ordinary concrete: GB/T 50081-2002[S]. Beijing: China Construction Industry Press, 2003.

【专利】

[12] 中国科学院电工研究所.一种馈线互联变流器:201410058582.9[P].2014-07-02（专利申请日期）.

Institute of Electrical Engineering Chinese Academy of Sciences. A feeder interconnection converter: 201410058582.9[P]. 2014-07-02.

【在线文献样例】

[13] 国家能源局.2017 年风电并网运行情况［EB/OL］.（2018-02-01）［2020-02-01］.http： //www. nea. gov.cn/2018-02/01/c\_136942234.htm.

National Energy Administration. Description of wind power integration in 2017［EB/OL］. （2018-02-01）［2020-02-01］.https://www.nea.gov.cn/

2018-02/01/c\_136942234.htm.

Correlation Test Between Concrete Resistivity and Chloride Diffusion Coefficient

ZHAO Zhuo1, ZENG Li2, WANG Dongwei2

(1. School of Civil Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. School of Mechanical and Power Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China）

**Abstract:** Resistivity measurement, resistance to chloride penetration and cube crushing strength of mineral admixture concrete is tested to analysis the variation of resistivity and chloride diffusion coefficient with age and the regression relationship between resistivity and chloride diffusion coefficient. Test results show that concrete resistivity increased with the increase of concrete age and chloride diffusion coefficient decreased with the increase of concrete age. The effect of double mixing mineral admixture is better than that of single mixing. Chloride diffusion coefficient increased with the decrease of concrete resistivity and has a good inverse regression relationship with each other.

**Keywords:** concrete; permeability; chloride diffusion coefficient; durability index; correlation

英文摘要要求：1）第一句话不应与文题重复； 2）尽量使用简单句； 3）尽量使动词靠近主语；4）不用第一人称作主语；5）以重要的事实开头，而不以辅助从句开头；6）在有动作主体的情况下，使用主动语态。

英文关键词的内容、数量和顺序，均应与中文关键词相应。缩略语应先写全称再写简称。除专有名词大写以外，一律小写。

1. 收稿日期：2022-10-24；修订日期：2022-12-28

   基金项目：国家杰出青年科学基金资助项目(50925829)；国家自然科学基金资助项目(51078334)

   作者简介：赵×(1970—)，男，河南郑州人，××大学教授，博士，博士生导师，主要从事工程结构研究，E-mail：zzhuo\_99@163.com。

   引用本文：赵×，李×，王××，等. 混凝土电阻率与氯离子扩散系数间的相关性试验[J]. 郑州大学学报(工学版)，2022，43(1):1-7. (ZHAO Z, LI Z, WANG D W，et al . Correlation test between concrete resistivity and chloride diffusion coefficient[J]. Journal of Zhengzhou University (Engineering Science),2022,43(1):1-7.) [↑](#footnote-ref-1)