

---

# 黑板自净的若干解决办法

## 摘要:

黑板自净是通过对清洁黑板的方法进行改变,使得对黑板的清洁变得容易实现,进而利用简便的机械设计对黑板进行高效,且可重复实现的清洁。而黑板清洁区别于原有依靠正压力进行物理摩擦的创新原理主要分为两个大体方向:一是将清洁方法由挤压改为吸附,使得清洁的理论最大效率得到提高;二是通过实现黑板表面的摩擦系数可控变化使得清洁黑板时的工作变得简便易行。由以上两个大方向可最终确定三个黑板自净的解决方案。

## Abstract:

Blackboard self-clean is designed by the method of changing the old way to clean the blackboard, make easy implementation of cleaning the blackboard, and then we could install some simple mechanical designs on the blackboard to clean it effectively and repeatedly . And the new principle of cleaning the blackboard differs from the original idea that rely on positive pressure for the innovation of the physical friction principle mainly divided into two general directions: one is the change the method of cleaning from extrusion to adsorption, makes the theoretical maximum efficiency be improved; another is Controllable friction coefficient on the surface of the blackboard. By implementing the change of blackboard will make work become easy to finish. By the two major directions above we can finally finalized three blackboard self-clean solutions.

关键词: 机械设计 吸附 可控 摩擦系数

---

## 目录

引言 .....	3
1.方案一：静电除尘.....	3
1.1 工作原理： .....	3
结构图： .....	3
吸附轴： .....	3
黑板： .....	3
1.2 工作过程： .....	4
1.3 创意可行性分析.....	4
1.3.1 优点： .....	4
1.3.2 缺点： .....	4
2 方案二：磁性粉笔.....	5
2.1 工作原理： .....	5
2.2 装置设计.....	5
2.3 工作过程： .....	5
2.4 电磁铁材质及规格.....	5
2.4 创意可行性分析.....	5
2.5 方案优劣性分析.....	5
2.5.1 优点.....	6
2.5.2 缺点： .....	6
3 方案三：应电可变粗糙度的黑板.....	7
3.1 工作原理： .....	7
3.2 粗糙度： .....	7
3.2.1 表面粗糙度形成的原因主要有： .....	7
3.3 装置设计： .....	7
3.4 工作过程： .....	7
3.5 创意可行性分析： .....	7
3.6 方案优劣性分析： .....	7
3.6.1 优点： .....	7
3.6.2 缺点： .....	8
4 优劣性综和分析： .....	8
5 致谢.....	9
6 主要参考文献： .....	10

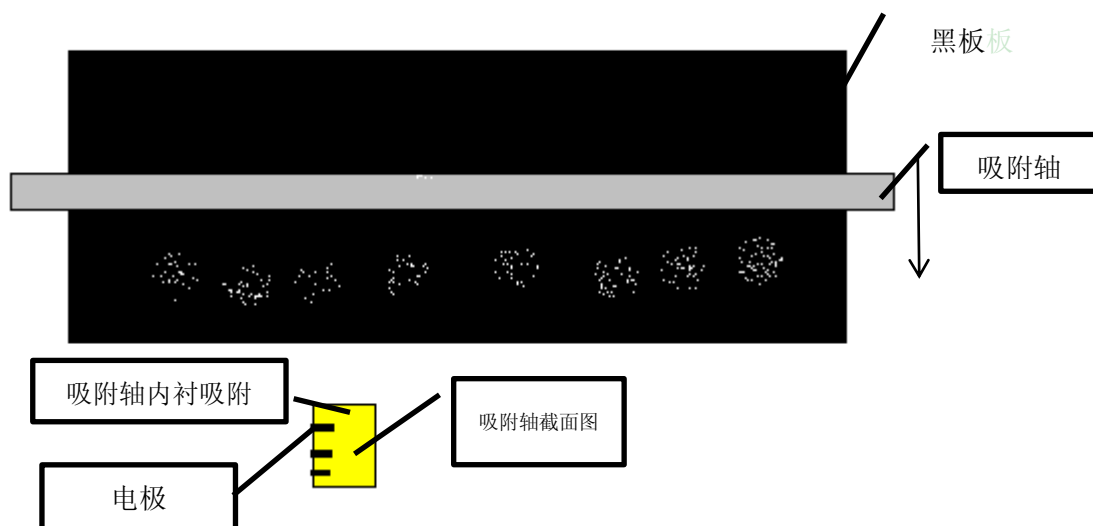
# 引言

黑板作为我们上课时最常使用的一种工具，经常面临的一项问题就是由于其表面粗糙而难以擦净，而一天一次的全面清洁则无法很好满足老师，同学们频繁的上课需求，进而影响听课及授课质量，这时，我们无疑需要一种区别与传统黑板的可自净黑板。黑板自净的设计基于黑板原有结构和使用方法不变的情况下，对黑板清洁的原理进行改进，通过电磁吸引，排斥的常见原理及一些新材料的应用，结合简单机械原理，实现对黑板高效快速可重复实现的清洁，进以满足同学老师的教学需要。对于黑板自净有以下三个设计方案。

## 1.方案一：静电除尘

**1.1 工作原理：**虽然我们经常见到的是工厂等利用静电对粉尘进行吸引，但是考虑到静电吸附吸引轻小物体是由电场引起不带电物体内部电荷重排进而极化引起的，即可考虑在黑板表面加以电压时，黑板将会带上大量静电，由于粉笔粉尘一直吸附于黑板表面，则有可能带上同种电荷而被黑板排斥，而被异种电荷吸引，一些简单易行的关于经典的实验亦佐证了这一点。故可利用这一特点对粉尘进行吸附从而清洁黑板。

结构图：



**吸附轴：**由两部分组成一部分是用于吸收粉尘的内衬吸附材料，应有多孔物质制成，另一部分由电极作为骨架产生电荷。

**黑板：**与普通黑板不同的是表面材料应与内部分开，并通以电极。

---

## 1.2 工作过程：

1. 在黑板表面已覆盖上粉尘时，在黑板表面加以电压，形成静电，此时黑板上的粉尘与黑板已有分离趋势。
2. 在吸附轴上通以反向电压，使其带上相反电荷，并匀速由黑板上端平行向下移动。
3. 黑板表面的粉尘由于电荷排斥而远离黑板，又因为电荷吸引而趋向吸附轴，在二者合力的作用下脱离黑板，飞向吸附轴。
4. 接触到吸附轴后的粉尘将立刻被吸附轴内衬的吸附材料俘获而无法因静电原因逃离
5. 至此，一微小过程的除尘工作已完成。

## 1.3 创意可行性分析

该创意利用了常见的物理原理，并不违背现实，考虑到粉尘与黑板间的摩擦力和粉尘与静电场之间的作用力均属于电磁力，则使依靠电场力摩擦力移动应该也是可行的。且装置并不复杂，所需元件均易购得且价格不会过高，故从以上几方面来讲这一方案是可以实现的。

方案优劣性分析

**1.3.1 优点：**通过吸附粉尘的方法使得清洁变得容易进行，同时也大幅改善了粉尘飘扬引起的后续困难，并且该方案应该可以清理黑板的绝大多数区域而不会留下死角。是的黑板清理的效率可以达到传统方法难以达到的程度。

**1.3.2 缺点：**由于设计中粉尘最终被内衬材料吸附，故内衬将不得不被经常清洗，造成了一定不便。且在黑板上加以电压可能存在一定的危险。另外对于粉尘的吸附效率有待观察。

## 2 方案二：磁性粉笔

**2.1 工作原理：** 由于磁性材料在强磁作用下可以被轻易收集，且磁性材料目前来源，性能都十分广泛而稳定。故可采用磁性材料制作粉笔和收集器进而清洁黑板。

安培力

电流元  $l_1 d\mathbf{l}_1$  对相距  $\mathbf{r}_{12}$  的另一电流元  $l_2 d\mathbf{l}_2$  的作用力  $d\mathbf{f}_{12}$  为：

$$\mu_0 I_1 I_2 d\mathbf{l}_1 d\mathbf{l}_2 \times (\mathbf{r}_{12} \times \mathbf{r}_{12})$$

$$d\mathbf{f}_{12} = 4\pi \gamma_{123}$$

式中  $d\mathbf{l}_1, d\mathbf{l}_2$  的方向都是电流的方向； $\mathbf{r}_{12}$  是从  $l_1 d\mathbf{l}_1$  指向  $l_2 d\mathbf{l}_2$  的径矢。安培定律可分为两部分。其一是电流元  $l d\mathbf{l}$ （即上述  $l_1 d\mathbf{l}_1$ ）在  $\mathbf{r}$ （即上述  $\mathbf{r}_{12}$ ）处产生的磁场为

$$\mu_0 I d\mathbf{l} \times \mathbf{r}$$

$$d\mathbf{B} = 4\pi \gamma^3$$

这是毕萨拉定律。其二是电流元  $l d\mathbf{l}$ （即上述  $l_2 d\mathbf{l}_2$ ）在磁场  $\mathbf{B}$  中受到的作用力  $d\mathbf{f}$ （即上述  $d\mathbf{f}_{12}$ ）为：

$$d\mathbf{f} = l d\mathbf{l} \times \mathbf{B} [1]$$

**2.2 装置设计：** 基本装置与方案一中相同，只是将吸附轴换成磁性较强的电磁铁，黑板表面也无须再进行特殊设计。

## 2.3 工作过程：

在使用掺有磁性材料或用磁性材料制成的粉笔进行书写后，通过具有强磁性的电磁铁对黑板上的磁性粉尘进行吸附，考虑到此法对与粉尘回收率极高，即可在黑板下制作一回收盒，在电磁铁断电时，使磁性粉尘可以全部进入回收盒中，便于回收利用和降低成本。

## 2.4 电磁铁材质及规格

依外形分为 圆柱形，矩形，不规则形三类；

依功能分为 正向（通电吸，断电不吸）与反向两种（通电消磁，断电有磁力）

吸盘电磁铁常用规格有外径：08、09、10、13、15、16、20、25、30、32、34、35、38、40、42、45、49、50、54、59、60、65、70、80、90、100、120、130、150、160、180、200、220、250、300、350、400、450、500、600，高度可按需订制，圆形 方形均可定做。产品功耗最低可达 1.1W，吸力从 0.4kg 到 3000kg 甚至更高，可提供直流交流各种类型特殊结构定做，可订制吸附特殊接触面，如：V 形接触面，球形接触面，弧形接触面（吸附管状产品，异形产品）。

## 2.4 创意可行性分析

由于磁性材料来源广泛，且人造磁铁性能各异且功能稳定，应该可以找到适于制作粉笔的磁性材料。且对粉尘进行高效回收既降低了生产制作成本又符合当今可持续发展的理念，值得推广。并且磁性材料危险性较小，对于课堂内使用较为方便。且不违反任何物理原理，故应具有可行性。

## 2.5 方案优劣性分析

---

**2.5.1 优点：**利用简便的装置实现了对粉尘的高效回收及对黑板的高效清洁，易于应用在教学场所。减轻了粉尘飘扬对于师生身体健康的危害。符合当今的环保理念，利与可持续发展。

**2.5.2 缺点：**磁性材料制作的粉笔可能在使用性能上与普通粉笔有一定差异。而且无法确定粉尘的回收率。

---

## 3 方案三：应电可变粗糙度的黑板

**3.1 工作原理：** 由于物体表面的摩擦力与粗糙度有关，而黑板难以擦净的关键原因之一即黑板粗糙度太大，使得加以正压力后粉尘与黑板间的摩擦力急剧增大，更加难以除去。而通过采用新材料或是新型复合材料，使得黑板表面粗糙度在电流刺激下可变且在撤去外界刺激后能够恢复原状。则可以从根本上解决清洁黑板的问题

**3.2 粗糙度：** 表面粗糙度，是指加工表面具有的较小间距和微小峰谷不平度。其两波峰或两波谷之间的距离（波距）很小（在 1mm 以下），用肉眼是难以区别的，因此它属于微观几何形状误差。表面粗糙度越小，则表面越光滑。表面粗糙度的大小，对机械零件的使用性能有很大的影响。

### 3.2.1 表面粗糙度形成的原因主要有：

- 1) 加工过程中的刀痕；
- 2) 切削分离时的塑性变形；
- 3) 刀具与已加工表面间的摩擦；
- 4) 工艺系统的高频振动。

### 3.3 装置设计：

只需将黑板表面的一侧材料换为上述的新型材料并配以滚轮清理器即可。

### 3.4 工作过程：

1. 在不通电条件下，新型材料制成的黑板与普通黑板保持相似物理性质，即高粗糙度。在此情况下进行板书。
2. 在需要对黑板进行清洁时，对黑板表面新材料进行电刺激，使其粗糙度减小，此时及利用滚轮清洁器对黑板进行清洁，由于黑板摩擦系数极小，故可轻易擦净。
3. 撤去电刺激，是黑板表面回到高粗糙度状态，继续进行书写。

### 3.5 创意可行性分析：

考虑到摩擦力属于电磁力，故应存在表面粗糙度应电可变的材料，或可采用复合材料，使其表面层可应激改变排布进而影响摩擦系数。

考虑粗糙度评定主要考虑轮廓算术平均偏差  $R_a$  和轮廓最大高度  $R_z$ ，只需使该材料的表面组成部分可以应电规则排布即可。

### 3.6 方案优劣性分析：

**3.6.1 优点：** 从根本上解决了黑板难以清洁的问题，时后续清洁工作非常容易实现。且没有

---

任何危险性，效率极高。

**3.6.2 缺点：** 成本可能会略高。

## **4 优劣性综和分析：**

方案一二装置和原理都较简单且易于实现，但难以保证效率。方案三效率较高，但原理实现有难度，成本较高。



---

## 5 致谢

从创意产生到成为一篇完整的论文，很多人都给予了我极大的帮助，再次致以谢意

首先感谢 1201 级吴若邻辅导员对于此次活动的关注以及对于我们的亲切关怀和指导，感谢她在百忙之中抽出时间对每个小组的作品都进行认真的考量和评价指导。

其次感谢我的两位组员，在整个创意产生和付诸实现的过程中，他们都给予了我不可或缺的帮助。

最后感谢的学校及学院的领导为我们创造了这样一个展示和交流创意的平台。

---

## 6 主要参考文献：

GB/T131-2006 产品几何技术规范-技术文件中表面结构的表示方法；

GB/T1031-2009 表面结构-轮廓法-表面粗糙度参数及其数值；

GB/T3505-2009 表面结构-轮廓法-术语定义及表面结构参数。