

沼气——户用沼气池的建池材料

2008/9/20

兰州市生物和医药科技产业办公室 主办
客服电话：0931-8266411
Email: bec@bioenergy.cn
Copyright © 2005-2008 中国生物能源网

目 录

（一）普通黏土砖	2
（二）石材	2
（三）石灰	3
1. 石灰的熟化	3
2. 石灰的硬化	3
3. 块灰的外观检查	3
4. 石灰的等级划分	3
5. 石灰的应用	4
（四）水泥	4
1. 普通硅酸盐水泥	4
2. 火山灰质硅酸盐水泥	5
3. 矿渣硅酸盐水泥	5
（五）普通混凝土	5
1. 混凝土的组成材料	5
2. 建池用混凝土的质量要求	7
（六）砌筑砂浆	8
1. 砂浆的性质	8
2. 砂浆的强度	9
3. 配制砂浆的原材料	10
（七）密封材料	10

户用沼气池的建池材料

目前我国农村建池用材料有：混凝土、水泥、砂浆、砖、料石等。

（一）普通黏土砖

普通黏土砖采用黏土制成砖坯，经干燥、入窑、高温（900~1000℃）焙烧而成的地方性材料。建池用的砖无特殊要求，青砖、红砖、手工砖活机制砖均可使用。普通黏土砖从强度划分为 50、75、100、150、200 号五种。任一项强度指标达不到者，应降低标号使用，50 号砖只限于手工砖使用。其质量符合下列主要技术要求：

几何尺寸：240mm×115mm×53mm

容重：1600~1800kg/ m³；

外观：尺寸应整齐，各平面应平整，无过大翘曲，一般应无裂纹；敲击声脆，断面组织均匀。建池用砖，一般选用 50 号、75 号、100 号三种，其几何尺寸可不受上述限制，但不得用欠火砖。池盖用砖，棱角应完整无缺，否则影响砖筑质量。

（二）石材

在山区、丘陵或盛产石材的地区建造沼气池，可用石材加工成板石或条石砌筑发酵间和出料间。用于建造沼气池的石料，多选用组织紧密、均匀、无裂纹、无风化活弱风化的砂岩和石灰岩易于加工。

石材的抗压强度是用 5cm×5cm×5cm 的立方试件用标准试验方法所得的抗压极限强度。按抗压强度，石材的标号划分为 100、150、200、300、400、500、600、800、1000 共 9 种。抗压强度的大小取决于岩石的矿物成分，结晶粗细，胶结物质的种类及均匀性、荷重与节理方向等因素。

用于建造沼气池的石材有耐水性要求。石材的耐水性，用软化系数表达（石材浸入水中后的抗压强度和干燥状态下的抗压强度比值称为石材软化系数）。高耐水性的石材，软化系数大于 0.9；中耐水性者，软化系数为 0.7~0.9；低耐水性者为 0.6~0.7。用于沼气池的石材，一般取软化系数为 0.7~0.9，已能保证建池质量。

（三）石灰

石灰是由石灰岩经高温煅烧而成。凡含氧化镁小于 7%的称为钙石灰，大于 7%的为镁石灰。

1. 石灰的熟化

施工现场，石灰在使用前，一般都浇一定数量的水，使之熟化。熟化后的石灰称为熟石灰或消石灰，其主要成分时氢氧化钙。

熟化过程中加少量水，生成粉状熟石灰，随着加水量的增加，则成石灰膏或石灰浆。

石灰熟化的速度与石灰岩的成分和煅烧质量有关。过火石灰的表面有玻璃状硬壳，不但熟化速度慢，而且未熟化颗粒也多。当石灰未彻底熟化前用于混凝土或砂浆中，由于它能继续熟化，体积膨胀导致混凝土发生裂缝或局部脱落，危害很大。欠火石灰中心有石灰石硬块，熟化后往往渣子较多。钙质石灰熟化速度较镁质快，施工现场适于采用。

2. 石灰的硬化

石灰的硬化包括以下两种反应。

由于石灰浆内水分的蒸发，使氢氧化钙从饱和溶液中析出胶体，以后又从胶体转化为结晶体，这一过程称为石灰的结晶。

在表面与空气相接触的氢氧化钙吸收空气中的碳酸气（二氧化碳）生成碳酸钙。这一过程称为石灰的碳化。

由于空气中碳酸气（二氧化碳）含量稀薄，又由于面层结成的碳酸钙薄层阻碍碳酸气的深入也阻碍内部水分的蒸发，因此，石灰的硬化速度是相当缓慢的。

3. 块灰的外观检查

块状生石灰、碎屑、粉末越少越好，一般不得超过总重的 30%；煤渣、石屑等杂质含量不得大于 8%。过火、欠火块灰要少。

4. 石灰的等级划分

石灰的活性、产浆量及未熟化颗粒含量是划分石灰等级的依据。

活性：以氧化钙和氧化镁的含量表示，含量越多，活性越高、质量越好。活性用化学分析法测定。

产浆量：以每千克石灰产浆的升数表示。欠火、过火或杂质含量过多的石灰，其产

浆量都较低。

未熟化颗粒含量：指石灰中不能熟化的渣子（干重）所占的百分比。未熟化颗粒越多的石灰，其质量越差。

5. 石灰的应用

在建造沼气池的工程中，熟石灰被用作砌筑砂浆和密封砂浆的改性材料。石灰掺入水泥砂浆中可以增加砂浆的韧性、保水性、和易性。必须指出，由于石灰是气硬性材料，又能溶解于水，而埋设在地下的沼气池长期处于潮湿环境，因此，石灰不得单独作为胶凝材料建造沼气池，而且，即使石灰作为改性材料用于砂浆中，也应加以控制。使用过程中，石灰膏应过筛，消除石灰膏中未熟化的颗粒，否则将造成隐患。

（四）水泥

建池用水泥有普通硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥和矿渣硅酸盐水泥。

1. 普通硅酸盐水泥

普通硅酸盐水泥的主要矿物成分分为四种。

（1）铝酸三钙

水化速度最快，水化时放热量最高，硬化时体积收缩也最大，强度的发展是早期快而不高，后期强度却有下降趋势。如果这种成分在水泥中含量过多，会使水泥很快变硬，产生急凝，无法施工。这种矿物占水泥总重的 7%~15%。

（2）硅酸三钙

水化速度较快，体积收缩较小，水化时放热量及放热速度次于铝酸三钙，强度发展也较快，且不断增长，是决定硅酸盐水泥强度的主要成分，这种矿物占水泥总重的 37%~60%。

（3）铁铝酸四钙

水化速度也很快，仅次于铝酸三钙，其早期强度发展较慢，后期强度发展较快，体积收缩较大，这种矿物成分占水泥总重的 10%~18%。

（4）硅酸二钙

水化速度、水化放热与体积收缩都最慢、最低和最小。强度发展是早期较慢、后期较快，时保证水泥后期强度的主要成分。这种矿物占水泥总重量的 15%~37%。

普通水泥的硬化，水泥加入适量的水，调整塑性浆体，产生物理、化学反应，浆

体逐渐变浓、失去塑性，称为初凝。随着时间的延长，达到开始具有强度时称为终凝。终凝后继续增长称为硬化。凝结和硬化总称为硬化过程。

由此，水泥硬化过程也就是水泥颗粒与水作用的过程，故水泥的凝结与硬化速度与下述主要因素有关：①水泥颗粒的矿物组成。铝酸三钙和硅酸三钙含量大的水泥，凝结硬化快；②水泥的细度。水泥颗粒越细，总表面积越大，与水接触面积越大，则水化越快，凝结硬化也越快；③硬化时的温湿度。湿度越大温度越高，则水化越快，凝结硬化也越快。反之，凝结硬化越慢，温度低于 0℃，凝结硬化停止；④水泥中加水的比例：加水太多，水泥并不能马上吸收，反而变稀，增大颗粒间距，凝结硬化减慢。

2. 火山灰质硅酸盐水泥

火山灰水泥的抗蚀性和抗水性都较强，可用于地下、水中及有侵蚀的工程。水化热低；在常温下，凝结硬化较慢，但在较高温度（75~85℃）和较高湿度（相对湿度 95%~100%条件下）强度发展较快；低温时，强度增长很慢，故不宜低温（8℃以下）施工。硬化时需水量多，应保持充分的温湿度。

3. 矿渣硅酸盐水泥

矿渣水泥的主要性质与火山灰质水泥相似，故使用范围及应用特点也与它基本相同。但其抗蚀性和耐水性普通水泥好而次于火山灰质水泥，矿渣水泥的泌水性加大而耐热性较好。

（五）普通混凝土

1. 混凝土的组成材料

（1）水泥

①品种选择。沼气池内发酵液的 pH 值一般为 7~8，故水泥可采用一般水泥的任何品种。但地下水含硫酸盐类、碳酸盐类等有害物质超过规定值时，对普通水泥有腐蚀作用，应选用矿渣水泥或火山灰质水泥。

②标号的选择。中小型沼气池的池墙和圈梁所用的混凝土标号一般均在 200 号以下，故水泥号一般选用 325、425 号，不需采用高标号水泥。

（2）细骨料

在混凝土中凡粒径为 0.15~0.5mm 的骨料称为细骨料。一般以天然砂（包括河砂、

海砂、山砂)为细骨料。

砂的质量要求：砂的有害杂质含量：a. 含泥量不应超过砂重的 3%；b. 云母含量不超过砂重的 3%；c. 硫化物及硫酸盐：折成三氧化硫不应大于砂重的 1%；d. 有机杂质：有机杂质一般以比色法测定其含量，规定在砂的样品上部的氢氧化钠溶液的颜色不得深于标准的淡黄色。

有害杂质含量多而又必须使用时，可用清水或石灰水冲洗，并重做试验。如其合格，即可使用。

砂的颗粒粗细和级配：在混凝土拌合物中，水泥浆包裹在砂粒表面并填充砂粒间的空隙。因此，当砂的总表面积小和空隙率小时，所需的水泥浆就少。这不但能节省水泥用量，且由于水泥浆的中间层薄，游离水相对减少，黏结力得以发挥，混凝土的强度耐久性及其技术性得以提高。

为了使砂的总表面积和空隙率减少，就需要具有优良的级配砂和按具体情况选择较粗的砂。

砂的颗粒级配指砂中各级颗粒的搭配关系。优良的颗粒级配则是指砂的大小颗粒搭配已经使砂的空隙率达到了最小的程度。

砂的级配以筛分法测定，标准筛的孔径分别为 5、2.5、1.2、0.6、0.3、0.15mm。砂的颗粒粗细，经细度模数表示。细度模数在 2.5 以上者为粗砂，在 1.8~2.5 者为中砂，1.8 以下者为细砂。

砂的选择，首先选用中砂和粗砂。如当地无粗砂和中砂，只有细砂时，则须控制混凝土的砂率及用水量，以降低水泥用量。

(3) 粗骨料

在混凝土中，凡粒径大于 5mm 的骨料称为粗骨料，粗骨料一般采用卵石和碎石。

卵石的质量要求：有害物质含量，含泥量不应大于 2%；有机物质含量用比色法测定，应不深于标准色；硫化物及硫酸盐含量，以三氧化硫计，不应大于 1%。

颗粒粗细和级配：卵石的颗粒级配用筛分法测定。标准筛的孔径分别为 80、40、20、10、5mm 的圆孔筛。级配好的卵石，空隙率小，容重大。此外，针片状颗粒含量不应大于 15%；软弱颗粒含量不应大于 10%。

碎石：碎石的强度应大于混凝土强度的 1.5 倍，其质量要求与卵石相同。碎石的优点时原岩强度均匀，表面粗糙，与水泥浆结合力强，较纯洁；其缺点是混凝土的和易性小，施工时不如卵石那样易于浇灌和捣实。但对石子的选择，必须根据就地取材、经济

合理的原则，综合考虑。

(4) 水

一般用饮用水（如自来水、井水、河水）拌合混凝土。其它如泉水、沼泽水、海水等可能含有对水泥有害的物质，应当通过化学分析以检验其酸碱度、硫化物等，也可以用质量好的水做混凝土强度的对比试验，如结果一致，即可使用。

2. 建池用混凝土的质量要求

建造沼气池的混凝土，应考虑混凝土拌合物的和易性和强度，其它如混凝土的抗渗性、抗冻性、耐热性以及胀缩性等也应符合有关要求。

(1) 混凝土拌合物的和易性是指混凝土拌合物在保证质地均匀，各组成成分不离析的条件下，适于施工要求的综合性质。

和易性好的混凝土拌合物，易于搅拌均匀；浇灌时不发生离析、泌水现象；捣实时，有一定的流动性，易于充满模板，也易于捣实，使混凝土内部质地均匀致密，强度和耐久性得到保证。

由于施工要求的不同，混凝土可分为塑性混凝土和干硬性混凝土，其和易性以坍落度或工作度表示。对于塑性混凝土，可用坍落度测定。对于低流动性或干硬性混凝土用工作度来测定。

(2) 混凝土的强度

混凝土强度的主要指标为抗压强度。混凝土拌合物用 $20\text{cm} \times 20\text{cm} \times 20\text{cm}$ 的立方体试模成型，在标准条件下（温度 $20^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 、相对湿度 90% 以上）养护 28 天进行抗压试验，以所得强度 (N/cm^2) 划分等级（标号）。

混凝土抗压强度，除与粗、细骨料的质量有关外，水泥标号、水灰比、养护龄期、养护温度以及密实度等与混凝土强度有很大关系。

水泥标号和水灰比是影响混凝土强度的主要因素。当其他条件相同时，水泥标号越高，则混凝土强度越高；水灰比越大，则混凝土强度越低。实验表明，当水泥、粗细骨料相同的条件下，混凝土 28 天的抗压强度与水灰比的关系是非线性的，但为了计算方便，多采用直线关系。

普通混凝土，在无外加剂而又标准养护的条件下，其强度的增长时初期快，后期缓慢。混凝土 7 天龄期的强度为 $5.88 \sim 6.86 \text{ N}/\text{cm}^2$ 、28 天为 $9.807 \text{ N}/\text{cm}^2$ 、3 个月为 1.25

N/cm^2 、6 个月为 $1.5 \text{ N}/\text{cm}^2$ 、1 年为 $17.16 \text{ N}/\text{cm}^2$ 、2 年为 $19.6 \text{ N}/\text{cm}^2$ 、4~5 年为 $22.07 \text{ N}/\text{cm}^2$ ……

(3) 养护温度、湿度与混凝土强度的关系

水泥硬化时，在水分充足的情况下，温度越高、混凝土强度发展越快；当水分不足，湿度高时，混凝土强度发展缓慢，甚至停止。当混凝土的养护温度低时，强度发展变慢，到零度时，硬化不但停止，还可能因结冰膨胀导致混凝土强度降低或破坏。

(4) 混凝土捣实与强度的关系

浇灌混凝土时，必须充分捣实。机械振捣，最宜于干硬性和低流动混凝土施工。对流动性骄傲大的混凝土拌合物，应注意掌握振捣时间，如其振捣时间过长，往往产生泌水或分层，使混凝土质量不均，强度降低。

(5) 混凝土的配合比

配合比设计，在于正确选择混凝土各组成材料的用量，以满足设计与施工要求。目前，一般采用理论计算与试验相结合的简易方法。

在实际运用时，以最常见的建池材料为例，配制 150 号混凝土时，水、325 号水泥、中砂、碎石的重量比一般为 0.65: 1: 2.34: 4.53；配制 50 号混凝土时，水、石灰粉、325 号水泥、砂、石的重量比一般为 1: 1: 1: 3.76: 8.77。

(六) 砌筑砂浆

砂浆由胶凝材料、细骨料和水调制而成。砌筑沼气池砂浆常用水泥砂浆。池盖部位由于施工的需要加少量的石灰膏。

1. 砂浆的性质

砂浆的组成材料经充分拌合，在初凝前应具有良好的和易性，使其不仅在运输和施工过程中拌合物不宜产生分层、析水现象，而且易于在砖、石或砌块面上铺成均匀的薄层，能与地面很好的黏结，既能保证工程质量，也能提高劳动生产率。和易性不良的砂浆施工困难，强度、密实度和耐久性能都较差。砂浆的和易性以流动性和保水性表示。

流动性：砂浆的流动性亦称稠度，是用标准圆锥体在砂浆内的沉入深度表示，以厘米为单位。

保水性：保水性是指砂浆拌合后经过运输到使用，砂浆分层离析快慢的性质。

2. 砂浆的强度

砂浆的强度以抗压极限强度为主要指标，即以每边长为 7.07cm 的立方体试块，在温度为 20℃±3℃、相对湿度 90%以上、室内不通风处养护 28 天后的平均抗压极限强度，定为砂浆的标号。砌筑沼气所用砂浆的标号常用 50、75 两种。

当砂浆用于砖上时，砂浆中的水大部分被砖石所吸收，但砂浆具有一定的保水能力，当水泥用量不变时，即使用水量改变，最后砂浆中的水灰比仍基本不变，所以砂浆强度主要取决于水泥活性和水泥用量。水泥用量、水泥标号和砂浆强度之间的关系如下表：

水泥用量、水泥标号和砂浆强度之间关系表

Q_c 水泥	R_c 水泥标号										
	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500
	R_s 砂浆										
100	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
110	17	18	20	21	22	23	24	25	26	27	29
120	19	21	22	23	25	26	27	28	30	31	32
130	22	23	25	26	28	29	31	32	33	35	36
140	24	26	28	29	31	33	34	36	37	39	41
150	27	29	31	32	34	36	38	40	41	43	45
160	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
170	33	35	37	39	41	44	46	48	50	52	55
180	36	38	40	43	45	48	50	52	55	57	60
190	39	41	44	47	49	52	54	57	59	62	65
200	42	45	48	50	53	56	59	62	64	67	70
210	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
220	49	52	55	58	62	64	68	72	75	78	81
230	53	56	59	63	66	70	73	77	81	84	87
240	56	60	64	68	71	75	79	82	86	90	94
250	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
260	64	68	72	77	81	85	90	94	98	102	106

户用沼气池的建池材料

270	68	73	77	82	86	91	95	100	105	109	113
280	72	77	82	87	91	96	101	106	110	115	120
290	76	82	87	92	97	102	107	112	117	122	128
300	81	86	92	97	102	108	113	119	124	130	135

注： Q_c ——砂浆中水泥用量， kg/m^3 ； R_s ——砂浆养护 28 天的强度， kg/cm^2 ； R_c ——水泥标号。

对砌体来说，砌体抗压强度主要取决于砌筑材料（如砖石、砌块）的强度。试验表明，砂浆强度变化 30%~40%，相应的砌体强度变化为 5%~7%。

3. 配制砂浆的原材料

(1) 水泥

用于砂浆中水泥品种一般为普通水泥，水泥的标号一般为砂浆标号的 4~5 倍较为适宜。如不能达到此要求时，为了满足砂浆拌合物的和易性，可在砂浆中掺入掺和料，常用的掺和料为石灰膏。这样配制的砂浆即为混合砂浆。

(2) 砂

砂浆常用天然砂，有时也用炉渣砂，砂的最大粒径不应大于 1/5~1/4 灰缝厚度。用于砖砌体，不能大于 0.25mm。砂子中的有害物质含量，黏土及尘灰含量为 100 号以上的砂浆不应超过 5%；25~50 号砂浆，不应超过 10%使用不洁净的砂，必须增加搅拌时间，以除去包围的砂粒表面的黏土层。硫化物（折合三氧化硫计）含量不应大于 2%。有机物的含量，用比色法鉴定，不应超过标准色。

(3) 水

凡可饮用的水，均可拌制砂浆。

(七) 密封材料

作为人工制取沼气的厌氧密闭发酵装置十分重要的是要求沼气池不漏水、不漏气。而目前沼气池的结构层大部分采用混凝土、砖、石等建筑材料，这些材料均存在相当数量的毛细孔道，因此，必须在结构层上罩以密封层，以确保使用要求。

对于密封材料除上述两大基本要求以外，还要求具有良好的耐腐蚀性、韧性、黏结性、耐久、耐温、耐磨等性能，且需收缩量小、极限延伸变形大、施工简便、成本低等。

目前，我国农村家用沼气池密封材料采用水泥砂浆及石蜡两种材料。试验和实践证

明，只有掌握要领、精心施工，沼气池的抗渗漏性能均能满足使用要求及检验标准（沼气池昼夜漏气量不大于 3%）。

应该注意，上述密封材料均属于干脆性材料，延生性能是比较差的。所以，我国有关部门正在研究性能更为良好且经济的密封材料。