

脱硫石膏配制胶结材和混凝土的研究

谭平¹, 刘家祥¹, 张正文²

(1. 北京化工大学化工资源有效利用国家重点实验室, 北京 100029;

2. 武汉钢铁集团矿业有限责任公司乌龙泉矿, 湖北 武汉 430213)

摘要:以脱硫石膏、水泥、石子、砂子、外加剂为原料配制胶结材和混凝土,并研究了所配制的胶结材和混凝土的性能。结果表明:脱硫石膏经过烘干、筛分后,与水泥、高效减水剂混合能够作为胶凝材料。用脱硫石膏替代10%水泥配制成胶砂,其抗压、抗折强度均满足P. O42. 5水泥的强度指标要求,凝结时间及安定性合格;采用脱硫石膏替代30%水泥,添加减水剂配制成混凝土,其强度满足C30混凝土指标要求,抗渗性能达到P12抗渗等级要求。本研究结果如果能够实施,既可以大量利用脱硫石膏,又可以解决环境污染。

关键词:脱硫石膏; 胶结材; 混凝土; 抗压强度; 抗折强度

中图分类号:X773 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2008)05-0043-04

1 前言

工业废渣的合理利用是国民经济可持续发展、构建节约型社会的一项重要内容,环保型高效胶结材的开发与利用是当今国际上混凝土技术发展的趋势之一^[1]。脱硫石膏是石灰石-石膏湿法脱硫工艺产生的副产物^[2]。2006年底全国有400家火力发电厂完成了脱硫项目改造,每年有约800万t烟气脱硫石膏产出,加上其他行业的烟气脱硫石膏,到2010年,脱硫石膏的产量将达到2000万t。脱硫石膏堆放不仅要占用大量的土地,而且污染环境,如果不能很好处置和综合利用,很可能要超过烟气未脱硫的污染程度^[3]。目前,利用脱硫石膏生产纸面脱

硫石膏板、纸面脱硫石膏砌块^[4],或作为生产水泥的辅料^[5]、粉煤灰的活性激发剂^[6]、农田土壤的改良剂^[7]和道路基层材料^[8]的研究较多,但利用脱硫石膏配制混凝土的研究却鲜有报道。本文以武汉钢铁集团公司自备电厂的脱硫石膏、水泥、石子、砂子、外加剂等物料为原料配制胶结材和混凝土,并研究了所配制的胶结材和混凝土的性能。

2 实验

2.1 实验原料

实验原料主要有脱硫石膏、水泥、石子、砂子和外加剂等,脱硫石膏的化学成分分析结果见表1。

将脱硫石膏烘干、筛分后作为实验用物料。经

表1 脱硫石膏的化学成分/%

附着水	结晶水	酸不溶物	烧失量	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO
0.64	18.70	5.15	22.49	28.75	0.22	0.29	2.5	<0.004
TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	SiO ₂	F	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl ⁻	F
0.06	0.1	0.065	4.41	0.34	0.054	42.89	—	0.34

LS-POP(Ⅲ)型激光粒度分析仪测试,脱硫石膏粉料最大粒径为86.1μm,平均粒径为5.94μm。脱硫石膏的放射性检测表明符合建筑主体材料指标要求。采用拉法基瑞安P. O42. 5水泥,北京怀柔朝白河的中砂、碎石,减水剂作为外加剂。

2.2 实验方法

采用脱硫石膏粉料、水泥、减水剂分别进行了0%、10%、15%脱硫石膏替代水泥的水泥胶砂强度实验。

水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性按照

收稿日期:2008-03-26; 改回日期:2008-06-17

作者简介:谭平(1975-),女,讲师,硕士研究生。

《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》(GB/T1346-2001)进行,标准稠度用水量采用调整用水量方法,拌和水量按经验找水。

采用脱硫石膏粉料、水泥、中砂、碎石和减水剂,进行了脱硫石膏替代0%、10%、15%、20%、25%和30%水泥的混凝土强度实验。

选取混凝土强度实验中的配合比,按照GBJ82-85进行混凝土的抗渗性能实验。

3 实验结果与分析

3.1 脱硫石膏替代部分水泥的水泥胶砂强度实验结果与分析

脱硫石膏替代0%、10%和15%水泥时,不同外加剂掺量的胶砂试样3d和28d的抗压、抗折强度测试结果见表2。

从表2可知,当脱硫石膏替代水泥0%时,外加

表2 脱硫石膏替代0%、10%和15%水泥的胶砂试样抗压、抗折强度

编 号	3d 强度/MPa		28d 强度/MPa	
	抗压	抗折	抗压	抗折
JS-W0-C0	28.6	5.8	57.0	9.6
JS-W0.6-C0/10/15	31.6/30.0/25.3	5.4/4.7/4.1	52.9/42.7/36.8	7.8/6.5/5.8
JS-W0.8-C0/10/15	30.5/27.0/24.6	4.9/4.6/4.4	49.7/42.5/35.8	7.4/6.6/6.1
JS-W1.0-C0/10/15	30.6/30.1/27.5	4.8/4.6/4.4	53.3/43.6/39.3	7.4/6.7/6.0
P.042.5	16.0	3.5	42.5	6.5

注:JS-W0-C0表示胶砂试样—外加剂掺量0%—脱硫石膏替代水泥量0%,其余与此类同。

剂不同添加量的胶砂3d和28d抗压、抗折强度都远高于强度标准要求。当脱硫石膏替代水泥10%时,外加剂各种添加量的胶砂3d和28d抗压、抗折强度均高于P.042.5水泥强度要求。当脱硫石膏替代水泥15%时,外加剂不同添加量的胶砂28d强度均不能达到P.042.5水泥的标准要求。

由此可见,随着脱硫石膏替代水泥量增大,胶砂

强度值减小。脱硫石膏替代水泥量的最佳方案为替代10%水泥,同时使用1.0%的外加剂。

3.2 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性实验结果及分析

标准稠度用水量、凝结时间、安定性实验测定结果列于表3中。

从表3可知,当脱硫石膏替代水泥量为10%~

表3 水泥净浆标准稠度用水量、凝结时间、安定性实验测定结果

编 号	标准稠度用水量 /%	凝结时间/h: min		安定性(雷氏法)		结论
		初凝	终凝	(C-A)值		
JJ-C0	27.2	2:48	3:36	C1-A1=1.0mm	C2-A2=1.0mm	合格
JJ-C10	26.9	3:15	4:06	C1-A1=1.0mm	C2-A2=0.5mm	合格
JJ-C15	26.8	3:20	4:15	C1-A1=1.5mm	C2-A2=0.5mm	合格
JJ-C20	26.7	3:52	4:44	C1-A1=1.0mm	C2-A2=1.0mm	合格
JJ-C25	26.8	4:16	4:59	C1-A1=0.5mm	C2-A2=1.0mm	合格
JJ-C30	26.9	4:21	5:02	C1-A1=1.5mm	C2-A2=2.0mm	合格

注:JJ-C10表示净浆—脱硫石膏替代水泥量10%,其余类同。

30%时,其净浆凝结时间均同时满足初凝时间不得早于45min,终凝时间不得迟于10h的要求,净浆安定性全部合格;并且随着脱硫石膏替代水泥量增大,净浆的初凝时间和终凝时间延长,标准稠度用水量略有增加。

由于脱硫石膏粉末颗粒很细,掺加后增加了净浆的标准稠度用水量。同时掺加脱硫石膏后,降低

了水泥浆的粘结力,导致凝结时间延长。

3.3 脱硫石膏替代部分水泥的混凝土强度实验结果及分析

混凝土强度实验配合比见表4,部分实验结果见表5。

从表5可知,不添加外加剂和脱硫石膏时配制的混凝土工作性过低,无法正常施工。

表4 混凝土配合比

编号	胶凝料/kg	水泥/kg	水胶比	水/kg	砂子/kg	石子/kg	外加剂/%	脱硫石膏/%
1	440	440	0.41	180.4	830	1002	0~1.0	0
2	440	396	0.41	180.4	830	1002	0.6~1.0	10
3	440	374	0.41	180.4	830	1002	0.6~1.0	15
4	440	352	0.41	180.4	830	1002	0.6~1.0	20
5	440	330	0.41	180.4	830	1002	0.6~1.0	25
6	440	308	0.41	180.4	830	1002	0.6~1.0	30

注：1号外加剂的添加量分别为0%、0.6%、0.8%、1.0%；2至6号外加剂的添加量分别为0.6%、0.8%、1.0%；胶凝材料的质量指水泥和脱硫石膏的质量之和。

表5 脱硫石膏替代0%、25%和30%水泥的混凝土试样强度

编 号	塌落度 /mm	抗压强度/MPa			
		3d	7d	28d	60d
HNT-W0-C0	0	43.3	52.2	63.6	64.7
HNT-W0.6-C0/25/30	130/186/162	30.3/22.1/17.4	45.9/24.2/24.2	53.2/31.7/30.2	54.9/34.3/32.7
HNT-W0.8-C0/25/30	132/200/183	26.8/22.1/18.3	40.5/22.4/25.9	56.2/30.4/30.3	59.0/31.6/34.0
HNT-W1.0-C0/25/30	171/218/192	28.0/21.2/23.6	42.9/25.0/27.2	59.6/30.4/36.8	61.8/33.7/42.2

注：HNT-W0-C0表示混凝土—外加剂添加量0%—脱硫石膏替代水泥量0%，其余与此类同。

用脱硫石膏替代30%水泥、添加一定量外加剂的混凝土，具有低水胶比、高工作性的特点；混凝土不离析、不泌水、粘聚性好、施工性能好。对于外加剂不同添加量的混凝土试样，强度有所不同，但养护28d所有试样的抗压强度值都超过C30混凝土强度指标要求。

3.4 脱硫石膏配制混凝土的抗渗性能实验结果及分析

分别选取表4中的5号和6号试样（外加剂添加量1.0%），依据GBJ82-85实验方法，测定混凝土的抗渗性能。结果表明所做试样均符合P12抗渗等级要求。

3.5 水泥胶砂和混凝土的XRD分析

采用日本Rigaku D/max-2500型X射线衍射仪对制备的不同龄期水泥胶砂和混凝土试块进行了XRD分析，其结果如图1、图2所示。

结果表明：脱硫石膏—水泥复合胶凝材料的水化产物主要是C-S-H凝胶、钙矾石及二水硫酸钙。

脱硫石膏在水化过程中，不仅对水泥能起到硫酸盐激发作用，并且会与水泥水化生成的Ca(OH)₂及少量活性Al₂O₃反应生成高硫型水化硫铝酸钙，即钙矾石；而大量未水化的脱硫石膏微粒则充分发挥微集料效应，分散在水泥浆体中，不仅有助于新拌

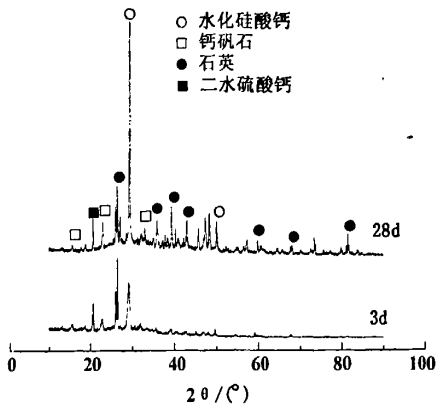


图1 胶砂JS-W1.0-C30试样的XRD图谱

和硬化混凝土均匀性的改善，而且有助于混凝土中孔隙和毛细孔的充填和“细化”；同时C-S-H凝胶和钙矾石相互交错，包裹住作为微集料的脱硫石膏微粒，这就使得脱硫石膏—水泥复合胶凝材料硬化体结构变得更加致密，具有较高的机械强度和耐水性。此外，加入脱硫石膏后减少了水泥用量、降低了水化热，有助于减少因热应力而导致混凝土的微裂纹，进一步提高了混凝土的抗渗性^[9]。

4 结 论

1. 脱硫石膏、水泥、减水剂混合后能够作为胶凝

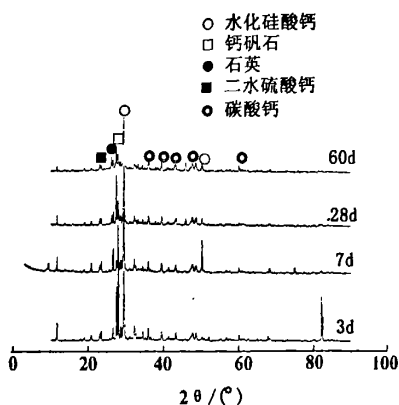


图2 混凝土 HNT-W1.0-C30 试样的 XRD 图谱

材料,随着脱硫石膏替代水泥量的增大,胶砂强度值减小,净浆的初凝时间和终凝时间延长,标准稠度用水量略有增加。用脱硫石膏替代 10% 水泥、添加 1.0% 减水剂的水泥胶砂,其抗折、抗压强度均满足 P. O42.5 水泥的强度指标要求,凝结时间及安定性合格。

2. 脱硫石膏、水泥、中砂、碎石、减水剂混合后可以配制性能合格的 C30 混凝土,随着脱硫石膏替代水泥量的增大,混凝土强度值减小。采用脱硫石膏替代 30% 水泥、添加 0.6% ~ 1.0% 减水剂配制的混凝土,其强度满足 C30 混凝土强度指标要求,抗渗性能满足 P12 抗渗等级要求;并且所配制的混凝土

具有不离析、不泌水、粘聚性好、低水胶比、高工作性的特点。

3. 用脱硫石膏配制的混凝土,其工作性、强度均满足建筑工程及道路工程建设要求。该工艺既可以大量利用脱硫石膏,又可以解决环境污染。

参考文献:

- [1] 刘振东,刘家祥,雷文,等. 废渣黄石膏配制胶结材和混凝土的研究[J]. 矿产综合利用, 2007(5): 39 ~ 42.
- [2] 石懿,杨培岭,张建国,等. 利用 SAR 和 pH 分析脱硫石膏改良碱(化)土壤的机理[J]. 灌溉排水学报, 2005, 24(4): 5 ~ 8.
- [3] 刘红岩,施惠生. 脱硫石膏的应用技术研究现状和典型工艺[J]. 矿冶, 2006, 15(6): 56 ~ 60.
- [4] 尹维新,洪彩霞. 烟气脱硫石膏的基本性能分析及应用发展[J]. 应用技术, 2006(11): 64 ~ 66.
- [5] 成先红,张梅. 脱硫石膏在我国推广应用的技術和市場前景分析[J]. 矿冶, 1999, 8(4): 68 ~ 72.
- [6] 周玉华,张印,李强. 加强測量管理提高貫通質量[J]. 山东煤炭科技, 2000(4): 53 ~ 54.
- [7] 王方群,原永涛,齐立强. 脱硫石膏性能及其综合利用[J]. 粉煤灰综合利用, 2004(1): 41 ~ 44.
- [8] 陈云嫩,王海宁. 烟气脱硫石膏利用新途径[J]. 矿业安全与环保, 2002, 29(3): 34 ~ 35.
- [9] 刘娟红,宋少民. 粉煤灰和磨细矿渣对高强轻骨料混凝土抗渗及抗冻性能的影响[J]. 硅酸盐学报, 2005, 33(4): 528 ~ 532.

The Research on Preparation of Binding Material and Concrete with Desulphurization Gypsum

TAN Ping¹, LIU Jia-xiang¹, ZHANG Zheng-wen²

(1. Beijing University of Chemical Technology, Beijing, China;

2. The Wulongquan Iron Mine of Mineral CO. WISCO, Wuhan Hubei, China)

Abstract: The binding material and concrete are prepared by desulphurization gypsum, cement, stone, sand and admixture. The performances of the binding material are studied in the paper. The experimental results showed that it is absolutely feasible to prepare binding material by using cement, desulphurization gypsum and superplasticizer after drying and screening of desulphurization gypsum. The binding material was prepared by adding desulphurization gypsum replacing 10 percent cement and superplasticizer. the cement micellae compressive and bending strength of the binding material can meet the standard requirements of P. O42.5 and the binding material's set time and soundness are up to standard. The concrete was prepared by adding desulphurization gypsum replacing 30 percent cement and superplasticizer. The concrete's strength is up to standard of the C30 concrete, and its impermeability meets the requirements of P12. Implementation of the research result can not only massively use waste sludge desulphurization gypsum but also solve environmental pollution.

Key words: Desulphurization gypsum; The binding material; Concrete; Compressive strength; Bending strength