

# 改性剂对水泥乳浆性能的影响

岳学军<sup>1</sup>, 沈树兵<sup>2</sup>, 郭锋伟<sup>1</sup>

(1. 河南省高远公路养护技术有限公司 新乡市 453000, 2. 新乡市隆基房地产发展有限公司)

**摘 要:** 水泥灌浆沥青混凝土是半柔性沥青路面常用的一种形式。为了研究改性剂对水泥乳浆性能的影响, 选择了 4 种改性剂对水泥乳浆进行改性。通过对改性水泥乳浆稠度、力学指标以及干缩试验的分析和对比, 发现不同改性剂对水泥胶浆的作用是不同的, 不合理的改性剂反而会使水泥胶浆的强度降低。合理的改性剂对水泥乳浆干缩系数的影响最大, 改性后和改性前的干缩系数相差达 2~3 倍。改性后水泥乳浆的力学特性也能得到相应的改善。在实际应用中, 稠度可以作为判别改性剂优劣的简单指标。

**关键词:** 水泥灌浆沥青混凝土; 水泥胶浆; 改性剂

水泥灌浆沥青混凝土半柔性路面最早的应用是在1954年法国科涅雅克(Cognac)航空港喷气式飞机用的跑道上。继法国之后,日本、英国、前西德、法国和前苏联等国家也从事这方面的研究。近年来国内也进行了大量的研究。同济大学、华南理工大学和长安大学等先后对半刚性复合材料进行过研究,但是研究内容只局限于复合材料的设计方法和路用性能等,而对水泥胶浆改性剂的研究则很少。

## 1 常用的改性剂

聚合物改性水泥基材料由于和易性好、抗压和抗拉强度高、密实抗渗性好,具有很强的耐酸、碱、盐腐蚀性能,因而其应用领域十分广阔。在已有的研究和应用中,一般用来改性的聚合物乳液主要是氯丁胶乳、丁苯胶乳、丙烯酸脂类及丙烯酸脂类共聚乳液、乙烯 醋酸乙烯类,其他还有氯乙烯、偏氯乙烯乳液、呋喃类聚合物等。这些改性剂大多数适用于水泥混凝土,对灌入式半柔性路面复合材料可能并不适用。因此本文从半柔性路面复合材料使用性能要求出发,对水泥胶浆改性剂进行研究和分析。

## 2 试验用原材料

## 2.1 水泥

选用普通硅酸盐水泥(P.O 325 号),参照《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG E30—2005)标准中规定的试验方法对水泥进行了质量检验,指标结果见表1。

### 表1 水泥试验指标

试验项目	初凝/终凝时间 min	安定性 (雷氏夹)	3 d强度/MPa		7 d强度/MPa	
			抗压	抗折	抗压	抗折
试验结果	124/230	合格	3.64	11.36	20.44	4.07

## 2.2 柔性改性剂

选择了4种柔性材料对水泥乳浆进行改性。柔性材料的性质见表2。

### 表2 改性剂的性质

名称	固含量/%	电荷电性
1 号改性剂	50	阴离子
2 号改性剂	50	阴离子
3 号改性剂	60	阴离子
4 号改性剂	50	中性

### 3 试验结果及分析

### 3.1 稠度试验

乳浆材料的稠度值是灌注式半柔性路面成败的关键指标之一。乳浆稠度过小,则在凝结之前乳浆可

收稿日期:2006-01-15

[ R ]. Report des FEhS-Instituts für Baustoff-Forschung e. V. ,2002.

[33] 宗寿,陶海征,涂成厚. 钢渣粉煤灰活化方法研究

[J]. 武汉理工大学学报, 2001, 23(2).

[34] 沈卫国,周明凯,赵青林,等. 钢渣粉煤灰路面基层材料的研制[J]. 武汉理工大学学报. 2002, 24(5).



能全部流失。而且稠度过低还会产生较大的收缩,乳浆有可能因此产生裂缝,不仅降低乳浆材料的强度,也会影响整体结构的性能;如果浆体过稠,则半柔性复合材料中的空隙必然增多,同时还将会产生浮浆现象。

因此,对 4 种改性剂材料分别按照 0.5%、1%、2%、3%和5%的含量配制乳浆,进行稠度试验。考虑到如果乳浆试验取样过少,则误差较大,取样过多则给试验带来一定难度。借鉴于相关资料及相近项目(比如乳化沥青的标准粘度试验)的测试方法,我们加工了一个 800 ml 容量的漏斗,下端 V 形部分容积 100 ml。试验时先流出 100 ml,并开始记时,以流出 500 ml 浆体所需时间作为稠度测定值。漏斗下端的孔径分别设计成 8 mm、10 mm 和 13 mm,经过试验确定选用 8 mm 孔径来测定水泥乳浆的稠度。部分试验结果见表3(表中仅列出了水灰比为0.5,外掺剂用量1%时的稠度值)。

在改性剂掺量范围内,4 号改性材料稠度值过大,显然不适合采用。2 号改性材料使用量在 1%以上时稠度值也难以满足,且剂量小于 1%时,如果停止搅拌,则流动性失去较快,因此实际施工过程中对改性剂剂量控制的精度和施工控制要求较高。3 号改性材料搅拌时易发泡,且在满足稠度的情况下难以在水泥浆液中均匀分布。相比之下 1 号改性材料

表 3 稠度试验结果

改性剂类别及掺量 %		W/C	外掺剂 %	试验结果	备 注
1 号改性剂	0.5	0.5	1	10.74	
	1	0.5	1	11.03	
	5	0.5	1	11.25	
2 号改性剂	0.5	0.5	1	11.49	
	3	0.5	1	13.52	
	5	0.5	1	18.13	
3 号改性剂	0.5	0.5	1	10.24	
	5	0.5	1	12.87	
4 号改性剂	0.5	0.5	1	23.09	
	1	0.5	1	—	稠度过大
	2	0.5	1	36.50	逐渐变稠
	5	0.5	1	—	稠度过大

能在较大范围内满足稠度要求,同时施工质量控制简单方便。

3.2 力学性能试验

以 3.1 节配置的改性水泥乳浆制作成 40 mm×40 mm×60 mm 棱柱体乳浆胶砂试件,根据水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)对试件的强度进行测试。陷于篇幅原因,表 4 列出了部分试验结果。

表 4 水泥乳浆胶砂试验结果(部分)

材料种类		抗折强度/MPa			劲度模量/MPa			抗压强度/MPa		
编号	掺量	3 d	7 d	28 d	3 d	7 d	28 d	3 d	7 d	28 d
水泥胶砂		3.64	4.07	5.83	568.09	1 301.26	1 440.98	11.36	20.44	34.86
1 号	0.5%	3.56	5.07	5.67	707.94	1 225.04	1 353.19	16.92	18.33	37.66
	5%	2.89	4.34	4.40	433.20	654.35	1 044.36	12.02	14.14	34.14
2 号	0.5%	3.36	4.38	6.72	613.84	842.30	1 133.88	12.25	25.91	26.63
	5%	1.82	3.95	5.91	332.97	644.29	707.8	8.82	17.56	24.02
3 号	0.5%	3.74	5.14	5.82	1 106.78	1 147.43	1 276.73	15.56	20.60	31.95
	5%	3.83	5.07	5.38	787.33	1 105.98	1 211.70	14.80	15.90	26.36
4 号	0.5%	3.04	5.08	4.88	706.03	1 253.10	1 456.51	15.56	26.35	30.06
	5%	3.34	4.42	4.87	567.26	857.70	1 313.70	13.98	19.68	26.20

图 1~图 4 为不同改性水泥乳浆抗折试验结果。结合表 4 不难看出,1 号、2 号、4 号改性水泥乳浆的早期抗折强度(3 d)略低于水泥胶砂的抗折强度,而 3 号改性水泥乳浆的早期抗折强度大于水泥胶砂的抗折强度。随着龄期的增加,各种改性乳浆的抗折强度均有所提高。

28 d 龄期抗折强度试验结果显示:1 号改性剂用量在 1%时的改性水泥乳浆的抗折强度大于水泥胶砂;2 号改性水泥乳浆的抗折强度普遍大于水泥胶砂;3 号改性剂用量小于 3%时的抗折强度亦大于水泥胶砂;4 号改性水泥乳浆的抗折强度则普遍小于水泥胶砂。就抗折强度而言,4 号改性剂显然是不



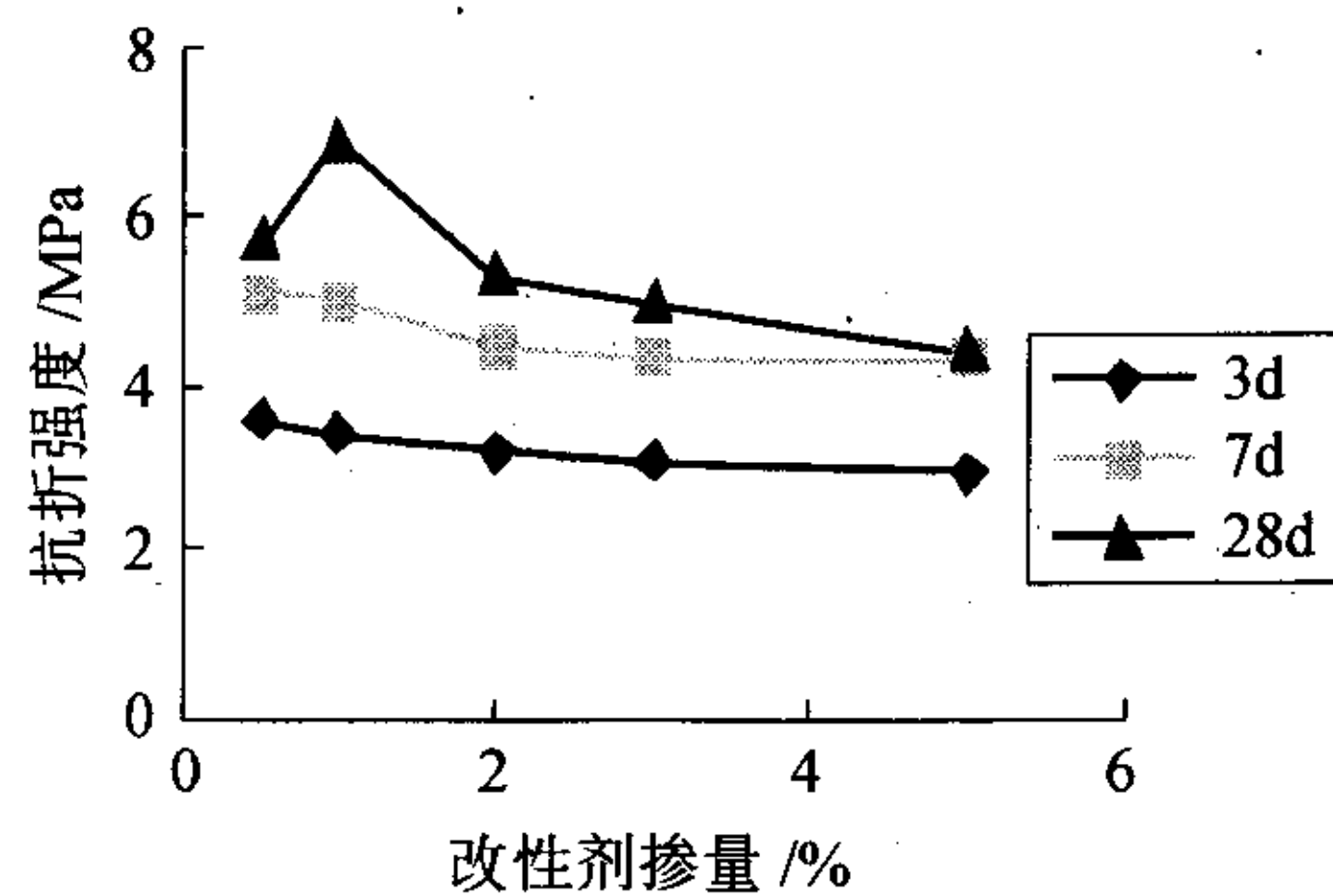


图 1 1号改性水泥乳浆抗折强度

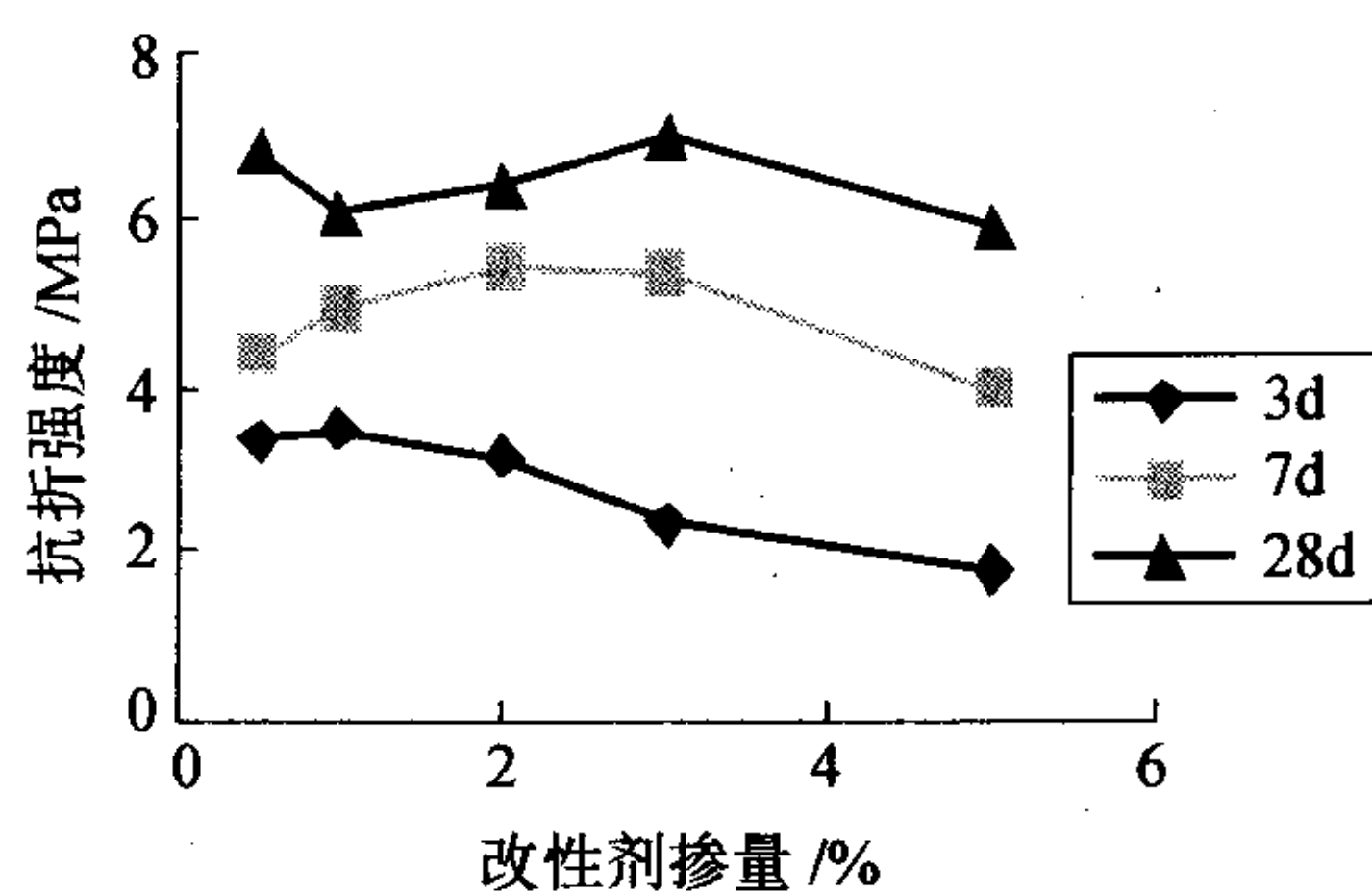


图 2 2号改性水泥乳浆抗折强度

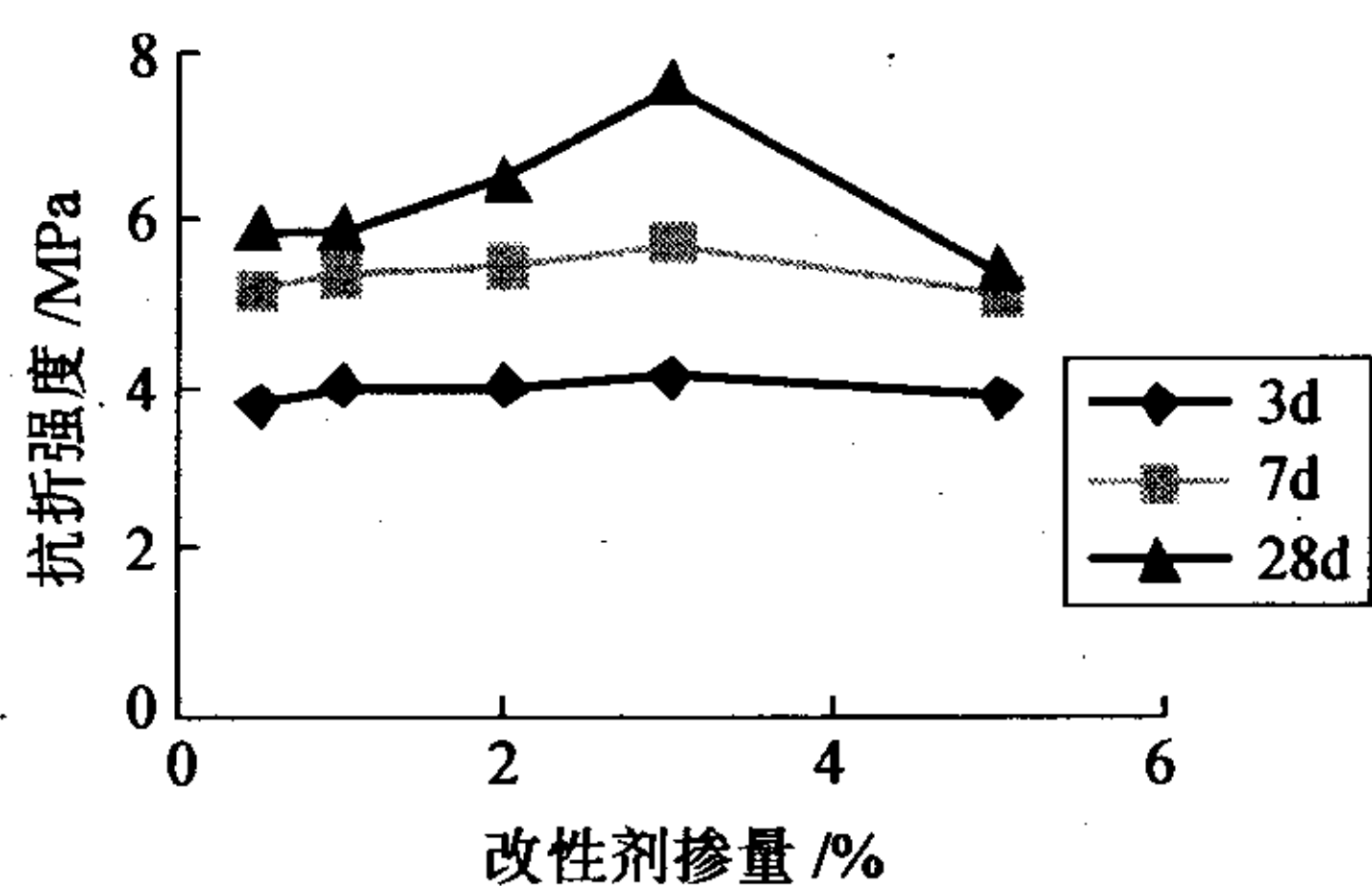


图 3 3号改性水泥乳浆抗折强度

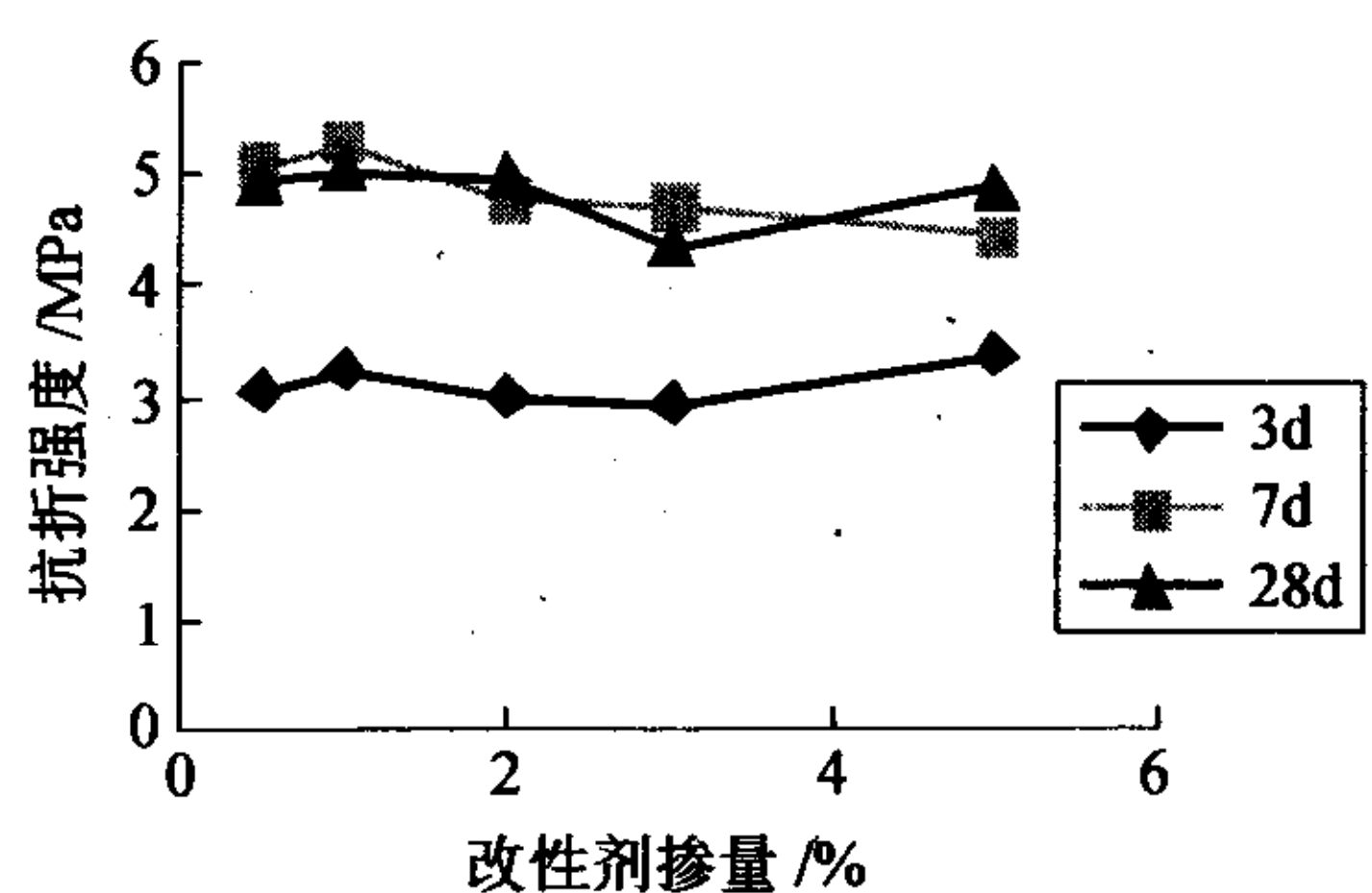


图 4 4号改性水泥乳浆抗折强度

合适的。

图5~图8为不同种类改性水泥乳浆劲度模量随改性剂剂量变化情况。从图中可以看出,1号改性剂掺量在2%~5%时的3d和28d劲度模量水泥胶砂模量相近;2号改性水泥乳浆的模量比水泥胶砂

有大幅度的降低;3号改性水泥乳浆的早期模量出现一定程度的增大,后期模量的变化与水泥胶砂比起来变化不大;4号改性水泥乳浆的劲度模量与水泥胶砂相比变化不大。

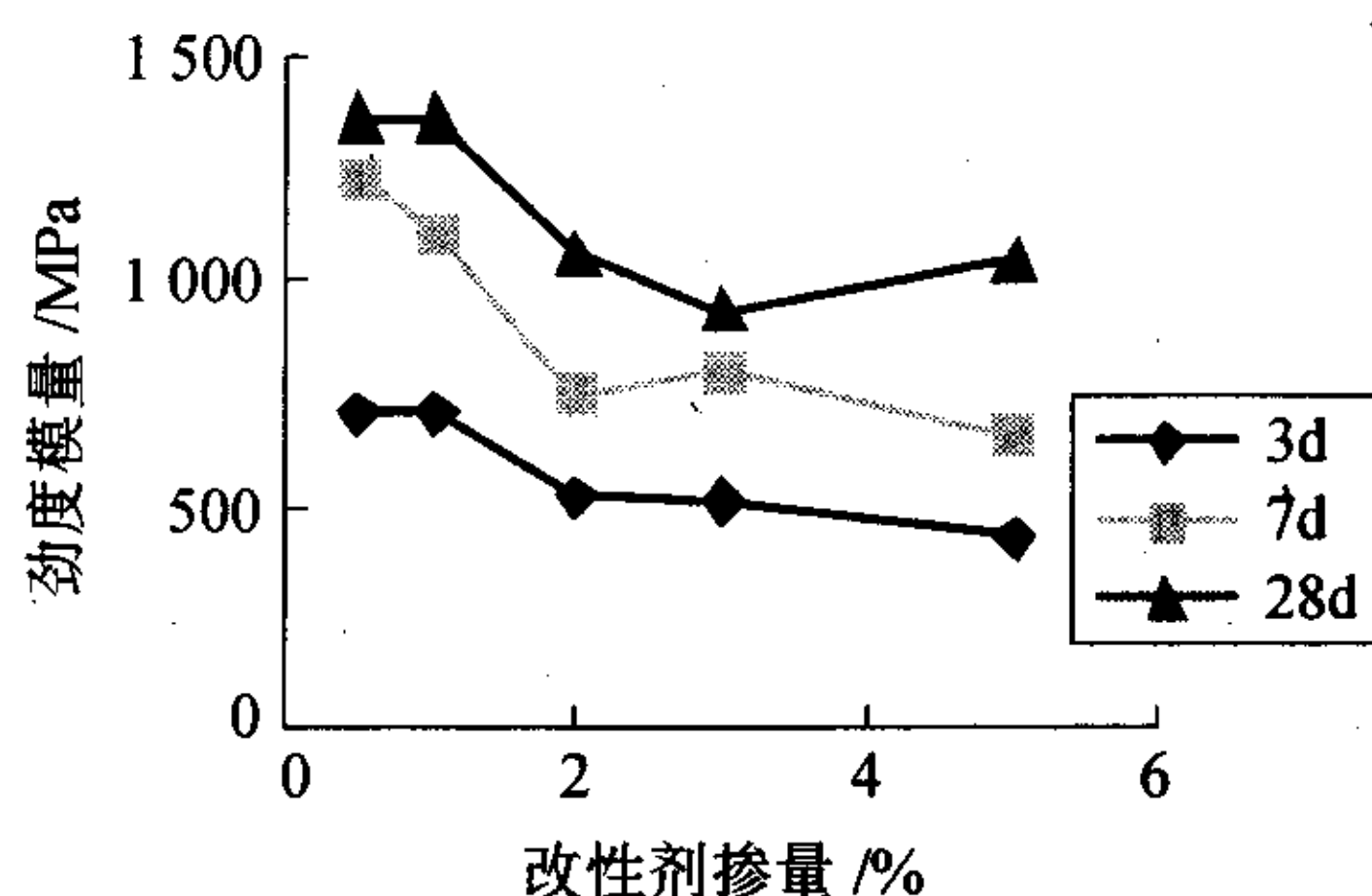


图 5 1号改性乳浆劲度模量

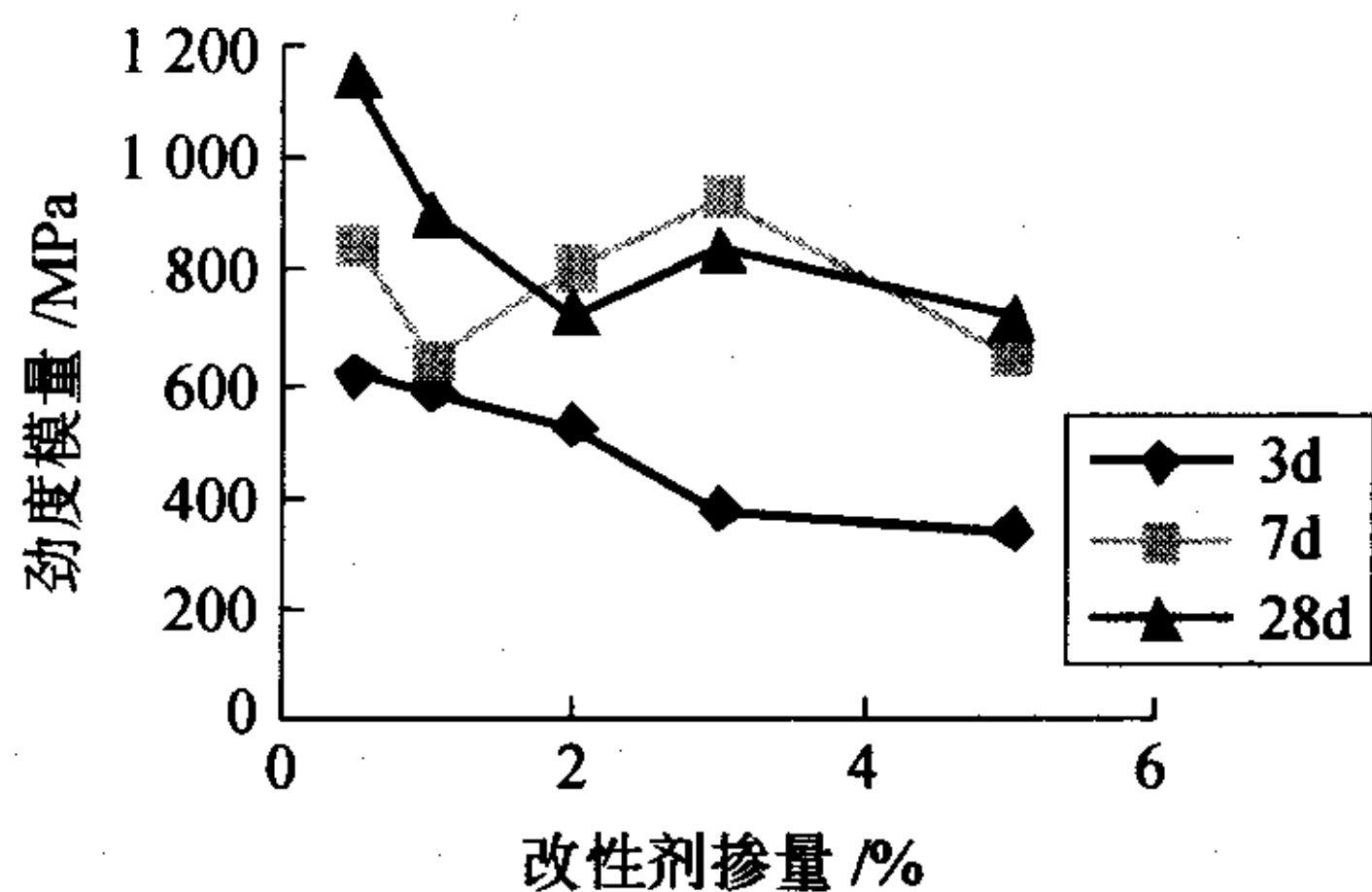


图 6 2号改性乳浆劲度模量

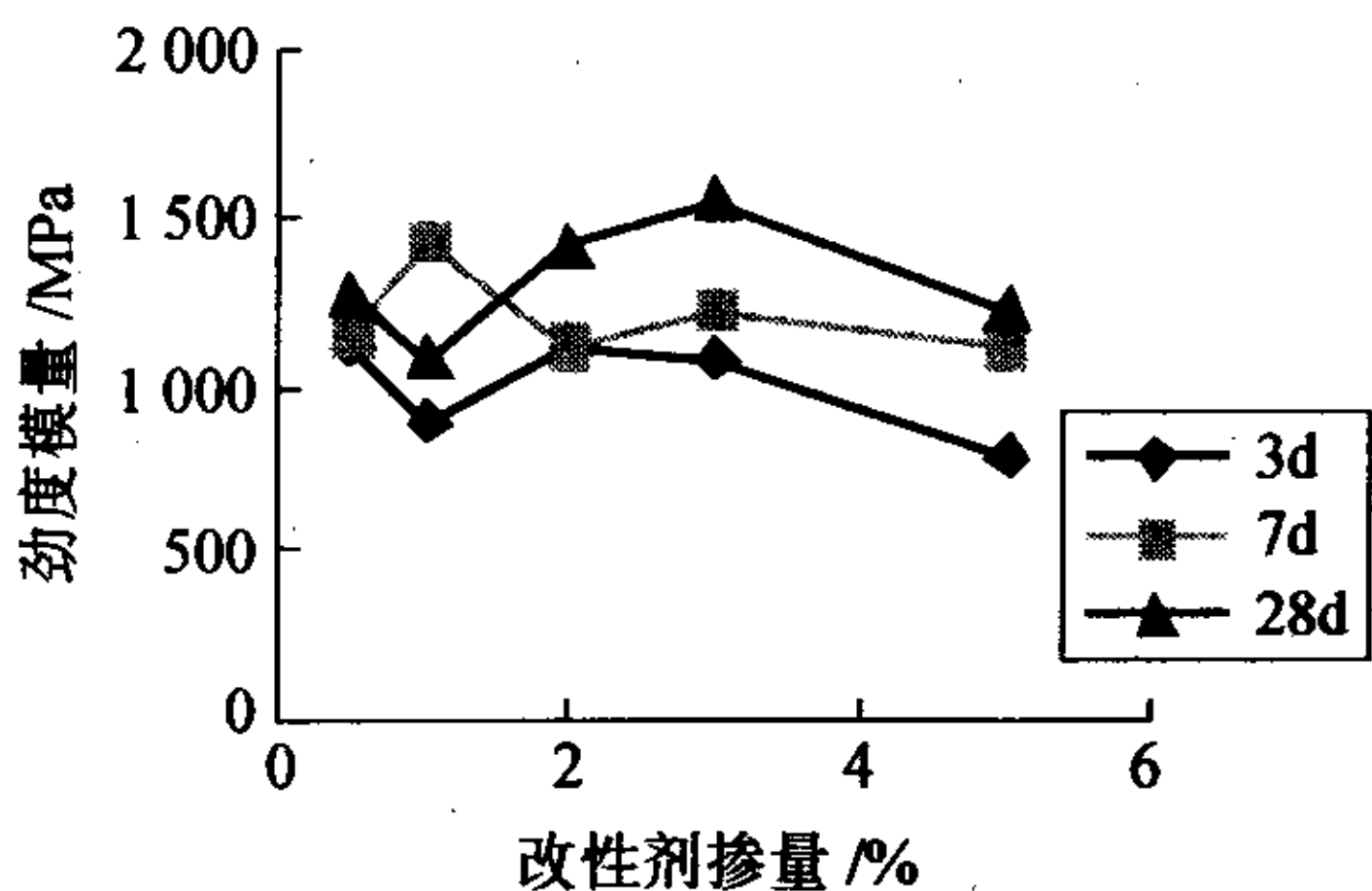


图 7 3号改性乳浆劲度模量

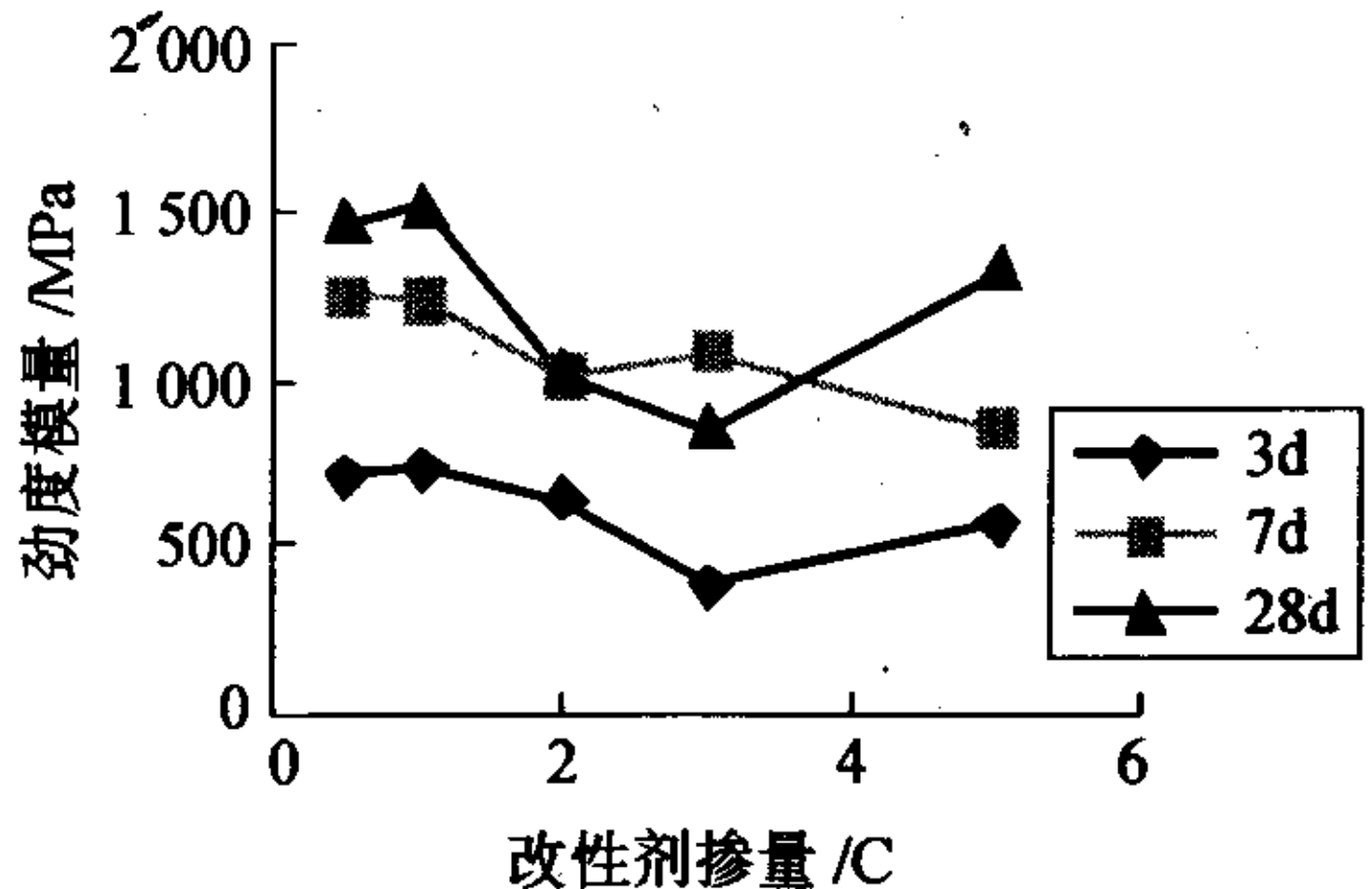


图 8 4号改性乳浆劲度模量

在抗压强度方面,1号改性水泥乳浆最高,而且要高于水泥胶砂的抗压强度。这表明掺加适量的1



号改性剂可以在一定程度上起到提高水泥乳浆抗压强度的目的。其他几种改性水泥乳浆的抗压强度基本上等于或者小于水泥胶砂。

综合考虑,1 号改性剂应该是最优的选择。它不但施工和易性好,而且不会对水泥乳浆的强度起相反的作用。为了验证 1 号改性水泥乳浆的干缩性能,进行了干缩试验,结果见表 5。

表 5 水泥乳浆干缩率试验结果

材料名称	水泥胶砂	1 号改性水泥乳浆				
改性剂用量/%		0.5	1	2	3	5
干缩率(1 d)/%	7.8	6.5	5.1	2.5	2.2	2.1

试验结果表明,1 号改性剂对水泥胶浆的干缩有明显的抑制作用。但是当改性剂的掺量增加到一定值以后,对于干缩效果抑制作用的增长幅度将减小。

4 改性剂优劣的简单判别

水泥乳浆经过改性之后具有高的强度、好的和易性以及低的干缩系数时,才能认为改性是成功的。但是通过大量试验进行比选往往又不容易在施工当中实施。因此需要采用简单快捷的方法对改性剂改性效果的优劣进行判别。

为此,对上面 4 种改性乳浆的稠度指标和强度指标进行了相关性分析,发现稠度指标和强度指标存在明显的相关性。表 6 为利用 Pearson 相关性分析方法对稠度和力学指标相关性分析的结果。其中稠度与 3 d 抗折强度的相关性最强,相关系数达到 0.847,和抗压强度的相关性次之,达到 0.713。这表明,在水灰比一定的情况下,由于掺加改性剂的原因导致的稠度的增大与力学性能成反比。

因此,通过稠度指标可以初步判断改性后水泥乳浆的效果。稠度与力学指标的线性关系可以描述

表 6 相关性分析结果

	抗折强度	劲度模量	抗压强度
皮尔逊相关系数	-0.847**	-0.568**	-0.713**
显著性(双边)	0	0.027	0.003
样本数量	15	15	15

注:\*\* 相关性系数的置信界限为 99%(双边)。

如下:

$Y_1 = -0.196X + 5.4$

$Y_2 = -38.267X + 1\,013.1$

$Y_3 = -0.804\,4X + 22.475\,8$

式中: $Y_1$ 、 $Y_2$ 、 $Y_3$  分别为抗折强度、劲度模量和抗压强度; $X$  为稠度值。

如果我们希望改性后的力学指标不小于水泥胶砂强度指标,那么可以通过上式反算出稠度范围。本例中,反算的稠度值为小于 12。但是考虑到施工和易性问题,稠度值最小应该大于 9。

5 结论

通过对 4 种不同改性剂改性水泥乳浆的稠度、力学性质以及干缩性质的比较,可以得出以下结论。

(1)不同类型及不同用量的改性剂对水泥乳浆的改性效果差异较大。

(2)改性后水泥乳浆的稠度指标、力学指标及干缩性质都有不同程度的影响。合适的改性剂对水泥乳浆稠度和力学强度指标有一定的改善作用,而对于干缩性质的改善幅度最为明显。由此可以看出,对水泥乳浆进行改性是合理的,也是必须的。本例中,1 号改性剂对水泥乳浆的改良效果明显好于其他几种改性剂。

(3)稠度可以作为简单判别改性剂优劣和用量的一个标准。当然要精确选择改性剂种类及合理用量,还需要采用其他指标进行最终验证。

青 岛 滨 海 公 路 崂 山 仰 口 隧 道 贯 通

2006 年 5 月 11 日,随着最后一声炮响,山东省内目前最长、最宽的一条公路隧道——青岛滨海公路崂山仰口隧道全线贯通。作为滨海公路北段工程最重要的控制性工程,仰口隧道的贯通标志着滨海公路工程建设已进入最后冲刺阶段。

滨海公路崂山隧道工程单洞全长 7 763 m,采用上下行设计,分左右两线实施,双向六车道,单洞宽 14.6 m、高 8 m,该隧道的贯通为年底滨海公路实现全线通车奠定了基础。