

表 7.15-12 高铝水泥和 N 型超早强水泥强度对比

水泥种类	压缩强度/MPa				弯曲强度/MPa			
	6h	1d	3d	28d	6h	1d	3d	28d
高铝水泥标准	—	54.9	61.3	—	—	5.9	6.4	—
625# 高铝水泥	32.5	65.8	69.8	77.5	4.9	8.6	8.6	8.4
N 型水泥标准	35.0	55.0	60.0	—	4.0	6.0	6.5	—
N-1 超早强	38.6	58.4	62.5	75.5	5.3	8.1	7.8	7.4
N-2 超早强	42.2	57.9	65.5	87.0	5.6	7.9	7.8	8.8
法国 Fondu 高铝水泥	41.0	56.0	—	74.0	—	—	—	—

表 7.15-13 N 型水泥和高铝水泥浇注料主要性能对比

水泥	比表面积 /m ² ·kg ⁻¹	6h 强度/MPa		1d 强度/MPa		110℃ 烘干强度/MPa		1100℃ 煅烧后强度/MPa	
		弯曲	压缩	弯曲	压缩	弯曲	压缩	弯曲	压缩
N 型超早强 铝酸盐水泥	337	4.8	32	11.1	94.6	11.7	82.8	5.6	37.1
高铝水泥	339	0.4	4.6	10.4	85.8	10.9	72.5	5.6	34.8

表 7.15-14 双快硅酸盐水泥性能

水泥名称	比表面积 /m ² ·kg ⁻¹	凝结/h:min		压缩强度/MPa					
		初凝	终凝	2h	4h	6h	1d	3d	28d
双快硅酸盐水泥	529	0:012	0:32	—	21.7	23.0	22.0	—	50.4
日本超速硬水泥	586	0:07	0:10	6.1	—	15.2	22.6	34.4	48.9
快硬硅酸盐水泥	366	2:05	3:25	—	—	—	19.0	37.0	—

表 7.15-15 双快硅酸盐水泥混凝土性能

水泥名称	配合比 水泥:砂:石	水灰比	环境温度 /℃	坍落度 /mm	压缩强度/MPa			
					4h	6h	1d	28d
双快硅酸盐水泥	1:1.5:3.5	0.45	21	15	21.5	24.6	25.2	41.6

a. 生产基本技术要求。双快硅酸盐水泥是以石灰质原料、铝质原料和萤石按适当比例配合后粉磨，在回转窑内烧制成水泥熟料，然后再加适量硬石膏共同粉磨而成。其熟料的化学成分为：SiO₂ 10%~20%，Al₂O₃ 10%~20%，Fe₂O₃ 1%~5%，CaO 55%~65%；矿物组成范围一般为：C₂S 35%~60%，C₃S 5%~15%，C₁A₁·CaF₂ 20%~40%，C₄AF 4%~10%。熟料烧成的关键在于严格控制烧成温度，因为该熟料中熔剂矿物多，烧成时液相量大，烧成温度低且范围窄，一般为 1310~1360℃。水泥粉磨时控制水泥中的 SO₃/Al₂O₃ 比例为 0.43~0.52，比表面积大于 500m²/kg。

b. 性能特点

③ 快凝快硬，小时强度高。在常温条件下，双快硅酸盐水泥初凝一般为 5~15min，终凝为 10~40min；1~2h 胶砂压缩强度可达 5.0~10.0MPa，4h 可达 20~25MPa。用这种水泥配制的混凝土 4h 强度可达 20MPa 以上。表 7.15-14 和表 7.15-15 分别为双快硅酸盐水泥及混凝土性能。

④ 低温性能好。双快硅酸盐水泥不仅在常温下具有较高的小时强度，而且在低温条件下也同样能发挥较高的小时强度，适于各种冬季紧急抢修和低温工程。双快硅酸盐水泥在低温下的混凝土强度如图 7.15-2 所示，所用混凝土配比

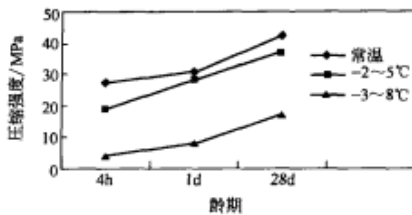


图 7.15-2 双快硅酸盐水泥混凝土的低温性能

为 1:1.5:3.5，水灰比为 0.45，坍落度为 15~20mm，常温下掺入 0.2% 的酒石酸作缓凝剂。

⑤ 长期强度高、耐蚀性能好。表 7.15-16 和表 7.15-17 为双快硅酸盐水泥混凝土的长期强度发展规律及抗硫酸盐侵蚀性能。由表中数据可见，在水或湿气养护条件下，双快硅酸盐水泥混凝土的强度随着龄期的延长而稳定地增长，而且具有良好的抗硫酸盐侵蚀性能。

表 7.15-16 双快硅酸盐水泥混凝土的长期强度发展规律

试样类别	养护条件	强度(压缩/弯曲)/MPa			
		4h	28d	1年	2年
砂浆	水养	19.0/3.4	50.0/7.6	71.8/9.0	77.2/10.6
	雾养	17.4/1.8	39.3/4.3	59.4/8.4	—

表 7.15-17 双快硅酸盐水泥抗硫酸盐侵蚀性能

水泥名称	3%Na ₂ SO ₄			1%MgSO ₄		
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₁	K ₂	K ₃
双快硅酸盐水泥	1.07	0.79	0.87	1.14	1.09	1.30
425# 普通硅酸盐水泥	0.88	0.54	0.64	0.51	0.54	0.66
抗硫酸盐硅酸盐水泥	—	—	>0.8	—	—	>0.8

⑥ 其他性能。双快硅酸盐水泥还具有微膨胀性、一定的抗冻性、抗冻标号能达到 M100~M150。此外，对钢筋黏结力好，不锈蚀钢筋、弹性模量与普通水泥相当。

c. 水化与硬化。XRD 及 DTA 分析结果表明：双快硅酸盐水泥的主要水化产物是水化硫铝酸钙及水化硅酸钙凝胶。水泥加水后 1h 即有大量的水化硫铝酸钙形成，而且水化硫铝酸钙的大量快速生成，降低了液相中 CaO 的浓度，促使 C₃S 迅速水化。C₃S 水化生成的 Ca(OH)₂ 反过来又为水化硫铝酸钙的进一步形成提供了充足的 CaO。

d. 应用注意事项。双快硅酸盐水泥具有快凝快硬的特

性,其混凝土拌和物的流动度损失较快。因此,使用时每次混凝土的拌和量要少,应随拌和随浇注,并应尽量缩短运输距离。

使用双快硅酸盐水泥时,必须根据气温高低掺加适量的缓凝剂。常用的缓凝剂有酒石酸和柠檬酸,掺量一般为0.1%~0.3%。缓凝剂必须先溶于拌和水中,将其完全溶解后才能进行拌和。

水泥与集料干拌均匀后,必须立即加水拌和,禁止将混凝土拌和物放置一段时间后再加水。机械搅拌时,加料的顺序应先粗集料与水,搅拌数分钟后再加细集料与水泥。要特别注意对搅拌机及时清理,以防水泥黏结。

浇注混凝土最好使用振捣器振实,适当配合人工抹平,禁止施工面上任意洒水抹面。

已浇好的混凝土待其凝固(表面开始泛白并发热)后,应覆盖草袋或塑料薄膜,同时洒水养护。如在短期不交付使用,最好能养护1~3d。

双快硅酸盐水泥必须妥善保存,以防风化,而且不得与其他任何品种水泥混合使用。

② 快凝快硬氟铝酸盐水泥。快凝快硬氟铝酸盐水泥简称双快氟铝酸盐水泥。它是以氟铝酸钙、硅酸二钙为主要成分的熟料加入适量的粒化高炉矿渣、硬石膏和激发剂经过细磨而制成的一种凝结快、小时强度高、水硬性胶凝材料。这种水泥熟料以氟铝酸钙矿物为主,较型砂水泥、双快硅酸盐水泥含有较多的氟铝酸钙,因此其快凝快硬性能更为突出。适用于抢修、抢建、堵漏以及地下矿井锚固、机械铸造和低温施工等。通过华北几个机场试用,特别是对唐山机场地震后的抢修,收到了很好的效果。

a. 生产技术要求。双快氟铝酸盐水泥生产所用原料及制备工艺与双快硅酸盐水泥基本相同,只是生料配料方面有所差别,要求铝质原料品位较高,Al₂O₃含量大于60%。其熟料主要矿物组成为:C₁A₂·CaF₂70%~75%,C₂S 10%~20%,另有少量的C₂F和CT矿物,烧成温度为1340~

1400℃;水泥粉磨控制比表面积550m²/kg左右。

b. 水泥及混凝土性能

① 凝结硬化快、小时强度高、低温性能好。双快氟铝酸盐水泥凝结硬化较快,在一般环境温度下(20℃左右),不掺缓凝剂时初凝1~2min,终凝2~4min,掺入缓凝剂可使其凝结时间推迟至20~60min,缓凝剂以酒石酸、柠檬酸、硼酸的缓凝效果较好。一般该水泥4h软练胶砂压缩强度可达29.4MPa以上,用这种水泥配制的混凝土,4h强度可达19.6MPa。由于水化速度快,放热集中,4h放出热量可达250kJ/kg,占其7d水化放热的75%~80%,比硅酸盐水泥相应地高6~10倍。因此该水泥在低温下强度的发展也很快,1d即接近正常养护水平。表7.15-18和表7.15-19分别为双快氟铝酸盐水泥及混凝土的主要物理性能。

② 长期强度高,抗侵蚀性能好,且具有微膨胀性。双快氟铝酸盐水泥的主要水化产物是三类型水化硫铝酸钙(AFt)、水化氧化铝凝胶和水化硅酸钙,这些水化产物通常情况下不存在后期强度下降问题。这种水泥配制的混凝土,其强度随龄期的延长而增长。从抗硫酸盐性能看,双快氟铝酸盐水泥表现尤为突出,其1~6个月的抗硫酸盐侵蚀系数均大于1.0。表7.15-20为双快氟铝酸盐水泥与其他类型水泥在3%Na₂SO₄溶液中的抗硫酸盐性能对比结果。此外,该水泥还具有微膨胀性,其28d净浆线膨胀率为0.1%左右,而且长期膨胀性能稳定。

c. 水化与硬化。双快氟铝酸盐水泥与双快硅酸盐水泥的水硬化过程及水化产物基本相同,两者的区别主要在于前者的水化进程更快,生成的AFt更多。

d. 应用注意事项。双快氟铝酸盐水泥的应用及注意事项与双快硅酸盐水泥基本相同,另外应该注意以下两方面:缓凝剂采用硼酸,掺入量占水泥质量的0.2%~0.6%,低温下少量掺入比不掺有较好的强度。该水泥早期对钢筋有轻微锈蚀,但后期不发展。

表 7.15-18 双快氟铝酸盐水泥的主要物理性能

水泥名称	缓凝剂/%	凝结/min		胶砂强度(压缩/弯曲)/MPa				
		初凝	终凝	1h	2h	4h	1d	28d
双快氟铝酸盐水泥	0.3	11	12	—	—	31.4/5.3	40.9/5.4	53.7/6.8
	—	2	3	23.6/4.4	27.0/4.7	28.0/5.0	37.2/5.1	54.7/5.3
双快硅酸盐水泥	0.2	28	36	—	—	22.3/3.5	30.2/5.7	50.6/7.5
日本超速硬水泥	—	7	10	—	6.1/	—	22.6/	48.9/

表 7.15-19 双快氟铝酸盐水泥混凝土的主要物理性能

编号	配合比 水泥:砂:石	缓凝剂 /%	坍落度 /mm	试验温度 /℃	压缩强度/MPa							可施工时 间/min
					1h	2h	3h	4h	6h	1d	28d	
1	1:1.8:2.7	0.5	20	20	—	—	25.3	27.5	30.3	36.5	46.2	30
2	1:2:3	0.5	17	17	4.0	9.7	22.6	—	—	—	49.7	—
3	1:2:3	0.5	15	15	—	—	—	18.3	27.1	29.4	—	60
4	1:1.47:3.61	0.45	15	15	—	—	—	20.6	29.1	37.0	58.5	80
5	1:1.47:3.61	0.45	20	5	—	—	—	13.2	15.5	35.3	—	15

表 7.15-20 双快氟铝酸盐水泥与其他类型水泥抗硫酸盐性能对比

水泥类别	侵蚀系数		
	K ₁	K ₂	K ₃
双快氟铝酸盐水泥	1.07	0.79	0.87
双快硅酸盐水泥	1.20	1.06	1.03
普通硅酸盐水泥	0.88	0.54	0.64
抗硫酸盐硅酸盐水泥	—	—	>0.80