

# 关于C25气密性混凝土试配及应用

丁世昌

中铁十五局集团第五工程有限公司

**摘要：**混凝土的基本性能混凝土是强度、混凝土耐久性，逐渐往多功能多要求发展，以往的研究、设计中往往重视混凝土强度，其耐久性，在特殊环境条件影响下，对混凝土提出了新功能的要求。本文简单介绍了C25气密性混凝土试配及工程施工中的应用。

**关键词：**C25气密性混凝土；试配；施工；运用

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.24.036

## 一、工程概况

巫镇高速试验第三合同段笔架山隧道位于重庆市巫溪县大河乡，起于巫溪县白鹿镇，止于徐家镇。为分离隧道，双洞四车道高速公路隧道。隧道左右洞长分别为5389.0m和5361m，纵坡2.0的单上坡，进洞口采用端墙式门洞，出口为削竹式洞门。其中穿越吴家坪组底部含煤地层地段，根据收集到的煤矿资料及地表调查，煤层厚度为0.3-0.6m，穿越煤层施工，应加强隧道通风和隧道动态瓦斯监测，隧道穿越煤层及其前后各20m采用沿衬砌轮廓满铺防水层的全封闭衬砌已隔绝瓦斯深入隧道。喷射混凝土设计为气密性混凝土。地提高了经济效益，我项目部工地试验室在气密性混凝土配合比设计中多次试验，寻求最佳配合比，并在施工过程中总结经验，确保合格的混凝土，指导配合现场施工，下面就配合比设计及施工中段施工应用做下简单介绍。

## 二、气密性混凝土配合比设计

气密性混凝土配合比的设计，就是确定混凝土中各组成材料数量之间质量的比例关系，即确定1立方混凝土中各组成材料的用量，使得按此用量拌制出的混凝土能够满足工程所需的各项性能指标要求，混凝土配合比设计基本要求包括：工作性、强度等级、工程所处环境和设计规定的要求；满足设计及技术规范要求的前提下尽可能较少水泥用量，降低混凝土成本；从而降低工程成本

## （一）混凝土配合比设计参数选择及原材料性能要求

设计参数：混凝土配合比设计通常是以水灰比、混凝土砂率和混凝土1立方单位用水量来控制，以上参数与混凝土各项性能之间有着密切的关系，正确的确定这以上参数，能使混凝土满足各项技术性能要求，具体原材料性能要求及本工程材料选取如下：

（1）水泥：优先选择标准稠度用水量低，使混凝土在低水灰比时也能获得较大的流动性；水化放热底，放热速率慢，避免因混凝土的内外温差过大而使混凝土产生裂缝；水泥硬化后的强度要高，以保证以使用较少的水泥用量获得高强度混凝土，针对以上几点技术指标，考虑经济性原则，选用陕西尧柏水泥有限公司生产P.042.5水泥。

（2）砂：巫镇高速试验第三合同段集料加工厂生产的机制砂，经检测符合要求。

（3）碎石：巫镇高速试验第三合同段集料加工厂生产的机5-10mm碎石，经检测符合要求。

（4）外加剂：山西建材奥凯有限公司生产的ALC-1D高效减水剂，经检测符合要求。

（5）防腐气密剂：杭州恒世通建材有限公司生产的HW，经检测符合要求。

（6）速凝剂：长春北华建材有限公司BS-D无碱型，经检测符合要求。

（7）水：巫镇高速试验第三合同段搅拌站拌和用水，经检测符合要求。

## （二）气密性混凝土配合比设计步骤

混凝土配合比设计时，首先应明确如下基本资料：混凝土设计要求的强度等级；工程所处环境对耐久性的要求；混凝土的施工方法及施工管理水平；混凝土结构类型；原材料的品种及技术指标等。然后根据原材料的性能及对混凝土的技术要求进行初步计算，得出初步

配合比；再经过试验室试拌调整，得出满足和易性、强度和耐久性要求的试验室配合比；最后再根据施工现场砂、石含水情况，对试验室配合比进行修正，计算出施工配合比。

(三) 初步配合比的计算

(1) 确定配制强度 $f_{cu,0}$

混凝土的配制强度： $f_{cu,0} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma$ ，强度标准差 $\sigma$ 取值为 $5.0\text{MPa}$ ，则： $f_{cu,0} \geq 25 + 1.645 \times 5.0 = 33.2\text{MPa}$ 。计算水胶比 $W/B$

(2) 水泥实测 $R_{28}$ 强度 $44.3\text{MPa}$ ， $W/B = aaf_b / (f_{cu,0} + aabfb) = (0.53 \times 44.3) / (33.2 + 0.53 \times 0.20 \times 44.3) = 0.62$ ，考虑到环境条件要求和现场试配情况，经试验水胶比取 $0.34$ 。

(3) 确定单位用水量 $m_w$

查《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55-2011选取单位用水量，经试验外加剂的减水率 $36\%$ ，结合混凝土原材料情况，经试验确定总用水量为 $160\text{kg/m}^3$ 。

(4) 计算配合比水泥用量 $m_c$ ：

计算胶凝材料用量 $m_b = m_w / (W/B) = 160 / 0.34 = 471\text{kg/m}^3$ ；

经试验确定总胶凝材料用量取 $m_b = 464\text{kg/m}^3$ ；

减水剂用量 $m_a0 = m_b \beta_{a0} = 464 \times 0.012 = 5.57\text{kg/m}^3$ ；

气密剂用量 $m_{a1} = m_b \beta_{a1} = 464 \times 0.060 = 27.84\text{kg/m}^3$ ；

速凝剂用量 $m_{a2} = m_b \beta_{a2} = 464 \times 0.070 = 32.48\text{kg/m}^3$ ；

水泥用量 $m_c = m_b = 464\text{kg/m}^3$ 。

(5) 砂率 $\beta_s$

根据细骨料品种（中砂）、粗骨料品种（碎石）、最大公称粒径（ $10\text{mm}$ ）和水胶比（ $0.34$ ），确定砂率为 $50\%$ 。

(6) 运用质量法计算砂用量 $m_s$ 、石用量 $m_g$

$m_s + m_g = m_{cp} - m_c - m_{wo} - m_{a0} - m_{a1} - m_{a2} = 2400 - 464 - 160 - 5.57 - 27.84 - 32.48 = 1710\text{kg/m}^3$   $m_s / (m_s + m_g) = 0.50$  砂用量 $m_s = 855\text{kg/m}^3$  石用量  $m_g = 855\text{kg/m}^3$  经试验实际砂石用量取 $m_s = 855\text{kg/m}^3$ ， $m_g = 855\text{kg/m}^3$ 。

(7) 依据上述计算结果，采用三个不同配合比，较基准配合比水胶比分别增加 $0.05$ 和减少 $0.05$ ，砂率分别增加和减少 $1\%$ ，用水量保持不变进行试拌，混凝土拌合物性能结果见表 2，确定计算配合比为基准配合比，以及参考配合比见表1：

表1 G25气密性混凝土配合比 ( $\text{kg/m}^3$ )

编号	水泥	速凝剂	细骨料	粗骨料	减水剂	气密剂	水	水胶比
基准	464	32.48	855	855	5.57	27.84	160	0.34
参照 1	410	28.70	904	868	4.92	24.60	160	0.39
参照 2	552	38.64	789	821	6.62	33.12	160	0.29

注：本配合比所使用材料均为干材料，使用单位应根据材料实际含水情况进行调整。

(二) 混凝土试配及拌合物性能

在表1的基础上进行混凝土配合比的用水量和拌合物性能试验，试验结果见表2：

表2 混凝土拌合物性能试验结果

编号	拌和用水 ( $\text{kg/m}^3$ )	坍落度 (mm)	坍落度1h 经时变化量 (mm)	泌水率 (%)	含气量1h (%)
基准	160	160	15	0	2.4
参照 1	160	170	20	0	2.5
参照 2	160	140	20	0	2.1

三、力学性能及耐久性能

按上述配合比成型后，力学性能及耐久性能试验结果见表3：

表3 力学性能及耐久性能试验结果

编号	抗压强度 (MPa)		抗渗性能	透气系数 ( $\text{cm/s}$ )
	7d	28d	28d	28d
基准	24.5	34.3	>P12	$0.6 \times 10^{-11}$
参照 1	20.0	30.6	/	/
参照 2	28.5	38.0	/	/

四、理论配合比确定

根据上述实验结果，初期选定基准配合比韦混凝土

配合比，其工作性能、力学性能及耐久性能均能满足设计和施工要求、理论配合比见表4：

表4 选定配合比

名称		原材料生产单位及规格型号				
水泥		陕西尧柏水泥有限公司，P·O 42.5				
细骨料		巫镇高速试验第三合同段集料加工场，机制砂				
粗骨料		巫镇高速试验第三合同段集料加工场，5mm- 10mm 碎石				
速凝剂		长春市北华建材有限公司，BS-D（液体无碱）				
减水剂		山西建材奥凯有限公司生产的ALC-1D高效减水剂				
防腐气 密剂		杭州恒世通建材有限公司，HW				
水		巫镇高速试验第三合同段 3#拌和站，拌和用水				
配合比 (kg/m <sup>3</sup> )						
水泥	速凝剂	细骨料	粗骨料	减水剂	气密剂	水
464	32.48	855	855	5.57	27.84	160
备注		当混凝土原材料发生改变时，本配合比无效。				

五、气密混凝土抗渗检验及气密性检测

根据GB/T50082-2009《普通混凝土长期性能和耐久性试验方法标准》中评价混凝土抗渗的方法。

试验水压从0.1Mpa开始，每隔8h增加水压0.1Mpa，并随时注意试件端面渗水情况。当6个试件中有3个表面发现渗水，记下此时的水压力，即可停止试验。

计算混凝土的抗渗等级以每组6个试件中有4个未发现渗水现象时的最大水压力表示。抗渗等级按下列计算  $P=10H-1$

检测项目	标准（设计）要求	实测结果	结论
渗水水压，MPa	≥0.6	加压0.8MPa未渗水	满足P6要求

我项目施工的巫溪至镇平高速公路笔架山隧道，由于笔架山隧道穿越煤层，根据地质超前预报，隧道施工及运营中，可能会出现瓦斯渗出、瓦斯突出等风险。根据设计图中施工要求，初期衬砌采用气密性C25混凝土，对混凝土的透气性提出相关要求要求，我们试验室查阅相关资料，借鉴相关施工单位经验。采用室内试件测试法、现场原位测试法对混凝土的气密性进行测试。

室内测试采用的气压为0.3Mpa、0.6Mpa，测量仪表读数稳定15-20h，每块检测时间间隔未为30min，两次测值读数不超过平均值的10%，取两次读数中的最低

值。现场测试采用压力为0.3Mpa，测定2min、4min、8min气压变化，这两种试验结果满足设计要求。

结语

混凝土气密性的测试反映了混凝土透气能力的大小，区分气密性混凝土与普通混凝土的差别，特别是在笔架山隧道初期衬砌中的气密性混凝土明显起到抗气性，隧道经长期动态观测，空气中瓦斯含量为零，为工程施工、以后的运行提供了安全保障。由于混凝土气密性测试是一种新方法，在室内测试中透气系数推算存在许多加设，在现场测试具有一定偏差。还需要在今后现场施工中积累总结经验，同时在配合比设计中努力寻求性能和经济效益的平衡，在确保混凝土各项性能的前提下，控制原材料的技术性能，技术参数。设计配制出符合技术规范，设计要求的混凝土。强度合格、混凝土工作性、混凝土耐久性良好、成本消耗最小的混凝土配合比。

参考文献

- [1]余志刚.隧道气密性混凝土性能试验研究[J].混凝土, 2013(6): 88-90.
- [2]王秀芬.高瓦斯隧道混凝土气密性能试验研究[J].铁道工程学报, 2013(5): 75-81.