

聚丙烯纤维喷砼 在福堂坝水电站中的应用

郑道明 刘 强(中国水利水电第十工程局)

1 工程概况

福堂坝水电站为引水式电站,位于四川省阿坝藏族自治州汶川县境内的岷江上。电站装机4台,单机容量90MW,总装机容量为360MW。电站由首部枢纽、左岸引水系统及地面厂房组成。

电站导流洞布置于老213国道公路的右岸,洞身长478m,进口引水渠长70m,出口引水渠长65.5m,洞身断面 $18 \times 19.8\text{m}$,呈城门洞型。Ⅱ、Ⅲ类围岩为喷锚衬砌段,约占80%,喷砼厚10~15cm。

导流洞进出口为覆盖层,进口覆盖层厚15~80m,出口段10~50m。洞身水平埋深一般40~150m,最深达180m;垂直埋深一般50~150m,最深达200m。隧洞穿越的岩性主要为晋宁—澄江期中细粒蚀变花岗岩,除断层破碎带,辉绿岩脉破碎带为软弱岩石,进口段隧洞岩体为风化卸岩体外,一般岩石坚硬完整,大部分为Ⅲ类围岩。

导流洞纤维喷砼分布在Ⅲ类围岩的顶拱部分,桩号149~170m段、220~240m与304~430m段(总长167m)。顶拱范围内喷C20纤维砼,厚15cm,锚杆间排距1.5m。纤维喷砼总面积达到 3218m^2 ,每延m材料耗量达 2.89m^3 (不含回弹量)。

2 聚丙烯纤维喷砼作用

聚丙烯纤维属砼中的微加强筋系统。成熟的喷砼工艺,不需改变其正常配合比,仅在喷砼过程中加入适量的聚丙烯纤维,形成一新型复合体。对厚薄不均的喷射层加入纤维后是十分有效的,它不但增强了喷砼的延展性,增加了其抗弯、抗裂等力学性能,同时与围岩一起形成支护体,以充分发挥围岩的自承能力,从而提高了支护的安全可靠性。这项新技术从国内一些研究单位得出的结果是:纤维砼早期弹模明显下降,对防止砼早期裂缝与龟裂是十分有利的,同时可提高砼抗冲刷能力达0.4~1.4倍。

3 纤维喷砼施工

3.1 原材料

(1)聚丙烯纤维 抗拉强度为200~300MPa,弹性模量3400~3500MPa,纤维长度一般为12~30mm,直径几十 μm 。

(2)水泥 425^F.525#普通硅酸水泥或普通水泥,同时要求与所有速凝剂相溶。

(3)骨料 沙子采用细度模数2.5的中、粗砂,石子采用粒径5~15mm的豆石。

(4)外加剂 采用自贡市大安镇生产的天马牌速凝剂并掺0.2%的木质素磺酸钙。

(5)采用饮用水。

3.2 工艺选择

选用我局成熟而大量应用的潮裹法喷射工艺。本工艺采用“干喷法”所用喷射机输送经过潮裹拌和后的湿润混合料。该料粘聚性好,处于湿润状态,可达到喷射时降低粉尘的效果。潮裹法喷纤维砼的主要技术特点为:

(1)在每一次拌和时,骨料与纤维全部同水泥包裹“造壳”,从而加强了骨料与纤维同水泥界面的结合,使砼内部的原生微裂缝减少;并且,可使在界面处的水泥水化产物结构更加致密。

(2)“造壳”时的水灰比应控制在0.18~0.2范围内。

(3)一般都选用细骨料喷射砼,这样可提高砼的密实度,减少回弹。由于水泥用量较多,砼容易产生开裂;加入一定量的纤维后,可达到减少开裂的目的。

(4)在一定范围内,水灰比越小,砼强度就越高。但水灰比过小,产生的粉尘过大,和易性差,回弹增大;水灰比过大时,易造成喷砼溜淌,垮塌,强度下降,回弹量亦增加。适当的坍落度是喷纤维砼质量的重要保证。

(5)纤维掺量减少对喷砼抗压强度没有显著影响,但掺聚丙烯纤维喷砼早期弹模明显下降,这对防裂是有利的。而且掺量过大拌和时难于使纤维均匀分散在砼中,喷射中有象棉花一样的纤维结团产生。因此,在纤维喷砼能满足设计力学指标前提下,

应选取较小值。一般纤维掺量以 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$ 为宜。

4 喷砼施工

4.1 洞室开挖

在隧洞开挖时,应采用光面爆破,以确保开挖断面轮廓圆滑,减少开挖对围岩的扰动及减少喷射砼的用量。

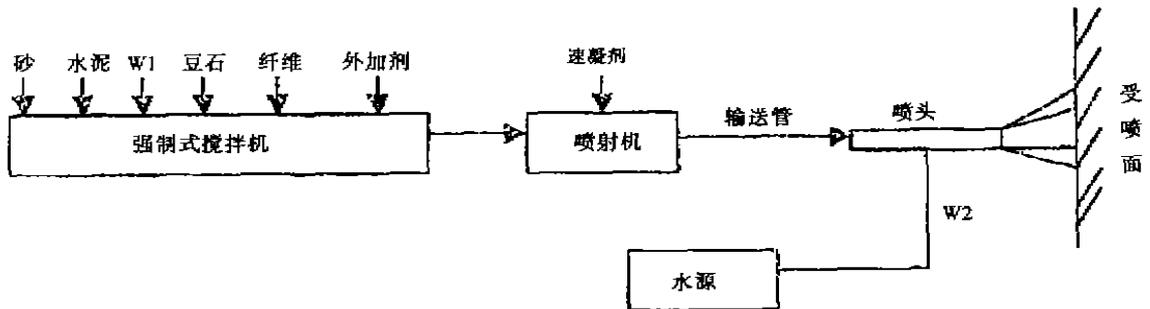
4.2 基岩处理

在喷射砼之前,应清除松动岩块,并采用高压水冲洗岩面上的粉尘;同时,防止岩面过于干燥,以免造

成喷砼的水灰比变化。一般喷射前应用水湿润岩面。对个别突出的岩块应进行处理,使受喷面基本平顺。如果隧洞存在少量渗水,可先喷无水处,慢慢向有水处靠拢,并采用接排水管的办法把水排走。

4.3 喷砼工艺流程

聚丙烯纤维网的加入不需改变原来正常的配合比。利用福堂导流洞所使用的喷射工艺为母体,只是把纤维作为骨料的一部分掺入到混合料中搅拌均匀后,运至工作面使用,工艺流程见附图。



附图 聚丙烯纤维喷砼工艺流程图

4.4 配料拌和

砼均匀拌和,防止聚丙烯纤维成团是施工中的重要环节。福堂导流洞采用了两种投料拌和方式:一是采用潮裹法喷砼工艺时,将砂、水泥、豆石、聚丙烯纤维同时加入到搅拌机料仓中,搅拌的时间长短以确保纤

维在砼中均匀分布为准,搅拌时间一般为 $3\sim 4\text{min}$;二是在采用干喷工艺时,先将聚丙烯纤维与砂、豆石先干拌 $1\sim 1.5\text{min}$ 后,再加入水泥和其它外加剂后干拌 $2\sim 3\text{min}$ 。两种拌和方式都比一般喷砼搅拌时间长 $1\sim 1.5\text{min}$ 。配合比见表 1。

表 1 聚丙烯纤维喷砼配合比

水泥品种与标号	配合比	水灰比 w/c	砂率 (%)	砂子 (kg)	豆石 (kg)	水泥 (kg)	水 (kg)	速凝剂 (%)	纤维 (%)
普硅 425#	1:1.9:1.57	0.4	50	870	720	450	160	3	0.9

4.5 喷射作业

在喷射前先进行岩面冲洗,以确保喷砼的粘结强度。喷砼时一定要按照从下向上的喷射顺序。喷射边墙时要求喷射厚度一次到位。喷射时,喷头移动要及时、均匀、平稳,并控制好喷层厚度的均匀性,喷头作螺旋运动。

为达到减少回弹的目的,顶拱一次喷射厚度可达到 $3\sim 5\text{cm}$,对于要求喷 $10\sim 15\text{cm}$ 厚时可分 $2\sim 3$ 次来达到。

4.6 喷射砼抗压强度对比

福堂坝电站导流洞喷砼施工中,有部分喷砼采用潮裹法工艺施工,砼中没有掺加聚丙烯纤维,另有部分每 m^3 掺加了 0.9kg 聚丙烯纤维。喷砼设计标号均为 C_{20} 。二种砼喷射取样采用 $15\times 15\times 15\text{cm}$ 模具,取样

待试件达到 28d 龄期后试压,抗压强度测试成果见表 2。

表 2 喷射砼抗压强度比较表

喷射砼工艺	潮裹法(抗压)		潮裹法(抗弯)	
	一般潮裹法	掺纤维潮裹法	一般潮裹法	掺纤维潮裹法
强度 MPa	343.5	278.3	26.2	28.1

注:表中强度为加权平均强度。

从表 2 中不难发现,不掺纤维的潮裹法喷砼抗压强度普遍高于掺纤维砼,主要原因是聚丙烯纤维的掺量偏低。有关单位按厂家建议的最佳掺量 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$ 加入时,抗压、抗弯、弹模等指标均有所提高(早期抗拉强度提高 20%)。加入聚丙烯纤维砼早龄期弹模明显下降,这对防裂是十分有利的。