

酸性骨料沥青混凝土面板中防渗层细骨料关键粒径敏感性分析

潘瑞强 于世海

中国葛洲坝集团市政工程有限公司 湖北宜昌 443000

摘要: 在水利水电领域,酸性骨料在沥青混凝土面板中未有使用先例,其应用还在起步阶段;通过本项目酸性骨料沥青混凝土配合比研究及生产实践,摸索出了影响酸性骨料沥青混凝土热稳定性的部分因素,即酸性骨料砂中的细颗粒含量;本文通过分析研究阶段及生产阶段的部分数据对该影响因素做一定探讨。

关键词: 酸性骨料; 沥青混凝土面板; 热稳定性; 影响因素分析

一、工程概况

受限于当地矿山开采政策以及碱性骨料数量与质量,山东沂蒙抽水蓄能电站沥青混凝土面板防渗层创造性的采用酸性骨料代替绝大部分碱性骨料。酸性骨料防渗层使用面积达到19.3万m²,加厚层3.6万m²。根据配合比细骨料的使用量达到1.82万吨。

二、酸性骨料与碱性骨料差异性理论分析

大面积采用酸性骨料配制沥青混凝土防渗面板,相对于技术较为成熟碱性骨料防渗面板,酸性骨料水工混凝土在配合比设计、施工等过程更具挑战性。骨料与水工沥青界面亲和力和力主要指表面张力、范德华力、机械附着力以及化学反应,由两种物质的表面电荷及由此产生的引力。水工混凝土酸性骨料主要是因为沥青与集料的分子引力不如水与集料的分子引力大,水能穿透沥青膜达到集料表面将集料与沥青分开,亲水憎油,与沥青粘附性差,此为造成各项性能不如碱性骨料沥青混凝土核心原因,添加抗剥落剂可以达到改善粘附性的效果。

水工沥青混凝土多表现为油石比高、细骨料含量大等特点,尤其是悬浮结构的防渗层,主要与追求水工沥青混凝土的低密度、低渗透、良好力学性能有关。酸性骨料防渗面板单就组成而言与碱性骨料沥青混凝土主要区别就在粗细骨料上,而添加SK-A抗剥落剂的改性沥青与改性沥青在沥青检测指标上对比,差别微小。在本工

程实际工作中发现片麻岩酸性骨料加工与灰岩碱性的差异性较大,尤其在4.75mm以下细骨料各级配含量方面。

在本工程室内配合比阶段及生产阶段中发现酸性骨料水工沥青混凝土在拌制、外观状态等具有较大的不同。虽然通过添加抗剥落剂可以改变沥青与酸性骨料的粘附性,但是可以直观地发现酸性骨料裹覆的沥青胶质膜厚度要比碱性骨料沥青胶质膜薄,导致酸性骨料水工沥青混凝土中存在较多的游离沥青胶质,这也是造成酸性骨料水工沥青混凝土与碱性骨料差异的主要体现。

三、细骨料在沥青混凝土中的重要意义

细骨料关键粒径含量对水工沥青混凝土特定性质具有重要意义。从宏观层次方面来讲,基于颗粒堆积理论的颗粒分级方法,细骨料作为沥青混凝土骨架-填充体系的主要构成部分,填充颗粒的主要组成,干涉颗粒的重要补充,沥青混凝土面板防渗层的结构中具有极其重要的意义;微观层次方面,细骨料的形状、棱角、纹理等等特征从颗粒圆或扁的状态,反映集料颗粒宏观整体的变化特征和形态;从集料颗粒表面的凹凸度,反映集料颗粒细观局部的变化特征与状态;从集料颗粒表面微观形态的高低起伏,反映集料颗粒微观尺度范围内的变化。

四、水工沥青混凝土中酸性细骨料的关键性粒径问题分析

1. 酸性细骨料的关键性粒径问题的理论分析

在研究中发现对于改变沥青油石比、级配指数、矿粉含量需要再深入研究,提高沥青含量,降低级配指数,增加矿粉含量都能在在一定程度上改善原配合比外观粗糙,难于施工的弊端。但是根据骨架-填充体系理论,沥青与矿粉作为主要胶凝体的组成其含量是具有一

作者简介:

潘瑞强(1973-),男,汉族,湖北随州,大学本科,高级工程师,研究方向:水利水电。

于世海(1990-),男,汉族,山东临沂,硕士研究生,工程师,研究方向:水利水电。

定上限的,持续增加其含量也不满足经济效益。在满足本工程防渗层指标要求的前提下并基于粒堆积理论的颗粒分级方法将16mm-4.75mm作为主骨架颗粒粒径范围,4.75mm-1.18mm作为干扰颗粒粒径范围,小于1.18mm作为填充颗粒粒径范围。在对比了酸碱骨料相同试验条件下的沥青混凝土性能发现,差异明显主要集中在填充体系范围内,并根据敏感性分析小于1.18mm的各级级配在对敏感性起决定性作用。根据(CPM)模型与沥青砂浆流动性原理将填充颗粒0.075mm-1.18mm范围内作为计算整体,结合贝雷法、主骨架颗粒理论和上文的分析,将0.225倍级配颗粒最大粒径定义为干涉颗粒最大粒径。此挡范围内的干涉粒径经计算可得为0.266mm。综上所述,该段干涉颗粒的最大粒径应聚集于0.15mm-0.3mm内,这与山东沂蒙抽水蓄能电站的工程实践与类似经验是相吻合的。

2.酸性细骨料的关键性粒径筛选试验与分析

基于此在沂蒙电站探索过程中,进行了大量的室内试验研究,如表1所示,现对试验情况作如下说明:1-C1至1-C10号配比,配料采用粗配,即不考虑各级骨料超逊径,直接按照理论比例配料,可理解为粗配,配料用的骨料是2020年12月,经拌合楼加热二次筛分,首次取样的骨料。至C10号配料结束,首次取样的骨料已经用完。2-C11~2-C20号配比,配料用的骨料是2021年1月13日在室外二次取样的骨料,取料点与第一次取样一致,仍为热料。由于C5~C10号这六组配比试件的外观有细骨料缺失现象,鉴于此,C11~C16,配料时筛除了粗骨料的超逊径,得到的试件外观看,非常细,且斜坡流淌值非常大,因此3-C17~3-C20,采用1-C1~1-C10的配料方式,得到的试件外观看比较正常。拌制沥青混合料。矿料在烘箱中加热至170℃,由于使用的是改性沥青,其加热温度一般比普通沥青提高10℃,按160℃控制。在拌和机中拌制3分钟,然后成型马歇尔试件,击实次数按正反面20次(或35次)。然后测试密度,斜坡流淌等指标。

根据实际需要,以密度、孔隙率(室内≤2%)、斜坡流淌值(≤0.8mm)、作为初步沥青混凝土性能的评判指标,并进行了大量的探索试验,通过对9组(1-C2、1-C3、1-C5~1-C10、3-C20、)斜坡流淌值较小,其值在0.014mm-1.05mm之间,油石比7.6%-8.0%,级配指数0.3-0.43,矿粉用量9%-11%,细粉含量通过人工的干预控制在0-4.88%(原值8.5-11.2%)。根据上述试验结果

定性分析,通过减少酸性骨料人工砂中的细粉含量,可以实现提高沥青混凝土油石比和降低级配指数并保证斜坡流淌值较小,同时保证其他力学性能满足设计要求。

表1 不同参数试验结果统计表

编号	细颗粒含量 (%)	试验项目			试件外观
		密度 (g/cm ³)	孔隙率 (%)	斜坡流淌 (mm)	
规范要求	-	-	≤2%	<0.8	-
1-C1	0	2.376	1.967	6.502	正常
1-C2	0	2.4	1.359	0.822	正常
1-C3	3.25	2.404	1.473	0.851	正常
1-C4	3.25	2.4	2.012	1.704	正常
1-C6	4.88	2.394	1.961	0.104	较粗
1-C7	3.25	2.375	3.158	0.109	较粗
1-C8	3.25	2.363	3.616	0.014	较粗
1-C9	3.25	2.412	1.651	0.082	略粗
1-C10	3.25	2.405	1.567	0.229	略粗
2-C11	5	2.398	1.813	3.32	很细
2-C12	5	2.381	2.155	3.739	很细
2-C13	7	2.391	2.049	2.839	很细
2-C14	7	2.387	1.892	3.488	很细
2-C15	4.69	2.404	1.539	3.073	很细
2-C16	4.69	2.404	1.562	2.658	很细
3-C17	3	2.408	1.787	1.466	正常
3-C18	3	2.403	1.626	1.506	正常
3-C19	3	2.415	1.51	1.693	正常
3-C20	3	2.417	1.01	1.05	正常

注:1.热料是指加热筛分后取出的分级料;

2.粗配是指配料时,即采用拌合楼热料按照比例直接配料;

3.细配是指配料时,筛除粗骨料超逊径后按比例配料。

3.酸性细骨料的关键性粒径确定试验与分析

在上述试验与分析的基础上,不排除有部分结果受试验结果受粗配、细配等精度影响产生数据差异,故而精确细化酸性骨料细粉的含量并补充1%,2%,3%细颗粒含量的相关试验,试验采用同一组骨料逐级配规避超逊径等其他不利因素,按照丁补荣指数级配曲线进行精配。(见下表2)

通过28组对比试验情况,拟合配比中0.15mm以下细粉含量在5%、7%时试件的斜坡流淌值达到2mm~4mm,当人工砂中0.15mm以下细粉含量控制在3%左右时,试件的斜坡流淌值在0~1.8mm之间。随着人工砂中0.15mm以下细粉含量的减少,斜坡流淌值有下降

表2 不同细颗粒含量试验结果统计表

编号	级配指数	填料含量 (%)	油石比 (%)	0.15mm以下细粉含量 (%)	试验项目			试件外观
					密度 (g/cm ³)	孔隙率 (%)	斜坡流淌 (mm)	
规范要求	-	-	-	-	-	≤2%	<0.8	-
C21	0.4	9	7.6	3	2.411	1.263	0.57	正常
C22	0.4	9	7.6	2	2.416	1.052	0.44	正常
C23	0.4	9	7.6	1	2.414	1.138	0.26	正常
C24	0.35	10	7.6	3	2.414	1.162	0.68	正常
C25	0.35	10	7.6	2	2.411	1.284	0.48	正常
C26	0.4	10	7.9	1	2.391	1.697	0.75	正常
C27	0.4	10	7.9	2	2.396	1.470	0.74	正常
C28	0.4	9	7.9	2	2.410	1.316	0.52	正常

趋势。并且通过对本次试验的试件斜坡流淌试验后的形态观察, 7.6%、7.9%、甚至8.2%的油石比, 级配指数0.3~0.43, 矿粉用量9%、10%、11%, 即便出现较大的斜坡流淌值, 试件没有坍塌、开裂、掉角, 试件的完好性比较理想, 可以认为, 减少人工砂中0.15mm以下细粉含量对防渗层质量控制是有利的。在研究过程中初步选定级配指数0.4、填料含量9%、油石比7.6%, 人工砂0.15以下含量3%与C21相同的在配料方式, 进行拉伸与小梁弯曲试验, 得到弯曲应变(≥2.5%)为3.72%, 拉伸强度为2.78MPa, 拉伸应变(≥1%)为1.48%, 拉伸强度1.37MPa, 完全满足设计要求并且具有巨大的弹性空间。根据初步结果, 可知控制粒径0.15mm以下含量的基础上, 可以给沥青混凝土性能提供较大的弹性空间, 目前来说最起码在密度、孔隙率、斜坡流淌值、小梁弯曲、拉伸是这样的, 对于酸性骨料沥青混凝土实际现场施工的工作性具有重要意义, 也是减少与碱性骨料沥青混凝土差距的重要组成部分。

五、酸性细骨料的关键性粒径在实际施工中的应用与验证

通过室内试验的大量探索与研究, 最终还是要通过现场实际施工成果检验的, 随机挑选了13天, 分别对密度、孔隙率、斜坡流淌值(室内成型)、弯曲应变(2℃变形速率0.5mm/min; ≥2.5%)、拉伸应变(2℃0.34mm/min; ≥1.0%)、冻断温度(≤-25℃)、水稳系数(≥0.9)、柔性试验(圆盘试验)进行了统计分析, 保证酸性骨料人工砂0.15mm粒径小于等于3%或者合成级配中0.15mm粒径通过率不大于12%(矿粉用量9%)。

通过分析, 各项指标都能满足设计技术要求, 并且性能结果整体趋势稳定, 具有良好的可控性, 满足施工

控制指标的弹性控制要求, 表明了酸性骨料在水工沥青混凝土方面的实用性与适应性。

结论

(1) 片麻状闪长岩骨料大量运用到山东沂蒙抽水蓄能电站防渗层面板, 对于酸性骨料在水工沥青混凝土方面的应用是一个巨大的推动, 通过研究发现减少人工砂中0.15mm粒径以下细粉含量对防渗层质量控制是有利的。经过筛选、对比、分析确定在本工程中片麻状闪长岩拟合配比0.15mm粒径以下含量小于等于3%(不含矿粉), 片麻状闪长岩人工砂中0.15mm粒径以下含量小于等于6%是可以满足水工沥青混凝土的各项性能要求的。

(2) 根据丁补荣等按照级配指数确定的理论合成级配, 是可以通过人为干预调整各级粒径通过率的, 本工程中推荐的理论合成级配与按照丁补荣公式计算的合成级配在0.3mm、0.15mm两个粒径通过率存在差异, 且都低于计算合成级配, 这与本文降低0.15mm粒径通过率的作用是一致的。

(3) 在粗略确定配合比与分析沥青混凝土性能过程中, 对于选择筛选指标是十分重要的, 选择正确的筛选指标对节省时间与资源有重要意义。本文分析水工沥青混凝土性能就是以密度、孔隙率、斜坡流淌值、外观作为筛选指标, 这给解决多指标控制问题提供新的思路。初步选定级配指数0.4、填料含量9%、油石比7.6%的配合比也是通过此思路完成的。

(4) 酸性骨料在沥青混凝土防渗面板的应用, 根据山东沂蒙抽水蓄能电站上水库工程的经验, 是可行的且具有重要经济意义的。

参考文献

- [1] 孟霄.《沥青混凝土斜坡流淌值影响因素分析》, 水电能源科学, 2019.
- [2] 刘增宏, 郝巨涛.《宝泉沥青混凝土面板防渗层斜坡流淌值试验研究》.
- [3] 吴立新.《水工沥青混凝土防渗面板的热稳定性》, 石油沥青, 1994.
- [4] 冉红彬, 张丽.《西龙池电站上水库面板沥青混凝土配合比设计》, 水利水电施工, 2007.
- [5] 汤用全, 张小华.《土石坝沥青混凝土防渗体施工技术》, 水利水电出版社, 2018.