

UDC

中华人民共和国行业标准



P

CJJ/T 208 - 2014
备案号 J 1830 - 2014

磷矿尾矿砂道路基(垫)层施工及 质量验收规范

Code for construction and quality acceptance of phosphate
tailing ore of road base (pad) layer

2014 - 06 - 05 发布

2014 - 12 - 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

**磷矿尾矿砂道路基(垫)层施工及
质量验收规范**

Code for construction and quality acceptance of phosphate
tailing ore of road base (pad) layer

CJJ/T 208 - 2014

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
施行日期：2 0 1 4 年 1 2 月 1 日

中国建筑工业出版社

2014 北 京

中华人民共和国行业标准
磷矿尾矿砂道路基(垫)层施工及质量验收规范
Code for construction and quality acceptance of phosphate
tailing ore of road base (pad) layer
CJJ/T 208 - 2014

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 1 $\frac{3}{4}$ 字数: 45 千字

2014 年 9 月第一版 2014 年 9 月第一次印刷

定价: **10.00 元**

统一书号: 15112 · 23958

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 428 号

住房城乡建设部关于发布行业标准 《磷矿尾矿砂道路基（垫）层施工 及质量验收规范》的公告

现批准《磷矿尾矿砂道路基（垫）层施工及质量验收规范》为行业标准，编号为 CJJ/T 208-2014，自 2014 年 12 月 1 日起实施。

本规范由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2014 年 6 月 5 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2011 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2011〕17 号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本规范。

本规范的主要技术内容是：1. 总则；2. 材料；3. 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂基（垫）层；4. 磷矿尾矿砂垫层；5. 工程验收。

本规范由住房和城乡建设部负责管理，由锦宸集团有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至锦宸集团有限公司（地址：江苏省南京市中央路 399 号天正国际广场 10 楼，邮编：210037）。

本 规 范 主 编 单 位：锦宸集团有限公司

江苏省盐阜建设集团有限公司

本 规 范 参 编 单 位：江苏方洋集团有限公司

淮海工学院

江苏省建筑科学研究院有限公司

黑龙江省寒地建筑科学研究院

南京航空航天大学

安宜建设集团有限公司

中蓝连海设计研究院

黑龙江金厦建设开发有限公司

江苏正兴建设工程有限公司

南通大学

江苏海通建设工程有限公司

振华集团（昆山）建设工程有限公司
江苏永超建设有限公司
东南大学
厦门理工学院
湖南大学
同济大学

本规范主要起草人员：李焕军 吴方华 曹春光 张国清
闫红民 吴 瑾 张永宏 宋聚平
高俊彪 成 军 彭玉明 朱广祥
何 亮 高公略 孙群富 张亚挺
何富强 吴心航 汪 洋 赵学亮
蔡国军 颜可珍 李 祥 丁克生
黄苏成 储桂华 沈春秋 曹植忠
张宏超 唐金来 黄戴林 丁云文
张 红 魏义生 全爱华 江传仓
本规范主要审查人员：温学钧 王群依 高秋利 邓利明
梅全亭 王海云 董忠级 霍瑞琴
冯晓军 杨忠权

目 次

1	总则	1
2	材料	2
2.1	原材料	2
2.2	混合料	4
3	石灰粉煤灰磷矿尾矿砂基（垫）层	7
3.1	一般规定	7
3.2	准备工作	7
3.3	配料	8
3.4	含水量	8
3.5	拌合及运输	9
3.6	摊铺整形	9
3.7	碾压	10
3.8	养生	11
3.9	冬雨期施工	11
4	磷矿尾矿砂垫层	12
4.1	一般规定	12
4.2	含水量	12
4.3	摊铺整形	12
4.4	碾压	12
4.5	冬雨期施工	13
5	工程验收	14
	本规范用词说明	17
	引用标准名录	18
	附：条文说明	19

Contents

1	General Provisions	1
2	Material	2
2.1	Raw Materials	2
2.2	Mixture	4
3	Lime Fly Ash Tailing Sand Road Base (Pad) Layer	7
3.1	General Requirements	7
3.2	Preparation Work	7
3.3	Mixed Ingredients	8
3.4	Water Content	8
3.5	Mixing and Transport	9
3.6	Paving	9
3.7	Rolling	10
3.8	Curing	11
3.9	Construction Measures in Winter and Rainy Seasons	11
4	Tailing Sand Pad	12
4.1	General Requirements	12
4.2	Water Content	12
4.3	Paving	12
4.4	Rolling	12
4.5	Construction Measures in Winter and Rainy Seasons	13
5	Acceptance of Engineering	14
	Explanation of Wording in This Code	17
	List of Quoted Standards	18
	Addition; Explanation of Provisions	19

1 总 则

1.0.1 为促进磷矿尾矿砂在城镇道路基（垫）层工程中的综合利用，确保城镇道路工程的施工质量，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于城镇道路磷矿尾矿砂基层、垫层工程的施工及质量验收。

1.0.3 磷矿尾矿砂的应用应符合国家环境保护的相关要求。

1.0.4 磷矿尾矿砂道路基（垫）层工程的施工及质量验收除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 材 料

2.1 原 材 料

2.1.1 道路基（垫）层用磷矿尾矿砂应符合下列规定：

1 平均粒径应大于或等于 0.1mm，粒径小于 0.075mm 的颗粒含量不应大于 30%，颗粒组成应符合表 2.1.1 的要求。

表 2.1.1 道路基（垫）层用磷矿尾矿砂颗粒组成要求

筛孔尺寸 (mm)	2.0	0.5	0.25	0.075	0.005
通过质量百分率 (%)	100%	8%~100%	20%~100%	10%~30%	0%~5%

2 其放射性指标应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 要求。

3 磷矿尾矿砂应进行细集料砂当量试验，其当量值不应小于 60%。

2.1.2 粉煤灰应符合下列规定：

1 粉煤灰中 SiO_2 、 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 的总含量宜大于 70%，在温度为 700℃时的烧失量不宜大于 10%。

2 当烧失量大于 10%时，应经试验确认混合料强度符合要求时，方可采用。

3 细度应满足 90%通过 0.3mm 筛孔，30%通过 0.075mm 筛孔，比表面积宜大于 2500 cm^2/g 。

2.1.3 石灰应符合下列规定：

1 宜采用 I 级~III 级的新灰，石灰的技术指标应符合表 2.1.3 的规定。

2 应缩短石灰的存放时间。当石灰在野外堆放时间较长时，应采取防潮措施。对储存较久或经过雨期的消解石灰应先经过试验，根据活性氧化钙和氧化镁的含量确定使用办法。当不满足要

求时，不得使用。

表 2.1.3 石灰技术指标

类别 指标 项目		钙质生石灰			镁质生石灰			钙质消石灰			镁质消石灰		
		等 级											
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
有效氧化钙＋氧化镁 含量（％）		≥85	≥80	≥70	≥80	≥75	≥65	≥65	≥60	≥55	≥60	≥55	≥50
未消化残渣含量（5mm 圆孔筛的筛余）（％）		≤7	≤11	≤17	≤10	≤14	≤20	—	—	—	—	—	—
含水量（％）		—	—	—	—	—	—	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4
细 度	0.71mm 方孔筛 的筛余（％）	—	—	—	—	—	—	0	≤1	≤1	0	≤1	≤1
	0.125mm 方孔筛 的筛余（％）	—	—	—	—	—	—	≤13	≤20	—	≤13	≤20	—
钙镁石灰的分类界限， 氧化镁含量（％）		≤5			>5			≤4			>4		

2.1.4 水泥应符合下列规定：

1 应选用强度等级 32.5 级、42.5 级的普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥，初凝时间应大于 3h，终凝时间不应小于 6h，其他性质应符合国家现行有关标准的要求。

2 水泥应有出厂合格证与生产日期，复验合格方可使用。

3 不应使用快硬水泥、早强水泥和受潮变质的水泥。当水泥贮存期超过 3 个月或受潮时，应进行性能试验，合格后方可使用。

2.1.5 水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。宜采用饮用水及不含油类杂质的清洁中性水，pH 值宜为 6~8。

2.1.6 原材料试验要求应符合表 2.1.6 的规定。

表 2.1.6 原材料的试验要求

材料名称	试验项目	目 的	频 度	试验方法
磷矿尾矿砂	粒径	确定是否适用	做材料组成设计前测 1 个样品	《公路工程集料试验规程》JTG E42
石灰	有效氧化钙、氧化镁	确定石灰质量	做材料组成设计和生产使用时分别测 2 个样品,以后每月测 2 个样品	《建筑石灰试验方法 第 2 部分:化学分析方法》JC/T 478.2
水泥	水泥强度等级、终凝时间和安定性	确定水泥的质量是否符合本规范要求	做材料组成设计时测 1 个样品,料源或强度等级变化时重测	《水泥胶砂强度检验方法 (ISO 法)》GB/T 17671 《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》GB/T 1346
粉煤灰	$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 含量测定;烧失量	确定粉煤灰是否适用	做材料组成设计前测 2 个样品	《建材用粉煤灰及煤矸石化学分析方法》GB/T 27974

2.2 混 合 料

2.2.1 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂应采用质量配合比设计,应根据 7d 龄期无侧限抗压强度标准,通过试验确定石灰、粉煤灰的剂量及混合料的最佳含水量。石灰粉煤灰磷矿尾矿砂的压实度与 7d 龄期抗压强度应符合表 2.2.1 的规定。

表 2.2.1 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂的压实度与 7d 龄期无侧限抗压强度的限值

层 位	特重、重、中型交通		轻型交通	
	压实度 (%)	抗压强度 (MPa)	压实度 (%)	抗压强度 (MPa)
基层	—	—	≥96	≥0.6
底基层	≥96	≥0.6	≥95	≥0.5
垫层	≥95	≥0.5	—	—

2.2.2 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂的配合比设计应按下列步骤进行:

1 根据设计要求配出 5 组试配混合料。石灰:粉煤灰:磷矿尾矿砂的配合比宜为(7~9):(20~24):70。

2 采用重型击实试验法确定试配混合料的最佳含水量和最大干密度。

3 按本规范表 2.2.1 规定的压实度,分别计算不同配合比的试件应有的干密度。

4 按最佳含水量和计算得到的干密度制备混合料强度试件,并进行平行强度试验,作为平行试验的试件数量应符合表 2.2.2 中的规定。如试验结果的偏差系数大于表中规定值,应重做试验。如不能降低偏差系数,则应增加试件数量。

表 2.2.2 最少试件数量 (件)

偏差系数	<10%	≥10%且<15%	≥15%且≤20%
试件数量	6	9	13

5 试件在规定温湿度条件下保湿养生 6d,用水浸泡 24h 后,按现行行业标准《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51 进行无侧限抗压强度试验。

6 按下列公式计算混合料试件强度的平均值和偏差系数:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n}{n} \quad (2.2.2-1)$$

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{R} - R_i)^2 / (n-1)} \quad (2.2.2-2)$$

$$C_v = S/\bar{R} \quad (2.2.2-3)$$

式中: $\bar{R}$ ——试件抗压强度平均值 (MPa);

R_i ——第 i 块试件抗压强度值 (MPa);

n ——同批试件数量;

S ——标准差;

C_v ——试验结果的偏差系数 (以小数计)。

7 根据设计的强度要求选定混合料的配合比。在此配合比

下试件室内试验结果的平均抗压强度 $\bar{R}$ 应符合式 (2.2.2-4) 的要求。

$$\bar{R} \geq R_d / (1 - Z_\alpha C_v) \quad (2.2.2-4)$$

式中: R_d ——设计抗压强度 (MPa);

Z_α ——标准正态分布表中随保证率 (或置信度 α) 而改变的系数, 城市快速路和城市主干路应取保证率 95%, 即 $Z_\alpha = 1.645$; 其他道路应取保证率 90%, 即 $Z_\alpha = 1.282$ 。

8 为提高石灰粉煤灰磷矿尾矿砂的早期强度, 可外加 1%~3% 的水泥替代石灰。

3 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂基（垫）层

3.1 一般规定

3.1.1 道路基（垫）层应在路基强度及沉降速率满足设计要求后方可施工。正式施工前，应进行长度不小于 100m 的道路试验段。

3.1.2 基（垫）层材料的摊铺宽度应为设计宽度两侧加施工必要的附加宽度。

3.1.3 基（垫）层施工中严禁用贴薄层方法整平修补表面。

3.2 准备工作

3.2.1 新建道路路床质量应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的有关规定。

3.2.2 各种原材料试验应符合本规范第 2.1.6 条的规定。

3.2.3 应根据工程进度按计划集中备料，并根据工程进度、运输距离、拌合速度、摊铺速度等因素确定材料进场的时间、数量，以取得最佳的施工效率。

3.2.4 磨细生石灰，可不经消解直接使用；块灰应在使用前 2d~3d 完成消解，未能消解的生石灰块应筛除，消解石灰的粒径不得大于 10mm；钙质石灰应在用灰前 7d、镁质石灰应在用灰前 10d 加水充分消解，严禁随消解随使用。消解石灰应控制好用水量，使石灰能充分消解，并应保持含水量在 25%~35%。消解生石灰用水量可为生石灰重量的 65%~80%。

3.2.5 当湿排粉煤灰含水量大于 40%时，应堆高沥水，干排粉煤灰应加水湿润，其含水量均宜保持在 25%~35%，并应防止雨淋或灰粉飞扬。

3.3 配 料

3.3.1 配料应根据混合料质量比、一次拌合混合料总干质量和各种原材料含水量，用质量法算出各种原材料的湿料质量，按各湿料质量称料掺配成混合料。原材料湿重可按下式计算：

$$A = Q \cdot P \cdot (1 + w) \quad (3.3.1)$$

式中：A——原材料湿重 (t)；

Q——一次拌合混合料计算干重 (t)；

P——原材料干重与混合料总干重之比 (%)；

w——原材料含水量 (%)。

3.3.2 根据原材料含水量变化应随时计算调整各种材料用量。

3.4 含 水 量

3.4.1 在施工中，当混合料的含水量小于最佳含水量时，应适量加水。加水量和加水次数应根据施工时气候条件和原材料含水量而定，加水后混合料含水量宜高于最佳含水量 1%~2%。

3.4.2 厂拌宜采用压力喷头均匀喷洒，可随拌随加水。

3.4.3 混合料的加(减)水量应根据混合料湿重、实际含水量和最佳含水量等数据计算，加(减)水量应按下式计算：

$$B \geq Q \cdot (w_0 - w) / (1 + w) \quad (3.4.3)$$

式中：B——加(减)水量 (t)；式中“+”号为加水质量，“-”号为减水质量；

Q——混合料湿重 (t)， $Q = q_1 + q_2 + \dots$ ；

w_0 ——混合料最佳含水量 (%)；

w——混合料实际含水量 (%)， $w = Q / [q_1 / (1 + w_1) + q_2 / (1 + w_2) + \dots] - 1$ ；

$q_1, q_2, \dots$ ——各种原材料湿质量 (t)；

$w_1, w_2, \dots$ ——各种原材料含水量 (%)。

3.5 拌合及运输

3.5.1 混合料应采用搅拌厂集中拌制，并宜采用强制式搅拌机搅拌，搅拌时应先将石灰、粉煤灰搅拌均匀，再加入磷矿尾矿砂和水搅拌均匀。

3.5.2 混合料在贮存场所存放时间及现场完成作业时间应通过延迟时间试验确定。

3.5.3 搅拌厂应向现场提供产品合格证及石灰活性氧化物含量、混合料配合比及 7d 无侧限抗压强度标准值的资料。

3.5.4 工程实际采用的石灰剂量应比室内试验确定的剂量增加 0.5%~1.0%。

3.5.5 在材料运输及堆存过程中宜采用帆布等材料覆盖，运至现场的材料，应防止雨淋或飞扬。

3.6 摊铺整形

3.6.1 应将拌合均匀、含水量符合要求的混合料按设计断面和松铺厚度均匀地铺于路床内。混合料松铺厚度可按下列公式计算：

$$H = h \cdot K \quad (3.6.1-1)$$

$$K = \rho_d / \rho_c \quad (3.6.1-2)$$

式中： H ——混合料松铺厚度 (mm)；

h ——混合料基层每层压实厚度 (mm)；

K ——松铺系数，石灰粉煤灰磷矿尾矿砂松铺系数宜由试铺确定，当采用厂拌、机械摊铺的方式施工时，应根据当地经验选取，可取 1.2~1.4；

ρ_d ——某种摊铺方式下，混合料干松密度 (t/m^3)；

ρ_c ——混合料压实干密度 (t/m^3)。

3.6.2 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂基层施工时，宜采用机械摊铺，摊铺应均匀，应控制基层厚度和高程，其路拱横坡应与面层一致。

3.6.3 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂在摊铺前其含水量宜比最佳含水量高 1% 以内。

3.6.4 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂基层应分层铺筑，每层的最小压实厚度不应小于 100mm，最大压实厚度不应超过 200mm。

3.7 碾 压

3.7.1 应采用先轻型、后重型压路机碾压。每层的压实厚度可根据试验适当增加。

3.7.2 应在混合料处于最佳含水量或比最佳含水量大 1% 以内时进行碾压。

3.7.3 碾压时，可先用履带式或 12t 轮胎式压实机械稳压 1 遍~2 遍，再用大于 18t 轮胎驱动单轮振动压路机振压 4 遍~6 遍，最后用胶轮压路机终压 1 遍~2 遍。具体的碾压遍数应由道路试验段的试验结果确定。

3.7.4 当采用两轮压路机碾压时，每次应重叠 1/3 轮宽；当采用三轮压路机碾压时，每次应重叠 1/2 后轮宽。初压时，碾压速度宜为 20m/min~30m/min；碾压初步稳定后，振动压路机碾压速度宜为 60m/min~100m/min。直线段和不设超高的平曲线段应由两侧向中心碾压；设超高的平曲线段应由内侧向外侧碾压。

3.7.5 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂基层碾压应压至混合料基层表面平整、无明显轮迹，且达到要求的压实度。

3.7.6 在碾压过程中如出现弹簧或松散、起皮、推移等现象时，应及时翻开晾晒或换新混合料重新碾压。

3.7.7 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂宜在铺设当天完成碾压；当外加水泥时，应缩短碾压时间，且不应超过水泥的初凝时间。

3.7.8 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂基层施工不宜有纵向接缝。当分幅施工时，纵缝应设直茬。

3.7.9 在有检查井、缘石等不易压实的部位，应配备火力夯等小型夯压机具，对大型碾压机械碾压不到或碾压不实之处，应进行人工补压或夯实。

3.7.10 压路机或车辆不得在刚压实或正在碾压的基层上转弯、调头或刹车。

3.8 养 生

3.8.1 压实成型并经检验符合标准的石灰粉煤灰磷矿尾矿砂基层，必须保湿养生。养生期应根据季节确定，常温下不宜少于 7d。

3.8.2 养生期间宜封闭交通，需通行的机动车辆应限速，应采取保护措施，严禁履带车辆通行。

3.8.3 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂基层在达到设计规定的设计强度后，方可在其上铺筑沥青面层或其他结构层。

3.8.4 混合料的养生，也可在下层混合料压实后，立即喷洒乳化沥青养生。

3.9 冬雨期施工

3.9.1 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂宜在春末和夏季组织施工。施工期的日最低气温应在 5℃ 以上，并应在第一次重冰冻（-3℃～-5℃）到来之前 30d～45d 完成。

3.9.2 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂基层宜避开主汛期施工。雨期施工应利用地形与既有排水设施，或开挖临时排水沟等防雨和排水措施，应集中力量分段施工，并应在雨前碾压密实，对软土地段或低洼之处，应先行施工。

3.9.3 粉煤灰、石灰、磷矿尾矿砂等原材料一次备料不宜太多，各种材料应分开堆放，严禁各种材料混杂，材料周围应设排水沟。对于搅拌厂，搅拌成品应采取防雨淋措施。

3.9.4 摊铺段不宜过长，并应当日摊铺、当日碾压。

3.9.5 对已摊铺好的混合料应在下雨前进行初压，并应防止雨水浸入石灰粉煤灰磷矿尾矿砂，雨停后再碾压密实。

4 磷矿尾矿砂垫层

4.1 一般规定

4.1.1 磷矿尾矿砂垫层层顶应设置一层山场碎石土垫层封层，厚度不宜小于 30cm。

4.1.2 当磷矿尾矿砂用于道路垫层时，宜为路堑式路基；当在路堤式路基中使用时，必须采取黏土包边的处理措施。

4.2 含水量

4.2.1 垫层施工时，当磷矿尾矿砂中水分过多时，应晾晒风干。

4.2.2 当磷矿尾矿砂含水量小于最佳含水量时，应适量加水，并使使加水后磷矿尾矿砂的含水量高于最佳含水量 2%~4%。

4.3 摊铺整形

4.3.1 应将拌合均匀、含水量符合要求的磷矿尾矿砂按设计断面和松铺厚度均匀铺于路床内。

4.3.2 磷矿尾矿砂垫层宜采用履带式推土机摊铺找平。

4.3.3 磷矿尾矿砂垫层摊铺整形后应及时进行压实。

4.4 碾压

4.4.1 磷矿尾矿砂垫层每次摊铺和碾压厚度，应根据压路机械的压实重量确定。每层最大压实厚度不应超过 300mm，最小压实厚度不应小于 100mm。当垫层厚度超过 300mm 时，应分层碾压。

4.4.2 当磷矿尾矿砂含水量符合要求时，应先采用履带式或轮胎式压实机械稳压 1 遍~2 遍，再用大于 18t 轮胎驱动单轮振动压路机碾压 3 遍~6 遍，最后用胶轮压路机终压 2 遍~3 遍。

- 4.4.3** 碾压应按本规范第 3.7.4 条的规定处理。
- 4.4.4** 磷矿尾矿砂垫层碾压后表面应无明显轮迹。
- 4.4.5** 在碾压过程中出现弹簧和松散、起皮、推移等现象时，应及时翻开晾晒或换新混合料重新碾压。
- 4.4.6** 在有检查井、缘石等设施的城市道路上碾压磷矿尾矿砂，在不易压实的部位，应配备火力夯等小型夯压机具，对大型碾压机械碾压不到或碾压不实之处，应进行人工补压或夯实。
- 4.4.7** 压路机或车辆不得在碾压好的垫层上转弯、调头或刹车。

4.5 冬雨期施工

- 4.5.1** 雨期施工应集中力量分段施工。各段磷矿尾矿砂垫层应边摊铺，边碾压，并应在下雨前碾压密实，路床应开挖临时排水沟排泄雨水。
- 4.5.2** 磷矿尾矿砂一次备料不宜太多，并应大堆存放，周围应设置排水沟。

5 工程验收

5.0.1 施工中应建立材料试验、施工质量检查验收等制度。每道工序完成后均应进行检验，确认合格后方可进行下道工序施工，原始记录应齐全。

5.0.2 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂基（垫）层质量要求应符合表 5.0.2-1 和表 5.0.2-2 的规定。

表 5.0.2-1 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂基（垫）层主控项目

项 目	质量标准	检查要求
石灰	符合本规范第 2.1.3 条	每批质量相同的石灰视数量多少检查 1 次~3 次
石灰剂量偏差	+2%~-1%	每拌合作业段检验不得少于 1 次，并小于 1000m ² ；或配料时精确控制石灰用量
粉煤灰	符合本规范第 2.1.2 条	每批质量相同的粉煤灰应检验 1 次~3 次
水	符合本规范第 2.1.5 条	每个水样应检验 1 次~3 次
混合料拌合均匀度	颜色均匀，无夹心，无大于 10mm 石灰粉煤灰团粒	每拌合作业段不得少于 1 处，并小于 1000m ²
混合料摊铺成型时含水量偏差	±1%	每拌合作业段不得少于 1 处，并小于 1000m ²
混合料抗压强度	符合本规范第 2.2.1 条	每 2000m ² 抽检一组（6 块）
压实度	符合本规范第 2.2.1 条	每 1000m ² 、每压实层抽检 1 点。 检测方法：环刀法、灌砂法或灌水法

表 5.0.2-2 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂基（垫）层一般项目

项 目	质量标准	检查要求
外观	表面应平整、坚实，无明显轮迹、推移、裂缝，接茬平顺，无贴片、散料	目测
厚度（mm）	无联络层时 $\pm 10\text{mm}$ ， 有联络层时 $\pm 15\text{mm}$	每 1000m^2 检验不得少于 1 处。 检测方法：用钢尺量
宽度（mm）	不小于设计宽度 + B	每 40m 检验 1 处，用钢尺量
横坡	不大于 $\pm 0.3\%$ 且不反坡	路宽 $< 9\text{m}$ ，每 20m 检验 2 点；路宽 $9\text{m} \sim 15\text{m}$ ，每 20m 检验 4 点；路宽 $> 15\text{m}$ ，每 20m 检验 6 点。 检测方式：用水准仪测量
平整度（mm）	基层： $\leq 10\text{mm}$ 底基层： $\leq 15\text{mm}$	路宽 $< 9\text{m}$ ，每 20m 检验 1 点；路宽 $9\text{m} \sim 15\text{m}$ ，每 20m 检验 2 点；路宽 $> 15\text{m}$ ，每 20m 检验 3 点。 检测方式：用 3m 直尺和塞尺连续量两尺，取较大值
纵断高程（mm）	基层： $\pm 15\text{mm}$ 底基层： $\pm 20\text{mm}$	用水准仪测量，每 20m 一个测点
中线偏位（mm）	$\leq 20\text{mm}$	用经纬仪测量，每 100m 一个测点

注：表中“设计宽度 + B ”，其中的“设计宽度”为设计图纸上标注的基（垫）层宽度， B 为保证基（垫）层的压实度而在设计宽度两侧增加施工宽度。

5.0.3 磷矿尾矿砂垫层的质量与检查验收应符合表 5.0.3-1、表 5.0.3-2 的规定。

表 5.0.3-1 磷矿尾矿砂垫层主控项目

项 目	质量标准	检查要求
压实度	中型交通 $\geq 93\%$ ；轻型交通 $\geq 90\%$	每 1000m^2 、每压实层抽检 1 组（3 点）。 检验方法：灌砂法（《土工试验方法标准》GB/T 50123）

表 5.0.3-2 磷矿尾矿砂垫层一般项目

项目	允许偏差	检验频率			检验方法	
		范围 (m)	点数			
垫层纵断高程 (mm)	-20 +10	20	1		用水准仪测量	
垫层中线偏位 (mm)	≤30	100	2		用经纬仪、钢尺量取 最大值	
垫层平整度 (mm)	≤15	20	路宽 (m)	<9	1	用 3m 直尺和塞尺连 续量两次，取较大值
				9~15	2	
				>15	3	
垫层宽度 (mm)	不小于设计 值+B	40	1		用钢尺量	
垫层横坡	±0.3% 且不反坡	20	路宽 (m)	<9	2	用水准仪测量
				9~15	4	
				>15	6	
厚度 (mm)	不小于设计 规定	200	路宽 (m)	<9	2	用钢尺量
				9~15	4	
				>15	6	
边坡	不陡于设计值	20	2		用坡度尺量，每侧 1点	

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》
GB/T 1346
- 2 《建筑材料放射性核素限量》GB 6566
- 3 《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》GB/T 17671
- 4 《建材用粉煤灰及煤矸石化学分析方法》GB/T 27974
- 5 《土工试验方法标准》GB/T 50123
- 6 《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1
- 7 《公路工程集料试验规程》JTG E42
- 8 《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51
- 9 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 10 《建筑石灰试验方法 第2部分：化学分析方法》JC/
T 478.2

中华人民共和国行业标准

磷矿尾矿砂道路基（垫）层施工及
质量验收规范

CJJ/T 208 - 2014

条 文 说 明

制 订 说 明

《磷矿尾矿砂道路基（垫）层施工及质量验收规范》CJJ/T 208-2014 经住房和城乡建设部 2014 年 6 月 5 日以第 428 号公告批准、发布。

本规范编制过程中，编制组进行了全国磷矿尾矿砂分布和性质的调查研究，总结了我国道路工程建设的实践经验；通过“陇海西路工程试点工程”（2004 年）取得了磷矿尾矿砂可以在道路基（垫）层中应用的一系列重要技术参数；通过试验“锦屏磷矿尾矿渣放射性测试评估”（2009 年）取得了磷矿尾矿砂的天然放射性含量符合国家相关规定的要求。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《磷矿尾矿砂道路基（垫）层施工及质量验收规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1	总则	22
2	材料	26
2.1	原材料	26
2.2	混合料	36
3	石灰粉煤灰磷矿尾矿砂基（垫）层	42
3.1	一般规定	42
3.4	含水量	42
3.5	拌合及运输	42
3.6	摊铺整形	42
3.7	碾压	42
3.8	养生	43
3.9	冬雨期施工	43
4	磷矿尾矿砂垫层	44
4.1	一般规定	44
4.2	含水量	44
4.3	摊铺整形	44
4.4	碾压	45
4.5	冬雨期施工	45
5	工程验收	46

1 总 则

1.0.1 磷矿尾矿砂是磷矿石经选矿后排出的多种固体废弃物，集中堆积在尾矿库。尾矿库指筑坝拦截谷口或围地构成的，用以堆存金属或非金属矿山进行矿石选别后排出尾矿或其他工业废渣的场所，是一个具有高势能的人造泥石流危险源，存在溃坝危险，一旦失事，容易造成重特大事故。近年来，我国尾矿库事故时有发生，给人民生命财产造成了极大威胁，总体安全形势不容乐观。对尾矿库进行综合治理尤为重要。

目前，全国的磷矿主要分布在云南、贵州、四川、江苏、湖北和湖南，目前磷化工矿山尾矿库主要分布在云南、贵州和湖北。较大的尾矿库（原矿规模 200 万 t/a 及以上）有江苏锦屏磷矿云磷集团曹家沟尾矿库、小麦地尾矿库、头石山尾矿库、云天化安宁马屋箐尾矿库、湖北大峪口龙会冲尾矿库、洋丰中磷莲花山尾矿库、贵州瓮福集团白岩尾矿库和贵州开阳磷矿尾矿库。锦屏磷矿经过近五十年的开采、选矿，已产生 1200 万立方磷矿尾矿砂，大量的尾矿渣长期堆放不仅占用土地、污染水土，也是一个安全隐患，在 2000 年被列为江苏省十大环境隐患之一，每年都作为防洪的重点，如何治理一直成为政府的重要任务。

我国磷矿尾矿砂的储存量为 3000 多万立方米，综合利用率仅 7% 左右，大量磷矿尾矿砂长期堆放在尾矿库，占用大量土地。再则，尾矿库的堤坝的日常管理和维护不仅消耗大量的资金，同时也容易产生滑坡或溃坝等恶性事故，危害人民生命财产安全。

2011 年 7 月 1 日起施行的《尾矿库安全监督管理规定》第十九条规定：尾矿库应当每三年至少进行一次安全现状评价。安全现状评价应当符合国家标准或者行业标准的要求。尾矿库的安

全与稳定越来越重要。

尾矿大量囤积已成为制约矿山可持续发展、危害矿区及周边生态环境的重要因素，对其综合利用已成为发展经济和保护环境的必然选择。在资源日趋枯竭的今天，磷尾矿作为二次资源，对其进行合理开发利用，不仅能产生一定的经济效益，而且对于保护环境，实施可持续发展战略具有重要的社会意义。磷矿尾矿库的利用涉及地质与资源、矿山工程、环境保护、景观美学、生物生态等多门学科。由于尾砂的平均粒径较小，力学指标相对较差，磷矿尾矿砂虽可用于制砖等，实施较为困难且用量偏少，将磷矿尾矿砂大量用作筑路材料，代替日益紧缺的砂石材料，既能消耗磷矿尾矿砂，又能产生附加值、带来经济效益，具有化害为利、变废为宝之效，符合当前节能减排、保护环境、利国利民的大政方针。

通过对锦屏磷矿等磷矿尾矿砂的工程特性的分析，探索了磷矿尾矿砂在道路工程中应用的可能性，并铺筑试点工程。结果表明：磷矿尾矿砂是一种很有应用前景的新的道路填筑材料，其不仅可以直接代替部分山场碎石土作为垫层材料，而且还可以和石灰、粉煤灰配置成石灰粉煤灰砂代替部分石灰粉煤灰碎石基层。并可用磷矿尾矿砂直接代替石粉用于排水管道沟槽回填。这对于提高工程质量、消除弃渣公害、开创文明施工环境、降低工程造价等方面都具有良好的经济效益、社会效益。

1.0.2 磷矿尾矿砂颗粒大一些，在道路基（垫）层上相对好利用一些，江苏省连云港锦屏磷矿所排出的磷矿尾矿砂平均粒径为0.169mm，试验路段也以锦屏磷矿尾矿砂为例，云南、贵州、湖北等地的磷矿尾矿砂颗粒偏小，其力学性质差一些，可在试验基础上参照使用。

石灰粉煤灰磷矿尾矿砂属于石灰粉煤灰稳定类材料，又属于石灰稳定类材料。使用范围参照《城镇道路路面设计规范》CJJ 169-2012第4.3.3条确定的，实际工程验证了使用范围的合理性。

本规范着重规定磷矿尾矿砂用于各级城市道路。

1.0.3 本条主要指磷矿尾矿砂在使用过程中是否对环境造成污染，从磷矿尾矿砂的化学成分进行分析。

1 磷矿尾矿砂在灼燃 1000℃ 高温后，其化学成分见表 1。

表 1 磷矿尾矿砂的主要化学成分 (%)

SiO ₂	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P	Mn	K
11.84	12.51	32.77	3.09	2.07	0.71	0.73	0.71

注：此数据由锦屏磷矿提供，南京大学现代分析中心检测。

2 磷尾矿矿物成分检测的 XRD 衍射图谱如图 1 所示。由图 1 可以得出：锦屏磷尾矿的矿物成分中主要矿物为白云石、方解石，其次为石英及白云母，含少量的磷灰石及选矿加入的碳酸钠等，且白云母、方解石、白云石等矿物均具有发育比较完全的解理，因而磷尾矿不适合作为结构材料使用。磷矿尾矿砂中钙、镁、硅含量较高，钙和镁以矿物形态存在于磷矿尾矿砂中，以 CaCO₃ 和 MgCO₃ 形态出现，硅元素以 SiO₂ 形态出现。CaCO₃ 和 MgCO₃ 通常情况下均为惰性物质，只有在高温条件下（大于 500℃ 以上）才能开始逐步分解形成游离 CaO、MgO 及 CO₂，使基（垫）层膨胀开裂，而在道路基（垫）层中不会出现大于 500℃ 的条件，所以膨胀开裂现象一般不会发生。

3 磷尾矿资源的化学成分特征

磷尾矿的化学成分随着磷矿的成因类型不同而呈现出显著的差异。对于沉积磷块岩矿床和沉积变质磷灰石矿床的尾矿，由于其成因上的关联性，尾矿的化学成分存在着一定的相似性，都是以 CaO、MgO、LOI（主要为 CO₂）为主要成分，SiO₂、Al₂O₃ 的含量相对较少。但由于沉积变质磷灰石矿床是在沉积磷块岩矿床的基础上经过变质而形成，因此，两者的尾矿间又存在着一定的差异，主要表现在长英质（SiO₂、Al₂O₃）的成分有一定的富集；而对于内生的岩浆岩型磷灰石矿床，其尾矿中除 CaO 含量比较高外，SiO₂ 的含量也相当高，MgO 的含量却比较低（如表

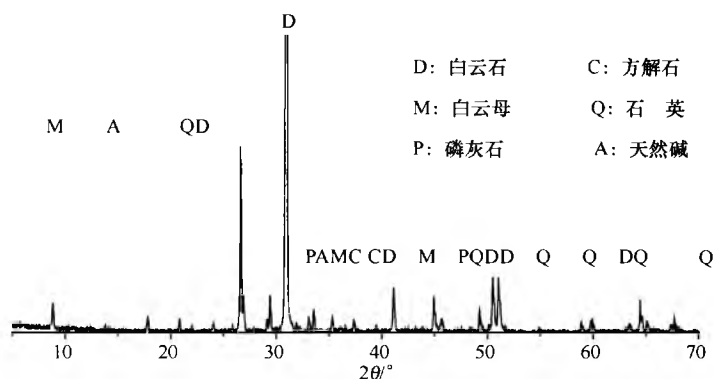


图 1 磷尾矿的 XRD 图谱

2 所示)。

表 2 不同类型磷尾矿化学成分对比

磷矿类型		P ₂ O ₅	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	LOI
沉积磷块岩矿床	湖北	5.96	—	0.67	0.73	35.34	19.05	1.21	—	35.88
	云南	5.67	6.84	6.15	0.69	31.48	16.43	—	—	36.56
内生磷灰石矿床	山西	—	54.29	0.91	0.67	37.24	0.71	0.95	0.29	3.95
沉积变质磷灰岩矿床	江苏	—	13.20	2.03	1.90	26.30	15.00	0.72	0.17	33.57

能造成环境污染主要为 P₂O₅，经过提取后剩余微量的 P₂O₅ 存在于稳定的固体颗粒中，不会溢出的，对环境构成不了污染。

1.0.4 在原材料的检测、混合料的检测、施工程序和要求、验收要求等方面还应符合国家现行市政与公路有关标准的规定。

2 材 料

2.1 原 材 料

2.1.1 本条对磷矿尾矿砂的要求是按照当前各磷矿尾矿资源的颗粒级配及放射性,通过用于道路的可行性试验验证,作出的规定。

1 磷尾矿资源的颗粒级配特征

分选磷尾矿的颗粒级配特征主要取决于磷矿中有用的矿石矿物的颗粒大小,磷矿的分选要保证绝大部分矿石矿物以单体形式出现。对于内生的岩浆岩型磷灰石矿床,由于矿物的结晶程度通常较粗,因此分选后产生的磷矿的尾矿的颗粒也相对较粗。而沉积成因的磷块岩矿床,由于其中的胶磷矿的粒径通常只有几十微米,因此在选矿过程中,通常要将这种类型的矿石粉磨到 200 目以上的粉状才能取得比较好的分选效果,因此沉积磷块岩矿床的尾矿粒级通常比较细;沉积变质磷灰岩矿床是在沉积磷块岩矿床的基础上经过一定的变质结晶而形成,因此其矿物颗粒的粒度明显较沉积磷块岩矿床中矿物的粒度粗,但常较岩浆岩型磷灰石矿床的矿物颗粒细,其尾矿通常属于细砂粒级。磷尾矿的不同颗粒级配特征影响着对磷尾矿的综合利用,平均粒径小于 0.1mm,通过试验验证用于道路的可行性。

- 1) 锦屏磷尾矿综合颗粒分析结果如表 3 所示,表中 28 组土样质量相同。由图 2 可以看出:锦屏磷尾矿的颗粒群特征呈现单峰的特征。颗粒中值粒径: $d_{50}=109\mu\text{m}$,采用加权平均推算的磷矿尾矿砂平均粒径为 0.169mm,属于细砂粒级。

表 3 锦屏磷尾矿颗粒分析试验结果

粒径范围 (mm)	2.0~ 0.5	0.5~ 0.25	0.25~ 0.075	0.075~ 0.005	<0.005	每组土样加权 平均粒径 (mm)
范围平均值 (mm)	1.25	0.375	0.163	0.04	0.0025	—
土样 1 含量 (%)	2.1	24.7	63.2	10	0	0.226
土样 2 含量 (%)	3.3	19.9	65.1	11.2	0.5	0.226
土样 3 含量 (%)	0.1	4.3	71.1	24.1	0.4	0.143
土样 4 含量 (%)	6.1	15.5	59.9	16.3	2.2	0.238
土样 5 含量 (%)	7.4	20.1	59.9	12.3	0.3	0.270
土样 6 含量 (%)	1.5	14.6	61.6	21.1	1.2	0.182
土样 7 含量 (%)	0.3	10.4	61.3	27.3	0.7	0.153
土样 8 含量 (%)	0.5	17.5	63.1	18.5	0.4	0.182
土样 9 含量 (%)	0.2	2.3	74.2	21.3	2	0.140
土样 10 含量 (%)	0.1	2.6	68.2	28.8	0.3	0.133
土样 11 含量 (%)	0	0.4	54.2	45.0	0.4	0.108
土样 12 含量 (%)	0.3	16.3	54.2	26.9	2.3	0.164
土样 13 含量 (%)	0.1	3.1	57.8	37.9	1.1	0.122
土样 14 含量 (%)	0.5	9.1	65.7	24.1	0.6	0.157
土样 15 含量 (%)	0.1	0.8	21.6	75.0	2.5	0.069
土样 16 含量 (%)	0	0.3	24.9	70.4	4.4	0.070
土样 17 含量 (%)	3.3	16.6	64.5	14.2	1.4	0.214
土样 18 含量 (%)	4.7	21	56	16.1	2.2	0.235
土样 19 含量 (%)	1.1	22.5	67.8	8.6	0	0.212
土样 20 含量 (%)	2	25.4	62.8	9.8	0	0.226
土样 21 含量 (%)	0.8	14.1	66.9	17.0	1.2	0.178
土样 22 含量 (%)	1	18.1	65.3	15.3	0.3	0.193
土样 23 含量 (%)	0.2	1.6	39.2	57.9	1.1	0.095

续表 3

粒径范围 (mm)	2.0~ 0.5	0.5~ 0.25	0.25~ 0.075	0.075~ 0.005	<0.005	每组土样加权 平均粒径 (mm)
土样 24 含量 (%)	0.2	4.1	67.2	28.3	0.2	0.138
土样 25 含量 (%)	0.2	13.2	76.7	9.9	0	0.181
土样 26 含量 (%)	0.3	5.4	58.3	32.1	3.9	0.132
土样 27 含量 (%)	0.1	7.4	78.1	13.4	1	0.161
土样 28 含量 (%)	10.1	6.5	11.3	46.3	25.8	0.188
平均含量 (%)	1.6643	11.35	58.575	26.3964	2.0143	—
总加权平均粒径 (mm)	—	—	—	—	—	0.169

注：数据由中蓝连海设计研究院提供。

磷尾矿的密度与堆积密度分别用李氏瓶和容积升测定。试验测得锦屏磷尾矿的密度为 $2.65\text{g}/\text{cm}^3$ ，堆积密度为 $1750\text{kg}/\text{m}^3$ ，磷矿尾矿砂粒径小于 0.075mm 的颗粒含量约为 30%，细度模数小于 1.5，不均匀系数为 3.67，属不良级配的细粒砂。

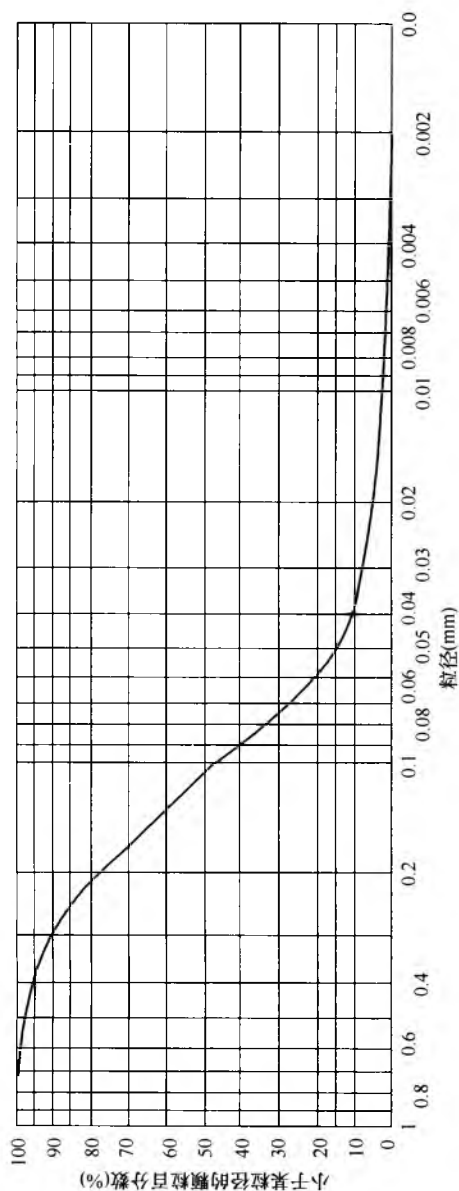
2) 云南海口磷尾矿的粒径分析

根据云南海口磷矿全尾矿的颗粒分析试验结果，采用加权平均推算的尾矿平均粒径为 0.0294mm （见表 4）。

表 4 云南海口磷尾矿的颗粒分析试验结果

尾矿粒径(mm)	0.25	0.075	0.0482	0.0223	0.0094	0.0048	0.0014
通过率(%)	100.0	96.5	81.8	58.4	23.8	15.2	4.5
粒径范围(mm)	0.250~ 0.075	0.075~ 0.0482	0.0482~ 0.0223	0.0223~ 0.0094	0.0094~ 0.0048	0.0048~ 0.0014	0.0014~ 0.000
范围平均值(mm)	0.1625	0.0616	0.0353	0.0159	0.0071	0.0031	0.0007
粒径含量(%)	3.5	14.7	23.4	34.6	8.6	10.7	4.5
粒径加权平均值 (mm)	$\Sigma \text{范围平均值} \times \text{粒径含量} / 100 = 0.0294$						

注：此表根据云南磷化集团提供数据推算。



$d_3=0.011\text{mm}$ $d_5=0.019\text{mm}$ $d_{10}=0.037\text{mm}$ $d_{15}=0.050\text{mm}$ $d_{20}=0.059\text{mm}$ $d_{30}=0.073\text{mm}$
 $d_{50}=0.109\text{mm}$ $d_{60}=0.136\text{mm}$ $d_{70}=0.169\text{mm}$ $d_{85}=0.244\text{mm}$ $d_{95}=0.383\text{mm}$
 $C_u=3.67$ $C_c=1.06$

图 2 锦屏磷尾矿综合颗粒分析曲线

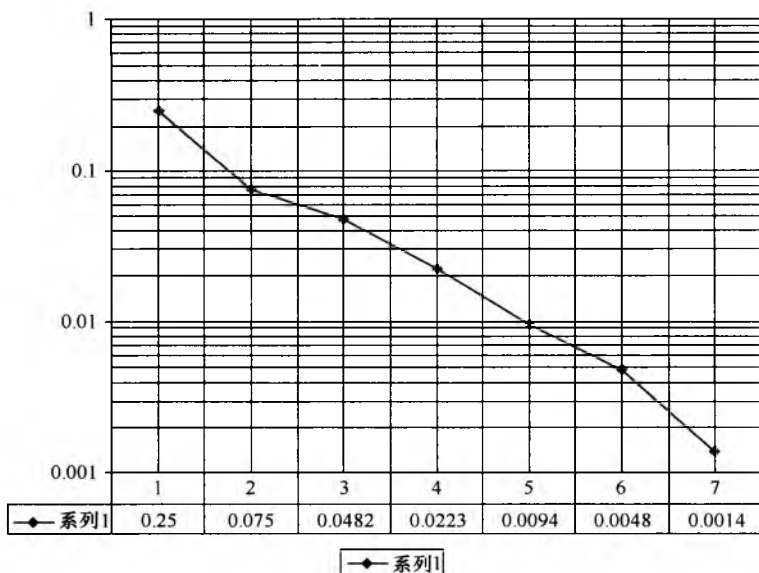


图 3 云南海口磷尾矿平均粒径分析曲线

3) 贵州瓮福白岩磷尾矿的粒径分析

根据贵州瓮福白岩磷尾矿的各土样颗粒分析试验结果，见表 5，推算的尾矿平均粒径为 0.0669mm。

表 5 贵州瓮福白岩磷尾矿的颗粒分析试验结果

抽检时间	-200 目 产率	平均粒径 (mm)	抽检时间	-200 目 产率	平均粒径 (mm)
2009-2-10	69.38	0.064	2009-11-27	59.47	0.068
2009-4-2	87.91	0.041	2010-1-29	60.72	0.068
2009-4-28	72.20	0.057	2010-2-5	57.01	0.071
2009-5-5	77.70	0.05	2010-2-9	52.03	0.075
2009-5-12	71.76	0.045	2010-2-24	60.02	0.069
2009-5-20	67.79	0.061	2010-3-14	53.84	0.074
2009-9-28	63.91	0.068	2010-3-17	64.5	0.062

续表 5

抽检时间	-200 目 产率	平均粒径 (mm)	抽检时间	-200 目 产率	平均粒径 (mm)
2010-3-31	59.95	0.07	2010-12-9	51.63	0.088
2010-4-8	43.65	0.084	2011-2-15	57.85	0.074
2010-5-10	60.67	0.069	2011-3-23	79.69	0.054
2010-5-20	61.45	0.07	2011-7-14	61.46	0.067
2010-6-3	58.77	0.069	2011-9-5	63.61	0.065
2010-7-26	65.86	0.069	2011-12-21	62.37	0.068
2010-10-13	52.46	0.08	尾矿平均粒径 = Σ 各期 抽检平均粒径 / 28		0.0669
2010-11-25	62.38	0.073			

注：此数据由瓮福磷矿选矿厂生安办提供。

平均粒径(mm)

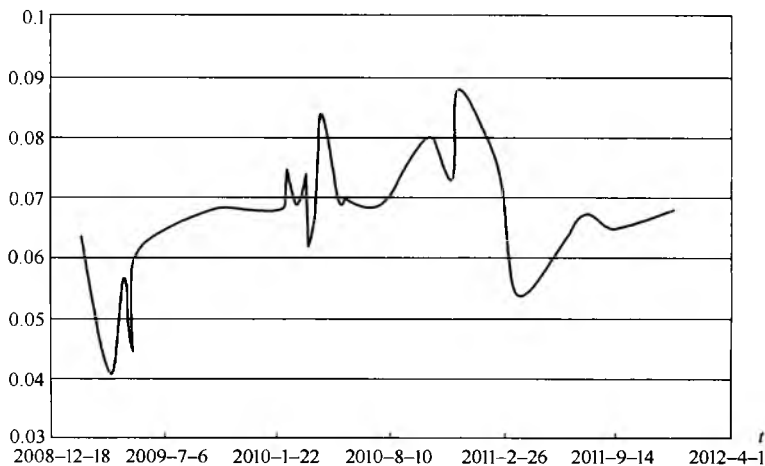


图 4 贵州瓮福磷矿选矿厂 2009 年~2011 年尾矿平均粒径分析曲线

4) 湖北大峪口磷尾矿的粒径分析

根据龙会冲尾矿库 1 号坝 2 期加高项目土样编号 K1~K10 颗粒分析试验成果, 见表 6, 采用加权平均推算的尾矿平均粒径

为 0.0362mm。

表 6 湖北龙会冲磷尾矿库颗粒分析试验结果

粒径范围(mm)	2.0~ 0.5	0.5~ 0.25	0.25~ 0.075	0.075~ 0.005	<0.005	每组土样加权 平均粒径(mm)
范围平均值(mm)	1.25	0.375	0.163	0.04	0.0025	—
K1 土样含量(%)	0	0	1.7	66.0	32.3	0.0300
K2 土样含量(%)	0	0	4.7	58.8	36.5	0.0321
K3 土样含量(%)	0	0	9.7	57.1	33.2	0.0394
K4 土样含量(%)	0	0	12.5	55.2	32.3	0.0432
K5 土样含量(%)	0	0	4.6	57.2	38.2	0.0313
K6 土样含量(%)	0	0	13.7	53.8	32.5	0.0446
K7 土样含量(%)	0	0	1.1	65.1	33.8	0.0287
K8 土样含量(%)	0	0	21.2	51.6	27.2	0.0558
K9 土样含量(%)	0	0	1.2	60.4	38.4	0.0271
K10 土样含量(%)	0	0	3.2	60.0	36.8	0.0301
平均含量(%)	0.05	0.9583	19.2	51.4667	28.4833	—
总加权平均粒径 (mm)	—	—	—	—	—	0.0362

注：数据来源于中蓝连海设计研究院 2012 年 5 月编制的《龙会冲尾矿库 1 号坝 2 期加高项目岩土工程勘察报告》。

本次主要以锦屏磷尾矿作为道路材料来试验的，并适当考虑其他地区磷尾矿粒径组成，其他地区磷尾矿砂在道路上运用需在进一步验证的基础上进行。

2 磷矿尾矿砂的放射性

作为一种新型的建筑材料，它的天然放射性指标是否能满足一定环境要求是大家关注的焦点，锦屏磷矿尾矿坝形状类似 30°角扇形分布，从西北至东南，由浅到深，在自然形成的山沟堆聚而成，占地面积约 3km²，磷尾矿厚度约在 3m~20m 不等，总重

量超过 2000 万 t。根据工业废渣堆场取样方法，以堆场中心等距离约 30m 四周各点分别取样。同时尾矿库放射性检测取样采用地质钻孔的方法，采用梅花桩形布置方案，见图 5，取五个钻孔。

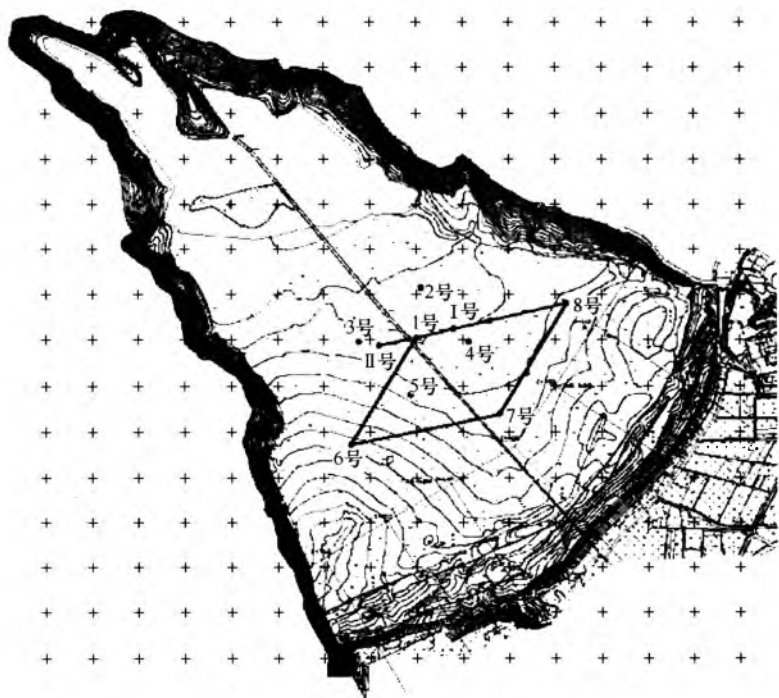


图 5 磷尾矿坝的取样测点

其中各钻孔深度分别为：1 号钻孔取样深度为 -2m、-7m、-12m、-17m；2 号钻孔取样深度为 -3m、-8m；3 号钻孔取样深度为 -4m、-9m；4 号钻孔取样深度为 -5m、-10m；5 号钻孔取样深度为 -6m、-11m。每点取样品不少于 2kg。同时为了减少周围田野对测量数据的影响，钻孔点离周围的田野距离不小于 80m。

通过对 12 个测点取样的样品检测，测得磷尾矿的镭-226、

钍-232、钾-40 放射性核素比活度，并计算出各测点磷尾矿的内照射指标 I_{Ra} 和外照射指标 I_γ ，如表 7 所示。通过比较表明，磷尾矿的内照射指标 I_{Ra} 在 0.08~0.12 之间，外照射指标 I_γ 在 0.10~0.20 之间。结果符合国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566-2010 要求。磷尾矿作为建筑主体材料，天然放射性核素镭-226、钍-232、钾-40 的放射性比活度同时满足 $I_{Ra} \leq 1.0$ 和 $I_\gamma \leq 1.0$ 时，属于 A 类建筑材料，其产销与使用范围不受限制。

表 7 各钻孔不同深度磷尾矿放射性核素比活度和指标计算

样品 编号	放射性核素比活度(Bq/kg)			产品类别	原 料	
	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	技术指标要求	技术指标	单项结论
1 号——2m	15.8	2.0	200.7	$I_{Ra} \leq 1.0$	0.08	合格
				$I_\gamma \leq 1.0$	0.10	合格
1 号——7m	23.5	8.9	281.9	$I_{Ra} \leq 1.0$	0.12	合格
				$I_\gamma \leq 1.0$	0.17	合格
1 号——12m	22.7	12.8	362.3	$I_{Ra} \leq 1.0$	0.11	合格
				$I_\gamma \leq 1.0$	0.20	合格
1 号——17m	21.4	15.6	304.9	$I_{Ra} \leq 1.0$	0.11	合格
				$I_\gamma \leq 1.0$	0.19	合格
2 号——3m	18.4	5.9	226.4	$I_{Ra} \leq 1.0$	0.09	合格
				$I_\gamma \leq 1.0$	0.13	合格
2 号——8m	23.5	7.8	273.6	$I_{Ra} \leq 1.0$	0.12	合格
				$I_\gamma \leq 1.0$	0.16	合格
3 号——4m	19.7	6.2	214.7	$I_{Ra} \leq 1.0$	0.10	合格
				$I_\gamma \leq 1.0$	0.13	合格
3 号——9m	20.2	10.3	271.3	$I_{Ra} \leq 1.0$	0.10	合格
				$I_\gamma \leq 1.0$	0.16	合格
4 号——5m	21.8	4.1	250.4	$I_{Ra} \leq 1.0$	0.11	合格
				$I_\gamma \leq 1.0$	0.13	合格

续表 7

样品 编号	放射性核素比活度(Bq/kg)			产品类别	原 料	
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	技术指标要求	技术指标	单项结论
4 号——10m	24.6	11.0	300.6	$I_{\text{Ra}} \leq 1.0$	0.12	合格
				$I_{\gamma} \leq 1.0$	0.18	合格
5 号——6m	22.9	11.2	324.7	$I_{\text{Ra}} \leq 1.0$	0.12	合格
				$I_{\gamma} \leq 1.0$	0.18	合格
5 号——11m	24.6	9.6	270.1	$I_{\text{Ra}} \leq 1.0$	0.12	合格
				$I_{\gamma} \leq 1.0$	0.17	合格

与其他材料的对比值见表 8。

表 8 放射性含量对比值

名 称	^{226}Ra 浓度 (Pci/g)	^{232}Th 浓度 (Pci/g)	^{40}K 浓度 (Pci/g)	由浓度换算的 剂量率 (urqd/h)	剂量率的测量值 (urad/h)
磷矿尾矿砂	0.49	0.23	9.98	2.31	2.33
花岗岩	0.48	1.72	23.8	8.70	8.42
石灰	0.35	0.19	0.88	1.15	2.98
黏土	0.83	1.61	17.6	7.21	6.50

注：此数据由锦屏磷矿提供，中国原子能科学研究院检测。

由表 8 还可看出，磷矿尾矿砂的各种有害物质均比花岗岩和黏土低，是一种可放心使用的建筑材料。

3 磷矿尾矿砂当量值不应小于 60%。主要是对磷矿尾矿砂含泥量进行限制。当量值计算应按《公路工程集料试验规程》JTGE42-2005 的规定进行。

2.1.2 粉煤灰应符合下列规定：

与《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008 中第 7.3.1.2 条是一致的，《公路路面基层施工技术规范》JTJ 034-2000 第 5.2.2 条也有类似规定。

2.1.3 本条规定的石灰技术指标与《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008 中第 7.2.1-2 条一致；也与《公路路面基层施工技术规范》JTJ 034-2000 中第 4.2.2 条规定一致。

2.1.4 本条主要参照《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008 第 7.5.1 条和《公路路面基层施工技术规范》JTJ 034-2000 第 3.2.7 条编写。

2.1.5 水应符合国家现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

2.1.6 原材料试验或检验项目参阅《公路路面基层施工技术规范》JTJ 034-2000 第 9.2.2 条表 9.2.2。部分项目的试验方法也可按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTJG E51 进行。

2.2 混 合 料

2.2.1 本条规定了石灰粉煤灰磷矿尾矿砂配合比设计的要求。

1 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂属粉煤灰石灰类混合料，作为基层材料，其指标应符合现行国家行业标准有关规定，见表 9。

表 9 石灰粉煤灰稳定类材料的压实度与 7d 龄期抗压强度的限值

层 位	稳定类型	特重、重、中型交通		轻型交通	
		压实度 (%)	抗压强度 (MPa)	压实度 (%)	抗压强度 (MPa)
基层	集料	≥98	≥0.8	≥97	≥0.6
	细粒径土	—	—	≥96	
底基层	集料	≥97	≥0.6	≥96	≥0.5
	细粒径土	≥96		≥95	

注：本表摘自《城镇道路路面设计规范》CJJ 169-2012 表 4.3.3-3。

本规范中表 2.2.1 压实度与抗压强度参照《城镇道路路面设计规范》CJJ 169-2012 中表 4.3.3-3(即表 9)石灰粉煤灰稳定类材料的压实度与 7d 龄期抗压强度的规定编写。磷矿尾矿砂算不上集料，只能当做细料土使用，石灰粉煤灰磷矿尾矿砂混合料可

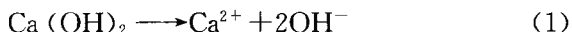
以用于各种类城市道路的底基层及城市支路的基层。另外，石灰粉煤灰磷矿尾矿砂混合料还可以用于特重、重、中型交通垫层。

2 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂强度形成机理

石灰、粉煤灰和磷矿尾矿砂等组成的混合料，在压实成型后，系由固相(松散状的石灰、粉煤灰、磷矿尾矿砂)、液相(水溶液)和气相(空气)三相组成。三相之间相互作用，形成了石灰粉煤灰磷矿尾矿砂的强度等物理、化学、力学性质。在石灰粉煤灰磷矿尾矿砂的结构形成过程中，三相间发生的基本作用过程有：

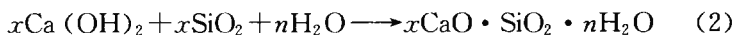
1) 石灰在水溶液中的解离作用

熟石灰在水溶液中可溶解解离成 Ca^{2+} 和 OH^- ，这一过程提供了大量的 Ca^{2+} 并提高了混合料液相介质的碱性摩尔浓度，是后续反应的基础，并散发微量的热。



2) 石灰与磷矿尾矿砂及粉煤灰间的火山灰反应

(1) 磷矿尾矿砂中含有天然的 SiO_2 、 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 成分，粉煤灰中含有大量的玻璃相 SiO_2 、 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 成分。 SiO_2 、 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 产生化学反应（称之为“火山灰反应”），火山灰反应产生胶结性物质，以硅酸钙、铝酸钙等形成沉淀，聚集凝固后成为胶结物；其主要化学反应方程式如下：



水化物 活性物质 水 水化硅酸钙



水化物 活性物质 水 水化铝酸钙

(2) 化学反应中的水化硅（铝）酸钙是一种胶状玻璃体，随着时间的延续，逐渐凝固，形成一种强度较高的网络结构，从而形成了石灰粉煤灰磷矿尾矿砂混合料的强度。

(3) 火山灰反应是在不断地吸收水分的情况下发生的，因而具有水硬性质。石灰粉煤灰磷矿尾矿砂形成强度的主要因素是火山灰反应。但相对来说，磷矿尾矿砂中的活性 SiO_2 、 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 成分远不及粉煤灰中的含量多，因而，在石灰粉煤灰磷矿

尾矿砂的强度形成中，石灰、粉煤灰间的火山反应对强度的贡献起主导作用。

(4) 磷矿尾矿砂在石灰粉煤灰磷矿尾矿砂中主要起骨料作用。

3) 石灰的结晶作用和碳化作用

(1) 在上述作用进行的同时，液相水溶液中的氢氧化钙，可以在溶液水分物理蒸发及火山灰化学反应等造成的过饱和状态下，发生溶解的逆反应——结晶作用，形成氢氧化钙晶体。

(2) 液相中的氢氧化钙也可以与气相或溶解在溶液中的 CO_2 反应，产生碳化作用。



(3) 石灰的自结晶作用和碳化作用，可增加胶结性、增大石灰粉煤灰磷矿尾矿砂中的固相成分，有利于强度发展。

2.2.2 混合料的设计步骤

1 该款主要参照《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008 中表 7.2.2-1 和《公路路面基层施工技术规范》JTJ 034-2000 中第 5.3.1-8 条编写。

2 根据磷矿尾矿砂的工程特性和石灰粉煤灰碎石、石灰粉煤灰土的成熟使用经验，首先在实验室进行石灰粉煤灰砂（石灰、粉煤灰和磷矿尾矿砂）实验，并与石灰粉煤灰土、石灰粉煤灰碎石进行比较，实验结果见表 10、表 11 和表 12。实验中所用：石灰为山东苍山生产的消石灰， CaO 与 MgO 含量为 62%；粉煤灰为连云港市新海电厂产材料， SiO_2 、 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 的总含量为 76%，700℃烧失量为 8.9%；32.5 级普通硅酸盐水泥和锦屏磷矿尾矿砂。

表 10 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂标准击实无侧限抗压强度检测结果

配合比	最大干密度 (g/cm^3)	最佳含水量 (%)	7d (MPa)	28d (MPa)	60d (MPa)	90d (MPa)
石灰：粉煤灰：磷矿尾矿砂						
8：12：80	1.84	12.8	0.76	0.93	2.82	4.2
8：22：70	1.83	13.0	0.81	1.24	2.81	5.0
7：21.5：70：1.5（水泥）	1.83	13.0	1.08	1.63	3.2	5.8

表 11 相似配合比的石灰粉煤灰土标准击实无侧限抗压强度试验结果

配合比 石灰：粉煤灰：土	最大干密度 (g/cm ³)	最佳含水量 (%)	7d (MPa)	28d (MPa)	90d (MPa)
8：12：80	1.60	13.8	0.70	1.00	1.93
8：22：70	1.55	15.6	0.65	1.05	2.15
8：40：52	1.42	22.0	0.53	1.07	2.28

表 12 常用石灰粉煤灰碎石标准击实无侧限抗压强度试验结果

配合比 石灰：粉煤灰：碎石	最大干密度 (g/cm ³)	最佳含水量 (%)	7d (MPa)	28d (MPa)	90d (MPa)
8：12：80	2.04	9.0	1.12	3.15	5.9

通过表 10 不同配合比石灰粉煤灰磷矿尾矿砂的标准击实对比实验，石灰：粉煤灰：磷矿尾矿砂的比例采用 8：22：70 较为合适。

3 材料设计参数可参考表 13 的规定。

表 13 材料设计参数参考值

材料名称	抗压回弹模量 E (MPa) (弯沉计算用)	劈裂强度 σ (MPa)
石灰粉煤灰磷矿尾矿砂	600~900	0.2~0.3
磷矿尾矿砂	40	—
石灰粉煤灰磷矿尾矿砂 试件养生条件与龄期	试件在温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度大于等于 95% 的条件下标准养生 180d 龄期	

表 13 中石灰粉煤灰磷矿尾矿砂和磷矿尾矿砂垫层抗压回弹模量设计参数值是根据试点工程试验得到的，同时石灰粉煤灰磷矿尾矿砂设计参数和《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 - 2012 附录 C 中的 C.2（即表 14）及附录 F 中的 F.2（即表 15）中的石灰粉煤灰土设计参数基本相当。磷矿尾矿砂单纯作垫层比中粗

砂要差，故抗压回弹模量取值也偏小。

表 14 基层和垫层材料设计参数（沥青路面）

材料名称	配合比或规格要求	抗压回弹模量 E (MPa) (弯沉计算用)	抗压模量 E (MPa) (拉应力、剪应力计算用)	劈裂强度 (MPa)
水泥砂砾	4%~6%	1100~1500	3000~4200	0.4~0.6
水泥碎石	4%~6%	1300~1700	3000~4200	0.4~0.6
二灰砂砾	7:13:80	1100~1500	3000~4200	0.6~0.8
二灰碎石	8:17:75	1300~1700	3000~4200	0.5~0.8
石灰水泥粉煤灰砂砾	6:3:16:75	1200~1600	2700~3700	0.4~0.55
水泥粉煤灰碎石	4:16:80	1300~1700	2400~3000	0.4~0.55
石灰土碎石	粒料>60%	700~1100	1600~2400	0.3~0.4
碎石灰土	粒料>40%~50%	600~900	1200~1800	0.25~0.35
水泥石灰砂砾土	4:3:25:68	800~1200	1500~2200	0.3~0.4
二灰土	10:30:60	600~900	2000~2800	0.2~0.3
石灰土	8%~12%	400~700	1200~1800	0.2~0.25
石灰土处理路基	4%~7%	200~350	—	—
级配碎石	基层连续级配型	300~350	—	—
	基层骨架密实型	300~500	—	—
	下基层、垫层	200~250	—	—
填隙碎石	下基层	200~280	—	—
未筛分碎石	下基层	180~220	—	—
级配砂砾、天然砂砾	基层	150~200	—	—
中粗砂	垫层	80~100	—	—

表 15 垫层和基层材料回弹模量经验参考值范围（水泥路面）

材料类型	回弹模量 (MPa)	材 料 类 型	回弹模量 (MPa)
中、粗砂	80~100	石灰粉煤灰稳定粒料	1300~1700

续表 15

材料类型	回弹模量 (MPa)	材 料 类 型	回弹模量 (MPa)
天然砂砾	150~200	水泥稳定粒料	1300~1700
未筛分碎石	180~220	沥青碎石 (粗粒式, 20℃)	600~800
级配碎砾石 (垫层)	200~250	沥青混凝土 (粗粒式, 20℃)	800~1200
级配碎砾石 (基层)	250~350	沥青混凝土 (中粒式, 20℃)	1000~1400
石灰土	200~700	多孔隙水泥碎石 (水泥剂量 9.5%~11%)	1300~1700
石灰粉煤灰土	600~900	多孔隙沥青碎石 (20℃, 沥青含量 2.5%~3.5%)	600~800

4 试点工程

连云港市土木协会道桥学委会的专家经过专题论证, 提出在道路上实施磷矿尾矿砂试点应用的建议后, 连云港市建设局将陇海西路工程确定为试点工程, 该工程为城市支路, 轻型交通, 长 557m, 规划道路红线宽 20m, 其中混合车道 10m, 两边各 5m 人行道。本工程混合车道路面结构原设计为 90cm 厚山场碎石土垫层+30cm 厚石灰粉煤灰碎石基层+20cm 抗折 4.5MPa 水泥混凝土面层, 经过专家组讨论本工程混合车道路面结构设计调整为 60cm 磷矿尾矿砂+30cm 山场碎石土+30cm 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂+20cm 抗折 4.5MPa 水泥混凝土面层。该工程 2004 年 5 月实施, 同年 10 月竣工, 目前路况仍很好。

3 石灰粉煤灰磷矿尾矿砂基（垫）层

3.1 一般规定

3.1.2、3.1.3 参照《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008 第 7.1.4 条、第 7.1.5 条编写。

3.4 含水量

3.4.1 参照《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008 第 7.3.3-1 条和《公路路面基层施工技术规范》JTJ 034-2000 中第 5.6.3-(1) 条。同时实际工程中：石灰粉煤灰磷矿尾矿砂的拌合、运输和摊铺拌合（稳定土拌合机）时含水量按 15% 控制，大于最佳含水量（12.5%）。

3.5 拌合及运输

3.5.1 参照《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008 第 7.3.3 条编写。

3.6 摊铺整形

3.6.1 采用两辆自卸汽车运输。用平地机摊铺找平，松铺系数为 1.3，稍大于施工石灰粉煤灰碎石的松铺系数（1.2）。

3.6.2、3.6.3 参照《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008 第 7.3.4 条编写。

3.7 碾压

3.7.1、3.7.2 参照《公路路面基层施工技术规范》JTJ 034-2000 第 5.1.6 条编写。

3.7.3 施工石灰粉煤灰磷矿尾矿砂基层时，起初用光轮压路机

碾压，出现了“粘轮、起皮”现象，故改用胶轮压路机碾压。

3.8 养 生

3.8.1~3.8.3 参照《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008 第 7.3.6 条编写。由于石灰粉煤灰砂早期强度较低，试点工程在 7d 的养护时间内，根据气温及空气温度情况每天洒水养护 3 次~5 次，使其表面始终保持潮湿状态，养护期间除洒水车外无其他车辆通行。

3.9 冬雨期施工

3.9.1 参照《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008 第 7.1.1 条和《公路路面基层施工技术规范》JTJ 034-2000 中第 5.1.5 条编写。温度对强度影响较大，温度过低，水化反应很慢，基层强度难以保证，故不建议在 5℃以下施工。

3.9.2~3.9.5 参照《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008 第 17.2.7 条编写。

4 磷矿尾矿砂垫层

4.1 一般规定

4.1.1 单纯磷矿尾矿砂垫层，其表面较为松散，整体性差，无法作为路基封层材料，为增加其整体性，在试点工程中 60cm 磷矿尾矿砂垫层上又设置了 30cm 山场碎石土垫层作为路基封层，施工结束后，经检测山场碎石土垫层顶实测弯沉值为 262 (1/100mm)，满足设计弯沉值为 280 (1/100mm) 的要求。

4.2 含水量

4.2.1 磷矿尾矿砂标准击实下最大干密度、最佳含水量。依据《公路土工试验规程》JTG E40-2007 中表 T0131-1 中重型 II-1 规定用电动击实仪测定磷矿尾矿砂标准击实下最大干密度、最佳含水量分别为 1.86g/cm^3 和 12.5%。但要达到压实标准，施工时含水量就要大一些。因为磷矿尾矿砂中黏土颗粒小而少，空隙率较大，渗透能力较强，水分蒸发较快，所以磷矿尾矿砂填筑时，一部分水分渗透到底部，另一部分水分蒸发掉了。另外磷矿尾矿砂不同于一般土基，对一般土基来说，含水量的增大（大于最佳含水量）会使土体变软，强度降低，而磷矿尾矿砂中黏粒和粉粒含量极少，颗粒表面活性很低，无黏性，水稳性好（含水量小于液限 23.5% 条件下）。通过试验证实含水量控制在 14%~16% 之间较好，这样更容易压实。

4.3 摊铺整形

4.3.1 本规范第 3.6.1 条的式 (3.6.1-1)、式 (3.6.1-2) 也适用于磷矿尾矿砂垫层摊铺整形。

4.4 碾 压

4.4.1 根据《公路路面基层施工技术规范》JTJ 034 - 2000 第 5.1.6 条编写。对于下卧含水量较大且较厚的淤泥质黏土，基槽开挖后，道路垫层第一层施工压实厚度不宜太薄，否则，很容易出现“弹簧”现象，考虑其压实度和沉降问题也不能太厚，根据工程实践，通常控制在 50cm~60cm 范围内。

4.4.2 经推土机摊铺，平地机整平，当含水量在 14%~16% 之间时，即可进行碾压。首先用功率不小于 120kW 履带式推土机静压 2 遍，接着用 CA25 振动压路机振压 6 遍（弱振），最后用 YL9/16 胶轮压路机“收光”。注意这一点与山场碎石土的碾压工艺不同，施工山场碎石土时，压实机械以 3Y - 18 光轮压路机为主，而施工磷矿尾矿砂时，起初用 3Y - 18 光轮压路机碾压，结果出现了“打滑”现象，所以实际施工中采用了以 CA25 振动压路机为主，最后用 YL9/16 胶轮压路机“收光”。所以实际施工中，当磷矿尾矿砂含水量符合要求时，应先用履带式或轮胎式压实机械稳压，接着用轮胎驱动单轮振动压路机振动碾压（弱振），最后用胶轮压路机碾压（终压）。

4.5 冬雨期施工

4.5.1、4.5.2 参见本规范第 3.9.2~3.9.5 条编写。

5 工程验收

5.0.1 磷矿尾矿砂是颗粒很细的材料，可以代替其他筑路材料，但非优良的筑路材料，不精心组织施工，容易导致质量的降低和工程的返工。施工中应建立材料试验、施工质量检查验收、工序报检等制度，并应做到原始记录齐全。

5.0.2 表 5.0.2-1 主控项目和表 5.0.2-2 一般项目主要根据《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008 第 7.8.1 条编写的。

5.0.3 表 5.0.3-1 主控项目主要根据《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008 第 6.3.12 条 0~80cm 路基压实度来要求的：中型交通 $\geq 93\%$ ；轻型交通 $\geq 90\%$ 。连云港市陇海西路为试点工程，该工程为城市支路，轻型交通，磷矿尾矿砂垫层压实度 92%，大于 90%，符合轻型交通 $\geq 90\%$ 要求。

表 5.0.3-2 一般项目主要根据《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008 第 6.8.2.2 条编写。



统一书号: 15112 · 23958
定 价: 10.00 元