

职业教育规划教材——公路与桥梁类
全国职业教育公路专业群建设系列教材

《公路工程试验检测技术》

技能考核手册

(技师、高级工、中级工通用版)

GONGLU GONGCHENG SHIYAN JIANCE JISHU
JINENG KAOHE SHOUCHE

主编◎李娟 曲元梅 刘金田
主审◎丁雪松 张风亭 张燕



西南交通大学出版社

职业教育规划教材——公路与桥梁类
全国职业教育公路专业群建设系列教材

《公路工程试验检测技术》

技能考核手册

(技师、高级工、中级工通用版)

GONGLU GONGCHENG SHIYAN JIANCE JISHU
JINENG KAOHE SHOUCHE

主编◎李娟 曲元梅 刘金田
参编◎代红娟
主审◎丁雪松 张风亭 张燕

常州大学图书馆
藏书章

西南交通大学出版社

·成都·

内容提要

本考核手册主要内容有土质与道路建筑材料试验和现场检测技术,重点阐述了技能操作考核题目和在考核过程中的考核标准。本书适应在当今试验检测越来越受重视和规范技术日新月异的新形势下,对职业院校的职业技术要求,文字通俗易懂,要求标准化、规范化、细则化,以保证在考核过程中教师和学生都有具体的要求而没有任何疑问和不规范的地方。

本书可作为公路工程专业职业技术学校的试验技能操作考核教材,也可以作为从事公路工程管理、施工、监理等工程技术人员的自学、培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

《公路工程试验检测技术》技能考核手册 / 李娟, 曲元梅, 刘金田主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2015.8

职业教育规划教材. 公路与桥梁类 全国职业教育公路专业群建设系列教材

ISBN 978-7-5643-4147-3

I. ①公… II. ①李… ②曲… ③刘… III. ①道路工程-试验-职业教育-教学参考资料②道路工程-检测-职业教育-教学参考资料 IV. ①U41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 188094 号

职业教育规划教材——公路与桥梁类
全国职业教育公路专业群建设系列教材

《公路工程试验检测技术》 技能考核手册

主编 李娟 曲元梅 刘金田

责任编辑 姜锡伟
封面设计 墨创文化

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市金牛区交大路 146 号)

发行部电话 028-87600564 028-87600533

邮政编码 610031

网址 <http://www.xnjdcbs.com>

印刷 成都蓉军广告印务有限责任公司

成品尺寸 210 mm × 285 mm

印张 5.25

字数 142 千

版次 2015 年 8 月第 1 版

印次 2015 年 8 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-4147-3

定价 19.00 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

新形势下公路行业的跨越式发展，对职业院校的职业技术教育和职业技能操作教育的要求越来越高。为提升动手操作技能、增强学以致用才能、加快岗位需求适应力、适应新规范新技术对检测人员的技术要求、培养高素质实用型人才，同时为规范职业技能操作打好坚实基础，按照全国职业资格技能操作的要求，特编写《公路工程试验检测技术》技能考核手册（技师、高级工、中级工通用版）。

本手册在编写过程中，力求基本操作技能与工程实际相结合，培养学生规范的操作流程、严谨细致的工作态度和良好的工作习惯，为今后踏入工作岗位打下坚实基础。本手册采用国家及行业最新技术标准与技术规范，结合当前公路工程中采用的试验检测新技术，所选题目均为学习和工程实践中常见的典型，具有很强的针对性、实用性、科学性和可操作性，操作考核评分标准设置科学，可用来检验考生的动手能力、理论基础和操作规范性。

本手册细化了每个考评项目的题目，包括项目内容、考核时限与分配、考核评分表、考核记录表，并附有考核题目答题样表。细化的考试项目在规范学生操作细节性的同时，培养了学生提交工程资料的规范性和完成性。通过本考核手册，结合教材和配套的试验报告手册，达到培养学生成为“德技双馨”复合型人才的目的。

本手册技能操作考核土质与道路建筑材料中有关集料部分由曲元梅老师编写，现场检测技术部分由刘金田老师编写，代红娟老师参编，其余部分由李娟老师编写，并且进行了所有部分的更改和完善。本手册由丁雪松、张风亭、张燕老师主审，孙丽娟老师提出了宝贵意见，公路工程系相关老师及山东公路试验检测中心相关老师给予了帮助，在此一并致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限，编写时间仓促，疏漏在所难免，希望广大老师和学生提出宝贵意见，以便再版时修订改正。

编 者
2015年4月

目 录

| | |
|---|----|
| 技能考核题目及代号 | 1 |
| 技能考核须知 | 2 |
| 技能考核试题 | 5 |
| 第一部分 土质与道路建筑材料试验 | 5 |
| (S ₁) 水泥标准稠度用水量的测定试验 T0505—2005 | 5 |
| (S ₂) 细集料筛分试验(干筛法) T0327—2005 | 9 |
| (S ₃) 细集料表观密度试验(容量瓶法) T0328—2005 | 14 |
| (S ₄) 粗集料密度及吸水率试验(网篮法) T0304—2005 | 18 |
| (S ₅) 水泥混凝土用粗集料针片状颗粒含量试验(规准仪法) T0311—2005 | 23 |
| (S ₆) 粗集料压碎值试验 T0316—2005 | 28 |
| (S ₇) 水泥混凝土坍落度试验 T0522—2005 | 32 |
| (S ₈) 土的含水率试验(酒精燃烧法) T0104—1993 | 36 |
| (S ₉) 石灰有效氧化钙和氧化镁含量简易测定试验 T0813—1994 | 40 |
| (S ₁₀) 石灰稳定土中石灰剂量测定试验 T0809—2009 | 45 |
| (S ₁₁) 沥青针入度试验 T0604—2011 | 49 |
| 第二部分 现场检测技术 | 53 |
| (J ₁) 灌砂法室内标定试验 T0921—2008 | 53 |
| (J ₂) 灌砂法室外测压实度试验 T0921—2008 | 57 |
| (J ₃) 3米直尺测定平整度试验 T0931—2008 | 61 |
| (J ₄) 手工铺砂法测定路面构造深度试验 T0961—1995 | 65 |
| (J ₅) 回弹仪法测定混凝土强度试验 T0961—1995 | 69 |
| (J ₆) 沥青路面渗水系数测定试验 T0971—2008 | 74 |

技能考核题目及代号

| 项目 | 序号 | 题 目 | 代号 | 说明 |
|-----------------------------|----|--------------------------|-----------------|--------------------------------|
| 第一部分 土质与道路 建筑材料 试验 | 1 | 水泥标准稠度用水量的测定试验 | S ₁ | S—土质与道路建筑材料试验项目； J—现场检测技术项目 |
| | 2 | 细集料筛分试验（干筛法） | S ₂ | |
| | 3 | 细集料表观密度试验（容量瓶法） | S ₃ | |
| | 4 | 粗集料密度及吸水率试验（网篮法） | S ₄ | |
| | 5 | 水泥混凝土用粗集料针片状颗粒含量试验（规范仪法） | S ₅ | |
| | 6 | 粗集料压碎值试验 | S ₆ | |
| | 7 | 水泥混凝土坍落度试验 | S ₇ | |
| | 8 | 土的含水率试验 | S ₈ | |
| | 9 | 石灰有效氧化钙和氧化镁含量简易测定试验 | S ₉ | |
| | 10 | 石灰稳定土中石灰剂量测定试验 | S ₁₀ | |
| | 11 | 沥青针入度试验 | S ₁₁ | |
| 第二部分 现场检测 技术 | 12 | 灌砂法室内标定试验 | J ₁ | |
| | 13 | 灌砂法室外测压实度试验 | J ₂ | |
| | 14 | 3米直尺测平整度试验 | J ₃ | |
| | 15 | 手工铺砂测定路面构造深度试验 | J ₄ | |
| | 16 | 回弹仪法测定混凝土强度试验 | J ₅ | |
| | 17 | 沥青路面渗水系数测定试验 | J ₆ | |

技能考核须知

1. 考生须知

(1) 考生应积极准备，认真应试，遵守考试纪律，尊敬考评员，服从安排，在指定地点手持学生证待考。

(2) 考试期间，考生不允许携带任何纸质物品和有关资料，可自带计算器、蓝（黑）签字笔、三角板或直尺，演算纸由考评员提供。

(3) 考评员计时开始后至交卷止，辅助人员不得协助考生进行计算和主操作等相关事项，违反规定者，按作弊计。

(4) 考试结束后，考生应主动协助清理场地，收拾仪器设备及考试用桌椅。

2. 考评员须知

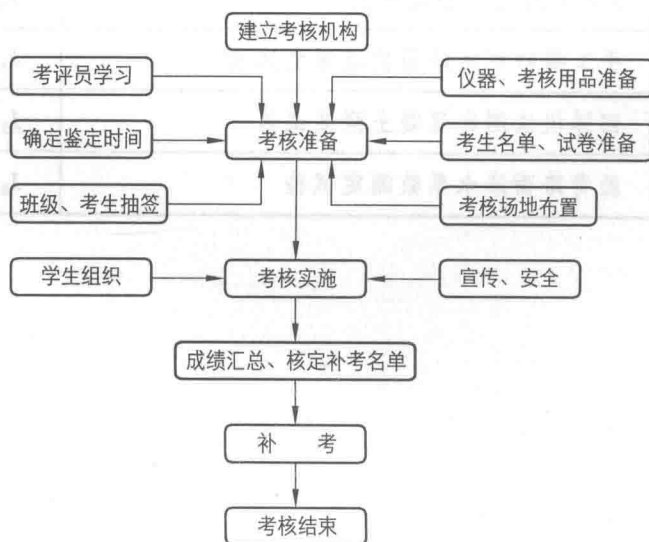
(1) 建立操作考核小组，分组安排相关考评任务，考核班级的任课教师不得承担本次考评工作，并全程回避。

(2) 考评员考核前，应认真学习考核手册，掌握考核程序，充分研究试题，精心布置考场，领会评分标准和评分细则，做到评分公正、扣分有据。

(3) 考评员在考核期需佩戴考评员证，不得迟到、早退、擅自离开考评现场，如有特殊情况无法参加考核工作，应提前向考核小组组长请假。

(4) 考评员在考核期间，应严肃考场纪律，严格遵照考核程序，考评期间，公开、公平、公正地完成考核工作。

3. 考核程序



具体安排如下：

(1) 考核前 7 天，召开考前预备会议，抽取考评员，确定考核日期，分配考核各项准备工作。

作，如仪器设备准备、考核用品准备、考生名单准备、考核场地布置、宣传安全工作等，并事先组织学习考核试题、评分标准与评分细则。

(2) 考核前 2 天，组织班级和学生进行抽签，抽取考试班级顺序和考生考试题目，印制试卷。

(3) 考核前 1 天，封存考试仪器、考试场地，配发考评员考核用品，如文件夹、黑、红签字笔、秒表、演算纸等。

(4) 考核当天，提前 20 min 到达考核场地，合理有序地进行考核工作，当天递交成绩单，保证考生成绩不过夜。

(5) 考评结束后第 2 天，完成成绩汇总、确定补考名单，并及时张榜通知补考人员名单和补考时间，通知考评员准备补考事项。

(6) 补考，具体要求同前。

(7) 补考结束后，汇总最终成绩，考核结束。

4. 抽签方法

(1) 考核题目的确定采用随机抽取的方法，每人每个部分只能抽取一次，不得更换；

(2) 第一部分为土质与道路建筑材料试验，第二部分为现场检测技术，每名考生在每部分中分别抽取 1 次，总计 2 个考核题目，分别进行技能操作考核。抽签记录表见表 1、表 2。

表 1 班级考核顺序抽签记录表

| 班 级 | 抽签顺序号 | | 班长签字 |
|-----|-------------|--------|------|
| | 土质与道路建筑材料试验 | 现场检测技术 | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

表 2 ××班学生考核抽签记录表

| 序号 | 姓 名 | 抽签试题编号 | | 序号 | 姓 名 | 抽签试题编号 | |
|----|-----|--------|-----|----|-----|--------|-----|
| | | 试 验 | 检 测 | | | 试 验 | 检 测 |
| 1 | | | | 31 | | | |
| 2 | | | | 32 | | | |
| 3 | | | | 33 | | | |
| ⋮ | | | | ⋮ | | | |
| 30 | | | | 60 | | | |

5. 学生组织与现场服务

(1) 学生组织：由任课教师负责组织。

① 提供考试名单，预备会议前送至考核小组组长处；

- ② 组织考生在指定地点待考；
- ③ 配合考核服务小组准备桌椅。

(2) 现场服务：由考核服务小组负责。

- ① 负责考核现场宣传工作；
- ② 维持考核现场的学生秩序，检查考生携带准考证或学生证情况，检查替考等舞弊现象；
- ③ 准备考核所用桌椅和仪器；
- ④ 负责考核现场的安全，积极组织、协调考核现场的各项工作。

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

技能考核试题

第一部分 土质与道路建筑材料试验

(S₁) 水泥标准稠度用水量的测定试验 T0505—2005

一、项目内容

(一) 试题内容

给定某品种某标号水泥，测定其标准稠度用水量。

(二) 试题的技术标准与考核要求

1. 技术标准

本题技术标准参考自《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》(GB/T 1346—2011)。

2. 考核要求

(1) 在考评员指定的试验室进行考评。

(2) 考评员应在考前准备好水泥样品，测定其标准稠度用水量，以便给予学生一个经验数值参考；考评员应在考试前检验校正试验所需仪器，确保性能完好。

(3) 考核时，考评员提供水泥强度等级（考试之前由试验室提供具体数据）、产地（济南）、水泥用途（水泥混凝土）以及试验人员做出的用水量的经验数值。

(4) 考核过程中，考评员应随机检查 2 次称量数据。

(5) 考核过程中，考生如对实验过程中的数据需要修改，必须报告考评员，考评员同意后方可修改，并由考评员在该处签字。对未报告考评员自己修改原始数据的，视为作弊，本题得 0 分。

(6) 本试验不需要做平行试验。

(7) 操作完毕后，打扫场地，把仪器设备放置规整，试验产生的废料倒在给定的容器中。

(8) 仪器设备如下：

标准法维卡仪 —— 1 套（包括试杆、试模和玻璃板）；

天平 —— 感量 0.1 g；

水泥净浆搅拌机 —— 符合 JC/T 729—2005 的要求；

量筒 —— 0.5 mL。

二、考核时限与配分

准备时间：5 min。

时间要求：(1) 技师、高级工：60 min；(2) 中级工：70 min。

满分：100。

考生姓名:

班级:

所用时间:

得分:

(S₁) 水泥标准稠度用水量的测定试验技能考核评分表

| 项目 | 评分细则 | 配分 | 扣分记录 |
|-----------------|---|----|------|
| 试验准备 (满分7分) | 在试验过程中提出仪器有问题或补充则一种扣1分,扣完为止 | 2 | |
| | 试验室的温度和湿度;维卡仪金属棒自由滑动;维卡仪调整至试杆接触玻璃板时指针对准零点(读数70);搅拌机运行正常;水泥净浆搅拌机的搅拌锅和搅拌叶片先用湿布擦过(1项1分) | 5 | |
| 试验过程 (满分22分) | 称取500g水泥,经验用水量(水称量可用量筒也可用天平。经验用水量考前试验人员告知一个数值作为参考)(1项1分) | 2 | |
| | 将水倒入搅拌锅内。5~10s内小心将称好的500g水泥加入水中,防止水和水泥溅出(顺序不对本项0分;其余1项1分) | 3 | |
| | 将锅放在搅拌机的锅座上,升至搅拌位置,启动搅拌机,低速搅拌120s,停15s,同时将叶片和锅壁上的水泥浆刮入锅中间,接着高速搅拌120s停机(锅没放稳,2分;未刮水泥浆,2分) | 4 | |
| | 立即取水泥净浆一次性将其装入试模中;用直边刀轻轻拍打超出试模部分的浆体5次;在试模上表面约1/3处,略倾斜于试模分别向外轻轻锯掉多余净浆;再从试模边沿轻抹顶部一次(1项0.5分) | 2 | |
| | 抹平后迅速将试模和底板移到维卡仪上,降低试杆直至与净浆表面接触,拧紧螺丝1~2s,突然放松,使试杆垂直自由地沉入净浆中(未恰好接触,1分;拧紧防松1分) | 2 | |
| | 在试杆停止沉入或释放试杆30s时记录试杆距底板之间的距离,升起试杆后,立即擦净(1项1分) | 2 | |
| | 整个操作应在搅拌后1.5min内完成 | 4 | |
| | 试杆沉入净浆并距底板6mm±1mm的水泥净浆为标准稠度净浆 | 3 | |
| 报告计算 (满分15分) | 计算结果正确(准确至0.1%) | 10 | |
| | 原始数据擅自涂改,本题得0分 | | |
| | 每错填、漏填(含占位符缺失)和非原始数据涂改一项扣0.5分,扣完为止 | 5 | |
| 精度校核 (满分50分) | 到考核结束时间仍未测定出试杆沉入净浆并距底板6mm±1mm标准稠度时的用水量,则该项零分 | 50 | |
| 安全操作 (满分6分) | 考核过程中,未及时收回仪器、整理现场,扣6分;如出现重大安全事故(如损坏、损毁仪器),扣10分 | 6 | |
| 总分 | | | |
| 监考人 | | | |

考生姓名：

班级：

所用时间：

得分：

(S₁) 水泥标准稠度用水量的测定试验技能考核记录表

| | | | | | |
|-------------|--|---------|--|------|--|
| 水泥产地 | | 强度等级 | | 出厂日期 | |
| 水泥用途 | | 试验温度和湿度 | | 试验日期 | |
| 标准稠度 (标准法): | | | | | |
| 试杆距底板 (mm): | | | | | |
| 用水量 (g): | | | | | |
| 水泥质量 (g): | | | | | |
| 标准稠度 (%): | | | | | |

| 标准稠度 (%) | 用水量 (g) | 试杆距底板 (mm) |
|----------|---------|------------|
| 70-71 | 40-44 | 28-30 |
| 61-70 | 31-35 | 21-23 |
| 100-105 | 100-105 | |

(S₁) 水泥标准稠度用水量的测定试验技能考核记录表 (答题样表)

| | | | | | |
|---|-------|---------|------------|------|------------|
| 水泥产地 | 济南 | 强度等级 | 42.5 MPa | 出厂日期 | — |
| 水泥用途 | 水泥混凝土 | 试验温度和湿度 | 20 °C; 60% | 试验日期 | 2012-05-30 |
| 标准稠度 (标准法): 试杆距底板 (mm): 6 用水量 (g): 152.4 水泥质量 (g): 500.0 标准稠度 (%): 30.5 | | | | | |

(S₂) 细集料筛分试验 (干筛法) T0327—2005

一、项目内容

(一) 试题内容

测定水泥混凝土用细集料 (天然砂) 的颗粒级配及粗细程度。

(二) 试题的技术标准与考核要求

1. 技术标准

本题技术标准参考自《公路工程集料试验规程》(JTG E42—2005) 技术要求。

天然砂的细度模数按下式计算:

$$M_x = \frac{(A_{0.15} + A_{0.3} + A_{0.6} + A_{1.18} + A_{2.36}) - 5A_{4.75}}{100 - A_{4.75}}$$

根据现行规程《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50—2011) 的规定, 砂按其细度模数分为三大类 (见下表)。

砂 分 类 表

| 分 类 | 粗 砂 | 中 砂 | 细 砂 |
|------------|-----------|-----------|-----------|
| 细度模数 M_x | 3.7 ~ 3.1 | 3.0 ~ 2.3 | 2.2 ~ 1.6 |

砂的分区及级配范围

| 标准筛筛孔尺寸 (mm) | 级 配 区 | | | 标准筛筛孔尺寸 (mm) | 级 配 区 | | |
|--------------|----------|---------|--------|--------------|----------|----------|----------|
| | I 区 | II 区 | III 区 | | I 区 | II 区 | III 区 |
| | 累计筛余 (%) | | | | 累计筛余 (%) | | |
| 9.5 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 85 ~ 74 | 70 ~ 41 | 40 ~ 16 |
| 4.75 | 10 ~ 0 | 10 ~ 0 | 10 ~ 0 | 0.3 | 95 ~ 80 | 92 ~ 70 | 85 ~ 55 |
| 2.36 | 35 ~ 5 | 25 ~ 0 | 15 ~ 0 | 0.15 | 100 ~ 90 | 100 ~ 90 | 100 ~ 90 |
| 1.18 | 65 ~ 35 | 50 ~ 10 | 25 ~ 0 | | | | |

2. 考核要求

- (1) 按考评员指定的试验室进行考试。
- (2) 考评员应在考前准备好样品, 并测出该砂类别 (细度和级配区), 以便进行精度校核。
- (3) 考核过程中, 考评员应随机检查 2 次称量质量。
- (4) 考核过程中, 考生如对实验过程中的数据需要修改, 必须报告考评员, 考评员同意后

方可修改，并由考评员在该处签字。对未报告考评员自己修改原始数据的，视为作弊，本题得0分。

(5) 本试验做一次试验。

(6) 操作完毕后，打扫场地，把仪器设备放置规整，试验产生的废料倒在给定的容器中。

(7) 仪器设备如下：

方孔筛——9.5 mm 以下标准筛一套；

天平——感量 0.1 g，一台；

钢刷、毛刷、托盘等各一个。

二、考核时限与配分

准备时间：5 min。

时间要求：(1) 技师、高级工：40 min；(2) 中级工：45 min。

满分：100。

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| 项目 | 子项 | 分值 | 考核要点 | 考核方法 | 考核时间 | 考核地点 |
|----------|-------|--------|------|------|-------|-------|
| (2) 考核内容 | | | | | | |
| 01-04 | 14-05 | 45-50 | | 0 | 0 | |
| 01-04 | 17-04 | 08-14 | | 0-01 | 0-01 | |
| 01-04 | 08-09 | 00-001 | | 0-25 | 0-25 | |
| | | | | 0-25 | 01-04 | 01-04 |

考生姓名：

班级：

所用时间：

得分：

(S₂) 细集料筛分试验(干筛法)技能评分记录表

| 项目 | 评分细则 | 配分 | 扣分记录 |
|--------------------------|---|----|------|
| 试验准备 (满分4分) | 在实验过程中提出仪器有问题或者补充仪器则一种仪器或者药品扣1分 | 2 | |
| | 检查试样是否符合要求, 是否需要烘干 | 2 | |
| 试验过程 (满分30分) | 用9.5 mm筛筛除超粒径材料 | 2 | |
| | 将试样缩分至每份不少于550 g | 5 | |
| | 准确称取烘干试样约500 g, 准确至0.1 g | 2 | |
| | 将试样装入最大号为4.75 mm的套筛上, 进行总体筛分 | 3 | |
| | 按筛孔大小顺序从最大号筛开始逐个筛分, 直至每分钟的筛出量不超过筛上剩余量的0.1%为止(1个筛子1分) | 8 | |
| | 将筛出通过的颗粒并入下一号筛, 和下一号筛一起进行筛分(漏掉一个筛子扣1分, 扣完为止)。以此顺序进行, 至各号筛全部筛完 | 5 | |
| | 称量各筛筛余试样的质量, 精确至0.1 g(未去皮或错误1个1分, 扣完为止) | 5 | |
| 数据记录与 整理计算 (满分22分) | 计算结果正确(百分率准确至0.1%, 细度模数精确至0.01, 级配范围根据技术标准填写)本项得全分, 计算错误一项扣0.5分, 扣完为止 | 17 | |
| | 原始数据擅自涂改, 本题得0分 | | |
| | 质量记录正确, 精确至0.1 g; 每错填、漏填(含占位符缺失)和非原始数据涂改一项扣0.5分, 扣完为止 | 5 | |
| 精度校核 (满分40分) | 细度和级配范围与给定结果一致得40分; 不一致本项得0分 | 40 | |
| | 所有各分计筛余量和底盘中剩余量的和与筛分前总量相比超过1%, 则本题得0分 | 0 | |
| 安全操作 (满分4分) | 考核过程中, 未及时收回仪器、整理现场, 扣4分; 如出现安全事故, 扣4分; 出现重大安全事故(如损坏、损毁仪器), 扣10分 | 4 | |
| 总 分 | | | |
| 监考人 | | | |

备注: 如果考生出现计算结果错误, 则由考评员计算出正确值, 且: (1) 若按错误值扣分高于按正确值扣分, 则按错误值扣分; (2) 若按错误值扣分低于按正确值扣分, 则按正确值扣分。

考生姓名： 班级： 所用时间： 得分：

(S₂) 细集料筛分试验 (干筛法) 技能考核记录表

| 试样质量： | | | | | |
|--------------|---------------|----------------|----------------|--------------|------|
| 筛孔尺寸 (mm) | 分计筛余质量 (g) | 分计筛余百分率 (%) | 累计筛余百分率 (%) | 通过百分率 (%) | 颗粒级配 |
| 9.5 | | | | | |
| 4.75 | | | | | |
| 2.36 | | | | | |
| 1.18 | | | | | |
| 0.6 | | | | | |
| 0.3 | | | | | |
| 0.15 | | | | | |
| 0.075 | | | | | |
| 筛底 | | | | | |
| Σ | | | | | |
| $M_x =$ | | | | | |
| 结论： | | | | | |