

施工实用手册

砌体工程施工

《水利水电工程施工实用手册》编委会 编

中国环境出版社

图书在版编目(CIP)数据

砌体工程施工 / 《水利水电工程施工实用手册》编委会编. —北京: 中国环境出版社, 2017. 12
(水利水电工程施工实用手册)
ISBN 978-7-5111-3420-2

I. ①砌… II. ①水… III. ①砌体结构—工程施工—技术手册
IV. ①TU754-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 292858 号

出 版 人 武德凯
责任编辑 罗永席
责任校对 尹 芳
装帧设计 宋 瑞

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765(编辑管理部)
010-67112739(建筑分社)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405(传真)
印装质量热线: 010-67113404

印 刷 北京盛通印刷股份有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2017 年 12 月第 1 版
印 次 2017 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/32
印 张 9
字 数 239 千字
定 价 30.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换。

《水利水电工程施工实用手册》

编委会

总主编：赵长海

副总主编：郭明祥

编委：冯玉禄 李建林 李行洋 张卫军
刁望利 傅国华 肖恩尚 孔祥生
何福元 向亚卿 王玉竹 刘能胜
甘维忠 冷鹏主 钟汉华 董伟
王学信 毛广锋 陈忠伟 杨联东
胡昌春

审 定：中国水利工程协会

《砌体工程施工》

主 编：向亚卿

副 主 编：石 硕 刘 毅 向紫卿

参编人员：马富强 刘 松 娄永和

主 审：黄国秋 涂启龙

水利水电工程施工虽然与一般的工民建、市政工程及其他土木工程施工有许多共同之处,但由于其施工条件较为复杂,工程规模较为庞大,施工技术要求高,因此又具有明显的复杂性、多样性、实践性、风险性和不连续性的特点。如何科学、规范地进行水利水电工程施工是一个不断实践和探索的过程。近 20 年来,我国水利水电建设事业有了突飞猛进的发展,一大批水利水电工程相继建成,取得了举世瞩目的成就,同时水利水电施工技术水平也得到极大的提高,很多方面已达到世界领先水平。对这些成熟的施工经验、技术成果进行总结,进而推广应用,是一项对企业、行业 and 全社会都有现实意义的任务。

为了满足水利水电工程施工一线工程技术人员和操作工人的业务需求,着眼提高其业务技术水平和操作技能,在中国水利工程协会指导下,湖北水总水利水电建设股份有限公司联合湖北水利水电职业技术学院、中国水电基础局有限公司、中国水电第三工程局有限公司制造安装分局、郑州水工机械有限公司、湖北正平水利水电工程质量检测公司、山东水总集团有限公司等十多家施工单位、大专院校和科研院所,共同组成《水利水电工程施工实用手册》丛书编委会,组织编写了《水利水电工程施工实用手册》丛书。本套丛书共计 16 册,参与编写的施工技术人员及专家达 150 余人,从 2015 年 5 月开始,历时两年多时间完成。

本套丛书以现场需要为目的,只讲做法和结论,突出“实用”二字,围绕“工程”做文章,让一线人员拿来就能学,学了就会用。为达到学以致用目的,本丛书突出了两大特点:一是通俗易懂、注重实用,手册编写是有意把一些繁琐的原理分析去掉,直接将最实用的内容呈现在读者面前;二是专业独立、相互呼应,全套丛书共计 16 册,各册内容既相互关

联,又相对独立,实际工作中可以根据工程和专业需要,选择一本或几本进行参考使用,为一线工程技术人员使用本手册提供最大的便利。

《水利水电工程施工实用手册》丛书涵盖以下内容:

1)工程识图与施工测量;2)建筑材料与检测;3)地基与基础处理工程施工;4)灌浆工程施工;5)混凝土防渗墙工程施工;6)土石方开挖工程施工;7)砌体工程施工;8)土石坝工程施工;9)混凝土面板堆石坝工程施工;10)堤防工程施工;11)疏浚与吹填工程施工;12)钢筋工程施工;13)模板工程施工;14)混凝土工程施工;15)金属结构制造与安装(上、下册);16)机电设备安装。

在这套丛书编写和审稿过程中,我们遵循以下原则和要求对技术内容进行编写和审核:

1)各册的技术内容,要求符合现行国家或行业标准与技术规范。对于国内外先进施工技术,一般要经过国内工程实践证明实用可行,方可纳入。

2)以专业分类为纲,施工工序为目,各册、章、节格式基本保持一致,尽量做到简明化、数据化、表格化和图示化。对于技术内容,求对不求全,求准不求多,求实用不求系统,突出丛书的实用性。

3)为保持各册内容相对独立、完整,各册之间允许有部分内容重叠,但本册内应避免出现重复。

4)尽量反映近年来国内外水利水电施工领域的新技术、新工艺、新材料、新设备和科技创新成果,以便工程技术人员参考应用。

参加本套丛书编写的多为施工单位的一线工程技术人员,还有设计、科研单位和部分大专院校的专家、教授,参与审核的多为水利水电行业内有丰富施工经验的知名人士,全体参编人员和审核专家都付出了辛勤的劳动和智慧,在此一并表示感谢!在丛书的编写过程中,武汉大学水利水电学院的申明亮、朱传云教授,三峡大学水利与环境学院周宜红、赵春菊、孟永东教授,长江勘测规划设计研究院陈勇伦、李锋教授级高级工程师,黄河勘测规划设计有限公司孙胜利、李志明教授级高级工程师等,都对本书的编写提出了宝贵的意

见,我们深表谢意!

中国水利工程协会组织并主持了本套丛书的审定工作,有关领导给予了大力支持,特邀专家们也都提出了修改意见和指导性建议,在此表示衷心感谢!

由于水利水电施工技术和工艺正在不断地进步和提高,而编写人员所收集、掌握的资料和专业技术水平毕竟有限,书中难免有很多不妥之处乃至错误,恳请广大的读者、专家和工程技术人员不吝指正,以便再版时增补订正。

让我们不忘初心,继续前行,携手共创水利水电工程建设事业美好明天!

《水利水电工程施工实用手册》编委会

2017年10月12日

目 录

前 言

第一章 砌体材料	1
第一节 原材料	1
第二节 砌筑砂浆	44
第二章 砌筑工程机具	55
第一节 砌筑工具	55
第二节 砂浆搅拌机械	63
第三节 垂直运输设施	64
第三章 砌筑用脚手架	71
第一节 脚手架的作用和要求	71
第二节 脚手架的构造	73
第三节 脚手架的搭设与拆除	87
第四章 石砌体工程	91
第一节 砌石护坡	91
第二节 浆砌石基础	100
第三节 浆砌石挡土墙	104
第四节 浆砌石拱圈	106
第五节 砌石坝	110
第五章 砌块砌体工程	116
第一节 混凝土预制块护坡	116
第二节 砖砌体砌筑	117
第三节 砌块墙的砌筑	151
第四节 砖柱、扶壁柱、构造柱、芯柱的施工	159
第六章 装饰工程	166
第一节 常用施工机具	166
第二节 抹灰施工	173
第三节 饰面板与饰面砖施工	183
第四节 地面施工	192

第五节	吊顶与轻质隔墙施工	202
第六节	门窗施工	213
第七节	涂饰施工	219
第七章	季节施工	227
第一节	冬期施工	227
第二节	雨期施工	229
第三节	夏期施工	230
第四节	台风季施工	231
第八章	安全与环保	233
第一节	安全	233
第二节	环境保护	235
第九章	砌体工程质量标准及检验方法与等级评定 ...	237
第一节	砌体工程质量标准及检验方法	237
第二节	砌体工程质量等级评定	245
附录	部分砌体工程单元工程质量评定表	250
参考文献		276

砌 体 材 料

第一节 原 材 料

一、水泥

水泥:粉状水硬性无机胶凝材料。加水搅拌后成浆体,能在空气中硬化或者在水中更好的硬化,并能把砂、石等材料牢固地胶结在一起。cement 一词由拉丁文 caementum 发展而来,是碎石及片石的意思。早期石灰与火山灰的混合物与现代的石灰火山灰水泥很相似,用它胶结碎石制成的混凝土,硬化后不但强度较高,而且还能抵抗淡水或含盐水的侵蚀。长期以来,它作为一种重要的胶凝材料,广泛应用于土木建筑、水利、国防等工程。

1. 水泥的分类

(1) 按用途及性能。

1) 通用水泥:一般土木建筑工程通常采用的水泥。通用水泥主要是指现行国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)(2015 年版)规定的六大类水泥,即硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥。

2) 专用水泥:专门用途的水泥。如 G 级油井水泥、道路硅酸盐水泥。

3) 特性水泥:某种性能比较突出的水泥。如快硬硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥、膨胀硫铝酸盐水泥、磷铝酸盐水泥和磷酸盐水泥。

(2) 按主要水硬性物质名称。硅酸盐水泥(即国外通称

的波特兰水泥)、铝酸盐水泥、硫铝酸盐水泥、铁铝酸盐水泥、氟铝酸盐水泥、磷酸盐水泥、以火山灰或潜在水硬性材料及其他活性材料为主要组分的水泥。

(3) 按主要技术特性。快硬性水泥(分为快硬和特快硬两类)、水化热水泥(分为中热和低热两类)、抗硫酸盐性水泥(分为中抗硫酸盐腐蚀和高抗硫酸盐腐蚀两类)、膨胀性水泥(分为膨胀和自应力两类)、耐高温性水泥。

2. 组分与材料

(1) 组分。通用硅酸盐水泥的组分应符合表 1-1 的规定。

(2) 材料。

1) 硅酸盐水泥熟料。由主要含 CaO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 的原料,按适当比例磨成细粉烧至部分熔融所得以硅酸钙为主要矿物成分的水硬性胶凝物质。其中硅酸钙矿物不小于 66%,氧化钙和氧化硅质量比不小于 2.0。

2) 石膏。

①天然石膏:应符合现行国家标准《天然石膏》(GB/T 5483—2008)中规定的 G 类或 M 类二级(含)以上的石膏或混合石膏。

②工业副产石膏:以硫酸钙为主要成分的工业副产物。采用前应经过试验证明对水泥性能无害。

3) 活性混合材料。符合现行国家标准 GB/T 203—2008、GB/T 18046—2008、GB/T 1596—2005、GB/T 2847—2005 标准要求的粒化高炉矿渣、粒化高炉矿渣粉、粉煤灰、火山灰质混合材料。

4) 非活性混合材料。活性指标分别低于现行国家标准 GB/T 203—2008、GB/T 18046—2008、GB/T 1596—2005、GB/T 2847—2005 标准要求的粒化高炉矿渣、粒化高炉矿渣粉、粉煤灰、火山灰质混合材料;石灰石和砂岩,其中石灰石中的三氧化二铝含量应不大于 2.5%。

5) 窑灰。符合现行行业标准《掺入水泥中的回转窑窑灰》(JC/T 742—2009)的规定。

6) 助磨剂。水泥粉磨时允许加入助磨剂,其加入量应不

表 1-1 通用硅酸盐水泥的组分规定

品种	代号	组分/%				
		熟料+石膏	粒化高炉矿渣	火山灰质混合材料	粉煤灰	石灰石
硅酸盐水泥	P·I	100	—	—	—	—
	P·II	≥95	≤5	—	—	—
		≥95	—	—	—	≤5
普通硅酸盐水泥	P·O	≥80 且 <95	>5 且 ≤20 ^a			—
矿渣硅酸盐水泥	P·S·A	≥50 且 <80	>20 且 ≤50 ^b	—	—	—
	P·S·B	≥30 且 <50	>50 且 ≤70 ^b	—	—	—
火山灰质硅酸盐水泥	P·P	≥60 且 <80	—	>20 且 ≤40 ^c	—	—
粉煤灰硅酸盐水泥	P·F	≥60 且 <80	—	—	>20 且 ≤40 ^d	—
复合硅酸盐水泥	P·C	≥50 且 <80	>20 且 ≤50 ^e			—

注：a. 本组分材料为符合现行国家标准 GB 175—2007(2015 年版)5.2.3 的活性混合材料，其中允许用不超过水泥质量 8% 且符合现行国家标准 GB 175—2007(2015 年版)5.2.4 的非活性混合材料或不超过水泥质量 5% 且符合现行国家标准 GB 175—2007(2015 年版)5.2.5 的窑灰代替。

b. 本组分材料为符合现行国家标准《用于水泥中的粒化高炉矿渣》(GB/T 203—2008)或现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T 18046—2008)的活性混合材料，其中允许用不超过水泥质量 8% 且符合现行国家标准 GB 175—2007(2015 年版)第 5.2.3 条的活性混合材料或符合现行国家标准 GB 175—2007(2015 年版)第 5.2.4 条的非活性混合材料或符合现行国家标准 GB 175—2007(2015 年版)第 5.2.5 条的窑灰中的任一种材料代替。

c. 本组分材料为符合现行国家标准《用于水泥中的火山灰质混合材料》(GB/T 2847—2005)的活性混合材料。

d. 本组分材料为符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB/T 1596—2005)的活性混合材料。

e. 本组分材料为由两种(含)以上符合现行国家标准 GB 175—2007(2015 年版)第 5.2.3 条的活性混合材料，或符合现行国家标准 GB 175—2007(2015 年版)第 5.2.4 条的非活性混合材料组成，其中允许用不超过水泥质量 8% 且符合现行国家标准 GB 175—2007(2015 年版)第 5.2.5 条的窑灰代替。掺矿渣时混合材料掺量不得与矿渣硅酸盐水泥重复。

大于水泥质量的 0.5%，助磨剂应符合现行行业标准《水泥助磨剂》(JC/T 667—2004)的规定。

3. 强度等级

(1) 硅酸盐水泥的强度等级分为 42.5、42.5R、52.5、52.5R、62.5、62.5R 六个等级。

(2) 普通硅酸盐水泥的强度等级分为 42.5、42.5R、52.5、52.5R 四个等级。

(3) 矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥的强度等级分为 32.5、32.5R、42.5、42.5R、52.5、52.5R 六个等级。

4. 化学指标

(1) 化学指标应符合表 1-2 的规定。

表 1-2 通用硅酸盐水泥的化学指标

品种	代号	不溶物/ %(质量 分数)	烧失量/ %(质量 分数)	三氧化硫/ %(质量 分数)	氧化镁/ %(质量 分数)	氯离子/ %(质量 分数)
硅酸盐水泥	P·I	≤0.75	≤3.0	≤3.5	≤5.0 ^a	≤0.06 ^c
	P·II	≤1.50	≤3.5			
普通硅酸盐水泥	P·O	—	≤5.0			
矿渣硅酸盐水泥	P·S·A	—	—	≤4.0	≤6.0 ^b	
	P·S·B	—	—		—	
火山灰质硅酸盐 水泥	P·P	—	—	≤3.5	≤6.0 ^b	
粉煤灰硅酸盐 水泥	P·F	—	—			
复合硅酸盐水泥	P·C	—	—			

注：a. 如果水泥压蒸试验合格，则水泥中氧化镁的含量(质量分数)允许放宽至 6.0%。

b. 如果水泥中氧化镁的含量(质量分数)大于 6.0%时，需进行水泥压蒸安定性试验并合格。

c. 当有更低要求时，该指标由买卖双方协商确定。

(2) 碱含量(选择性指标)。水泥中的碱超过一定含量时，遇上骨料中的活性物质如活性 SiO₂，会生成膨胀性的产

物,导致混凝土开裂破坏。为防止发生此类反应,需对水泥中的碱进行控制。现行国家标准 GB 175—2007(2015 年版)中将碱含量定为选择性指标。若使用活性骨料,用户要求提供低碱水泥时,水泥中碱含量按 $\text{Na}_2\text{O}+0.658\text{K}_2\text{O}$ 计算的质量百分率应不大于 0.60%,或由买卖双方协商确定。

5. 物理指标

(1) 凝结时间。

1) 硅酸盐水泥初凝不小于 45min,终凝不大于 390min。

2) 普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥初凝不小于 45min,终凝不大于 600min。

(2) 强度。不同品种不同强度等级的通用硅酸盐水泥,其不同各龄期的强度应符合表 1-3 的规定。

表 1-3 通用硅酸盐水泥的强度要求 (单位:MPa)

品种	强度等级	抗压强度		抗折强度	
		3d	28d	3d	28d
硅酸盐水泥	42.5	≥ 17.0	≥ 42.5	≥ 3.5	≥ 6.5
	42.5R	≥ 22.0		≥ 4.0	
	52.5	≥ 23.0	≥ 52.5	≥ 4.0	≥ 7.0
	52.5R	≥ 27.0		≥ 5.0	
	62.5	≥ 28.0	≥ 62.5	≥ 5.0	≥ 8.0
	62.5R	≥ 32.0		≥ 5.5	
普通硅酸盐水泥	42.5	≥ 17.0	≥ 42.5	≥ 3.5	≥ 6.5
	42.5R	≥ 22.0		≥ 4.0	
	52.5	≥ 23.0	≥ 52.5	≥ 4.0	≥ 7.0
	52.5R	≥ 27.0		≥ 5.0	
矿渣硅酸盐水泥 火山灰质硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥 复合硅酸盐水泥	32.5	≥ 10.0	≥ 32.5	≥ 2.5	≥ 5.5
	32.5R	≥ 15.0		≥ 3.5	
	42.5	≥ 15.0	≥ 42.5	≥ 3.5	≥ 6.5
	42.5R	≥ 19.0		≥ 4.0	
	52.5	≥ 21.0	≥ 52.5	≥ 4.0	≥ 7.0
	52.5R	≥ 23.0		≥ 4.5	

(3) 细度(选择性指标)。

1) 硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥以比表面积表示,不小于 $300\text{m}^2/\text{kg}$;矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥以筛余表示, $80\mu\text{m}$ 方孔筛筛余不大于 10% 或 $45\mu\text{m}$ 方孔筛筛余不大于 30%。

2) 水泥颗粒的粗细直接影响水泥的需水量、凝结硬化及强度。水泥颗粒越细,与水起反应的比表面积越大,水化较快,早期强度及后期强度都较高。但水泥颗粒过细,研磨水泥能耗大,成本也较高,且易与空气中的水分及二氧化碳起反应,不宜久置,硬化时收缩也较大。若水泥颗粒过粗,则不利于水泥活性的发挥。

(4) 标准稠度用水量。

1) 由于加水量的多少,对水泥的一些技术性质(如凝结时间等)的测定值影响很大,故测定这些性质时,必须在一个规定的稠度下进行。这个规定的稠度,称为标准稠度。水泥净浆达到标准稠度时所需的拌和水量(以水占水泥质量的百分比表示),称为标准稠度用水量(也称需水量)。

2) 硅酸盐水泥的标准稠度用水量一般在 24%~30% 之间。水泥熟料矿物成分不同时,其标准稠度用水量亦有差别。水泥磨得越细,标准稠度用水量越大。

3) 水泥标准中,对标准稠度用水量没有提出具体要求。但标准稠度用水量的大小能在一定程度上影响混凝土的性能。标准稠度用水量较大的水泥,拌制同样稠度的混凝土,加水量也较大,故硬化时收缩较大,硬化后的强度及密实度也较差。因此,当其他条件相同时,水泥标准稠度用水量越小越好。

(5) 体积安定性。

1) 水泥的体积安定性,是指水泥在凝结硬化过程中,体积变化的均匀性。若水泥硬化后体积变化不均匀,即所谓的安定性不良。使用安定性不良的水泥会造成构件产生膨胀性裂缝,降低建筑物质量,甚至引起严重事故。

2) 造成水泥安定性不良的原因主要是由于熟料中含有

过多的游离氧化钙(f-CaO)或游离氧化镁(f-MgO),以及水泥粉磨时掺入的石膏超量。熟料中所含游离氧化钙或游离氧化镁都是过烧的,结构致密,水化很慢,加之被熟料中其他成分所包裹,使得在水泥已经硬化后才进行水化,产生体积膨胀,引起不均匀的体积变化。当石膏掺入量过多时,水泥硬化后,残余石膏与固态水化铝酸钙继续反应生成钙矾石,体积增大1.5倍,从而导致水泥石开裂。

3) 沸煮能加速 f-CaO 的水化,国家标准规定用沸煮法检验水泥的体积安定性。其方法是将水泥净浆试饼或雷氏夹试件煮沸 3h 后,用肉眼观察试饼未发现裂纹,用直尺检查也没有弯曲现象,或测得两个雷氏夹试件的膨胀值的平均值不大于 5mm 时,则体积安定性合格;反之,则为不合格。

4) 现行国家标准 GB 175—2007(2015 年版)规定,水泥安定性经沸煮法试验必须合格,方可使用。

6. 其他指标

(1) 密度与堆积密度。硅酸盐水泥的密度一般在 $3.0\sim 3.2\text{g}/\text{cm}^3$ 之间,贮存过久的水泥,密度稍有降低。

水泥在松散状态时的堆积密度,一般在 $900\sim 1300\text{kg}/\text{m}^3$ 之间,紧密状态时可达 $1400\sim 1700\text{kg}/\text{m}^3$ 。

(2) 水化热。

1) 水泥在水化过程中所放出的热量,称为水泥的水化热(kJ/kg)。水泥水化热的大部分是在水化热初期(7d内)放出的,后期放热逐渐减少。

2) 水泥水化热的大小及放热速率,主要决定于水泥熟料的矿物组成及细度等。通常强度等级高的水泥,水化热较大。凡起促凝作用的因素(如加 CaCl_2)均可提高早期水化热;反之,凡能减慢水化反应的因素(如加入缓凝剂),则能降低早期水化热。

3) 水泥的这种放热特性,对大体积混凝土建筑物是不利的。它能使建筑物内部与表面产生较大的温差,引起局部拉应力,使混凝土发生裂缝。因此,大体积混凝土工程应采用放热功量较低的水泥。