

《水利水电施工》

丛书

# 大体积碾压混凝土

魏 朝 坤



《水利水电施工》

---

# 大体积碾压混凝土

魏 朝 坤

水利电力出版社

## 内 容 提 要

碾压混凝土是近 20 多年兴起并得到迅速发展的一项筑坝新技术，在工程建设中得到越来越广泛的应用。本书是从以下七个方面将这一新技术介绍给读者：碾压混凝土的发展及应用概况；碾压混凝土的组成材料；碾压混凝土的配合比设计；碾压混凝土拌和物；碾压混凝土的物理力学性能；碾压混凝土的质量控制与检测；碾压混凝土的室外碾压试验。

本书可供从事水利工程施工的设计、施工技术人员学习，也可供有关专业院校师生参考。

《水利水电施工》丛书

大体积碾压混凝土

魏 朝 坤

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 8.75印张 193千字

1990年4月第一版 1990年4月北京第一次印刷

印数0001—2060册

ISBN 7-120-01063-8/TV·359

定价 5.35 元

## 水利科普丛书编审委员会名单

主任委员：史梦熊

副主任委员：董其林

委员（以姓氏笔划为序）：

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 丁联臻 | 王万治 | 史梦熊 | 田 园 |
| 李文治 | 邴凤山 | 杨启声 | 张宏全 |
| 张林祥 | 沈埏卿 | 陈祖安 | 陈春槐 |
| 汪景琦 | 郑连第 | 郭之章 | 赵珂经 |
| 茹 智 | 陶芳轩 | 谈国良 | 徐曾衍 |
| 蒋元驹 | 曹述互 | 曹松润 | 董其林 |
| 颜振元 |     |     |     |

## 序

水是人类生存和社会生产必不可少的物质资源。水利工作的基本任务是除水害、兴水利,开发、利用和保护水资源,为工农业生产和人们的物质、文化生活创造必要的条件。普及水利科学技术知识。让更多的人了解和掌握水利科学技术。也是两个文明建设的内容之一。为此,针对水利战线职工和社会上不同文化程度读者的需要,分层次地编写出版水利科普读物是十分必要的。

为了帮助水利科技人员的知识更新,掌握一些现代科技知识,并使水利科技成果更广泛地得到推广应用,尽快地形成生产力;为了使广大农村水利工作人员,掌握一些实用的水利基础知识,并应用于生产实际;为了总结和宣传我国水利建设的伟大成就和悠久历史,介绍水利在四化建设和人民生活等方面的重要作用,激发广大人民群众和青少年热爱祖国江河、关心水利事业,我们组织编写了七套水利科普丛书。包括:《现代科技》丛书、《水利科技成果》丛书、《水利水电施工》丛书、《小水电技术》丛书、《农村水利技术》丛书、《中国水利史》小丛书、《水与人类》丛书。这些科普丛书将由水利电力出版社陆续出版。

编写和审定这些丛书时,力求做到以思想性和科学性为前提,同时注意通俗性、适用性和趣味性。由于我们工作经验不足。书中可能存在某些不妥和错误之处,敬请广大读者给予批评指正。

中国水利学会科普工作委员会

1984年7月

## 前 言

碾压混凝土是近20多年兴起并得到迅速发展的一项筑坝新技术，在世界范围内得到了越来越广泛的应用。它是使用填筑土石坝的大型运输、振动碾压机械，压实非常干硬的混凝土拌和物，采用大面积，薄层碾压上升的浇筑方法。这种施工方法速度快、投资省、经济效益高。最适于大体积和大面积(如路面、飞机跑道等)混凝土施工。近10年来，我国在研究和应用碾压混凝土方面取得了一定成绩，已在几个工程上初步应用，积累了经验，于1986年建成了我国第一座碾压混凝土坝——福建省大田县坑口坝。而且，目前正在几座大型水电主体工程中推广使用。

作者参加了碾压混凝土试验研究工作，接触学习了部分国内外研究和应用成果的资料。为了更好宣传和推广应用碾压混凝土这项新技术，特编写此书，供有关同志参考。本书部分初稿，曾经李子铮同志阅改，提出宝贵意见；全书完稿后，由蒋元驹同志审改定稿，在编写过程中曾参考、引用了有关同志和单位的研究成果和宝贵资料，并曾得到黄河水利委员会刘洪福同志的支持，在此一并表示感谢！由于本人对碾压混凝土仍处于学习和探索之中，书中缺点和错误之处在所难免，欢迎读者指正。

编者

1988年11月6日

# 目 录

序

前言

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第一章 碾压混凝土的发展及应用概况        | 1   |
| 第一节 碾压混凝土的兴起与发展          | 1   |
| 第二节 碾压混凝土坝的优越性及当前存在的主要问题 | 9   |
| 第三节 碾压混凝土的类型及其特点         | 18  |
| 第二章 材料                   | 28  |
| 第一节 胶凝材料                 | 28  |
| 第二节 骨料                   | 32  |
| 第三节 外加剂                  | 41  |
| 第三章 碾压混凝土配合比设计           | 44  |
| 第一节 配合比特点及一般要求           | 44  |
| 第二节 基本配合条件的确定            | 47  |
| 第三节 我国常用配合比的设计方法         | 52  |
| 第四节 日本配合比设计方法简介          | 66  |
| 第五节 欧美国家配合比设计方法简介        | 73  |
| 第六节 按土石坝碾压理论简化配合比设计      | 84  |
| 第四章 碾压混凝土拌和物             | 92  |
| 第一节 拌和物稠度 (VC值) 测试       | 92  |
| 第二节 影响 VC 值的主要因素         | 98  |
| 第三节 碾压混凝土拌和物的凝结时间        | 110 |
| 第四节 碾压混凝土拌和物的离析性         | 116 |
| 第五节 碾压混凝土拌和物的振动压实        | 118 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第五章 碾压混凝土物理力学性能 .....    | 135 |
| 第一节 强度及影响强度的主要因素 .....   | 135 |
| 第二节 碾压混凝土的变形性能 .....     | 156 |
| 第三节 碾压混凝土的热学性能 .....     | 169 |
| 第四节 碾压混凝土的抗渗性 .....      | 189 |
| 第六章 碾压混凝土的质量控制与检测 .....  | 196 |
| 第一节 质量控制的意义和基本要求 .....   | 196 |
| 第二节 原材料的质量控制和检查 .....    | 197 |
| 第三节 拌和生产过程的质量控制和检查 ..... | 203 |
| 第四节 出机口的抽样检查 .....       | 205 |
| 第五节 碾压施工仓面的质量控制和检测 ..... | 214 |
| 第六节 碾压混凝土质量评定与验收 .....   | 241 |
| 第七章 碾压混凝土的室外碾压试验 .....   | 246 |
| 第一节 试验类型 .....           | 246 |
| 第二节 拌和工艺试验 .....         | 247 |
| 第三节 现场碾压试验 .....         | 252 |
| 参考文献 .....               | 272 |

# 第一章 碾压混凝土的发展及应用概况

## 第一节 碾压混凝土的兴起与发展

### 一、碾压混凝土的兴起

自从20世纪30年代，美国建成胡佛坝（Hoover Dam）以来，混凝土坝的施工方法改进不大。混凝土重力坝的施工方法是分段、分块的柱状浇筑法。把混凝土拌和物一罐一罐吊入柱状浇筑仓内，用插入式振捣器振捣密实，施工期间，各个浇筑块是彼此分割独立的。在混凝土坝建成后，要对坝块之间的缝隙进行灌浆处理，使彼此独立的坝块连接成整体，才能投入正式运行。这种施工办法，一直沿续了50多年，很少有重大的改进和革新。

在这期间，由于大型挖掘、运输、碾压机具的不断出现和更新，使土石坝的施工速度有了大幅度的提高，显示出明显的经济技术优越性。致使50年代以后，世界范围内建造土石坝的比例不断提高，而建造混凝土坝的比例在逐渐减少。然而，土石填筑坝也有其明显的缺点。如土石填筑坝的坝上过水能力很低，一般坝体上不允许布置溢洪道、闸门等结构物，另需花大量投资建设泄洪工程、引水管道，施工导流设施的长度相对较大等。特别像日本这样国土狭小的国家，大规模开采和运输坝体材料，对周围环境影响和破坏也是不可忽视的。

于是，60年代以来，全世界坝工专家都在致力于发展一

种新型的混凝土坝施工方法。1964年,意大利修建阿尔卑·格拉坝(Alpe Gera Dam)时,取消坝内冷却水管,像土石坝一样,用汽车运输入仓,通仓薄层铺料,插入式振捣器捣固贫混凝土,用切缝机切割横缝的混凝土坝施工方法,取得了缩短工期、节约投资的良好效果。·

1970年,美国的拉裴尔(J. M. Rafter)发表了“最优重力坝”的论文,提出用大体积土石方运输和碾压机械,将掺水泥的天然级配粗颗粒料碾压成坝体,同传统的土石坝相比,其抗剪强度增大了,将使坝体的断面大为减小。同一般混凝土重力坝相比,采用填筑土石坝的大型运输和摊铺机械连续浇筑,用振动碾碾压的施工方法,可缩短工期,降低工程造价。同时,美国田纳西流域管理局(T. V. A)的罗伯特·坎农(R. W. Cannon)提出了“用碾压土料的方法修建混凝土坝”的论文。1972年,他又发表了“用振动碾压实大体积混凝土”的论文,并同时公布了用卡车运输、前卸式装载机平仓,振动碾碾压的混凝土试验结果,形成了最初的“碾压混凝土”概念。在此期间,除美国田纳西流域管理局在泰斯·福德(Tims Eord)坝的长9.76m、宽4.88m的试验块上,进行过碾压试验外,美国陆军工程师团(U. S. A. E)先后在密西西比州的杰克逊(Jackson)工程和俄勒冈州的罗特溪坝(Lost Creek Dam)进行了更大规模的碾压混凝土现场试验。碾压混凝土在工程上使用,是从这些试验以后开始的。

## 二、碾压混凝土的发展

世界上第一个大量使用碾压混凝土的工程是1975年美国陆军工程师团承包巴基斯坦的塔伯拉(Tarbela)坝泄洪隧洞修复工程。该工程用未经筛洗的砂砾石料加少量水泥拌和的

混凝土，经振动碾碾压，修复被冲毁的部位。在42 d内浇筑了351680m<sup>3</sup>混凝土，平均日浇筑强度8371m<sup>3</sup>，最大日浇筑强度达18438m<sup>3</sup>。显示了碾压混凝土快速施工的巨大潜力。

日本建设省，1974年制定了“关于混凝土坝合理化施工研究”的规划，开始对碾压混凝土进行系统的研究，提出了新的混凝土坝施工方法。1976年建设省选定在大川坝上游围堰进行现场施工试验，包括混凝土配合比、碾压工艺、混凝土性能试验及质量检验手段等方面。这次试验，又一次证明了用振动碾压实干硬性混凝土是可能的，而且在混凝土碾压后，用切缝机切割造缝是可行的。1978年9月开始，在坝高89m的岛地川坝坝体上使用碾压混凝土。1979年10月，开始在大川坝坝基底板大量使用碾压混凝土。将碾压混凝土应用于大坝坝体，这在世界上还是第一次。

1973~1976年，英国建筑工业和报告委员会(C·L·R·L·A)开始研究大型建筑物基础采用低水泥用量、高粉煤灰掺量碾压混凝土，以期提高碾压混凝土的相对密实度和层间粘结能力，并研究用激光控制滑模，进行上下游坝面的施工。虽然这项研究成果在英国未得到广泛应用，但为美国垦务局设计上静水工程打下了基础。该坝于1987年建成，高89m，共浇筑碾压混凝土 $1.07 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。

1982年美国陆军工程师团在俄勒冈州，用不到5个月的时间，建筑了一座33万m<sup>3</sup>的全碾压混凝土坝——柳溪坝(Willow Creer Dam)以来，碾压混凝土筑坝技术取得了迅速的发展和广泛的应用。至1988年，使用碾压混凝土筑坝技术，完建和在建30多座(坝高15m以上)混凝土坝(其中包括我国铜街子1号副坝和主坝、大田坑口坝)，分布在全世界各大洲(主要在北美和亚洲)，见表1-1。

表 1-1 已建和在建的碾压混凝土坝 (坝高15m以上)

| 竣工年份 | 坝 名                               | 国 家 (地区)        | 最大坝高<br>(m) | 碾压混凝土量<br>(m <sup>3</sup> ) | 水泥+粉煤灰<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
|------|-----------------------------------|-----------------|-------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 1980 | 岛 地 川                             | 日 本<br>(山口县)    | 89          | 170,000                     | 84+36                          |
| 1982 | 柳 溪<br>(Willow Creek)             | 美 国<br>(俄勒冈州)   | 52          | 331,000                     | 47+19                          |
| 1984 | 温切斯特<br>(Winchester)              | 美 国<br>(肯塔斯州)   | 21          | 24,500                      | 99+0                           |
| 1984 | 中 福 克<br>(Middle Fork)            | 美 国<br>(科罗拉多州)  | 38          | 42,100                      | 66+0                           |
| 1984 | 柯普菲尔德<br>(Copperfield)            | 澳大利亚<br>(昆士兰州)  | 40          | 140,000                     | 80+30                          |
| 1984 | 铜街子1#坝                            | 中 国<br>(四川省)    | 27.5        | 480                         | 74+80                          |
| 1985 | 盖尔斯维尔<br>(Galesville)             | 美 国<br>(俄勒冈州)   | 51          | 160,800                     | 53+36                          |
| 1986 | 格来因斯通峡<br>(Grindstone Canyon)     | 美 国<br>(新墨西哥州)  | 42          | 37,500                      | 74+30                          |
| 1986 | 蒙克斯维尔<br>(Mohksville)             | 美 国<br>(新泽西州)   | 46          | 221,000                     | 64+0                           |
| 1986 | 扎依霍克<br>(Zraihoek)                | 南 非<br>(纳塔尔省)   | 50          | 120,000                     | 31.5+73.5                      |
| 1986 | 克来格布<br>(Craigbourne)             | 澳大利亚<br>(塔斯马尼亚) | 25          | 22,000                      | 70+60                          |
| 1986 | 萨科德纳瓦奥林达<br>(Saco de Nava-Olinda) | 巴 西<br>(帕拉伊巴州)  | 56          | 135,000                     | 65+0                           |
| 1986 | 阿 拉 比<br>(Arabie)                 | 南 非<br>(莱博瓦)    | 35          | 110,000                     |                                |
| 1986 | 玉 川                               | 日 本<br>(秋田县)    | 103         | 1,000,000                   | 100+30                         |
| 1986 | 坑 口                               | 中 国<br>(福建省)    | 57          | 42,000                      | 60+98                          |
| 1987 | 上 静 水<br>(Upper Stillwater)       | 美 国<br>(犹他州)    | 87          | 1,070,000                   | 77+170                         |
| 1987 | 奥里维特<br>(Olivette)                | 法 国             | 37          | 153,000                     | 0+130                          |

续表

| 竣工年份 | 坝 名              | 国家 (地区)     | 最大坝高 (m) | 碾压混凝土量 (m <sup>3</sup> ) | 水泥+粉煤灰 (kg/m <sup>3</sup> ) |
|------|------------------|-------------|----------|--------------------------|-----------------------------|
| 1987 | 特里戈密耳 (Trigomil) | 墨西哥 (哈利斯科州) | 100      | 351,700                  |                             |
| 1988 | 美 利 河            | 日 本 (北海道)   | 40       | 360,000                  | 84+36                       |
| 1988 | 埃尔克溪 (Elk Creek) | 美 国 (俄勒冈州)  | 76       | 795,000                  | 70+33                       |
| 1988 | 真 野 川            | 日 本 (福岛)    | 69       | 101,000                  | 96+24                       |
| 1988 | 阿 卡 瓦 (Acaia)    | 巴 西         | 79       | 623,000                  |                             |
| 1988 | 铜 街 子 坝*         | 中 国 (四川省)   | 87       | 360,000                  | 65+85                       |
| 1988 | 龙 门 滩            | 中 国 (福建省)   | 58       | 73,000                   | 54+98                       |
| 1988 | 天生桥 (二级)         | 中 国 (贵州省)   | 59       | 13,0800                  | 55+85                       |
| 1979 | 大 川 坝**          | 日 本         | 78       | 1,000,000                | 96+24                       |

\* 仅在挡水坝段、溢流坝段内部使用碾压混凝土。

\*\* 仅在坝基础部位使用碾压混凝土。

迄今为止,已竣工的最高碾压混凝土坝是日本玉川坝,坝高103 m;其次是墨西哥特里戈密耳坝坝高100 m。已确定使用碾压混凝土的高坝还有日本境川坝(高115 m)、日本月山坝(最大坝高155 m),碾压混凝土方量达200万 m<sup>3</sup>。美国奥本坝(Auburn Dam)也在考虑采用碾压混凝土,该坝最大高度达209 m。应用碾压混凝土方量最大的工程是巴基斯坦的塔伯拉(Tarbela)坝,1975~1982年间修复泄洪洞和加固溢洪道,共浇筑约250万 m<sup>3</sup> 碾压混凝土。在拦河大坝上使用碾压混凝土最多的是美国上静水坝,约107万 m<sup>3</sup>;其次是日本玉川坝,碾压混凝土方量约100万 m<sup>3</sup>。我国于1986年2月开始浇筑的铜街子挡水和溢流坝段及护坦,将浇筑碾压混凝土

土36万 m<sup>3</sup>，是我国当前最大的碾压混凝土工程。

### 三、碾压混凝土的广泛应用

碾压混凝土坝技术的兴起和发展，历史虽然不长，但应用实践已充分显示了其施工速度快和经济效益高的优点。美国陆军工程师团在“碾压混凝土施工与设计手册”(EM-1110-1-2908)中指示：凡是使用土石方填筑施工机械，能将无坍落度干硬性混凝土拌和物运输、摊铺、压实的工程，均

表 1-2 碾压混凝土在水利水电工程上的应用

| 工程名称                                      | 国 别  | 年份            | 碾压混凝土量<br>(m <sup>3</sup> ) | 应用目的类型                          |
|-------------------------------------------|------|---------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 依 泰 普<br>(Itaipu)                         | 巴 西  | 1978          | 26000                       | 导流明渠取代劣质基岩的回填                   |
| 邦纳维尔Ⅰ号机房<br>(Bonnerille I)                | 美 国  | 1978          | 13000                       | 覆盖开挖暴露的新鲜岩石面以防风化                |
| 盖尔斯托克<br>(Reve Istock)                    | 加拿大  | 1979          | 7600                        | 用于46m高围堰的3.6m碾压混凝土护坦层           |
| 古 里<br>(Guri)                             | 委内瑞拉 | 1981          | 15570                       | 电站扩建中，用碾压混凝土浇筑第二尾水渠围堰           |
| 图库鲁伊<br>(Tucurri)                         | 巴 西  | 1982          | 12230                       | 通航船闸的建筑物内部混凝土                   |
| 北 环 坝<br>(North Loop)                     | 美 国  | 1984          | 15800                       | 土坝下游坡加固 (10m高)                  |
| 格雷特·希尔斯<br>(Great Hills)                  | 美 国  | 1985          | 10000                       | 11m高堆石坝上下游坡碾压混凝土加固              |
| 布朗沃德·乡村俱乐部<br>(Brownwood<br>Country-Club) | 美 国  | 1984          | 1070                        | 对高6m的土坝在下游坡增加92m长碾压混凝土坝面，增加泄洪能力 |
| 塔 伯 拉<br>(Tarbela)                        | 巴基斯坦 | 1975~<br>1982 | 2500000                     | 对泄洪洞、溢洪道损害部位修复                  |
| 沙 溪 口                                     | 中 国  | 1984          | 29700                       | 开关站挡墙建造                         |
| 岩 滩                                       | 中 国  | 1988          | 274700                      | 建造上下游施工导流围堰                     |
| 隔 河 岩                                     | 中 国  | 1988          | 100100                      | 建造重力式施工导流围堰及进厂公路                |

可采用碾压混凝土。碾压混凝土除了用于建造混凝土重力坝外，已向多种用途的方向发展，如用于施工导流围堰、大型工程基础、道路工程等。近年来又有将碾压混凝土用于小型土石坝的下游坡加固，保证洪水期的安全。水利水电工程上将碾压混凝土用于其他目的者见表1-2。

目前为止，碾压混凝土用于筑坝多是重力式坝，而巴西的萨科德纳瓦·奥林达坝是一座拱形碾压混凝土重力坝，正在研究将碾压混凝土用于双曲式拱坝。如南非的莫海尔（Mohlale）坝和马赛（Mashai）坝。

#### 四、我国研究和应用碾压混凝土的情况

我国开展碾压混凝土试验研究始于1978年。1978年底，原水利电力部第七工程局在四川龚嘴水电站进厂公路上，进行第一次碾压混凝土现场试验。采用常规混凝土配合比，减少用水量，拌制适于碾压的干硬性混凝土拌和物，用国产8 t振动碾碾压。1979年以后，在原水利电力部科技司等部门的主持下，分别在四川和福建等省进行了系统的碾压试验研究工作。于1983年，先后在四川省铜街子水电站施工拌和系统水泥罐基础和福建省厦门机场跑道上进行碾压混凝土试验应用和研究，为推广应用碾压混凝土提供了宝贵的经验。之后，在全国水电建设系统中形成了一股研究和应用碾压混凝土的热潮。1984年4月，铜街子水电站1号坝，是国内第一个将碾压混凝土用于大型水电工程挡水建筑物中。1986年，在福建建成了我国第一座碾压混凝土坝（坝高57 m）。目前在建和拟建的碾压混凝土拦河坝工程有：铜街子、天生桥（二级）、岩滩、观音阁、大广坝等，见表1-3。

近年来，我国在碾压混凝土研究和应用都有很大进展，

表 1-3

国内已用和拟用碾压混凝土的工程

| 工 程 名 称           |        | 建筑物类型  | 坝(堰)高<br>(m)    | 碾压混凝土<br>方量<br>(万m <sup>3</sup> ) | 施工年份           |
|-------------------|--------|--------|-----------------|-----------------------------------|----------------|
| 铜<br>街<br>子       | 1# 坝   | 永久挡水坝  | 27.5            | 0.048                             | 1984.4~7月      |
|                   | 左岸挡水坝  | 永久挡水坝  | 87.0            | 5.40                              | 1986~1987      |
|                   | 溢流坝及护坦 | 永久挡水坝  | 87.0            | 36.00                             | 1988~1989      |
| 大田坑口坝             |        | 永久挡水坝  | 56.8            | 4.20                              | 1985.11~1986.6 |
| 天生桥(二级)<br>挡水、溢流坝 |        | 永久挡水坝  | 58.7            | 13.51                             | 1987~1989      |
| 龙 门 滩 坝           |        | 永久挡水坝  | 57.8            | 7.30                              | 1983           |
| 岩 滩 重力坝           |        | 永久挡水坝  | 106             | 32.54                             | 1989           |
| 观音阁重力坝            |        | 永久挡水坝  | 82.0            | 124.00                            | 拟 建            |
| 大广重力坝             |        | 永久挡水坝  | 55.0            | 5.20                              | 拟 建            |
| 沙溪口一期围堰           |        | 临时挡水   | 8.0             | 3.00                              | 1984.10        |
| 岩<br>滩            | 上游围堰   | 临时挡水   | 52.0            | 10.08                             | 1988.5         |
|                   | 下游围堰   | 临时挡水   | 40.2            | 10.39                             | 1988.5         |
| 隔河围堰              |        | 临时挡水   | 45.0(下<br>部32m) | 10.01                             | 1988.3         |
| 沙溪口开关站挡墙          |        | 永久挡墙   | 24.0<br>(其中8m)  | 3.00                              | 1984.11        |
| 葛洲坝大<br>江1#船闸消力池  |        | 基础(部分) | 1.5(厚度)         | 0.26                              | 1984           |
| 水口电站纵向围堰          |        | 临时挡水   | 24~26           | 28.00                             | 1989~          |

取得了可喜的成果, 开始在大型水电工程的主体坝上应用, 取得了一定的经验。如在岩滩导流围堰施工中, 完成了十多项科研成果, 达到了堰体月上升25.3m、日上升1.5m、日最大浇筑量8000多 m<sup>3</sup> 的好水平。1988年3月, 在隔河岩导流围堰碾压混凝土施工中, 35 d 浇筑碾压混凝土 9.3万m<sup>3</sup>, 日平均浇筑量 2657m<sup>3</sup>, 日最大浇筑量达 7930m<sup>3</sup>。

近年来, 国内开始研究在小型水利工程中应用碾压混凝土, 如四川省蓬安县内, 正在建一座10余米高的马回坝。有

非常广扩的推广应用前景。

## 第二节 碾压混凝土坝的优越性及当前存在的主要问题

碾压混凝土有别于常规混凝土的主要特征是：拌和物干硬，坍落度为零，施工方法更接近于土石坝的填筑方法，采用通仓薄层铺料，振动碾表面压实；而常规大坝混凝土施工采用柱状分块，插入式捣固。工程实践显示了碾压混凝土的优越性——施工速度快，经济效益高。

### 一、浇筑速度快

#### （一）和常规混凝土重力坝相比

碾压混凝土坝结构尺寸与一般混凝土重力坝相似，但坝体结构简单，不设冷却水管，不需接缝灌浆，使用土石坝填筑机械，提高了施工机械化程度，故浇筑速度较常规柱状浇筑法大为加快。日本大川坝基础混凝土，采用汽车运料入仓，比用吊车入仓日浇筑量大3~4倍，缩短工期1/2。玉川坝采用汽车运至坝址附近，经斜坡道入仓，浇筑100万 $\text{m}^3$ 混凝土，只用21个月的时间，比用吊车入仓缩短工期5~7个月。该坝冬季有5个月不施工，因此实际缩短工期约1年左右。美国上静水坝，最大浇筑强度达17h为7950 $\text{m}^3$ 。埃尔克溪坝，设计日最大浇筑强度为9550 $\text{m}^3$ 。美国盖尔斯维尔坝和格莱茵斯通峡坝，坝体日上升1.2m（每天4层，每层0.3m）。日本玉川坝，每小时浇筑强度达270 $\text{m}^3$ 。可见，其施工速度为常规混凝土坝施工所不及。

#### （二）和土石坝相比

碾压混凝土断面小、结构紧凑、工程量小，又采用土石