堆石混凝土技术

白

皮

书

北京华石纳固科技有限公司

2022 年 12 月

1. 堆石混凝土技术概述

堆石混凝土技术是由清华大学发明的新型的的大体积混凝土技术，堆石混凝土坝是唯一由中国人发明并得到国际大坝委员会认可的新坝型。



图 1　堆石混凝土浇筑示意图及已建工程图

堆石混凝土技术自 2003 年发明以来，获得了国家“863”计划、国家自然科学基金、十三五国家重点研发计划等十余项科研项目的支撑，经过数十年的研究应用推广，由于其充分利用当地石料，大幅降低能耗与水泥用量，质量保障，经济高效，环境友好，在工程上得到快速推广应用已在全国二十多个省份的 210 余个工程上得到应用，截止 2022 年 6 月底，堆石混凝土技术应用的工程量约 645 余万方，其中已建在建大坝 149 座（见附件 1），其中最高堆石混凝土重力坝云南省松林水库，坝高 90m，已完成坝体封顶，在建的最高的堆石混凝土拱坝福建省永丰水库，坝高 83m。

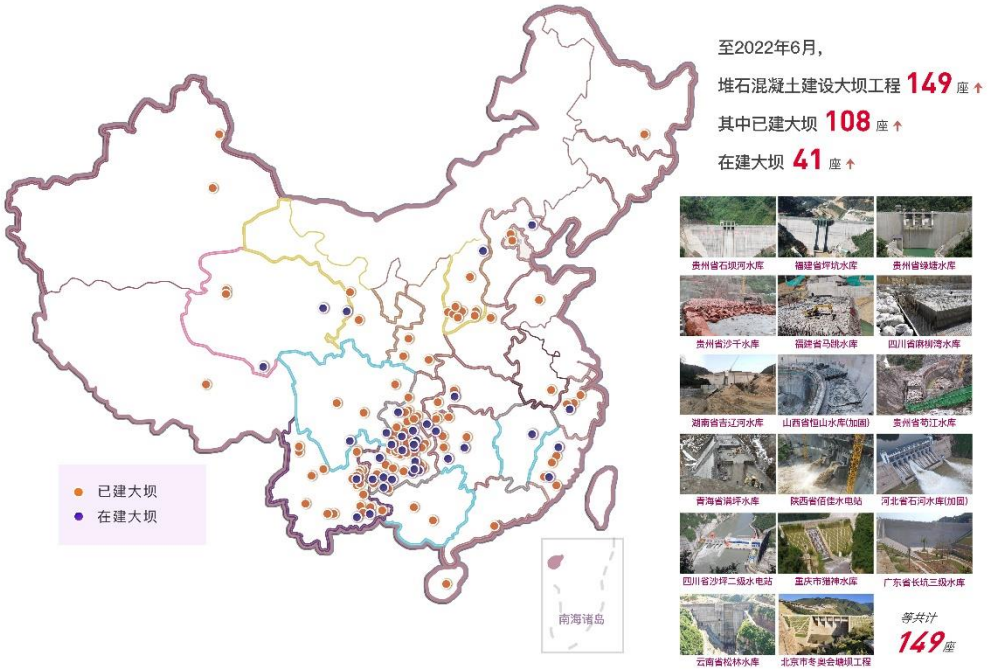


图 2　堆石混凝土工程应用分布图

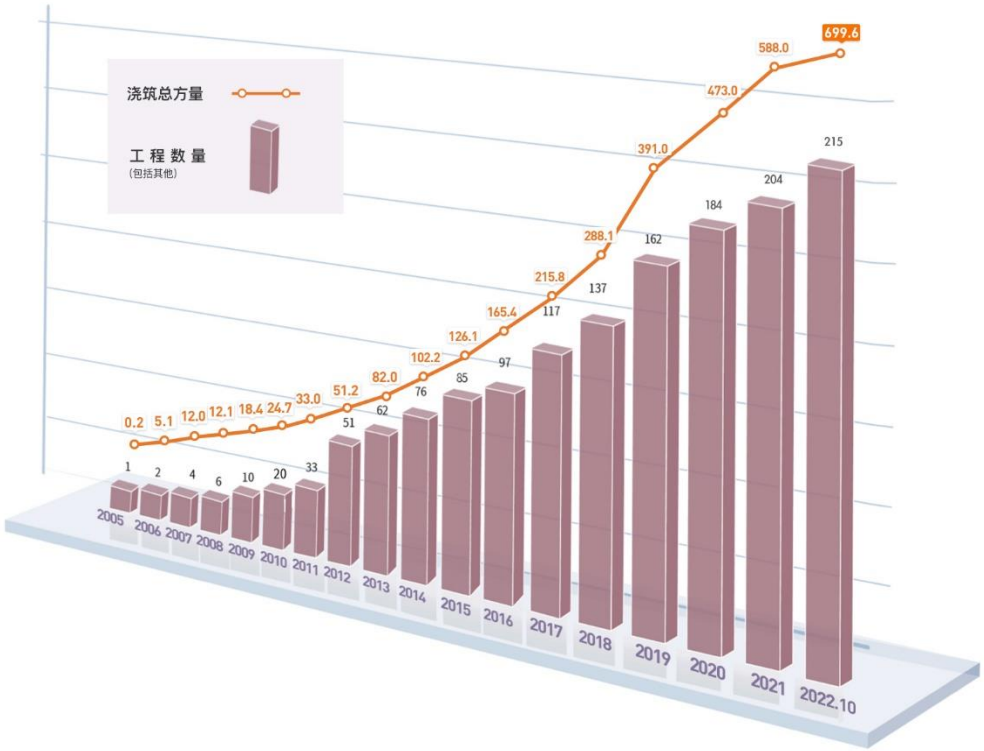


图 3　堆石混凝土应用方量增长图

2. 技术发展认证

堆石混凝土技术通过近二十年深入研究，从理论研究到工程实践，形成完整的技术体系，并得到了国家有关部门的大力支持，以及国内外同行的认可与肯定。

- ✓ **在技术认证方面：**获得水利部、教育部成果鉴定，获得潘家铮、马洪琪等 11 名院士联名书面推荐等（见附件 2）。
- ✓ **在技术推广方面：**得了国家发改委、水利部、教育部等多个国家部委的推广，获得数十个省份水利推广等（见附件 2）。
- ✓ **在获奖方面：**获得国家技术发明二等奖和教育部技术发明一等奖等数十个省部级科技奖（见附件 3）。
- ✓ **在编制技术标准方面：**已颁布行业标准 3 项，国际标准 1 项，地方标准 1 项，企业工法 7 项，团体标准 7 项（见附件 4）。

表 1　堆石混凝土已颁布的系列标准

年份	标准类别	标准名称
2014 年	水利部行业标准	《胶结颗粒料筑坝技术导则》SL 678-2014
2018 年	国家能源局行业标准	《堆石混凝土筑坝技术导则》NB/T 10077-2018
2020 年	电力行业标准	《水电水利工程堆石混凝土施工规范》DL/T 5806-2020
2020 年	贵州省地方标准	《堆石混凝土拱坝技术规范》DB52/T 1545-2020
2021 年	ICOLD 技术公报	《Rock-Filled Concrete Dam》已颁布
2021 年	企业工法	《高自密实性能混凝土生产工法》、《堆石混凝土坝塔吊堆石垂直入仓工法》、《堆石料质量控制与施工工法》、《堆石混凝土层间施工工法》、《高自密实性能混凝土一体化浇筑的堆石混凝土施工工法》、《堆石混凝土坝施工冷缝处理工法》及《堆石混凝土坝廊道施工工法》等 7 项工法已颁布
2021 年	大坝工程学会团体标准	《堆石混凝土大试件试件规程》、《堆石混凝土坝现场工艺试验规程》、《堆石混凝土坝单元工程验收评定规程》、《堆石混凝土坝数值仿真技术导则》等已形成征求意见稿和报批稿
2022 年	能源局行业标准和大坝工程学会团体标准	能源局行业标准《水下自护混凝土技术导则》已形成报批稿；大坝工程学会团标准《堆石混凝土坝型比选设计导则》（T/CHINCOLD 007-2022）和《堆石混凝土坝典型结构图设计导则》T/CHINCOLD 008-2022）正式颁布。
2022 年		《堆石混凝土坝典型设计图集》已正式出版

2. 堆石混凝土综合性能

堆石混凝土技术自发明以来，围绕其材料、性能、结构构造等，系统的开展了堆石混凝土的抗压强度抗拉强度、抗剪强敌、弹性模量、抗渗抗冻性能、线膨胀系数、体积变形与抗裂性能、水化热温升等物理力学综合性试验及工程现场性能试验，并基于材料性能进行了细观力学数值模拟研究、微观结构与宏观性能关系研究、大尺寸试验研究等，综合的研究了堆石混凝土的宏细观性能，建立了堆石混凝土综合性能体系。



图 4　堆石混凝土综合性能试验

通过堆石混凝土综合性能试验可知，在抗压强度方面，堆石混凝土的强度比自密实混凝土提高了 10%~50%，与大块石强度有关，试验和工程经验表明，一般的岩石高 20%~30%，花岗岩等坚硬岩石可以高到 50%；在抗拉强度方面，堆石混凝土与高自密实性能混凝土的轴拉强度比值约为 0.65~0.90；在抗渗性能方面，大尺寸渗透系数试验中堆石混凝土的渗透系数约为 10^{-9}cm/s，相比高自密实性能混凝土 10^{-10}cm/s 大了 1 个量级；干缩、自生体积变形等变形量小于高自密实性能混凝土，减小幅度约 30%~40%；在抗剪强度方面，堆石混凝土具有优异的抗剪强度，其 f 值可达到 1.5 以上，c 值可达到 1.7MPa，块石之间的咬合作用有助于抗剪强度的提高；在绝热温升方面，按照 28d 龄期设计的 C15~C25 堆石混凝土的绝热温升试验值在 14℃~16℃，当采用 90d 龄期进行配合比设计时，其绝热温升值还可进一步降低。

3. 堆石混凝土技术施工工艺

堆石混凝土施工工艺简单，主要有仓面处理、模板施工、堆石的选取与入仓、自密实性能混凝土生产、运输与浇筑和堆石混凝土养护共 5 道程序，在堆石入仓能力和混凝土生产能力有保证的情况下，可连续循环施工，大大提升混凝土的施

工速度。



图 5　堆石混凝土施工流程示意图

4. 未来展望

堆石混凝土系列技术的研发和工程应用表明了创新技术具有显著的经济优势，低碳环保，质量优良，工艺简单，环境友好，丰富的研究成果和宝贵的工程应用经验为堆石混凝土系列技术的推广应用奠定了坚实基础，堆石混凝土系列新技术必将为我国和“一带一路”国家的水利水电工程建设发挥更大作用。

附件 1：堆石混凝土坝（H>15m）已建在建工程清单

表 1 堆石混凝土重力坝工程 (H > 15 m)

序号	工程名称	工程所在地	坝高（m）	坝轴线长（m）	坝顶宽(m)	防渗层	工程量(1000 m^3)	开工时间	完工时间
1	宝泉蓄水电站[1]	河南	36.9	168	8	CVC[2]	49	2006.03	2006.10
2	清峪水库	山西	42.6	203	5.5	CVC	45.6	2009.04	2012.11
3	围滩水电站	山西	59	111	8	CVC	41.2	2009.11	2010.09
4	长坑三级水库	广东	26.5	88	5.5	SCC[3]	17.3	2010.07	2011.03
5	东升水电站	黑龙江	33	340	6	CVC	8.4	2011.09	2012.10
6	虎跳峡水库	云南	55	104	6	SCC	46.3	2012.04	2013.05
7	咸盈河水电站	湖北	44.5	117	4	SCC	2.9	2012.06	2012.11
8	迷牛水库	云南	41.9	133	5	SCC	40.7	2012.06	2013.12
9	那河二级水电站	青海	46	330	4	SCC	27.2	2012.08	2013.01
10	普腊水库	云南	44	160	5	SCC	47.7	2012.11	2013.12
11	洒谷水库	云南	44.3	111	5	SCC	26.9	2012.12	2014.05
12	吉牛水电站	四川	22	66.7	7.5	SCC	12.9	2013.03	2013.06
13	口上水库	山西	58.4	120	6	CVC	24.2	2013.03	2013.09
14	坪底水库	山西	31	——	——	——	20	——	2013.11
15	石门河调蓄引水工程	甘肃	48.5	122	6	CVC	47	2013.09	2015.09
16	毛坡河水电站	云南	39.3	68.4	5	SCC	17.5	2013.10	2014.12
17	清平水库补水工程	广西	38	221	5	SCC	13.9	2013.12	2016.11
18	旱塘水库	云南	43.8	93.5	6	SCC	23	2013.12	2015.04
19	新马房水库	云南	41	112	6	CVC	30	2014.01	2016.05
20	老坝口水库	云南	42.6	61.6	4	CVC	30	2014.10	2017.01

序号	工程名称	工程所在地	坝高（m）	坝轴线长（m）	坝顶宽(m)	防渗层	工程量(1000 m^3)	开工时间	完工时间
21	拉里么水库	云南	57.2	107	4	CVC	60	2014.04	2017.10
22	吐峪沟水库	新疆	22	188	——	SCC	4.8	2014.04	2014.12
23	迤启水库	云南	46.2	196	5	CVC	52.3	2014.04	2015.12
24	沙坪二级水电站[4]	四川	66.5	332	——	SCC	29.2	2014.04	2014.08
25	那河三级水电站	青海	23.8	32	——	SCC	2	2014.05	2014.08
26	沈家河水库	云南	55.7	106.7	3	CVC	27.6	2014.05	2016.01
27	黄沙坑水库	福建	44.5	189	5	SCC	72.2	2014.08	2017.06
28	吉辽河水库	湖南	40.5	249	——	SCC	60	2015.01	2016.12
29	保处鲁水库	云南	50.3	122	5	CVC	50	2015.07	2018.05
30	瓜裕水库	山西	69.5	86	7	——	60	2015.07	2016.12
31	白涛化工园区拦截闸坝	重庆	17	——	——	——	2.7	2015.08	2015.10
32	松林水库	云南	90	230	6	SCC	300	2015.11	2022.04
33	落水洞水库	湖南	33.5	——	4.5	SCC	1.8	2015.12	2016.05
34	小老厂水库	云南	51.5	137	5	CVC	50	2016.03	2016.10
35	永宁水库	浙江	26	50	7	SCC	3	2016.04	2016.06
36	仙洞沟水库	山西	61.4	77.5	6	SCC	60	2016.04	2020.10
37	打鼓台水库	贵州	41	197	6	SCC	79	2016.05	2017.05
38	横岩坪水库	湖北	47.2	145	6	——	19	2016.05	2018.12
39	盐井沟水库	云南	43.8	95.1	6	SCC	30	2016.06	2017.09
40	九九坑水库	福建	33.5	210	5	SCC	32	2016.08	2018.12
41	深沟水库	云南	52.1	125	4	——	13.4	2016.08	2017.11
42	三道沟水库	云南	36.3	87	4.6	——	20	2016.09	2017.08
43	堡子湾水库	山西	40.3	154	5	CVC	40	2016.09	2018.11
44	火马坪水库	湖南	38	115	6	——	30	2016.09	2017.12

序号	工程名称	工程所在地	坝高（m）	坝轴线长（m）	坝顶宽(m)	防渗层	工程量(1000 m^3)	开工时间	完工时间
45	大土水库	贵州	56.5	136	4	——	30	2016.10	2017.10
46	茅坡水库	贵州	45	145	10	SCC	60	2016.10	2017.08
47	溪源水库	福建	77	339	5	SCC	280	2017.02	2020.12
48	芹菜塘水库	云南	54.1	128	6	——	50	2017.02	2018.10
49	穿家坪水库	贵州	23.5	130	5	RFC	20	2017.03	2018.07
50	七一水库	四川	36.5	85.5	7	SCC	31	2017.03	2018.07
51	刁口水库	山西	40.5	165	6	——	70	2017.03	2018.11
52	万家沟水库	贵州	35	101	6	RFC[5]	32	2017.04	2018.01
53	王千庄水库	山西	64.5	169	6	CVC	100	2017.07	UC[6]
54	军屯水库	贵州	33.2	177	6	SCC	60	2017.08	2020.09
55	石沟水库	陕西	61	144	6	SCC	91.6	2017.09	2019.10
56	深溪河水库	湖北	63	144	5	SCC	80	2017.11	2019.09
57	克海水库	云南	40.2	116.6	6	——	40	2018.01	2018.11
58	玉龙湾水库	重庆	22.7	——	——	——	8	——	2018.11
59	楠竹坪水库	湖南	41.5	90	4	SCC	21	2018.03	2019.08
60	金塘湖水库	贵州	35.5	100	8	SCC	80	2018.03	2019.01
61	小乌江水库	贵州	47.2	195	5	SCC	70	2018.04	2019.06
62	那哈水库	云南	47.1	93	5	CVC	38	2018.04	2019.06
63	牛街河水库	云南	46.6	123	5	CVC	38	2018.05	2020.12
64	白云水库	云南	53.8	199	5	SCC	83	2018.05	2020.09
65	猎神水库	重庆	32.5	90	4.5	SCC	32	2018.06	2019.07
66	满坪水库	青海	77	130	6	SCC	120	2018.06	2022.10
67	花脸岩水库	云南	58.6	158	5	SCC	80	2018.06	2020.11
68	九龙水库	云南	46.1	227	7	SCC	95	2018.07	2020.11
69	南峪水库	山西	47	168	5	CVC	50	2018.07	2021.04

序号	工程名称	工程所在地	坝高（m）	坝轴线长（m）	坝顶宽(m)	防渗层	工程量(1000 m^3)	开工时间	完工时间
70	黄沙水库	重庆	30	209	8	SCC	70	2018.07	2020.07
71	黄家湾水库	贵州	31	106	5	SCC	30	2018.09	2019.11
72	坪坑水库（更名天宫雁湖）	福建	79.7	361	4.5	SCC	320	2018.10	2021.11
73	金桥水电站	西藏	28.5	106	12	——	——	——	2019.05
74	猫溪沟水库	贵州	44.5	150	8	SCC	40	2018.11	2019.10
75	石坝河水库	贵州	57	228	7	SCC	180	2018.12	2020.09
76	洛艾水库	贵州	45	158	5	SCC	60	2018.12	2020.01
77	新寨水库	云南	62.5	236.6	6	CVC	120	2019.01	UC
78	蔺家坪水库	贵州	33	123	6	SCC	40	2019.03	2019.07
79	清沙河水库	贵州	34.5	196	5	SCC	45	2019.03	2020.01
80	官箐水库	云南	49	128	4	CVC-SCC	49	2019.03	2021.01
81	冬奥会1050m 高程塘坝	北京	58	77	5	CVC	50	2019.05	2019.09
82	冬奥会 900m 高程塘坝	北京	28	74.8	10	CVC	29	2019.05	2019.09
83	沙坝水库	重庆	29.8	82	6	SCC	32	2019.05	2020.10
84	后场箐水库	云南	76	162	6	CVC	180	2019.05	2021.11
85	龙宝塘水库	重庆	38.5	161.3	6	SCC	34	2019.06	2020.10
86	龙潭河水库	湖南	60.6	139	5.5	SCC	50	2019.07	2020.09
87	新寨水库	贵州	29	98	6	SCC	35	2019.07	2020.08
88	吐香坝水库	贵州	30.5	86	6	RFC	20	2019.07	2020.10
89	洗马塘水库	贵州	26.5	117	——	——	20	2019.08	2020.06
90	阿合塔斯水库	新疆	33.5	130	7	CVC	50	2019.10	2020.10
91	平正水库	贵州	29.5	140	6	RFC	43	2019.10	2020.12
92	沿塘水库	重庆	32.3	125	7	CVC	18	2020.01	2021.01

序号	工程名称	工程所在地	坝高（m）	坝轴线长（m）	坝顶宽(m)	防渗层	工程量(1000 m^3)	开工时间	完工时间
93	太平水库	贵州	43.5	183	6	SCC	84	2020.01	2021.05
94	富强水库	贵州	48	168	7	SCC	80	2020.03	2020.12
95	渔溪河水库	贵州	53.5	123.89	5	SCC	86	2020.04	2022.04
96	曲卜藏水库	青海	38.5	132	6	CVC	30	2020.05	2022.07
97	杨公岩水库	贵州	65.5	200	6	SCC	194	2020.05	UC
98	南甲水库	贵州	63	179.3	5	SCC	150	2020.05	UC
99	新花水库	贵州	57	160	5	SCC	80	2020.08	2022.11
100	官山水库	贵州	24.6	120	5	CVC	20	2020.08	2021.05
101	王烈水库	广西	27	80	5	SCC	16	2020.11	2021.05
102	广山水库	贵州	32	220	5.8	SCC	40	2020.11	2021.09
103	大湖坪水库	湖南	61.8	235.5	6	SCC	90	2020.11	2021.09
104	麻柳湾水库	四川	75	147	7	SCC	170	2020.12	UC
105	小河边水库	贵州	45.3	180	5	CVC	40	2020.12	UC
106	三岔河水库	贵州	61	131.1	5	SCC	100	2020.12	UC
107	车拗口水库	贵州	51	114	6	SCC	78	2020.12	UC
108	文达水库	贵州	37	117	5	SCC	28	2020.12	2021.10
109	德隆水库	贵州	53	230	7	SCC	205	2020.12	UC
110	巫家水库	贵州	34	125	5	SCC	50	2020.12	2021.10
111	木林岩水库	贵州	34.5	135	6	SCC	56	2020.12	UC
112	半江坝水库	湖南	41.8	77	5	CVC	19	2021.01	UC
113	镇安抽水蓄能拦砂坝	陕西	34.5	107	3.7	SCC	40.7	2021.03	2021.09
114	马跳水库	福建	69	330	6	SCC	250	2021.03	UC
115	翠云水库	重庆	29.5	117.5	5	SCC	31	2021.03	2022.07
116	五龙冲水库	湖南	66	136	5	CVC/SCC	75	2021.03	2022.08

序号	工程名称	工程所在地	坝高（m）	坝轴线长（m）	坝顶宽(m)	防渗层	工程量(1000 m^3)	开工时间	完工时间
117	桃花源水库	重庆	50.5	131	8	SCC	86	2021.03	UC
118	秀峰水库	贵州	40.5	222	6	SCC	70	2021.04	UC
119	立达水库	云南	46.8	108.2	6	CVC	35	2021.04	UC
120	翁养水库	贵州	48.5	139	5	SCC	48	2021.04	2022.07
121	荒田沟水库	贵州	50.5	130.7	5	SCC	70	2021.04	2022.06
122	民生水库	贵州	48.5	120	5	SCC	50	2021.05	UC
123	朱家咀水库	湖北	55	184	5	——	——	2021.05	UC
124	井山水库	江西	29	305	6	SCC	100	2021.08	UC
125	鸽子洞水电站	河北	40	340.2	5	SCC	109.8	2021.09	UC
126	湾子寨水库	云南	44	157	5	SCC	70	2021.10	UC
127	晓龙沟水库	青海	44	117	8	SCC	70	2021.10	UC
128	天宝水库	陕西	46.5	120	5	SCC	40	2021.11	UC
129	九羊水库	贵州	49	139	5	SCC	110	2021.12	2022.11
130	秀水水库	湖南	57.7	140	7	SCC	80	2022.01	UC
131	母冲水库	贵州	38.8	254.5	6	CVC	102	2022.02	UC
132	潭子口水库	贵州	27	250	6	SCC	40	2022.03	UC
133	张源水库	福建	53.5	234.6	6	SCC	100	2022.04	UC
134	下河沿水库	云南	39.5	214	6.5	CVC	30	2022.04	UC
135	富阳饮水工程	浙江	27.2	114	5	CVC	9	2022.05	UC
136	岩头溪水库	湖北	26.3	85	4	SCC	12	2022.05	UC
137	毛古河水库	四川	53	155	6	SCC	75	2022.05	UC
138	李村水库	江西	49	123.2	5	SCC	74	2022.11	UC
139	三门塘水库	贵州	62.7	167.0	6	SCC	120	2022.11	UC
140	崔家坪水库	重庆	47.5	125	6	SCC	60	2022.11	UC

注[1]：仅用于部分坝体和基础回填；

注[2]：CVC 表示为上游面防渗层为常态混凝土；

注[3]：SCC 表示为上游面防渗层为高自密实性能混凝土；

注[4]：仅用于坝体下部；

注[5]：RFC 表示为防渗层与坝体为一体，均为堆石混凝土，坝体自身防渗；

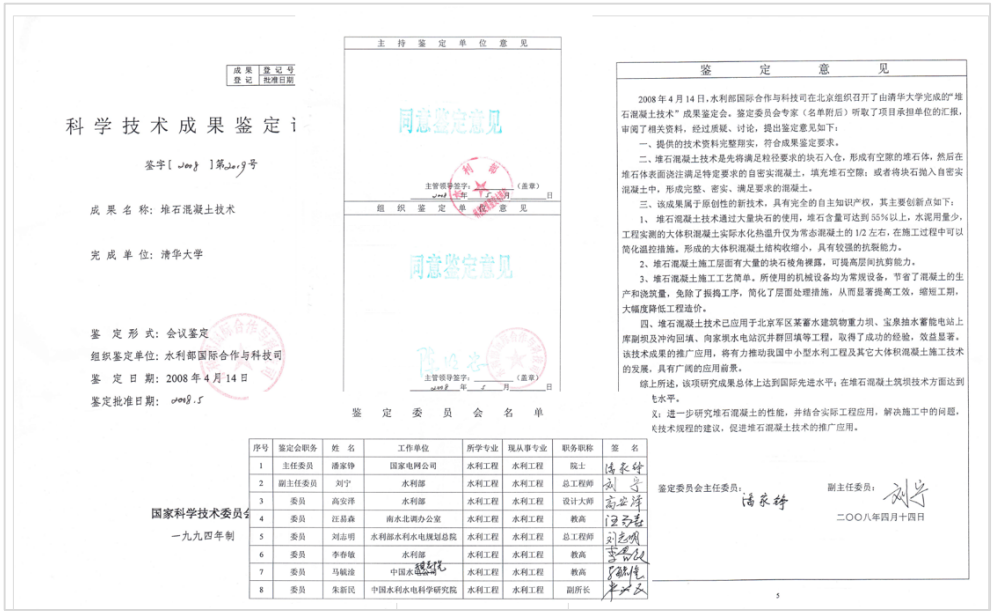
注[6]：UC 表示为在建工程。

表 2 堆石混凝土拱坝工程 (H > 15 m)

序号	工程名称	工程所在地	坝高（m）	坝轴线长（m）	坝顶宽(m)	防渗层	工程量(1000 m^3)	开工时间	完工时间
1	蒙山水库	山东	24.5	129.8	3	RFC	11	2012.06	2013.03
2	佰佳水电站	陕西	69	203	5	SCC	92.2	2013.01	2016.04
3	绿塘水库	贵州	53.5	181.4	6	SCC	52.3	2017.12	2018.11
4	苟江水库	贵州	41	127.4	4	SCC	20	2018.04	2019.05
5	小源里水库	浙江	46.6	116	3.5	SCC	18	2019.04	2020.05
6	风光水库	贵州	48.5	112	5	SCC	28	2019.04	2021.08
7	龙洞湾水库	贵州	48	174.7	5	SCC	46	2019.05	2020.12
8	牛洞口水库	湖南	64	128.25	5	SCC	60	2020.01	2021.08
9	桃源水库	贵州	37	113	5	SCC	16	2020.11	2021.10
10	龙源水库	浙江	40.5	148.6	4.5	CVC	14	2020.11	2022.01
11	沙千水库	贵州	66	190.4	6	SCC	121.1	2021.05	UC
12	乔兑水库	贵州	45	136.5	4	SCC	28	2022.04	UC
13	永丰水库	福建	83	253.4	5.0~5.5	SCC	150.0	2022.09	UC

附件 2：堆石混凝土系列成果认证及推广

- 水利部科技成果鉴定（2008年）
- 新疆维吾尔自治区科学技术成果鉴定证书（2009年）
- 北京市节能低碳技术产品推荐目录（2011年）
- 11位院士的联名推荐信（2011年）
- 福建省水利先进实用技术及产品目录（2012年）
- 国家四部联合发布的《国家鼓励的循环经济技术、工艺和设备名录》（2012年）
- 山东水利先进实用技术第一批推广目录（2012年）
- 安徽省第二批科技计划项目（2013年）
- 教育部科技成果鉴定（2014年）
- 上海市成果鉴定证书（2014年）
- 《国家重点低碳技术目录》（2014年）
- 《水运工程建设新技术推广项目目录》（2014年）
- 浙江省重点推广的技术与产品（2014年）
- 水利部水利先进实用技术重点推广指导目录（2008~2015年）



科学技术成果鉴定i

成果名称：堆石混凝土技术

完成单位：清华大学

鉴定形式：会议鉴定

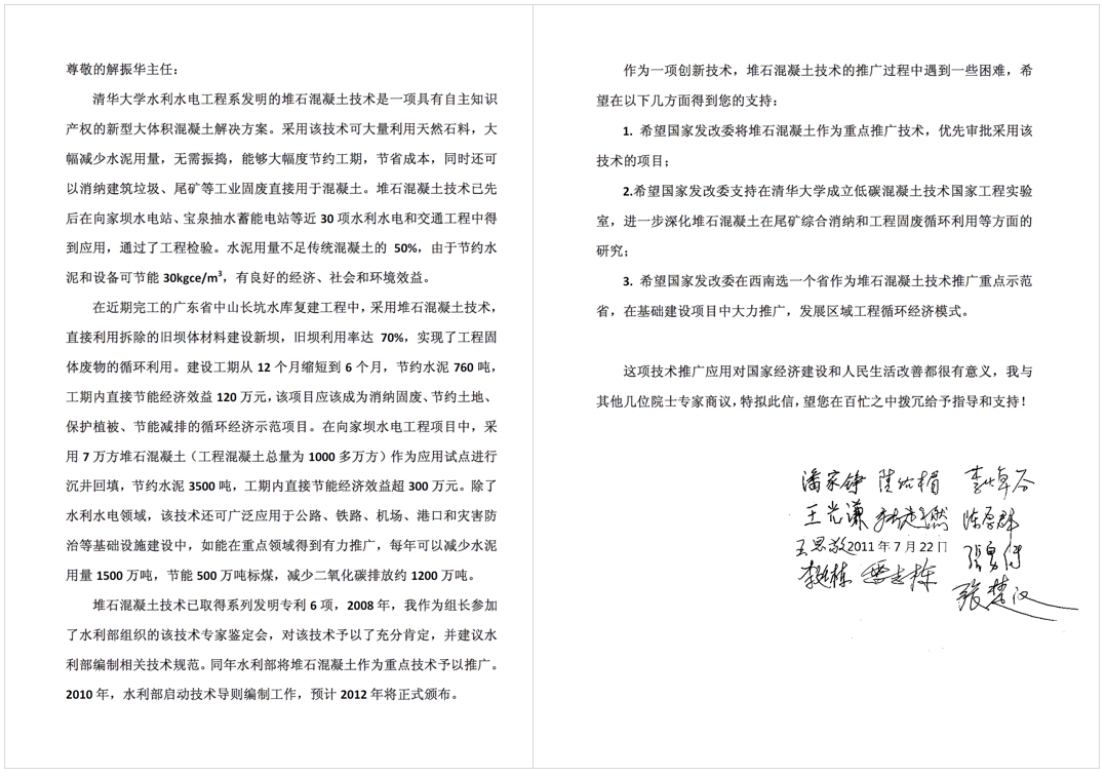
组织鉴定单位：水利部国际合作与科技司

鉴定日期：2008年4月14日

鉴定委员会名单

鉴定意见

水利部科技成果鉴定证书



尊敬的解振华主任：

清华大学水利水电工程系发明的堆石混凝土技术是一项具有自主知识产权的新型大体积混凝土解决方案。采用该技术可大量利用天然石料，大幅减少水泥用量，无需振捣，能够大幅度节约工期，节省成本，同时还可以消纳建筑垃圾、尾矿等工业固废直接用于混凝土。堆石混凝土技术已先后在向家坝水电站、宝泉抽水蓄能电站等近 30 项水利水电和交通工程中得到应用，通过了工程检验。水泥用量不足传统混凝土的 50%，由于节约水泥和设备可节能 30kgce/m³，有良好的经济、社会和环境效益。

在近期完工的广东省中山长坑水库复建工程中，采用堆石混凝土技术，直接利用拆除的旧坝体材料建设新坝，旧坝利用率达 70%，实现了工程固体废物的循环利用。建设工期从 12 个月缩短到 6 个月，节约水泥 760 吨，工期内直接节能经济效益 120 万元，该项目应该成为消纳固废、节约土地、保护植被、节能减排的循环经济示范项目。在向家坝水电工程项目中，采用 7 万方堆石混凝土（工程混凝土总量为 1000 多万方）作为应用试点进行沉井回填，节约水泥 3500 吨，工期内直接节能经济效益超 300 万元。除了水利水电领域，该技术还可广泛应用于公路、铁路、机场、港口和灾害防治等基础设施建设中，如能在重点领域得到有力推广，每年可以减少水泥用量 1500 万吨，节能 500 万吨标煤，减少二氧化碳排放约 1200 万吨。

堆石混凝土技术已取得系列发明专利 6 项，2008 年，我作为组长参加了水利部组织的该技术专家鉴定会，对该技术予以了充分肯定，并建议水利部编制相关技术规范。同年水利部将堆石混凝土作为重点技术予以推广。2010 年，水利部启动技术导则编制工作，预计 2012 年将正式颁布。

作为一项创新技术，堆石混凝土技术的推广过程中遇到一些困难，希望在以下几方面得到您的支持：

1. 希望国家发改委将堆石混凝土作为重点推广技术，优先审批采用该技术的项目；

2.希望国家发改委支持在清华大学成立低碳混凝土技术国家工程实验室，进一步深化堆石混凝土在尾矿综合消纳和工程固废循环利用等方面的研究；

3. 希望国家发改委在西南选一个省作为堆石混凝土技术推广重点示范省，在基础建设项目中大力推广，发展区域工程循环经济模式。

这项技术推广应用对国家经济建设和人民生活改善都很有意义，我与其他几位院士专家商议，特拟此信，望您在百忙之中拨冗给予指导和支持！

2011 年 7 月 22 日

11 位院士联名推荐信



中华人民共和国国家发展和改革委员会
中华人民共和国环境保护部
中华人民共和国科学技术部
中华人民共和国工业和信息化部

公　告

2012 年　第 13 号

为贯彻落实《循环经济促进法》，推广先进技术、工艺和设备，提升循环经济发展技术支撑能力和装备水平，提高资源产出率，我们组织编制了《国家鼓励的循环经济技术、工艺和设备名录（第一批）》，现予公布。

本名录涉及减量化、再利用和再制造、资源化、产业共生与链接四个方面、共 42 项重点循环经济技术、工艺和设备。

附件：《国家鼓励的循环经济技术、工艺和设备名录（第一批）》

— 1 —

8	节材型超薄陶瓷砖生产技术及设备	针对传统建筑陶瓷砖生产过程中原料消耗大、能耗大、污染重等问题，采用自主研发的陶瓷砖自动液压压砖机、墙地砖布料及模具系统、高效节能隧道窑和陶瓷超大超薄板材冷加工等整线装备生产超大超薄陶瓷砖，实现源头节材、降低能耗，减少三废排放。	产品性能符合相关标准，产品合格率＞96%；瓷板规格 900×1800 mm，厚度 3～6 mm 可调；节约原材料用量 50%以上；较传统瓷砖生产节能 30%以上。	陶瓷砖生产行业	推广
9	低水泥用量堆石混凝土技术	针对常规混凝土水泥用量大、施工能耗高等问题，采用高流动性、抗分离性能好的自密实混凝土浇筑粒径较大的块石堆积体表面，依靠自密实混凝土自重完全充填块石空隙形成完整、密实、低水化热的大体积混凝土，施工过程不需要采取振捣密实和温控措施，既提高浇筑速度也可保证浇筑质量，实现源头减少水泥用量与降低能耗。	与传统混凝土工艺相比，每 m³ 混凝土水泥用量减少 50%以上；单位体积混凝土比传统混凝土施工能耗降低 35%以上。	大中型建设工程领域混凝土浇筑	推广
二	再利用与再制造技术、工艺及设备				
10	废旧机械零部件自动化高速电弧喷涂再制造技术及设备	针对汽车发动机缸体、曲轴等机械零部件，利用铁基、铝基等金属丝材作为喷涂材料，将雾化后的喷涂材料高速喷射到工件表面形成致密涂层，采用基于先进机器人技术和高速电弧喷涂技术集成的自动化高速电弧喷涂设备，实现数字自动控制，提高再制造质量和效率。	铁基涂层的结合强度＞30 MPa；锌铝基涂层强度＞20 MPa；再制造一台发动机缸体时间为手工喷涂的 30%。	发动机缸体、曲轴等关键零部件的再制造	示范

3

国家发改委等 4 部联合发布的《国家鼓励的循环经济技术、工艺和设备名录》



科学技术成果鉴定证书

鉴字[教CW2014]第002号

成果名称：堆石混凝土筑坝技术及其工程应用

完成单位：清华大学
北京华石纳固科技有限公司

鉴定形式：会议鉴定
组织鉴定单位：教育部
鉴定日期：2014年7月10日
鉴定批准日期：2014-7-21

国家科学技术委员会
一九九四年制

主持鉴定单位意见

同意鉴定意见

主管领导签字：（盖章）
2014年7月17日

组织鉴定单位意见

同意鉴定意见

主管领导签字：（盖章）
2014年7月21日

鉴定委员会名单

序号	鉴定会职务	姓名	工作单位	所学专业	现从事专业	职务职称	签名
1	主任	马洪琪	华能澜沧江水电有限公司	水利水电工程	水利水电工程	院士	
2	副主任	钟登华	天津大学	水利水电工程	水利水电工程	院士	
3	委员	张勇传	华中科技大学	水利水电工程	水利水电工程	院士	
4	委员	张超然	中国长江三峡工程开发总公司	水利水电工程	水利水电工程	院士	
5	委员	钮新强	长江勘测规划设计研究院	结构工程	水利水电工程	院士	
6	委员	梅锦煜	武警水电指挥部	水利水电工程	水利水电工程	少将	
7	委员	张国新	中国水利水电科学研究院	水利水电工程	水利水电工程	教高	
8	委员	宗敦峰	中国电力建设股份有限公司	水利水电工程	水利水电工程	教高	
9	委员	周厚贵	中国能源建设集团有限公司	水工结构工程	水利水电工程	教高	

鉴定意见

2014年7月10日，教育部在北京主持召开了由清华大学和北京华石纳固科技有限公司等共同完成的“堆石混凝土筑坝技术及其工程应用”项目的成果鉴定会。鉴定委员会专家听取了项目技术报告、查新报告、社会效益报告和用户报告，经质询和讨论，形成如下鉴定意见：

一、提供的鉴定资料完整、规范，符合鉴定要求。

二、该项目以实际应用为目标，主要发明点如下：

1. 首次提出以大块石与自密实混凝土相结合的新技术，命名为：“堆石混凝土（Rock-Filled Concrete）坝”，得到了国际大坝委员会认可。该技术取消了传统的碾压、振捣工艺，施工速度快，成本低，解决了温控防裂难题。通过系统的物理实验和数值模拟，揭示了堆石体中自密实混凝土填充规律，建立了堆石混凝土综合性能试验、分析与评价方法体系，为堆石混凝土坝的应用提供了理论与技术基础。

2. 发明了评价外加剂性能的标准自密实砂浆法与自密实性能稳定性试验方法，提出堆石混凝土坝现场过程质量控制方法与标准，完善自密实混凝土原材料与成品质量检测方法与标准，系统构建了堆石混凝土筑坝技术体系，并正式纳入行业标准。

3. 发明了堆石混凝土坝一体化防渗结构，形成了堆石入仓工艺，改进了掺合料技术，降低了大坝工程造价。

4. 以堆石混凝土筑坝技术为基础，发明了水下堆石混凝土施工、自流控制灌浆、海上堆石混凝土施工等新工艺，并成功应用于实际工程。

该项技术已成功应用于43个水利水电大坝工程及30个堤防、铁路、公路、水运等其他工程，经济效益、社会效益和环境效益显著，推广应用前景广阔。

综上所述，鉴定委员会认为该项研究成果具有原创性自主知识产权，为水利水工程筑坝技术开拓了一条新的途径，是混凝土筑坝方法的重大创新。

该成果达到国际领先水平。

鉴定委员会专家一致同意通过鉴定。

建议进一步推广应用。

鉴定委员会主任：　　副主任：

2014年7月10日

教育部科技成果鉴定证书



编号：TZ2008001

水利先进实用技术
推广证书

清华大学水利水电工程系：

你单位 堆石混凝土技术（技术）列入《2008年度水利先进实用技术重点推广指导目录》，认定为水利先进实用技术，特发此证。

自发证之日起，证书有效期三年。

（完成人：金峰、安雪晖、周虎、张楚汉、王光纶、黄绵松。）

二〇〇九年一月一日



编号：TZ2008001

水利先进实用技术
推广证书

清华大学水利水电工程系：

你单位 堆石混凝土（技术）列入《2008年度水利先进实用技术重点推广指导目录》，认定为水利先进实用技术、特发此证。

自发证之日起，证书有效期三年。

（完成人：金峰、安雪晖、周虎、张楚汉、王光纶、黄绵松。）

二〇一〇年二月十六日



编号：TZ2015101

水利先进实用技术
推广证书

清华大学水利水电工程系、北京华石纳固科技有限公司：

你单位 堆石混凝土技术（技术）列入《2015年度水利先进实用技术重点推广指导目录》，认定为水利先进实用技术，特发此证。

自发证之日起，证书有效期三年。

（完成人：金峰、安雪晖、周虎、黄绵松、陈长久、王光纶。）

二〇一五年一月一日

系列水利部水利先进实用技术重点推广指导目录

附件 3：堆石混凝土获奖证书


获奖项目：堆石混凝土筑坝技术及其工程应用

获奖单位：清华大学
（第1完成单位）

奖励等级：技术发明奖一等奖

奖励日期：2017年2月

证 书 号：2016-118

教育部


获奖项目：堆石混凝土筑坝技术及其工程应用

获奖单位：北京华石纳固科技有限公司
（第2完成单位）

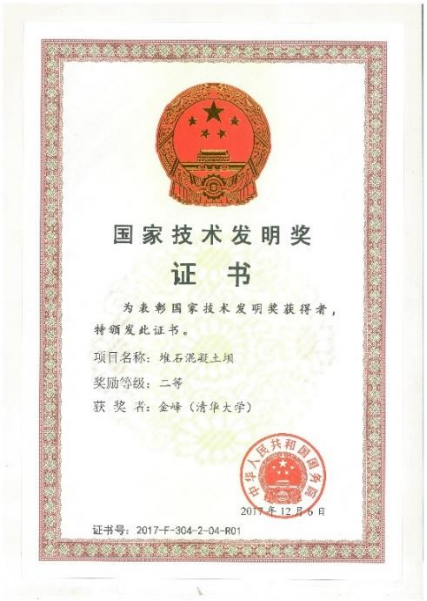
奖励等级：技术发明奖一等奖

奖励日期：2017年2月

证 书 号：2016-118

教育部

堆石混凝土技术获得教育部技术发明一等奖证书


国家技术发明奖

证 书

为表彰国家技术发明奖获得者，特颁发此证书。

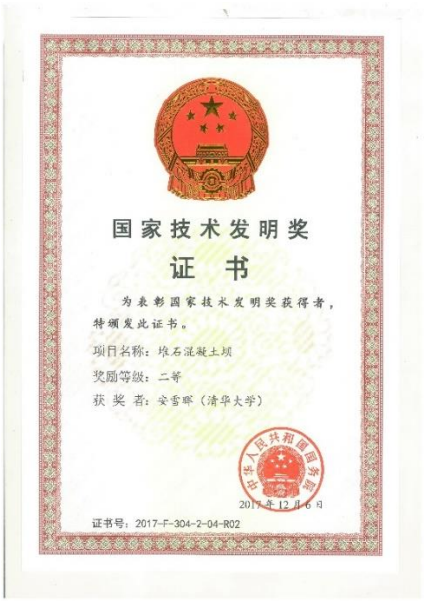
项目名称：堆石混凝土坝

奖励等级：二等

获 奖 者：金峰（清华大学）

2017年12月6日

证书号：2017-F-304-2-04-R01


国家技术发明奖

证 书

为表彰国家技术发明奖获得者，特颁发此证书。

项目名称：堆石混凝土坝

奖励等级：二等

获 奖 者：安雪晖（清华大学）

2017年12月6日

证书号：2017-F-304-2-04-R02

堆石混凝土坝获得国家技术发明二等奖



电力科技创新奖一等奖



水力发电科学技术二等奖



中国大坝工程学会科技进步奖一等奖

附件 4：堆石混凝土系列标准


ICS 27. 140
P 55

SL

中华人民共和国水利行业标准

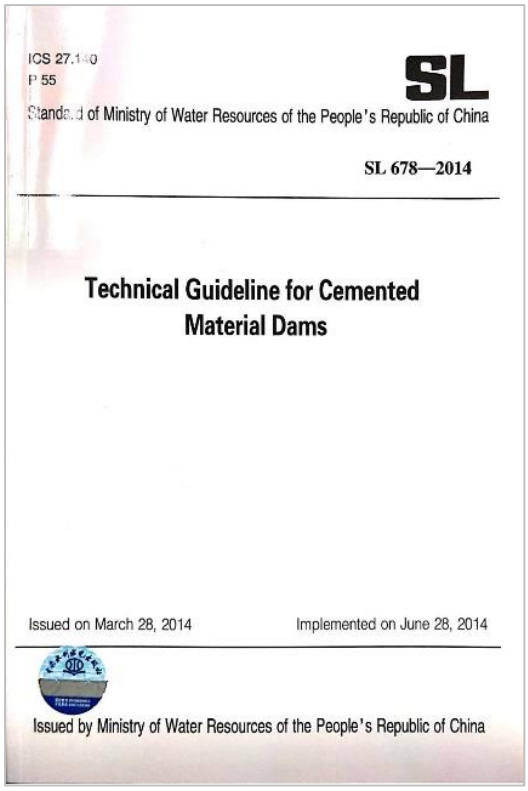
SL 678—2014

胶结颗粒料筑坝技术导则

Technical guideline for cemented granular material dams

2014-03-28 发布　　2014-06-28 实施

中华人民共和国水利部　发布


ICS 27.140
P 55

SL

Standard of Ministry of Water Resources of the People's Republic of China

SL 678—2014

Technical Guideline for Cemented Material Dams

Issued on March 28, 2014　　Implemented on June 28, 2014

Issued by Ministry of Water Resources of the People's Republic of China

水利行业中英文标准《胶结颗粒料筑坝导则》SL678-2014


ICS 27. 140
P 59
备案号：J2603—2018

NB

中华人民共和国能源行业标准

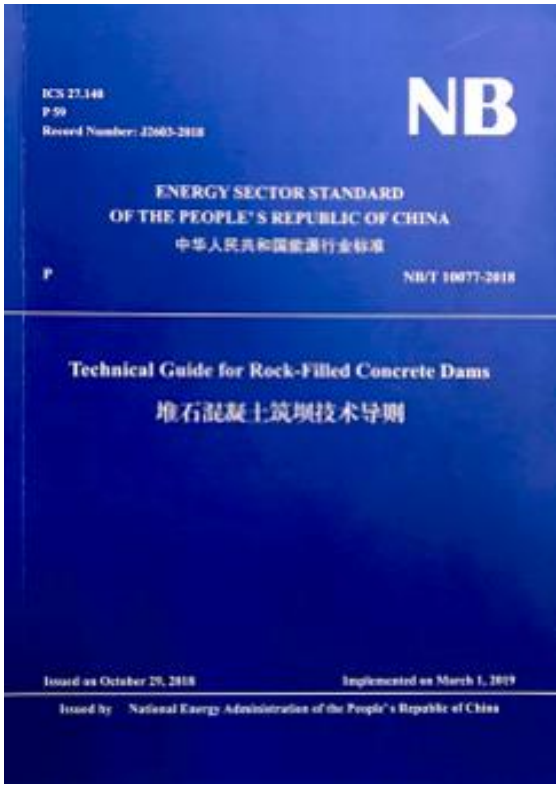
P　　NB/T 10077—2018

堆石混凝土筑坝技术导则

Technical Guide for Rock-Filled Concrete Dams

2018－10－29 发布　　2019－03－01 实施

国家能源局　发布


ICS 27.140
P 59
Record Number: J2603-2018

NB

ENERGY SECTOR STANDARD
OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA

中华人民共和国能源行业标准

P　　NB/T 10077-2018

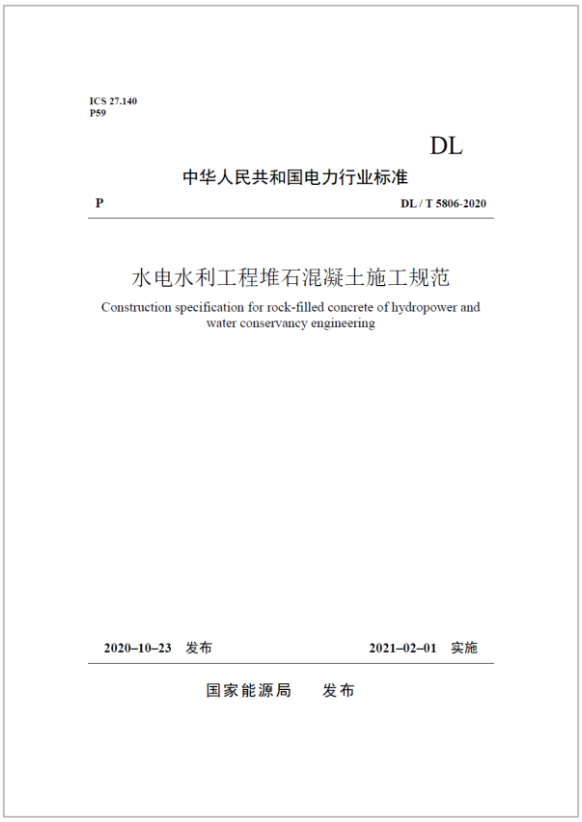
Technical Guide for Rock-Filled Concrete Dams

堆石混凝土筑坝技术导则

Issued on October 29, 2018　　Implemented on March 1, 2019

Issued by National Energy Administration of the People's Republic of China

能源行业中英文标准《堆石混凝土筑坝技术导则》NB/T 10077-2018



ICS 27.140
P59

DL

中华人民共和国电力行业标准

P DL / T 5806-2020

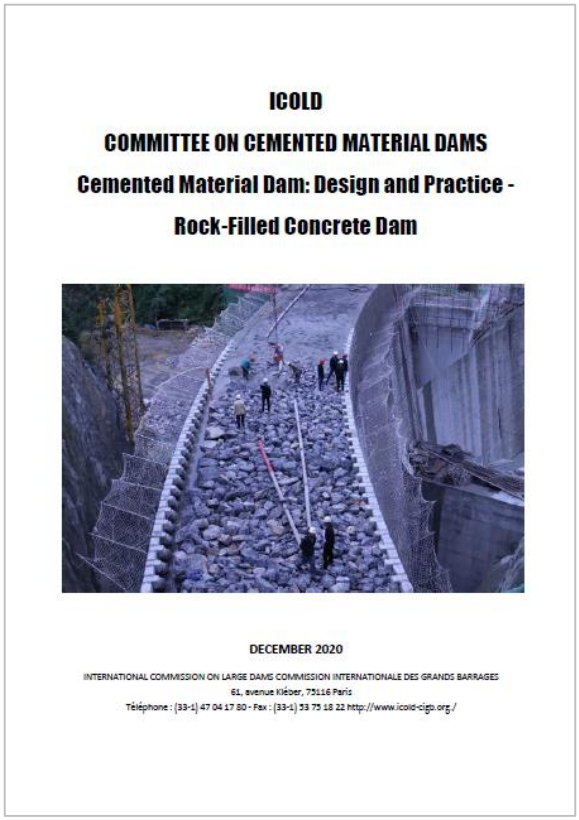
水电水利工程堆石混凝土施工规范

Construction specification for rock-filled concrete of hydropower and water conservancy engineering

2020-10-23 发布 2021-02-01 实施

国家能源局 发布

电力行业标准《水电水利工程堆石混凝土施工规范》DL/T 5806-2020



ICOLD

COMMITTEE ON CEMENTED MATERIAL DAMS

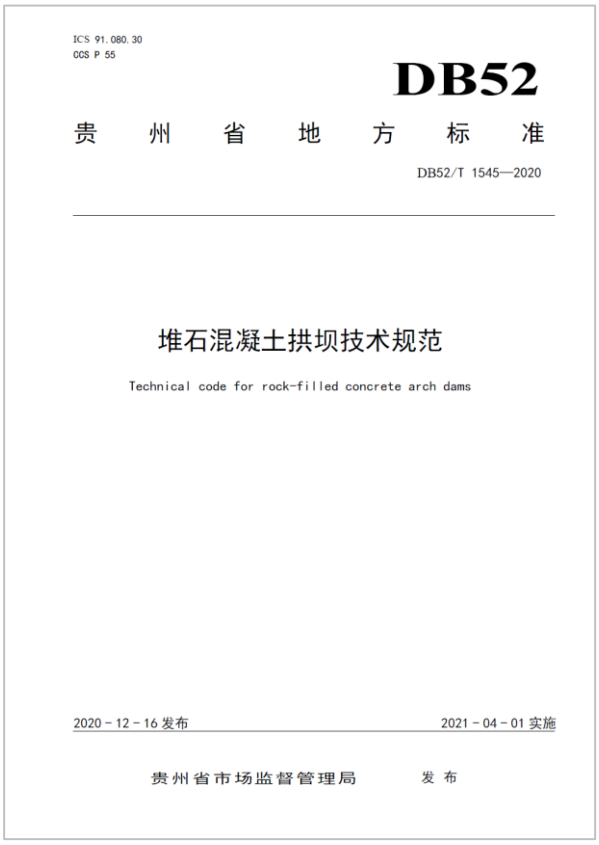
Cemented Material Dam: Design and Practice -

Rock-Filled Concrete Dam

DECEMBER 2020

INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS COMMISSION INTERNATIONALE DES GRANDS BARRAGES
61, avenue Kléber, 75116 Paris
Téléphone : (33-1) 47 04 17 80 - Fax : (33-1) 53 75 18 22 http://www.icold-cigb.org./

国际大坝委员会 CMD 技术公报 Bulletin of ICOLD《Rock-Filled Concrete Dam》



ICS 91.080.30
CCS P 55

DB52

贵 州 省 地 方 标 准

DB52/T 1545—2020

堆石混凝土拱坝技术规范

Technical code for rock-filled concrete arch dams

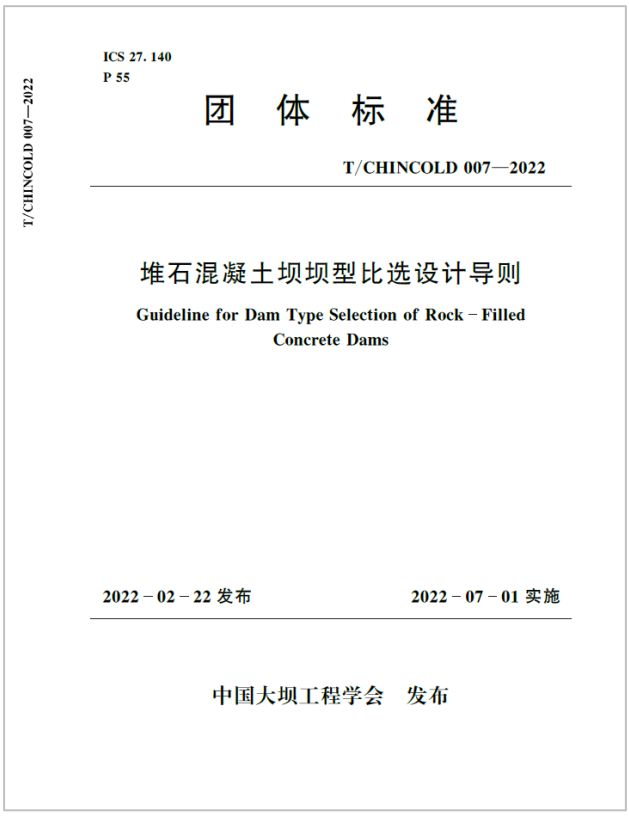
2020－12－16 发布　　2021－04－01 实施

贵州省市场监督管理局　　发布

贵州省地方标准《堆石混凝土拱坝技术规范》DB52/T 1545-2020



《堆石混凝土坝典型设计图集》



T/CHINCOLD 007—2022

ICS 27.140
P 55

团 体 标 准

T/CHINCOLD 007—2022

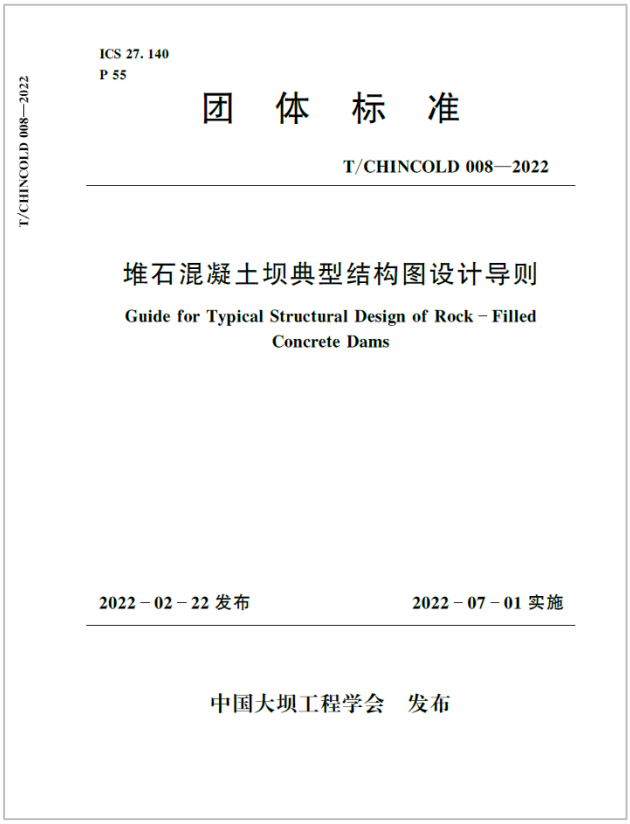
堆石混凝土坝坝型比选设计导则

Guideline for Dam Type Selection of Rock－Filled Concrete Dams

2022－02－22 发布　　2022－07－01 实施

中国大坝工程学会　发布

大坝工程学会团体标准《堆石混凝土坝坝型比选设计导则》T/CHINCOLD 007-2022



T/CHINCOLD 008—2022

ICS 27.140
P 55

团 体 标 准

T/CHINCOLD 008—2022

堆石混凝土坝典型结构图设计导则

Guide for Typical Structural Design of Rock－Filled Concrete Dams

2022－02－22 发布　　2022－07－01 实施

中国大坝工程学会　发布

大坝工程学会团体标准《堆石混凝土坝典型结构图设计导则》T/CHINCOLD 008-2022