

高原环境 建筑材料

刘连新 张伟勤 著

中国建材工业出版社

高原环境建筑材料

刘连新 张伟勤 著

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高原环境建筑材料/刘连新, 张伟勤著. —北京:

中国建材工业出版社, 2010. 1

ISBN 978-7-80227-645-1

I. 高… II. ①刘…②张… III. ①高原—建筑材
料—研究 IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 222956 号

内 容 提 要

本书是作者在积累多年的科研和教学成果基础上总结编写的, 突出介绍了青藏高原特殊环境下建筑材料的使用特性以及发展前景。书中较全面地反映出目前在国内专门针对青藏高原环境下研制和应用高强混凝土的发展过程和实际状况。

本书内容包括了高原建筑材料概述, 东西部建筑材料使用寿命差异分析研究, 抗盐渍土侵蚀混凝土的工程实践与试验研究, 青藏高原环境高性能混凝土配合比, 高原环境生态混凝土, 抗盐渍系列混凝土外加剂的复配, 高原保温砂浆, 矿物外加剂对砂浆强度影响的研究, 高原石膏等。对于高原建材工业循环经济也做了初步分析。

本书可作为高等院校土木工程专业补充教材, 也可用作土木、建筑等相关专业教学辅助教材, 尤其适合土木工程学科研究生参考使用。本书还可供从事土建工作的科研、设计、施工人员以及相关生产企业参考。

高原环境建筑材料

刘连新 张伟勤 著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 18.5

字 数: 467 千字

版 次: 2010 年 1 月第 1 版

印 次: 2010 年 1 月第 1 次

书 号: ISBN 978-7-80227-645-1

定 价: 39.00 元

本社网址: www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前 言

在建材工业中，常把墙体材料、建筑防水材料、保温材料、建筑装饰装修材料通称为建筑材料。近几十年来，世界各国的建筑材料发展很快，出现许多新产品，这些新产品称为新型建筑材料。与世界工业发达国家相比，我国新型建筑材料发展缓慢，尤其是西部地区的高原环境建筑材料发展更是滞后。因此，加速发展针对高原严酷环境的新型建筑材料是西部建筑材料科技工作者研究的方向和重点。

与我国东部地区相比，青藏高原自然环境的严酷，使各种建筑材料的使用寿命严重降低。调查表明：大量已建的建筑物在恶劣环境下遭到了不同程度的损毁，其速度正在加快。特别是建在盐湖和超盐渍土地区的混凝土结构工程，在盐碱和其他原因的多重作用下，加剧了对建筑材料的侵蚀，建筑物的正常“运行”受到威胁。因此，在青藏高原兴建各种建筑物，其所用材料的耐久性引起了研究人员和施工技术人员的极大关注。以混凝土结构材料作为研究的出发点，探讨高性能水泥基材料，研发用量大、用途广的建筑材料，以满足在恶劣环境下抵抗侵蚀的工程要求，从而对各种建筑材料具备“六抗”（即抗风沙、抗紫外线辐射、抗盐碱腐蚀、抗冻融破坏、抗温度循环疲劳、抗寒节能）的特性提供理论研究依据，对延长材料使用寿命起到研究示范意义。

本书的编写紧密结合青藏高原独特的自然环境，基于国家“863”计划项目：“高海拔、高寒地区抗盐渍建筑材料技术与研究（2002AA335020）”、“青藏高原严酷环境中高性能水泥及材料的研究与应用（2003AA33X100）”；青海省科技攻关项目：“高强耐水复合石膏的研制（2005-G-251）”、“透水性生态混凝土的制备及其推广应用（2006-N-551）”、“青藏高原新型路基结构与材料技术研究（2009-G-204）”、青海省发改委项目：“青海省发展工业循环经济研究”等，尤其对青藏高原各种建筑物实际运行状况进行了大量的调查，收集了翔实的数据，通过分析整理，展示于书中，以期供同行们探讨和斧正。

本书在编写过程中，得到了青海省建设厅、东南大学、中南大学、青海大学、青海省建筑建材科学研究院等单位有关人员的大力支持和帮助，尤其对李滢、代大虎、蒋宁山等老师付出的辛勤劳动在此一并表示衷心感谢！

作者

2009年10月于高原古城西宁

目 录

第1章 高原建筑材料概述	1
1.1 环境与建筑材料	1
1.2 高原环境建筑材料研究开发的意义	8
1.3 青藏高原环境建筑材料的发展	11
参考文献	21
第2章 东西部建筑材料使用寿命差异分析研究	22
2.1 东西部混凝土的耐久性差异	22
2.2 东西部混凝土的使用寿命差异	27
2.3 混凝土使用寿命评价模型	31
参考文献	36
第3章 抗盐渍土侵蚀混凝土的工程实践与试验研究	37
3.1 建筑物腐蚀现状及目前采取的防腐措施	37
3.2 盐渍土对混凝土的侵蚀试验	41
3.3 对策	43
参考文献	44
第4章 青藏高原环境高性能混凝土配合比	45
4.1 高性能混凝土概述	45
4.2 高性能混凝土拌合物配合比设计	46
4.3 高性能混凝土水化热研究	50
参考文献	55
第5章 高原环境生态混凝土	56
5.1 概述	56
5.2 生态混凝土的研发现状	57
5.3 透水性生态混凝土的制备工艺	59
5.4 现浇生态混凝土的抗冻性	67
5.5 西宁市湟水河示范工程生态混凝土性能和特性	72
5.6 生态混凝土在青藏高原试验研究及工程应用	88

5.7 适应于透水性生态混凝土植物生长的试验研究	95
5.8 透水性生态混凝土在青海的应用推广前景分析	104
参考文献	112
第6章 抗盐渍系列混凝土外加剂的复配	113
6.1 KYZ 系列外加剂配制	113
6.2 KYZ 复合外加剂对混凝土性能的影响	115
6.3 掺 KYZ 系列外加剂 C80 混凝土渗透性试验研究	120
参考文献	129
第7章 高原砂浆	130
7.1 概述	130
7.2 特种保温隔热干粉砂浆	131
7.3 干粉砂浆	135
7.4 纤维在建筑干混砂浆中的应用	137
7.5 青藏高原环境干粉砂浆的试验研究	144
7.6 建筑干混砂浆中常用的外加剂	147
7.7 青海省采用的外墙保温技术	153
参考文献	157
第8章 矿物外加剂对砂浆强度的影响	158
8.1 概述	158
8.2 研究内容及技术路线	167
8.3 试验方法	171
8.4 矿物外加剂的细度对砂浆强度的影响	173
8.5 复合矿物外加剂级配对砂浆强度的影响	182
8.6 结论与展望	201
参考文献	202
第9章 高原石膏	205
9.1 石膏资源	205
9.2 石膏开发需解决的问题	206
9.3 适合于高原环境的高强耐水复合石膏	209
9.4 特殊防水剂对耐水石膏力学性能指标的影响	217
9.5 纤维补强增韧耐水性复合石膏	220
9.6 高强耐水石膏的工程应用	223
参考文献	228

第10章 高原建材循环经济	229
10.1 青海省建材工业发展现状及循环分析	229
10.2 青海省建材工业发展循环经济的难点和制约因素分析	261
10.3 建材工业发展循环经济的总体思路和重点方向	263
10.4 循环经济发展的指标评价体系的构建	275
10.5 青海省建材工业发展循环经济的重要项目	278
10.6 青海省建材工业发展循环经济的政策建议	281
参考文献	287

第1章 高原建筑材料概述

1.1 环境与建筑材料

1.1.1 青藏高原环境简述

青藏地区位于我国西南部，北起昆仑山、阿尔金山及祁连山，南抵喜马拉雅山。南北最宽处约 1400km，东西介于青藏高原东缘与国境线之间，东与西南地区、华北地区相接，北与西北地区为邻，西部和南部与哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、阿富汗、巴基斯坦、印度、尼泊尔、不丹、缅甸等国家毗连。在行政区域上包括青海和西藏的全部以及甘肃、新疆、四川、云南的部分地区。因以青海、西藏两省、区为主，所以称为青藏地区。东西长达 2700km，面积约 250 万 km^2 ，占我国总面积的 1/4 以上，但居民稀少，不及全国总人口的 1%。

本地区东、北、西三面均远离海洋，虽然南面距印度洋孟加拉湾较近，但喜马拉雅山脉的屏障作用十分显著，削弱了海洋对高原内部地区的影响。由于地势高峻，虽地处中低纬度的亚热带和暖温带位置上，但自然景观与东部的华中、西南、华北地区有着明显的差异，成为一个独特的自然区。

1.1.2 影响建筑材料使用寿命的几大独特高原环境特征

1.1.2.1 海拔高

青藏高原是全世界最高的高原，同时也是世界上最年轻的高原。从第三纪末期至今大约 300 ~ 400 万年的时间内，由于印度板块和亚欧板块之间大规模的相向运动、碰撞，促使青藏高原大面积、大幅度急剧抬升到今日举世无双的高度，从而形成了“世界屋脊”。

青藏地区地势高峻，地面海拔 3500 ~ 5000m，平均海拔 4500m 以上，有“世界屋脊”之称，是全世界最高的高原，构成我国地势的最高一级阶梯。高原上还分布着多条山脉，并有许多耸立于雪线之上高逾 6000 ~ 8000m 的山峰。世界第一高峰珠穆朗玛峰和第二高峰乔戈里峰均分别位于青藏高原上喜马拉雅山中尼边境和喀喇昆仑山中巴边境，青藏高原四周，高山环抱，壁立千仞，北、东、南三面与塔里木盆地、河西走廊、四川盆地和恒河平原相接，其相对高差分别达 4000m、3000m 和 6000m，愈加衬托出高原的雄伟挺拔气势。

青藏高原的强烈隆起，使气候由低海拔的热带—亚热带环境向高寒环境发展，成为地球上中低纬度地带的高寒中心。

1.1.2.2 昼夜温差大

气温低，年较差小，日变化大。

青藏高原地高天寒，气温比同纬度的东部平原地区低得多，年平均气温除高原东南部的

谷地较高外,大都低于 5°C ,藏北高原和山脉上部均在 0°C 以下。冬季气温低,1月均温大部在 $-2^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$ 间,夏季气温不高,7月均温 $8^{\circ}\text{C} \sim 18^{\circ}\text{C}$,藏北高原大部分地区低于 8°C ,成为我国盛夏温度最低的区域。

由于夏季气温低,冬季多晴天,白昼不阴冷,因此气温年较差较小,大多在 $18^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ 间,比同纬度的武汉、南京低 $6^{\circ}\text{C} \sim 8^{\circ}\text{C}$ 。但日较差大,年平均日较差拉萨、西宁等地为 $14^{\circ}\text{C} \sim 16^{\circ}\text{C}$,而成都、长沙、南昌为 7°C 。不少地方绝对日较差可以达到 30°C 以上,因此,人们常用“一年无四季,一日见四季”来形容气温年较差小、日变化大的高原气候特色。

冬季漫长、日较差大、年较差小,青海全省冬长无夏,春秋不分。冬长6个月及全年。海拔2000m以下地区冷期4个月以下,主要分布靠近甘肃省的青海东部少数地区。2000~4000m的青海中西部地区,占全省总面积的90%左右,冷期4~6个月,4000m以上地区冷期6个月以上。

青海是我国气温日较差最大的地区之一。气候干燥,白天接收大量太阳辐射热,近地层面的气温迅速上升,夜间少云,地面散热快,温度剧烈下降,夏秋季节清晨有时气温还降到 0°C 以下,形成霜冻。日较差,以冬季一月最大, $-13^{\circ}\text{C} \sim 23^{\circ}\text{C}$,夏季七月最小 $9^{\circ}\text{C} \sim 16^{\circ}\text{C}$ 。主要分布:柴达木盆地最大,川谷其次。气温详细情况见表1-1、表1-2。

表 1-1 青海省各地区月平均气温及年平均气温 $^{\circ}\text{C}$

地区	一月平 均气温	二月平 均气温	三月平 均气温	四月平 均气温	五月平 均气温	六月平 均气温	七月平 均气温	八月平 均气温	九月平 均气温	十月平 均气温	十一月 平均气温	十二月 平均气温	年平均 气温
冷湖	-12	-9	-2	4	10	14	16	16	10	2	-6	-11	2
大柴旦	-16	-12	-6	2	6	12	12	12	8	0	-9	-14	0
察尔汗	-14	-8	0	5	12	16	19	20	12	4	-5	-9	4
格尔木	-12	-8	-2	6	10	14	16	16	10	2	-6	-11	4
德令哈	-14	-10	-5	3	8	12	15	14	9	1	-7	-13	2
都兰	-12	-8	-2	4	10	12	15	14	9	2	-6	-10	2
茶卡	-14	-10	-5	4	8	10	11	12	8	1	-7	-11	1
青海湖	-14	-11	-4	3	5	9	13	11	7	2	-7	-10	0
江西沟	-14	-11	-4	3	7	9	11	11	7	1	-6	-11	0
刚察	-14	-12	-6	0	4	7	10	9	5	1	-8	-11	-2
海晏	-14	-12	-4	1	5	9	11	11	6	1	-7	-11	0
贵德	-8	-4	4	8	12	16	18	17	12	6	-2	-6	6
玛多	< -16	-14	-9	-2	0	5	7	7	2	-3	-11	< -16	-4
曲麻莱	-15	-12	-7	-2	3	6	9	8	5	-3	-11	-14	-3
五道梁	小于-16	-16	-10以下	-4	0以下	2	4	4	0	-4以下	-12以下	-16以下	-4
湟源	-13	-10	-2	4	8	10	12	12	8	4	-6	-11	2
兴海	-14	-10	-4	2	4	8	10	10	6	-1	-8	-12	-1
治多	-14	-11	-4	-1	3	6	9	8	5	-3	-9	-12	-1

续表

地区	一月平 均气温	二月平 均气温	三月平 均气温	四月平 均气温	五月平 均气温	六月平 均气温	七月平 均气温	八月平 均气温	九月平 均气温	十月平 均气温	十一月 平均气温	十二月 平均气温	年平均 气温
玉树	-10	-7	-2	3	6	9	12	11	7	1	-5	-9	1
野牛沟	-17	-15	-7	-1	4	7	10	9	5	-3	-11	-17	-3
祁连	-16	-12	-6	0	6	9	11	10	5	-1	-9	-14	-2
湟中	-12	-9	-2	4	9	11	13	11	8	3	-4	-10	2
贵南	-12	-8	-2	5	8	10	14	12	8	2	-6	-11	2
同德	-13	-9	-3	4	7	9	12	11	7	1	-7	-12	0
西宁	-10	-6	0	6	10	14	16	14	10	5	-2	-8	4
门源	-14	-11	-4	2	5	9	11	11	5	1	-7	-13	-1
乐都	-8	-4	2	8	14	15	18	16	12	7	-1	-7	6
同仁	-10	-8	0	4	10	12	15	12	8	3	-3	-9	4
民和	-7	-3	3	10	14	17	22	19	14	9	0	-5	7
化隆	-8	-6	0	8	12	14	18	15	10	6	0	-7	4
循化	-7	-2	4	10	14	18	20	19	15	9	1	-4	8
互助	-10	-7	0	5	9	13	15	14	9	5	-3	-9	3
班玛	-10	-6	-2	1	5	9	11	11	7	3	-3	-7	2
久治	-10	-8	-3	2	6	8	11	11	7	3	-3	-11	0

表 1-2 气温统计表

℃

地区	年地面极端 最低温度	年地面极端 最高温度	日最低气温 ≥ -10℃ 的日数	年极端 最低温度	年极端 最高温度	年气温 日较差
冷湖	-36	66	140	-32	32	16
大柴旦	-38	68	160	-34	28	16
察尔汗	-30	66	130	-28	34	18
格尔木	-34	68	130	-30	32	16
德令哈	-43	64	150	-34	30	16
都兰	-34	68	120	-28	32	11
茶卡	-38	62	150	-30	28	16
青海湖	-38	61	150	-30	25	12
江西沟	-39	62	150	-31	27	14
刚察	-39	60	150	-31	24	14
海晏	-39	61	150	-31	25	16
贵德	-32	67	80	-23	32	15
玛多	-44	56	170	-40	24	14
曲麻莱	-41	56	170	-31	24	15

续表

地区	年地面极端 最低温度	年地面极端 最高温度	日最低气温 ≥ -10℃ 的日数	年极端 最低温度	年极端 最高温度	年气温 日较差
五道梁	-42	50	200	-34	22	14
湟 源	-36	61	130	-30	28	14
兴 海	-38	64	160	-30	24	14
治 多	-41	58	160	-32	24	18
玉 树	-36	66	110	-27	28	15
野牛沟	-43	59	170	-34	26	16
祁 连	-38	62	150	-30	28	16
湟 中	-34	62	120	-28	28	14
贵 南	-34	68	140	-30	30	16
同 德	-36	66	150	-32	29	16
西 宁	-30	64	100	-24	31	14
门 源	-38	61	140	-31	25	16
乐 都	-28	67	80	-23	33	14
同 仁	-32	63	120	-26	30	14
民 和	-26	67	60	-22	34	14
化 隆	-30	66	100	-26	32	14
循 化	-28	68	70	-20	34	14
互 助	-32	63	110	-28	29	14
班 玛	-36	60	110	-30	27	15
久 治	-36	56	130	-36	24	16

1.1.2.3 太阳辐射强、日照时数多

青藏高原地势高,空气稀薄,含尘量少,透明度好,当太阳透过大气层时,能量损失小,成为全国太阳辐射量最丰富的地区。太阳总辐射值大都在 $67.2 \text{ 亿 J}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 以上,远比同纬度的东部地区高得多。如拉萨的年总辐射量为 $84.8 \text{ 亿 J}/\text{m}^2$,但纬度相近的上海为 $49.9 \text{ 亿 J}/\text{m}^2$,而成都仅 $37.2 \text{ 亿 J}/\text{m}^2$ 。青藏高原日照时数全年在 $2200 \sim 3600 \text{ h}$ 之间,由东南向西北逐渐增加。拉萨年日照时数 3021.6 h ,比东部纬度相近的重庆 (1188 h) 高出 1800 多小时,故有“日光城”之称,柴达木盆地西部的冷湖,全年日照时数更达 3620 h 。太阳辐射强,光照时间长,大大弥补了高原温度低的不足,不少地方已突破“高寒禁区”,把冬小麦种植到 4320 m 的高度,青稞种植更达 4900 m ,创世界最高农业种植上限的纪录。丰富的光能资源,为开发新能源展示了广阔前景。

青海省总辐射量为 $585.2 \sim 752.4 \text{ kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ 。由于地势高、空气稀薄干燥、透明度高、日照长、辐射过程能耗损失小的原因,以同纬度的华北平原、黄土高原地区相应偏高 $41.8 \sim 167.2 \text{ kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ 。总辐射量的年变化,青海南部地区5月辐射最大,其他地区多以6月最大,月总辐射量达 $58.52 \sim 87.78 \text{ kJ}/\text{cm}^2$,就季度而言,6~8月总辐射量为 $167.2 \sim 250.8 \text{ kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{季})$,地区差大(见表1-3)。

表 1-3 青海省太阳辐射量统计

kJ/cm²

地区	一月辐 射总量	二月辐 射总量	三月辐 射总量	四月辐 射总量	五月辐 射总量	六月辐 射总量	七月辐 射总量	八月辐 射总量	九月辐 射总量	十月辐 射总量	十一月辐 射总量	十二月 辐射总量	年总辐 射量
冷 湖	35.53	41.8	60.61	71.06	83.6	83.6	83.6	79.42	66.88	54.34	39.71	33.44	731.5
大柴旦	33.44	39.71	58.52	68.97	77.33	79.42	79.42	75.24	62.7	54.34	39.71	33.44	710.6
察尔汗	35.53	41.8	60.61	68.97	79.42	77.33	79.42	73.15	62.7	54.34	39.71	33.44	
格尔木	35.53	41.8	58.52	68.97	77.33	75.24	77.33	71.06	60.61	54.34	39.71	33.44	668.8
德令哈	33.44	39.71	58.52	66.88	75.24	77.33	77.33	71.06	60.61	52.25	39.71	33.44	
都 兰	35.53	39.71	58.52	66.88	75.24	75.24	75.24	71.06	58.52	52.25	39.71	33.44	
茶 卡	35.53	41.8	58.52	66.88	71.06	75.24	75.24	68.97	56.43	52.25	39.71	33.44	
青海湖	35.53	41.8	58.52	64.79	71.06	73.15	73.15	68.97	54.34	50.16	39.71	33.44	
江西沟	35.53	41.8	58.52	64.79	71.06	73.15	73.15	68.97	54.34	50.16	39.71	33.44	
刚 察	35.53	41.8	56.43	64.79	71.06	73.15	71.06	66.88	54.34	50.16	39.71	33.44	647.9
海 晏	35.53	39.71	56.43	64.79	71.06	73.15	68.97	66.88	52.25	50.16	37.62	33.44	
贵 德	33.44	39.71	56.43	60.61	68.97	73.15	73.15	68.97	54.34	48.07	37.62	33.44	
玛 多	37.62	39.71	58.52	64.79	71.06	66.88	66.88	66.88	56.43	52.25	41.8	37.62	
曲麻莱	35.53	37.62	54.34	64.79	75.24	66.88	68.97	66.88	56.43	54.34	41.8	35.53	
五道梁	35.53	37.62	54.34	64.79	73.15	68.97	68.97	66.88	56.43	54.34	41.8	33.44	
湟 源	35.53	39.71	56.43	62.7	68.97	73.15	66.88	64.79	50.16	45.98	37.62	33.44	627
兴 海	35.53	39.71	56.43	62.7	66.88	66.88	64.79	62.7	52.25	48.07	39.71	33.44	
治 多	35.53	37.62	54.34	62.7	73.15	64.79	68.97	66.88	54.34	54.34	43.89	35.53	
玉 树	37.62	37.62	54.34	62.7	68.97	60.61	64.79	62.7	54.34	50.16	41.8	35.53	
野牛沟	31.35	37.62	52.25	60.61	64.79	66.88	64.79	62.7	52.25	45.98	35.53	29.26	606.1
祁 连	33.44	37.62	54.34	60.61	66.88	71.06	68.97	64.79	54.34	48.07	37.62	31.35	
湟 中	33.44	39.71	54.34	60.61	64.79	71.06	64.79	62.7	48.07	41.8	35.53	33.44	
贵 南	35.53	39.71	54.34	62.7	64.79	64.79	64.79	62.7	50.16	45.98	39.71	33.44	
同 德	35.53	39.71	54.34	62.7	64.79	62.7	62.7	60.61	50.16	48.07	39.71	33.44	
西 宁	33.44	39.71	52.25	58.52	66.88	68.97	66.88	62.7	45.98	41.8	35.53	31.35	
门 源	33.44	37.62	50.16	58.52	64.79	66.88	64.79	62.7	48.07	45.98	35.53	31.35	606.1
乐 都	33.44	39.71	54.34	58.52	66.88	68.97	66.88	64.79	48.07	41.8	35.53	31.35	
同 仁	33.44	39.71	54.34	60.61	64.79	66.88	62.7	60.61	48.07	43.89	37.62	31.35	
民 和	33.44	37.62	52.25	58.52	66.88	68.97	66.88	64.79	45.98	43.89	35.53	31.35	
化 隆	33.44	39.71	52.25	58.52	64.79	66.88	64.79	64.79	48.07	43.89	35.53	31.35	
循 化	33.44	39.71	52.25	58.52	64.79	66.88	64.79	62.7	48.07	43.89	35.53	31.35	
互 助	33.44	37.62	50.16	58.52	64.79	68.97	64.79	62.7	48.07	43.89	35.53	31.35	585.2
班 玛	37.62	37.62	52.25	60.61	62.7	56.43	60.61	58.52	48.07	48.07	39.71	37.62	
久 治	37.62	39.71	52.25	60.61	60.61	52.25	58.52	58.52	43.89	48.07	41.8	37.62	

1.1.2.4 干旱少雨

干湿季分明，降水地域差异明显。青藏高原降水主要来自印度洋的西南季风，5~9月为湿季，10月到翌年4月为干季。干季长，降水量很少，90%以上的降水量集中于湿季。如拉萨5~9月降水量占全年总降水量的97%，而10月至次年4月仅占3%，干湿季十分明显。

青藏高原降水分布的地区差异极为悬殊，东南部的察隅以南，降水丰沛。雅鲁藏布江源头海拔在5200m以上，而位于国境线的巴昔卡，海拔仅为300m，年降水量高达4495mm，是全国最多的降水中心之一；而北部柴达木盆地的西端，年降水量极少，仅13.5mm。降水量最多地区是最少地区的300多倍。但大部分地区年降水量在50~900mm之间，从东南向西北递减，年降水量梯度约为100mm/100km，与我国东部平原地区相当。喜马拉雅山横亘于高原南缘，对南来北上的湿润气流有明显的屏障作用，迎风坡年降水量达2000mm以上，但背风坡的米林年降水量为660mm，仅为南坡的1/3左右。愈向西北高原腹地，年降水量南北坡的差异越大。

1.1.2.5 四季风频风大，灾害频繁

高原上辐射强，对流旺盛，经常出现雷暴和冰雹天气，尤以那曲、丁青以北，唐古拉山以南地区出现最多，全年雷暴和雹日达100d。高原终年在高空西风急流控制下，常出现大风，阿里地区全年8级以上大风日数在150d以上，改则更多达200d。冬春为大风季节，改则大风经常连刮3d以上，连续大风日数最长达40d，最大风速达40m/s以上，为全国所罕见。可见，多雷暴、冰雹和大风也为青藏高原特殊的气候特色。

1.1.2.6 风多、风速大、含氧量少

青海大风日数特多，是全国大风最多的地区之一。西南部多于100d，东南部多于50d。大风多的年份达186d。风向：青海湖以西、以南主要为偏西大风；以北主要为偏北或西北大风；以东主要为偏东或偏西大风。风速：经常出现30m/s的风速（表1-4）。含氧量少：海拔3000m高度的含氧量为海平面的73%。

表 1-4 青海省风速、风压情况统计表

地区	年最大风速 (m/s)	年大风日数 (d)	风压分布 (kg/m ²)
冷湖	30	25	35
大柴旦	30	25	35
察尔汗	25	25	40
格尔木	25	25	45
德令哈	25	25	35
都兰	20	25	45
茶卡	30	80	50
青海湖	30	30	40
江西沟	30	30	45
刚察	30	30	35
海晏	25	25	35
贵德	18	25	30

续表

地区	年最大风速 (m/s)	年大风日数 (d)	风压分布 (kg/m ²)
玛多	25	60	45
曲麻莱	25	110	40
五道梁	34	100	60
托托河	30	150	60
湟源	20	25	35
兴海	30	25	40
治多	20	100	38
玉树	18	60	30
野牛沟	20	60	32
祁连	18	30	30
湟中	18	25	35
贵南	20	25	33
同德	22	25	35
西宁	20	25	30
门源	20	25	30
乐都	20	25	30
同仁	20	25	30
民和	16	25	30
化隆	18	25	30
循化	18	25	30
互助	19	25	30
班玛	19	75	30
久治	16	75	30

1.1.2.7 冻融循环剧烈

冰川、冻土广布。青藏高原是世界中低纬度的低温中心，其上分布着许多高于雪线以上的山脉和山峰，现代冰川非常发育，冰川面积约 4.7 万 km²，占全国冰川总面积的 80% 以上，冻土分布范围更为广泛，也是本地区的显著特点。

高原上冰川的分布和规模取决于山地所处的地理位置、山体的大小、高度及气候的配合，而气候状况中的降水量更具有重要意义。喀喇昆仑山和喜马拉雅山受西南季风影响，降水丰沛；西昆仑山山峰耸峙，阻挡西风环流，降水量也比较多，为高原上现代冰川最多、冰川规模最大的分布区域。喀喇昆仑山在我国境内的冰川面积为 4650.24km²（冰川总面积为 6076km²），乔戈里峰北侧的苏音盖堤冰川长约 42km，是我国目前已知的最大山谷冰川。喜马拉雅山在我国境内的冰川面积达 11000 多平方千米，其中珠穆朗玛峰地区有冰川 217 条，面积 772 平方千米，以长约 22.2km 的绒布冰川为最大。昆仑山和帕米尔高原冰川分布广泛，冰川面积分别为 11639 平方千米和 2258 平方千米，均系中低纬度地区的冰川作用中心。高原内部山地冰川规模不大，甚至有些高于雪线的山峰也无冰川发育。

高原上的现代冰川按性质分属海洋性冰川和大陆性冰川两类,大致以丁青—嘉黎—工布江达—措美一线为界。界线以南为海洋性冰川,雪线低,气温高,冰川主要依靠丰富的降水而生存,冰川温度高,运动速度快,消融强烈,冰川作用活跃;大陆性冰川,雪线高,气温低,冰川主要依赖低温而保存,冰川温度低,运动速度慢,消融弱,冰川作用不太活跃。

青藏高原也是世界中、低纬度面积最大的多年冻土区,以藏北高原连续分布的冻土范围最广,宽度达 500km。冻土厚度以数米到 100 多米不等,随海拔高度的增加而增厚。冻土区内由于表层季节性融化与冻结交替进行,常形成冻胀丘、冰锥、冻胀裂缝、多边形土、冻融滑塌、热融沉陷等特殊地貌现象,对交通、工程建设等有很大影响。

1.1.2.8 腐蚀性强

在盐湖和盐渍土地区,土壤具有不同程度的腐蚀性。盐渍土特征:强烈的蒸发使土壤产生盐化现象,且土层中可溶盐含量甚高,表土含盐量常大于下层。此带地面平坦,地形坡度约 6‰~2‰。由于厚层盐壳的覆盖,地表经风蚀而呈现波状起伏形态。根据含盐量的多少可分为:盐壳、盐土、盐渍土等,它们的含盐量依次递减。盐渍土根据盐化的程度不同可划分为:非盐渍化、轻盐渍化、中盐渍化、重盐渍化等土质,它们在 0~0.3m 表层土中含全盐量分别为:0.3%、0.3%~0.5%、0.5%~1.0%、1.0%~2.0%;其 0~0.3m 表层土中氯根含量分别为:0.03%、0.03%~0.06%、0.06%~0.5%、0.5%~0.7%。对建筑物的腐蚀情况分别为:非盐渍化土对建筑物基本无盐渍侵蚀;轻盐渍化土矿化度有所增高,地表有反盐现象,对建筑物有较轻微的腐蚀;中盐渍化土矿化度明显增高,地表反盐现象严重,有些耕地已经弃耕,对建筑物具有较强的腐蚀;重盐渍化土(超盐渍土)矿化度极高,土质多黏重,而且较紧密,地表盐结皮及盐壳较厚,目前不便耕植,对建筑物腐蚀严重。除了以上所述盐渍土对建筑物有严重的腐蚀外,靠近盐湖地段多为盐沼地段,其全含盐量是超盐渍土的数十倍,含全盐量在 10%~30%之间,潜水埋深很浅,径流不通畅,水质高度矿化。土壤大多为粉砂及淤泥质的粉土。地表盐壳盐结皮较厚,低洼处积水有盐卤水,对建筑物的腐蚀更为严重。

1.2 高原环境建筑材料研究开发的意义

1.2.1 研究开发的意义

与我国东部地区相比,青藏高原自然环境的严酷,使各种建筑材料的使用寿命严重降低。调查表明:大量已建的建筑物在恶劣环境下遭到了不同程度的损毁,其速度正在加快。特别是建在盐湖和超盐渍土地区的混凝土结构工程,在盐碱和其他原因的多重作用下,加剧了建筑材料的侵蚀,建筑物的正常“运行”受到威胁。因此,在青藏高原兴建各种建筑物,对所使用材料的耐久性引起了研究人员的极大关注。以混凝土结构材料作为研究的出发点,研制高性能混凝土,以满足在恶劣环境下抵抗侵蚀的工程要求,从而对其他建筑材料具备“六抗”(即抗风沙、抗紫外线辐射、抗盐碱、抗冻融破坏、抗温度循环疲劳、抗寒节能)的特性提供理论研究依据,对延长材料使用寿命起到示范意义。

1.2.2 材料产业在青海省国民经济中的地位和作用

改革开放 30 多年来,青海的经济发展活力显著增强,经济总量连续上了几个台阶。经

济发展速度加快,综合实力增强。在“九五”期间,全省国内生产总值年均增长 8.8%,2000 年达到 263 亿元,提前一年实现了翻两番的目标。经济增长长期落后于全国平均增长速度的状况得到扭转。2003 年达到 390 亿元。2008 年,全省实现生产总值 961.53 亿元,按可比价计算,比上年增长 12.7%,比上年增速高 0.2 个百分点,是 1985 年以来增速最高的一年;人均生产总值 17389 元,增长 12.1%。全年第一产业完成增加值 105.58 亿元,增长 3.9%;第二产业完成增加值 529.4 亿元,增长 16.5%;第三产业完成增加值 326.55 亿元,增长 10.0%。第一、第二和第三产业对 GDP 的贡献率分别为 3.06%、66.72%、30.22%。三次产业结构由 2007 年的 10.6:53.3:36.1 转变为 11:55:34。

以 2008 年统计数据为例:全省工业增加值 442.85 亿元,按可比价格计算,比上年增长 19.5%,其中,规模以上工业增加值增长 21.5%。在规模以上工业增加值中,非公有制工业企业完成增加值 117.51 亿元,增长 37.0%。从经济类型看,在规模以上工业完成增加值中,股份制企业增长 20.4%;国有企业增长 34.0%;集体企业下降 1.1%;股份合作企业增长 9.3%;外商及港澳台投资企业增长 16.1%。从轻重工业看,轻工业增长 18.4%;重工业增长 21.8%。四大支柱产业创造增加值 297.01 亿元,比上年增长 18.1%。四大优势产业创造增加值 66.90 亿元,增长 16.8%。规模以上工业企业产品销售率为 95.2%,比上年下降 2.2 个百分点。

在规模以上工业中,煤炭开采和洗选业完成增加值比上年增长 1.2 倍,石油和天然气开采业增长 9.8%,纺织业增长 1.2 倍,化学纤维制造业增长 1.6 倍,交通运输设备制造业增长 1.2 倍,有色金属矿采选业增长 67.8%,电子及通信设备制造业增长 56.5%,其他矿采选业增长 53.7%,造纸及纸制品业增长 48.1%,交通运输制造业增长 1.2 倍。六大高耗能行业增加值比上年增长 17.8%。其中,非金属矿物制品业增长 12.0%,黑色金属冶炼及压延加工业增长 19.8%,化学原料及化学制品制造业增长 22.5%,有色金属冶炼及压延加工业增长 21.4%,电力热力的生产和供应业增长 11.4%,石油加工及炼焦化业增长 11.0%。主要产品产量保持增长,增长速度见表 1-5。

表 1-5 2008 年主要工业产品产量及增长速度

产品名称	单位	产量	比上年增长 (%)
发电量	亿 kW·h	297.67	3.1
水电	亿 kW·h	202.96	3.2
原煤	万 t	1182.93	31.5
天然原油	万 t	220.35	-0.1
天然气	亿 m ³	43.80	27.7
原盐	万 t	235.72	45.8
粗钢	万 t	115.07	0.3
钢材	万 t	113.59	4.2
生铁	万 t	92.28	2.4
焦炭	万 t	114.18	72.0
十种有色金属	万 t	113.32	7.3
原铝(电解铝)	万 t	102.38	8.2

续表

产品名称	单 位	产 量	比上年增长 (%)
铝材	万 t	2.98	-58.4
水泥	万 t	457.75	5.0
碳酸钠 (纯碱)	万 t	115.50	13.1
钾肥 (折合 K ₂ O 100%)	万 t	236.81	-0.1
中成药	吨	754	70.8
乳制品	万 t	6.43	39.2
碳化钙 (电石)	万 t	22.31	1.8 倍
食用植物油	万 t	2.62	1.0 倍
饮料酒	万 t	10.46	50.3
铬铁	万 t	23.54	1.1 倍

规模以上工业经济效益综合指数达 331.55, 比上年提高 31.67 个百分点; 实现利润 179.84 亿元, 比 2007 年增长 34.5%, 见表 1-6。

表 1-6 2008 年规模以上工业企业实现利润及增长速度

指 标	利润总额 (亿元)	比上年增长 (%)
规模以上工业利润	179.84	34.5
国有及国有控股企业	135.48	13.9
集体企业	0.84	44.7
股份合作企业	0.76	2.2 倍
股份制企业	122.36	36.0
外商及港澳台投资企业	16.43	-28.2
私营企业	13.97	94.7
规模以上工业亏损企业亏损额	6.70	85.0

2008 年全社会建筑业创造增加值 86.55 亿元, 按可比价计算, 比上年增长 4.3%。具有资质等级的总承包和专业承包建筑企业 424 个, 实现利润总额 6.36 亿元, 比上年增长 1.3 倍。

固定资产投资与房地产开发促进了建材工业的快速发展。

2008 年全社会固定资产投资 582.18 亿元, 比上年增长 19.4%。从城乡看, 城镇完成固定资产投资 513.38 亿元, 增长 15.7%; 农村完成固定资产投资 68.8 亿元, 增长 57.5%。从投资类型看, 国有及国有控股投资 363.22 亿元, 增长 19.5%; 民间投资 207.83 亿元, 增长 20.1%; 港澳台及外商投资 11.12 亿元, 增长 5.9%。

在 50 万元以上 (含 50 万元) 固定资产投资中, 四大支柱产业全年完成固定资产投资 213.41 亿元, 比上年增长 22.7%。其中, 盐湖化工业投资 51.59 亿元, 增长 11.5%; 有色金属工业投资 46.39 亿元, 增长 42.0%; 电力工业投资 77.31 亿元, 增长 17.8%; 石油和天然气开采业投资 38.13 亿元, 增长 29.7%。四大优势产业完成固定资产投资 38.73 亿元, 比上年增长 31.5%。其中, 畜产品加工业增长 18.0%; 建材工业增长 63.1%。