

环境及其效应

敦煌地区干热与干冷环境特征研究

唐其环^{1,2}, 张先勇¹, 张燕¹

(1.中国兵器工业第五九研究所, 重庆 400039;

2.重庆江津大气环境材料腐蚀国家野外科学观测研究站, 重庆 402260)

摘要: **目的** 建立大气环境干热、干冷环境特征的表征方法, 以便定量表征大气环境干热、干冷的严酷性, 为高分子材料及产品在该地区的老化试验与评估提供参考。**方法** 设置温度-相对湿度组合为临界值, 统计给定时期内温度高于临界温度、相对湿度低于临界相对湿度的时间为干热时间, 统计给定时间内温度低于临界温度、相对湿度低于临界相对湿度的时间为干冷时间, 并以干热时间、干冷时间占给定时期总时间的百分比来表征干热、干冷环境特征, 研究临界条件、数据间隔时间对干热、干冷特征的影响。**结果** 以 25 °C RH40%、5 °C RH40%为临界条件分别统计干热时间和干冷时间的月、年百分比, 可表征大气环境的干热、干冷特征。敦煌 6、7 月份为干热严酷月, 月干热时间百分比超过 40%, 1、2 月份为干冷严酷月, 月干冷时间百分比可超过 70%。**结论** 临界温度、临界相对湿度、统计年份、数据间隔时间等对统计结果有较大的影响。

关键词: 敦煌; 干热时间; 干冷时间; 临界条件; 环境特征; 环境适应性

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2020.12.013

中图分类号: X823

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2020)12-0081-05

Environmental Characteristics of Dry Heat and Dry Cold in Dunhuang Area

TANG Qi-huan^{1,2}, ZHANG Xian-yong¹, ZHANG Yan¹

(1. Southwest Technology and Engineering Research Institute, Chongqing 400039, China; 2. National Observation & Research Station on Materials Corrosion in Atmospheric Environment in Jiangjin, Chongqing, Chongqing 402260, China)

ABSTRACT: The work aims to establish a characterization method for the characteristics of dry heat and dry cold environments in atmospheric environment, so as to quantitatively characterize the harshness of dry heat and dry cold in atmospheric environment, and to provide reference for the aging test and evaluation of polymer materials and products in this area. The combination of temperature and relative humidity was set as a critical value. The time of temperature above critical temperature and relative humidity below critical relative humidity was defined as dry-heat time; the time of temperature below critical temperature and relative humidity below critical relative humidity was defined as dry-cooling time. And the dry-heat and dry-cooling environment characteristics were characterized by dry-heat time, dry-cooling time as a percentage of total time in a given period. With 25 °C RH 40 % and 5 °C RH 40 % as the critical condition, the monthly and annual percentages of dry-heat time and dry-cooling time can counted to characterize the characteristics of dry-heat and dry-cooling in atmospheric environment. June and July of Dunhuang were dry-heat severe month, the monthly dry-heat time percentage was more than 40%, January and February were dry-cold severe months, and the monthly dry-cooling time percentage can exceed 70%. The critical temperature,

收稿日期: 2020-05-18; 修订日期: 2020-06-27

Received: 2020-05-18; Revised: 2020-06-27

作者简介: 唐其环 (1965—), 男, 高级工程师, 主要研究方向为环境分析与大气腐蚀性评估。

Biography: TANG Qi-huan (1965—), Male, Senior engineer, Research focus: environmental analysis and atmospheric corrosive assessment.

critical relative humidity, statistical year, data interval time, etc. have great influence on the statistical results.

KEY WORDS: Dunhuang; dry heat time; dry cooling time; critical condition; environmental characteristics; environmental adaptability

敦煌地区降雨量少,蒸发量大,气候干燥,冬夏温差和昼夜温差都很大,辐射强度大,日照时间长^[1],属典型的暖温带干旱性气候,干热、干冷特征明显。这些气候环境特点会引起材料的性能退化,导致设备的损坏。由于材料的种类、产品的类别繁多,产品的结构差异大,作用机理复杂,相关文献都只列举了一些材料和设备常见的环境效应^[2-7]。如高温易降低产品的绝缘性能,材料膨胀不一致使得零部件变形卡死;低温会降低蓄电池内阻而使其容量下降,提高润滑油脂黏度而加大摩擦力,工程塑料和橡胶材料变硬脆化;干燥气候还会使材料龟裂,会产生静电而对电子设备造成干扰等,多种环境应力同时作用会加剧材料和产品的性能劣化。在敦煌、吐鲁番等干热地区,对工程塑料、橡胶等材料及制品、液压系统等开展了大量的自然环境适应性试验与研究^[8-15]。很多文献在数据分析时,将材料或产品性能的退化笼统归结为干热气候的影响,实际上干热气候的地区,在夏季为干热气候,到了冬季则为干冷气候,产品在该地区多年的自然环境适应性试验结果也包含有干冷条件引起的环境效应。

暖温带干旱性气候环境中,干热、干冷条件是影响材料和产品环境适应性的重要影响因素,但目前对干热、干冷条件还不能进行定量表征,这影响了材料和产品的干旱性气候环境适应性的评价。文中提出了干热、干冷环境条件新的表征方法,并根据敦煌最近15年的温度、相对湿度数据,研究得到了敦煌地区给定条件下的干热与干冷环境特征,可为相关产品开展干热、干冷自然环境适应性试验提供参考。

1 干热、干冷环境条件表征方法

从相关文献看,学术上并没有严格区分干热、干冷环境条件,笼统称为干热环境条件。表征方法大致可分为极值环境条件表征法、一般性统计表征法、给定条件表征法。

GB/T 21708^[2]和 GB/T 14093.5^[3]分别列出了电工电子产品和机械产品无气候防护场所的干热气候环境条件,这些条件大多为气象因素的极值。

GB/T 21708^[2]列出的干热沙漠环境条件如下:最高气温为 50℃;最低气温为-30℃;最大日温差为 40℃;低相对湿度,户外为 5%,户内为 10%;太阳辐射强度为 1120 W/m²;有凝露;地表最高沙土温度为 80℃;最大风速为 30 m/s;最大沙土浓度为 4000 mg/m³;飘尘浓度为 20 mg/m³;尘的沉积密度为

80 mg/(m²·h)。

GB/T 14093.5^[3]给出的无气候防护场所干热气候环境条件为 4K4L 和 4K4S,查 GB/T 4798.4^[4]可知,4K4L 等级下有最高气温、最低气温、最高相对湿度、最低相对湿度、最高气压、最低气压、温变速率、降雨强度、辐射等 18 项条件的气象因素极值。与 GB/T 21708 相比,GB/T 14093.5 所列出的要素种类有较大差异,相同要素的范围也有较大差异。如 GB/T 21708 中的最高温度和最低温度分别为 50℃和-30℃,GB/T 14093.5 则分别为 35℃和-60℃。这两种标准所列环境条件只是描述产品在干热气候环境中可能遭遇到的环境条件,不能用于自然环境适应性试验结果的定量分析。如析因分析,只可用于自然环境适应性试验的代表性之类的定性分析。

所谓一般性统计表征法,就是列出当地某些气象因素的一些常见统计数据,如敦煌全年日照时数为 3246.7 h,年平均降水量为 42.2 mm,蒸发量为 2505 mm,年平均气温为 9.9℃,最高气温为 41.7℃,最低气温为-30.5℃。前述许多自然环境适应性试验文献就是按这种方法表征试验环境的,尽管所列气象因素不尽相同,但其表征的方法与此相同。显然,这种方法所表征的统计数据虽然来源于当地的实测数据,但并不是由试验期间的观测数据统计得来,常常不知道其时空尺度,与试验期间的环境条件可能相差较大。如漠河历史最低气温为 1969 年 2 月观测到的 -52.3℃^[16],后来记录的年最低气温远高于该值,若以此分析试验结果,难免会造成较大的误差。

所谓给定条件表征法,就是结合产品的特性和服役环境的特点,设置特定的环境条件,在实验室开展相应环境试验的一种表征方法。王永涛以 35℃、RH50%作为干热条件研究了干热气候对混凝土施工的影响^[17]。王黎军、王潘芳、解宏伟、袁晓伟、戴大虎等以 5℃、RH40%作为干冷条件研究了干冷条件对高性能混凝土强度的影响^[18-19]。他们所用的表征方法就是所谓的给定条件表征方法。

2 数据处理方法

文中给定干冷、干热的不同临界温湿度条件,统计全月和全年温度、相对湿度满足相应临界条件的时间占当月和当年的时间百分比,表征干冷、干热特征。

以敦煌试验站最近 10 年的温度、相对湿度时值数据为研究对象,以温度 20、25、30℃为高热条件,

以温度-5、0、5℃为寒冷条件，以相对湿度30%、40%、50%为干燥条件，分别统计不同温湿度组合条件的干热、干冷月份和全年时间百分比。以温度、相对湿度4次和24次时值数据为研究对象，分别统计25℃、40%温湿度组合条件的干热、干冷时间百分比。研究临界条件、数据间隔时间对干热、干冷特征的影响，并给出给定温湿度条件的干热、干冷特征。

3 结果与分析

3.1 干热时间分布统计

给定温湿度临界条件，根据24次时值数据，统计敦煌2006—2015年的月干热时间分布，25℃、40%温湿度临界条件下月干热时间分布如图1所示。从图1知，敦煌4—10月份属于干热气候，其中6、7月份最为严酷，11月份到次年的3月份则不会出现干热条件。在严酷月份，该临界条件的月干热时间占当月时间的百分比可超过40%。从图1还可知，不同年份的月干热时间百分比相差较大，7月份的月干热时间百分比最大值超过40%，最小值却低于20%。经计算，7月份的月干热时间百分比的标准差将近8%，其他月份的干热时间百分比也具有此规律。全年干热时间所占百分比的平均值、标准差、最大值和最小值分别为10.0%、1.2%、11.9%和8%。

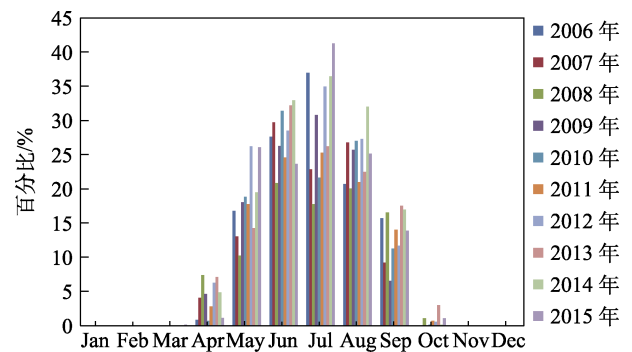


图1 敦煌25℃、40%温湿度临界条件下月干热时间分布
Fig.1 Monthly dry-heat time distribution under 25 °C, 40 % RH critical conditions in Dunhuang

3.2 干冷时间的月份分布

给定温湿度临界条件，根据24次时值数据，统计敦煌2006—2015年的月干冷时间分布。5℃、40%温湿度临界条件下月干冷时间的分布如图2所示。从图2可知，敦煌10月份到次年的5月份属于干冷气候，其中1、2月份最为严酷，6—9月份则不会出现干冷条件。在严酷月份，该临界条件的月干冷时间占当月时间的百分比可超过70%。从图2还可知，不同年份的月干冷时间百分比相差也较大，1月份的月干冷时间百分比最大值超过70%，最小值却约为3%。经计算，1月份的月干冷时间百分比的标准差将近23%。全年干冷时间所占百分比的平均值、标准差、最大值和最小值分别为13.9%、4.2%、23.2%和7.9%。

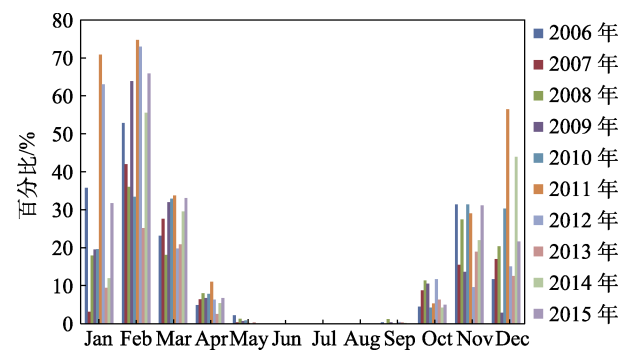


图2 敦煌5℃、40%温湿度临界条件下月干冷时间分布
Fig.2 Monthly dry-cool time distribution under 5 °C 40 % RH critical conditions in Dunhuang

3.3 临界条件对干热、干冷时间分布的影响

根据24次时值数据，分别统计敦煌在不同温湿度临界条件下2006—2015年月干热、干冷时间分布。干热时间分布温湿度临界条件有：20℃-30%、20℃-40%、20℃-50%、25℃-30%、25℃-40%、25℃-50%、30℃-30%、30℃-40%、30℃-50%；干冷时间分布温湿度临界条件有：-5℃-30%、-5℃-40%、-5℃-50%、0℃-30%、0℃-40%、0℃-50%、5℃-30%、5℃-40%、5℃-0%。再分别统计不同临界温度、不同临界相对湿度的各年的干热、干冷时间百分比，统计结果分别见表1、表2。

表 1 临界条件对敦煌干热时间分布的影响										
Tab.1 Effect of critical conditions on the time distribution of dry-heat in Dunhuang										%
临界条件	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
温度/℃	20	16.3	16.5	14.0	17.0	15.3	15.7	19.2	17.6	18.6
	25	9.7	8.7	7.7	9.3	9.0	8.8	11.0	9.9	11.3
	30	4.0	3.3	2.3	4.4	3.6	3.8	4.9	4.8	5.2
相对湿度/%	30	7.1	6.7	5.6	7.4	6.9	6.8	8.9	7.6	8.3
	40	10.3	9.9	8.2	10.5	9.7	9.7	12.0	11.1	12.3
	50	12.5	11.8	10.2	12.8	11.3	11.8	14.2	13.6	14.1

表 2 临界条件对敦煌干热时间分布的影响
Tab.2 Effect of critical conditions on dry-heat time distribution in Dunhuang

临界条件	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
温度/℃	-5	2.9	1.9	3.1	2.7	3.4	9.1	6.0	1.3	4.7
	0	8.4	5.7	7.0	7.0	8.6	15.8	11.0	4.4	10.8
	5	13.8	10.4	12.0	12.5	13.3	22.2	16.3	8.4	15.9
	10	20.2	15.9	17.6	18.2	19.1	27.9	21.8	13.8	21.0
相对湿度/%	30	7.4	5.3	4.9	7.5	7.3	14.4	10.2	3.8	8.5
	40	14.9	10.8	12.8	13.2	14.6	26.1	18.5	8.8	15.3
	50	23.0	17.9	22.0	19.8	22.4	34.5	26.5	15.4	26.3

由表 1、表 2 可知, 临界温度越高, 干热时间越长, 干冷时间越短; 临界相对湿度越高, 干热时间和干冷时间都会越长, 且不同年份临界条件的影响程度是不同的。由此可知, 要定量描述干热、干冷时间或其百分比, 必须明确温湿度临界条件。

由于产品特性的不同, 干热、干冷作用的临界值也是不同的。在分析这二种环境要素对产品环境适应的影响时, 需要根据产品的特性确定其临界条件。对于一般性描述, 可分别采用 25℃—40%和 5℃—40%的临界条件进行表征。

3.4 数据间隔时间对干热、干冷特征统计的影响

在 3.1—3.3 小节中统计分析的是 24 次时值数据, 即数据间隔时间为 1 h, 统计每天 2:00、8:00、14:00、20:00 的 4 次时值数据, 可得到数据间隔时间为 6 h 的月干热、干冷时间百分比分布, 并分别计算 4 次时值数据和 24 次时值数据统计的对应月干热时间百分比的差值和月干冷时间百分比的差值, 如图 3、图 4 所示。

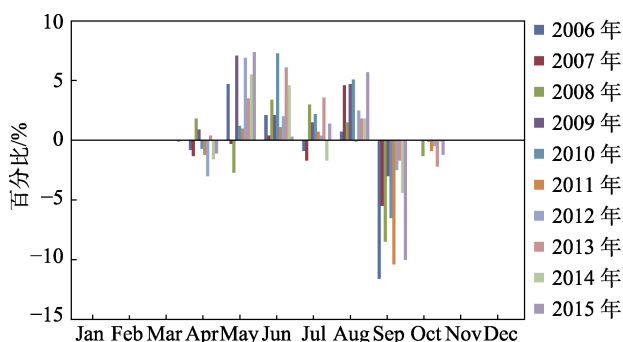


图 3 间隔时间对月干热时间百分比的差值影响柱状图
Fig.3 Difference effect of interval time on the percentage of monthly dry-heat time

由图 3、图 4 可知, 无论是干热时间百分比, 还是干冷时间百分比, 4 次时值数据统计和从 24 次时值数据统计的结果都有较大的误差, 其差值大多在 5% 以内, 最大的可达 10% 以上。因此, 不同的数据间隔时间, 对干热时间百分比和干冷时间百分比的统计结果有较大的影响。

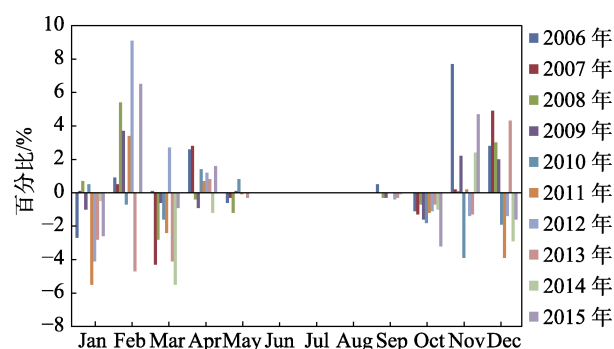


图 4 间隔时间对月干冷时间百分比的差值影响柱状图
Fig.4 Difference effect of interval time on the percentage of monthly dry-cooling time

存在较大误差的原因在于, 在进行数据统计时, 当温湿度满足临界条件时, 就认为整个间隔时间的温湿度都满足临界条件, 而温度、湿度在间隔时间可能因变化而有部分并不满足临界条件, 这就会引入误差。间隔时间越长, 引入误差的可能性就越高。自动气象站观测的温度和相对湿度, 一般会保存分钟数据, 从分钟数据统计的结果应该比从 24 次时值数据、4 次数据统计的结果更准确。因此, 在条件许可时, 优先采用分钟数据统计干热时间百分比和干冷时间百分比。

4 结论

综上所述, 给定条件法可以定量表征干热、干冷环境特征。给定临界温度和相对湿度, 以温度高于临界温度、相对湿度低于临界相对湿度的时间为干热时间, 以温度低于临界温度、相对湿度低于临界相对湿度的时间为干冷时间, 以全年和各月的干热时间、干冷时间分别占当月、当年总时间的百分比及各月的分布来表征干热、干冷环境特征。具体表征参数有干热时间和干冷时间的年百分比、月份分布的均值、标准差、最大值和最小值等。

临界温湿度条件应根据材料的特性确定适当的温度和相对湿度的临界值, 对于环境特性而言, 建议采用 25℃—40%和 5℃—40%的温湿度组合条件分别为干冷、干热的临界温湿度条件。数据间隔时间对干热、干冷环境特征表征参数的统计有较大的影响, 间

隔时间越短,表征参数越真实,数据间隔时间不应大于1 h,建议数据间隔时间为1 min。

参考文献:

- [1] GB/T 21708—2008, 干热沙漠环境条件 电工电子设备通用技术要求[S].
GB/T 21708—2008, Environmental Condition for Dry Heat-desert—General Technical Requirements of Electric and Electronic Equipment[S].
- [2] GB/T 14093.5—2009, 机械产品环境技术要求干热环境[S].
GB/T 14093.5—2009, Environmental Technology Requirements of Machinery Products for Dry Heat Environments[S].
- [3] GB/T 4798.4—2007, 电工电子产品应用环境条件 第4部份: 无气候防护场所固定使用[S].
GB/T 4798.4—2007, Environmental Conditions Existing in the Application of Electric and Electronic Products—Section 4: Stationary Use at Non-weather-protected Locations[S].
- [4] GJB150A—2009, 军用装备实验室环境试验方法[S].
GJB150A—2009, Laboratory Environmental Test Methods for Military Materiel[S].
- [5] 陆颂梅. 我国干热沙漠环境特点对电工电子产品的影响[J]. 环境技术, 2005, 23(5): 16-19.
LU Song-mei. Dry-Heat Desert Condition's Negative Influences on the Electric and Electronic Equipment[J]. Environmental Technology, 2005, 23(5): 16-19.
- [6] 王笑明, 薛延丰, 羊朝辉. 干热沙漠环境电气仪表设备与材料的选型[J]. 石油工程建设, 2013, 39(5)
WANG Xiao-ming, XUE Yan-feng, YANG Zhao-hui. Discussion on Type Selection of Electric Instruments, Equipment and Materials Used in Dry and Hot Desert Environment[J]. Petroleum Engineering Construction, 2013, 39(5)
- [7] 王玲, 赵全成, 杨华明, 等. 基于聚苯乙烯老化的大气环境严酷度分类研究[J]. 装备环境工程, 2019, 16(7): 86-90.
WANG Ling, ZHAO Quan-cheng, YANG Hua-ming, et. Classification of Atmospheric Environment Severity Based on Polystyrene Aging[J]. Equipment Environmental Engineering, 2019, 16(7): 86-90.
- [8] 王俊, 张晓东, 揭敢新, 等. 汽车产品在我国典型干热环境下的自然暴露试验研究[J]. 环境技术, 2017, 35(2): 31-33.
WANG Jun, ZHANG Xiao-dong, JIE Gan-xin, et al. Research on Outdoor Exposure Test for Automobile Products in Typical Arid Climate in China[J]. Environmental Technology 2017, 35(2): 31-33.
- [9] 王艳艳, 张帷, 李超. 包装箱用改性聚乙烯在干热气候中的老化行为[J]. 装备环境工程, 2016, 13(6): 59-63.
WANG Yan-yan, ZHANG Wei, LI Chao. Aging Behavior of Modified Polyethylene Used in Packaging Cases in Dry-Hot Climate[J]. Equipment Environmental Engineering, 2016, 13(6): 59-63.
- [10] 张晓东, 王俊, 揭敢新, 等. 干热条件下的汽车耐候性试验结果分析[J]. 汽车工艺与材料, 2015(10): 36-38.
ZHANG Xiao-dong, WANG Jun, JIE Gan-xin, et al. Analysis on the Test Results of Automobile Weathering Resistance under Dry and Hot Conditions[J]. Automobile Technology & Material, 2015(10): 36-38.
- [11] 王玲, 赵全成, 文静. 干热自然环境对聚苯乙烯表面结构的影响[J]. 表面技术, 2014, 43(3): 68-73.
WANG Ling, ZHAO Quan-cheng, WEN Jing, et. Effect of Dry-Heat Environment on the Surface Structure of Polystyrene[J]. Surface Technology, 2014, 43(3): 68-73.
- [12] 胡利芬, 陶友季, 揭敢新, 等. 干热自然环境对不同聚丙烯结构和性能的影响[J]. 工程塑料应用, 2013, 41(1): 68-71.
HU Li-fen, TAO You-ji, JIE Gan-xin, et al. Effect of Dry-hot Climate on Structure and Properties of Different Polypropylenes[J]. Engineering Plastics Application, 2013, 41(1): 68-71.
- [13] 胡行俊, 方月华, 郭春云. 干、湿热气候环境塑料自然老化试验与研究[J]. 塑料助剂, 2012(5): 16-18.
HU Xing-jun, FANG Yue-hua, GUO Chun-yun. Weathering Test and Study on Plastics at Dry Hot and Wet Hot Environment[J]. Plastic Additives, 2012(5): 16-18.
- [14] 何文杰. 干热环境气候条件对液压系统和元件工作的影响及对策[J]. 机床与液压, 2001(5): 115-117.
HE Wen-jie. Effects of Climate Conditions on Hydraulic System and Components in Dry and Hot Environment and Countermeasures[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2001(5): 115-117.
- [15] GJB1172. 2—1991, 军用设备气候极值 地面气温[S].
GJB1172. 2—1991, Climatic Extremes for Military Equipment—Surface Air Temperature[S].
- [16] 王永涛. 干热气候对混凝土施工的影响试验[J]. 水利科技与经济, 2015, 21(10): 109-111.
WANG Yong-tao. Test on the Influence of Dry Heat Climate on Concrete Construction[J]. Water Conservancy Science and Technology and Econom, 2015, 21(10): 109-111.
- [17] 王潘劳. 青藏高原干冷环境下高性能混凝土试验研究[J]. 建筑技术开发, 2015, 32(8): 70-71.
WANG Pan-lao. Experimental Study on High Performance Concrete in Dry and Cold Environment of Qinghai-Tibet Plateau [J]. Building Technique Development, 2015, 32(8): 70-71.
- [18] 王黎军, 解宏伟, 袁晓伟, 等. 干冷条件下高性能混凝土强度研究[J]. 青海大学学报(自然科学版), 2006, 24(1): 14-16.
WANG Li-jun, XIE Hong-wei, YUAN Xiao-wei, et al. The Strength of High-performance Concrete under Dry-Cold Environment[J]. Journal of Qinghai University(Natural Science), 2006, 24(1): 14-16.