

# 工业韧性 业务介绍

为工业企业  
抵御气候相关风险  
提升工业气候韧性





工业领域面临的气候相关风险在幅度和范围上不断上升，其造成的损失也越来越大，现在已经波及到过往被认为是低风险的地区。我们对主要客户进行了调查，了解他们所面临的脆弱性。通过分析他们对于气候变化的洞察和见解，以及我们在工业领域项目中抵御气候风险、建立工业韧性的经验，我们明确了共同的困难，并提供了改进机会。



## 气候相关的影响是多方面的

70%的受访者表示至少每年经历一次气候相关的影响。目前来看，洪涝是最具破坏性的气候相关事件或风险。在我们的调查中，一半的受访者将洪涝列为头号潜在风险，而剩下的另一半受访者则将洪涝的潜在风险列在前二的位置。洪涝对全球范围而言都是普遍存在的问题。在每个风暴季节，都有新的地区受到更强的风暴所带来的影响。2017年，飓风哈维（Harvey）给北美的墨西哥湾沿岸带来了毁灭性的灾害，

2021年飓风艾达（Ida）摧毁了从路易斯安那州到纽约的大部分地区并且在同年，致命的洪水袭击了英国与欧洲大陆。飓风哈维证明了洪涝影响的严重性——这场风暴摧毁了该地区的诸多工业设施，并持续了3-6个月，并对受这些气候事件影响的社区的经济、社会与环境带来了灾难性的影响。在中国，近年来各大城市也收到气候变化带来的不同程度的洪涝灾害影响，例如2021年郑州“7.20”特大洪水事件等，造成巨大的经济和生命损失。

在了解洪涝之后，（从图1-3）我们看到其它气候事件影响的排名之间差异较小，这可能取决于区域性差异和它们蔓延的速度有关。例如，虽然山火可能和洪涝具有一样的破坏性，但山火常影响工业化程度较低的地区。即使如此，干旱、山火、极端高温和冰冻事件都对工业与制造业都有着多样的破坏性影响。

哪些气候相关事件是最影响工业企业设施运营的？

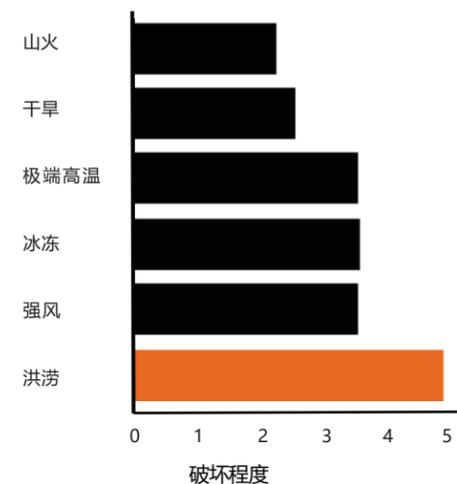


图1

每年受到气候相关事件影响的工业设施/工业基础设施的比例是多少？

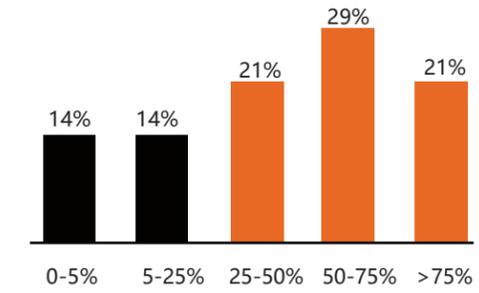


图2

气候相关事件影响企业人员和生产的频率是？

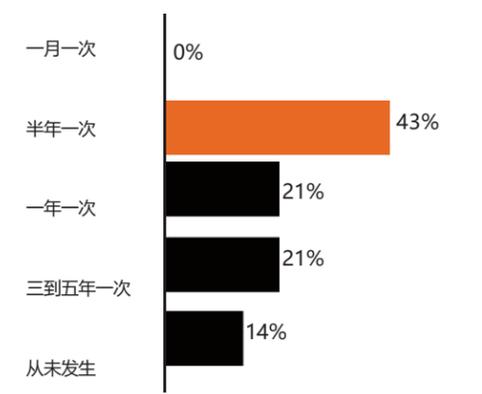


图3

## 气候相关风险超越了场地物理边界

为工业企业设施进行规划需要兼顾场地内外可能存在的风险，以考虑其特有的风险脆弱性。场地外部受到的影响，例如电力系统、供水和排水系统或物流运输系统的中断或故障等，与场地边界内出现的问题可能具有同样的破坏性。在某些情况下，这些外部因素可能会是影响设施能不能持续运行的最大风险点。86%的工业领域受访者表示，与气候相关的影响总是与社区或周边的配套基础设施问题相挂钩。大多数受访者至少每年受到一次诸如此类问题的困扰，更有甚者，每月都会受到其影响。(图4)

同样，与气候相关的影响也不仅仅只限于场地边界内的设施。场地边界外的区域可能会同样影响到供应链等因素。超过一半的受访者曾遭受因气候相关事件所造成的供应链中断，其严重程度远超对场地内

### 气候相关事件不仅仅影响到您的工业资产/设施，并且影响到周边社区和/或周边配套基础设施的生态圈的频率是？

例如，电力系统、供水和排水系统或物流运输系统的中断或故障等

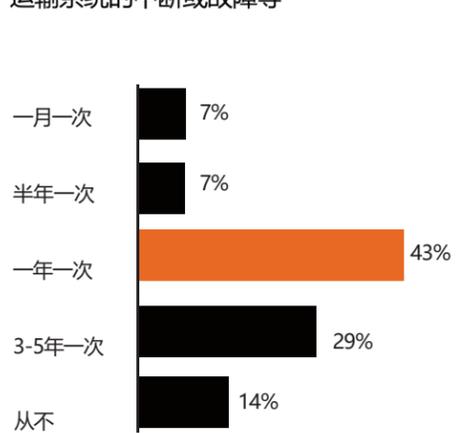


图4

由于四舍五入，百分比之和可能不等于100%

运营设施的物理影响。在这些受访者中，有一半的人至少一年经历一次这样的灾难虽然一年一两次的供应链中断看似是可控的，但企业不应该将其考虑为是一种可接受的风险。(图5)

重要的是，工业设施必须为气候相关事件可能对其劳动力所产生的负面影响做好准备。因为大多数企业认为员工是他们最宝贵的资产。气候相关事件不仅仅会影响员工的士气、福祉和安全，更会延伸到场地范围区域之外的员工生活造成影响。例如因通勤而耽误工作的可能与场地所面临的问题一样具有挑战性。64%的受访者指出，气候相关事件会时不时的、长期且持续地给员工带来环境、健康、安全或者可持续性方面的担忧。让员工有安全感是最大化士气和绩效的关键，也是吸引和留住顶尖人才的关键。虽然大多数企业认为保护现有设施的正常运行是首要的目标，但這些更广泛的风险问题同样也不能被轻易忽视。(图6及图7)

### 气候相关事件对您工厂的影响是否经常因供应链中断而加剧，而供应链中断的影响比工厂自身运营受到的物理影响更严重的频率？

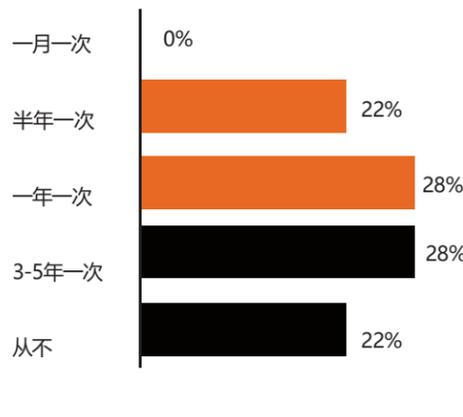


图5

## 投资策略并未与对气候风险的担忧保持一致

在了解了某些客户所遭受的灾害频率和种类之后，看到有近86%的客户对潜在的基础设施影响表示了严重担忧这样的事实并不意外。然而，尽管受访者指出，他们充分了解自己的资产的脆弱性，但这并未对他们的投资力度有较大影响。大多数受访者认为，资本投资战略与提升企业气候抵御能力的韧性的相关性并不高，更有一些人指出它们几乎不相关。(图8 - 10)

缺乏与气候相关投资的专项资金背后的原因可能是目前只有少数组织有投资于气候风险管理的长期战略。

### 气候相关的环境条件对员工的舒适度/留存率/士气产生负面影响的频率有多高？

例如：到岗通勤困难，电力中断，或工业设施内的条件，如灰尘、烟雾水平、湿度、温度等。

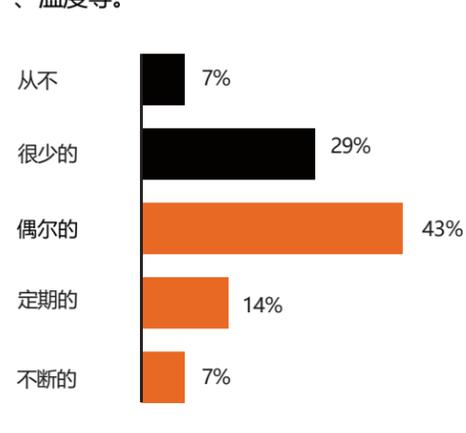


图6

对于用于防护，而非产生产值或收入的策略也同样具有商业价值，风险分析和历史事件的支撑足以证明该投资策略的合理性。围绕投资策略的沟通对于获得利益相关者的认同，纠正对于风险的担忧与投资程度之间的不一致十分重要。(图11 - 12)

### 气候相关事件对您的工业设施的影响造成环境、健康、安全或可持续性问题的频率有多高？

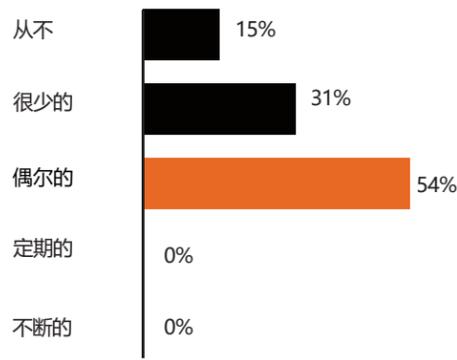


图7

### 您对气候相关事件造成的基础设施影响并影响到您的工业设施的担忧程度？

使用1-10的等级评分，1表示完全不担忧（没有有预见的气候相关基础设施影响），5表示有可控的担忧度，10表示极为担忧（存在迫在眉睫的重大影响）。

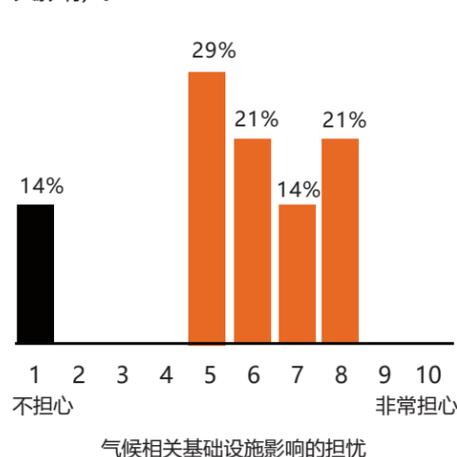


图8

### 气候相关事件如何影响到您针对您的工业设施的投资策略？

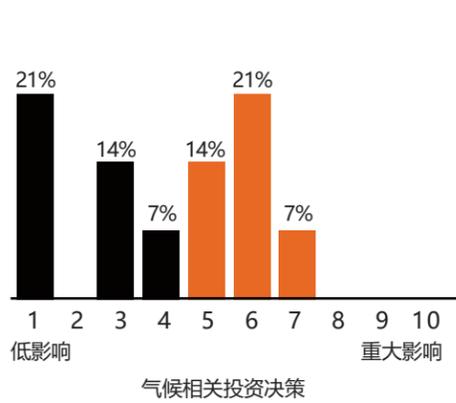


图9

### 您对您的资产对于气候相关影响（扰乱或中断）的风险脆弱性的了解程度是？

使用1-10分的等级评分，1分表示几乎不了解，5分表示充分了解并可以管控偶尔发生的扰乱，10分表示十分了解并在发生气候相关扰乱/中断时完全可以管理资产。

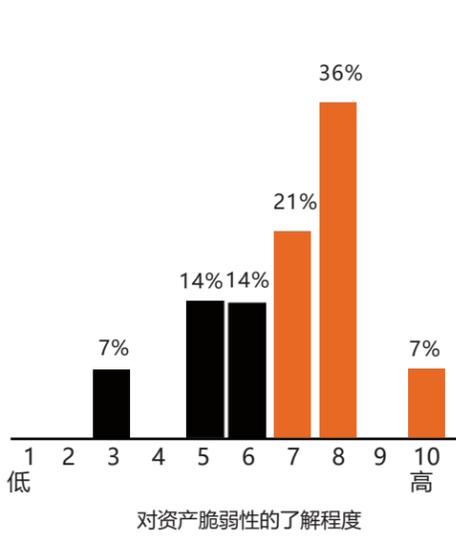


图10

### 您的资本投资策略与您工业设施抵御气候相关风险（扰乱或中断）的韧性提升是否保持一致？

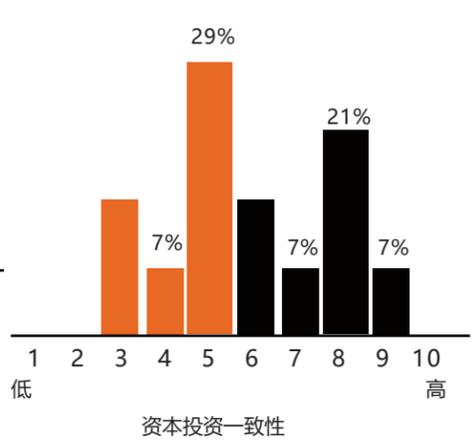


图11

### 您是否具备一个长期战略，使得您的工业设施具备抵御气候相关事件的韧性？

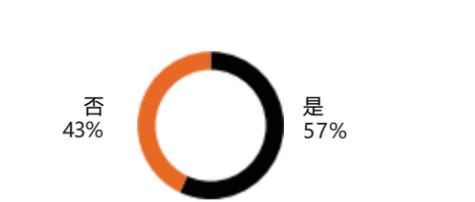


图12

# 制定一个能够获得认同的策略： 4 个关键任务



## 1. 盘查/了解对于您完成目标十分重要的资产、系统和功能设施

为了最高效并最有效地分配资源，用于风险评估的过程，以及未来任何的风险缓解行动，必须持续且系统性地评估各项缓解措施的优先级。优先排序过程应考虑与场地、功能设施、系统、资产或行动相关的任何关注点的广度和深度的评估。资产关键性盘查 (criticality mapping) 提供了一种机制和基础，可以在此基础上，提高可见性并构建资源优先级的流程。

资产盘查 (Asset Mapping) 涉及根据设施、结构、功能、系统和资产对公司及其组成部分或设施的使命的相对贡献，并基于评估的比额，对设施进行分级和优先级排序。资产盘查还可以识别外部和内部的依赖性和相关性，以确保在风险评估过程中识别所有潜在的高优先级的脆弱性，以及量化对设施、结构、功能、系统、人员和资产的直接和间接影响的潜在后果。避免只关注硬性资产风险和场地边界内资产风险的倾向；周边社区发生的重大事件也同样会危及您的目标和执行人。



## 2. 评估您资产面临的风险

风险评估结合了资产关键性盘查 (asset criticality mapping) 和灾害分析的结果，根据对工业设施、公司及其利益相关者的潜在后果，对既关键又易受灾害影响的资产进行优先级排序。应根据业务功能、供应链影响、恢复成本、健康和安全风险以及其他财务负债(如罚款)等方面，分析通过关键性盘查 (asset criticality mapping) 过程确定的功能、系统、资产及其相互依赖性的优先级，以确定故障的后果。这一过程的结果是明确应优先处理的风险清单，并将利用其结果制定可行的缓解战略和备选办法。

风险评估应该包括以下关键因素：

- 识别优先资产 (关键性 + 灾害)
- 评估优先资产的脆弱性
- 风险得分/排名
- 列出可行的减缓方案

风险评估整合了所有已知的相关历史灾害事件信息，并开展这些事件的根本原因分析，以更好地预防未来发生类似的影响。



## 3. 开发一个减缓风险的策略

一旦评估了投资组合并确定了风险的分配，下一步则应是开发一个风险缓解策略清单 (例如，解决办法的工具箱 toolkit)。这些策略将根据整个投资组合中已识别的关键资产的风险脆弱性类型来确定。应制定用于资产风险防护的基础设施的现行行业标准与绩效标准，以及其适用的标准和规范，以评估和确定每个场地气候风险防护的缓解水平的优先级。对场地特定的针对性解决方案，应制定以下一种或几种衡量标准：设备/资产、结构、系统、设施、场地和社区的相互依赖性。

在最大化韧性措施的价值和获得对风险策略的认同和支持的方面，您的人员是同等重要的。他们在应对风险方面最有经验，同时能够详细说明与气候风险相关的影响会如何降低生产力。让他们在这个过程中拥有发言权将会带来更有效的设计和更顺利的实施。更不用说，它将创造出一种个人利益能够打破韧性的孤岛，并将其嵌入公司文化——将工业韧性从弱点转变为竞争优势。



## 4. 制定一个实施策略

制定一个实施策略，为团队提供了一个有限的范围，在潜在情景下进行彻底的探索与规划。与工作内容有限的策略 (例如按照建筑标准和规范建造) 相比，在一个确定的时间段深入到关注如何在具有挑战的气候风险事件中仍然维持正常运营更为有效。

方案比选分析是一个确定从哪儿开始着手的优先次序的好工具。它包含了一些变量，如可用资本、优先资产、以及解决方案是永久性的还是临时性的，以在防护和成本之间取得平衡。

具备多个方案的选择性，可以降低对财务影响，分阶段的解决方法可以最小化停工时间，甚至可以实现在实施策略的过程中保持设施的运行。分阶段降低风险使公司能够优先保护最关键的资产，同时作为长期资本改善计划的一部分为整个场地的战略奠定基础。打造工业韧性将不再被视为独立分开的工作，而是成为了持续运营过程的一部分。

应拟订项目分阶段的建议、概念、费用估计、成本效益分析和投资回报，作为实施策略的一部分。

应为设施的减缓策略的实施应用制定实质性的具体的建议、具有优先次序的资本投资和基于性能的设计标准，并向利益相关方展示，以确保获得自上而下和自下而上的认可。



## 益处：

- 您暴露与风险的程度明显减少
- 对在最重要领域的每一笔投资都有信心，可以帮助达成您的任务目标
- 与利益相关者沟通的能力可以确定当前的状况和应该怎样做来降低风险
- 利益相关者支持的全面介入可以使工作人员与社区能够实施战略
- 增加投资者信心，因为了解到有合理的措施到位，以保护他们在贵企业的投资



作为受气候相关风险影响最严重的国家之一，中国频繁受到洪涝、台风、海岸洪水、海平面上升、极端气温、水资源匮乏/干旱等灾害影响。国内的工业企业同样面临着愈加严峻的气候危机。



## 洪涝

2000年以来，中国平均每年发生200多起不同程度的城市内涝，2008-2020年，中国500多个城市中共有62%即300多个城市发生过城市暴雨内涝灾害。据一项研究，到2050年广州的面临城市洪涝风险损失可能达到GDP的1.32%。

2022年6月下旬广东省再次遭遇了打破历史纪录的强降雨，珠江水系干流之一的北江水位暴涨并发展成了百年一遇的洪水，直接威胁着地处下游的中国制造业重镇珠三角。为了保护广州、佛山等制造业云集的城市，经济相对落后的英德市即使在多个乡镇被淹的情况下，也没有开闸泄洪，约40万当地百姓的生活被迫受到影响。这一局面暴露出珠三角制造业中心在极端天气面前的脆弱性。

## 热浪和干旱

中国北部和西部的内陆省份面临更加频繁和极端的热浪和旱灾，导致水安全风险加剧，威胁着西部和北部的工业企业。

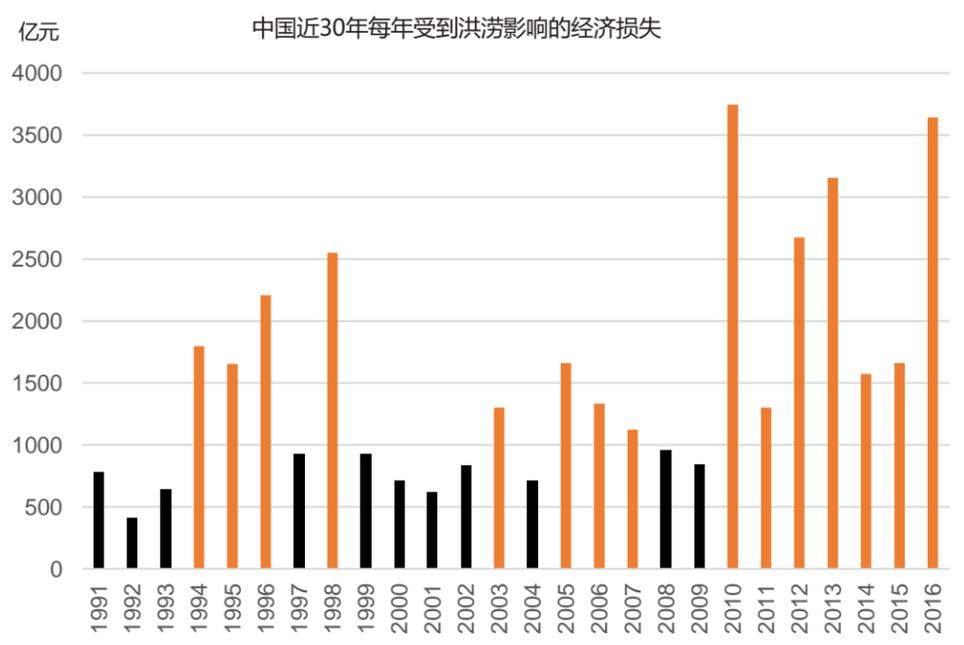
今年夏天大范围的极端高温干旱令四川、重庆多地经历了持续数日的罕见电力短缺，使得工业企业不得不停产以保民生用电。重庆更是在一周之内发生了十余起山火，当地企业不得不忍受缺电、高温与灭火的多重考验。

## 气候相关灾害对中国的工业领域同样构成重大威胁

作为受气候相关风险影响最严重的国家之一，中国频繁受到洪涝、台风、海岸洪水、海平面上升、极端气温、水资源匮乏/干旱等灾害影响。过去的五年平均每年因自然灾害造成的直接损失估计约达760亿美元，而这些影响只会变得更加严重。国内的工业企业同样面临着愈加严峻的气候危机。

**沿海地区气候风险：**海平面上升以及海岸洪水、风暴潮和海岸侵蚀带来的风险威胁着中国的沿海地区的工业，这些城市占中国总人口的五分之一，占中国GDP的三分之一。

**城市内涝：**快速城镇化带来的粗放式开发，破坏了国内城市的水文基底，伴随着气候变化带来的极端降雨事件的加剧，城市内涝/洪涝成为影响到城镇内的工业领域最主要的气候相关灾害。



凯谛思是韧性服务的全球领先者。我们可以帮助企业适应气候变化，增强气候韧性，避免或减缓气候相关风险造成的经济损失。

## 凯谛思中国区工业韧性服务 为工业企业抵御气候相关风险



中国频繁受到洪涝、台风、海岸洪水、海平面上升、极端气温、水资源匮乏/干旱等灾害影响。国内的工业企业同样面临着愈加严峻的气候危机，我们可以帮助企业适应气候变化，增强气候韧性，避免或减缓气候相关风险造成的经济损失。

### 我们的服务

凯谛思是韧性服务的全球领先者。凯谛思中国韧性团队采用独到的视角和见解为公有和私营客户评估气候风险、为工业企业、城市基础设施、场所、自然和建筑资产、乃至各个类型的设施提供韧性规划和设计。

凯谛思已经为中国涵盖京津冀、长三角和大湾区的北京、上海、武汉、苏州、广州、绍兴、东莞、廊坊、等大都市的投资者、资产管理者、工业企业、数据中心、政府机构和开发商提供了相关服务，以对工业设施、资产组合、城市、建筑的气候变化脆弱性进行评估。凯谛思可提供以下服务：

#### 气候风险/洪水风险评估

- 洪涝风险评估
- 海岸洪水、海潮风险评估，含海平面上升
- 防洪、雨水排水设施评估

- 水资源枯竭/干旱评估
- 极端气候风险评估（台风、雷电、极端气温、龙卷风、冰雹、山体滑坡等）
- 气候情境量化分析（RCPs和SSPs）
- 气候变化脆弱性评估

#### 场所韧性、工业韧性

- 防洪韧性
- 水资源韧性
- 应对气候变化的洪水风险管理
- 极端气候韧性
- 基于模型的洪水和水韧性管理决策
- 资产/基础设施/工业设施气候适应性策略

### 我们的方法

了解您资产、场所或其他类型设施的脆弱性，以及各种灾害（包括自然和人为）的风险是所有韧性实践的基础。凯谛思的方法价值在于在不同规模尺度之间的整合以及拉通，从而区分各类危害、资产和设施的重点和优先级。我们的规划和设计流程使我们能够参与解决客户关注的问题，如：

如何基于气候变化情境、建筑设计规范标准、脆弱性评估的发现以及其他相关项例如公辅设施、排水设施和当地基础设施等，识别和区别气候风险和压力源的优先级；

如何制定一个框架来帮助我们诸多资产做出良好的风险管理决策和资产/项目规划？

如何根据短期、近期和长期的气候脆弱性，决定优先考虑哪种风险缓解措施、气候适应性措施或防洪解决方案？

### 流程

**风险评估：**了解目标资产面临的风险，重点需要考虑的历史灾害事件、对当前风险的理解以及预测未来的风险。凯谛思可以提供广泛的风险评估服务。我们可以根据客户的需求以及预算提供简单的评估以及更为复杂详尽的技术性评估。

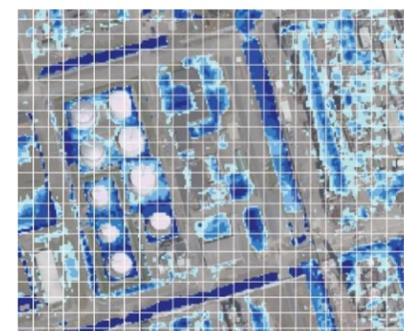
**脆弱性评估：**当了解目标场地/资产特定的外部风险后，则需要了解工业设施或建筑物的脆弱性，以制定减缓风险的策略。这包括全面了解工业设施、机电、管道和通信基础设施，包括周边基础设施，其中最关键或易损坏的部分，以及对居住者的生命和安全构成威胁的任何风险。

**适应和缓解措施：**在了解风险之后，凯谛思根据客户的需求设计减缓风险的策略，无论是在灾害事件中保持正常运行还是快速恢复，无论是短期、近期还是长期，以及从改善现状非定制的解决方案到设计高度整合的更复杂的系统。

# 采用创新性的工具： 为工业客户提升气候韧性

### 我们的工具箱

**数字孪生工具：**利用大数据，我们的数字孪生工具（Digital Twins）使我们的专家团队能够快速模拟和分析极端天气事件造成的危害，数字孪生可以通过3D引擎和查看器中直观的传达气候影响，使得非专业人事更容易理解结果。



**使用公共数据集和卫星图像：**地球引擎和遥感技术使我们的专家能够在数据有限的地区进行分析。为了验证我们的分析，我们拥有世界各地的本地专家库，并依靠他们传达和分析气候影响。

**分析框架、数字工具和模板：**我们应用模板、脚本和工具来标准化某些操作（例如，从GIS数据创建数字，构建报告）。我们使用定性风险评估框架，根据发生的可能性和后果对风险进行分类。

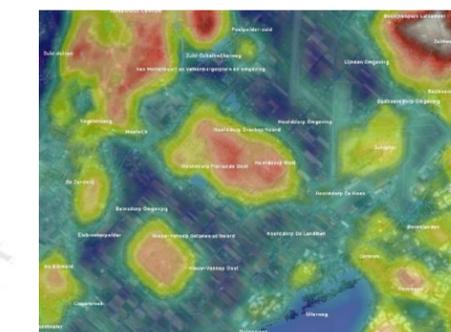
通过标准化，我们可以节省时间并保持对风险的一致评估，可以不依赖于数据的存在性或分析的详细程度。

**具有丰富国际经验的顾问和专家组成的团队：**使得我们得到在世界各地办事处和合作伙伴的支持，无论是为潜在的疏散保护重要的基础设施，还是将洪水的风险降到最低。由于我们是一家国际公司，拥有庞大的专家网络，我们可以调动特定地区的知识，这有助于优化我们的建议。



高效的气候灾害模拟分析

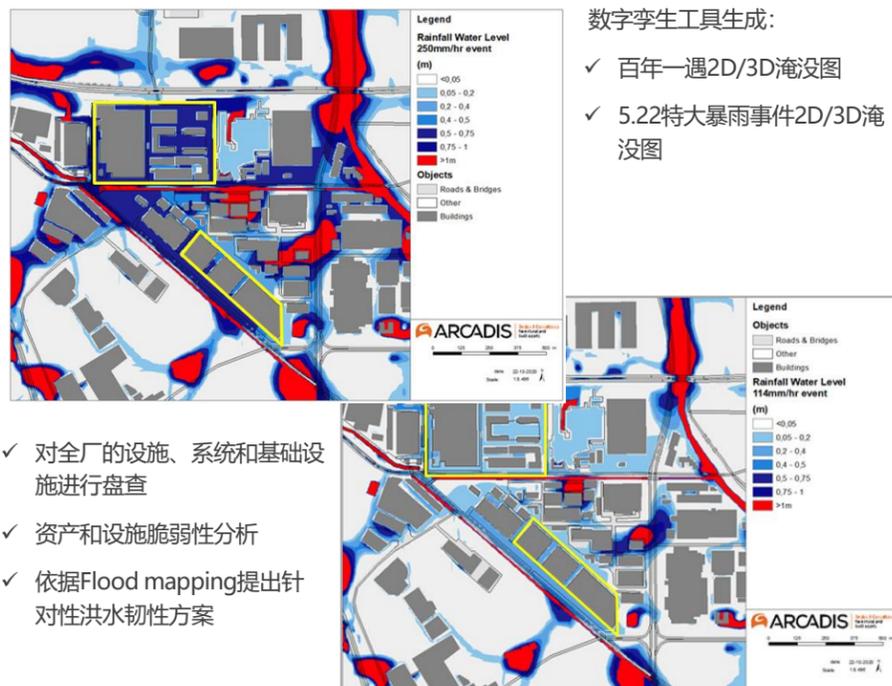
- 3D/2D 水文模型
- 热浪模拟
- 对气候风险更为深入的空间影响分析
- WRI等气候风险评估在线工具



# 工业企业 气候相关风险评估 气候韧性案例

## 电子制造业工厂洪水韧性

凯谛思受委托对客户在广东省两个资产进行的洪水风险评估。场地位于南港河流域，防洪标准为百年一遇。在广东2020.5.22特大暴雨事件中，现场发生严重洪灾，损失超过1亿元资产。凯谛思为客户提供洪水风险评估。利用数字孪生工具三维水文模型模拟了百年一遇和5.22特大暴雨事件下的洪水泛滥场景。对基地的设施和系统、基础设施、公辅设施、资产、建筑和财产进行脆弱性分析，识别厂区洪涝风险点并判断可能的原因，从而提出厂区及场所气候风险减缓措施、气候适应性策略，整体提升了厂区的气候韧性。



数字孪生工具生成：  
 ✓ 百年一遇2D/3D淹没图  
 ✓ 5.22特大暴雨事件2D/3D淹没图

- ✓ 对全厂的设施、系统和基础设施进行盘查
- ✓ 资产和设施脆弱性分析
- ✓ 依据Flood mapping提出针对性洪水韧性方案

资产名称	资产类型	资产位置	资产规模	资产价值	资产风险	资产韧性
资产1	厂房	南港河	100000	1000000000	高	中
资产2	仓库	南港河	50000	500000000	中	低
资产3	办公楼	南港河	10000	100000000	低	高
资产4	变电站	南港河	5000	50000000	中	中
资产5	道路	南港河	100000	100000000	低	高

## 物流资产组合气候韧性

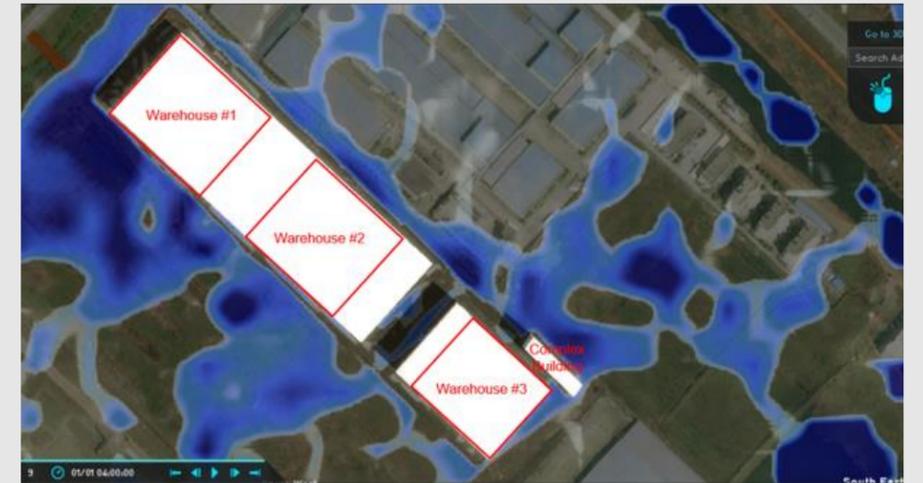
凯谛思受多个跨国投资公司委托为其资产组合提供洪水风险评估。洪水风险评估的主要目标是确定场地位置的潜在洪水风险以及降低洪水风险的可能缓解措施。开发地点有的依江而建，有的位于沿海区域，处于台风多发地区，降雨强度大，存在潜在内涝风险、河道洪水和潮汐洪水风险。项目采用数字孪生工具2D/3D水文模型模拟资产洪水风险，并提供了具有针对性的气候适应性措施。



## 数据中心气候韧性

凯谛思受跨国互联网巨头委托对上海市的几个数据中心潜在选址所在区域进行区域气候灾害风险评估，包括了区域性的气候变化影响的河流洪水灾害、海岸洪水灾害、内涝、海啸、巨浪、海平面上升、台风、冰雹、龙卷风、雷电、地震、地面沉降、液化/滑坡、野火、水土流失、潮湿和高温热浪等等。并提出方向性气候韧性措施。

凯谛思还向该客户位于中国西部干旱地区的数据中心提供了水基础设施风险评估，其中关注气候变化造成的水资源枯竭和干旱对数据中心的运行的潜在影响，并提出了应对水资源枯竭的气候韧性方案建议。



## 资产组合洪水韧性

凯谛思受一家跨国投资集团委托对位于长江三角洲的5个物流资产场地进行定性的洪水风险评估。该定性的洪水风险评估的主要目标是确定项目场地的潜在洪水风险以及降低洪水风险的可能缓解措施。由于这些物流场地临近河流或靠近海岸的地区，大多位于洪水频发的太湖流域，并且位于台风频繁袭击的地区，考虑为强降雨、风暴潮以及台风影响的脆弱性地区。

该评估梳理了场地区域性洪水风险，包括太湖流域，城市层面和区域层面，评估了场地排水和周边排水设施风险，场地和周边内涝风险，评估了定性的河流泛洪风险，海岸风暴潮风险，并且针对场地关键设施进行了脆弱性分析，审查了当地政府防洪排涝的计划和行动，提出了场地防洪减灾的减缓措施建议。





## 关于凯谛思

凯谛思是全球领先的自然和建筑资产设计及咨询公司。凭借我们对市场的深刻见解和充分整合的设计，咨询，工程，项目及管理服务，我们与客户携手合作，致力于为其自然和建筑资产的整个生命周期提供卓越和可持续的服务成果。我们在全球拥有27,000名员工，项目遍布70多个国家，年收益达33亿欧元。我们为联合国人居署提供专业知识和技术，以应对世界各地城市的高速发展并帮助其提高生活质量。

## 相关内容

如果想更深入的了解凯谛思有关工业韧性的洞察，请参考我们的工业韧性系列博客。

- 超越模型：评估工业韧性和水风险
- 工业韧性规划的五方面
- 工业界从飓风哈尼得到了什么经验
- 透过一个全新的数据化镜像重新识别工业领域洪水风险
- 提升工业企业气候韧性的替代方案

## 联系我们

袁文权  
董事  
韧性|中国  
T : +86 139 1658 2455  
E : Jeffrey.yuan@arcadis.com

冯帆  
首席顾问  
韧性|中国  
T : +86 177 7181 6583  
E : fan.feng@arcadis.com



凯谛思. 提高生活质量