

1

00:00:05,240 --> 00:00:08,840

望遠鏡 — 這奇妙的儀器，把我們的視覺擴展到

2

00:00:08,920 --> 00:00:13,200

前人所無法想像的層次，更開啟了一扇窗，可以對大自然

3

00:00:13,280 --> 00:00:17,240

作更深入的理解和更完美的認知。 — 勒奈.笛卡兒，於1637年

4

00:00:17,760 --> 00:00:22,560

千百年來，人類一直凝望著迷人的夜空

5

00:00:22,640 --> 00:00:28,320

卻不知道我們銀河系中的恆星是別的太陽

6

00:00:28,400 --> 00:00:33,400

也不知道我們的宇宙是由千億個星系所構成

7

00:00:35,440 --> 00:00:38,800

更不知道我們的存在只不過是宇宙137億年

8

00:00:38,880 --> 00:00:42,520

故事中的彈指一瞬間

9

00:00:42,600 --> 00:00:46,080

單靠我們的肉眼，我們根本無法

10

00:00:46,160 --> 00:00:50,120

在其他恆星中尋找太陽系，也無法得知

11

00:00:50,200 --> 00:00:55,000

有沒有生命存在於宇宙中其他角落

12

00:00:58,080 --> 00:01:00,320

今天，宇宙中很多謎團正等著我們去解開

13

00:01:00,400 --> 00:01:03,560

因為我們正處於天文發現

14

00:01:03,640 --> 00:01:05,960

最為盛況空前的時代

15

00:01:05,960 --> 00:01:08,960

我是金博士，也是各位望遠鏡之旅的嚮導

16

00:01:09,040 --> 00:01:11,880

這神奇的儀器已經成了人們

17

00:01:11,960 --> 00:01:15,520

通往宇宙的窗口

18

00:01:17,960 --> 00:01:21,880

巨眼問穹蒼 - 望遠鏡四百年探索之旅

19

00:01:22,200 --> 00:01:26,960

1. 宇宙新見

20

00:01:28,960 --> 00:01:32,120

四個世紀以前，在1609年的時候，有一個人

21

00:01:32,240 --> 00:01:34,640

走到他家附近的田地

22

00:01:34,720 --> 00:01:39,000

把自製的望遠鏡指向了月球、行星與其他恆星

23

00:01:39,080 --> 00:01:42,600

他的名字是伽（ㄍㄚ）利略．伽（ㄍㄚ）利萊

24

00:01:44,040 --> 00:01:47,280

從此，天文學就再也不一樣了！

25

00:02:07,440 --> 00:02:12,400

伽利略首次把望遠鏡指向天空以後400年的今天

26

00:02:12,640 --> 00:02:18,280

天文學家使用在偏遠高山上的巨型反射鏡，來巡視天上的世界

27

00:02:18,360 --> 00:02:23,520

電波望遠鏡收集來自外太空的微弱訊息

28

00:02:23,600 --> 00:02:27,680

科學家甚至把望遠鏡發射到太空之中

29

00:02:27,760 --> 00:02:31,960

超越了影響成像的大氣層之上

30

00:02:33,440 --> 00:02:38,680

所見的景緻更是激動人心

31

00:02:42,960 --> 00:02:46,640

可是望遠鏡並不是伽利略發明的

32

00:02:46,720 --> 00:02:49,760

這個功勞要歸給漢斯·利柏黑，一位名不見經傳的

33

00:02:49,840 --> 00:02:53,400

德國籍荷蘭眼鏡商

34

00:02:53,520 --> 00:02:57,880

但是漢斯·利柏黑從來沒有將望遠鏡指向夜空

35

00:02:57,960 --> 00:03:00,840

他認為這個新發明主要是

36

00:03:00,920 --> 00:03:03,640

對航海家和士兵有用

37

00:03:03,800 --> 00:03:07,240

利柏黑來自米德爾堡市，一個在當時剛立國不久的

38

00:03:07,320 --> 00:03:10,440

荷蘭共和國中的商貿大城市

39

00:03:13,960 --> 00:03:18,040

在1608年，利柏黑發現當望向遠處的景物時

40

00:03:18,120 --> 00:03:24,000

透過一組凸透鏡與凹透鏡，那景物會被放大，條件是...

41

00:03:24,080 --> 00:03:29,640

那兩塊透鏡之間以一個恰好的距離放置

42

00:03:29,720 --> 00:03:33,800

望遠鏡從此誕生了！

43

00:03:33,880 --> 00:03:37,520

在1608年9月，利柏黑展示了他的新發明給

44

00:03:37,600 --> 00:03:39,880

荷蘭的莫利茲王子看

45

00:03:39,960 --> 00:03:42,840

他選擇了一個再有利不過的時機

46

00:03:42,920 --> 00:03:45,880

因為當時的荷蘭正捲入

47

00:03:45,960 --> 00:03:49,320

與西班牙長達80年的戰爭中

48

00:03:55,320 --> 00:03:59,080
新的小望遠鏡能把物件的影像放大，所以它能顯現出

49
00:03:59,160 --> 00:04:02,280
原來單靠肉眼看不見的

50
00:04:02,360 --> 00:04:04,360
遙遠的敵艦和軍隊

51
00:04:04,440 --> 00:04:07,440
真是一項有用的發明！

52
00:04:07,560 --> 00:04:12,000
但是荷蘭政府卻從來沒有把望遠鏡的專利權授予利柏黑

53
00:04:12,080 --> 00:04:15,400
因為當時還有其他人聲稱擁有發明權

54
00:04:15,520 --> 00:04:19,200
尤其是利柏黑的競爭者察哈里斯·楊生

55
00:04:19,280 --> 00:04:21,520
這個爭論一直沒有解決

56
00:04:21,600 --> 00:04:27,920
時至今日，望遠鏡的真正起源仍是一個謎團

57
00:04:28,920 --> 00:04:32,720
現代物理學之父，義大利天文學家伽利略

58
00:04:32,800 --> 00:04:37,640
在聽說了望遠鏡的消息後，便決定自製一台

59
00:04:38,320 --> 00:04:42,360
大概在十個月以前，我聽說了一件事

60
00:04:42,440 --> 00:04:48,200
一個法蘭德斯人製造了一具小望遠鏡

61
00:04:48,280 --> 00:04:52,960
能清楚地看見非常遙遠的物體

62
00:04:53,040 --> 00:04:56,120
就像在附近一樣

63
00:04:56,520 --> 00:04:59,440
伽利略是當時最偉大的科學家

64

00:04:59,560 --> 00:05:02,600

他也是新世界觀的強烈支持者

65

00:05:02,680 --> 00:05:06,160

這是由波蘭天文學家尼古拉·哥白尼所提出的

66

00:05:06,240 --> 00:05:10,440

地球是環繞著太陽運行，而非倒過來

67

00:05:11,560 --> 00:05:14,240

根據他所聽說的荷蘭製望遠鏡，伽利略

68

00:05:14,320 --> 00:05:16,600

自製了他自己的儀器

69

00:05:16,680 --> 00:05:19,160

而且品質更好

70

00:05:20,560 --> 00:05:25,320

終於，省下了勞工與開支，我成功地

71

00:05:25,400 --> 00:05:29,680

自製了一具優越的儀器

72

00:05:29,760 --> 00:05:33,920

能讓物體看起來比正常視力

73

00:05:33,960 --> 00:05:38,840

所見的大上許多倍

74

00:05:39,720 --> 00:05:43,640

該是時候把他的望遠鏡對準天上的世界了

75

00:05:45,920 --> 00:05:49,680

我獲得了一個見解和信念，月球的表面

76

00:05:49,800 --> 00:05:53,520

並不像大部份哲學家所相信的那麼

77

00:05:53,760 --> 00:05:57,440

光滑、平坦，是一個完美的球體

78

00:05:57,560 --> 00:06:01,720

恰恰相反，它參差不齊、高低不平，並佈滿了凹洞與凸出物

79

00:06:01,800 --> 00:06:06,240

和地球的表面沒有差別

80

00:06:11,640 --> 00:06:15,320

一個由隕石坑、山脈，和山谷所組成的地形

81

00:06:15,400 --> 00:06:18,320

是一個和我們相像的世界！

82

00:06:19,600 --> 00:06:24,040

幾個星期以後，在1610年1月，伽利略望向木星

83

00:06:24,120 --> 00:06:28,600

他看到木星附近有四顆光點

84

00:06:28,720 --> 00:06:32,960

夜復一夜地跟著木星改變它們在天空的位置

85

00:06:33,040 --> 00:06:37,920

衛星們環繞著木星運行，就像一場緩慢的星空芭蕾舞

86

00:06:37,960 --> 00:06:40,760

這四顆光點後來被稱作

87

00:06:40,840 --> 00:06:43,600

木星的「伽利略衛星」

88

00:06:43,720 --> 00:06:46,240

伽利略還發現了甚麼？

89

00:06:46,320 --> 00:06:48,400

金星的盈虧！

90

00:06:48,560 --> 00:06:51,920

和月球一樣，金星時圓時缺

91

00:06:51,960 --> 00:06:54,200

循環不息

92

00:06:54,280 --> 00:06:58,600

在土星兩邊出現的奇怪附加物

93

00:06:58,720 --> 00:07:01,160

太陽表面上的黑斑點

94

00:07:01,280 --> 00:07:03,440

當然，還有恆星

95

00:07:03,560 --> 00:07:06,400

成千上萬，甚至上百萬顆

96

00:07:06,520 --> 00:07:09,320

每一顆星單靠肉眼去看都太暗

97

00:07:09,440 --> 00:07:13,920

這就像人們摘去了一直戴著的眼罩一樣

98

00:07:13,960 --> 00:07:18,000

整個宇宙讓人去重新發現

99

00:07:23,440 --> 00:07:27,760

有關望遠鏡的消息在歐洲像火焰燎原般迅速傳開

100

00:07:27,880 --> 00:07:32,080

布拉格的約翰尼斯·克卜勒在魯道夫二世大帝的宮廷中

101

00:07:32,200 --> 00:07:34,800

改良了儀器的設計

102

00:07:34,880 --> 00:07:38,840

在安特衛普，荷蘭製圖師米歇爾·馮·蘭格林製作了

103

00:07:38,960 --> 00:07:41,920

首批準確的月面地圖，顯示了他所認為的

104

00:07:41,960 --> 00:07:44,400

「陸地」與「海洋」

105

00:07:44,560 --> 00:07:49,680

一名富有的波蘭啤酒商約翰內斯·赫維留

106

00:07:49,760 --> 00:07:53,200

在他設於但澤的天文台建造了巨型的望遠鏡

107

00:07:53,280 --> 00:07:57,880

這天文台大得要橫跨三個樓房屋頂

108

00:07:59,200 --> 00:08:02,240

然而，當時最佳的儀器或許是

109

00:08:02,320 --> 00:08:05,360

由荷蘭的克里斯蒂安·惠更斯所製作的

110

00:08:05,440 --> 00:08:11,080

1655年，惠更斯發現了土星最大的衛星 — 土衛六泰坦

111

00:08:11,160 --> 00:08:15,160
數年之後，他的觀測顯示了土星的環系統

112
00:08:15,240 --> 00:08:20,320
那是伽利略一直百思不得其解的

113
00:08:20,400 --> 00:08:24,640
此外，惠更斯還看到火星上暗淡的斑紋標記

114
00:08:24,720 --> 00:08:27,360
和明亮的極冠

115
00:08:27,440 --> 00:08:31,080
究竟這些偏遠的外星世界上有沒有生命？

116
00:08:31,160 --> 00:08:35,240
這個問題，天文學家至今仍沒有答案

117
00:08:35,920 --> 00:08:39,520
早期的望遠鏡都是折射式的望遠鏡

118
00:08:39,600 --> 00:08:42,680
利用透鏡去收集和聚焦星光

119
00:08:42,760 --> 00:08:45,440
後來，透鏡被反射鏡所取代

120
00:08:45,560 --> 00:08:49,080
這種反射式望遠鏡首先由尼科羅·祖基所製造

121
00:08:49,160 --> 00:08:52,000
後來由艾薩克·牛頓所改進

122
00:08:52,080 --> 00:08:55,760
在18世紀末，當時世界上最大的反射鏡是由一位

123
00:08:55,840 --> 00:08:59,600
從音樂家轉而為天文學家的威廉·赫歇爾所鑄成

124
00:08:59,680 --> 00:09:02,520
他和妹妹卡羅琳一起工作

125
00:09:02,600 --> 00:09:06,200
在他們英國巴斯的房子裡，赫歇爾兄妹把

126
00:09:06,280 --> 00:09:09,880
赤熱熔化的金屬灌注到模具裡，等到冷卻以後

127

00:09:09,960 --> 00:09:15,440

他們再在表面進行拋光，讓它能夠反射星光

128

00:09:15,560 --> 00:09:20,320

在他的一生中，赫歇爾建造了超過400台望遠鏡

129

00:09:24,520 --> 00:09:28,360

當中最大的一台實在非常巨大，需要動用4名僕人

130

00:09:28,440 --> 00:09:31,600

操作所有的繩索、輪子，和滑輪

131

00:09:31,680 --> 00:09:36,000

用來追蹤恆星在夜空中的運動

132

00:09:36,080 --> 00:09:39,440

那其實是由地球的自轉所造成的

133

00:09:39,560 --> 00:09:43,080

赫歇爾就像一名勘察員，他掃描了天空

134

00:09:43,160 --> 00:09:46,720

為上百個新發現的星雲及雙星編製星表

135

00:09:46,800 --> 00:09:50,280

他又發現銀河系是一個扁平的圓盤

136

00:09:50,360 --> 00:09:54,120

他甚至透過觀測恆星與行星間的相對運動

137

00:09:54,200 --> 00:09:58,840

量測了太陽系在這個圓盤中的運動

138

00:09:58,920 --> 00:10:06,360

然後，在1781年3月13日，赫歇爾發現了一顆新的行星 — 天王星

139

00:10:06,440 --> 00:10:10,680

經過了200多年，直到NASA（美國太空總署）航海家2號太空船的造訪

140

00:10:10,760 --> 00:10:15,880

天文學家才首次近距離觀看這遙遠的世界

141

00:10:16,800 --> 00:10:21,240

在愛爾蘭中部蒼翠而肥沃的鄉間，威廉·帕森斯

142

00:10:21,320 --> 00:10:26,560

這位第三代的羅斯伯爵建造了十九世紀最大的望遠鏡

143

00:10:26,640 --> 00:10:30,560

它擁有一塊巨大的1.8米口徑金屬製的主鏡

144

00:10:30,640 --> 00:10:35,240

這巨大的望遠鏡被稱為「帕森城的龐然大物」

145

00:10:35,320 --> 00:10:39,320

在偶爾晴朗、沒有月光的晚上，伯爵會坐在目鏡的位置

146

00:10:39,440 --> 00:10:44,400

在宇宙星海間航行

147

00:10:45,280 --> 00:10:50,160

前往獵戶座大星雲，現在知道那個是恆星的育嬰室

148

00:10:50,280 --> 00:10:55,920

前進至神祕的蟹狀星雲，那是超新星爆發後的殘骸

149

00:10:55,960 --> 00:10:57,920

還有漩渦星雲？

150

00:10:57,960 --> 00:11:02,560

羅斯伯爵是首位察覺它宏偉螺旋形狀的人

151

00:11:02,640 --> 00:11:08,400

那是一個跟我們的銀河系一樣的星系，有著交錯的暗淡塵埃與發亮氣體

152

00:11:08,520 --> 00:11:12,400

上千億顆恆星，沒有人知道

153

00:11:12,520 --> 00:11:16,560

那裡會不會有像地球一樣的行星

154

00:11:18,920 --> 00:11:24,920

望遠鏡，已經成為我們探索宇宙的主力艦了

155

00:11:29,720 --> 00:11:34,080

2. 愈大愈好

156

00:11:36,080 --> 00:11:38,480

在晚上，你的眼睛會適應黑暗

157

00:11:38,560 --> 00:11:42,640

瞳孔擴大，讓更多的光進入眼睛

158

00:11:42,720 --> 00:11:47,880

因此你能夠看到更暗的物體和恆星

159

00:11:47,960 --> 00:11:51,720

現在，假設你的瞳孔寬達一米

160

00:11:51,800 --> 00:11:55,960

雖然你的樣子一定很奇怪，但你卻有著超凡的視力

161

00:11:56,000 --> 00:11:59,400

而這就是望遠鏡所能做到的效果

162

00:12:01,880 --> 00:12:04,640

望遠鏡就像一個漏斗

163

00:12:04,720 --> 00:12:10,240

它的主鏡用來收集星光，然後一併送進你的眼睛

164

00:12:13,080 --> 00:12:17,800

所以愈大的望遠鏡主鏡，讓你能看到愈暗的物體

165

00:12:17,880 --> 00:12:20,720

因此，尺寸的確主宰一切

166

00:12:20,800 --> 00:12:23,400

但到底能做多大的望遠鏡呢？

167

00:12:23,480 --> 00:12:26,400

如果是一台折射鏡的話，就不能太大

168

00:12:29,480 --> 00:12:32,720

因為星光要穿過透鏡

169

00:12:32,800 --> 00:12:36,080

所以你只能托著透鏡的邊緣

170

00:12:36,160 --> 00:12:41,880

如果透鏡太大就會很重，會因為自身的重量而變形

171

00:12:41,960 --> 00:12:45,640

這意味著影像也會被扭曲

172

00:12:47,400 --> 00:12:54,320

有史以來最大的折射鏡是1897年在芝加哥．葉凱士天文台建造的

173

00:12:54,400 --> 00:12:57,480

它的口徑雖然只有一米多一點

174

00:12:57,560 --> 00:13:02,080

但鏡筒卻不可思議的長達18米

175

00:13:02,160 --> 00:13:08,720

當葉凱士望遠鏡落成，折射式望遠鏡的建造技術也已經接近極限了

176

00:13:08,800 --> 00:13:10,880

要更大的望遠鏡嗎？

177

00:13:10,960 --> 00:13:12,800

用反射鏡吧

178

00:13:17,080 --> 00:13:23,080

在反射式望遠鏡中，由於星光抵達反射鏡後就會反彈，不會穿透鏡片

179

00:13:23,160 --> 00:13:29,400

所以能製造比透鏡薄更多的鏡片，而且能從背後支撐鏡片

180

00:13:29,480 --> 00:13:34,640

因此，反射鏡的口徑能比透鏡大很多

181

00:13:35,640 --> 00:13:39,720

一個世紀以前，大反射鏡來到了加州南部

182

00:13:39,800 --> 00:13:44,880

那時，威爾遜山是一個在聖加百利山脈中較為偏遠的山峰

183

00:13:44,960 --> 00:13:49,080

天空澄明，夜晚漆黑

184

00:13:49,160 --> 00:13:53,640

喬治·艾勒里·海爾就在這裡，首先建造了一台1.5米口徑的望遠鏡

185

00:13:53,720 --> 00:13:58,400

雖然口徑小於羅斯伯爵那退役的龐然大物，但卻有更佳的品質

186

00:13:58,480 --> 00:14:02,160

而且地點更佳

187

00:14:02,240 --> 00:14:07,640

海爾說服了當地的商人約翰·胡克，斥資興建口徑2.5米的儀器

188

00:14:07,720 --> 00:14:12,560

數以噸計的玻璃和鉚接鋼材被拖上威爾遜山

189

00:14:12,640 --> 00:14:16,000

胡克望遠鏡終於在1917年建成

190

00:14:16,080 --> 00:14:20,240

並保持了全世界最大望遠鏡的地位達三十年之久

191

00:14:20,320 --> 00:14:25,400

一具宇宙大砲即將對準宇宙發動攻擊

192

00:14:28,480 --> 00:14:31,080

的確，它發起了攻擊

193

00:14:31,160 --> 00:14:34,240

新望遠鏡的口徑不可思議，

194

00:14:34,280 --> 00:14:37,240

觀看影像的方式也出現了轉變

195

00:14:37,280 --> 00:14:40,800

天文學家不再用肉眼從望遠鏡的目鏡觀看

196

00:14:40,880 --> 00:14:45,960

而利用攝影底片置於底部，用好幾小時來收集星光

197

00:14:46,000 --> 00:14:50,800

從來也沒有人看過那麼深邃的宇宙

198

00:14:50,880 --> 00:14:55,160

原來在螺旋星雲中，佈滿了一顆顆的恆星

199

00:14:55,240 --> 00:14:59,560

它們就像我們身處的銀河系，也是一個龐大的恆星系統嗎？

200

00:14:59,640 --> 00:15:03,800

在仙女座大星雲中，愛德溫·哈柏發現了一類

201

00:15:03,880 --> 00:15:07,400

亮度準確變化的週期性變星

202

00:15:07,480 --> 00:15:11,720

從這個觀測，他推斷出仙女座星雲到我們的距離

203

00:15:11,800 --> 00:15:15,960

差不多有100萬光年

204

00:15:16,080 --> 00:15:22,720

螺旋狀星雲，像仙女座星雲，顯然是一個獨立的個別星系

205

00:15:24,480 --> 00:15:27,320

但這並不是唯一一項不可思議的事情

206

00:15:27,400 --> 00:15:32,000

這些星系大部份都正離開銀河系

207

00:15:32,080 --> 00:15:37,640

在威爾遜山上，哈柏發現近的星系以較慢的速度離開

208

00:15:37,640 --> 00:15:42,480

而遠的星系呢，離開的速度要快得多

209

00:15:42,560 --> 00:15:43,720

結論是？

210

00:15:43,800 --> 00:15:46,560

宇宙正在不斷膨脹

211

00:15:46,640 --> 00:15:53,400

胡克望遠鏡成就了科學家在二十世紀影響最為深遠的天文發現

212

00:15:56,080 --> 00:16:00,640

感謝望遠鏡的出現，讓我們能追溯宇宙的歷史

213

00:16:00,720 --> 00:16:04,880

不到140億年前，宇宙誕生了

214

00:16:04,960 --> 00:16:09,240

一個時間與空間、物質與能量的巨大爆炸，稱為

215

00:16:09,280 --> 00:16:11,560

「大霹靂」

216

00:16:11,640 --> 00:16:17,480

在濃稠的原始宇宙中，微小的量子起伏產生了密度較高的地區

217

00:16:17,560 --> 00:16:20,160

星系就在這些地區凝聚

218

00:16:20,240 --> 00:16:23,800

它們有著各種各樣的大小與形狀

219

00:16:26,560 --> 00:16:30,400

在恆星的核心裡，核融合產生了新的原子

220

00:16:30,480 --> 00:16:34,880

碳、氧、鐵、金

221

00:16:34,960 --> 00:16:39,640

超新星爆發把這些重元素拋回太空

222

00:16:39,720 --> 00:16:43,080

又成為新一代恆星形成的原始材料

223

00:16:43,160 --> 00:16:44,800

甚至包括行星！

224

00:16:46,880 --> 00:16:54,880

在某年某地，以某種方式，簡單的有機分子演化成了生物

225

00:16:54,960 --> 00:17:00,560

在不斷演化的宇宙中，生命是一個奇蹟

226

00:17:00,640 --> 00:17:02,880

我們是星塵

227

00:17:02,960 --> 00:17:07,000

這一個全新的觀點和廣泛流傳的故事

228

00:17:07,080 --> 00:17:11,160

都是由望遠鏡帶給我們的

229

00:17:11,240 --> 00:17:15,640

想想看：如果沒有望遠鏡，我們現在仍然只知道六顆行星

230

00:17:15,720 --> 00:17:18,160

一個月球和幾千顆恆星

231

00:17:18,240 --> 00:17:22,400

天文學會停留在嬰兒時期

232

00:17:23,640 --> 00:17:27,480

像埋藏的寶藏。自上古以來，宇宙的深處

233

00:17:27,560 --> 00:17:30,000

一直召喚著喜愛探索的人

234

00:17:30,080 --> 00:17:35,480

從王子到君主，政界或工業界，都和科學家一樣

235

00:17:35,560 --> 00:17:40,240

感受到浩瀚太空的誘惑。然而透過儀器的投入

236

00:17:40,280 --> 00:17:45,400

使得探索的領域迅速地擴大

237

00:17:59,800 --> 00:18:02,640

喬治·艾勒里·海爾有一個最終的夢想

238

00:18:02,720 --> 00:18:06,960

就是建造一台比以前的紀錄還要大兩倍的望遠鏡

239

00:18:07,000 --> 00:18:10,880

讓我們來看二十世紀中年高德劭的老祖母

240

00:18:10,960 --> 00:18:15,880

在帕洛瑪山五米口徑的海爾望遠鏡

241

00:18:15,960 --> 00:18:20,560

可動重量超過500噸，但卻能巧妙地平衡

242

00:18:20,640 --> 00:18:24,640

使得它的移動就像芭蕾舞孃般優雅

243

00:18:24,720 --> 00:18:30,240

它那重40噸的鏡片，能夠顯示出比人眼所見還要暗四千萬倍的星體

244

00:18:30,280 --> 00:18:35,240

海爾望遠鏡在1948年建成，為我們提供了清晰的

245

00:18:35,280 --> 00:18:38,800

行星、星團、星雲，和星系的影像

246

00:18:41,080 --> 00:18:44,960

巨大的木星、還有它眾多的衛星

247

00:18:45,080 --> 00:18:49,080

令人驚嘆的火焰星雲

248

00:18:49,160 --> 00:18:54,240

在獵戶座大星雲中微薄的氣體...

249

00:18:59,880 --> 00:19:02,080

想要更大的望遠鏡嗎？

250

00:19:02,160 --> 00:19:06,240

嗯，蘇聯的天文學家在70年代末期作過嘗試

251

00:19:06,280 --> 00:19:10,640

他們在高加索山脈的高處，建造了「巨型地平裝置望遠鏡」

252

00:19:10,720 --> 00:19:14,880

使用了巨大的6米主鏡

253

00:19:14,960 --> 00:19:17,640

可是卻從來沒有達到人們對它的期望

254

00:19:17,720 --> 00:19:21,720

它太大、太貴，而太複雜

255

00:19:21,800 --> 00:19:24,960

那望遠鏡建造者就要放棄了嗎？

256

00:19:25,080 --> 00:19:28,480

他們要埋葬建造更大望遠鏡的夢想嗎？

257

00:19:28,560 --> 00:19:31,960

望遠鏡的歷史就這麼早要結束了嗎？

258

00:19:32,080 --> 00:19:33,400

嗯，當然不是

259

00:19:33,480 --> 00:19:36,480

今天我們有十米口徑的望遠鏡正在運作

260

00:19:36,560 --> 00:19:39,160

還有更大的在籌劃

261

00:19:39,240 --> 00:19:40,720

解決的辦法是？

262

00:19:40,800 --> 00:19:42,640

新的技術！

263

00:19:44,000 --> 00:19:48,760

3. 新的技術

264

00:19:48,960 --> 00:19:52,800

就像現代汽車的外型早已不像福特T型車，

265

00:19:52,880 --> 00:19:56,280

現代的望遠鏡跟以往的也完全不同

266

00:19:56,360 --> 00:19:58,680

像是五米口徑的海爾望遠鏡

267

00:19:58,760 --> 00:20:01,880

舉個例子，它們的架台變得更為小巧

268

00:20:01,960 --> 00:20:05,840

傳統的架台使用了赤道裝置，當中的一個轉軸

269

00:20:05,920 --> 00:20:09,720

總是和地球的自轉軸平行

270

00:20:09,800 --> 00:20:13,480

要追蹤星空的運動，望遠鏡只需要單純地

271

00:20:13,560 --> 00:20:18,200

以地球自轉的速度繞着這個轉軸轉動

272

00:20:18,280 --> 00:20:21,160

很容易，但需要很大的空間

273

00:20:21,240 --> 00:20:26,040

現代的地平裝置，相對的就小得多

274

00:20:26,080 --> 00:20:30,440

使用這種架台，操作方式就好像一座大炮

275

00:20:30,480 --> 00:20:35,240

只要選好方位、決定仰角就可以了

276

00:20:35,320 --> 00:20:38,640

這裡最大的問題在於追蹤星空的運動

277

00:20:38,720 --> 00:20:44,240

望遠鏡需要用不同的速度讓兩個轉軸一起轉動

278

00:20:44,320 --> 00:20:50,720

而這必須依靠電腦控制才能達到目的

279

00:20:50,800 --> 00:20:52,840

小的架台，建造起來便宜得多

280

00:20:52,920 --> 00:20:57,520

此外，更可以放在小一點的圓頂裡，進一步降低建造成本

281

00:20:57,600 --> 00:21:00,320

也提升了影像的品質

282

00:21:00,400 --> 00:21:03,800

拿夏威夷山上兩個「凱克望遠鏡」為例

283

00:21:03,880 --> 00:21:06,600

雖然它們的10米主鏡比海爾望遠鏡還要大上兩倍

284

00:21:06,680 --> 00:21:10,440

但是它們卻可以放進

285

00:21:10,520 --> 00:21:13,240

比帕洛瑪山上更小的圓頂之內

286

00:21:15,080 --> 00:21:17,440

望遠鏡的鏡片也在進化

287

00:21:17,520 --> 00:21:19,120

以往的鏡片又厚又重

288

00:21:19,200 --> 00:21:21,840

而現代的卻變得又薄又輕

289

00:21:21,920 --> 00:21:26,800

好幾公尺寬的鏡胚在不斷旋轉的巨大鍋爐中鑄造

290

00:21:26,880 --> 00:21:30,320

而它們的厚度還小於20公分

291

00:21:30,400 --> 00:21:32,960

一個複雜而細緻的支撐結構，能夠防止

292

00:21:33,080 --> 00:21:35,200

薄薄的鏡片，因為自身的重量而斷裂

293

00:21:35,280 --> 00:21:39,120

由電腦控制的活塞和推拉桿，也幫助鏡片

294

00:21:39,200 --> 00:21:40,840

保持完美的形狀

295

00:21:43,400 --> 00:21:45,520

這個系統稱作「主動光學」

296

00:21:45,600 --> 00:21:49,840

用來抵消由重力、風力，和溫差

297

00:21:49,920 --> 00:21:54,560

對主鏡所造成的任何變形

298

00:21:54,640 --> 00:21:58,240

那薄鏡片的重量也比較輕

299

00:21:58,320 --> 00:22:01,440

代表着整個支撐結構，包括架台裝置

300

00:22:01,560 --> 00:22:03,440
可以更小巧

301
00:22:03,520 --> 00:22:05,560
也更便宜！

302
00:22:05,640 --> 00:22:08,360
這個是3.6米口徑的「新技術望遠鏡」

303
00:22:08,440 --> 00:22:11,760
由歐洲天文學家在80年代末建造的

304
00:22:11,840 --> 00:22:14,840
它為望遠鏡的各項新技術

305
00:22:14,920 --> 00:22:16,120
提供了測試平台

306
00:22:16,200 --> 00:22:20,960
甚至連外罩跟傳統的天文圓頂也完全不一樣

307
00:22:21,080 --> 00:22:24,240
新技術望遠鏡非常成功

308
00:22:24,320 --> 00:22:27,280
現在到了打破6米口徑障礙的時候了

309
00:22:27,600 --> 00:22:31,400
凱亞峰天文台坐落在太平洋上的最高點

310
00:22:31,480 --> 00:22:34,960
海拔四千二百公尺

311
00:22:36,960 --> 00:22:41,120
遊客在夏威夷的海灘上享受陽光和衝浪

312
00:22:41,200 --> 00:22:44,520
但遠高於他們之上，天文學家冒著刺骨的低溫

313
00:22:44,600 --> 00:22:51,160
和高山症，只為了尋找解開宇宙奧秘的答案

314
00:22:51,240 --> 00:22:54,120
凱克望遠鏡是世界上數一數二的大型望遠鏡

315
00:22:54,200 --> 00:22:59,120
主鏡口徑都是10米，而且非常薄

316

00:22:59,200 --> 00:23:04,040

有如浴室鋪滿瓷磚一樣，每面主鏡都是由36塊六角形面鏡組合而成

317

00:23:04,120 --> 00:23:07,480

每塊的精度都控制在奈米範圍內

318

00:23:07,560 --> 00:23:11,200

這些是真的獻身於觀測星空的巨人

319

00:23:11,280 --> 00:23:14,120

科學界中的泰山北斗

320

00:23:14,200 --> 00:23:16,600

凱亞峰山上夜幕低垂

321

00:23:16,680 --> 00:23:21,720

凱克望遠鏡開始收集來自宇宙深處的光子

322

00:23:21,800 --> 00:23:24,520

結合兩個望遠鏡，有效口徑要

323

00:23:24,600 --> 00:23:27,440

比以往所有的望遠鏡都要大得多

324

00:23:27,520 --> 00:23:30,360

今晚會有甚麼收穫呢？

325

00:23:34,680 --> 00:23:39,520

在數十億光年外一對碰撞中的星系？

326

00:23:39,600 --> 00:23:45,320

一顆垂死的恆星，用盡最後一口氣呼出的行星狀星雲？

327

00:23:45,400 --> 00:23:51,040

還是一顆可能擁有生命的太陽系外行星？

328

00:23:51,120 --> 00:23:55,920

在地球上最乾燥的地方 — 阿塔卡瑪沙漠，帕拉那山上

329

00:23:55,960 --> 00:24:00,040

我們看到了迄今為止所建造最大的天文儀器：

330

00:24:00,120 --> 00:24:03,560

歐洲的「超大望遠鏡」(VLT)

331

00:24:16,200 --> 00:24:19,520

VLT實際上由四座望遠鏡組成

332

00:24:19,600 --> 00:24:22,760

每座都有一塊龐大的8.2米鏡片

333

00:24:22,840 --> 00:24:24,120

「Antu」

334

00:24:24,200 --> 00:24:25,240

「Kueyen」

335

00:24:25,320 --> 00:24:26,320

「Melipal」

336

00:24:26,400 --> 00:24:27,760

「Yepun」

337

00:24:27,840 --> 00:24:33,440

是智利印第安土語中太陽、月亮、南十字以及金星的意思

338

00:24:33,520 --> 00:24:37,800

龐大的主鏡在德國鑄造，在法國進行拋光，再用船運到智利

339

00:24:37,880 --> 00:24:41,240

然後徐徐地運送過沙漠

340

00:24:41,320 --> 00:24:44,960

日落後，天文台的外罩打開

341

00:24:45,040 --> 00:24:48,560

星光落到VLT的鏡片上

342

00:24:49,280 --> 00:24:52,080

帶來了新發現

343

00:24:55,920 --> 00:24:58,160

一束雷射劃破夜空

344

00:24:58,240 --> 00:25:00,680

在大氣中投射出一顆人造的星

345

00:25:00,760 --> 00:25:03,840

就在頭上90公里的位置

346

00:25:03,920 --> 00:25:06,920

波前感測器量度導星的影像

347

00:25:06,960 --> 00:25:09,120

如何受大氣擾動而變形

348

00:25:09,200 --> 00:25:12,960

接着高速電腦指示可變形的鏡片

349

00:25:13,040 --> 00:25:15,800

改變形狀來修正影像的變形

350

00:25:15,880 --> 00:25:18,960

實際上就是讓恆星停止閃爍

351

00:25:19,040 --> 00:25:22,600

這稱為「自適應光學」，是現代

352

00:25:22,680 --> 00:25:24,320

天文學中的絕妙戲法

353

00:25:24,400 --> 00:25:28,840

沒有它，我們所見的宇宙會因為大氣的擾動而變得模糊

354

00:25:28,920 --> 00:25:32,880

但有了它，影像就變得非常敏銳

355

00:25:35,480 --> 00:25:39,480

另一個光學魔法是「干涉測量術」

356

00:25:39,560 --> 00:25:43,360

是把來自兩台獨立的望遠鏡，所接收到的光線

357

00:25:43,440 --> 00:25:46,640

合而為一，但同時保持着

358

00:25:46,720 --> 00:25:49,320

光波間的相對位移

359

00:25:49,400 --> 00:25:53,160

如果精度能做得準確，結果就像讓兩台望遠鏡

360

00:25:53,240 --> 00:25:56,600

形成一台單一目龐大的反射鏡一樣

361

00:25:56,680 --> 00:25:59,920

口徑等於兩鏡之間的距離

362

00:25:59,960 --> 00:26:04,040

實際上，干涉測量為望遠鏡提供了老鷹一般的視力

363

00:26:04,120 --> 00:26:07,600
它讓小型望遠鏡可以得到原本

364
00:26:07,680 --> 00:26:12,440
只能在大型望遠鏡中才能得到的解析力

365
00:26:12,520 --> 00:26:15,600
在凱亞峰山上的這對凱克望遠鏡

366
00:26:15,680 --> 00:26:17,520
經常結合成干涉儀

367
00:26:17,600 --> 00:26:21,440
至於VLT， 4台望遠鏡能同時結合

368
00:26:21,520 --> 00:26:24,760
還有一些小型的輔助望遠鏡也能

369
00:26:24,840 --> 00:26:28,880
加入這個行列，使得影像更加清晰

370
00:26:29,840 --> 00:26:33,400
全球還有其他的大型望遠鏡

371
00:26:33,480 --> 00:26:37,480
「昂」望遠鏡、「雙子星北望遠鏡」在凱亞峰

372
00:26:37,560 --> 00:26:42,240
「雙子星南望遠鏡」、「麥哲倫望遠鏡」在智利

373
00:26:42,320 --> 00:26:46,280
「大型雙筒望遠鏡」在亞利桑納州

374
00:26:48,200 --> 00:26:50,800
它們都建在最佳的觀測點

375
00:26:50,840 --> 00:26:53,720
高曠、乾燥、清澈，及漆黑

376
00:26:53,840 --> 00:26:56,640
它們的眼睛像游泳池一樣大

377
00:26:56,760 --> 00:27:00,400
全部都配搭「自適應光學」以抗衡

378
00:27:00,440 --> 00:27:02,080
大氣的影響

379

00:27:02,200 --> 00:27:05,960

有時候它們的解析力可以達巨型怪獸的程度

380

00:27:06,040 --> 00:27:08,640

這都要感謝干涉測量技術

381

00:27:09,680 --> 00:27:11,800

這是它們所展示給我們的

382

00:27:11,920 --> 00:27:13,400

行星

383

00:27:16,600 --> 00:27:18,240

星雲

384

00:27:19,360 --> 00:27:23,960

一些恆星的真實大小與被擠壓的形狀

385

00:27:23,960 --> 00:27:27,160

一顆冰冷的行星環繞着一顆棕矮星運行

386

00:27:27,200 --> 00:27:31,480

以及巨星環繞着銀河系的核心盤旋

387

00:27:31,600 --> 00:27:36,720

它們被一個超大質量黑洞的重力所操控

388

00:27:36,840 --> 00:27:40,400

我們現在已經遠遠超越伽（伽）俐略的年代了

389

00:27:40,000 --> 00:27:44,760

4. 由銀到矽

390

00:27:45,840 --> 00:27:49,000

四百年前，當伽利略·伽利萊想和其他人分享

391

00:27:49,120 --> 00:27:53,000

他在望遠鏡中所見的影像，他需要用紙筆畫下

392

00:27:53,120 --> 00:27:56,240

滿佈坑洞的月面

393

00:27:56,360 --> 00:28:00,400

舞動的木星衛星

394

00:28:00,520 --> 00:28:02,160

太陽黑子

395

00:28:02,280 --> 00:28:04,160

或是獵戶座中的眾多恆星

396

00:28:04,280 --> 00:28:06,720

他將這些圖，編印成了一本小書

397

00:28:06,760 --> 00:28:08,400

《星際信使》

398

00:28:08,440 --> 00:28:10,800

這是當時他與其他人分享這些發現

399

00:28:10,920 --> 00:28:12,400

的唯一途徑

400

00:28:12,440 --> 00:28:16,640

在超過兩個世紀的時間裡，天文學家也必須是藝術家

401

00:28:16,760 --> 00:28:19,000

凝視著目鏡，詳細地畫下

402

00:28:19,120 --> 00:28:20,960

他們所見的影像

403

00:28:21,040 --> 00:28:23,080

月球上荒涼的景色

404

00:28:23,200 --> 00:28:25,960

木星大氣中的風暴

405

00:28:26,040 --> 00:28:29,000

遙遠星雲中，宛如神秘面紗般的氣體

406

00:28:29,120 --> 00:28:32,320

但有時他們會過度詮釋所見的景象

407

00:28:32,440 --> 00:28:36,560

在火星表面上的黑暗線條，曾被誤認為是運河

408

00:28:36,680 --> 00:28:39,880

讓人們以為這顆紅色行星上有高智生物

409

00:28:39,960 --> 00:28:43,480

現在我們知道，那些「運河」不過是光學上的假象

410

00:28:43,600 --> 00:28:47,160

天文學家真正需要的，是一個客觀的方法，用來記錄

411

00:28:47,280 --> 00:28:51,480

望遠鏡收集到的光線，而不是藉由

412

00:28:51,520 --> 00:28:54,480

他們的腦袋和畫筆，來留下這些訊息

413

00:28:54,600 --> 00:28:57,400

照相技術的出現，成為了救星

414

00:28:58,760 --> 00:29:01,160

月球的第一張銀版相片

415

00:29:01,200 --> 00:29:03,880

是亨利·德雷伯在1840年所拍攝的

416

00:29:03,920 --> 00:29:07,240

雖然當時照相技術才發展不到15年，但天文學家

417

00:29:07,360 --> 00:29:10,880

已經能夠利用這項革命性的種種可能

418

00:29:10,920 --> 00:29:13,080

照相技術是怎麼運作的呢？

419

00:29:13,120 --> 00:29:17,160

嗯，在底片上靈敏的感光乳劑裡

420

00:29:17,280 --> 00:29:19,400

含有細小的鹵化銀顆粒

421

00:29:19,440 --> 00:29:22,160

感光時，它們會轉變成黑色

422

00:29:22,200 --> 00:29:24,800

所以會呈現出一幅黑白相反的星空影像

423

00:29:24,920 --> 00:29:28,080

星星是暗的，而背景是亮的

424

00:29:28,200 --> 00:29:31,560

但照相底片真正的好處是

425

00:29:31,680 --> 00:29:33,960

它能夠連續數小時長時間地曝光

426

00:29:34,040 --> 00:29:36,720
若你只用肉眼觀察夜空

427
00:29:36,760 --> 00:29:39,640
一旦適應了黑暗，即使你看得再久

428
00:29:39,680 --> 00:29:42,320
也不會看到更多的星星

429
00:29:42,440 --> 00:29:45,240
但照相底片卻可以做到

430
00:29:45,360 --> 00:29:48,480
你可以連續收集、疊加數小時的光線

431
00:29:48,600 --> 00:29:52,880
所以曝光愈久，底片上就會顯現出更多

432
00:29:52,920 --> 00:29:54,160
更多

433
00:29:54,200 --> 00:29:55,240
更多的星星

434
00:29:55,360 --> 00:29:57,320

435
00:29:58,360 --> 00:30:02,000
在1950年代，我們利用帕洛瑪天文台的施密特望遠鏡

436
00:30:02,120 --> 00:30:05,160
攝了整個北天星空

437
00:30:05,280 --> 00:30:10,080
得到了將近2000張照相底片，每張曝光時間長達一個小時

438
00:30:10,120 --> 00:30:12,960
真是一項珍貴的寶藏

439
00:30:12,960 --> 00:30:17,080
照相技術將觀測天文學轉化為一門客觀、可測量，而且可以複製的

440
00:30:17,200 --> 00:30:21,480
真正的科學

441
00:30:21,600 --> 00:30:23,240
可是銀的反應較慢

442
00:30:23,280 --> 00:30:25,480
你必須要很有耐心

443
00:30:27,120 --> 00:30:29,880
數位革命改變了一切

444
00:30:29,920 --> 00:30:31,640
矽取代了銀

445
00:30:31,760 --> 00:30:34,480
電腦像素取代了鹵化銀的細小顆粒

446
00:30:36,360 --> 00:30:40,000
現在就算是消費型相機，我們也不再使用照相底片了

447
00:30:40,120 --> 00:30:43,560
而是將影像記錄到一片感光的晶片上

448
00:30:43,600 --> 00:30:47,800
也就是電荷耦合元件，簡稱CCD

449
00:30:47,920 --> 00:30:51,560
專業級CCD的效率非常高

450
00:30:51,680 --> 00:30:54,640
為了進一步地提升靈敏度，得用液態氮

451
00:30:54,680 --> 00:30:57,960
將它們冷卻到遠低於冰點的程度

452
00:30:58,040 --> 00:31:00,720
幾乎每一顆光子都能被記錄下來

453
00:31:00,760 --> 00:31:05,640
這大大減少了曝光所需要的時間

454
00:31:05,760 --> 00:31:09,480
帕洛瑪天文台過去要花一小時所做的巡天觀測

455
00:31:09,600 --> 00:31:13,160
現在藉由CCD，只要用更小的望遠鏡

456
00:31:13,200 --> 00:31:15,560
就可以在短短的數分鐘內完成

457
00:31:15,600 --> 00:31:18,080
「矽革命」還沒有結束

458
00:31:18,200 --> 00:31:21,080
天文學家已經建造了擁有數億像素的

459
00:31:21,200 --> 00:31:23,560
大型CCD相機

460
00:31:23,600 --> 00:31:26,320
讓我們拭目以待吧

461
00:31:28,120 --> 00:31:32,560
數位影像最大的好處就是，嗯，它們是數位的

462
00:31:32,600 --> 00:31:35,800
我們可以隨時在電腦上處理這些影像

463
00:31:35,840 --> 00:31:38,800
天文學家利用專門的軟體去處理

464
00:31:38,840 --> 00:31:40,880
他們所得到的觀測影像

465
00:31:40,880 --> 00:31:45,080
藉由影像的延展或加強對比，即使是天體中最微妙的特徵

466
00:31:45,200 --> 00:31:47,640
也能夠一覽無遺

467
00:31:47,760 --> 00:31:51,240
利用彩色編碼能夠強調並顯現出

468
00:31:51,280 --> 00:31:53,640
肉眼難以辨識的結構

469
00:31:53,680 --> 00:31:57,880
除此而外，如果合併許多張不同顏色濾鏡

470
00:31:57,920 --> 00:32:00,400
所拍攝的同一個天體影像，人們就可以

471
00:32:00,520 --> 00:32:04,320
創造出交融科學與藝術的

472
00:32:04,440 --> 00:32:06,720
壯麗作品

473
00:32:06,840 --> 00:32:09,880

你也可以因為天文學的數位化而受惠

474

00:32:09,960 --> 00:32:13,960

探究和享受這些令人讚嘆的宇宙影像

475

00:32:13,960 --> 00:32:15,800

竟然是如此容易

476

00:32:15,920 --> 00:32:20,080

我們只要輕輕的驅動滑鼠，就可以看到了！

477

00:32:20,680 --> 00:32:24,160

裝備了靈敏電子探測器的自動望遠鏡

478

00:32:24,280 --> 00:32:27,800

正不斷地守望着天空

479

00:32:27,920 --> 00:32:30,880

在新墨西哥州的史隆望遠鏡已經拍攝並編錄了

480

00:32:30,960 --> 00:32:34,000

超過一億個天體

481

00:32:34,120 --> 00:32:38,160

測量了一百萬個星系與我們的距離

482

00:32:38,280 --> 00:32:41,480

還發現了十萬個新的類星體

483

00:32:41,520 --> 00:32:44,000

但是只有一個巡天計畫是不夠的

484

00:32:44,120 --> 00:32:47,400

我們的宇宙正不斷地在變化著

485

00:32:47,520 --> 00:32:51,240

冰彗星來了又去

486

00:32:51,280 --> 00:32:53,640

碎屑沿途散落

487

00:32:53,760 --> 00:32:56,720

小行星擦身而過

488

00:32:56,840 --> 00:33:00,560

遙遠的行星環繞著母恆星運轉，短暫地

489

00:33:00,680 --> 00:33:02,880
阻擋了恆星的一小部份光芒

490
00:33:02,960 --> 00:33:08,800
超新星爆炸，其他地方有新的恆星誕生

491
00:33:08,840 --> 00:33:17,960
脈衝星閃爍著、伽瑪射線爆發...黑洞吸積成長

492
00:33:18,040 --> 00:33:21,720
為了追蹤這些在大自然上演的精彩戲碼，天文學家

493
00:33:21,840 --> 00:33:25,240
希望每年都能進行全天的巡天觀測

494
00:33:25,360 --> 00:33:26,840
或是每個月

495
00:33:26,920 --> 00:33:28,640
甚至是每星期兩次

496
00:33:28,680 --> 00:33:33,800
至少這是「大巡天望遠鏡」雄心勃勃的目標

497
00:33:33,920 --> 00:33:39,400
如果能在2015年完成的話，它的三十億像素相機將會

498
00:33:39,440 --> 00:33:42,080
打開一扇宇宙的直播窗口

499
00:33:42,200 --> 00:33:45,960
這座反射式望遠鏡將遠遠超過天文學家的夢想

500
00:33:46,040 --> 00:33:51,080
每三個晚上就能掃描拍攝幾乎整個夜空

501
00:33:56,000 --> 00:34:00,760
5. 見所不見

502
00:34:02,360 --> 00:34:05,080
當你聽著喜愛的音樂時，你的耳朵所接收到的

503
00:34:05,160 --> 00:34:08,800
音頻範圍其實很寬，由隆隆的重低音

504
00:34:08,920 --> 00:34:12,120
到相當刺耳的高頻

505

00:34:12,200 --> 00:34:14,960

現在，想像一下你只能聽到非常局限

506

00:34:15,360 --> 00:34:16,920

的音頻範圍

507

00:34:16,960 --> 00:34:19,520

那你會錯過許多美好的東西！

508

00:34:19,600 --> 00:34:23,000

但這正是天文學家所實際面對的情況

509

00:34:23,080 --> 00:34:26,160

我們的眼睛只能感應到光線中一段

510

00:34:26,240 --> 00:34:29,000

非常狹窄的範圍 — 那就是可見光

511

00:34:29,080 --> 00:34:31,560

也就是說，我們完全看不到

512

00:34:31,640 --> 00:34:33,600

其他形式的電磁波

513

00:34:33,680 --> 00:34:36,640

然而，宇宙中許多天體都會輻射出

514

00:34:36,720 --> 00:34:39,960

其他波段的電磁波

515

00:34:40,040 --> 00:34:43,760

例如，在1930年代意外地發現

516

00:34:43,840 --> 00:34:47,240

來自太空深處的無線電波訊號

517

00:34:47,320 --> 00:34:49,960

其中一些電波頻率和你喜愛的電台

518

00:34:50,040 --> 00:34:53,160

頻率是一樣的，只是訊號微弱到

519

00:34:53,240 --> 00:34:55,280

讓我們聽不到任何廣播內容

520

00:34:56,520 --> 00:34:59,960

要調校到這個宇宙「電台」

521

00:35:00,040 --> 00:35:02,560

我們需要相關的接收器：電波望遠鏡

522

00:35:02,680 --> 00:35:06,960

它就是一座碟型天線，只不過它接收的是最長的波段

523

00:35:07,040 --> 00:35:10,080

碟面的作用，好像是光學望遠鏡的主鏡

524

00:35:10,200 --> 00:35:14,400

但是無線電波的波長比可見光長很多

525

00:35:14,440 --> 00:35:17,240

碟型天線的表面不必要

526

00:35:17,360 --> 00:35:19,000

像光學鏡片那樣平滑

527

00:35:19,120 --> 00:35:21,640

因此，建造一座大型的電波望遠鏡

528

00:35:21,680 --> 00:35:26,800

比建造一座大型的光學望遠鏡容易得多

529

00:35:26,840 --> 00:35:30,960

而且，在電波波段，更容易進行干涉測量

530

00:35:30,960 --> 00:35:34,080

那是為了提升觀測上的細節

531

00:35:34,120 --> 00:35:37,960

把來自2台不同望遠鏡的光合併

532

00:35:38,040 --> 00:35:41,560

使它們像是一座龐大的單一碟型天線

533

00:35:41,600 --> 00:35:44,640

例如，位於新墨西哥州的特大天線陣

534

00:35:44,680 --> 00:35:49,720

是由27台獨立、直徑25米的天線組成

535

00:35:49,760 --> 00:35:52,960

每座天線都能獨立移動

536

00:35:53,040 --> 00:35:56,400

當天線陣展開到最大時，就像是一個

537

00:35:56,520 --> 00:36:00,800

口徑寬達36公里的龐大碟形天線

538

00:36:00,920 --> 00:36:03,560

那麼在電波下的宇宙是什麼模樣？

539

00:36:03,680 --> 00:36:08,000

嗯，首先，我們的太陽在電波波段下顯得非常明亮

540

00:36:08,120 --> 00:36:10,720

我們銀河系的中心也是如此

541

00:36:10,760 --> 00:36:12,400

還不只這樣

542

00:36:12,520 --> 00:36:16,480

脈衝星是恆星死後遺留的高密度天體

543

00:36:16,520 --> 00:36:18,640

發射出非常狹窄的電波光束

544

00:36:18,680 --> 00:36:21,800

另外，它們的自轉速度可以高達

545

00:36:21,840 --> 00:36:23,720

每秒數百次

546

00:36:23,760 --> 00:36:27,800

所以，脈衝星看上去就像一座旋轉中的電波燈塔

547

00:36:27,920 --> 00:36:31,320

我們所看見的，是一連串非常有規律而快速

548

00:36:31,360 --> 00:36:34,320

的短促電波脈衝

549

00:36:34,440 --> 00:36:36,640

脈衝星因而得名

550

00:36:36,680 --> 00:36:39,320

電波源「仙后座A」事實上是

551

00:36:39,440 --> 00:36:43,640

一顆在17世紀時爆發的超新星遺跡

552

00:36:43,680 --> 00:36:48,240
半人馬座A、天鵝座A與室女座A

553
00:36:48,280 --> 00:36:50,640
這些星系都釋放出大量的電波

554
00:36:50,680 --> 00:36:55,960
這能量來自這些星系中心的超大質量黑洞

555
00:36:56,040 --> 00:37:00,000
這些電波星系和類星體當中，有部份的威力非常強大

556
00:37:00,120 --> 00:37:05,320
即使它們在100億光年外，我們仍然探測得到它們

557
00:37:05,360 --> 00:37:08,880
在此同時，還有一些微弱、波長相對較短的無線電雜音

558
00:37:08,960 --> 00:37:11,320
充斥着整個宇宙

559
00:37:11,360 --> 00:37:14,160
稱為「宇宙微波背景輻射」

560
00:37:14,200 --> 00:37:16,400
它是大霹靂的回波

561
00:37:16,440 --> 00:37:20,560
也是沸騰初生宇宙的餘暉

562
00:37:22,120 --> 00:37:26,400
光譜中的每個部分都有它自己的故事

563
00:37:26,440 --> 00:37:29,960
在毫米波和次毫米波段，天文學家研究

564
00:37:29,960 --> 00:37:33,080
早期宇宙的星系形成

565
00:37:33,200 --> 00:37:37,240
以及我們銀河系中恆星和行星的起源

566
00:37:37,280 --> 00:37:41,400
但這些絕大部分的電磁波都被大氣中的水氣阻擋

567
00:37:41,520 --> 00:37:44,400
要觀測它們，得到比較高而乾燥的地方

568

00:37:44,440 --> 00:37:47,320

例如超乎想像的「拉諾德查南托」高原

569

00:37:47,440 --> 00:37:50,960

它位於智利北部，海拔五千米高，

570

00:37:50,960 --> 00:37:53,960

這兒是建造ALMA的台址

571

00:37:54,040 --> 00:37:56,880

全名為「阿塔卡瑪大型毫米與次毫米波陣列」

572

00:37:56,920 --> 00:38:01,880

當它2014年完工時

573

00:38:01,920 --> 00:38:04,320

將會成為史上最大的天文台

574

00:38:04,840 --> 00:38:09,960

64座各重100噸的天線會共同運作

575

00:38:09,960 --> 00:38:13,880

巨型卡車可以把它們分散搬運到倫敦般大的範圍

576

00:38:13,960 --> 00:38:16,800

以增加影像的細節，或可以把它們拉近集中擺放

577

00:38:16,880 --> 00:38:19,000

來拓寬視野

578

00:38:19,120 --> 00:38:23,240

它們每次都以毫米精度的精度來移動

579

00:38:24,680 --> 00:38:28,160

宇宙中很多天體都會發出紅外線

580

00:38:28,280 --> 00:38:31,960

紅外輻射是由威廉·赫歇爾所發現，又稱為「熱輻射」

581

00:38:32,040 --> 00:38:36,720

因為包括人類在內，所有有溫度的物體

582

00:38:36,760 --> 00:38:39,080

都會放射出紅外線

583

00:38:41,840 --> 00:38:45,240

你可能比想像中還熟悉紅外輻射

584

00:38:45,360 --> 00:38:48,240

因為在地球上，紅外輻射已被應用到

585

00:38:48,360 --> 00:38:51,160

夜視鏡和照相機上

586

00:38:51,280 --> 00:38:55,160

但是要探測遙遠天體發出的微弱紅外線

587

00:38:55,280 --> 00:38:58,960

天文學家需要非常靈敏的探測器，它們必須被冷卻至

588

00:38:59,040 --> 00:39:04,000

只有絕對零度以上數度，以阻絕自身熱輻射的影響

589

00:39:06,920 --> 00:39:11,720

現在，多數大型光學望遠鏡都配備了紅外線照相機

590

00:39:11,760 --> 00:39:15,320

它們能看穿宇宙的塵埃雲，顯示當中

591

00:39:15,440 --> 00:39:20,240

在可見波段無法看到的新生恆星

592

00:39:20,280 --> 00:39:25,080

以這張位於獵戶座著名的恆星育嬰室的可見光照片為例

593

00:39:25,200 --> 00:39:27,400

看看它在紅外線照相機下

594

00:39:27,520 --> 00:39:30,080

是多麼不同

595

00:39:30,200 --> 00:39:33,320

能夠觀測到紅外線，有利於研究

596

00:39:33,360 --> 00:39:35,960

最遙遠的星系

597

00:39:35,960 --> 00:39:41,000

年輕星系中新生恆星會發出大量的紫外線

598

00:39:41,120 --> 00:39:45,000

之後這些紫外線花了上百億年的時間

599

00:39:45,120 --> 00:39:46,640

在不斷膨脹的宇宙中前行

600

00:39:46,760 --> 00:39:50,560

膨脹現象讓光波拉長，當我們接收到它們時

601

00:39:50,600 --> 00:39:55,240

已經偏移成了紅外線

602

00:39:56,600 --> 00:40:00,240

這台別具一格的儀器是位於拉帕瑪的「神奇望遠鏡」(MAGIC)

603

00:40:00,360 --> 00:40:02,960

它搜索天空中的伽瑪射線

604

00:40:02,960 --> 00:40:06,800

這是大自然中能量最高的輻射

605

00:40:08,360 --> 00:40:10,960

人類十分幸運，地球的大氣層

606

00:40:10,960 --> 00:40:12,320

擋住了致命的伽瑪射線

607

00:40:12,360 --> 00:40:16,000

然而它們仍留下足跡讓天文學家研究

608

00:40:16,120 --> 00:40:19,000

它們碰到大氣後會產生

609

00:40:19,120 --> 00:40:20,640

一連串高能粒子

610

00:40:20,760 --> 00:40:25,320

讓MAGIC發現這衍生的微弱光源

611

00:40:26,920 --> 00:40:30,640

還有，這是位於阿根廷的皮埃爾·俄歇天文台

612

00:40:30,680 --> 00:40:33,080

它的外觀甚至不像一台望遠鏡

613

00:40:33,120 --> 00:40:38,960

皮埃爾·俄歇由1600個偵測器組成

614

00:40:38,960 --> 00:40:40,240

分佈在3000平方公里的範圍中

615

00:40:40,360 --> 00:40:44,560
它們捕捉來自遙遠超新星和黑洞的

616
00:40:44,600 --> 00:40:46,480
宇宙射線的衍生粒子

617
00:40:47,680 --> 00:40:52,400
至於那些微中子偵測器，它們建在深礦

618
00:40:52,520 --> 00:40:55,720
海底或南極冰層中

619
00:40:55,840 --> 00:40:57,880
你可以稱它們為望遠鏡嗎？

620
00:40:57,960 --> 00:40:59,400
嗯，有何不可？

621
00:40:59,520 --> 00:41:03,800
畢竟它們也用於觀測宇宙，縱然它們

622
00:41:03,840 --> 00:41:06,080
不是觀測電磁波

623
00:41:06,120 --> 00:41:09,880
微中子是一種難以捉摸的粒子，由太陽內部

624
00:41:09,960 --> 00:41:12,240
或超新星爆發時所產生

625
00:41:12,360 --> 00:41:15,800
甚至在大霹靂中已產生

626
00:41:15,920 --> 00:41:20,640
與其他基本粒子不同，微中子能穿透一般物質

627
00:41:20,680 --> 00:41:25,640
以接近光速行走，也不帶有電荷

628
00:41:25,760 --> 00:41:30,240
雖然這些粒子難以研究，但它們的數量卻很多

629
00:41:30,280 --> 00:41:34,160
每一秒有超過50萬億顆電子微中子由太陽而來

630
00:41:34,200 --> 00:41:36,560
並穿過我們的身體

631
00:41:36,680 --> 00:41:40,800
最後，天文學家和物理學家聯手建造

632
00:41:40,920 --> 00:41:42,640
重力波偵測器

633
00:41:42,680 --> 00:41:46,640
這些「望遠鏡」不會觀測光波或捕捉粒子

634
00:41:46,680 --> 00:41:51,240
它們要量度時空結構中極微小的漣漪

635
00:41:51,280 --> 00:41:56,960
這是愛因斯坦的相對論所預言的概念

636
00:41:57,040 --> 00:42:01,160
依靠這些包羅萬有的儀器，天文學家開啟了全波段的電磁波觀測

637
00:42:01,200 --> 00:42:06,960
並且不斷進步

638
00:42:07,040 --> 00:42:11,240
可是，一些觀測不能單單在地面上進行

639
00:42:11,280 --> 00:42:12,800
那怎麼辦呢？

640
00:42:12,920 --> 00:42:15,240
就看太空望遠鏡了！

641
00:42:22,000 --> 00:42:26,560
6. 衝出地球

642
00:42:28,560 --> 00:42:30,400
哈柏太空望遠鏡

643
00:42:30,480 --> 00:42:33,360
是到今天為止最著名的望遠鏡

644
00:42:33,440 --> 00:42:34,800
這也是實至名歸的

645
00:42:34,880 --> 00:42:38,560
因為哈柏在許多方面都掀起了革命

646
00:42:38,640 --> 00:42:42,040
從現在的技術來說，其實哈柏的主鏡不大

647
00:42:42,120 --> 00:42:45,040
它只有2.4米寬

648
00:42:45,120 --> 00:42:48,640
但它的位置是名符其實的在地球之外

649
00:42:48,720 --> 00:42:52,360
遠高於令影像模糊不清的大氣層，使它能得到

650
00:42:52,440 --> 00:42:54,600
異常清晰的宇宙景觀

651
00:42:54,680 --> 00:42:59,360
而且，哈柏可以看見紫外線和近紅外線

652
00:42:59,440 --> 00:43:02,480
這些光線是地面望遠鏡看不到的

653
00:43:02,560 --> 00:43:05,880
因為它們都被大氣層擋住了

654
00:43:05,960 --> 00:43:09,880
它的照相機和攝譜儀，有些甚至像電話亭一樣大

655
00:43:09,960 --> 00:43:14,600
不停記錄和分析來自宇宙彼岸的光線

656
00:43:14,680 --> 00:43:19,320
而就像任何地面望遠鏡一樣，哈柏也與時具進，不斷升級

657
00:43:19,400 --> 00:43:22,760
太空人會進行艙外保養維修任務

658
00:43:22,840 --> 00:43:24,440
修復損毀的零件

659
00:43:24,520 --> 00:43:27,000
更新舊儀器

660
00:43:27,080 --> 00:43:29,800
使用最新發展的技術

661
00:43:29,880 --> 00:43:33,280
哈柏已經成為觀測天文學的火車頭

662
00:43:33,360 --> 00:43:37,240

徹底地改變了我們對宇宙的理解

663

00:43:39,840 --> 00:43:44,800

全靠其敏銳的目光，哈柏能觀測到火星上的季節變遷

664

00:43:45,920 --> 00:43:48,800

彗星撞木星

665

00:43:50,520 --> 00:43:53,880

側向的土星環

666

00:43:56,920 --> 00:44:00,400

甚至是細小冥王星的表面

667

00:44:00,480 --> 00:44:06,320

它揭示了恆星的生命週期，由它們誕生的最初期

668

00:44:06,600 --> 00:44:12,560

在佈滿塵埃的氣體雲育嬰室的日子，一直到它們告別生命的最後儀式

669

00:44:12,640 --> 00:44:17,800

如垂死的恆星把纖細優雅的星雲慢慢吹送到太空

670

00:44:17,920 --> 00:44:24,960

或是如超新星轟轟烈烈地爆發，亮度幾乎超越其所在的星系

671

00:44:25,040 --> 00:44:28,960

在獵戶座大星雲的深處，哈柏甚至看見新太陽系形成的溫床 —

672

00:44:29,040 --> 00:44:34,080

環抱着新生恆星的塵埃盤，其中可能即將

673

00:44:34,120 --> 00:44:36,080

有行星誕生

674

00:44:36,200 --> 00:44:40,320

太空望遠鏡也曾研究巨大球狀星團中數以千計的個別恆星

675

00:44:40,440 --> 00:44:45,960

球狀星團是宇宙中最古老的恆星家族

676

00:44:46,040 --> 00:44:48,320

當然，還有星系

677

00:44:48,440 --> 00:44:51,960

天文學家從沒有看過這麼多細節

678

00:44:51,960 --> 00:44:58,800

雄偉的螺旋結構、引人入勝的塵埃帶、猛烈的碰撞

679

00:45:01,040 --> 00:45:05,480

當它向空無一物的天區進行極長時間的曝光

680

00:45:05,520 --> 00:45:10,080

更揭示出數千個上百億光年遠的黯淡星系

681

00:45:10,120 --> 00:45:13,960

那些光子在宇宙還很年輕時就已展開旅程

682

00:45:14,040 --> 00:45:18,400

透過這一扇通往遙遠過去的窗口

683

00:45:18,440 --> 00:45:21,560

它研究著不斷演化的宇宙並綻放光芒

684

00:45:22,200 --> 00:45:24,880

哈柏不是太空中唯一的望遠鏡

685

00:45:24,920 --> 00:45:29,800

這是美國NASA在2003年8月發射的史匹哲太空望遠鏡

686

00:45:29,920 --> 00:45:33,720

在某種程度上，它是紅外線版的哈柏

687

00:45:33,760 --> 00:45:37,960

史匹哲有一枚口徑只有85公分的主鏡

688

00:45:37,960 --> 00:45:41,080

然而望遠鏡長期受隔熱盾保護

689

00:45:41,200 --> 00:45:42,480

以阻隔太陽熱力造成的影響

690

00:45:42,520 --> 00:45:47,160

再加上它的探測器放進了一個灌滿液態氦的絕熱容器

691

00:45:47,200 --> 00:45:50,080

在這裏，探測器冷卻至

692

00:45:50,200 --> 00:45:51,800

絕對零度之上數度

693

00:45:51,920 --> 00:45:55,560

使它們變得非常靈敏

694

00:45:55,680 --> 00:45:58,720

史匹哲把充滿塵埃的宇宙掀開

695

00:45:58,760 --> 00:46:02,560

漆黑、密不透光的塵埃雲，當被加熱時

696

00:46:02,680 --> 00:46:04,560

會發出紅外線

697

00:46:04,600 --> 00:46:08,720

由星系碰撞產生的震波把塵埃推掃成鮮明的環狀

698

00:46:08,760 --> 00:46:13,480

和潮汐結構，在當中隨處可見新恆星的誕生

699

00:46:15,520 --> 00:46:19,080

而塵埃也在恆星死亡之時產生

700

00:46:19,200 --> 00:46:23,080

史匹哲發現行星狀星雲和超新星殘骸都充滿了塵埃

701

00:46:23,200 --> 00:46:28,320

那些都是未來製造行星所必須的原料

702

00:46:28,440 --> 00:46:32,080

在其他紅外波段，史匹哲也能看透黑暗的塵埃雲

703

00:46:32,200 --> 00:46:37,720

看到原來藏在塵埃雲中心的恆星

704

00:46:37,840 --> 00:46:40,960

最後，太空望遠鏡的攝譜儀也曾研究

705

00:46:40,960 --> 00:46:44,880

太陽系外行星的大氣，這些行星是木星般的氣體巨星

706

00:46:44,920 --> 00:46:48,880

但只需數天便能繞其母恆星運轉一周

707

00:46:50,680 --> 00:46:52,880

那麼，X射線和伽瑪射線又如何呢？

708

00:46:52,920 --> 00:46:55,560

嗯，它們完全被地球的大氣層阻隔

709

00:46:55,680 --> 00:46:59,160

所以如果沒有太空望遠鏡

710

00:46:59,200 --> 00:47:02,080

天文學家就完全看不到這些高能輻射

711

00:47:03,680 --> 00:47:07,080

X射線和伽瑪射線的太空望遠鏡，展現了一個高溫

712

00:47:07,120 --> 00:47:11,800

高能量、充滿腥風血雨的宇宙，由星系團、黑洞

713

00:47:11,840 --> 00:47:16,080

超新星爆發、以及星系碰撞造成

714

00:47:18,760 --> 00:47:20,840

但是，這些望遠鏡都很難建造

715

00:47:20,920 --> 00:47:24,440

高能輻射波會直接穿透普通的鏡片

716

00:47:24,520 --> 00:47:29,680

X射線只能靠一群鍍上純金的鏡片連接起來聚焦

717

00:47:29,760 --> 00:47:33,120

而伽瑪射線只能透過精密的針孔照相機

718

00:47:33,200 --> 00:47:36,560

或大量的閃爍器進行研究，閃爍器被光子擊中以後

719

00:47:36,640 --> 00:47:39,680

會發出一道可見的閃光

720

00:47:40,960 --> 00:47:45,120

在1990年，NASA發射了「康卜吞伽瑪射線天文台」

721

00:47:45,200 --> 00:47:48,280

當時，它是歷來發射過最大、最重的

722

00:47:48,360 --> 00:47:49,880

科學衛星

723

00:47:49,960 --> 00:47:53,120

可說是一座完美的太空物理實驗室

724

00:47:53,200 --> 00:47:56,480

2008年，GLAST繼承了康卜吞的地位

725

00:47:56,560 --> 00:48:00,520

全稱為「伽瑪射線大視場太空望遠鏡」

726

00:48:00,600 --> 00:48:04,120

它將會研究所有在高能宇宙內的東西

727

00:48:04,200 --> 00:48:06,520

由暗物質到脈衝星

728

00:48:08,440 --> 00:48:12,360

同時，天文學家有兩台X射線望遠鏡放在太空之中

729

00:48:12,440 --> 00:48:17,400

美國NASA的「錢德拉X射線天文台」及歐洲（ESA）的「XMM－牛頓天文台」

730

00:48:17,480 --> 00:48:21,480

都在研究宇宙中最熾熱的地方

731

00:48:23,960 --> 00:48:27,680

這是X射線下的天空

732

00:48:27,760 --> 00:48:32,160

延伸出來的結構是被超新星爆發的衝擊波

733

00:48:32,240 --> 00:48:35,680

加熱至數百萬度的氣體雲

734

00:48:35,760 --> 00:48:39,960

那些明亮的光點是X射線雙星 – 是一對中子星或是

735

00:48:39,960 --> 00:48:43,640

正在吞噬着伴星物質的黑洞

736

00:48:43,720 --> 00:48:47,280

這些掉進黑洞的熾熱氣體會釋出X射線

737

00:48:47,360 --> 00:48:51,560

同樣地，X射線望遠鏡揭示出遙遠星系核心的

738

00:48:51,640 --> 00:48:53,760

超大質量黑洞

739

00:48:53,840 --> 00:48:57,800

物質在跌進黑洞旋渦而消失的前一刻

740

00:48:57,880 --> 00:49:02,160

會被加熱至發射X射線

741

00:49:02,240 --> 00:49:06,840
稀薄的熾熱氣體亦佈滿星系團中

742
00:49:06,920 --> 00:49:08,320
星系間的空間

743
00:49:08,400 --> 00:49:12,240
有時候，這些星系團內的氣體會因為星系團間的碰撞與合併

744
00:49:12,320 --> 00:49:16,480
而被震盪並再加熱

745
00:49:16,560 --> 00:49:20,760
伽瑪射線爆發更激動人心，它是宇宙間

746
00:49:20,840 --> 00:49:22,600
所發生的最高能量事件

747
00:49:22,680 --> 00:49:26,920
這些是超大質量、高速自轉的恆星

748
00:49:26,960 --> 00:49:28,760
走到生命盡頭時極端慘烈的大爆發

749
00:49:28,840 --> 00:49:32,760
在少於一秒內，它們釋放出超過太陽

750
00:49:32,840 --> 00:49:35,760
在一百億年所放出的總能量

751
00:49:38,200 --> 00:49:42,160
哈柏、史匹哲、錢德拉、XMM-Newton和GLAST

752
00:49:42,240 --> 00:49:44,600
都是偉大全能的巨大儀器

753
00:49:44,680 --> 00:49:47,640
但有些太空望遠鏡相對較小而又

754
00:49:47,720 --> 00:49:49,240
有更專門的任務

755
00:49:49,320 --> 00:49:51,280
例如「科羅」

756
00:49:51,360 --> 00:49:54,880
這個法國衛星是專門用於星震學

757

00:49:54,960 --> 00:49:56,880

及太陽系外行星的研究

758

00:49:56,960 --> 00:50:01,240

還有NASA的「雨燕」衛星，這是一台結合X射線和伽瑪射線的天文台

759

00:50:01,320 --> 00:50:05,720

專為解開伽瑪射線爆發之謎而設計的

760

00:50:05,800 --> 00:50:10,160

還有WMAP，「威爾金森微波各向異性探測器」

761

00:50:10,240 --> 00:50:13,840

它在太空僅僅兩年，已經繪製出

762

00:50:13,920 --> 00:50:17,280

異常詳盡的宇宙背景輻射圖

763

00:50:17,360 --> 00:50:21,200

WMAP為宇宙學家帶來到目前為止宇宙最早期的景觀

764

00:50:21,280 --> 00:50:26,680

那是130億年前的景緻

765

00:50:26,760 --> 00:50:29,640

不斷開拓出太空中的新領域，這是望遠鏡的發展過程中

766

00:50:29,720 --> 00:50:32,240

最令人振奮的

767

00:50:32,320 --> 00:50:34,760

那之後會怎麼樣呢？

768

00:50:37,800 --> 00:50:40,680

7. 逐鹿未來

769

00:50:42,680 --> 00:50:45,480

在亞利桑那州，「巨型麥哲倫望遠鏡」的

770

00:50:45,560 --> 00:50:47,400

第一塊鏡片已鑄成

771

00:50:47,480 --> 00:50:50,680

這台巨大的儀器將會安裝在智利的

772

00:50:50,760 --> 00:50:52,360

拉斯坎帕納斯天文台

773

00:50:52,440 --> 00:50:56,040

它由7塊鏡片組成，每塊的直徑都超過8米

774

00:50:56,120 --> 00:50:59,200

組合成花瓣的形狀

775

00:50:59,280 --> 00:51:02,200

它們能收集的光量將會超過

776

00:51:02,280 --> 00:51:05,799

當前任何望遠鏡的4倍以上

777

00:51:05,880 --> 00:51:10,240

計劃在2015年建成的加州「三十米望遠鏡」

778

00:51:10,320 --> 00:51:13,080

可說是凱克望遠鏡的巨大版本

779

00:51:13,160 --> 00:51:16,360

數百塊拼合鏡面構成一面巨大的反射鏡

780

00:51:16,440 --> 00:51:20,520

寬度達六層樓高

781

00:51:20,600 --> 00:51:25,320

歐洲已預備了「歐洲特大望遠鏡」計劃

782

00:51:25,799 --> 00:51:29,160

它的口徑為42米，幾乎有標準奧運泳池那麼大

783

00:51:29,240 --> 00:51:32,640

表面積則是三十米望遠鏡

784

00:51:32,720 --> 00:51:34,840

的2倍

785

00:51:34,920 --> 00:51:39,400

這些未來的龐然大物，不但強化了紅外線觀測能力

786

00:51:39,480 --> 00:51:44,160

也都有靈敏的儀器和自適應光學系統

787

00:51:44,240 --> 00:51:46,840

相信它們將會揭示出宇宙中的

788

00:51:46,920 --> 00:51:50,120

第一代星系和恆星

789

00:51:50,200 --> 00:51:53,120
也許，它們會為我們提供其他太陽系行星

790

00:51:53,200 --> 00:51:56,160
的首張真實照片

791

00:51:56,240 --> 00:52:00,000
但對電波天文學家來說，42米一點都不大

792

00:52:00,080 --> 00:52:02,720
他們會連接許多小型的儀器

793

00:52:02,799 --> 00:52:05,080
組合成一個大型的接收器

794

00:52:05,160 --> 00:52:08,799
在荷蘭，「低頻陣」，簡稱LOFAR

795

00:52:08,880 --> 00:52:10,520
正在建設中

796

00:52:10,600 --> 00:52:15,840
3萬枝天線將會透過光纖連接到一台中央超級電腦

797

00:52:15,920 --> 00:52:19,440
這個新穎的設計沒有任何可動元件

798

00:52:19,520 --> 00:52:22,840
但卻能同時觀察八個不同的方向

799

00:52:22,920 --> 00:52:26,120
LOFAR技術將有助於「平方公里電波陣列」

800

00:52:26,200 --> 00:52:28,600
的落成，這是目前電波天文學家們

801

00:52:28,680 --> 00:52:30,560
願望清單上的首位

802

00:52:30,640 --> 00:52:34,640
這國際性的陣列將會在澳洲或南非興建

803

00:52:34,720 --> 00:52:38,560
大的碟型天線和小的接收器將合力展示出

804

00:52:38,640 --> 00:52:42,920
一片非常詳盡的電波天空

805
00:52:43,000 --> 00:52:46,720
它的總接收面積為1平方公里

806
00:52:46,799 --> 00:52:50,440
這新建的陣列將會是史上最靈敏的

807
00:52:50,520 --> 00:52:52,920
電波望遠鏡

808
00:52:53,000 --> 00:52:58,040
演化中的星系、威力強大的類星體、不停眨眼的脈衝星

809
00:52:58,160 --> 00:53:01,799
沒有任何電波源能成功逃過

810
00:53:01,880 --> 00:53:04,760
平方公里電波陣列的法眼

811
00:53:04,799 --> 00:53:08,280
它甚至有機會接收到由地外文明傳來的

812
00:53:08,360 --> 00:53:11,840
電波訊號

813
00:53:11,920 --> 00:53:15,160
至於太空望遠鏡呢？

814
00:53:15,240 --> 00:53:19,040
哈柏太空望遠鏡在第五次也是最後一次的

815
00:53:19,120 --> 00:53:24,480
維修任務後將服務至2013年左右

816
00:53:24,560 --> 00:53:28,720
大概到那時候，它的繼承者就會升空

817
00:53:30,760 --> 00:53:34,720
那就是「詹姆士．韋伯太空望遠鏡」，這台紅外線太空天文台

818
00:53:34,799 --> 00:53:40,480
是用以前美國航太總署署長之名來命名

819
00:53:40,560 --> 00:53:44,840
抵達太空後，它那6.5米口徑的拼合鏡面

820

00:53:44,920 --> 00:53:48,480

會像花朵一樣展開

821

00:53:48,560 --> 00:53:51,360

感光度比哈柏強7倍

822

00:53:51,440 --> 00:53:54,520

它有一個巨大的遮光罩

823

00:53:54,600 --> 00:53:57,960

一直遮蓋著光學和低溫儀器，讓它們在

824

00:53:58,040 --> 00:54:03,000

接近攝氏零下233度的低溫環境下運作

825

00:54:04,200 --> 00:54:07,880

韋伯太空望遠鏡將不會繞着地球運行

826

00:54:07,960 --> 00:54:11,640

反之，它會停泊在距離地球150萬公里的地方

827

00:54:11,720 --> 00:54:15,880

以寬廣的繞日軌道運行

828

00:54:15,960 --> 00:54:19,080

半個世紀前，帕洛瑪山上的海爾望遠鏡

829

00:54:19,160 --> 00:54:20,960

曾是史上最大的望遠鏡

830

00:54:21,000 --> 00:54:25,120

現在，一台比它還要大的望遠鏡將會在太空的深處飛行

831

00:54:25,160 --> 00:54:29,440

我們只能靠想像去推測它將帶給我們多麼驚人的發現

832

00:54:29,520 --> 00:54:31,680

請密切留意！

833

00:54:32,160 --> 00:54:34,880

在此同時，富創意的工程師常為

834

00:54:34,960 --> 00:54:37,720

新望遠鏡帶來革命性的設計

835

00:54:37,799 --> 00:54:42,040

在加拿大，科學家建造了一台「液態鏡片望遠鏡」

836

00:54:42,120 --> 00:54:45,200

在這種望遠鏡裡，星光不是由一個

837

00:54:45,280 --> 00:54:49,360

固體的鏡子反射，而是用一個盛滿液態水銀的

838

00:54:49,440 --> 00:54:52,600

轉動曲面來反射

839

00:54:52,680 --> 00:54:56,360

這樣的設計讓水銀望遠鏡只可以向上望

840

00:54:56,440 --> 00:54:59,120

但它的優點是比較便宜

841

00:54:59,200 --> 00:55:01,360

而且容易建造

842

00:55:01,440 --> 00:55:04,440

電波天文學家則想把如LOFAR般的小型天線陣列

843

00:55:04,520 --> 00:55:07,360

放在月球的表面

844

00:55:07,440 --> 00:55:10,880

好盡可能遠離來自地球的干擾

845

00:55:10,960 --> 00:55:13,520

說不定有朝一日，還會有一台大型的

846

00:55:13,600 --> 00:55:16,360

光學望遠鏡放在月球的背面呢

847

00:55:16,440 --> 00:55:19,360

而在太空望遠鏡和遮掩圓盤協助底下

848

00:55:19,440 --> 00:55:21,960

X射線天文學家的觀測範圍，將有機會

849

00:55:22,040 --> 00:55:23,040

大大擴展

850

00:55:23,120 --> 00:55:25,720

他們或許還能看到

851

00:55:25,799 --> 00:55:27,760

黑洞的最邊緣

852

00:55:29,560 --> 00:55:32,560

或許有一天，望遠鏡能解答其中一個

853

00:55:32,640 --> 00:55:38,840

一直困擾着人類的問題：在宇宙中，人類孤單嗎？

854

00:55:42,480 --> 00:55:45,800

我們知道在宇宙中還有其他的太陽系

855

00:55:45,920 --> 00:55:48,280

我們甚至猜想有行星和地球一樣

856

00:55:48,400 --> 00:55:50,200

有着液態水

857

00:55:50,320 --> 00:55:51,200

但...

858

00:55:51,320 --> 00:55:53,440

那裡有生命嗎？

859

00:55:54,320 --> 00:55:58,120

要找出這種太陽系外行星是很困難的

860

00:55:58,240 --> 00:56:00,680

它們經常躲在天文學家的視線外

861

00:56:00,720 --> 00:56:03,960

掩藏在其母恆星的強光下

862

00:56:04,920 --> 00:56:08,040

發射到夜空之中的干涉儀也許能提供

863

00:56:08,160 --> 00:56:10,760

一個新穎的解決方案

864

00:56:10,799 --> 00:56:13,520

目前，美國航太總署正考慮一個稱為

865

00:56:13,560 --> 00:56:16,120

「類地行星搜索者」的計劃

866

00:56:16,240 --> 00:56:20,680

而在歐洲，科學家正設計着「達爾文陣列」

867

00:56:20,799 --> 00:56:24,360
6台太空望遠鏡列隊環繞着太陽運行

868
00:56:24,480 --> 00:56:28,520
它們間的距離由雷射控制，可準確至十億分之一公尺

869
00:56:28,560 --> 00:56:32,200
集合起來，它們擁有難以置信的分辨能力，能抵消

870
00:56:32,240 --> 00:56:36,040
恆星所放出的壓倒性光芒，好讓科學家能看見

871
00:56:36,160 --> 00:56:39,800
環繞着其他恆星，像地球般的行星

872
00:56:40,640 --> 00:56:44,880
然後，天文學家必須研究由行星反射出來的光

873
00:56:45,000 --> 00:56:49,960
它帶有行星大氣的光譜指紋

874
00:56:50,000 --> 00:56:53,280
說不定，我們或許在15年內就能探測到

875
00:56:53,320 --> 00:56:55,600
氧氣、甲烷和臭氧的印記

876
00:56:55,720 --> 00:56:58,800
這些都是生命的標記

877
00:57:01,000 --> 00:57:03,520
宇宙充滿着驚喜

878
00:57:03,640 --> 00:57:05,960
夜空帶來的感動從來沒有停止

879
00:57:06,080 --> 00:57:08,960
難怪全球成千上萬的業餘天文愛好者

880
00:57:09,000 --> 00:57:11,520
在每個晴朗的晚上都會外出

881
00:57:11,640 --> 00:57:13,200
為宇宙著迷

882
00:57:13,240 --> 00:57:15,520
他們用的望遠鏡都比

883

00:57:15,640 --> 00:57:16,960

伽利略當年用的好

884

00:57:17,000 --> 00:57:20,600

他們拍的數位相片甚至勝過了

885

00:57:20,640 --> 00:57:23,760

數十年前的專家所拍攝的照片

886

00:57:23,880 --> 00:57:27,200

天文學家對宇宙知識的渴求，利用望遠鏡

887

00:57:27,240 --> 00:57:30,760

對宇宙進行的探索，也只有400年

888

00:57:30,799 --> 00:57:35,040

，在宇宙中還有很多未被開發的疆土。

889

00:57:35,560 --> 00:57:38,880

自從伽利略在四個世紀前用他的望遠鏡窺探穹蒼

890

00:57:39,000 --> 00:57:42,200

人類已經向前邁進了一大步

891

00:57:42,240 --> 00:57:45,440

雖然今天我們仍然用着望遠鏡來觀測宇宙

892

00:57:45,480 --> 00:57:50,800

但不再侷限在地球上，早已進入了無窮無盡的太空

893

00:57:50,920 --> 00:57:54,520

人類的根本在於

894

00:57:54,640 --> 00:57:57,680

我們擁有無盡的智慧和求知慾

895

00:57:57,799 --> 00:58:00,360

而我們才剛開始解答着一些

896

00:58:00,400 --> 00:58:02,440

最重要的問題

897

00:58:02,480 --> 00:58:05,120

我們在銀河系中找到了超過300顆行星

898

00:58:05,160 --> 00:58:09,200

也偵測到環繞着遙遠恆星的

899

00:58:09,240 --> 00:58:12,760

行星上，存在着有機分子

900

00:58:12,799 --> 00:58:17,440

這些難以置信的絕妙發現好像是人類探索史上的頂峰

901

00:58:17,520 --> 00:58:21,520

但最好的狀況無疑地尚未來臨

902

00:58:21,640 --> 00:58:24,440

其實，你也可以加入發現者的行列

903

00:58:24,480 --> 00:58:29,200

只要抬頭，去感受！