

無線電氣象儀*

Karl O. Lange 著

許 鑑 明 譯

1. 無線電氣象儀器之發展現狀

無線電氣象儀器，所以測量高空中之溫度濕度氣壓等要素者也。在地位方便之測候所固可收受紀錄，即人跡難於接近之處，亦得聽取其氣象報告。此種儀器，本可以飛機攜之上升，以作探測，而迅速報告於地面；但氣象學家猶以為未足，復進一步研究，製造一種能附汽球上升探測之無線電氣象儀，以得高空之連續的紀錄焉。

無線電象儀之成功，猶係近年間事。初法人於一九一八年欲利用繫留汽球 (Captive balloon) 傳遞高空氣象消息，未獲成功；一九二一年德人裝置蜂音器振盪電路於汽球上，亦未得可靠結果；一九二三年美國 W. R. Blair 作同樣試驗，汽球游行空中，歷時二十分，是為第一次之成功；一九二七年法人 Idrac 與 Bureau 首將波長四十二公尺之電子管發報機繫於測風汽球以作試驗，大獲成功；一九三〇年正月，Moltchanoff 於俄之 Slutsk 地方完成平流層之無線電探測，於是此項探測方法遂紛紛為各國氣象局所採用矣。

自是以還，各個學者，羣起研究，Bureau 於法，Duckert 於德，Väisälä 於芬蘭，Moltchanoff 於俄及德，各有無線電氣象儀發明，發展進步，可謂至速。邇來高空探測上此項儀器為用日廣，可自下第一

*原名 Radio-Meteorographs. 載 Bulletin of the American Meteor. Soc. Vol. 16, No. 10, PP. 233-236; No 11, PP. 267-271, No 12, PP. 297-300, 1935.

第二兩表近年來俄國氣象局及國際極年中全球無線電高空探測之成功次數窺其一般，故此項儀器，已由商家承製推銷。至於北美之無線電高空探測，據吾所知。總計僅於Alaska之Fairbanks地方舉行十次，所用係Moltchanoff與Duckert之無線電氣象儀，然其結果，皆不甚圓滿。

表一 國際極年無線電高空探測

測候所	上升成功次數	儀器式樣
1. 極地		
Franz Joseph's Land	30	Moltchanoff's "Kammgerät" } 一九三五年 預定探測20 次
Polarnoye	14	
Matochkin	8	
Reykjavik	荷 13	modified "Kammgerät"
Scoresbysund	德 22	Bureau
Thyle	丹 10	Moltchanoff
2. 海洋		
Azores	德船 19	Duckert
	(2)	Duckert
3. 撒哈拉沙漠		
	37	Bureau
4. 中歐		
Trappes	39	Bureau

表二 俄國Slutsk地方用Moltchanoff"Kammgeräten"-之高空探測

年份	次數	平均高度	最大高度
一九三〇	11		
一九三一	12		
一九三二	55		
一九三三(逐日施放)	273	8公里	
一九三四(至九月一日止)	260	12—13公里	22公里
一九三五		預定十個測候所逐日施放	

按照作用原理，今日無線電氣象儀可分二類：其一以一定周率之發報機傳遞代表儀器上讀數之電信記號而於地面聽取紀錄者，所得係時間相隔極短之個別不連續紀錄，Moltchanoff與Bureau無線電氣象儀之作本此，美國藍山氣象臺對於此種原理儀器之完成亦極力研究。其他一類則因天氣狀況之不同如氣溫之高低變化，發報機之電容量有所增減，所發電信，因亦不同，如此，地面上遂可得繼續不斷的紀錄，然而所得紀錄，僅有一種。如欲於溫度之外，兼顧其他各項，應使發報機能以不同周率另發不同之電信，或將發報機電路自溫度依次移至濕度與氣壓部份，然又不能得繼續不斷的紀錄矣。邇來兩類儀器於實際應用上皆已成功，以吾人由同時舉行之飛機探測，可證其結果之確實可信也。其中比較上尤準確者，當推 Moltchanoff 之筲狀器 (Kammgerät) 與 Väisälä 之氣象儀。

試將兩類儀器作一比較，無線電氣象儀之周率一定者顯有主要缺點二處：一則所得結果不能絕對精確，一則以調正周率，須費時間，致電信發出，不能緊隨儀器上各讀數之後。而周率不定之氣象儀則除拍發濕度與氣壓電信之短時間外，所有溫度紀錄，繼續不斷；且氣壓與濕度之紀錄雖不完全，而汽球上升甚緩，速率之改變極少，氣壓紀錄，本不必多；濕度紀錄以毛髮之感應不靈，多亦無益，故相形之下，二者以周率不定之一類為稍勝也。

周率一定之無線電氣象儀，波長自五至一百五十公尺皆可適用，而收報時只須就機上小範圍內調正，此其利便之處，其最後之選擇則在其他發報機干涉之避免與無線電技術發展之問題。反之，周率一定之無線電氣象儀發報時似需用每秒一千基羅週 (Kilocycle) 之周率單位以得氣象要素測量之必需精確度。藍山氣象臺曾屢次將通用之短波收報機連接於無線電氣象儀上以作試驗，發覺在任何周率範圍內有五十餘干涉電信足以掩蔽大部氣象電信，以如此廣大之電信範圍為氣象測量之用，恐亦難得無線電聯合會 (Federal Radiocommission) 之許

可也。

每次施用無線電氣象儀之前，必先加校正，校正手續之簡便，至關緊要。在以一定周率發報之氣象儀，可去其無線電部份而作氣壓溫度濕度之探測以爲校正之用，如自校正室至紀錄器之電線聯絡足夠，則儘校正室內所可容納之氣象儀，皆可同時校正，而任何發報機，皆可與氣象儀連接，故其手續，尙稱便利。周率不定之氣象儀，以其應天氣之變化而發報，校正時，氣壓氣溫濕度部份與無線電部份不能分離，校正材料必以收音機收得，手續已較繁重，Duckert 氏現正與德律風根公司合作，擬製造一種發報機，使僅能受氣象儀內記錄器上氣象要素變化之感應而發電信，所以減省校正之手續，而基本原理，曾不稍變；所當特別注意者，在校正與實際探測時用氣象單位校正之周率應仍一致。此種校正之設備，通常僅中央氣象機關始能適用，其他地方，或則無力購置，或則難期準確，國際極年中，此項困難，已昭示吾人矣。

周率一定之無線電氣象儀，測定數與校正數，可直接紀錄，無甚困難；周率不定之氣象儀，須另用汽球觀測校正，無相當訓練之人，難免不有錯誤，邇來有以觀測員直接觀測自記紀錄以校正者，然用氣象儀探測，爲時每達一兩小時，以一人繼續觀測如此長久，紀錄不確，仍屬難免。

美國之用無線電氣象儀作高空探測，次數尙屬不多，二種之中，究以何者爲較適宜，著者不敢妄斷，然自上述各點觀之，採用周率一定者，似差勝也。

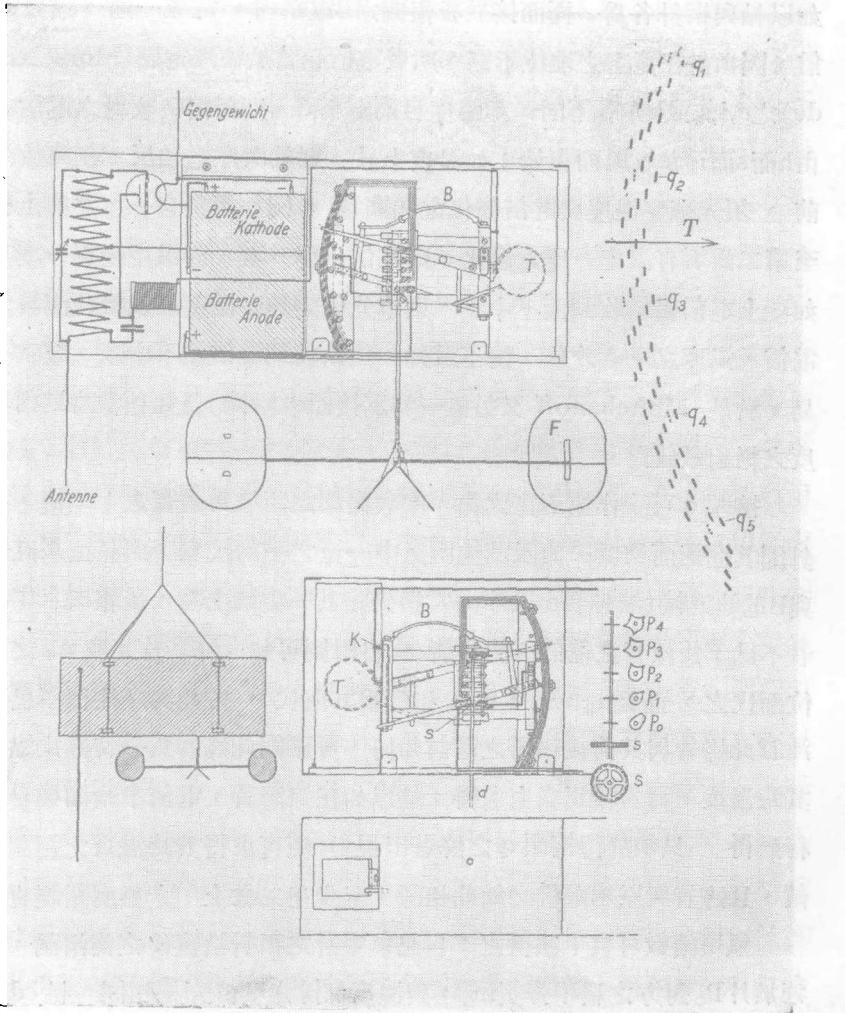
2. Moltchanoff 與 Askania 無線電氣象儀

(A) Moltchanoff 之篋狀器 (Kammgerät) ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

Moltchanoff 之篋狀器爲無線電氣象儀中完成最早 ⁽⁴⁾ 而應用最廣之一種，氏於一九二三年即蓄有創造篋狀器之觀念，是年試驗，僅用一自記溫度計，嗣經改進，遂用自記氣壓溫度計 (Baro-thermogr-

aph)上升探測，濕度測量，乃最近所加入者。

籠狀器之原理，與其他測距器 (Telemeter) 相類，原無特異之處，但將此種原理加以改進，使得應用於高空探測者，則Moltchanoff功不可沒。第一圖為一籠狀器，雙金屬鑲條T為溫度表，其上下昇降之作用，由槓桿放大，以感應指針，指針之移動於『電聯絡組織』(System of electrical contacts) 中，與通常自記溫度計筆頭之移動



於紀錄圓筒極相類似。所謂電聯絡組織，實具有 n_1, n_2, n_3 ，與 n_4 四行連接物，其本身雖相互絕緣，而接觸處可以通電，無論指針之地位如何，必能與四行接觸物中之一行相連屬。此外更有四個金屬筭狀物連接於扁平彈簧 m_1, m_2, m_3, m_4 上，筭之齒間距離，適為齒寬之三倍。彈簧位於諸小片P之對方，P置於軸cd之上，軸為扇所旋轉，每旋一周，諸片P各與其對方之彈簧各接觸一二三四次不等，故如以軸與指針各為一極而接於發報機之B電路內，電流通，遂發電信，因指針在筭上之地位不同，所發電信相當於模斯電碼(Morse code)之e, i, s, 或h亦各不同，如溫度自高處下降，則發出與收得之電信，由h而s而i而e，周而復始；如溫度上升，則其次序適相反。在施放之前，須先確定溫度與電信變化之相關量，例如指針自一筭之齒上移至第二齒須有溫度一度之變化，則電信每變一次，即溫度變更一度，如機上電信繼續收到而不中斷，則事先確定地面溫度以及繼此而發之電信，溫度之垂直分佈，便不難知。然欲收到電信絕不中斷，頗為不易，於是 Moltchanoff 又另置一特別接頭q(附圖)藉知相當時期內溫度之絕對數值焉。

接頭q可視作第五筭之齒，齒與齒間之距離為齒寬之十二倍，指針因其進退而與其一齒及其他四筭中一筭之一齒接觸，而該筭又直接與B電池連接(無彈簧m及片p)當指針在其一尖端上時，發報機上作蜂音不已，使原有之電信不能分清，自附圖可知此蜂音首先取 n_3 之地位而代之，而後 n_2, n_1, n_4 ，相繼為其所代，按此次序往復不已，注意此蜂音與其前後相銜之電信如何，可確認此蜂音為一特殊之點，其時溫度，可自校正表上求得，是以如在探測時，電信中斷而後，重行聽得，只須靜待接頭q之蜂音出現，便可求得其時溫度之絕對數值，且蜂音與原來電信之如此相銜，至少在二次上，尤無虞錯誤也。

氣壓讀數可自下法得之：自記氣壓計之指針沿筭K之齒滑動，筭連於片P。對方之扁平彈簧 m_0 ，與溫度部份之裝置完全相同。軸cd每

旋一周，即有一長劃之電信產生，(P₀之形狀與溫度部份不同)。如僅溫度部份作用時，長劃與點同時停止，故每次氣壓指針指於篋K之一齒上，發報機即發出模斯電碼中之t, n, d, b四字，而非e, i, s, h。由此等電信變化，加以校正，便得氣壓數值。汽球自下上升，氣壓與時間之變化均極勻稱，故無須再加以確定氣壓之表示。

(B) Askania 無線電氣象儀⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾

柏林Askania-Werke所製無線電氣象儀，以北極齊柏林飛船探險隊而著名。其器初亦淵源於Moltchanoff，按Moltchanoff於一九二八年設法利用Olland氣象儀原理作高空探測，Askania之無線電氣象儀即其與Moltchanoff, Weickmann, Duckert及Heck等共同就Olland電氣象儀改製而成。其原理見Monthly Weather Review, July, 1934 W. H. Wenstrom⁽⁷⁾之無線電氣象儀一文內，該器有三突出物列於一圓面之內，相互成一百二十度角，氣壓溫度濕度之指針分佈於此三扇形空隙內，在高溫度時，溫度接近第一突出物，低溫度時接近第二突出物，另有一鐘錶機旋轉其接觸臂，使依次與三突出物相接觸，於是臂每旋轉一次(設為一分鐘)，發報機即以等時間發出三次電信，同時氣象要素之指針(假定為溫度)亦與臂接觸，故另有電信發出，且當溫度高時，其聲與從第一突出物所發出者相隔時間極短，溫度低則與第二突出物接近，而與第一突出物所發電信相隔之時間增長。由溫度與此種變化之相關量可確定其時之溫度。自其他兩部測氣壓濕度之法亦如之。

論其記錄方法，亦極簡單，地面上備一紀錄圓筒，使與無線電氣象儀之接觸臂以同一速度旋轉，旋轉一周，即稍稍沿其軸移開，置筆其前，每逢電信收到，筆為收報機電磁所引，乃與紀錄紙接觸，如是遂繼續得到代表溫度氣壓濕度三要素之個別紀錄以及三組表示時間之點於紀錄紙矣。

Askania 無線電氣象儀施放之手續既若此簡單，其用途宜可日益

普遍，惜乎另有許多困難，使其不便攜帶並難得準確之紀錄，藍山氣象臺於無線電發展序文中曾條舉各項困難⁽⁸⁾，其略如下：

(1) 施放期內，儀器上升，空氣之溫度與密度，變化無定，鐘錶機走動不均，影響於紀錄者至鉅。

(2) 鐘錶機之運轉接觸臂，時作跳動，並非均勻平穩，紀錄紙上之時間分度，大受影響。譬如每分鐘內鐘錶機之司運輪擊五百次者，在三個扇形區內未必有一百六十七以上之單位產生，是即每分鐘旋轉一次時所得氣壓紀錄不能較六把 (mb) 更為精細，或每半分鐘旋轉一次時，不能較十二把更精細也。

(3) 接觸臂與參考點 (Reference Points) 及其與指針之接觸，消耗鐘錶機過量功率，或足使之延遲甚或停止。

Sudek 與 Heck⁽⁹⁾ 有鑒於此，乃設法以光電池 (Photoelectric cells) 替代滑動接觸物，以免前述摩擦之影響，然此項裝置使儀器之重量增加頗多，攜帶益匪易易，實際上為用亦僅；又有以蓄電器代滑動接觸物者，仍未見效。藍山氣象臺之第一個無線氣象模型中，加一內嵌導體之絕緣片，以代旋轉臂而免臂之間歇摩擦 (第一圖)，此種解決方法，雖尚無成效可睹，然以往似未嘗用於 Askania 之儀器上作此種試驗也。

3. 其他本Olland原理而作之無線電氣象儀

前云 Askania 無線電氣象儀之作，淵源於一九二八年 Moltchanoff 之倡議利用 Olland 電氣象儀原理，一九三四年 W.H. Wenstrom⁽⁷⁾ 將無線電氣象儀之發展情形，詳加研究，乃知 Olland 原理，實當時最為可靠之一種。一九三五年四月，華盛頓美國地球物理協會 (American Geophysical union) 會議席上，藍山氣象臺曾述及其早年無線電氣象儀之一種，亦本 Olland 原理而作，其器較諸 Askania 之儀器分量輕而消費少，又國際標準局 (National Bureau of Standards) L. F. Curtiss 與 A. U. Astin 兩君於一九三五年九月亦發表氏等就

Olland原理而發明之無線電氣象儀，用波長五公尺之發報機完成二十三公里之高空探測，目前此項儀器重係三磅，不久當設法改成兩磅，則探測時之消費必大為減省也。

4. Bureau之無線電氣象儀⁽¹²⁾(⁶, p.579)(¹³)

法國之無線電氣象儀，乃 R. Bureau 由一八八八年所發表之 Cerebotani 舊原理而發明。其構製圖解，詳見 Wenstrom 之論文，一筆臂移動於每分鐘旋轉一次或若干次之圓筒上，筒質一部係金屬，一部係絕緣體，金屬部份呈“V”字形，尖端適在筒底，由此向上開展，至頂部而筒之四圍乃全為金屬，故絕緣體亦適成尖端在筒頂之倒“V”字形，如是裝置，則當筒為鐘錶機或扇形器 (Fan drive) 所驅而旋轉時，電路或通或否，其作用適等於 Olland 氣象儀之開閉器，且筆臂所在之部位可由通電時間之長短而定，如筆尖接近筒底，與金屬接觸之時間亦即通電之時間較短，筆漸上移，金屬體所佔之地位較廣，筆尖與之接觸之時間亦長，迄乎一周既竟，筆指筒頂，通電時間乃增至極大，故時間之久暫，即所測氣象要素之代表。然所用鐘錶機之走動速率，亦如 Olland 電氣象儀，須始終如一，不稍變易，為避免應用此種價值昂貴而難於置信之鐘錶起見，於是於筒上加一開閉裝置，俾得遮斷電路，適每當鐘轉一周可得一百次。按發報機電路必筆臂指於筒之金屬部份時始能閉合，故在圓筒旋轉之時，視筆臂之地位如何，遂相應發出撞擊之聲，其次數或多或少，若筆尖適在筒之正中，則可得五十次紀錄。縱筒之旋轉速度不能盡同，所測結果，仍無影響；惟當慎使氣壓，溫度，與濕度之指針於筒轉一周之間，能按次與筒相接觸耳。

較近此種儀器，已大進步，新式裝置，不復利用使圓筒旋轉一周而得百次或更多撞擊之機械開閉裝置，而於圓筒上另加星形之板，每當其一齒經過發報機電容器之蓄電板間，發報機之周率即略為改變，於是地面上得以記振器 (oscillograph) 紀錄之。如省却星形板之一齒，周率變動極易以十之級數計算而得；且此種周率變動，可使之前

後相繼，異常迅速，故圓筒每轉一周間之全體較差(Total range)可再精分為更小單位，而得三項氣象要素之更精確紀錄，目前所得之精確程度，於百公尺高度之間隔內，可至氣壓水銀柱一耗溫度攝氏〇・二度，惟汽球之上升速度於紀錄之影響至大，乃其缺憾也。法國實驗結果，用波長十三公尺之發報機，雖在風暴天氣有劇烈之天電騷擾時，仍可得圓滿之結果焉。

5. 周率不定之無線電氣象儀

(A) Duckert 之無線電氣象儀⁽¹⁵⁾(¹⁶)(¹⁷)(¹⁸)

Duckert曾發明許多無線電氣象儀式樣，於儀器內之各種機件，貢獻極多，而尤以蓄電池一部為甚。氏利用發報機之載波周率(Carrier frequency)以測溫度，其紀錄除偶或因氣壓記號之阻稍稍中斷外，可以繼續無間。第二圖係Duckert式之無線電氣象儀，乃Telefunken與Bosch為國際極年所作，已為世人所熟知矣。其器有短波發報機與為雙金屬溫度計(Bimetallic thermometer)所節制之可變電容器(Variable condenser)及因巴塘管(Bourdon tube)而作用之接觸組織各一，發報機之各部除可變電容器及電池與天綫兩端外，皆置於一極小之中空玻璃管內，以避免為溫度，氣壓及濕度之變化所引起之不需要的周率變化；然據吾人之經驗，知發報機上之熱量輻射亦必使無線電周率變動，故近來此種氣象儀已悉以不受溫度影響之物體為原料矣。

所云可變電容器，有兩塊小銅板，浸於硬橡皮容器中之油內，另有一雙金屬片，護以磨光之管以防輻射，由一不受溫度影響之鎳鋼合金連鎖(invar linkage)使小銅板之一移動，於是發報機之周率乃隨溫度計之位置而生變動。至於氣壓部份，乃兩個相似之金屬小輪片，其中一輪之周圍，有許多絕緣點，氣壓變化使一輪繞他輪旋轉，每當經過絕緣點之際，無線電電流即行中斷，此際氣壓，可校正而得，而兩接觸點中間之值，亦可應用汽球上升時氣壓遞減之理論為之決定。

溫度之測量，乃用一周率變動範圍適與發報機變動範圍相當之短波收報機接收電信，於是將規定時間針盤上之讀數記下，以溫度單位表出之。至氣壓音號則畫於同一圖上，中間之氣壓可由前後兩點連結而得，依 Duckert 所取之周率變動範圍，溫度變化攝氏表十分之一度，結果收報機音調有兩個音程變化。

Duckert 之最高目標，欲棄機械的溫度計不用而造一無綫電氣象儀，由最近陶瓷器絕緣體之進步觀之，此事大有成功之望，蓋現在似已能造一發報機，專用絕對不受溫度影響之部份而以銀質鍍於因溫度而變更絕緣性之陶瓷片兩側以製電容器矣。據 Duckert 言，此種電容器可使其溫度之遲滯性小至與雙金屬溫度表相等云。

(B) Väisälä 之無綫電氣象儀⁽¹⁾⁽²⁾

Väisälä 亦發明一種周率不定之無綫電氣象儀，通行於芬蘭，以輕便簡單與經濟著。其先 Väisälä 感製造發報機有難於防止不需要周率變化之苦，幾經鑽研，乃得一簡便方法。其發報機上亦有一受制於溫度之可變電容器，但再加第二可變電容器及電容量最大與最小之固定電容器各一個，第二可變電容器亦受制於溫度計，一扇形器，狀類杯形風速計(Cup anemometer)，驅四個電容器使依次與發電機之電路相通，於是在地面上可收到：

1. 周率全體變動範圍以外之不需要變動；
2. 由濕度變化而生之需要及不需要周率變動；
3. 由氣壓變化而生之需要及不需要周率變動。

自有效材料觀之，顯然只須注意電容量之變化，而不必計及波長也。使開閉器之位置及接觸不以莫可究詰之原因變動周率，則 Väisälä 無綫電氣象儀之精確程度，正不亞於 Duckert 之儀器也。

附 註

(1) P. Moltchanoff: Erforschung der höheren Atmosphärenschichten mit Hilfe eines Radiometeorographen. Slutzk, 1930.

- (2) P. Moltchanoff: Die methode der Radiosonde und ein Versuch ihrer anwendung bei der Erforschung der höheren Atmosphärenschichten in den Polarregionen. Gerlands Beiträge zur Geophysik, Vol. 34, pp.36-56, 1931.
- (3) P. A. Moltchanoff: Die Entwicklung der Methode der Radiosonden in U.S.S.R. Secrétariat de l'Organisation Meteorologique Internationale, No. 21, P. 105, 1935.
- (4) P. Moltchanoff: Drei Jahre Aufstiege von Radiosonden im institut der Aerologie, Sloutsk, U. S. S. R. Meteorologicae Zeitschrift, Vol. 50, P.428, 1933.
- (5) P. Moltchanoff: Zur Technik der Erforschung der Atmosphäre, Beiträge Zur Physik der freien Atmosphäre, Vol. 14, P.39-48, 1928.
- (6) Handbuck der metecrologischen Instrumente (Duckert, Telemeteorometrie) Berlin, Verlag Springer, 1935, P577.
- (7) William H. Wenstrom: Radiometeorography as applied to unmanned balloons. Monthly Weather Review, vol. 62, P.221-226, 1934
- (8) K.O. Lange: The Radiometeorograph project of Blue Hill Observatory, Havard university—a preliminary project. Transactions of the American Geophysical union, Sixteenth annual meeting, 1935, P.144—147
- (9) G. sudeck and L. Heck Neue meteorographen für drahtlose Fernübertragung, Gerlands Beiträge Zur Geophysik, vol. 31, 1931, PP. 291—314.
- (10) A.E. Bent: Use of Ultra-High Frequencies in Tracking meteorological Baloons. Trans. Amer. Geophys. Union, 16th Ann. meeting, 1935, PP.141—144.
- (11) L.F. Curtiss and A.V. Astin: A Practical System of Radiometeorography. Journ. of the Aeronautical sciences, Vol.3, No. 2, Nov.

1935, PP.35—39

- (12)R. Bureau: Notes sur les Récentes modèles de Radiosondes, La Météorologie, Vol. F, 1931, PP. 317—320
- (13)R. Bureau: Note Sur les modèles Françaises de Radio-sonde. Secretariat de l'Organisation météorologique Internationale, Publ. no. 21, 1935, P. 133
- (14)H. Steinach: Prof. Cerebotanis automatischer meteorologischer Universalapparat. Bayerisches Industrie-und Gewerbelatt, Vol. 20, 1888, P. 663.
- (15)P. Duckert: Die Entwicklung der Telemeteorographie und ihrer Instrumentarien. Beitr. Z. Phys. d. fr. Atmosph, Vol. 18, No. 1, 1931, P. 68ff.
- (16)P. Duckert: Das Radiosondenmodell Telefunken und seine Anwendung. Ibid, Vol. 20, No. 4, 1933, PP303—311.
- (17)P. Duckert and B. Thieme: Neue radiometeorographische Methoden. Ibid, vol. 18, no. 1, 1931, P. 50 ff.
- (18)P. Duckert: Der Stand der deutschen Radiosondenentwicklung' Secretariat de l'Organisation météorologique Internationale, Publ. no. 21, 1935, P. 118
- (19)V. Väisälä: Bestrebungen und Vorschläge zur Entwicklung der radiometeorographischen Methoden (Eine Vorlanfige mitteilung). Mitteilungen d. meteorologisches Institut d. univ. Helsingfors, No. 20, 1932, 10 PP.; also Comm, phys.—math, Vol. 6, no. 2, 1932.
- (20)V. Väisälä: Eine neue Radiosonde. Commentationes phys—math, Vol. 8, pp. 14—26, Helsingfors, 1935.